

IL CONCEDENTE

IL CONCESSIONARIO



AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

PROGETTO DEFINITIVO

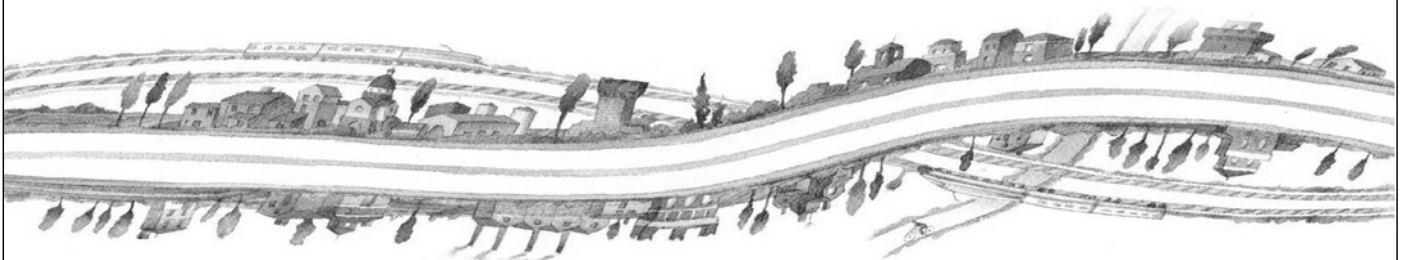
ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI)

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

C10 (EX FE 03) COMPLET. DEL SISTEMA DI CIRCONVALLAZIONE DI POGGIO RENATICO

RELAZIONE DESCRITTIVA DEL TRACCIATO



IL PROGETTISTA

Ing. Antonio De Fazio
Albo Ing. Prov. Bologna n°3696



RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale
Cispadana S.p.A.
IL PRESIDENTE
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE	Azzolini	De Fazio	Salsi
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
1464	PD	0	C10	CCS10	0	SD	RG	01	A

DATA: MAGGIO 2012

SCALA:

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE DELLA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO	4
2.1 Piattaforma stradale e sezioni tipo	9
2.1.1. Svincoli e rotatorie	11
2.2. Andamento planimetrico	13
2.3. Andamento altimetrico	13
3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI	15
3.1. Inquadramento Normativo	15
3.2. Criteri progettuali principali	17
3.2.1. Caratteristiche planimetriche	17
3.2.2. Caratteristiche altimetriche	21
3.2.3. Analisi di visibilità	22
3.2.4. Rappresentazione dei risultati	25
3.3. Progettazione delle intersezioni a rotatoria	25
3.3.1. Intersezioni a rotatoria	25
3.3.2. Tipologie	25
3.3.3. Larghezza delle corsie	26
3.3.4. Geometria delle rotatorie	27
3.4. Distanza e visibilità nelle intersezioni a raso.	28
4. RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CONGRUENZA CON LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	30
4.1. Assi stradali	30
4.1.1. Andamento planimetrico	30
4.1.2. Andamento altimetrico	30
4.1.3. Verifiche di visibilità	32

4.2.	Intersezioni a rotatoria	33
4.2.1.	Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie	33
4.2.2.	Analisi delle Visibilità	33
5.	ALLEGATI	37

1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto definitivo del completamento del sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico. L'intervento comprende la realizzazione di tre intersezioni a rotatoria a completamento della Circonvallazione di Poggio Renatico la prima in sostituzione dell'attuale intersezione a T della circonvallazione con l'asse Via Moretto-Via Segadizzo, la seconda posta sull'asse della circonvallazione in corrispondenza dell'intersezione con la S.P.50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico e la terza est dell'abitato in luogo dell'attuale intersezione a T della circonvallazione con la via Segadizzo. L'intervento in oggetto, individuato dalla WBS C09, è inserito nell'ambito dell'intervento di realizzazione della nuova Autostrada Regionale Cispadana, infrastruttura stradale di categoria A, avente origine in corrispondenza del casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termine al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova".

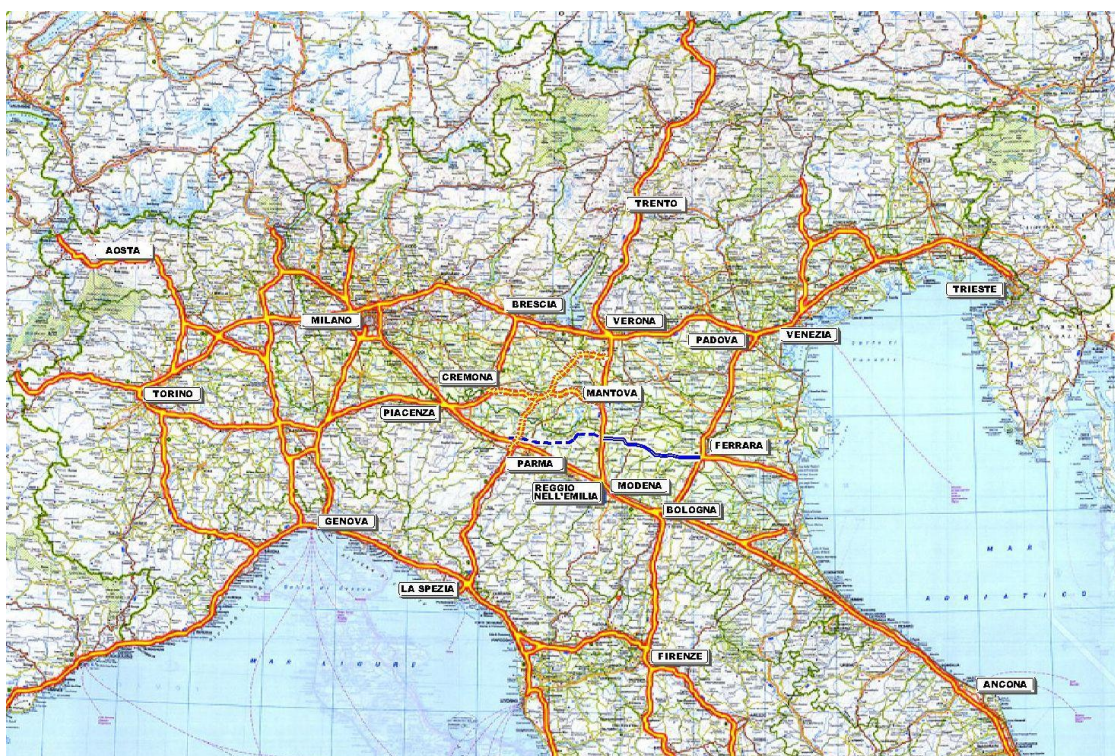


FIGURA 1-1 – L'AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA (BLU), INSERITA NELLA RETE AUTOSTRADALE NAZIONALE

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRADALE DELLA VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

L'intervento si colloca nel comune di Poggio Renatico e costituisce il completamento della circonvallazione di questo centro abitato. L'intervento in oggetto si sviluppa dalla rotatoria C10-R1 posta sull'intersezione della *circonvallazione di Poggio Renatico* con l'asse costituito dalla *Via Moretto* e dalla *Via Segadizza*.

Da questa rotatoria, seguendo il tracciato attuale della suddetta circonvallazione che sarà risagomato, si raggiunge una seconda rotatoria posata a circa 110 m. dalla prima denominata C10-2 compresa nell'intervento in oggetto che sarà raccordata, oltre che con il prosieguo della circonvallazione stessa, anche con la *S.P. n°50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico* e con la viabilità privata adducente all'area di servizio dell'asse autostradale. L'intervento sarà completato dalla realizzazione di una terza rotatoria, sulla *via Segadizzo* ad est del centro dell'abitato, denominata C10-3 che sostituirà l'attuale intersezione a T.

La nuova viabilità si propone di completare e potenziare il sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico eliminando le criticità indotte dall'attuale conformazione delle intersezioni e di garantire nel contempo la comunicazione con la nuova area di servizio posta sull'asse autostradale.

Il nuovo itinerario presenta giacitura prevalente ovest-est e i capisaldi risultano individuati in prossimità della rotatoria C10-1 e all'innesto sulla rotatoria C10-3.

In particolare, gli interventi si possono suddividere:

1. Nuova rotatoria "C10-1" a raso, posizionata in prossimità dell'intersezione della *Circonvallazione di Poggio Renatico* e l'asse costituito dalla *Via Moretto* e la *Via Segadizzo*. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: assi C10-A, C10-B, C10-C e C10-1-I;
2. Ristrutturazione di un tratto di viabilità di collegamento, con caratteristica di Categoria C2 tra la rotatoria "C10-1" e la rotatoria "C10-2". L'asse progettuale inserito nell'intervento è: asse C10-B;
3. Nuova rotatoria "C10-2" a raso, posizionata in corrispondenza all'intersezione della circonvallazione con la *S.P. n°50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico* e a questa raccordata. La stessa rotatoria sarà collegata, tramite una viabilità di carattere privato con l'area di servizio posta sull'asse autostradale. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: asse C10-B, C10-D, C10-E e C10-2-J;
4. Nuova rotatoria "C10-3" a raso, posizionata in corrispondenza all'intersezione della circonvallazione con la *Via Segadizzo* e a questa raccordata. Gli assi progettuali inseriti nell'intervento sono: asse C10-F, C10-G, C10-H e C10-2-K;

Di seguito viene fatta una breve descrizione dell'intervento:

Completamento del sistema di circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico (C-10)

L'intervento è relativo al completamento e alla razionalizzazione della circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico e prevede la sostituzione delle attuali intersezioni a T con rotatorie atte a migliorare le condizioni del traffico stradale.

Assi A, B, C e I

Gli assi A e C costituiscono i raccordi tra l'asse della viabilità esistente via Moretto - via Segadizzo e la prima nuova rotatoria sulla circonvallazione di Poggio Renatico. Alla stessa rotatoria si collega anche l'asse B che costituisce un tratto di circonvallazione già esistente che è oggetto di risagomatura e che si collega alla seconda intersezione a rotatoria prevista nell'intervento; L'asse I costituisce invece l'asse della nuova rotatoria. L'intero intervento mantiene le quote del piano stradale oggi esistente che è posto a circa 50-70 cm rispetto alla quota di campagna.

