



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**Scuola di
Ingegneria**

Corso di Laurea in
Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

INTERSEZIONI A RASO: PROGETTAZIONE DI UNA ROTATORIA A MASSA E COZZILE IN PROVINCIA DI PISTOIA

Relatore

Ing. Monica Meocci

Correlatore

Ing. Andrea Paliotto

Candidato

Filippo Cuccuini



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Ingegneria

A Bernardo e Giulio



INDICE:

INTRODUZIONE	1
1. CARATTERISTICHE DI UNA ROTATORIA	2
1.1. Vantaggi e svantaggi	2
1.2. Geometria delle rotatorie	5
2. CASO SPECIFICO DI PROGETTO	16
2.1. Inquadramento territoriale	16
2.2. Piattaforme stradali	17
2.3. Rifacimento tronco stradale di via del Pino	19
2.4. Pavimentazione	23
2.5. Caratteristiche rotatoria	25
2.6. Attraversamenti pedonali	31
2.7. Illuminazione	31
2.8. Barriere di sicurezza e valutazione dei sottoservizi	33
3. VERIFICHE GEOMETRICHE E CAPACITÀ	35
3.1. Verifiche geometriche richieste	35
3.1.1. Dimensioni caratteristiche dell'entrate e uscite	35
3.1.2. Verifica angolo β	37
3.1.3. Verifica raggio di deflessione	39
3.1.4. Verifica distanze di visibilità	41
3.2. Capacità rotatoria	44
3.2.1. Modello SETRA	45
4. CONCLUSIONI	50
BIBLIOGRAFIA	52



INTRODUZIONE

Le intersezioni a rotatoria sono intersezioni non semaforizzate che sono composte da un'isola centrale e un anello abilitato alla percorrenza a senso unico antiorario (ad eccezione dei paesi con la guida a sinistra dove il senso è orario) dei veicoli su gomma.

La loro comparsa è avvenuta nei primi anni del Novecento, ma il loro impiego ha cominciato ad essere considerevole dagli anni '60 in poi. Il massimo interesse per questa tipologia di intersezione lo stiamo vivendo in questi anni.

La grande diffusione delle rotatorie è data ovviamente dai suoi innumerevoli vantaggi: per esempio l'aumento di sicurezza o la riduzione di ritardi.

In questa tesi di laurea si affronterà la progettazione di un'intersezione a rotatoria a quattro rami in un ambiente extraurbano.

Le classi di strade che convergono sulla rotatoria sono due C1 e due F1. La progettazione è stata effettuata considerando aspetti geometrici e funzionali dettati da normative, linee guida e letteratura.

La rotatoria oggetto di tesi sarà realizzata a Massa e Cozzile, Pistoia.

Le vie che convergono sull'intersezione sono via del Pino (da Ovest), via Biscolla (da Nord), via Ponte Monsummano (da Est) e via Porriane (da Sud).

Nella progettazione della rotatoria è stato previsto anche il rifacimento e adeguamento del tronco stradale di Via del Pino, mantenendo tutti i collegamenti privati a tale strada.

Gli obiettivi di tale elaborato sono quelli di aumentare la sicurezza dell'intersezione e migliorare il deflusso del traffico (diminuire i ritardi).

Per ridurre al minimo gli espropri, l'intervento deve, per quanto possibile, avere dimensioni contenute e sfruttare il più possibile il terreno a Sud/Ovest dell'intersezione.

La progettazione grafica e le verifiche sono state effettuate con l'aiuto del software Civil Design 11.



-CAPITOLO 1-

CARATTERISTICHE DI UNA ROTATORIA

Un'intersezione a rotatoria è costituita da un'isola centrale (generalmente non sormontabile) circondata da un anello percorribile in un solo senso di marcia dai veicoli. Questo anello ha delle intersezioni con le strade che convergono sulla rotatoria.

I veicoli che si immettono nell'anello devono dare la precedenza ai veicoli che sono presenti all'interno dell'anello.

Parallelamente ad un utilizzo sempre maggiore di questa tipologia di intersezione si è assistito a una diffusione crescente di letteratura a riguardo, all'emanazione di normative specifiche e linee guida per la realizzazione e progettazione delle stesse. Ad oggi sono presenti molti testi che possono aiutare il progettista, ad esempio la normativa francese, oppure quella svizzera. Per quanto riguarda l'Italia le uniche prescrizioni normative sono contenute nel D.M.19 Aprile 2006, *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*, pubblicato il 24 Luglio 2006, e nel DGR 7/20829 *linee guida zone di intersezione*, pubblicato nel 16 Febbraio 2005.

1.1. Vantaggi e svantaggi

Una rotatoria ha molti vantaggi, il più considerevole è l'aumento delle condizioni di sicurezza. Infatti, con l'introduzione di una rotatoria, i punti di conflitto tra le traiettorie dei veicoli sono molto minori rispetto ad un'intersezione a raso "classica" che permetta l'intersezione delle stesse strade. Considerando un'intersezione a 4 rami risultano esserci ben 32 punti di conflitto possibili, mentre in una rotatoria a quattro rami i punti di conflitto passano da 32 a 8 (figura 1.1). Inoltre, è da considerare anche la minor velocità di percorrenza che aiuta notevolmente a ridurre il numero e la gravità di eventuali conflitti.

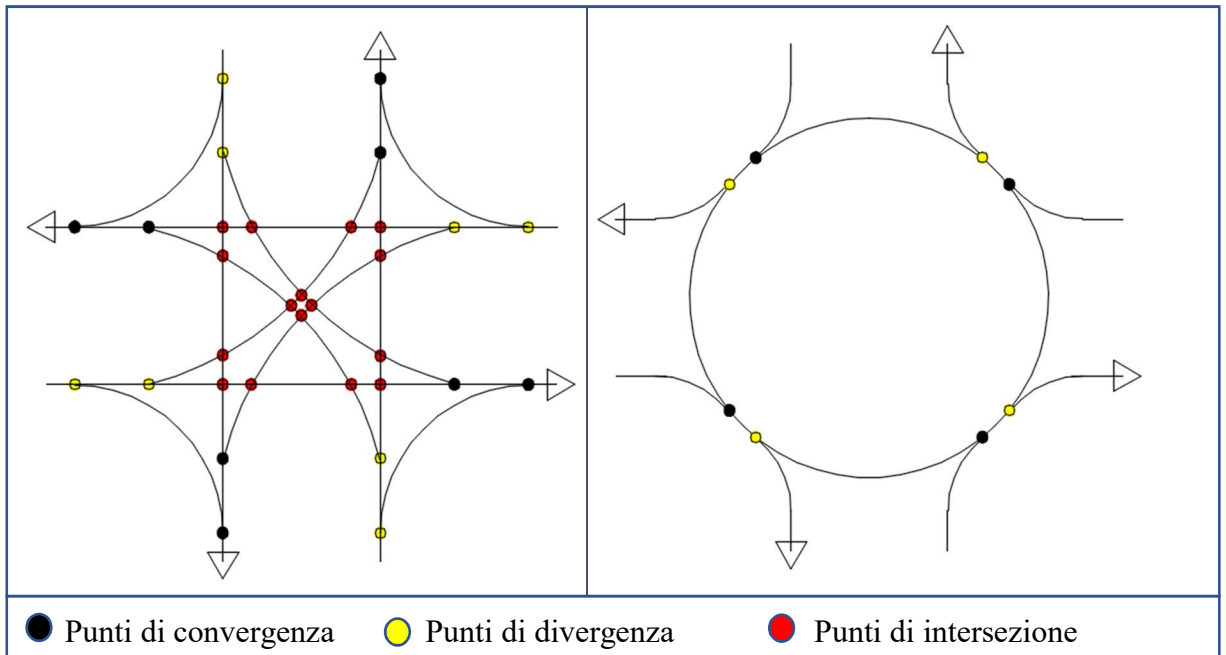


FIGURA 1.1: diminuzione dei punti di conflitto

È da notare che tra i punti di intersezione che sono stati eliminati dalla geometria intrinseca della rotatoria ci sono anche quelli detti “svolta a sinistra”, che sono quelli con maggior energia di impatto, quindi i più pericolosi (figura 1.2).

valori indicativi all'ordine di grandezza			
atraversamento ortogonale	immissione	diversione	atraversamento svolta a sinistra
1.41 V	0.3 V	0.3 V	1.8 V
moltiplicatore dell'energia d'impatto			
1,98	0,09	0,09	3,2

FIGURA 1.2: casistica degli urti nei punti di conflitto con esplicitazione dell'energia d'urto



La realizzazione di un'intersezione a rotatoria comporta anche una serie di vantaggi secondari:

- Diminuzione delle emissioni inquinanti e riduzione dell'inquinamento acustico, grazie alla maggiore fluidità di percorrenza e la riduzione della velocità media.
- Maggior tutela verso le utenze deboli, come pendoni e ciclisti, data dalla velocità ridotta e dalla possibilità di usufruire delle isole divisionali come riparo durante l'attraversamento.
- Semplificazione della segnaletica verticale, riducendo l'ingombro e facilitando la comprensione.
- Possibilità di inversione di marcia senza compiere manovre pericolose e non consentite.

Prendendo quindi in considerazione i vantaggi sopraesposti, si ritiene che la realizzazione di un'intersezione a rotatoria sia appropriata nei seguenti casi:

- Intersezione non semaforizzata, regolamentata dal segnale di precedenza e/o stop, dove i ritardi accumulati nella strada con minor traffico sono troppo elevati.
- Intersezioni semaforizzate nella quale la realizzazione della rotatoria ridurrebbe notevolmente i ritardi.
- Intersezioni con più di 3 rami, dove si registrano alte percentuali di svolte a sinistra.
- Intersezioni dove si è registrato una elevata percentuale di incidenti.

Ovviamente questa tipologia di intersezione presenta anche alcuni svantaggi. Infatti, una rotatoria necessita di grossi spazi per la sua realizzazione ottimale che, soprattutto in un centro urbano, non sono sempre disponibili. In altri casi invece la ricerca di tali spazi fa alzare notevolmente il costo della rotatoria a causa di espropri o spostamento di sottoservizi. È da considerare anche l'eventuale presenza di veicoli pesanti che potrebbero avere difficoltà di manovra e di conseguenza creare un ostacolo alla viabilità.

Per tali motivi la realizzazione di una rotatoria è sconsigliata quando troviamo una di queste situazioni:

- Mancanza di spazio sufficiente o pronunciata irregolarità plano-altimetrica.
- Volontà di mantenimento di una corsia preferenziale per mezzi pubblici
- Area con una regolazione centralizzata del traffico (es: *onda verde*).

1.2. Geometria delle rotatorie

I principali elementi caratteristici di una rotatoria sono (Figura 1.3):

- Isola centrale
- Anello di circolazione
- Isola divisionale o separatrice
- Entrate e uscite

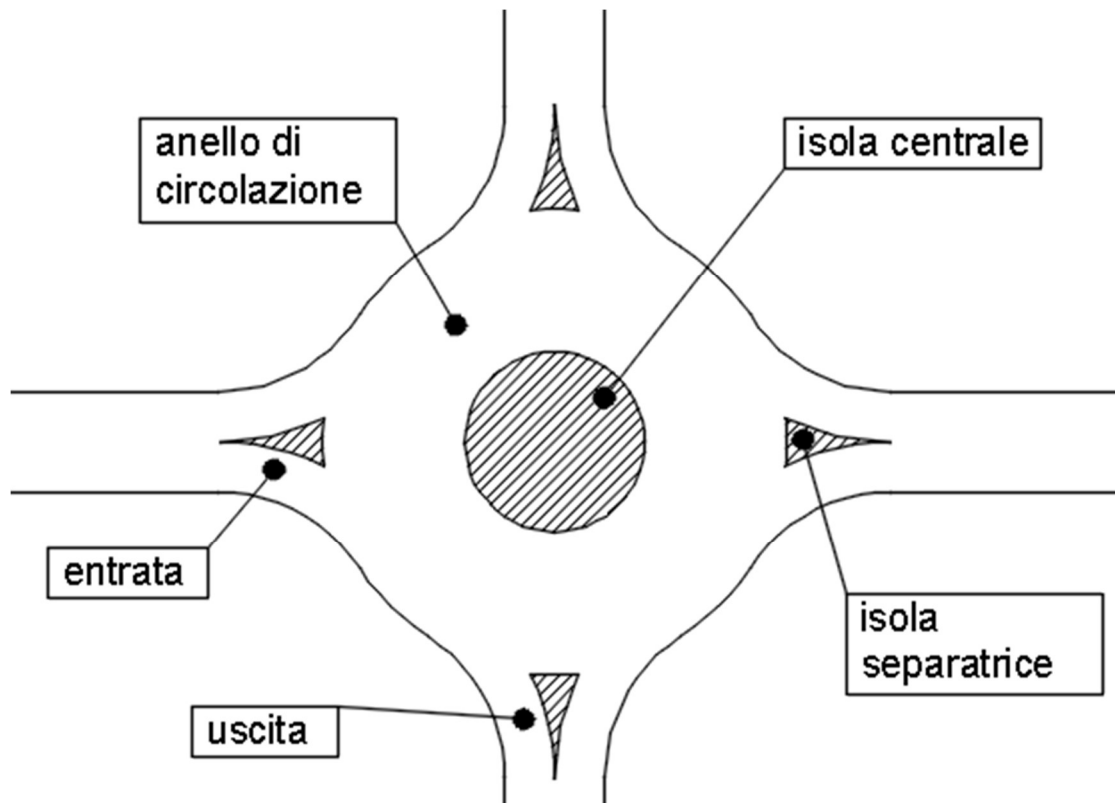


FIGURA 1.3 : elementi caratteristici della rotatoria

L'isola centrale si trova al centro dell'intersezione ed è contornata dall'anello di circolazione, che è percorribile in senso antiorario (nei paesi con guida a sinistra, in senso orario). L'isola centrale deve essere insormontabile, per tale motivazione è realizzata in rilievo. Nel caso di dimensioni ridotte della rotatoria, può essere prevista una fascia dell'isola centrale sormontabile, soprattutto per facilitare la manovra dei mezzi più ingombranti, ed è realizzata con una pavimentazione differente dall'anello per essere facilmente distinguibile.



Le dimensioni dell'isola centrale sono in funzione del diametro esterno della rotatoria e della necessità di avere traiettorie che consentono un'adeguata moderazione della velocità di percorrenza dell'anello.

Il diametro esterno della rotatoria rappresenta il principale parametro che identifica la tipologia di rotatoria, infatti in ogni normativa analizzata è presente una classificazione delle rotatorie in base proprio al diametro.

Le normative considerate sono le seguenti:

- DM 19 aprile 2006, *Norme funzionali e geometriche per le costruzioni delle intersezioni stradali*
- DGR n° 7/20829 *linee guida zone di intersezione*, del 16 Febbraio 2005
- VSS SN 640263 del 1° luglio 2013 (normativa svizzera)
- SETRA, *aménagement des correffours interuubains sur les routes principales*, 1998 (normativa francese)

Con il termine diametro esterno di una rotatoria si intende il diametro del cerchio la cui circonferenza coincide con le linee di margine esterno della carreggiata dell'anello.

La normativa italiana (DM 19-04-2006) fa la seguente classificazione:

- 1- *Mini-rotatorie*: $\Phi \in [14\text{m} ; 25\text{m}]$
- 2- *Rotatorie compatte*: $\Phi \in [25\text{m} ; 40\text{m}]$
- 3- *Rotatorie convenzionali*: $\Phi \in [40\text{m} ; 50\text{m}]$

La scelta del diametro ovviamente dipende sia dallo spazio disponibile in sito, sia dal volume di traffico che interessa quella intersezione.

La normativa italiana in funzione del diametro scelto, e del numero di corsie dei rami che insistono sull'intersezione, riporta delle misure specifiche riguardanti la larghezza dell'anello che deve essere sempre realizzato con un'unica corsia..

N° di corsie in entrata	Diametro	Larghezza anello
1	14-25 m	7-8 m
1	25-40 m	7 m
1	≥ 40 m	6 m
2	< 40 m	8.5-9 m
2	≥ 40 m	9 m

TABELLA 1.1 : larghezza anello in funzione di Φ e del numero di corsie in entrata

È importante però sottolineare che per casi particolari, il rispetto di questi valori non garantisce un progetto geometrico ottimale della rotatoria, soprattutto perché dipendono quasi esclusivamente dal diametro esterno senza considerare in alcun modo il traffico circolante nell'anello. Allo stesso modo anche la scelta di una sola corsia nell'anello è una scelta progettuale che non sempre può risultare ottimale in termini di funzionalità, ma che deriva dalla necessità di mantenere una circolazione sicura, la progettazione di un anello a due corsie ha molteplici svantaggi, il più rilevante è l'aumento di punti critici o di conflitto. Per la costruzione dell'anello è importante mantenere la larghezza sempre costante e realizzare una pendenza trasversale corretta (indicativamente al 2%) per il deflusso delle acque piovane.

Oltre all'isola centrale ed all'anello di circolazione, un altro elemento facilmente distinguibile in una rotatoria è sicuramente l'isola separatrice; si tratta di un elemento grossomodo triangolare, posto su ogni ramo in prossimità della rotatoria, in modo da separare l'entrata dall'uscita (Figura 1.4). La sua funzione è incanalare nel modo corretto il traffico nell'anello, impedendo o scoraggiando le manovre errate, e contribuendo a rallentare i veicoli, permettendo così una decelerazione omogenea fino alla velocità di percorrenza della rotatoria.

