



**COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA**  
**DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL**  
**TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA**

# SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

**CONCESSIONARIO**



**SPV srl**  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06 subentrato all'ATI



SIS Sopa  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

Consorzio Stabile fra le Imprese:



SACYR S.A.



INC S.p.A.



SIPAL S.p.A.



INFRASTRUCTURAS S.A.  
Paseo de la Castellana, 83-85  
28046 Madrid

**PROGETTISTA**



**Ingegneria Grandi Opere S.r.l.**  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

**RESPONSABILE PROGETTAZIONE**



**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO**  
1211 *Dott. Ing. Claudio Dogliani*

**RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**



**SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  
DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI**



**COORDINATORE PER LA SICUREZZA  
IN FASE DI PROGETTAZIONE**



**GEOLOGO**



N. Progr. \_\_\_\_\_  
CARTELLA N. \_\_\_\_\_

## PROGETTO DEFINITIVO

(C.U.P. H51B03000050009)

LOTTO 3 - TRATTA "F"  
Dal Km. 54+755 a Km. 55+495

**TITOLO ELABORATO:**

**PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA  
SEZIONI TIPO E PARTICOLARI DESCRITTIVI**  
Generale  
Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

**P V D G E A P G E 3 F 0 0 0 - 0 0 5 0 0 0 1 R A 0**

SCALA:

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	PRIMA EMISSIONE	CCI	05/03/2012	IGO	09/03/2012	SIS	14/03/2012

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

Ing. Giuseppe FASIOL

**IL COMMISSARIO:**

Ing. Silvano VERNIZZI

**VALIDAZIONE:**

PROTOCOLLO : \_\_\_\_\_

DEL: \_\_\_\_\_

## Indice

<b>1</b>	<b>Premessa</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inquadramento</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Rotatoria svincolo di Riese</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Rotatoria intersezione viabilità Via Boschier – Via San Zenone</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Analisi di traffico</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Rotatoria svincolo di Riese</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Rotatoria svincolo di Riese</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Schema di calcolo</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Schema di calcolo rotatoria</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Analisi Rotatoria Svincolo Riese</b> .....	<b>8</b>
<b>5.1</b>	<b>Analisi Rotatoria intersezione viabilità Via Boschier – Via San Zenone</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>19</b>