Assi D, E e J

L'asse D costituisce il collegamento tra la seconda nuova rotatoria e l'esistente circonvallazione dell'abitato di Poggio Renatico in direzione est mentre l'asse E la collega alla S.P. 50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico. A questa stessa intersezione si attestano anche l'asse B precedentemente descritto e la strada privata che collega la vicina area di servizio sull'asse autostradale. L'asse J costituisce invece l'asse della nuova rotatoria. L'intero intervento mantiene le quote del piano stradale oggi esistente che è posto a circa 50-70 cm rispetto alla quota di campagna.

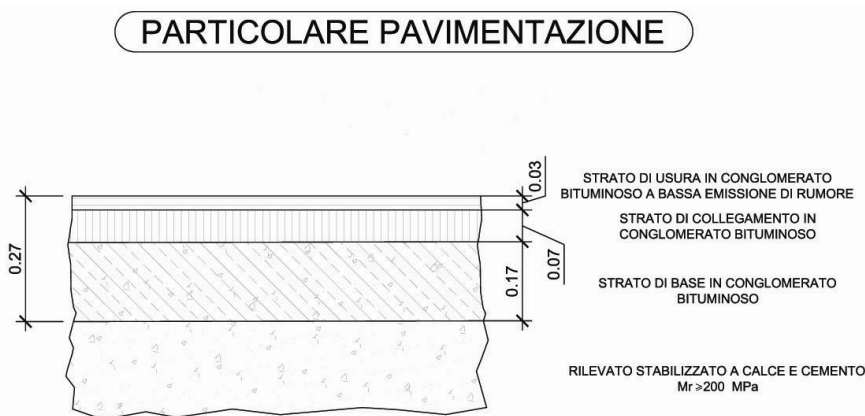
Assi F, G, H e K

L'intervento si completa con la realizzazione di una terza rotatoria, questa volta ad Est dell'abitato che sostituirà l'attuale intersezione a T tra la circonvallazione e la via Segadizzo. Gli assi F, G ed H costituiscono i raccordi tra la nuova intersezione a rotatoria con le viabilità esistenti mentre l'asse K rappresenta l'asse della rotatoria stessa. L'intero intervento mantiene le quote del piano stradale oggi esistente che è posto a circa 50-70 cm rispetto alla quota di campagna.

Caratteristiche geometriche e funzionali del tracciato

La sezione stradale prevista è di tipo C2 - strada extraurbana secondaria della larghezza di 9,50 m, organizzata con due corsie di marcia di 3,50 m oltre due banchine laterali da 1,25 m. La banchina in terra è prevista di 1,30 m per consentire la corretta installazione dei dispositivi di ritenuta quando richiesti dal quadro normativo vigente. Al piede del rilevato è previsto un fosso con duplice funzione di guardia e di evapotraspirazione. Nei tratti in cui il rilevato è di altezza inferiore ad un metro sul piano campagna, la pendenza delle scarpate è prevista con pendenza pari a 2/3, il fosso laterale dovrà prevedere le stesse caratteristiche o sostituito da un collettore; in approccio alle intersezioni a raso questa configurazione permetterà l'omissione della barriera di sicurezza dando la richiesta distanza di visibilità. Le scarpate sono previste inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm. Per la formazione

del rilevato è prevista la preparazione del piano di posa (scotico) con la sostituzione della coltre erbosa di 20 cm con materiale anticapillare, bonifica di spessore variabile 0,30 m mediante stabilizzazione a calce. Nei tratti in rilevato e in corrispondenza delle intersezioni a raso la sovrastruttura stradale prevede la composizione riportata nella successiva figura.



COMPOSIZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

Caratteristiche geometriche e funzionali delle intersezioni a raso

Le intersezioni previste in progetto fra la viabilità di collegamento in raccordo alla viabilità locale sono risolte attraverso l'introduzione di intersezioni a raso a "rotatoria " con le caratteristiche geometriche di seguito specificate:

TIPO ROTATORIA	INTERSEZIONI CON STRADE	N° BRACCI	DIAMETRO (m)
A	Via Moretto - Via Segadizzo	3	50
B	S.P. n° 50 per Vigarano M.	3	50
C	Via Segadizzo	3	50

ELENCO DELLE ROTATORIE IN PROGETTO

Le rotatorie in progetto sono caratterizzate da un anello di circolazione costituito da una corsia, da un'aiuola centrale sistemata a verde di larghezza variabile in funzione del diametro della rotatoria. È prevista comunque la realizzazione delle banchine laterali di larghezza 0,50 m e dell'arginello esterno di larghezza 1.30 m, sul quale può eventualmente essere collocato il dispositivo di ritenuta. Le caratteristiche geometriche adottate per le rotatorie di diametro sono:

- anello di 6,00 metri di larghezza a una corsia;
- ingressi con una corsia di marcia;

- uscite con una corsia di marcia;
- isole spartitraffico laterali sormontabili;
- isola centrale non valicabile a verde.

In particolare i valori assunti dai singoli elementi progettuali sono stati i seguenti:

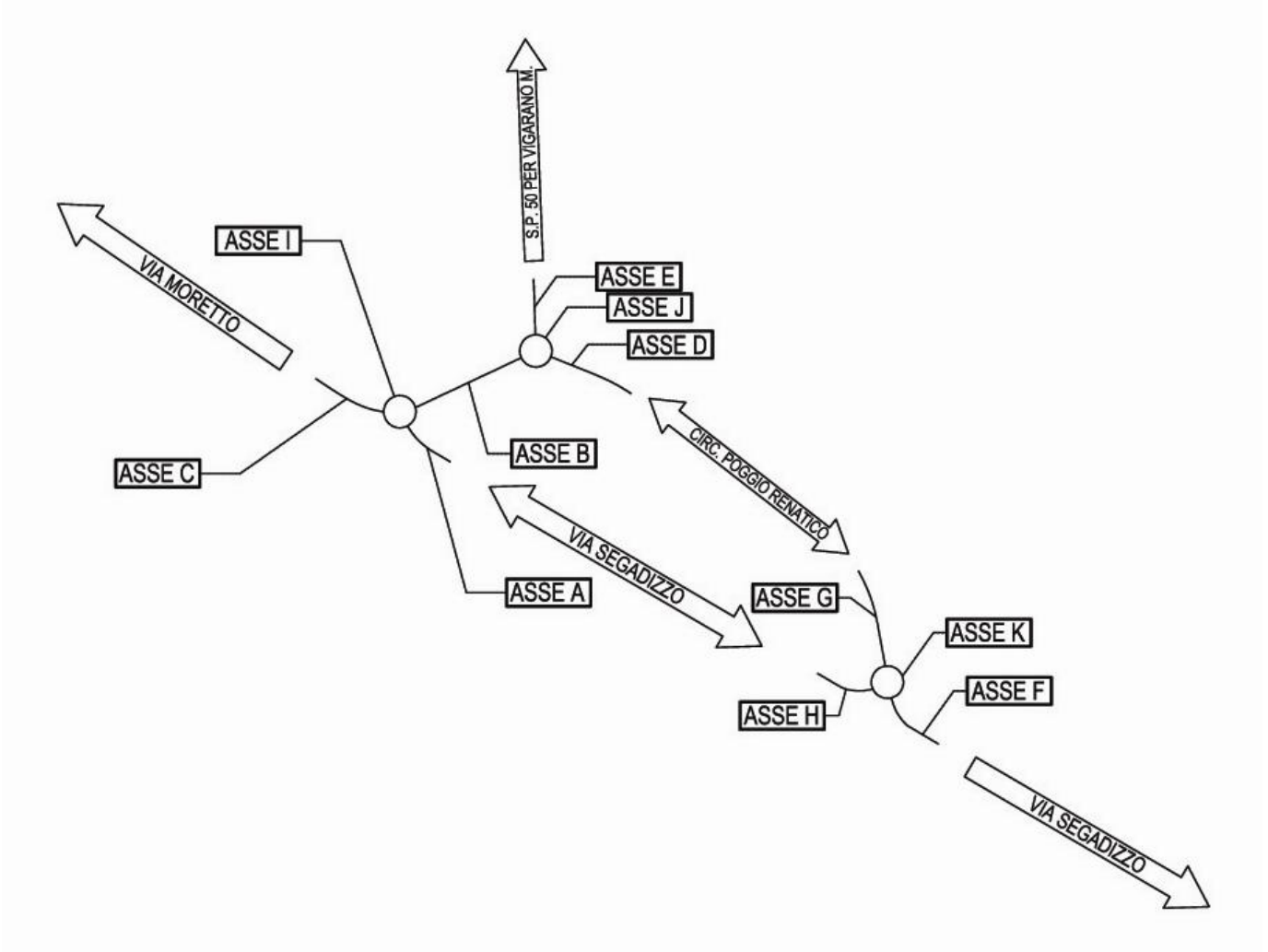
Parametro	Annotazione	Valori adottati diametro 50m
Raggio esterno	Rg	25.00 m
Larghezza anello	La	8.50 m
Raggio interno	Ri	16.50 m
Raggio entrata	Re	20.00 m
Larghezza via entrata	Le	5.25 m
Raggio uscita	Rs	30.00 m
Larghezza via uscita	Ls	6.25 m
Fascia sormontabile	Sf	0,00m

TABELLA PARAMETRI ROTATORIE

Tali geometrie consentono velocità nell'anello ridotte allo scopo di garantire un'adeguata sicurezza della circolazione a tutte le tipologie di utenti della strada ed una migliore protezione degli utenti "deboli".

Le intersezioni a raso sono previste illuminate con pali lungo il contorno secondo le indicazioni riportate nella relazione specifica sugli impianti, al fine di non costituire un ostacolo in caso di svio di un veicolo verso il centro della rotatoria.

KEY PLAN



SCHEMA ASSI DI TRACCIAMENTO

2.1. PIATTAFORMA STRADALE E SEZIONI TIPO

Con riferimento alla sezione stradale tipo, secondo quanto previsto dalla normativa vigente del D.M. 05/11/2001 sono state adottate le seguenti piattaforme stradali: strada extraurbana secondaria Tipo C2 per l'asse principale "B" e per i raccordi alla viabilità esistente rappresentata dagli assi "A", "C", "E", "D", "G", "H" ed "F".

Strade tipo C2:

La piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre a banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a 9,50 m. La pendenza trasversale corrente è pari al 2,50% verso l'esterno per ciascuna corsia (figura 2.1).