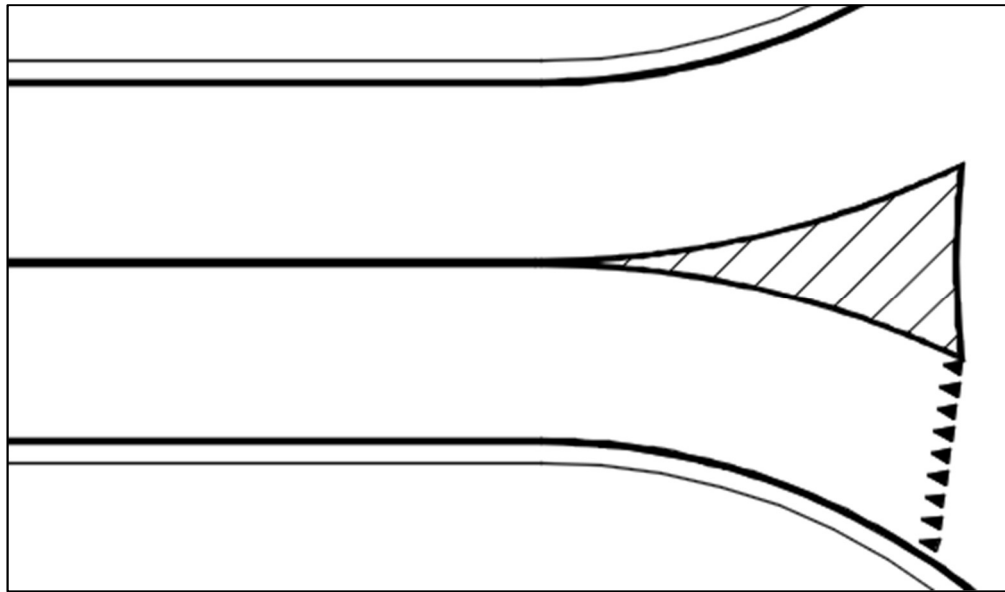


FIGURA 1.4: isola separatrice o isola divisionale

Dovrebbe essere realizzata sempre in rilievo per essere più efficace, in quanto insormontabile, e funzionare anche da riparo per pedoni durante l'attraversamento. Tuttavia, in alcuni casi, come per le rotatorie di piccole dimensioni in ambito urbano, l'isola separatrice è solamente disegnata con la segnaletica orizzontale. L'isola separatrice deve essere progettata in modo da incanalare i veicoli nell'anello con una curva morbida. Il dimensionamento geometrico della curva e degli elementi di raccordo non è specificato nella normativa nazionale (DM 2006), è pertanto necessario riferirsi ad altre normative o a linee guida per reperire delle indicazioni progettuali

Come precedentemente detto, uno dei riferimenti normativi utilizzabili in Italia per la progettazione di una rotatoria è il DGR della Lombardia n° 7/20829 *linee guida zone di intersezione*. Il suddetto decreto fornisce indicazioni sulle caratteristiche geometriche dei bracci di ingresso e di uscita.

Essa fa riferimento ai raggi di curvatura (Figura 1.6) definendone dei range in base alla tipologia di rotatoria.

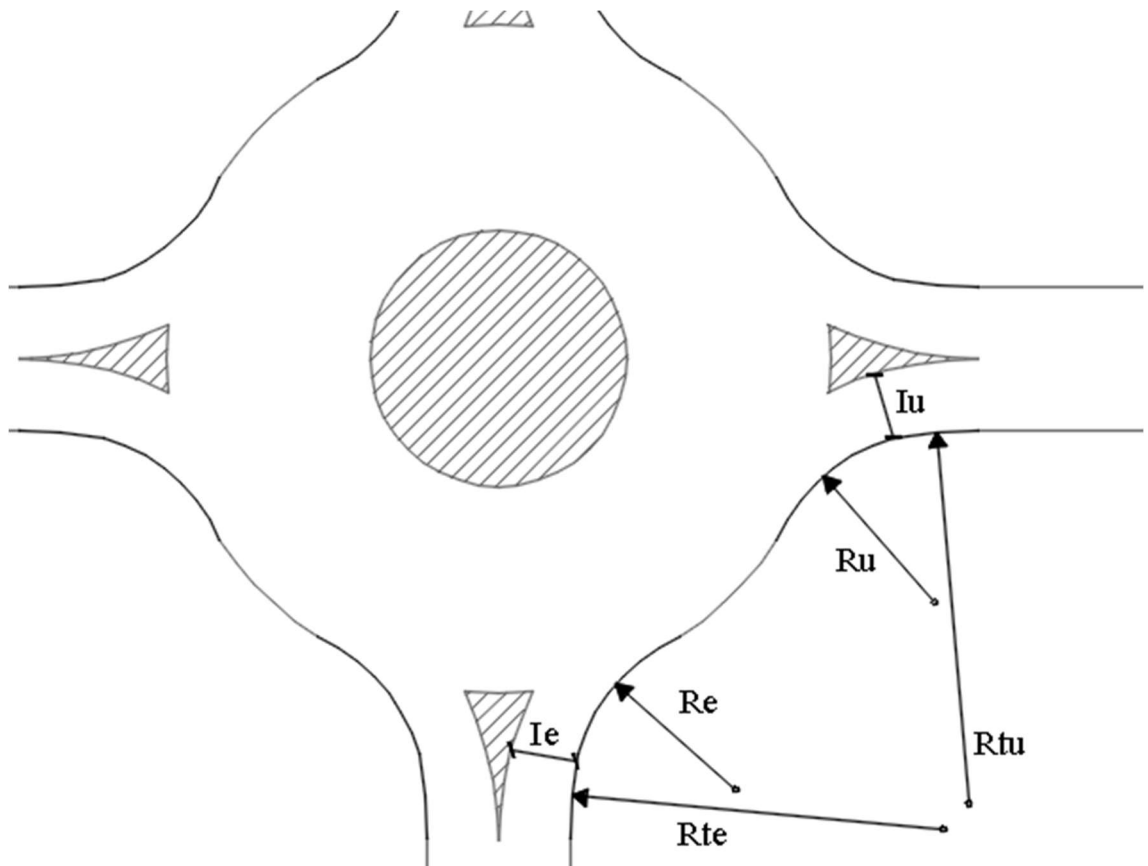


FIGURA 1.6 : raggi di curvatura e larghezze rami

		Mini rotatorie	Rotatorie compatte	Rotatore convenzionali
Raggio entrata	Re	10-13 m	10- 25 m	10 / R _{ext} rotatoria
Raggio uscita	Ru	15 – 30 m		
Corsia entrata	Ie	4 – 4.5 m		
Corsia uscita	Iu	4.5 – 6 m		
Raggio raccordo entrata	Rte	4 * R _{ext} rotatoria		
Raggio raccordo uscita	Rtu	4 * R _{ext} rotatoria		

TABELLA 1.2 : raggi curvatura e larghezza rami delle linee guida della regione Lombardia



La normativa svizzera invece ha al suo interno le seguenti indicazioni, facendo distinzione tra ambito urbano e extraurbano:

		Urbano	Extraurbano
Raggio entrata	Re	10 m	12 m
Raggio uscita	Ru	12 m	14 m
Corsia entrata	Ie	3 – 3.5 m	
Corsia uscita	Iu	3.5 – 4.5 m	
Raggio raccordo entrata	Rte	5 * Re	
Raggio raccordo uscita	Rtu	4 * Ru	

TABELLA 1.3 : raggi curvatura e larghezza rami della normativa svizzera

Nella normativa francese, le correlazioni adottate sono le seguenti:

Raggio entrata	Re	8 – 15 m ($Re \geq R_{ext}$)
Raggio uscita	Ru	≥ 15 m ($\geq R_{int}$)
Corsia entrata	Ie	3 – 4 m
Corsia uscita	Iu	4 – 5 m
Raggio raccordo entrata	Rte	4 * R _{ext}
Raggio raccordo uscita	Rtu	4 * R _{ext}

TABELLA 1.4 : raggi curvatura e larghezza rami della normativa francese

Durante l'analisi e la descrizione dell'isola centrale e dell'isole separatrici, si è accennato al fatto che la sola geometria dovrebbe contribuire ad assicurare un'adeguata deflessione dei veicoli durante l'attraversamento dell'intersezione. La deflessione è una caratteristica fondamentale per la rotatoria, poiché da essa deriva in gran parte la sicurezza dell'intersezione stessa. Per ottenere una deflessione ottimale bisogna prestare attenzione ai seguenti fattori:

- Disposizione e curvatura dei diversi rami
- Allineamento obliquo di ciascuna entrata rispetto alle uscite
- Ubicazione e dimensioni dell'isola centrale
- Ubicazione, forma e dimensioni delle isole separatrici

Nella progettazione di una rotatoria bisogna evitare che un ramo sia tangente alla rotatoria (Figura 1.7) ed è preferibile che il centro della rotatoria si trovi sull'intersezione degli assi dei diversi rami (Figura 1.8).

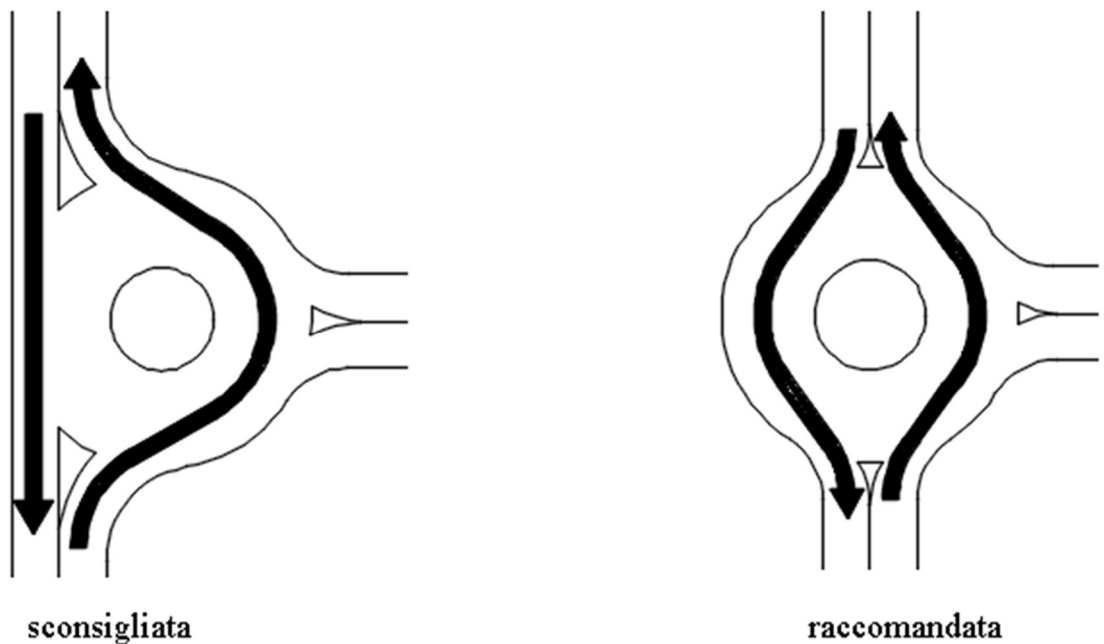


FIGURA 1.7: configurazione di una rotatoria

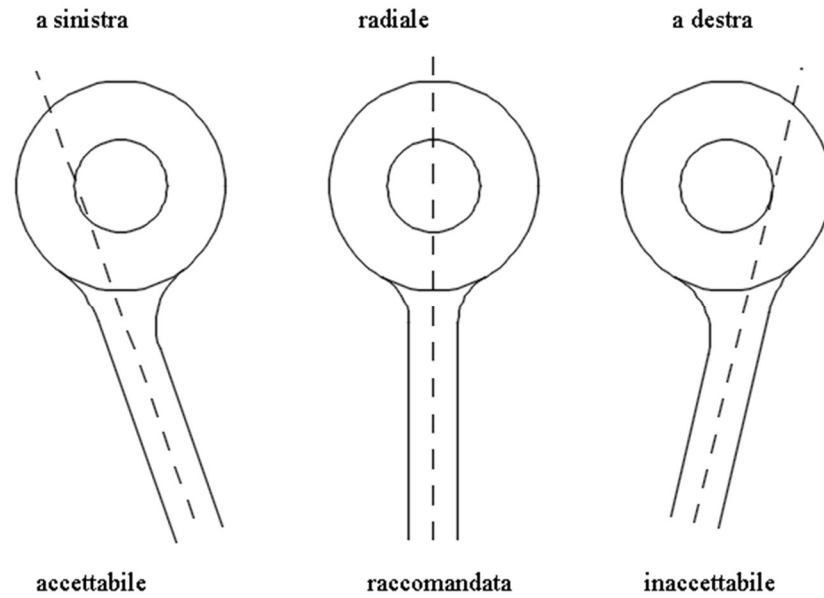


FIGURA 1.8 : disposizione dell'asse di approccio alla rotatoria

Il raggio di deflessione (Figura 1.9) è il raggio dell'arco di circonferenza che passa ad una distanza di 1.5 m dal bordo dell'isola centrale e da 2 m dal bordo delle carreggiate di uscita e di entrata. In tale modo si va a tracciare la traiettoria generica che il veicolo compie per oltrepassare l'intersezione a rotatoria.

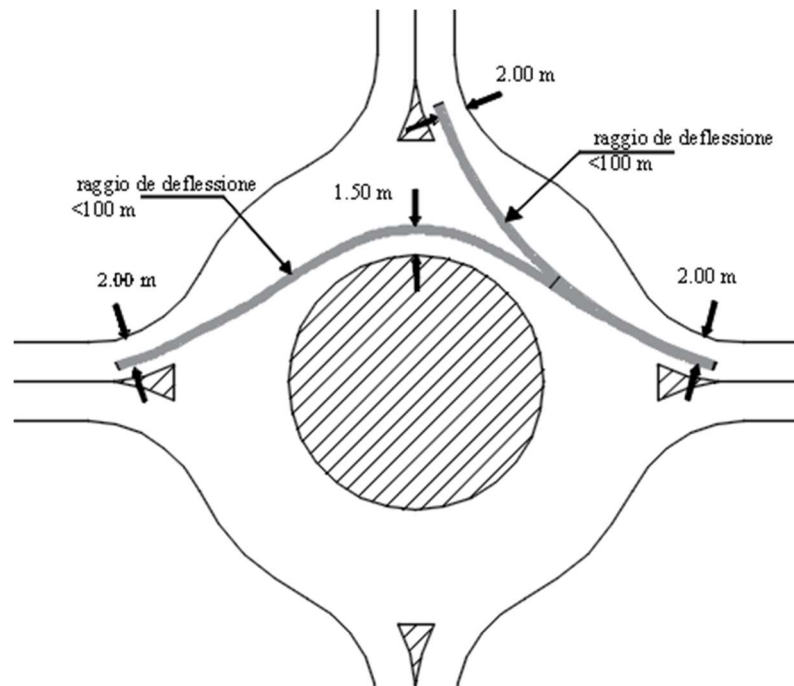


FIGURA 1.9 : raggio di deflessione in una rotatoria

Per garantire una buona deflessione si interviene sul disegno delle entrate e uscite. È bene evidenziare il fatto che è impossibile progettare il singolo elemento, in quanto sono strettamente in relazione l'uno con l'altro, quindi il disegno dell'entrate, delle uscite e delle isole separatrici deve essere fatto come un'azione unica e contemporanea.

Nella normativa italiana questa verifica della deflessione viene fatta tramite l'angolo β , che è stato citato in precedenza in riferimento alle isole separatrici.

L'angolo β è detto angolo deviazione e si misura (come notiamo nella figura 1.10) tra una retta uscente in modo tangente dalla circonferenza di raggio uguale a quello della circonferenza che raccorda il ramo all'anello, ma aumentato della larghezza della corsia, e tangente all'isola separatrice, e l'altra retta, ricavata sempre in modo analogo, corrispondente al ramo posto di fronte rispetto al quello considerato per la prima semiretta.

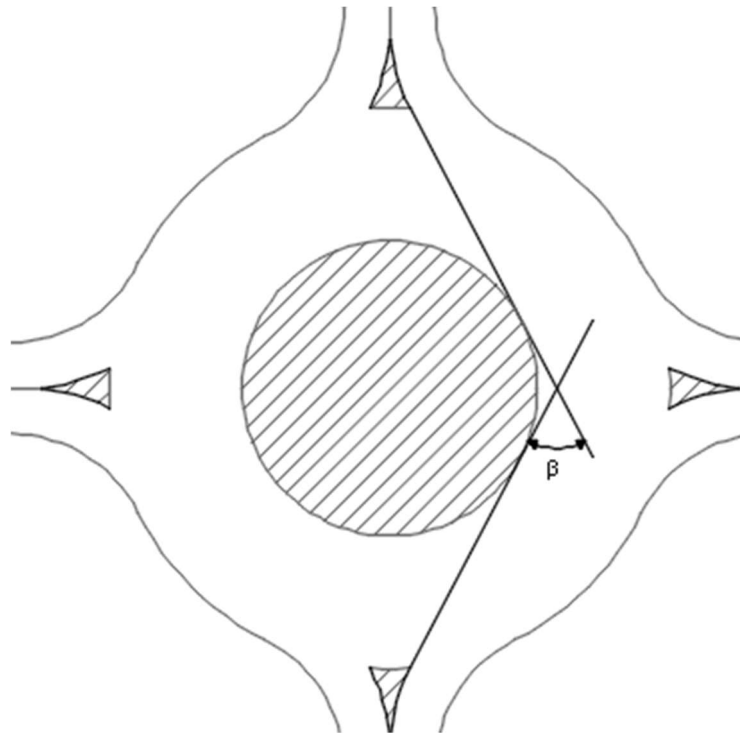


FIGURA 1.10 : misurazione angolo di deviazione.