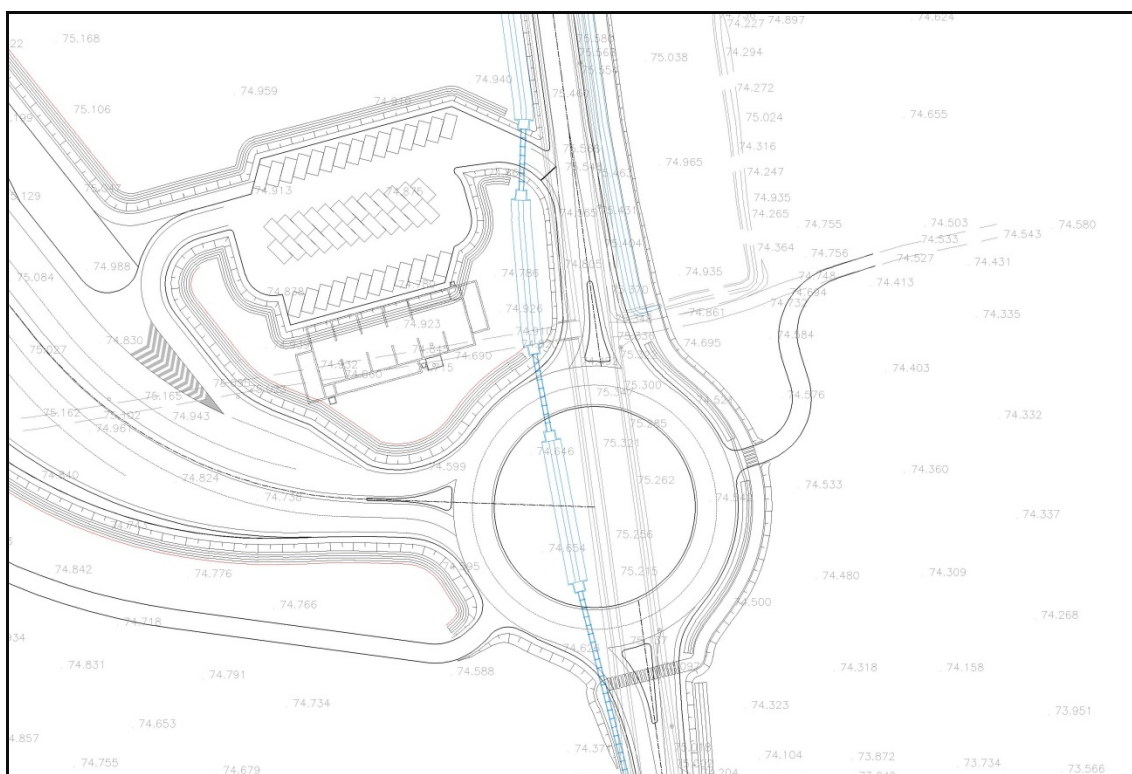
## 1 Premessa

Nell'ambito della realizzazione del progetto definitivo della superstrada a pedaggio "Pedemontana Veneta", la presente relazione ha per oggetto l'individuazione e la verifica della rotatoria di collegamento tra lo svincolo di Riese e la viabilità locale di via San Zenone. Per il calcolo delle capacità semplice e totale delle rotatorie si è fatto riferimento alla metodologia messa a punto dal SETRA (Francia, 1987) che permette di fornire oltre ai valori di capacità anche elementi utili per la conoscenza del livello di servizio delle rotatorie in oggetto.

## 2 Inquadramento

### 2.1 Rotatoria svincolo di Riese

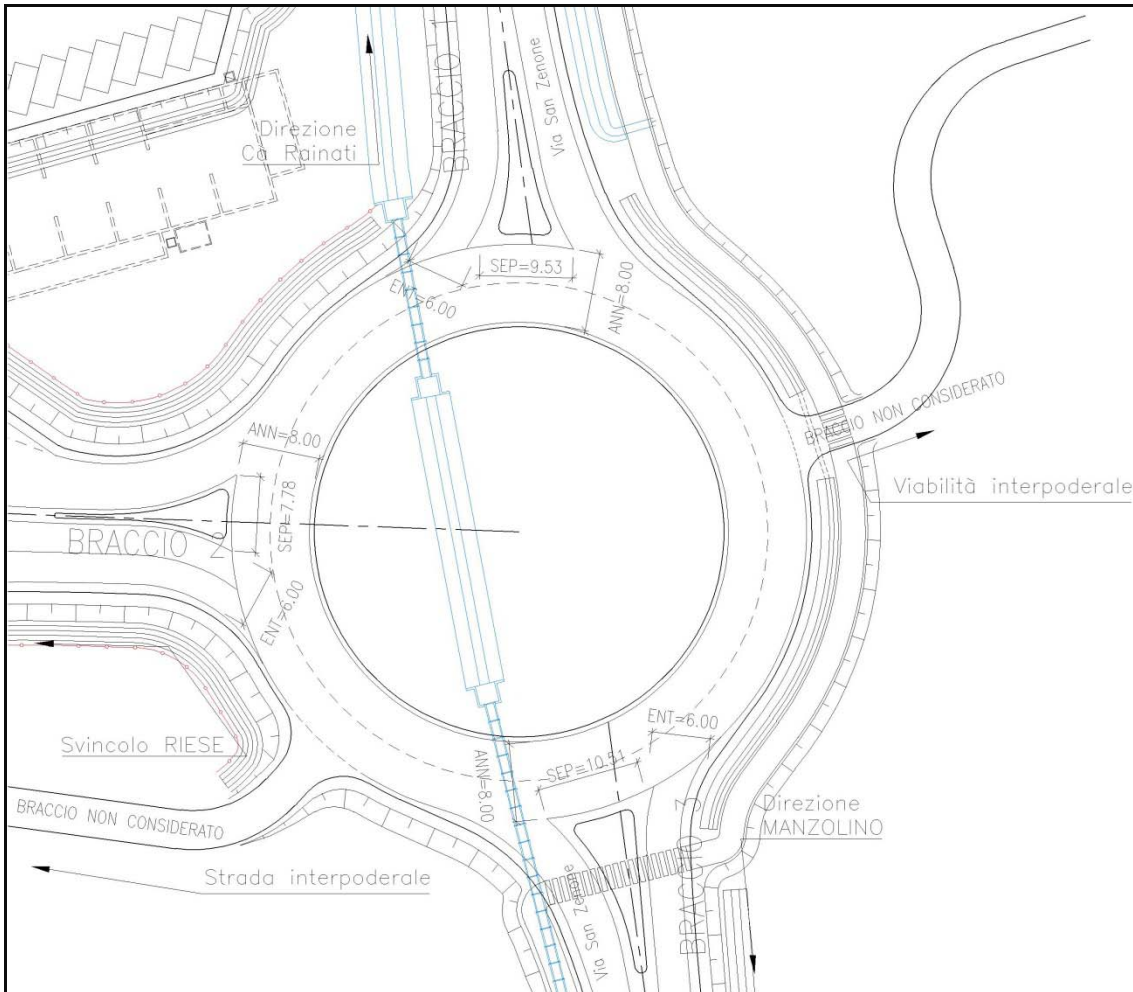
La rotatoria è inserita a sud del tracciato della superstrada a pedaggio "Pedemontana Veneta", in corrispondenza dell'intersezione tra lo svincolo di Riese e la viabilità secondaria in direzione Nord-Sud. In particolare si trascura la presenza di veicoli in immissione dal parcheggio della superstrada e dalla viabilità interpodereale, in quanto di limitata entità tale da non pregiudicare i risultati del calcolo seguente.