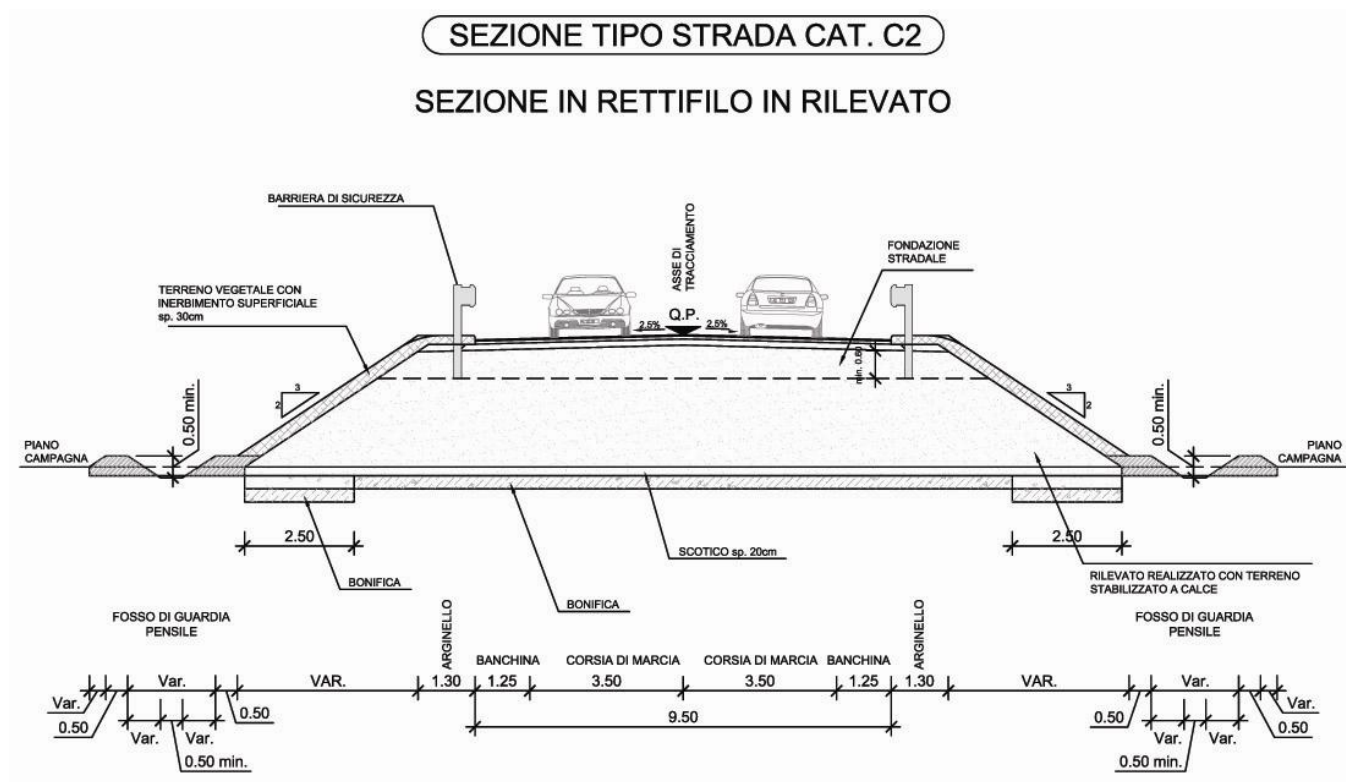


FIGURA 2.1 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO C2 IN RETTIFILO

Le due corsie sono di larghezza pari a 3,50 m, la banchina è di larghezza pari a 1,25 m. Detti calibri sono stati mantenuti sia per le tratte in sede naturale che in sede artificiale (ponti e sottopassi).

Per i tratti in cui si prevede il posizionamento delle piazzole di sosta, la sezione pavimentata sarà allungata di 3,50 m, per complessivi 13,00 m: la sistemazione degli elementi marginali risulta analoga alla sezione corrente.

Il valore della piattaforma ed in particolare quello della banchina sopra indicati rappresentano la larghezza corrente della carreggiata; in alcuni punti del tracciato, a causa della composizione plano-altimetrica e della velocità di progetto, si è reso necessario operare allargamenti della sede stradale o degli elementi marginali al fine di garantire le visuali libere per l'arresto.

Tali allargamenti sono indicati nelle sezioni trasversali e opportunamente analizzati negli specifici elaborati relativi alle verifiche di tracciato.

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,30 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito e delimitati lungo il ciglio strada da cordolo bituminoso. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Sempre in corrispondenza degli arginelli troveranno collocazione i pozzetti di ispezione per gli impianti tecnologici e, dove previste, ed i corpi illuminanti.

Le scarpate sono realizzate con pendenza 2/3: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitarne l'inerbimento delle scarpate.

Strade tipo F locali:

Nel caso di strada tipo F locali, la piattaforma risulta costituita da due corsie di marcia oltre alla banchina per una larghezza totale esclusi gli elementi marginali pari a:

1. Strada tipo F1 extraurbana (asse F):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 9,00 m;
 - Larghezza corsie: L= 3,50 m;
 - Banchine pavimentate: L= 1,00 m;
2. Strada tipo F2 extraurbana (asse H):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 8,50 m;
 - Larghezza corsie: L= 3,25 m;
 - Banchine pavimentate: L= 1,00 m;
3. Strada tipo F1 urbana (asse L):
 - Larghezza totale della piattaforma: L= 6,50 m;
 - Larghezza corsie: L= 2,75 m;
 - Banchine pavimentate: L= 0,50 m;

Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra e sinistra da arginelli in terra di larghezza pari a 1,05 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito e delimitati lungo il ciglio strada da cordolo bituminoso. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma (**figura 2.2**).

SEZIONE TIPO STRADA CAT. F2 EXTRAURBANA

SEZIONE IN RETTIFILO IN RILEVATO H<1.00 m

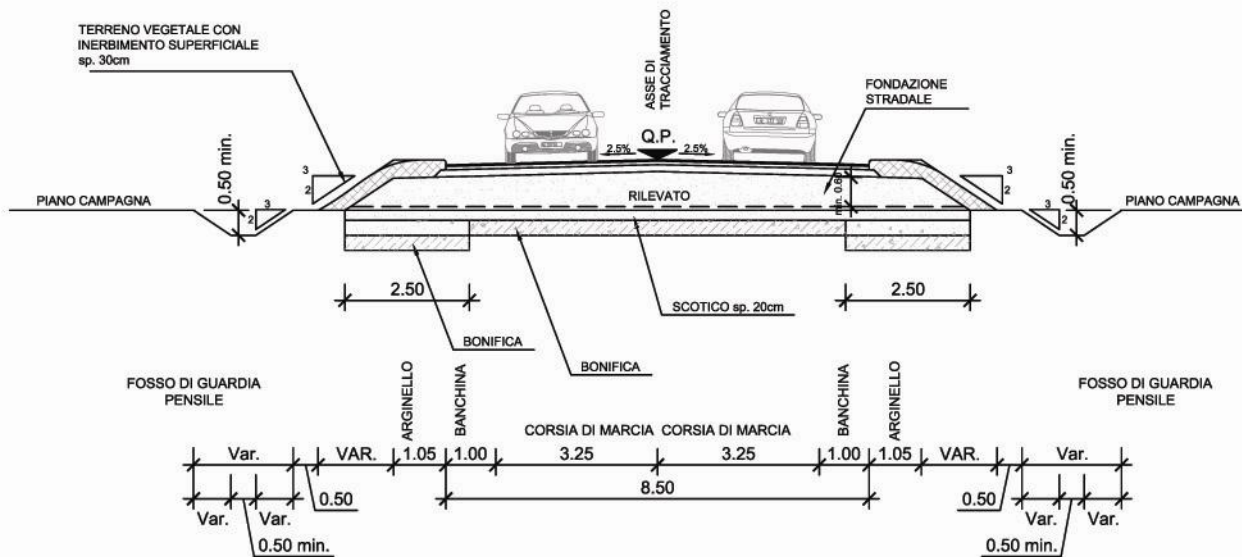


FIGURA 2.2 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO F LOCALE IN RETTIFILO

Le scarpate sono realizzate con pendenza 2/3: i primi 30 cm di terreno saranno di tipo vegetale al fine di facilitare l'inerbimento delle scarpate.

La raccolta delle acque avviene a seconda dei casi mediante caditoie carrabili o embrici. Il recapito finale è costituito dal fosso di guardia posizionato al piede del rilevato.

Per tutte le categorie di strada, il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico (sp= 20 cm) e bonifica (sp medio circa 30 cm) del terreno e successiva realizzazione di strato anticapillare avvolto di uno strato di geotessile.

2.1.1. Svincoli e rotonde

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di tre rotonde a raso. La prima è ubicata in corrispondenza dell'intersezione tra la Circonvallazione di Poggio Renatico e l'asse costituito dalla via Moretto e dalla Via Segadizzo denominata Rotatoria "C10-1", la seconda sarà posta all'intersezione tra la Circonvallazione di Poggio Renatico e la S.P. n°50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico e denominata Rotatoria "C10-2", la terza è ubicata ad est del centro abitato nell'intersezione nell'intersezione tra la Circonvallazione di Poggio Renatico e la Via Segadizzo denominata Rotatoria "C10-3".

Tutte e tre le rotonde sono caratterizzate da raggio interno pari a 16,50 metri (Rest= 25,00 m), con piattaforma pavimentata avente larghezza pari a 8,50 m costituita da una corsia giratoria di 6,00 m affiancata da banchine in destra pari a 1,50 metri e sinistra pari a 1,00 metro. La pendenza trasversale corrente è pari al 2% verso l'esterno.

Per garantire l'iscrizione dei mezzi pesanti internamente alla rotonda, come previsto anche dalla normativa vigente, è stata prevista una corona sormontabile di larghezza pari a 2,00 m con pendenza trasversale verso l'esterno del 5,00%.

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

Lungo il perimetro esterno sono previsti elementi marginali analoghi a quelli adottati per il tracciato principale: costituiti da un arginello inerbito di larghezza pari a 1,30 metri. Le scarpate saranno realizzate con pendenza al 2/3 e rivestite da uno strato di terreno vegetale dello spessore di 30 cm (**figura 2.3**).