La normativa italiana stabilisce che $\beta \geq 45^\circ$ in modo da garantire velocità di percorrenza dell'intersezione e traiettorie adeguate.

Le accortezze per far rispettare tale verifica sono le stesse elencate per il raggio di deflessione.

Un altro aspetto da prendere in considerazione quando si realizza una rotatoria è il rispetto delle distanze di visibilità.

La normativa italiana richiede che $\frac{1}{4}$ della rotatoria che si trova alla sinistra del conducente che vuole immettersi nell'anello sia completamente visibile dallo stesso conducente (figura 1.12). La procedura grafica consiste nel tracciare dai vertici di un segmento di 10,m posto a 5 m dalla linea "dare la precedenza", due rette : una tangente alla circonferenza esterna della rotatoria, e una tangente alla circonferenza dell'isola centrale con raggio diminuito di 2.5m

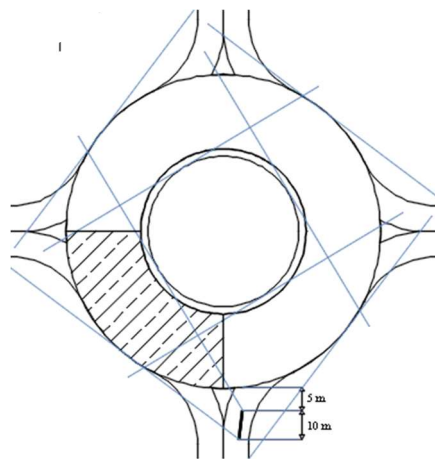


FIGURA 1.11 : campi di visibilità

Poi sono stati considerati 3 criteri sulle distanze di visibilità proposte dal testo *M.Villa-Conoscere il funzionamento e proporre il dimensionamento. Intersezioni a rotatoria-* Levrotto & Bella, 2000.

Il primo criterio è la distanza di arresto, cioè la distanza minima necessaria al guidatore per avere una buona visione dell'isola centrale e dell'isola separatrice. Tale distanza è in relazione alla velocità secondo la tabella 1.5.

Velocità[km/h]	Distanza[m]
40	30
50	40
60	55
70	70
80	105
90	130
100	160

TABELLA 1.5: distanza arresto



Il secondo criterio esprime che un guidatore fermo sulla linea “dare precedenza”, deve avere una linea libera di visibilità verso il traffico in arrivo di una lunghezza pari alla distanza corrispondente al tempo di attraversamento uguale al gap acceptance critico. Per un gap di 5s, ad una velocità di 50km/h, la distanza è pari a 70m.

Il gap acceptance è il comportamento del guidatore che stima l'entità del varco (gap) nella circolazione anulare. Il critical gap acceptance è il distanziamento minimo in una corrente di traffico che sarà accettato da una rilevante ed omogenea quota di automobilisti.

Il terzo criterio è l'unione del primo criterio con il secondo, quindi forma un triangolo con le due grandezze dei due precedenti criteri.

-CAPITOLO 2-

CASO SPECIFICO DI PROGETTO

2.1 Inquadramento territoriale

L'intervento si colloca nel comune di Massa e Cozzile (PT) e prevede l'inserimento di una rotonda nell'intersezione tra le seguenti vie:

- Via Biscolla
- Via Ponte Monsummano
- Via Porrione
- Via del Pino (riprogettata in classe C1)

L'intersezione è situata in una zona extraurbana (Figura 2.1), con prevalenza di attività commerciale, nelle vicinanze dell'uscita dell'autostrada A1, Chiesina Uzzanese.



FIGURA 2.1 ubicazione dell'intersezione.

È stato scelto di adottare l'inserimento di una rotatoria, sia per aumentare le condizioni di sicurezza, ma soprattutto per ridurre il più possibile i ritardi e agevolare il deflusso veicolare. La rotatoria progettata è composta da 4 rami, 2 di classe F1 (via Biscolla e via Porrione) e 2 di classe C1 (via del Pino e via Ponte Monsummano).

La riprogettazione del tronco stradale di via del Pino è dovuta in primo luogo alle dimensioni ridotte, inadeguate per il volume di traffico a cui è, e sarà, soggetta. Dovendo quindi intervenire su questa strada, si è provveduto a modificare parzialmente anche la geometria, in modo da agevolare il raccordo con la nuova intersezione a rotatoria.

2.2 Piattaforme stradali

Per quanto riguarda le tre strade che non necessitano di riprogettazione, sono riportate le sezioni che sono attualmente in esercizio; mentre per quanto riguarda via del Pino, la quale è stata riprogettata, riportiamo le sezioni tipo, con riferimento per il dimensionamento, alle sezioni tipologiche riportate nel DM 5/11/2001 per la classe C1.

→ Via Biscolla

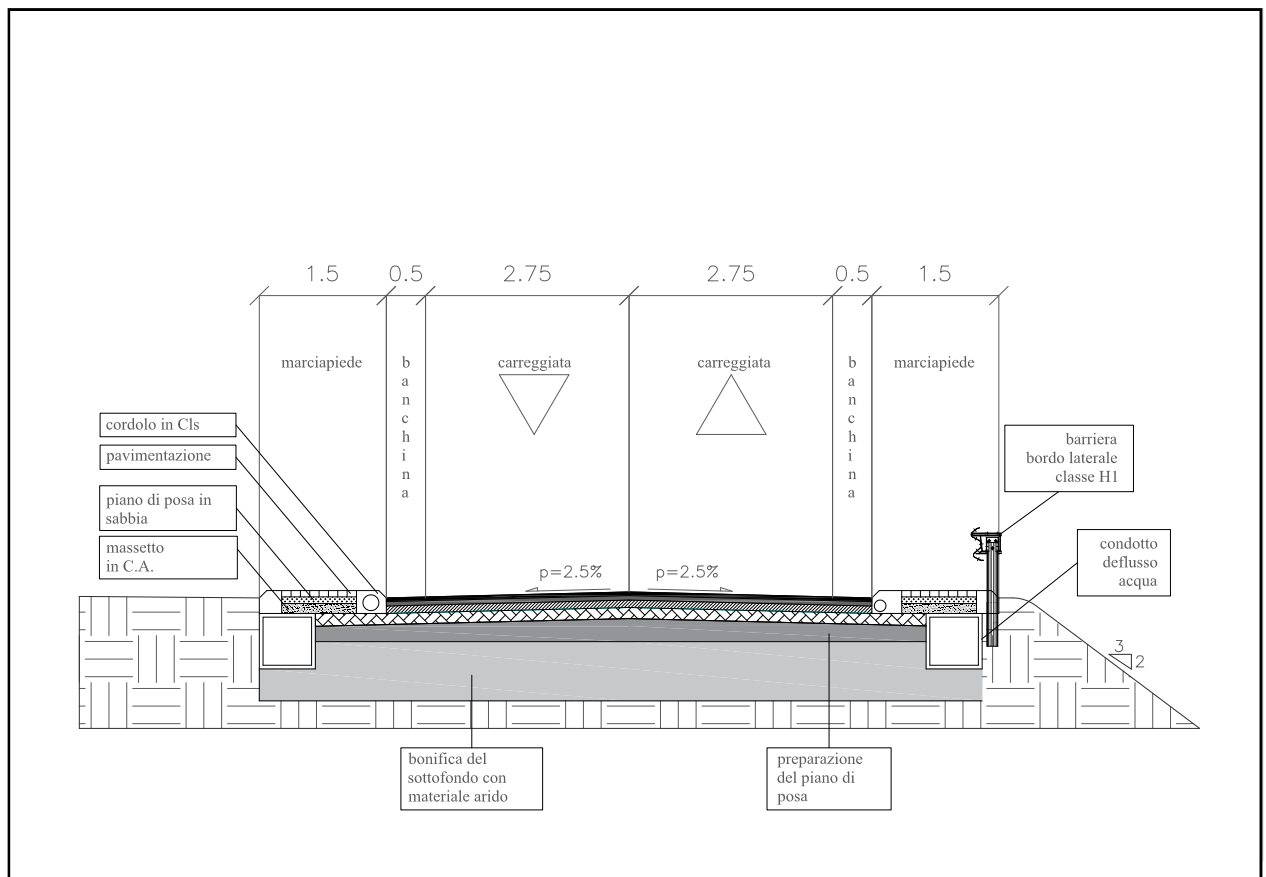


FIGURA 2.2: sezione tipo F1 via Biscolla (scala 1:100)

→ Via Ponte Monsummano

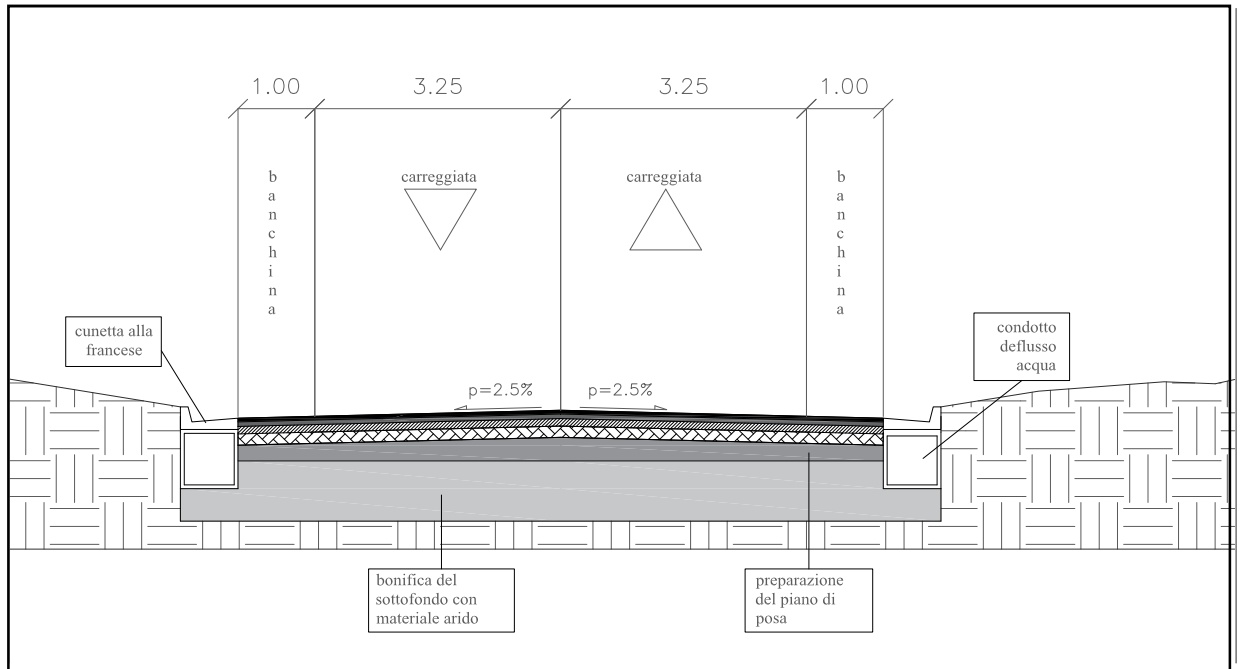


FIGURA 2.3 : sezione tipo C1 via Ponte Monsummano (scala 1:100)

→ Via Porrione

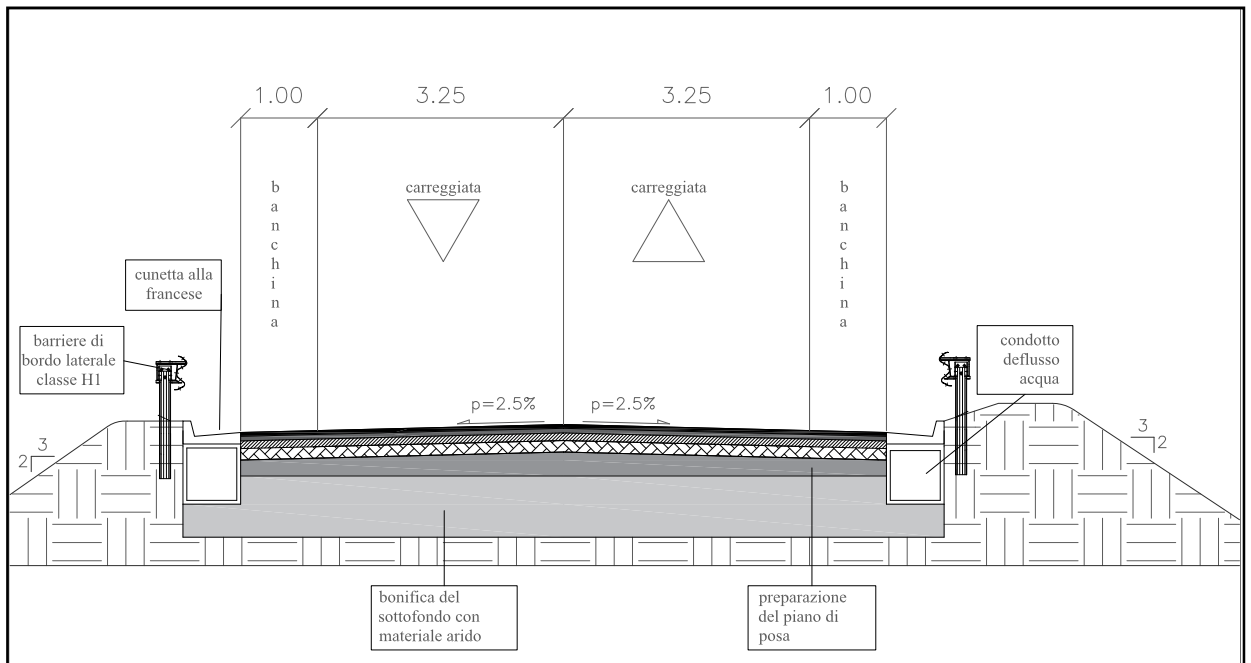


FIGURA 2.4 : sezione tipo F1 via Porrione (scala 1:100)

2.3 Rifacimento tronco stradale di via del Pino

Essendo tale via di dimensioni molto ridotte, è stato obbligatorio una riprogettazione con le dimensioni indicate dal DM 5/11/2001 (Figura 2.5) in modo da poter sostenere il volume di traffico.

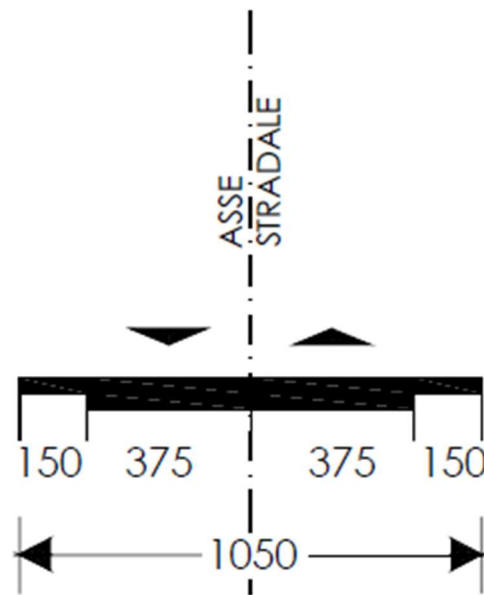


FIGURA 2.5 : dimensioni piattaforma stradale C1

Il nuovo asse stradale è stato disegnato con un'inclinazione maggiore per poter riuscire a guadagnare spazio per l'allargamento di carreggiata. Tale operazione ha comportato l'esproprio di una porzione di terreno a SUD del tronco stradale e all'abbattimento di una buona parte dei pini presenti di fianco alla vecchia strada situati sempre su tale terreno. Il nuovo asse di tracciamento (Figura 2.6) ha una lunghezza di 387 m, non tenendo di conto l'ingombro della rotatoria.

La rotatoria è situata alla fine di tale tronco, quindi in corrispondenza del vertice di progressiva $Pr = 387m$.