Planimetria inquadramento generale dell'opera

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

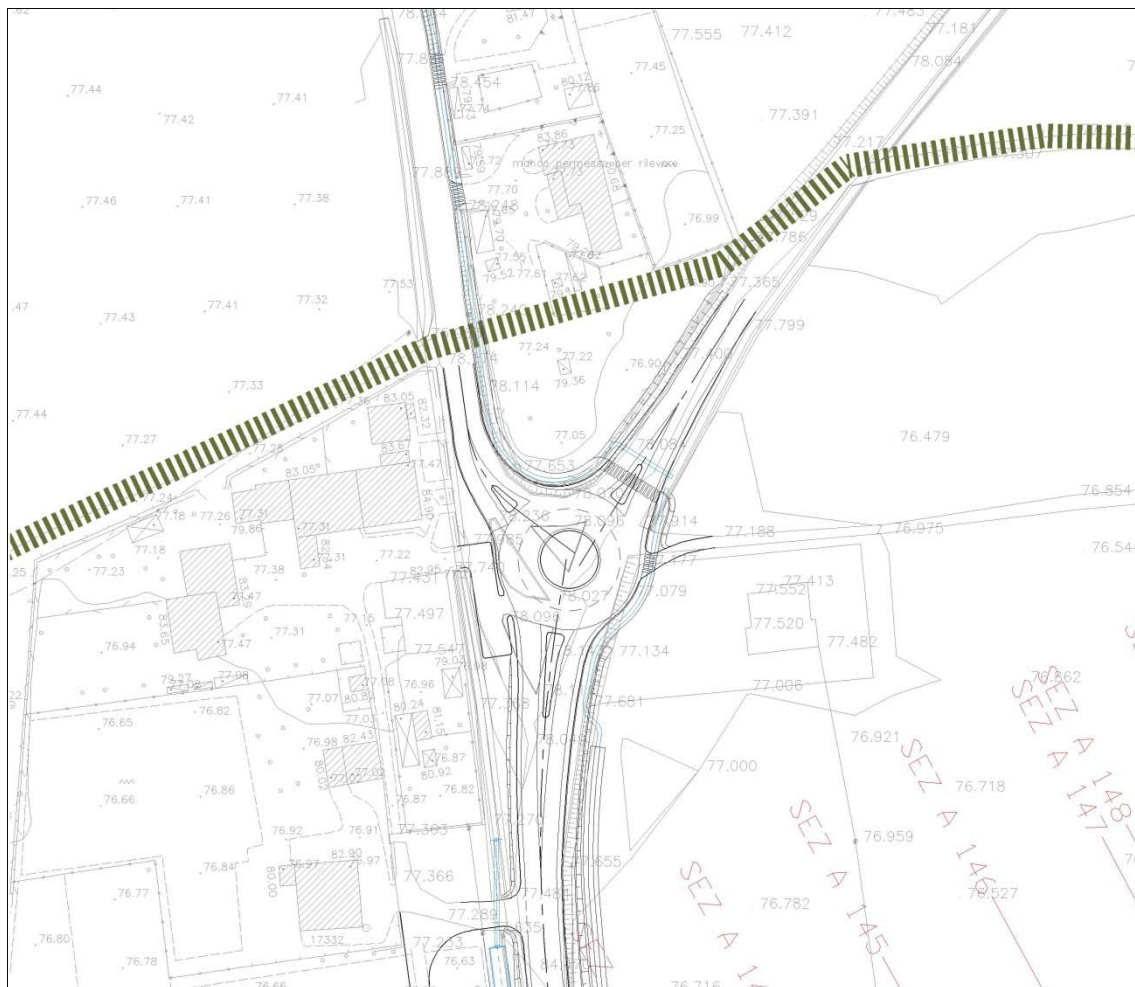
É indicato nella figura seguente lo stralcio planimetrico in cui è rappresentata la rotatoria oggetto di questa relazione