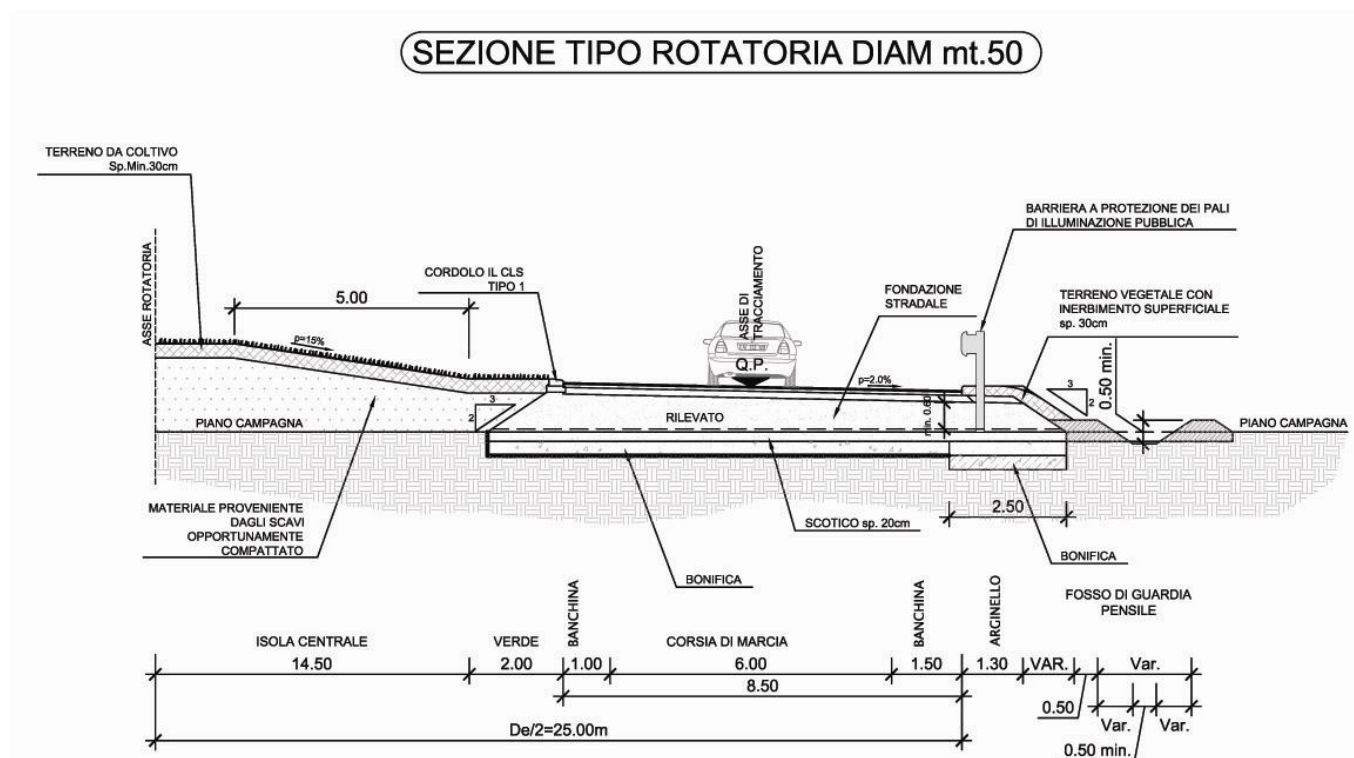


FIGURA 2.3 ESEMPIO DI SEZIONE TIPO IN ROTATORIA DE 50M.

Per i rami di ingresso ed uscita delle rotonde, la piattaforma pavimentata risulta avere una larghezza pari rispettivamente a 5,25 m e 6,25 m così composta:

- Corsia in entrata L= 3,50 m;

- Corsia in uscita L= 4,50 m;
- Banchina in Sx L= 0,50 m;
- Banchina in Dx L= 1,25 m.

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

2.2. ANDAMENTO PLANIMETRICO

Le caratteristiche degli elementi planimetrici che compongono gli assi stradali sono riportate negli allegati alla presente relazione.

2.3. ANDAMENTO ALTIMETRICO

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

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

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

Nelle tabelle a seguire vengono sintetizzate le caratteristiche degli elementi altimetrici che compongono l'asse stradale.

1. Asse C

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	9.6531	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	48.4000	9.9000	48.4000	43.6979	0.5102	0.2469	48.4006	43.6984
2	94.3008	10.3500	45.9008	41.1987	0.9804	0.4500	45.9030	41.2007

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
1	Par	2000.0000	0.4702	9.4045	43.6979	53.1021	9.4043	40.0000	445.0806

2. Asse B

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
1	24.8691	10.3500	8.5000	8.5000	-2.0000	-0.1700	8.5017	8.5017
2	100.0000	10.5300	75.1309	72.7279	0.2396	0.1800	75.1311	72.7281
3	162.5161	10.8300	62.5161	60.1132	0.4799	0.3000	62.5168	60.1139

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	2000.0000	0.2403	4.8059	97.5971	102.4029	4.8059	40.0000	1286.0082

3. Asse D

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	10.9530	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	19.9974	10.5352	19.9974	8.4328	-2.0890	-0.4177	20.0018	8.4346
2	62.3216	10.6300	42.3242	30.7596	0.2239	0.0948	42.3243	30.7597

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
1	Par	1000.0000	2.3129	23.1307	8.4328	31.5620	23.1292	40.0000	205.7613

4. Asse G

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0005	9.6247	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	50.5569	9.6000	50.5564	50.5564	-0.0488	-0.0247	50.5564	50.5564

5. Asse F

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	9.3754	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	78.9945	9.6000	78.9945	78.9945	0.2844	0.2246	78.9948	78.9948

3. PROGETTAZIONE ASSI STRADALI

3.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

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

Per i nuovi assi stradali il progetto è stato redatto nel pieno rispetto del D.M. del 5 Novembre 2001 n° 6792 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*".

Nel caso invece di tratti stradali configurabili come "riqualificazione e adeguamento di viabilità esistenti" il progetto è stato sviluppato coerentemente con quanto previsto dal DM n. 67/S del 22.04.2004 di modifica delle "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" ed in attesa di una norma specifica per i progetti di adeguamento delle strade esistenti, prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nella norma non cogente DM del 5.11.2001, prot. 6792 oltre al rapporto a carattere prenormativo "Norme per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti", bozza del 21 marzo 2006.

Nella definizione delle soluzioni progettuali particolare attenzione è stata rivolta a non modificare l'impostazione generale della Norma, cercando di conservare quelle disposizioni che possono avere implicazioni dirette sulla sicurezza stradale (ricependo quindi il principio ispiratore del "Nuovo codice della Strada" – contenuto nell' Art. 1 – secondo il quale "Le norme e i provvedimenti attuativi si ispirano al principio della sicurezza stradale, perseguendo gli obiettivi di una razionale gestione della mobilità, della protezione dell'ambiente e del risparmio energetico").

Pertanto, l'intero progetto di adeguamento della viabilità esistente è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con la citata normativa, cercando le soluzioni tecnico-geometriche che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

In questa prospettiva, le scelte progettuali sono state ponderate sulla base di condizioni specifiche, quali il livello di urbanizzazione circostante, la sussistenza di problematiche geotecniche e strutturali, le eventuali ripercussioni di una modifica puntuale su porzioni estese di tracciato, l'esistenza di opere già predisposte o comunque compatibili con l'intervento di ampliamento.

In sintesi, per definire le modalità di adeguamento della sede esistente, sono stati adottati quindi i seguenti criteri:

1. minimizzare l'impatto con il sistema antropico attraversato e quindi con la viabilità e con gli insediamenti abitativi ed industriali preesistenti;

2. minimizzare le occupazioni di territorio, per ridurre l'impatto ambientale dovuto all'ampliamento autostradale;
3. utilizzare quanto più possibile la sede stradale e le opere d'arte esistenti, al fine di ridurre l'impatto ambientale ed economico degli interventi;
4. prevedere una esecuzione per fasi dei lavori che garantisca l'esercizio delle viabilità esistente durante i lavori.

Per la progettazione degli svincoli l'unico documento nazionale con valore prescrittivo è il Decreto Ministeriale 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale ha introdotto i criteri di dimensionamento degli svincoli in funzione della tipologia di intersezione, della categoria stradale degli assi intersecanti e di altri parametri geometrici tipici della geometria stradale (raggi di curvatura, velocità di progetto, ecc.).

Fermo restando quanto detto sopra, il progetto di adeguamento delle strade esistenti e delle aree di svincolo è stato finalizzato al raggiungimento della piena congruenza con le citate normative, cercando le soluzioni tecnico-geometrico che potessero garantire il raggiungimento di tale obiettivo.

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

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

3.2. CRITERI PROGETTUALI PRINCIPALI

3.2.1. Caratteristiche planimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(a) *Raggio minimo delle curve planimetriche.*

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

- pari a 118 metri nel caso di strade extraurbane secondarie TIPO C
- pari a 45 metri nel caso di strade extraurbane locali TIPO F

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

$$\begin{aligned} \text{per } L < 300 \text{ m} \quad R &\geq L \\ \text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R &\geq 400 \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

(d) *Lunghezza massima dei rettifili:*

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

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

(e) *Lunghezza minima dei rettifili.*

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

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

TABELLA 1 – LUNGHEZZA MINIMA DEI RETTIFILI IN RELAZIONE ALLA VELOCITÀ

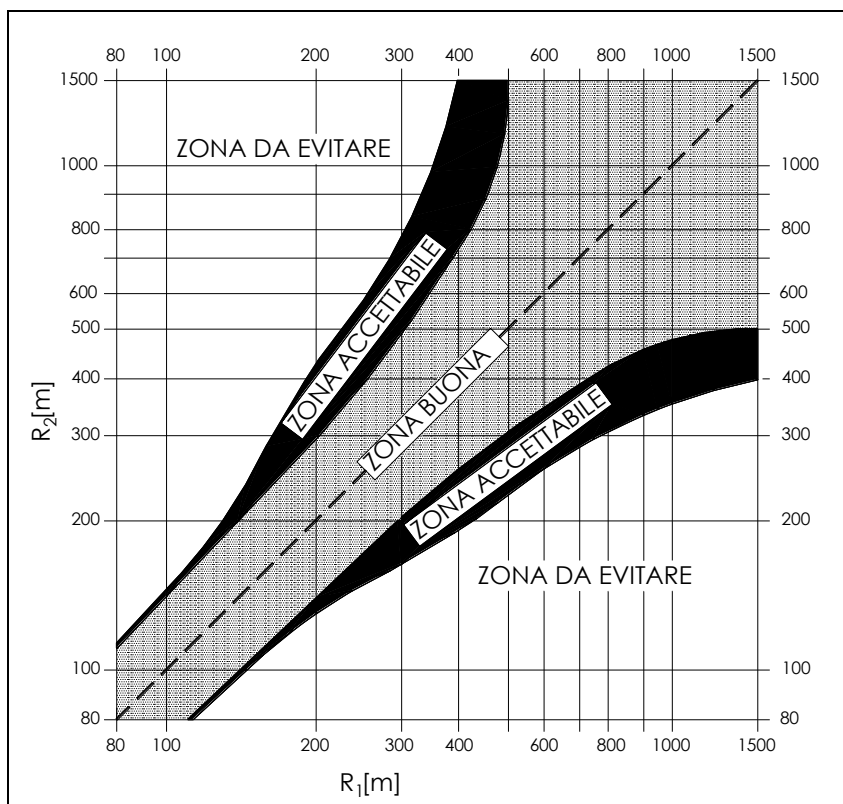


FIGURA 2 – ABACO DI KOPPEL (DM 05/ 11/01)