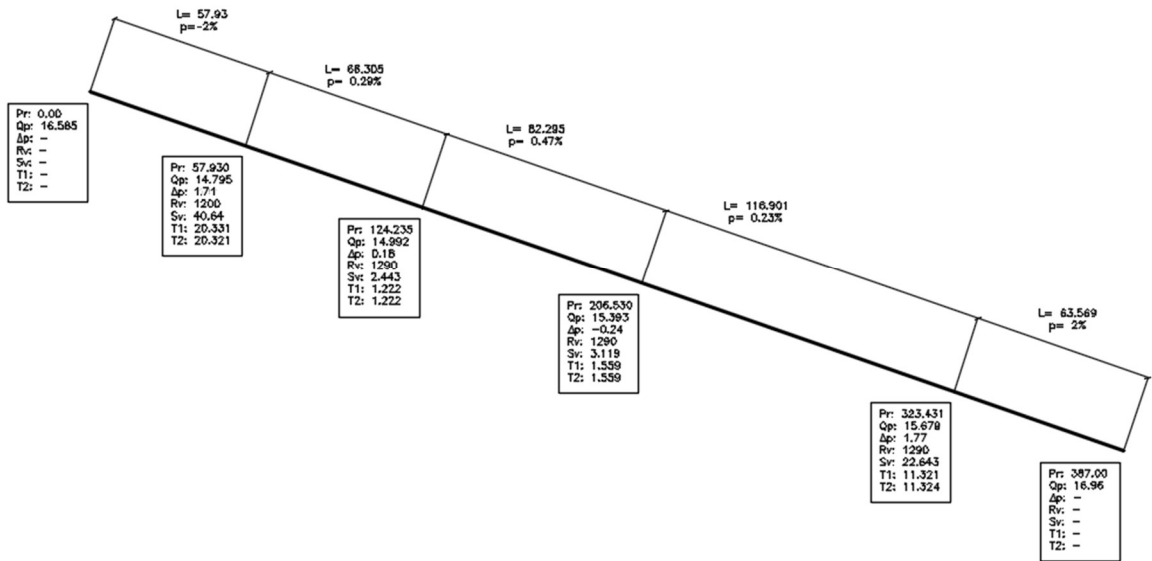


FIGURA 2.6: planimetria di tracciamento nuovo tronco stradale Via del Pino

Essendo un solo rettifilo, senza curve circolari o clotoidi, e oltretutto di lunghezza modesta, tutte le verifiche previste da normativa sull'aspetto planimetrico sono rispettate.

$L_{\text{tracciato}} \in [L_{\text{min}} ; L_{\text{max}}]$; dove $L_{\text{max}} = 22 \cdot V_{p \text{ max}} = 2200 \text{ m}$

V min	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L min	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

TABELLA 2.1: lunghezza minima del rettifilo

$L(387 \text{ m}) \in [150 \text{ m} ; 2200 \text{ m}] \rightarrow \text{VERIFICATO}$

Per quanto riguarda le verifiche altimetriche, il DM del 5 Novembre 2001 prescrive le pendenze massime dei tratti di strada a pendenza costante e su come essi debbano essere raccordati. In particolare viene imposta l'utilizzo di curve paraboliche per la realizzazione dei raccordi verticali, caratterizzate dal valore del raggio osculatore.

Tipologia di strada		Urbano	extraurbano
Autostrada	A	6%	5%
Extraurbana principale	B	-	6%
Extraurbana secondaria	C	-	7%
Urbana di scorrimento	D	6%	-
Urbana di quartiere	E	8%	-
Locale	F	10%	10%

TABELLA 2.2 : pendenza longitudinale livellette

	D>L	D<L	
Raccordi concavi	$Rv = \frac{2 * 100}{\Delta i} \left[D - \frac{100}{\Delta i} (h + D \sin \theta) \right]$	$Rv = \frac{D^2}{2(h + D \sin \theta)}$	LEGENDA Rv= raggio raccordo D= distanza visibilità Δi= differenza pendenze
Raccordi convessi	$Rv = \frac{2 * 100}{\Delta i} \left[D - 100 \frac{h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2}}{\Delta i} \right]$	$Rv = \frac{D^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})}$	h ₁ =altezza occhio guidatore h _e = altezza ostacolo h= altezza fari θ=divergenza fascio luminoso

TABELLA 2.3: raggio minimo raccordo verticale

Di seguito sono riportate le tabelle con le caratteristiche del nuovo tronco stradale opportunamente verificato secondo quanto scritto sopra. Il vertice 1 corrisponde a quello a progressiva 0.

vertice		progetto		normativa	
1	i ₁	-	-	-	-
	Rv	-	-	-	-
	i ₁₋₂	-2%	<	7%	Verificato

vertice		progetto		normativa	
2	i ₁₋₂	-2%	<	7%	Verificato
	Rv	1200 m	>	1188.58 m	Verificato
	i ₂₋₃	0.2971%	<	7%	Verificato

vertice		progetto		normativa	
3	i ₂₋₃	0.2971%	<	7%	Verificato
	Rv	1290 m	>	1286.01 m	Verificato
	i ₃₋₄	0.4865%	<	7%	Verificato

vertice		progetto		normativa	
4	i_{3-4}	0.4865%	<	7%	Verificato
	Rv	1290 m	>	1286.01 m	Verificato
	i_{4-5}	0.2448%	<	7%	Verificato

vertice		progetto		normativa	
5	i_{4-5}	0.2448%	<	7%	Verificato
	Rv	1290 m	>	1188.58 m	Verificato
	i_{5-6}	2%	<	7%	Verificato

vertice		progetto		normativa	
6	i_{5-6}	2%	<	7%	Verificato
	Rv	-	-	-	-
	i_6	-	-	-	-

TABELLE 2.4: confronto caratteristiche altimetriche di progetto con normativa

Approfondendo della riprogettazione, è stato inserito nel lato nord della strada un marciapiede di larghezza 1,5 m che si andrà a collegare con quello di via Biscolla.

Le sezioni tipologiche relative a questo nuovo tratto sono rappresentate in Figura 2.7 (trincea) e Figura 2.8 (rilevato).

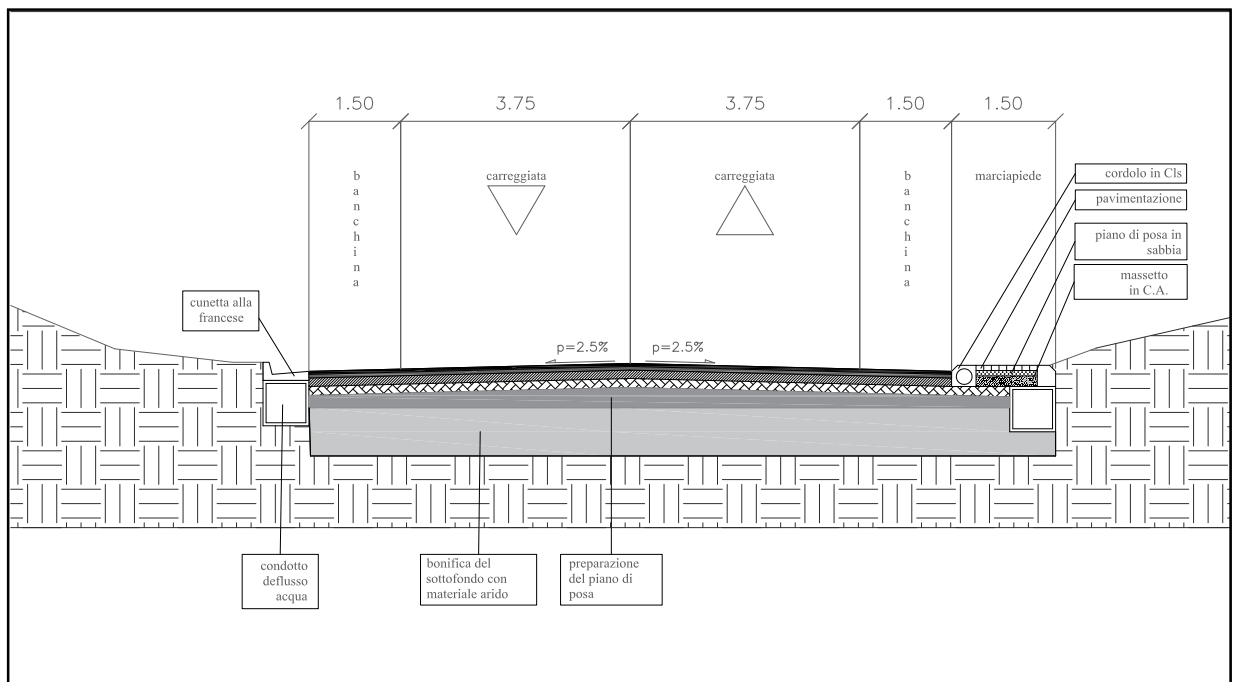


FIGURA 2.7: sezione in trincea del tronco stradale via del Pino (scala 1:125)

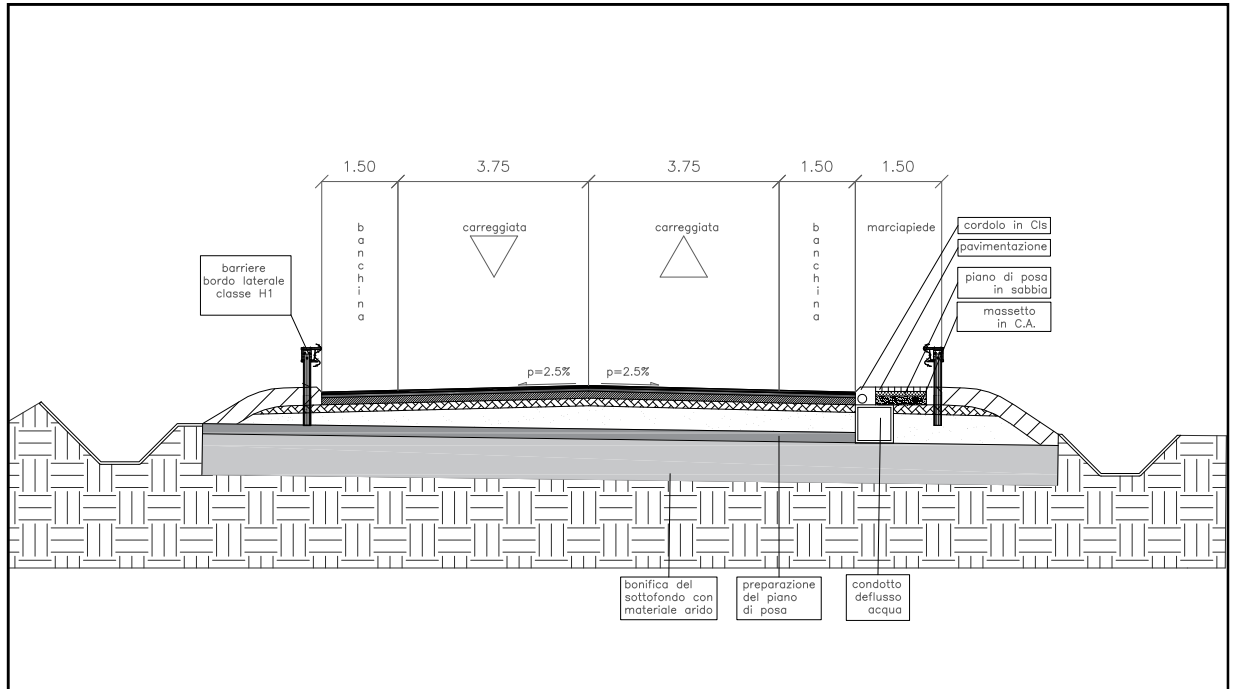


FIGURA 2.8: sezione in riporto del tronco stradale di via del Pino (scala 1:150)

2.4 Pavimentazione

Per la progettazione della pavimentazione si può fare riferimento al *Modello di catalogo delle pavimentazioni stradali – CNR BU 178/1995*, nel quale ci sono, oltre a delle linee guida sulla progettazione della pavimentazione, degli schemi già compilati. Tali schemi variano in base alla resistenza del sottosuolo e al numero di veicoli pesanti che passeranno su tale pavimentazione nell'arco della sua vita utile.

Il catalogo fa una suddivisione anche in base alla tipologia di pavimentazione, ovvero divide tra flessibili, semirigide e rigide.

Per tale progetto è stato scelto una pavimentazione flessibile, che poggerà su un terreno con un modulo resistente di 90 N/mm^2 .

I dati sul traffico che graverà sul manto stradale sono i seguenti:

- Strada C1 = 600 veic.eq/ h
- Strada F1 = 450 veic.eq/ h
- Anello rotatoria = 500 veic.eq/ h
- veicoli pesanti: $V_p=8\%$
- Tasso di crescita traffico: $r=1.5\%$
- Distribuzione per corsie. 50%

Per calcolare i veicoli che stresseranno il manto stradale nella sua vita utile (20 anni) si

utilizza la formula dell'interesse composto $\%V_p * TGM * 365 * \frac{(1+r)^t}{r}$

Strada	Veicoli/ora	Tgm	Tgm per corsia	Tgm veicoli pesanti per corsia	Vita utile	Veicoli passanti
F1	450	10800	5400	432	20	3646140
C1	600	14400	7200	576	20	4861520
rotatoria	500	12000	12000	960	20	8102533

TABELLA 2.5 : tabella volumi di traffico

Trovato il numero di veicoli pesanti nella vita utile, interpoliamo le diverse misure dei diversi schemi standard del catalogo ottenendo la pavimentazione più adeguata.

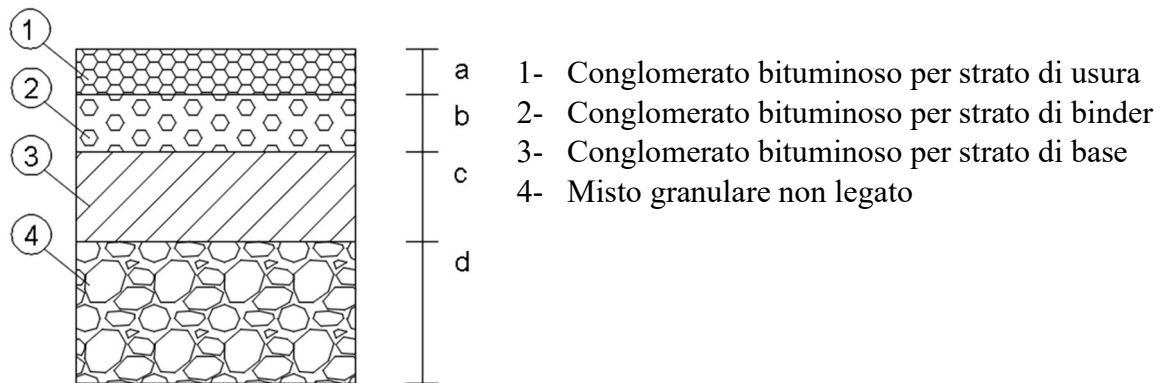


FIGURA 2.9 : stratimetria pavimentazione flessibile

Strada	Dimensione a	Dimensione b	Dimensione c	Dimensione d
F1	5 cm	6 cm	10 cm	15 cm
C1	5 cm	6 cm	14 cm	15 cm
rotatoria	5 cm	6 cm	16 cm	15 cm

TABELLA 2.6 : spessori strati pavimentazione

2.5 Caratteristiche rotatoria

La rotatoria progettata è di forma circolare, con un'isola centrale non sormontabile. Su di essa insistono 4 rami; via del Pino, via Biscolla, via Ponte Monsummano e via Porrione.

Le caratteristiche geometriche della rotatoria sono riportate in tabella.

Tali dimensioni (anche quelle dell'isole separatrice) sono state scelte, tramite i suggerimenti delle linee guida e le normative viste nel capitolo precedente, per rispettare la verifica dell'angolo β e le distanze di visibilità, che vedremo nel capitolo seguente.

Raggio esterno (con banchina)	R_{ext}	25 m
Raggio interno isola	R_{int}	17.2 m
Banchina esterna	B_{ext}	1 m
Banchina interna	B_{int}	0.8 m
Larghezza anello	ANN	6 m
Larghezza anello (con banchine)	L	7.8 m

TABELLA 2.7 : caratteristiche geometriche rotatoria

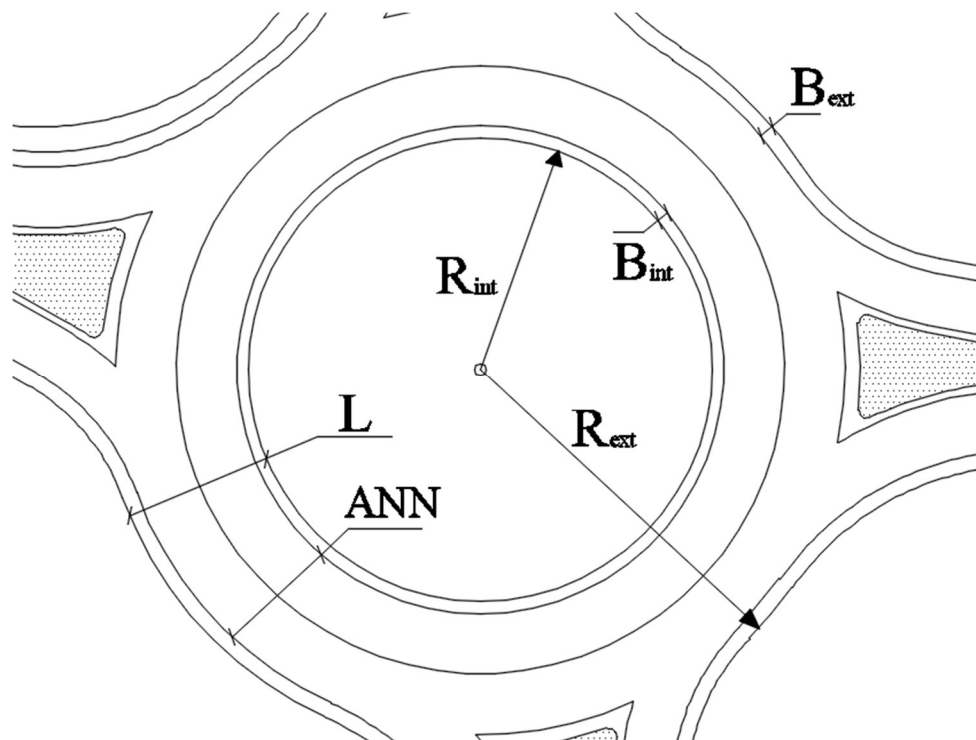


FIGURA 2.10 : caratteristiche geometriche della rotatoria.