Planimetria rotatoria

## 2.2 Rotatoria intersezione viabilità Via Boschier – Via San Zenone

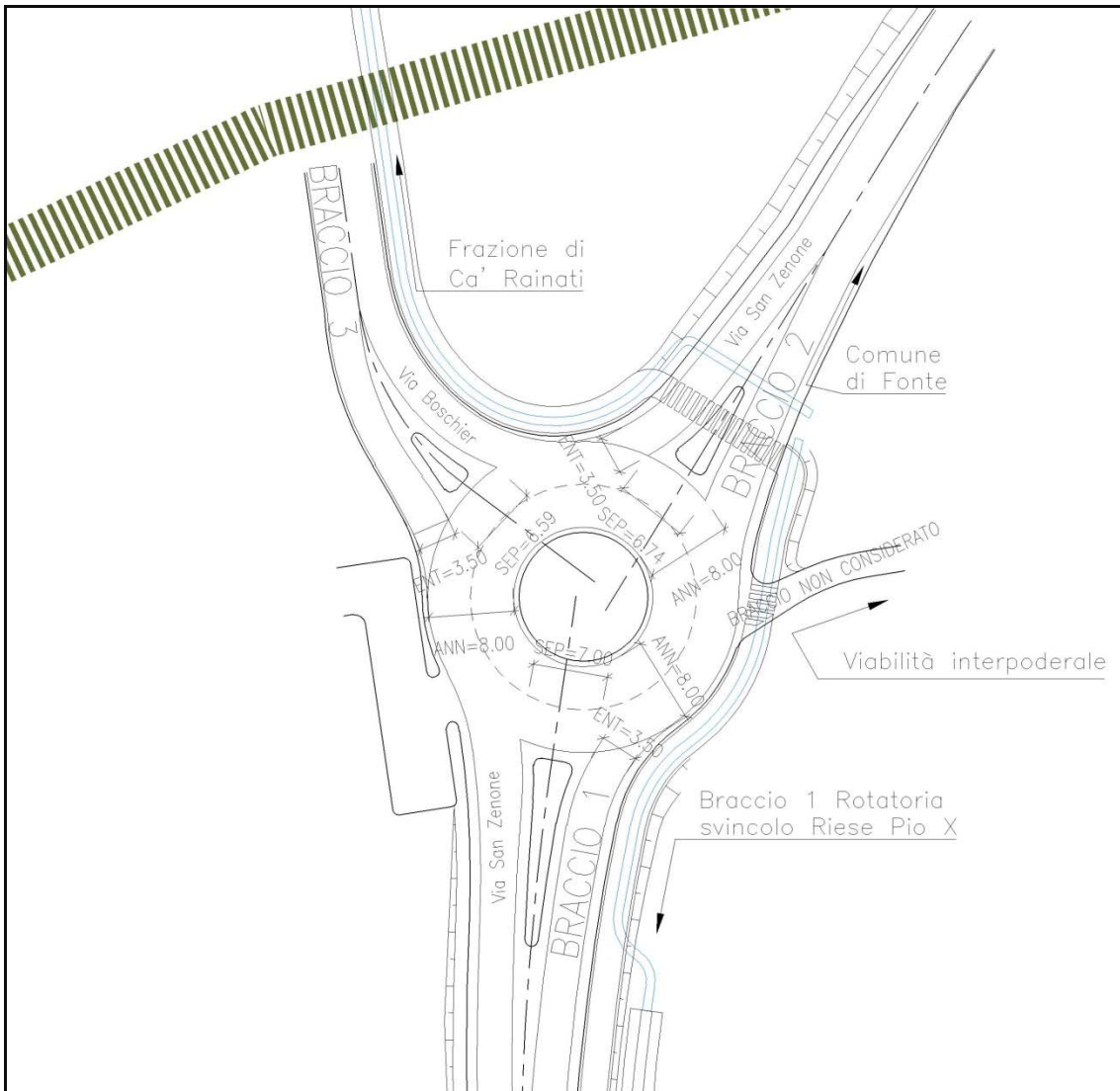
La rotonda è inserita a Nord del tracciato della superstrada a pedaggio "Pedemontana Veneta", in corrispondenza dell'intersezione tra le viabilità esistenti di via San Zenone (direzione comune di Fonte) e via Boschier (direzione frazione Cà Rainati) e la viabilità di collegamento con la rotonda in corrispondenza dello svincolo di Riese Pio X. In particolare si trascura la presenza di veicoli in immissione dalle viabilità di collegamento con le strade interpoderali esistenti, in quanto di limitata entità tale da non pregiudicare i risultati del calcolo seguente.