(f) *Congruenza del diagramma delle velocità.*

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

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

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

(g) *Lunghezza minima delle curve circolari.*

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

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

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

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

Critero 1 (Limitazione del contraccollo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccollo), 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 = contraccollo;
- v = massima velocità (m/s), desunta dal diagramma di velocità, per l'elemento di clotoide considerato;
- q_i = pendenza trasversale nel punto iniziale della clotoide;
- q_f = pendenza trasversale nel punto finale della clotoide;
- g = accelerazione di gravità.

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

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

che, esprimendo la velocità in km/h diviene:

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

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

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

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

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

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

dove:

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

Nel caso di curve di continuità il medesimo criterio diventa:

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

Criterio 3 (Ottico)

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

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

che, nel caso di clotoidi di continuità, diventa:

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

dove 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 AE/AU delle due clotoidi in ingresso e in uscita da una curva circolare e del rapporto A1/A2 tra due clotoidi in un flesso asimmetrico, secondo quanto prescritto dal D.M. 5/11/2001:

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

3.2.2. Caratteristiche altimetriche

La normativa di riferimento richiede il rispetto delle seguenti condizioni:

(i) *Pendenze longitudinali massime*

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

La pendenza massima delle livellette, consentita dal DM 05/11/01 per strade di tipo F (strade extraurbane locali), è pari al 10%.

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]
- Δi = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento
- h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]
- h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

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

(k) *Raccordi verticali concavi*

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

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

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

se invece D > L

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

dove:

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

Si pone di norma h = 0.5 m e ϑ = 1°.

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

3.2.3. Analisi di visibilità

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

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

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

La verifica di visibilità per l'arresto consiste nel confrontare le distanze di visuale libera per l'arresto (determinate lungo l'intero sviluppo del tracciato sia in corsia di sorpasso che in corsia di marcia lenta adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo fisso di

0.10 m e collocando trasversalmente i punti di vista e di mira al centro della corsia) con le distanze di visuale libera per l'arresto calcolate in funzione del diagramma di velocità del tracciato ed del suo andamento altimetrico (variazione della pendenza longitudinale)

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

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

TABELLA 2 – DM 6792/2001, COEFFICIENTI DI ADERENZA IMPEGNABILE LONGITUDINALMENTE

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

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

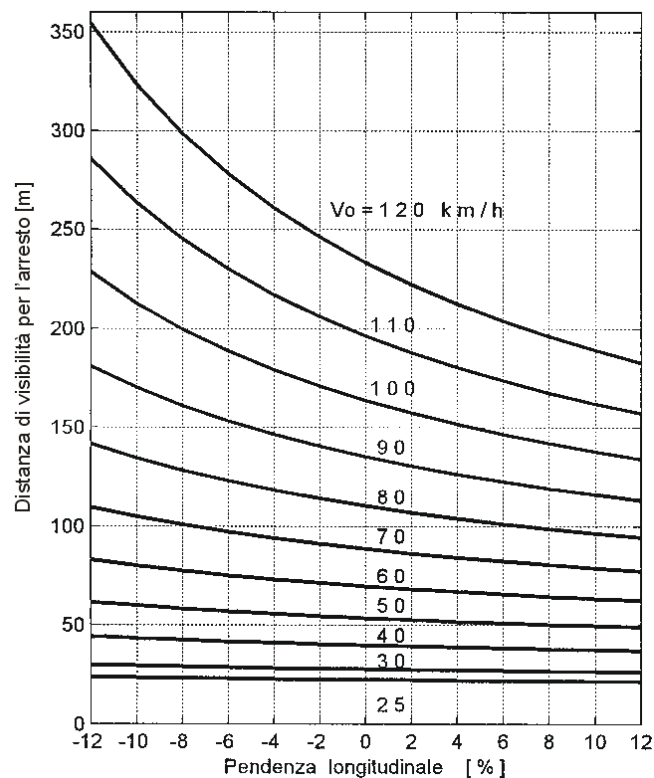
dove:

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

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

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

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



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

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

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

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

dove:

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

3.2.4. Rappresentazione dei risultati

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

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

3.3. PROGETTAZIONE DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

3.3.1. Intersezioni a rotatoria

Nella progettazione delle intersezioni a rotatoria vengono applicate le norme contenute nel DM 19 Aprile 2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

3.3.2. Tipologie

Si considerano tre tipologie fondamentali di rotatorie in base al diametro della circonferenza esterna (limite della corona rotatoria, in riferimento alla Fig. 1):

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

Per sistemazioni con "circolazione rotatoria", che non rientrano nelle tipologie su esposte il dimensionamento e la composizione geometrica debbono essere definiti con il principio dei tronchi di scambio tra due bracci contigui. In questi casi le immissioni devono essere organizzate con appositi dispositivi.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di minirotatorie con diametro esterno compreso tra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordature non sormontabili dell'isola centrale.

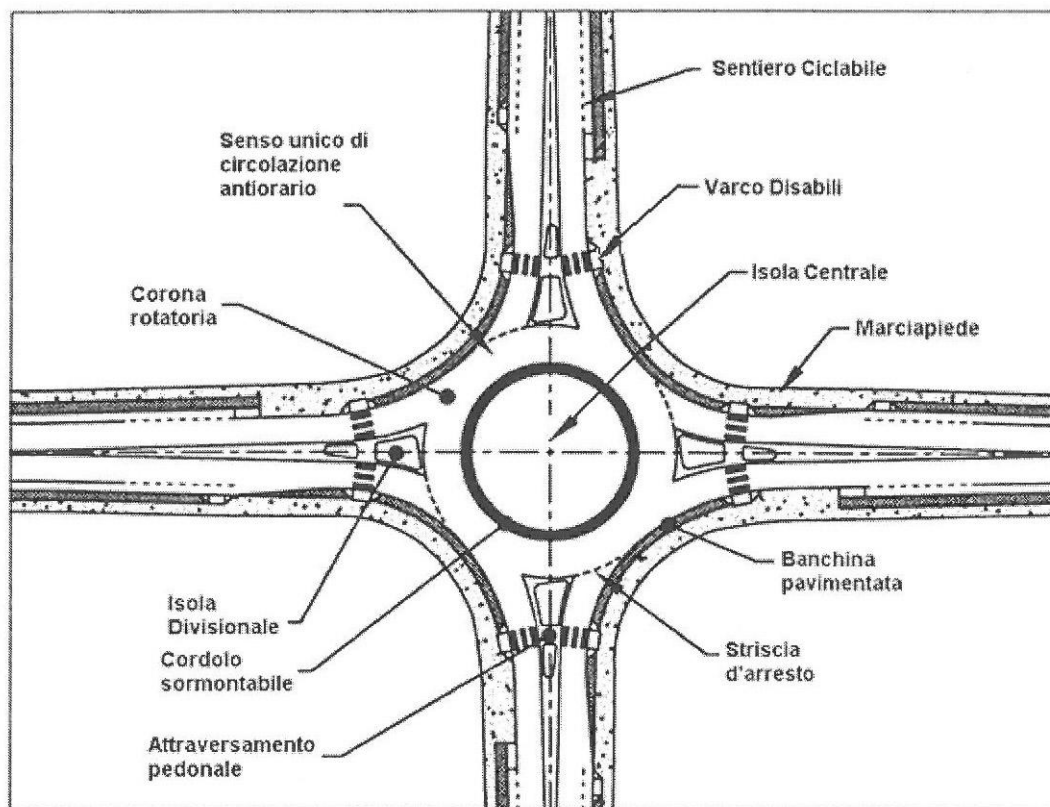


FIGURA 1

In base alla classificazione riportata nel capitolo 3 del DM 19 Aprile 2006, in ambito extraurbano l'adozione di minirotonde viene limitata agli incroci di tipo F/F tra strade locali, mentre le rotonde compatte sono consentite per gli incroci tipo C/C, C/F e F/C.

Un'intersezione stradale risolta a rotonda va accompagnata da strumenti di regolazione della velocità nei rami di approccio, ipotizzando l'arresto del veicolo nei punti di ingresso, e sviluppando tutte le conseguenti verifiche di visibilità.

3.3.3. Larghezza delle corsie

Con riferimento alla figura 1, si definiscono le larghezze degli elementi modulari delle rotonde, secondo quanto indicato nella Tabella 1.

<i>Elemento modulare</i>	<i>Diametro esterno della rotonda (m)</i>	<i>Larghezza corsie (m)</i>
<i>Corsie nella corona rotatoria (*),</i>	≥ 40	6,00

<i>per ingressi ad una corsia</i>	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00 - 8,00
<i>Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie</i>	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
<i>Bracci di ingresso (**)</i>		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
<i>Bracci di uscita (*)</i>	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(**) organizzati al massimo con due corsie.