All'imbocco di ogni ramo sull'anello della rotatoria è posta un'isola separatrice, che serve a incanalare in modo corretto i veicoli nella circolazione a rotatoria.

Le caratteristiche dell'isola separatrice sono riportate nella tabella 2.8.

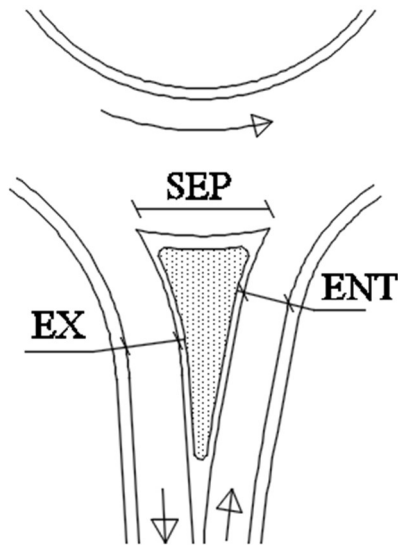


FIGURA 2.11 : isola separatrice

Via	Larghezza isola separatrice	Larghezza corsia entrata	Larghezza corsia uscita
	SEP	ENT	EX
del Pino	10.55 m	3.5 m	4.5 m
Biscolla	10.02 m	3.5 m	4.5 m
Ponte Monsummano	10.25 m	3.5 m	4.5 m
Porriane	10.26 m	3.5 m	4.5 m

TABELLA 2.8 : caratteristiche isola separatrice

La rotonda è progettata su una superficie piana a quota 16.80 m s.l.m. (quota corrispondente alla banchina esterna dell'anello), dove i 4 rami si uniscono all'anello (che ha una pendenza trasversale del 2%) tramite dei raccordi verticali. Questi raccordi hanno uno sviluppo che, all'incirca, rientra nella lunghezza delle isole di separazione, in modo da non intervenire in uno spazio troppo esteso. L'unica eccezione è su via del Pino, dove il raccordo è situato prima dell'isola separatrice, ma essendo tale via riprogettata "ex novo" non ha senso limitare l'area di lavoro per l'introduzione del raccordo.

Nella tabella 2.9 sono riportate tutte le proprietà di raccordi tra ramo e anello di circolazione.

Via	Raggio raccordo	Raggio minimo	Sviluppo raccordo
	Rv	Rv min	SV
Del Pino	1290 m	1118.58 m	22.64 m
Biscolla	470 m	462.96 m	9.76 m
Ponte Monsummano	470 m	462.96 m	9.65 m
Porriane	470 m	462.96 m	8.77 m

TABELLA 2.9 : raccordi verticali tra rami e anello della rotonda

Di seguito sono riportate due sezioni (Figura 2.12 e 2.13) e la planimetria (Figura 2.14).

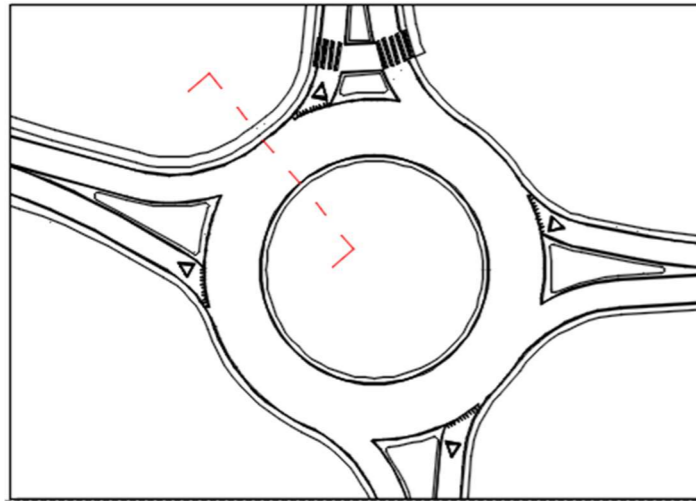


FIGURA 2.12.a : ubicazione sezione

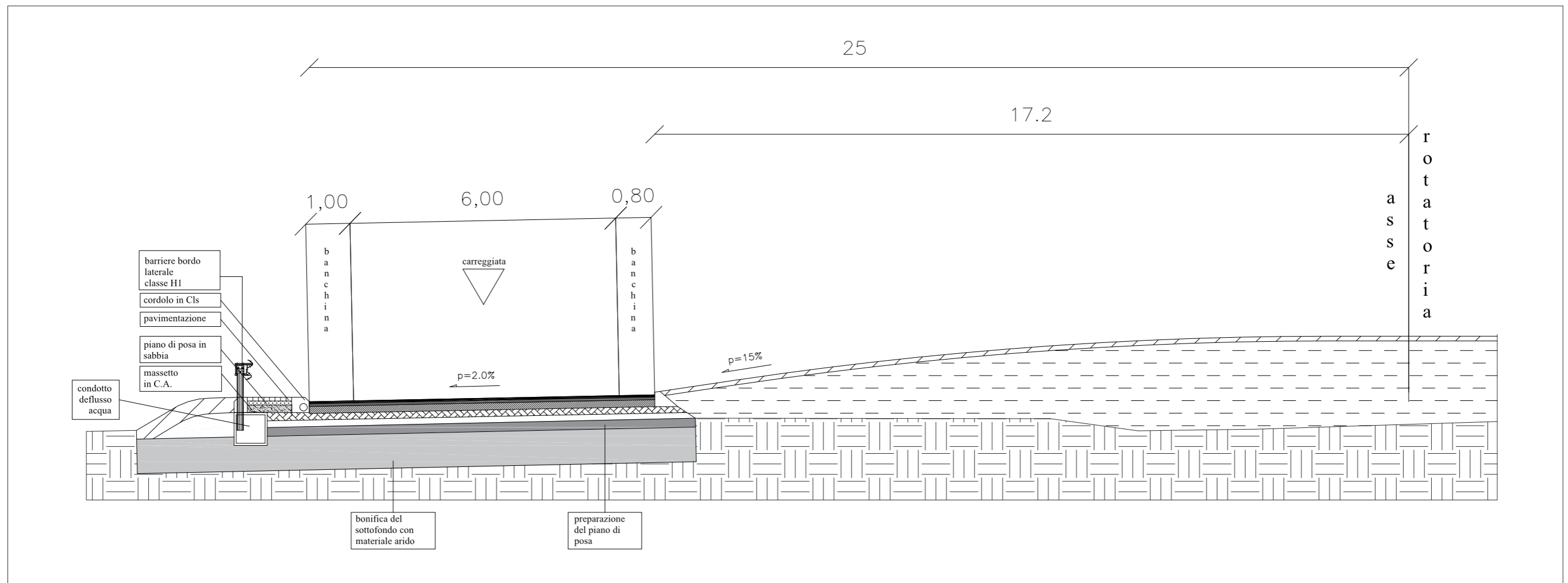


FIGURA 2.12.b : sezione A (scala 1:100)

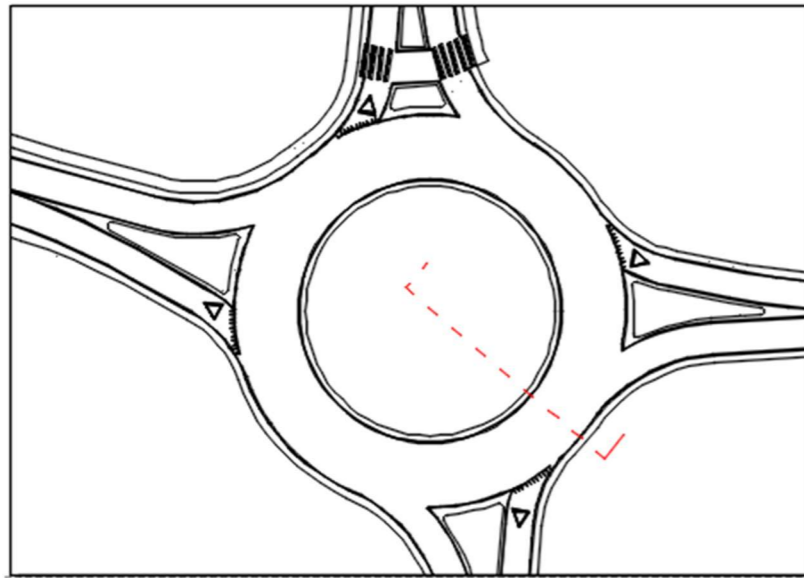


FIGURA 2.13.a :Ubicazione sezione

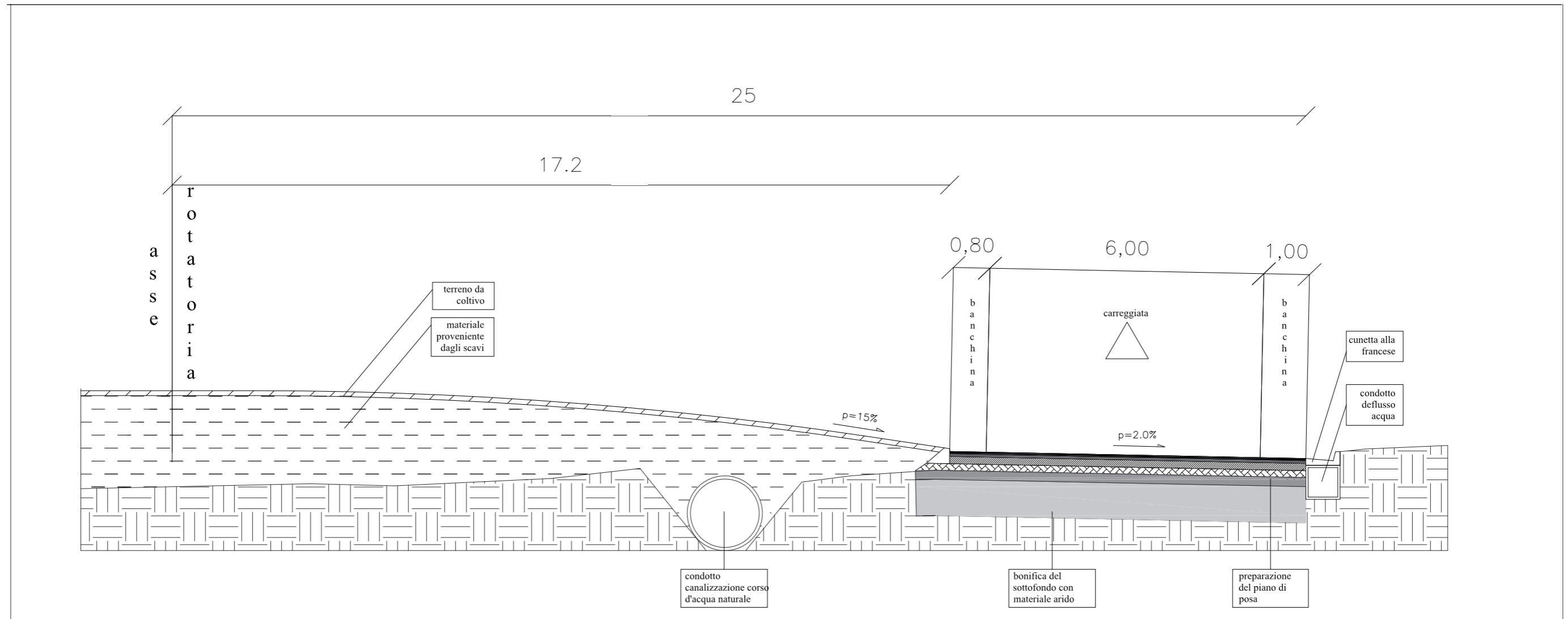


FIGURA 2.13.b :sezione B (scala 1:100)



FIGURA 2.14: planimetria generale (scala 1:2000)

Nella figura sottostante è riportato il dettaglio planimetrico della sola rotatoria:

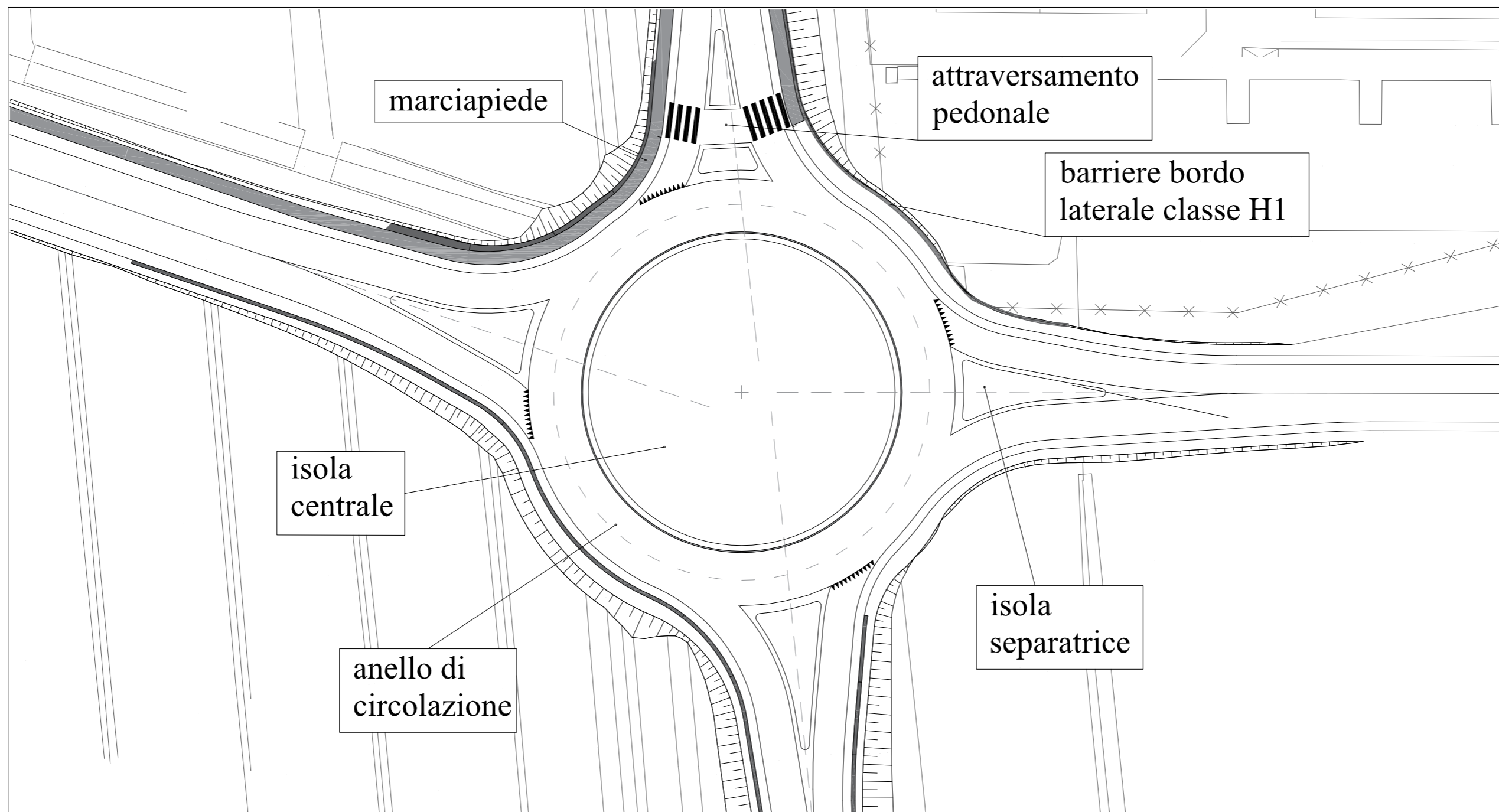


FIGURA 2.15: particolare rotatoria (scala 1:500)

2.6 Attraversamenti pedonali

Il tronco stradale di via Biscolla ha i marciapiedi su entrambi i lati della strada, quindi è stato previsto un attraversamento pedonale all'altezza dell'isola separatrice, in modo che l'isola stessa funzioni come riparo per i pedoni.

Per l'inserimento di tale attraversamento, l'isola separatrice dovrà essere spezzata in due parti per consentire ai pedoni un attraversamento più agevolato.

Le misure dell'isola separatrice che accoglie l'attraversamento pedonale sono riportate in figura 2.16.