Planimetria inquadramento generale dell'opera

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

É indicato nella figura seguente lo stralcio planimetrico in cui è rappresentata la rotatoria oggetto di questa relazione



Planimetria rotatoria

### 3 Analisi di traffico

Le ipotesi degli scenari dei flussi di traffico, considerati per il dimensionamento della rotatoria, si riferiscono alle stime dei valori dei flussi di traffico del documento “Studio impatto ambientale – Studio del traffico”, edito nel 2005 nell’ambito del progetto preliminare della superstrada a pedaggio “Pedemontana Veneta”.

#### 3.1 Rotatoria svincolo di Riese

Si considera per la verifica quanto esposto nel paragrafo 8.1 di tale documento dove si individua il traffico ipotizzato nel 2023. Si assume che la differenza di traffico previsto nel tratto Cassola-Loria e Riese Pio X e nel tratto Riese Pio X e Altivole sia il flusso di traffico che si riversa nello svincolo di Riese.

I valori riportati nel documento rappresentano le previsioni giornaliere e sono da intendersi come flussi bidirezionali. Il vettore di ingresso, determinato per l’ora di punta, è pari a quindi al 15% del traffico unidirezionale che interessa lo svincolo.

Si ha quindi

$$\phi = \frac{|\phi_{C.-L.,R.P.X} - \phi_{R.P.X,A.}|}{2} \cdot 0.15 = \frac{|40572 - 38313|}{2} \cdot 0.15 = 169 \text{ evp}$$

Cautelativamente si assume un traffico superiore pari alla capacità teorica del ramo di ingresso, pari a 600 eph. A tale schema si introducono i flussi presunti di traffico proveniente dai due bracci di ingresso alla rotatoria n.1 e n.3, più precisamente provenienti dalla frazione di Cà Rainati (Braccio 1) e dal comune di Manzolino (Braccio n.3).

Il livello di traffico della viabilità è stimato in 700 veicoli equivalenti/ora diretto nelle due direzioni, in base alle caratteristiche geometriche. I restanti rami di ingresso (uscita parcheggio svincolo superstrada e viabilità interpodereale) non determinano flussi significativi di traffico tali da modificare l’analisi seguente e risultano essere influenti per il dimensionamento della rotatoria.

Si verifica quindi la capacità della rotatoria in corrispondenza dell’ora di punta rilevata essere compresa tra le ore 08.00 e 09.00.