TABELLA 1

3.3.4. Geometria delle rotatorie

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

La valutazione del valore della deviazione viene effettuata per mezzo dell'angolo di deviazione β (vedi Fig.2). Per determinare la tangente al ciglio dell'isola centrale corrispondente all'angolo di deviazione β , bisogna aggiungere al raggio di entrata $R_{e,2}$, un incremento b pari a 3,50 m. Per ciascun braccio di immissione si raccomanda un valore dell'angolo di deviazione β di almeno 45°

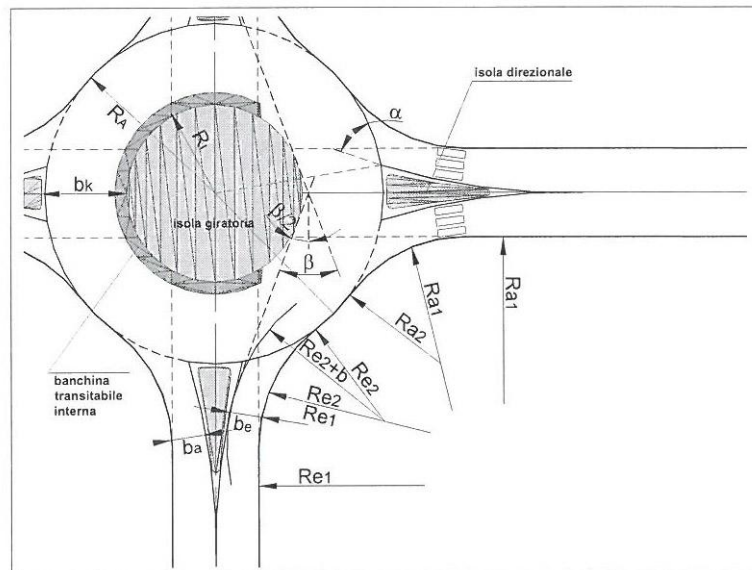


FIGURA 2 – ELEMENTI DI PROGETTO E TIPIZZAZIONE DELLE ROTATORIE

3.4. DISTANZA E VISIBILITÀ NELLE INTERSEZIONI A RASO.

Al fine di garantire un regolare funzionamento delle intersezioni a raso, e come principio di carattere più generale, risulta opportuno procedere sempre ad una gerarchizzazione delle manovre in modo da articolare le varie correnti veicolari in principali e secondarie; ne consegue la necessità di introdurre segnali di precedenza e stop per ogni punto di conflitto, evitando di porre in essere situazioni di semplice precedenza a destra senza regolazione segnaletica.

Per le traiettorie prioritarie si devono mantenere all'interno dell'area di intersezione le medesime condizioni di visibilità previste dalla specifica normativa per le arterie stradali confluenti nei nodi; la presenza dell'intersezione non può di fatti costituire deroga agli standard usuali in rapporto alla visibilità del tracciato.

Per le manovre non prioritarie le verifiche vengono sviluppate secondo il criterio dei triangoli di visibilità relativi ai punti di conflitto di intersezione generati dalle correnti veicolari.

Il lato maggiore del triangolo di visibilità viene rappresentato dalla distanza di visibilità principale D, data dall'espressione:

$$D = v \times t$$

In cui:

v = velocità di riferimento [m/s], pari al valore della velocità di progetto caratteristica del tratto considerato o, in presenza di limiti impositivi di velocità, dal valore prescritto dalla segnaletica;

t = tempo di manovra pari a:

- In presenza di manovre regolate da precedenza: 12 s
- In presenza di manovre regolate da stop: 6 s

Tali valori vanno incrementati di un secondo per ogni punto percentuale di pendenza longitudinale del ramo secondario superiore al 2%.

Il lato minore del triangolo di visibilità sarà commisurato ad una distanza di 20 m dal ciglio della strada principale, per le intersezioni regolate da precedenza, e di 3 m dalla linea di arresto, per quelle regolate da Stop.

All'interno del triangolo di visibilità non devono esistere ostacoli alla continua e diretta visione reciproca dei veicoli afferenti al punto di intersezione considerato. Si considerano ostacoli per la visibilità oggetti isolati aventi la massima dimensione planimetrica superiore a 0,8 m.

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 nella figura 3, posizionando l'osservatore a 15 metri dalla linea che delimita il bordo esterno dell'anello giratorio.

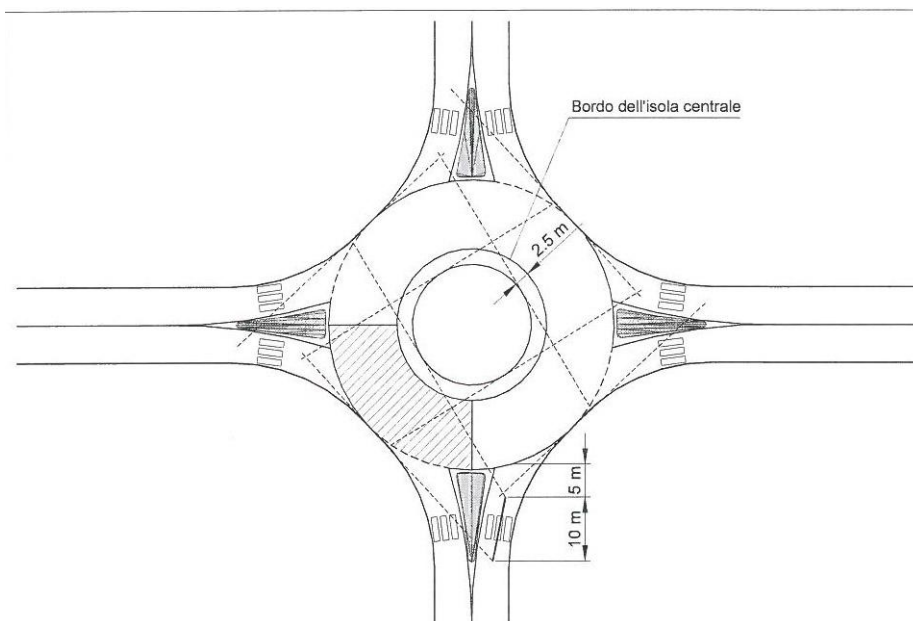


FIGURA 3 – CAMPI DI VISIBILITÀ IN UN INCROCIO A ROTATORIA.

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

4.1. ASSI STRADALI

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

4.1.1. Andamento planimetrico

I risultati di analisi di congruenza del progetto stradale rispetto ai criteri indicati nella normativa di riferimento DM 05/11/2001 sono riassunti negli allegati alla presente relazione.

4.1.2. Andamento altimetrico

La pendenza longitudinale delle livellette degli assi in esame risulta sempre inferiore al valore massimo indicato dalla normativa che prescrive per strade di categoria C – strade secondarie extraurbane di non superare la pendenza del 7% e per le strade di categoria F – strade extraurbane locali di non eccedere il 10%.

Nelle tabelle a seguire vengono riportati i risultati della verifica della distanza di visibilità per l'arresto per i raccordi verticali, effettuata con riferimento alla velocità desunta dal diagramma di velocità dell'asse stradale.

Risulta infatti che il valore del raggio del raccordo verticale è sempre maggiore a quello minimo imposto dalla normativa.

1. Asse C

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	9.6531	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	48.4000	9.9000	48.4000	43.6979	0.5102	0.2469	48.4006	43.6984
2	94.3008	10.3500	45.9008	41.1987	0.9804	0.4500	45.9030	41.2007

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
1	Par	2000.0000	0.4702	9.4045	43.6979	53.1021	9.4043	40.0000	445.0806

2. Asse B

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
1	24.8691	10.3500	8.5000	8.5000	-2.0000	-0.1700	8.5017	8.5017
2	100.0000	10.5300	75.1309	72.7279	0.2396	0.1800	75.1311	72.7281
3	162.5161	10.8300	62.5161	60.1132	0.4799	0.3000	62.5168	60.1139

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
4	Par	2000.0000	0.2403	4.8059	97.5971	102.4029	4.8059	40.0000	1286.0082

3. Asse D

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	10.9530	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	19.9974	10.5352	19.9974	8.4328	-2.0890	-0.4177	20.0018	8.4346
2	62.3216	10.6300	42.3242	30.7596	0.2239	0.0948	42.3243	30.7597

Raccordi verticali

N°	TIPO	RAGGIO VERT.	Δi (%)	SVILUPPO	PROGR. INIZIALE	PROGR. FINALE	PARZIALE RAC.	Vp (km/h)	RAGGIO MINIMO.
1	Par	1000.0000	2.3129	23.1307	8.4328	31.5620	23.1292	40.0000	205.7613

4. Asse G

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0005	9.6247	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	50.5569	9.6000	50.5564	50.5564	-0.0488	-0.0247	50.5564	50.5564

5. Asse F

Livellette

N°	PROGRESSIVA	QUOTA	PARZIALE	PARZIALE RES.	I (%)	DISLIVELLO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA R.
0	0.0000	9.3754	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	78.9945	9.6000	78.9945	78.9945	0.2844	0.2246	78.9948	78.9948

4.1.3. Verifiche di visibilità

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

- Alla congruenza geometrica degli elementi componenti il tracciato, sia per quanto riguarda la loro successione, sia per gli aspetti cinematici che regolano le effettive velocità di percorrenza dell'asse;
- Alla verifica delle visuali libere, attraverso la definizione degli opportuni allargamenti in curva.

In pratica, si è proceduto prima ad uno studio per l'ottimizzazione della composizione degli elementi del tracciato in modo tale che fossero coordinati e compatibili con le velocità di progetto, successivamente si è proceduto all'analisi delle visuali libere confrontando le distanze minime da garantire lungo il tracciato in base al diagramma di velocità e all'andamento altimetrico, confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate. La verifica da esisto positivo se la distanza minima calcolata è minore di quella disponibile. Di conseguenza sono state identificate le criticità di ostacolo e quindi definiti gli opportuni allargamenti della piattaforma stradale.

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

La verifica delle visuali libere è stata sviluppata mediante l'utilizzo di un applicativo Autocad che, partendo da un modello 3D della strada, comprensivo degli ostacoli fissi limitanti la visibilità è in grado di stimare le distanze di visuali disponibili, valutando di fatto gli effetti combinati dell'andamento planimetrico e dell'altimetria del tracciato ai fini della percezione che l'utente ha della strada. Il programma traccia tutti i raggi di visione a partire dall'asse della singola corsia, arrestandole in corrispondenza del primo ostacolo incontrato, sia esso il pavimentato od un ostacolo posizionato marginalmente alla carreggiata. Di seguito, in base al diagramma di velocità ed all'andamento altimetrico, il programma calcola le relative distanze minime da garantire lungo il tracciato, che saranno confrontate con quelle effettivamente disponibili e calcolate secondo il procedimento grafico esposto prima.