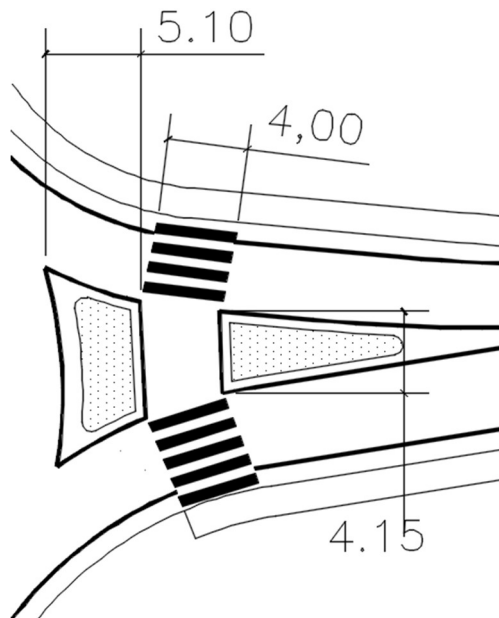


FIGURA 2.16 : dimensioni isola separatrice con attraversamento pedonale

Ovviamente tale attraversamento dovrà rispettare le distanze di visibilità, che saranno esplicitate nel capitolo seguente, e dovrà avere un suo impianto di illuminazione per renderlo più visibile.

2.7 Illuminazione

Per quanto riguarda l'illuminazione, la normativa italiana, per questa tipologia di intersezioni prevede la realizzazione di un impianto di illuminazione nei casi in cui si accerti la presenza di particolari condizioni ambientali invalidanti alla corretta percezione degli ostacoli, come ad esempio la nebbia. Ma è fortemente consigliato almeno una torre sull'isola centrale e un'illuminazione specifica per gli attraversamenti pedonali.

Per tale progetto è stata prevista una torre faro sull'isola centrale, due punti luce (su un unico pali) sulle isole separatrici e un punto luce per corsia in corrispondenza dell'attraversamento pedonale.

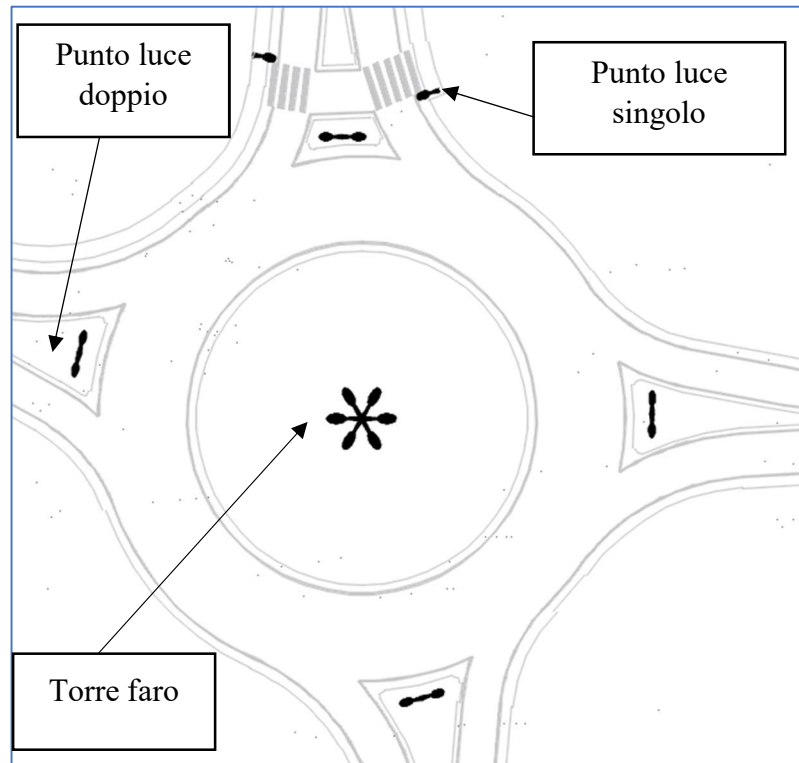


FIGURA 2.17: ubicazione illuminazione.

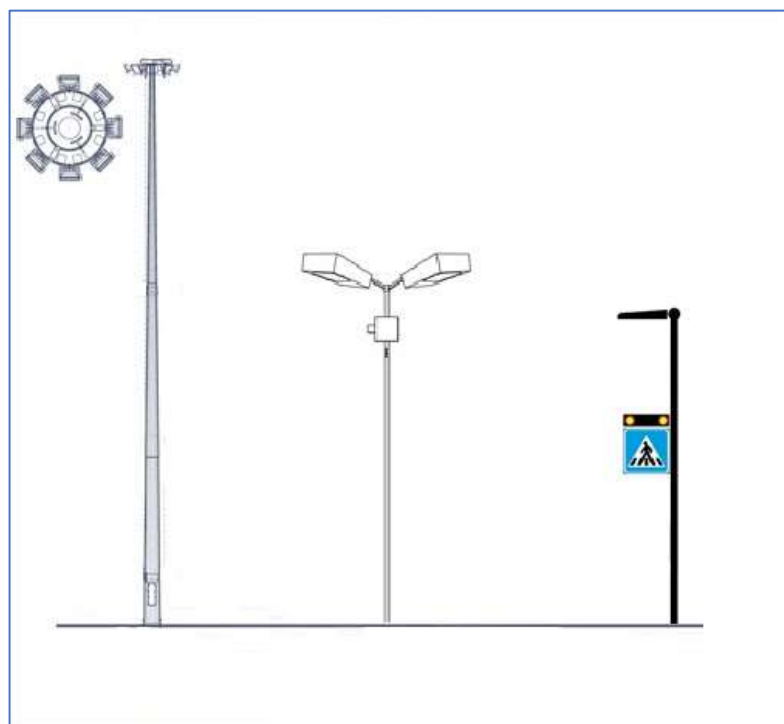


FIGURA 2.18: tipologia di illuminazione installata

2.8 Barriere di sicurezza e valutazione dei sottoservizi

Le barriere di bordo laterale sono state inserite a protezione di tutti i punti critici del progetto, cioè dove è presente un dislivello maggiore di 1m ed in cui la scarpata ha pendenza maggiore di 2/3 (DM 2367 del 21-06-2004). Sono state previste per tutto lo sviluppo di via Biscolla (sul lato Est) e su tutta via Porrione (in entrambi i lati). Per quanto riguarda la rotatoria sono state previste a Nord/ovest, per proteggere i pedoni, a Sud/Ovest e Nord/Est , per protezione da un dislivello considerevole tra piano di campagna e carreggiata a causa di presenza di fossi.

La classe scelta per le barriere di sicurezza è la H1, come specificato dal DM 2367 del 21 Giugno 2004. Avendo questa classe di barriera un'altezza indicativa di 70 cm, essa non ostacola la visuale dei conducenti in approccio alla rotatoria verso altri veicoli. Si prescrive quindi l'utilizzo di barriere di classe H1 che non superino in modo eccessivo i 70cm di altezza.

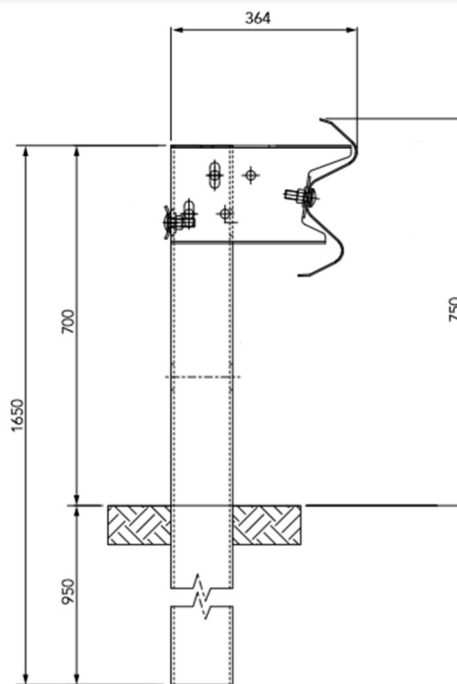


FIGURA 2.19: barriera bordo laterale classe H1

Nelle parti finali delle barriere di sicurezza sono previsti i terminali, ovvero componenti specifici per terminare in modo congruo, quindi in sicurezza, lo sviluppo della barriera.

Nella figura 2.20 e 2.21 è riportato la tipologia utilizzata.



FIGURA 2.20: tipologia utilizzata

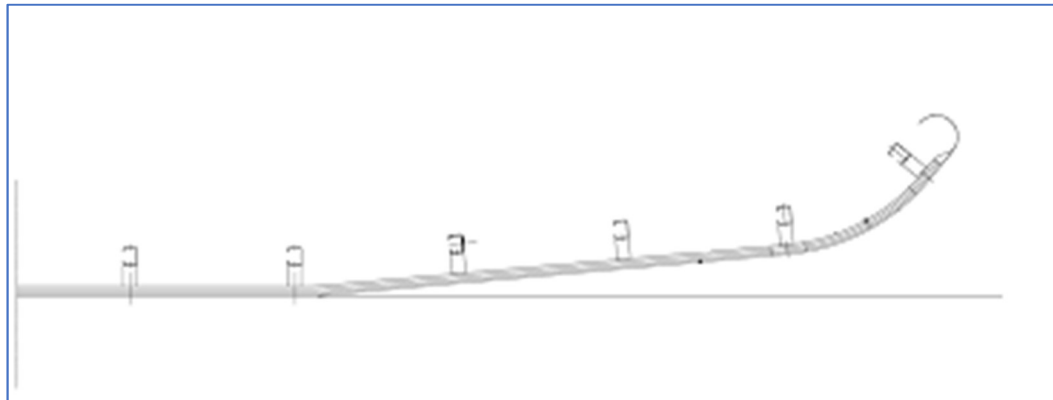


FIGURA 2.21: dettaglio curvatura

Il canale presente a Est di via Porrione e via Biscolla è stato contenuto, per lo sviluppo della rotonda, all'interno di una tubazione in cls posta sotto l'anello di circolazione. Al di fuori della zona occupata, il canale riassumerà la configurazione naturale che aveva prima della costruzione della rotonda

-CAPITOLO 3-

VERIFICHE GEOMETRICHE E CAPACITÀ

3.1 Verifiche geometriche richieste

Le normative e le linee guida richiedono al progettista di verificare vari aspetti della rotonda in modo da garantire la sua giusta funzione. Tra le verifiche ci sono le dimensioni delle entrate e uscite, l'angolo β , il raggio di deflessione e le varie distanze di visibilità.

3.1.1 Dimensioni caratteristiche delle entrate e delle uscite

La progettazione della rotonda considerata ha assunto le seguenti dimensioni caratteristiche:

dimensioni	rami				DM 19aprile 2006	Linee guida regione Lombardia	Normativa svizzera	Normativa francese
	1	2	3	4				
R_e	14				-	10-25 m	12	>15.4
R_u	19				-	15-30	14	>25.2
I_e	3.5				3.5	4-4.5	3-3.5	3-4
I_u	4.5				4.5	4.5-6	3.5-4.5	4-5
R_{Te}	93.1	93.9	92.3	92.7	-	>100	>60	>100
R_{Tu}	93.3	94.6	93	94.1	-	>100	>70	>100

TABELLA 3.1 : Dimensioni caratteristiche della rotonda, dove i rami sono numerati da via del pino (1) in senso orario

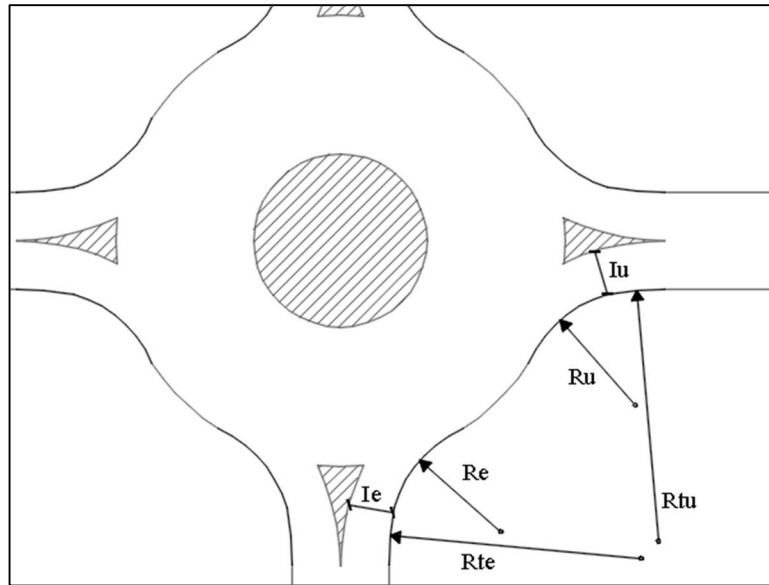


FIGURA 3.1: legenda delle grandezze riportate in tabella 3.1

Il riferimento per la progettazione delle intersezioni in Italia è il DM 19/4/2006, ma avendo quest'ultimo delle mancanze su alcuni aspetti, come i raccordi planimetrici tra anello e rami, abbiamo fatto riferimento alle linee guida della Lombardia e alla normativa svizzera e francese, dove queste tematiche sono esplicitate.

3.1.2 Verifica angolo β

Tale verifica è prevista dalla normativa italiana, ed è di notevole importanza perché la verifica di tale angolo è direttamente proporzionale alla sicurezza della rotatoria stessa. Infatti, più l'angolo β sarà ampio ($>45^\circ$), più il veicolo attraverserà l'intersezione a velocità moderata, in quanto dovrà obbligatoriamente effettuare una manovra di deviazione rispetto all'isola centrale.

Di seguito sono riportate le verifiche di ogni singolo ramo della rotatoria.

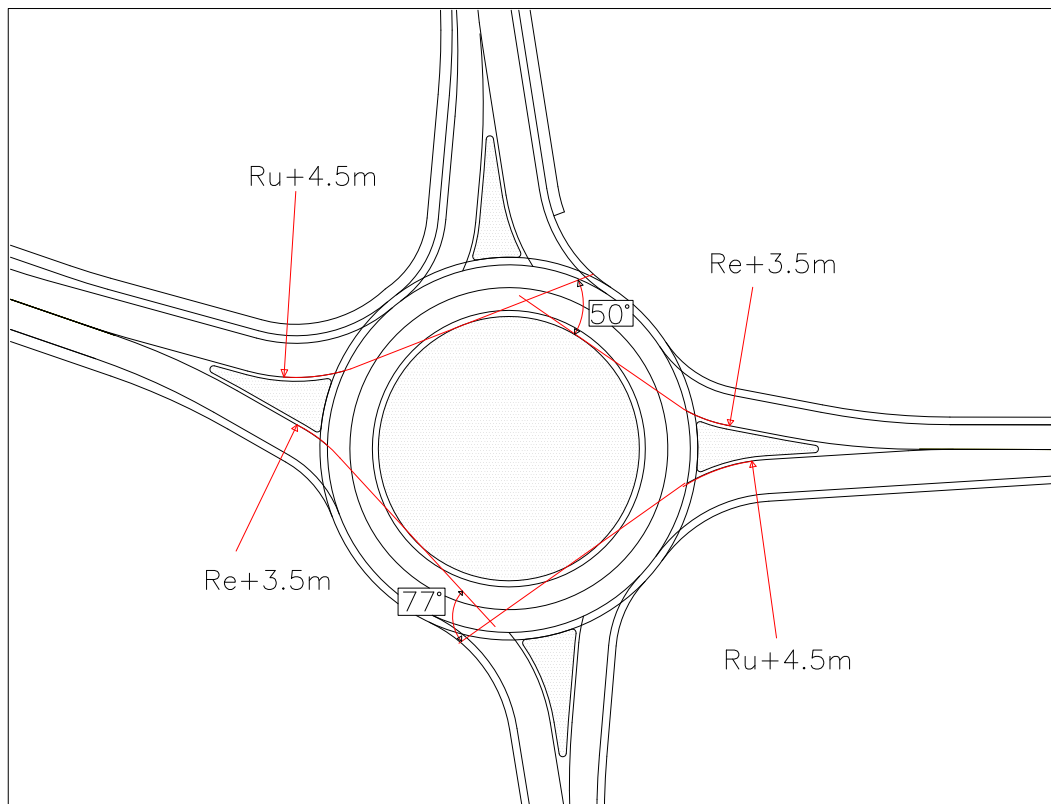


FIGURA 3.2: verifica angolo β per via del Pino e via Ponte Monsummano

Tutti e due gli angoli sono superiori ai 45° (77° e 50°), quindi pienamente verificati.