Si ipotizza, cautelativamente, che la superstrada non diminuisca il traffico sulla viabilità intercomunale. In corrispondenza delle intersezioni dove non è presente alcun rilievo del traffico si procede all’analisi di funzionalità dell’intersezione ipotizzando il massimo valore della capacità di traffico della sezione stradale presente.

#### 3.2 Rotatoria svincolo di Riese

Il livello di traffico della viabilità di via San Zenone è stimato in 700 veicoli equivalenti/ora diretto nelle due direzioni, in base alle caratteristiche geometriche, mentre per la viabilità di vi Boschier il livello è stimato in 400 veicoli equivalenti/ora. I restanti rami di ingresso (uscita parcheggio svincolo superstrada e viabilità interpodereale) non determinano flussi significativi di traffico tali da modificare l’analisi seguente e risultano essere influenti per il dimensionamento della rotatoria.

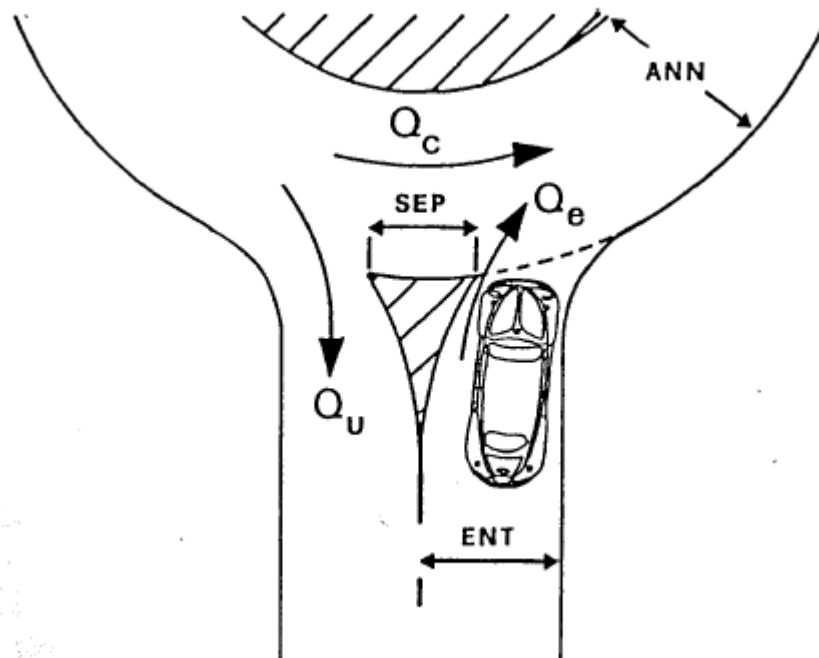
Si verifica quindi la capacità della rotatoria in corrispondenza dell’ora di punta rilevata essere compresa tra le ore 08.00 e 09.00.

Si ipotizza, cautelativamente, che la superstrada non diminuisca il traffico sulla viabilità intercomunale. In corrispondenza delle intersezioni dove non è presente alcun rilievo del traffico si procede all’analisi di funzionalità dell’intersezione ipotizzando il massimo valore della capacità di traffico della sezione stradale presente.

## 4 Schema di calcolo

### 4.1 Schema di calcolo rotatoria

Lo schema di calcolo utilizzato per la verifica delle capacità delle rotatorie prevede l'analisi per ogni braccio della rotatoria delle grandezze indicate nella figura seguente e descritte nel paragrafo successivo.



**Qc** vettore che rappresenta il flusso di veicoli che circolano nell'anello in prossimità dell'innesto del braccio di entrata.

**Qe** vettore che rappresenta il flusso di veicoli entranti dal braccio considerato

**Qu** vettore che rappresenta il flusso di veicoli uscenti in corrispondenza del braccio considerato.

**ANN** larghezza espressa in metri dell'anello della rotatoria.

**SEP** lunghezza espressa in metri dello spartitraffico che separa i flussi di traffico uscenti dai flussi di traffico entranti in corrispondenza dello stesso braccio.

**ENT** larghezza espressa in metri della corsia di immissione, relativa al braccio considerato, misurata dietro il primo veicolo fermo all'altezza della linea del segnale di dare precedenza.