In termini di visibilità planimetrica la distanza di visuale libera risulta quasi sempre compatibile con la distanza necessaria per l'arresto, ad eccezione della curve di raggio $R= 250,00$ m in cui si reso necessario allargare la piattaforma stradale. I valori dell'allargamento sono riportati negli appositi elaborati di progetto ('PD_0_C10_CCS10_0_SD_FL_01_A "PROFILI LONGITUDINALI 1" e PD_0_C10_CCS10_0_SD_SZ_01_A " SEZIONI TRASVERSALI ASTA PRINCIPALE - QUADERNO")

Negli appositi elaborati grafici predisposti per le verifiche di ottemperanza al DM. 5/11/2001, sviluppati separatamente per le due corsie di marcia, vengono riportate le analisi di visuale libera svolte sulla configurazione di progetto che prevede già gli allargamenti in curva (vedi elaborato n° 'PD_0_C10_CCS10_0_SD_DV_01_A DIAGRAMMI DI VELOCITA' E VISIBILITA' ASTA PRINCIPALE).

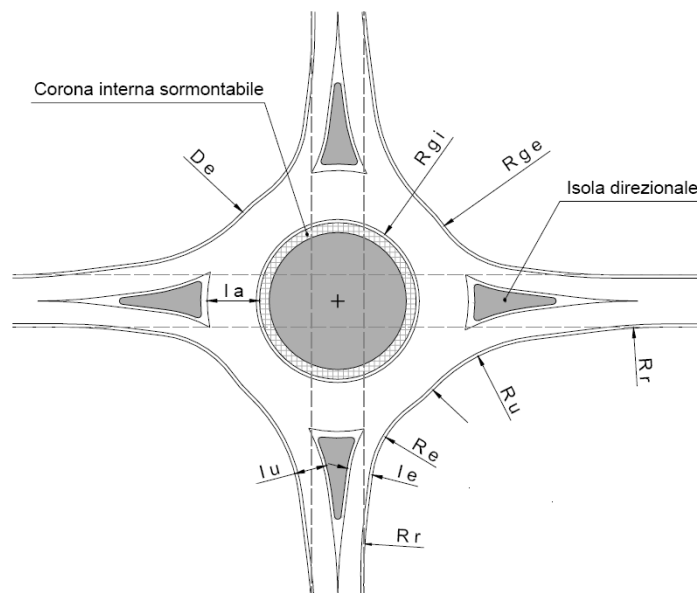
4.2. INTERSEZIONI A ROTATORIA

4.2.1. Verifica delle caratteristiche geometriche per le rotatorie

Il progetto prevede le seguenti rotatorie:

- Rotatoria “C10-1” all’intersezione tra l’asse via Segadizzo – via Moretto e la circonvallazione dell’abitato di Poggio Renatico; Rest= 25,00 m;
- Rotatoria “C10-2” sull’intersezione tra la circonvallazione dell’abitato di Poggio Renatico e la S.P.50 Vigarano Mainarda – Poggio Renatico; Rest= 25,00 m;
- Rotatoria “C10-3” sull’intersezione tra la circonvallazione dell’abitato di Poggio Renatico e la via Segadizzo; Rest= 25,00 m;

Tutte le rotatorie presentano una larghezza dell’anello giratorio pari a 7.00 m composto da due banchine da 0.50 m e una corsia di circolazione pari a 6.00 m.



ELEMENTI DI PROGETTO DELLE ROTATORIE

4.2.2. Analisi delle Visibilità

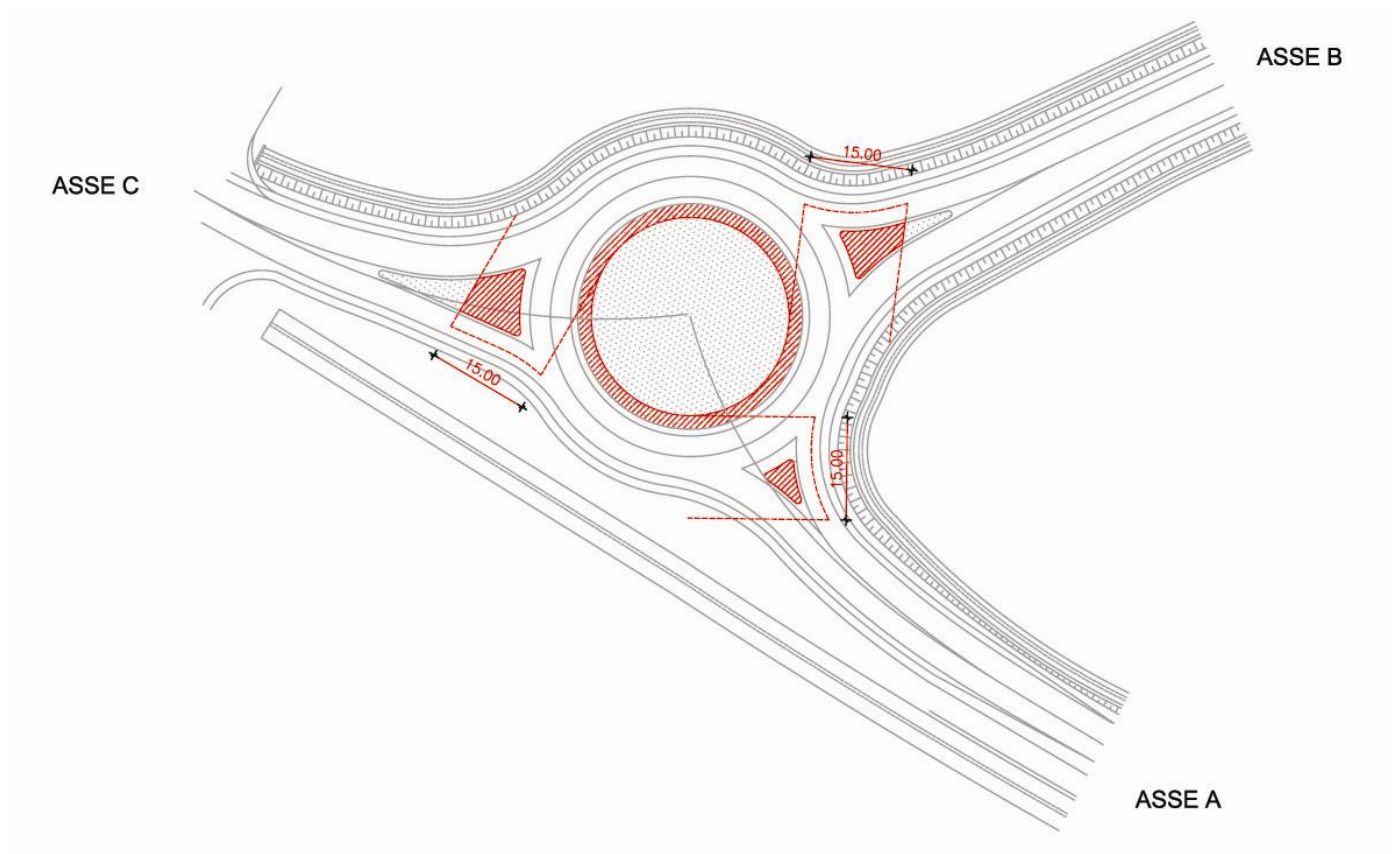
L’analisi delle visibilità relativa agli accessi alle rotatorie è stata sviluppata per fornire indicazioni progettuali sulle aree da mantenere libere da ostacoli al margine delle rotatorie stesse o nelle isole centrali. In particolare si devono adottare le seguenti prescrizioni:

- Il punto di osservazione si pone ad una distanza di 15m dalla linea di arresto coincidente con il bordo della circonferenza esterna;

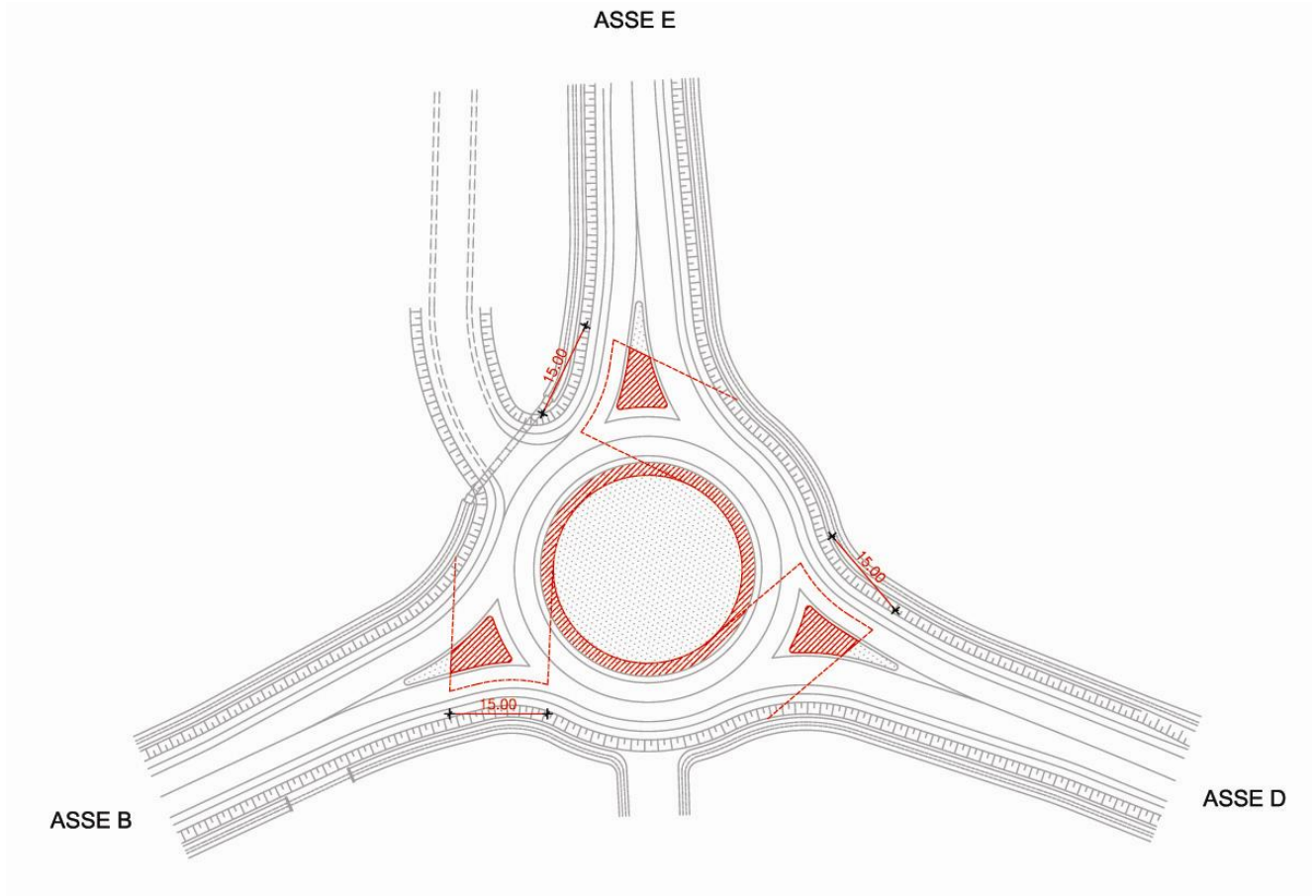
- la posizione planimetrica si pone sulla mezzeria della corsia di entrata in rotatoria (o delle corsie di entrata) e l'altezza di osservazione si colloca ad 1m sul piano viabile;
- la zona di cui è necessaria la visibilità completa corrisponde al quarto di corona giratoria posta alla sinistra del canale di accesso considerato.