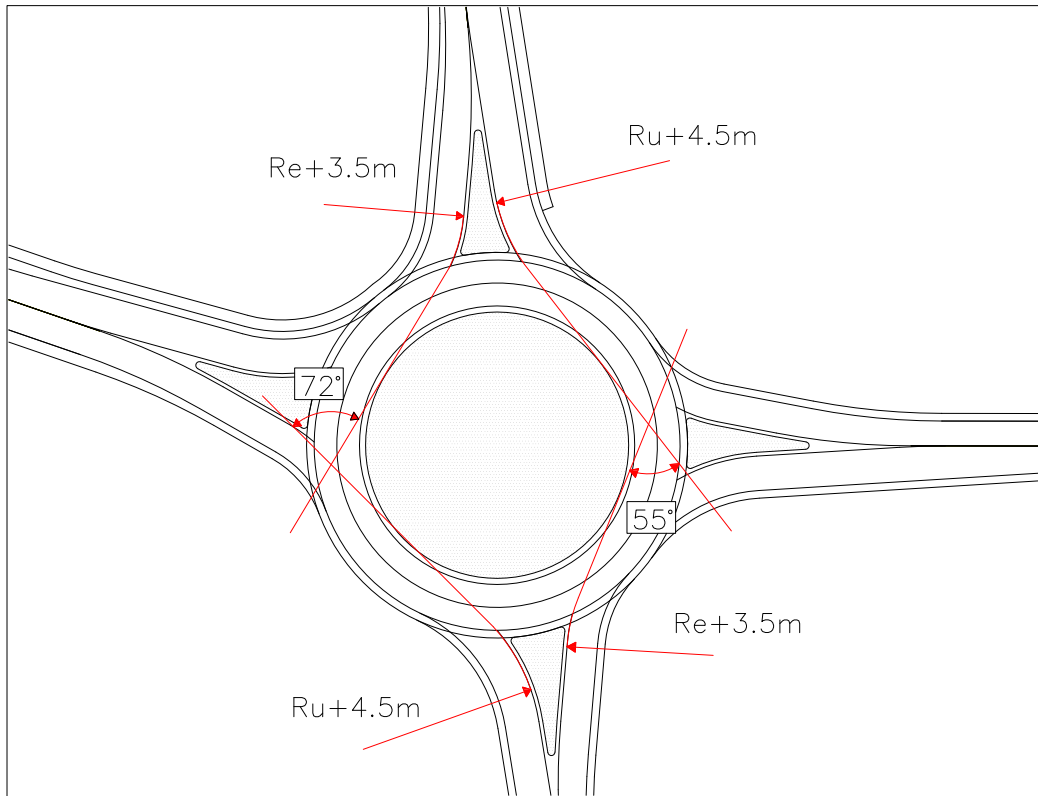


FIGURA 3.3: verifica angolo β per via Biscolla e per via Porrione.

Tutti e due gli angoli sono superiori a 45° (72° e 55°), quindi pienamente verificati.

3.1.3 Verifica raggio di deflessione

Tale verifica va a considerare la traiettoria che il generico veicolo effettua per oltrepassare l'intersezione, mantenendo le dovute distanze dai bordi di carreggiata.

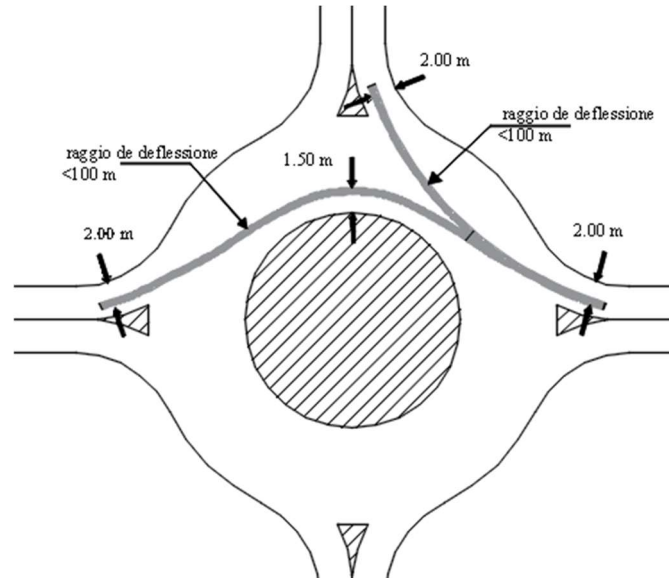


FIGURA 3.4 : distanze dai bordi carreggiata della traiettoria di deflessione

Il raggio di deflessione deve essere inferiore a 100m perché in tale modo le velocità inerenti alle traiettorie “più tese” non saranno superiori ai 50Km/h (DGR 7/20829 linee guida zone di intersezione, Lombardia).

Tale valore viene dall'equazione di equilibrio del veicolo in curva :
$$R = \frac{V^2}{127*(q+ft)}$$

Dove V è la velocità espressa in km/h, q la pendenza trasversale dell'anello e f_t la parte del coefficiente di aderenza impiegata trasversalmente. Per $V=50\text{km/h}$, $q=2\%$ e $f_t=0.18$ (derivante tabelle e relazioni presenti nel DM del 5-11-2001) ,il raggio che si ottiene è di 100m. Il valore di f_t si trova da relazioni e tabella di normativa.

Tutti i raggi delle varie traiettorie sono al di sotto dei 100m, quindi totalmente verificati.

Nella figura sottostante sono riportate tutte le traiettorie di deflessione con le proprie caratteristiche:

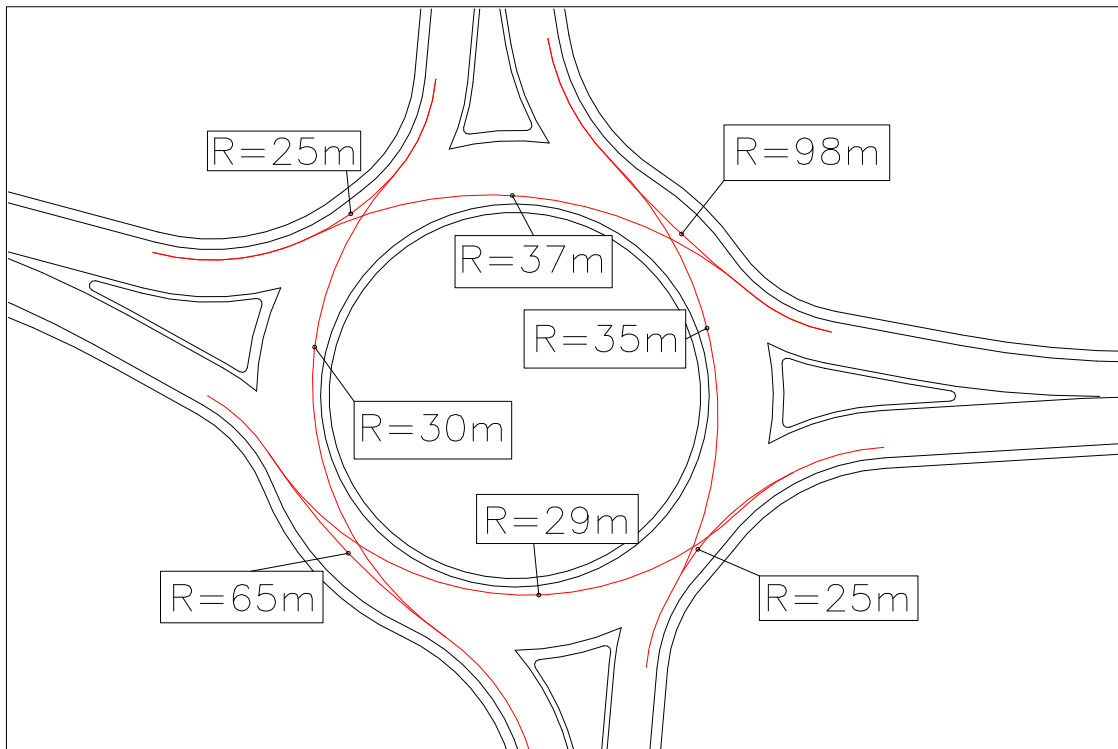


FIGURA 3.5 : traiettorie di deflessione

Tutte le traiettorie hanno un raggio di deflessione minore di 100m, quindi sono tutte verificate.

3.1.4 Verifica distanza di visibilità

Nell'immagine sottostante sono riportate le visibilità della rotatoria. È osservabile che per ogni ramo, sull'imbocco è visibile almeno $\frac{1}{4}$ (posto a sinistra) della rotatoria.

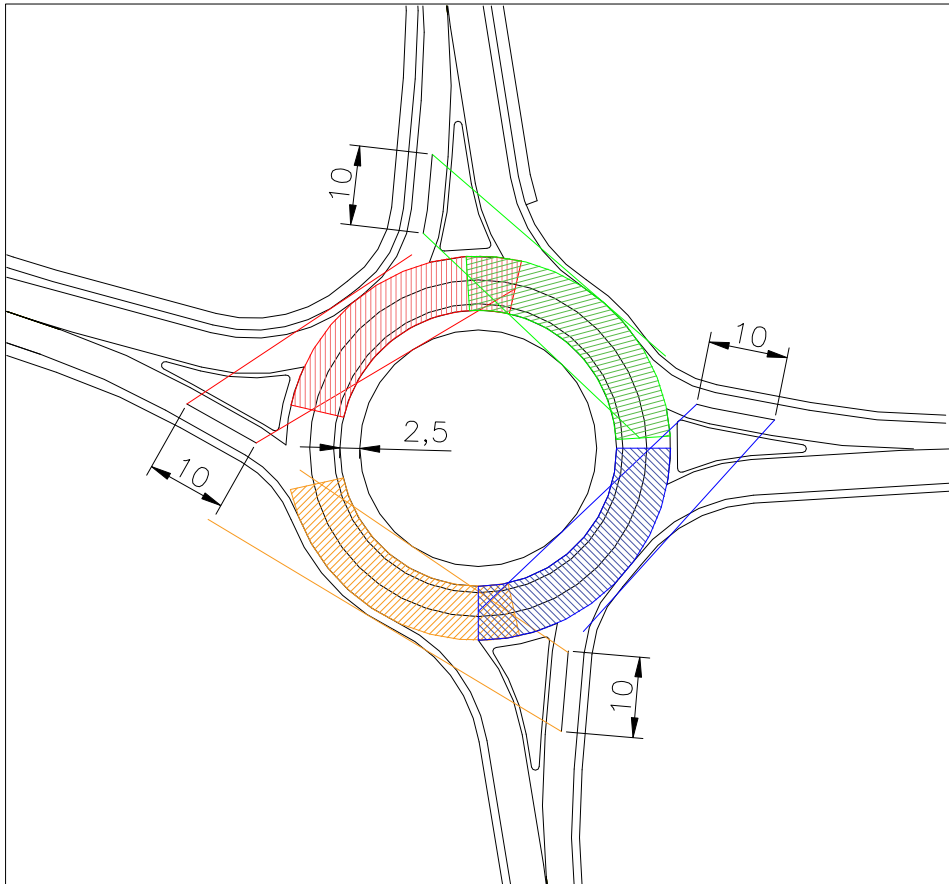


FIGURA 3.6: campi di visibilità rotatoria

Riportiamo anche i tre criteri di visibilità senza considerare le barriere di sicurezza, questo perché l'altezza della barriera può essere considerata di 70/80cm e pertanto non ostruisce la visibilità di altri veicoli.

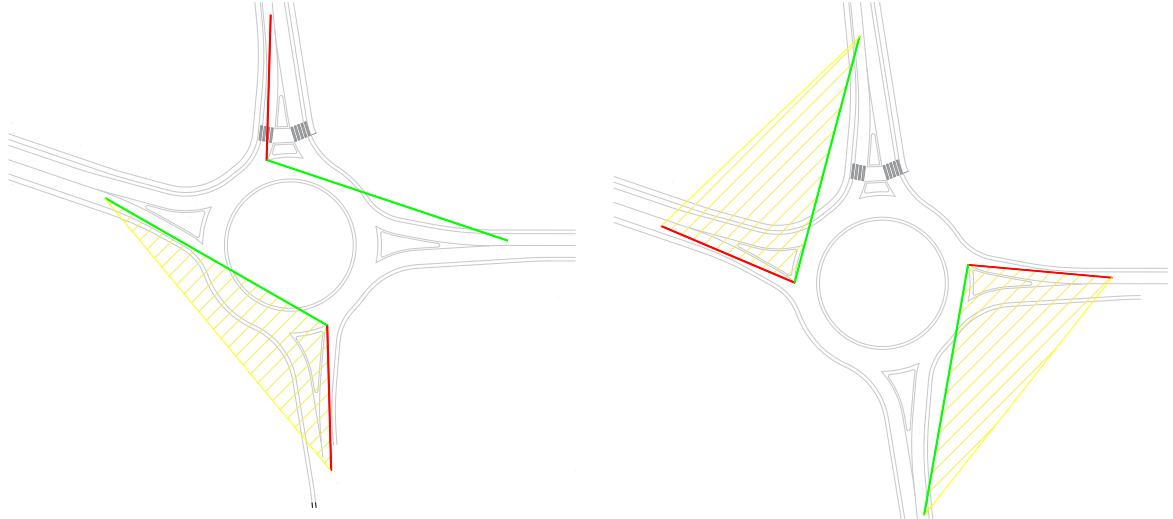


FIGURA 3.7: distanze di visibilità secondo i 3 criteri proposti da M.Villa

La distanza segnata in rosso è il primo criterio(40m), quella in verde è il secondo criterio (70m) e il triangolo giallo è il terzo. È da notare che nel caso di via Biscolla il terzo criterio non è stato verificato perché la zona che dovrebbe essere libera per la visuale è occupata da alberi che compromettono la visibilità.

Per quanto riguarda l'attraversamento pedonale di via Biscolla, assumendo la velocità del pedone di 1m/s , ed essendo l'attraversamento più lungo 5m , il tempo necessario al pedone per attraversare una corsia e giungere quindi sull'isola separatrice è di 5secondi . Un veicolo che ha una velocità di percorrenza di 50km/h , in 5secondi percorre 70m , mentre un veicolo che viaggia a 35km/h percorre 50m .

Quindi la distanza di visibilità dell'attraversamento pedonale è di 70m per i veicoli sui rami e 50m per quelli sull'anello (Figura 3.8).

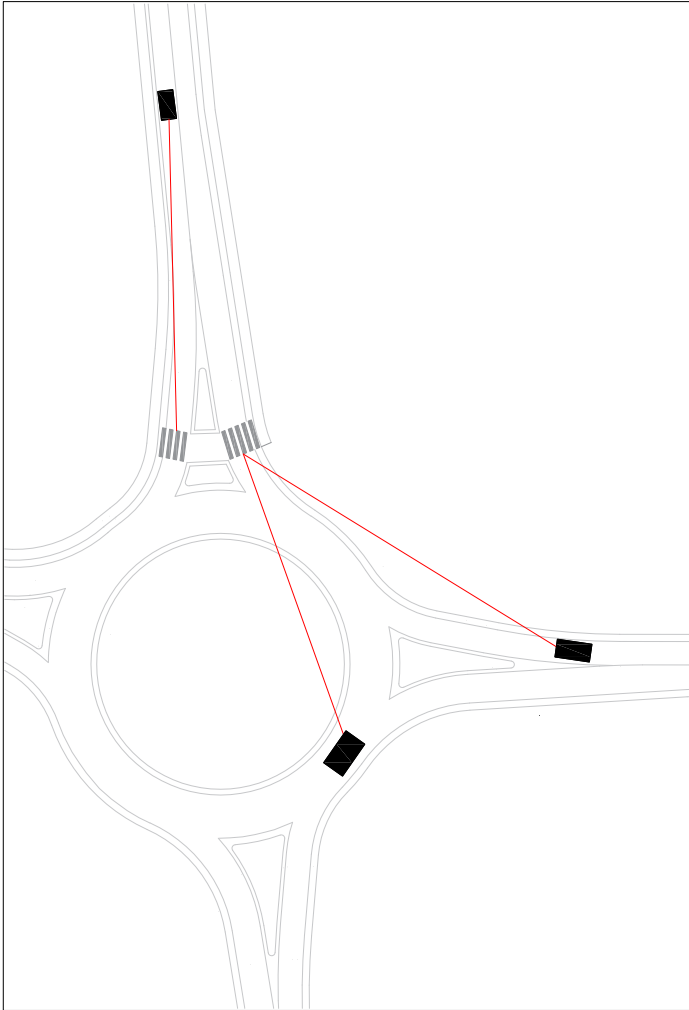


FIGURA 3.8: distanze attraversamento pedonale

3.2 Capacità rotatoria

Nella progettazione di una rotatoria, oltre agli aspetti geometrici, è fondamentale valutarne le prestazioni. La principale caratteristica su cui fare attenzione è sul calcolo della capacità, ed è molto importante che sia determinata correttamente. Infatti, se dovessimo sottostimarla, si verificherebbero dei ritardi eccessivi, se invece dovessimo sovrastimarla, la costruzione di tale intersezione risulterebbe troppo onerosa e non sfruttata a pieno.

Generalmente il termine *capacità* si riferisce alla capacità di una singola entrata, definita come il minimo valore di flusso sul ramo di ingresso che comporta la presenza costante di veicoli in attesa di immettersi nell'anello. Dal valore di capacità di una singola entrata possiamo ricavare poi la *capacità semplice* e la *capacità totale*, riferite questa volta a tutta l'intersezione a rotatoria. La *capacità semplice* è la somma dei flussi di traffico in entrata da ciascun ramo quando uno di essi risulta in condizioni di saturazione. La *capacità totale* è la somma dei flussi di traffico in entrata da ciascun ramo quando tutte le entrate si trovano in condizioni di saturazione in contemporanea. La capacità indica quanti veicoli transitano nell'unità di tempo: generalmente si adotta la notazione Q_e per la capacità espressa in veicoli/ora, e con la notazione q_e per la capacità espressa in veicoli/secondi. È preferita normalmente l'unità di misura veicoli/ora.

Per il calcolo della capacità adottiamo il modello francese SETRA come consigliato da DGR *linee guida zone di intersezione* della regione Lombardia.