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

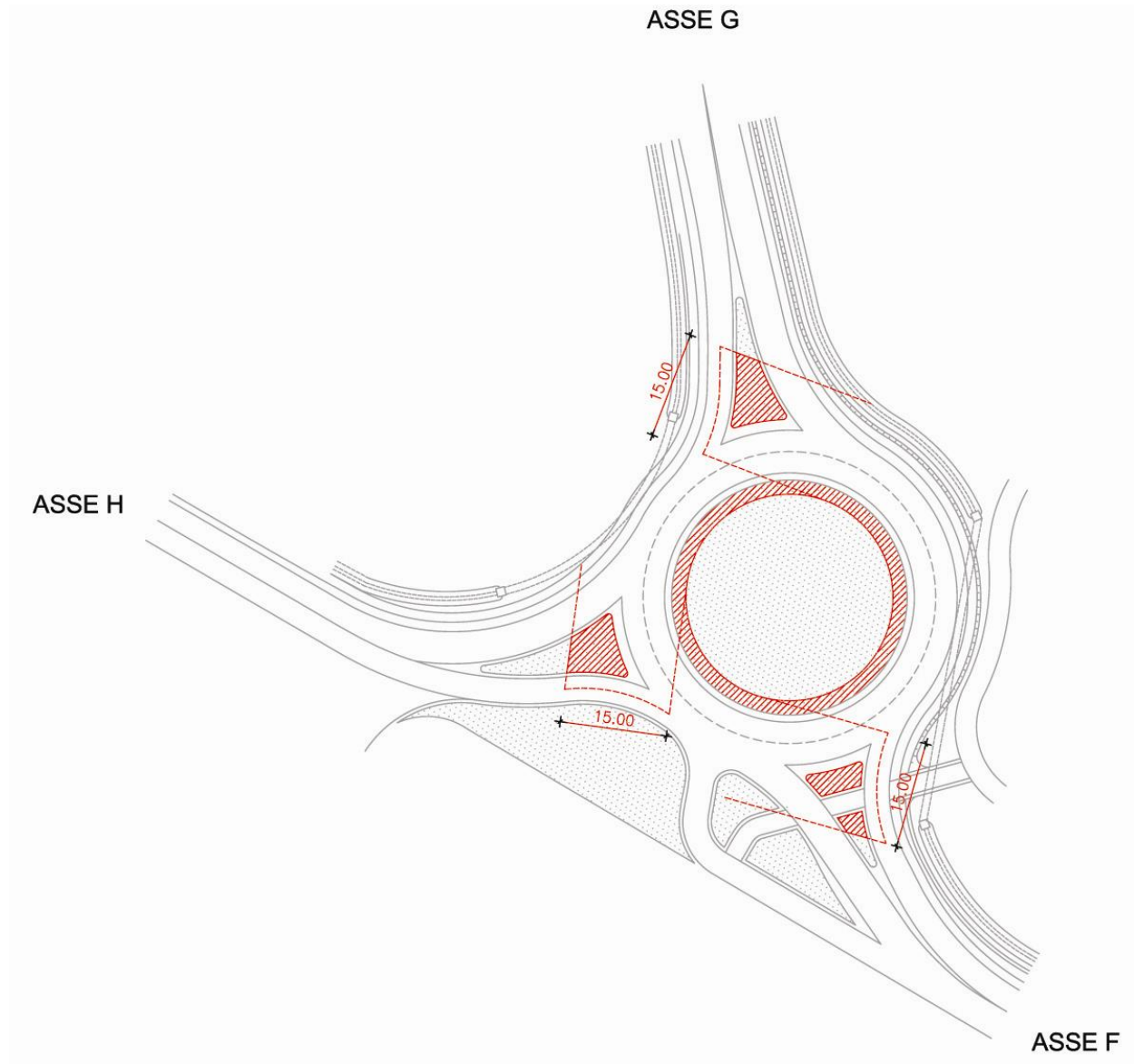
Verifica visibilità Rotatoria "C10-1":



Verifica visibilità Rotatoria "C10-2":



Verifica visibilità Rotatoria "C10-3":



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

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

Pertanto si ritengono verificate le rotatorie relativamente alle visuali libere.

5. ALLEGATI

C10-C

Dati generali sul tracciato C10-03
Progressiva Iniziale (m): 0.0000
Progressiva Finale (m): 118.9980
Lunghezza (m) : 118.9980

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 20.1199
Coordinate P.to Iniziale X: -2026.5464 X: -2009.6888
Y: -2042.3099 Y: -2053.2933
Lunghezza : 20.1199 Azimut : 327

Clotoide in entrata 2 ProgI 20.1199 - ProgF 78.6424
Coordinate vertice X: -1976.8523 Coordinate I punto Tg X: -2009.6888
Coordinate vertice Y: -2074.6879 Coordinate II punto Tg X: -1957.9768
Raggio : 100.0000 Angolo : 17
Parametro N : 1.0000 Tangente lunga : 39.1914
Parametro A : 76.5000 Tangente corta : 19.6680
Scostamento : 1.4227 Sviluppo : 58.5225
Pti (%) : -2.5 Ptf (%) : 3.0

C10-C

Arco 3 Sinistra				ProgI 78.6424 - ProgF 118.9980			
Coordinate vertice	X:	-1938.3449	Coordinate I	punto	Tg	X:	-1957.9768
Coordinate vertice	Y:	-2085.9632	Coordinate I	punto	Tg	Y:	-2080.2148
Coordinate centro curva	X:	-1929.8756	Coordinate II	punto	Tg	X:	-1918.0328
Coordinate centro curva	Y:	-1984.2444	Coordinate II	punto	Tg	Y:	-2083.5406
Raggio	:	100.0000	Angolo al vertice :				23
Tangente	:	20.4562	Sviluppo		:		40.3555
Saetta	:	2.0288	Corda		:		40.0823
Pt (%)	:	3.0					

C10 - B

Dati generali sul tracciato C10-02

Progressiva Iniziale (m): 0.0000
Progressiva Finale (m): 187.5161

Lunghezza (m) : 187.5161

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 187.5161

Coordinate P.to Iniziale X: -1916.5862
Y: -2086.2072

Coordinate P.to Finale X: -1746.8255
Y: -2006.5606

Lunghezza : 187.5161

Azimut : 25

C10-D

Dati generali sul tracciato C10-04

Progressiva Iniziale (m): 0.0000
Progressiva Finale (m): 87.3216

Lunghezza (m) : 87.3216

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 87.3216

Coordinate P.to Iniziale X: -1665.7302
Y: -2038.9429

Coordinate P.to Finale X: -1746.8255
Y: -2006.5606

Lunghezza : 87.3216

Azimut : 158

C10-G

Dati generali sul tracciato C10-08

Progressiva Iniziale (m): 0.0000
Progressiva Finale (m): 75.5569

Lunghezza (m) : 75.5569

Rettifilo 1 ProgI 0.0000 - ProgF 75.5569

Coordinate P.to Iniziale X: -1312.4836
Y: -2352.2621

Coordinate P.to Finale X: -1299.8417
Y: -2426.7539

Lunghezza : 75.5569

Azimut : 280

C10-F

Dati generali sul tracciato C10-07
Progressiva Iniziale (m): 0.0000
Progressiva Finale (m): 103.9945
Lunghezza (m) : 103.9945

Rettifilo 1 Progi 0.0000 - ProgF 36.4494
Coordinate P.to Iniziale X: -1238.3204
Y: -2503.1552
Coordinate P.to Finale X: -1269.7412
Y: -2484.6811
Lunghezza : 36.4494
Azimut : 150

Curva 2 Destra Progi 36.4494 - ProgF 75.8223
Coordinate vertice X: -1287.6466
Coordinate vertice Y: -2474.1535
Coordinate I punto Tg X: -1269.7412
Coordinate I punto Tg Y: -2484.6811
Coordinate II punto Tg X: -1292.8221
Coordinate II punto Tg Y: -2454.0375
Tangente Prim. 1: 20.7710
Tangente Prim. 2: 20.7710
Alfa Ang. al Vert.: 135
Numero Archi : 1
TT1 Tangente 1: 20.7710
TT2 Tangente 2: 20.7710

C10-F

Arco		ProgI 36.4494 - ProgF 75.8223				
Coordinate vertice	X:	-1287.6466	Coordinate I punto	Tg	X:	-1269.7412
Coordinate vertice	Y:	-2474.1535	Coordinate I punto	Tg	Y:	-2484.6811
Coordinate centro curva	X:	-1244.3991	Coordinate II punto	Tg	X:	-1292.8221
Coordinate centro curva	Y:	-2441.5792	Coordinate II punto	Tg	Y:	-2454.0375
Raggio	:	50.0000	Angolo al vertice	:		45
Tangente	:	20.7710	Sviluppo	:		39.3729
Saetta	:	3.8258	Corda	:		38.3635
Pt (%)	:	0.0				

Rettifilo 3		ProgI 75.8223 - ProgF 103.9945				
Coordinate P.to Iniziale	X:	-1292.8221	Coordinate P.to Finale	X:	-1299.8417	
	Y:	-2454.0375		Y:	-2426.7539	
Lunghezza	:	28.1722	Azimut	:		104