I dati riguardanti il traffico sono i seguenti:

- Via del Pino e via Ponte Monsummano: 600 veic/h → 14400 veic/giorno
- Via Biscolla e via Porrione : 450 veic/h → 10800 veic/giorno

Per il traffico dell'ora di punta è stato considerato il 10% del traffico giornaliero, da dividere al 50% per ogni corsia, quindi:

- Via del Pino e via Ponte Monsummano : 1440 veic/h → corsia : 720 veic/h
- Via Biscolla e via Porrione : 1080 veic/h → corsia : 540 veic/h

La suddivisione del traffico nei vari rami è esposta nella tabella 3.2.

	Via del Pino	Via Biscolla	Via Ponte Monsummano	Via Porrione	ingressi
Via del Pino	0	180	360	180	720
Via Biscolla	180	0	180	180	540
Via Ponte Monsummano	360	180	0	180	720
Via Porrione	180	180	180	0	540
uscite	720	540	720	540	

TABELLA 3.2: suddivisione traffico nei vari rami

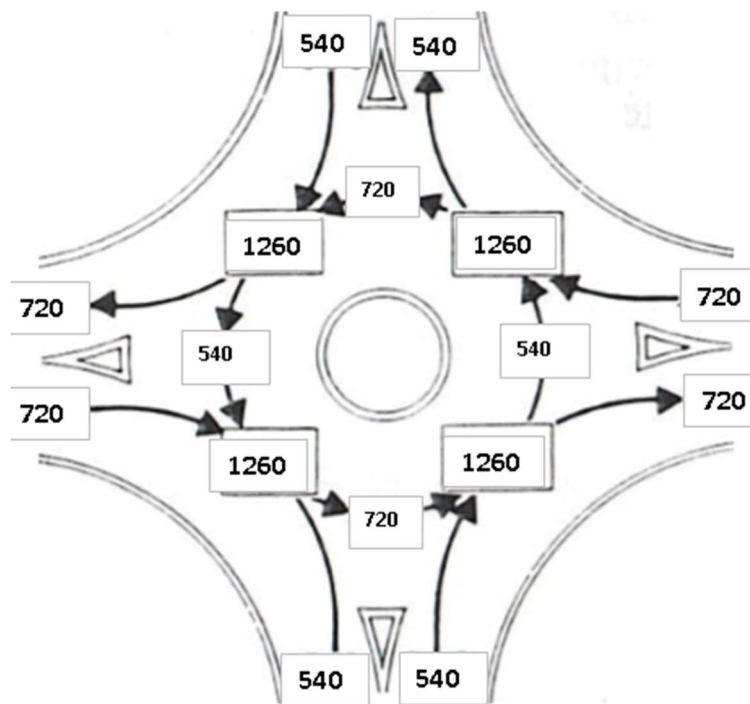


FIGURA 3.9: valori del traffico suddiviso tra entrate, uscite e anello della rotatoria.

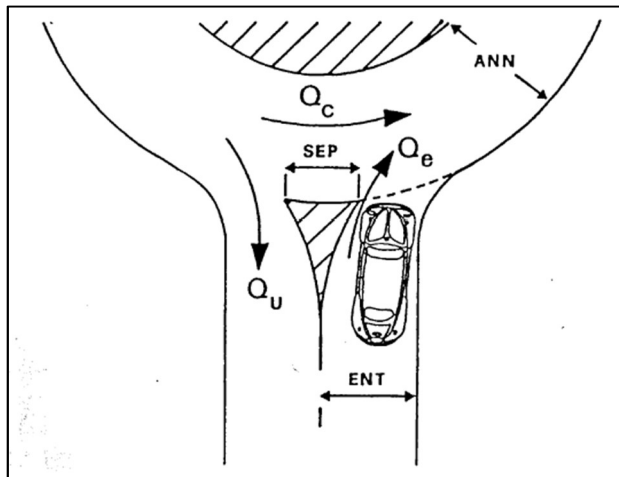
3.2.1 Modello Setra del 1987

La capacità e i flussi sono misurati in autovetture equivalenti per ora, valutati tramite coefficienti di conversione riportati in tabella 3.3.

1 Veicolo < 3.5 tonn	1 veicolo equivalente
1 Veicolo \geq 3.5 tonn	1.5 veicolo equivalente

TABELLA 3.3 : coefficienti di equivalenza adottati

Il parametro geometrico fondamentale per il calcolo della capacità è la larghezza ENT, valutata dietro la prima autovettura ferma sulla striscia *dare precedenza*.



ANN: larghezza anello

ENT: larghezza corsia entrata

SEP: larghezza isola separatrice

Qc: traffico circolante

Qe: traffico entrante

Qu: traffico uscente

FIGURA 3.10: caratteristiche geometriche e di traffico di una rotatoria

$$\text{Capacità: } C = f(Q_c, Q_u, SEP, ANN, ENT) \quad (1)$$

Si calcola il traffico uscente equivalente Q_u' come funzione di Q_u e SEP :

$$Q_u' = Q_u * \frac{15 - SEP}{15} \quad (2)$$

Si ricava il traffico di disturbo Q_d come funzione di Q_c , Q_u' e ANN :

$$Q_d = \left(Q_c + \frac{2}{3} Q_u' \right) * (1 - 0.0085(ANN - 8)) \quad (3)$$

Quindi si determina la capacità C del ramo mediante:

$$C = (1330 - 0.7 * Q_d)(1 + 0.1(ENT - 3.5)) \quad (4)$$

$$Q_{e'} = \frac{Q_c}{1 + 0.1(ENT - 3.5)} \quad (5)$$

Adesso si determina la Capacità semplice ricercando lo scalare δ_i che restituisce un flusso $\delta_i Q_{e,i}$ entrante dal braccio i uguale alla capacità C_i del braccio quale si ricava dalla (4), con $C = \delta_i Q_{e,i}$ e $Q_d = \delta_i Q_{d,i}$.

Sia δ_j il più piccolo scalare ottenuto tra tutti i bracci, relativo al braccio j . Risulta $K_j = \delta_j Q_{e,j}$ la capacità semplice della rotatoria, la quale viene raggiunta sul solo ramo j quando i flussi in ingresso sono moltiplicati per δ_j , mentre i flussi entranti degli altri rami sono al di sotto della loro capacità. La capacità totale della rotatoria si determina calcolando i valori dei flussi in ingresso che, distribuendosi fra le varie uscite secondo la suddivisione del traffico, determinano il raggiungimento della capacità su tutti i rami. Questi flussi entranti si ricavano risolvendo il sistema di n equazioni lineari in n incognite $Q_{e,i}$ (dove n è il numero di rami), ottenuto scrivendo l'equazione (4) per i singoli rami, e ponendo in essa $C = Q_{e,i}$. Q_d invece viene espressa in funzione di $Q_{e,j}$ per ogni $j \neq i$ utilizzando le equazioni (2) e (3).

La capacità totale Q della rotatoria è quindi $Q = \sum_{i=1}^n C_i$

I vari rami saranno nominati nel seguente modo :

via del Pino : 1 via Biscolla: 2 via Ponte Monsummano: 3 via Porrione:4

- *Caratteristiche geometriche e di traffico*

	1	2	3	4
1	0	25	50	25
2	33	0	33	33
3	50	25	0	25
4	33	33	33	0

TABELLA 3.4: flussi di svolta in %

	1	2	3	4
SEP	10,26	10.25	10,02	10,55
ANN	6	6	6	6
ENT	3.5	3.5	3.5	3.5

TABELLA 3.5: caratteristiche rotatoria

- *Capacità*

Nome	Q'e	Qu'	Qd	K'	δ	K	Qek	ΔK	Q*e
4	540	139.4	854.6	731.8	1.27	633.6	523.8	109.8	637.4
3	720	208.3	703.6	837.5	1.16	756.7	756.7	0	709.3
2	540	163.1	873.1	718.8	1.25	618.5	523.8	94.7	613.0
1	720	186.9	686.9	849.1	1.18	770.2	756.7	13.6	710.8

TABELLA 3.6: calcolo dati per ricavare le capacità

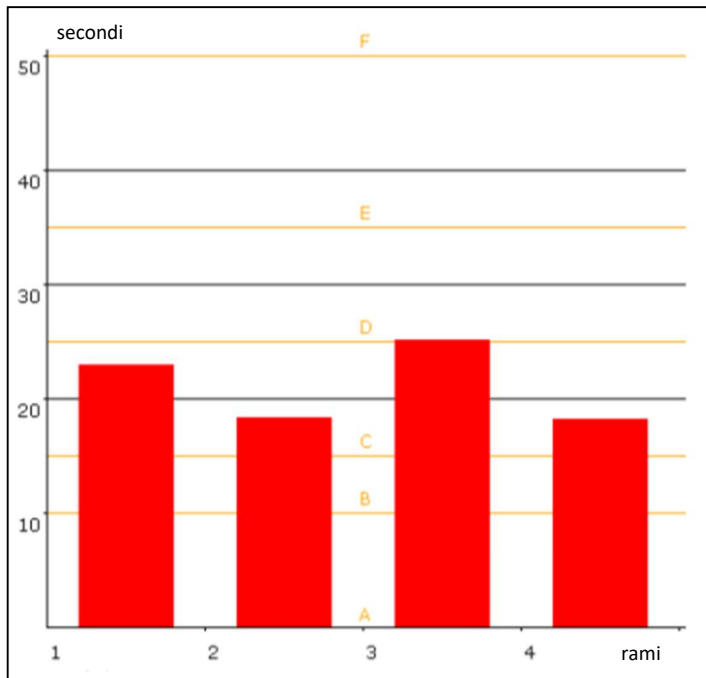
Capacità semplice : $C = 757$ veic/h

Capacità totale : $Q = \sum_1^4 Q^*e = 2671$ veic/h

- *Definizione Lds (livelli di servizio)*

Tramite il software Civil Design 11, o tramite il grafico in figura 3.12, è possibile ricavare il tempo di attesa medio per ogni ramo. In base a tale valore classificare il livello di servizio della rotatoria su quel ramo. Abbiamo svolto la verifica della capacità sia tramite il software che manualmente, giungendo ai medesimi risultati.

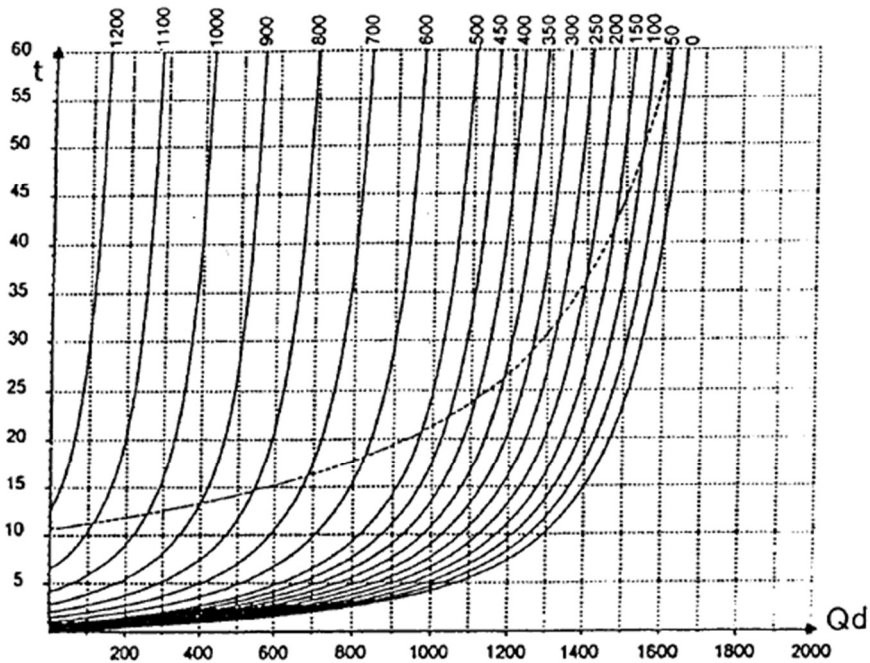
Il DM 05/11/01 *norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade* prescrive che la progettazione di una nuova intersezione deve avere un livello di servizio (ottenuto sul ramo critico) superiore o uguale a quello delle strade confluenti. Nel caso di progetto abbiamo due F1 e due C1 , entrambe le tipologie hanno un Lds della classe C.



- 1-via del Pino
- 2-via Biscolla
- 3-via Ponte Monsummano
- 4-via Porrione

FIGURA 3.11: output Civil Design 11 sui tempi di attesa.

Parametro: Q' (traffico in ingresso rapportato ad una entrata di 3,5 m)



La curva punteggiata indica il limite corrispondente alla capacità pratica Q_e-150

FIGURA 3.12: grafico metodo SETRA per trovare i tempi di attesa in funzione di Q' e Q_d



Ramo	Via del Pino	Via Biscolla	Via Ponte Monsummano	Via Porrione
Tempo attesa (s)	23	18.4	25.2	18.3
Lds	C	C	D	C

TABELLA 3.7: classificazione dei rami per livello di servizio

Quindi il livello di servizio (Lds) della rotatoria è di classe D, non eguagliando quindi la classe delle strade che insistono sull'intersezione, ma avendo una piccolo peggioramento, esattamente di 0.2 secondi. Purtroppo non è stato possibile ridurre i tempi di attesa, infatti le variabile per il quale essi sono dipendenti sono dettate dal DM 19/4/2006, e se avessimo cercato di ridurre LDS avremmo compromesso la verifica dell'angolo β .



-CAPITOLO 4-

CONCLUSIONI

In questa tesi di laurea è stata progettata, secondo le normative e le linee guida vigenti, una rotonda situata a Massa e Cozzile in provincia di Pistoia. La sua ubicazione è in un ambiente extraurbano con una forte incidenza di attività industriali/commerciali e distante 2 km dall'uscita Montecatini Terme dell'autostrada A11 e a 4 km dall'uscita Chiesina Uzzanese sempre della medesima autostrada.

È stata anche riprogettata via del Pino a causa delle sue dimensioni troppo ristrette e quindi inadeguate alla circolazione. È stata riprogettata come una strada di classe C1, tale ricostruzione ha portato ad un allargamento del tronco stradale sul terreno a Sud di essa e all'abbattimento dei pini che costeggiavano la vecchia carreggiata. Sono stati mantenuti tutti gli accessi laterali già esistenti.

La rotonda progettata presenta un anello composto da una corsia larga 6m, una banchina esterna di 1m e una interna di 0.8m. La pendenza dell'anello è del 2% verso l'esterno e un'isola centrale non sormontabile con pendenza del 15% e raggio 17.2 m . Gli imbocchi dei quattro rami che insistono sulla rotonda sono sagomati opportunamente tramite le isole separatrici.

La rotonda va a sostituire un'intersezione lineare a raso non semaforizzata, tra Via del Pino (C1), via Biscolla (F1) , via Ponte Monsummano (C1) e via Porriano (F1). L'introduzione della rotonda ha portato un notevole aumento della sicurezza dell'intersezione grazie all'abbattimento di punti di conflitto tra le manovre: da 32, nel caso di intersezione lineare a raso, a 8 nel caso della rotonda.

Per quanto riguarda il LDS , 3 rami su 4 della rotonda presentano un livello C, mentre un ramo il livello D (per pochi decimi di secondo) si è ritenuto un risultato accettabile, in quanto la modifica della geometria della rotonda al fine di guadagnare pochi secondi, avrebbe comportato la richiesta di deroga alle prescrizioni previste da normativa. Inoltre tali condizioni si presenteranno solo in condizioni di traffico forte, ovvero in situazioni particolari rispetto allo standard.

Per quanto riguarda i percorsi pedonali, sono presenti in via del Pino (sul lato Nord) e su via Biscolla (su entrambi i lati). L'attraversamento che unisce i marciapiedi di via Biscolla è situato all'altezza dell'isola separatrice.

Il diametro esterno della rotonda è di 50 m e la sua area di costruzione è stata scelta in modo tale da gravare maggiormente sul terreno a Sud di via del Pino, ovviamente mantenendo le geometrie consone dettate dalle normative e linee guida considerate. L'area totale della rotonda è di 1994.52m² , l'area stradale della vecchia intersezione è di 610.39 m² , per cui la superficie di terreno da espropriare è di 1384.13 m² . Di questa superficie di esproprio , 793.36 m² sono nel terreno a Sud di via del Pino. I restanti 590.77 m² sono suddivisi, più o meno omogeneamente , tra gli altri tre terreni che circondano la rotonda.



Quindi possiamo concludere che l'introduzione di tale rotatoria in sostituzione della vecchia intersezione lineare a raso porta notevoli vantaggi, sia a livello di sicurezza (dei pedoni e dei conducenti), sia a livello di circolazione veicolare (anche per mezzi pesanti > 3.5 tonnellate).



BIBLIOGRAFIA

- SETRA; *Aménagement des correfoirs interurbains sur les routes principales* ; Francia 1998
- DM 5 Novembre 2001; *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*
- DGR n° 7/20829 16 Febbraio 2005; *Linee guida zone di intersezione*; Lombardia
- VSS SN 640263; 1 Luglio 2013 Svizzera
- DM 19 Aprile 2006 ; *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*
- DM 2367, del 21 Giugno 2004
- *M.Villa- Conoscere il funzionamento e proporre il dimensionamento. Intersezioni a rotatoria-* Levrotto & Bella, 2000
- *Modello di catalogo delle pavimentazioni stradali – CNR BU 178/1995*