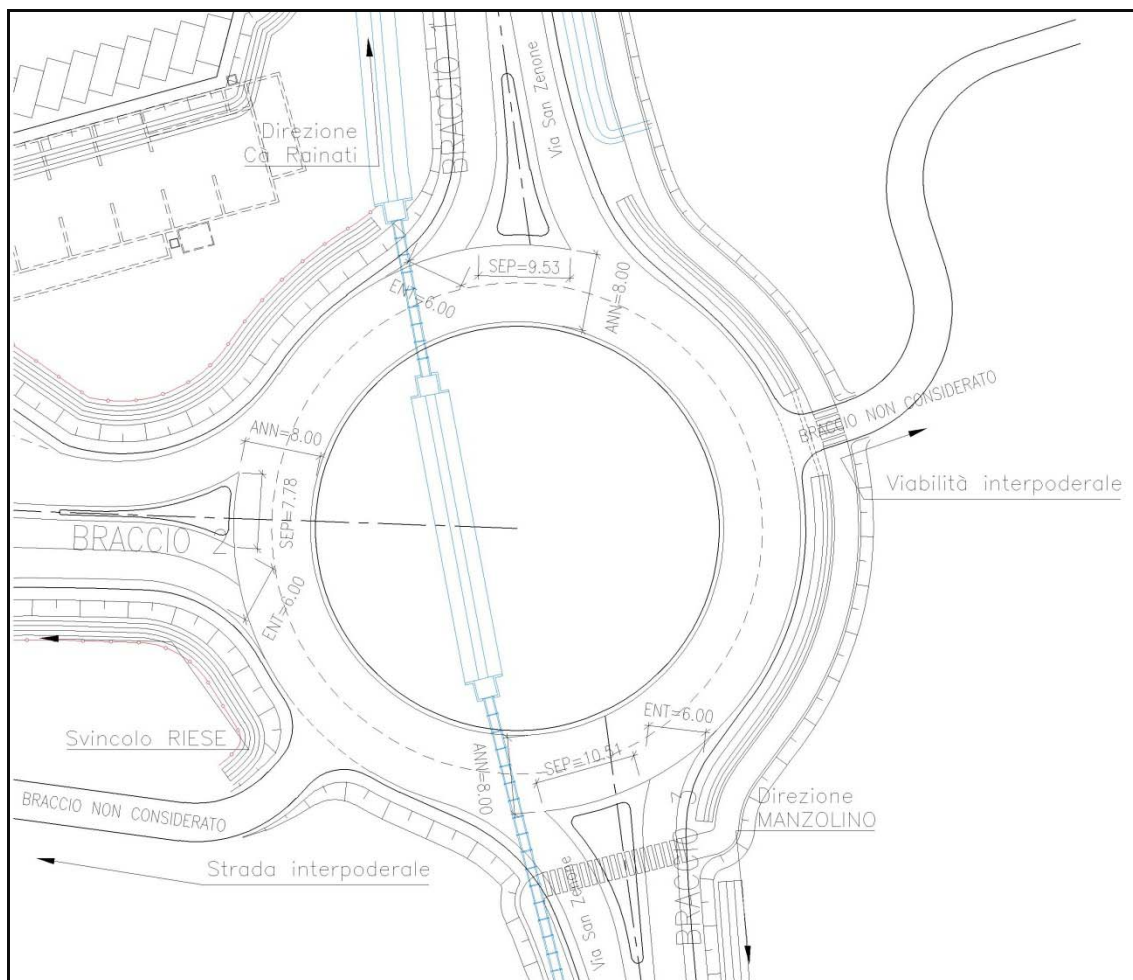


Relazione sulla verifica di capacità delle rotonde

**4.2 Analisi Rotatoria Svincolo Riese**

La rotonda in esame è ubicata nella zona di intersezione tra il tracciato della superstrada a pedaggio “Pedemontana Veneta in corrispondenza dello svincolo di Riese e la viabilità secondaria in direzione Nord - Sud

La rotonda in esame è costituita dai seguenti bracci indicati in figura.



Braccio 1: ramo di collegamento verso la frazione di Cà Rainati

Braccio 2: ramo di collegamento verso lo svincolo di Riese

Braccio 3: ramo di collegamento verso il comune di Manzolino

Sono omessi i bracci non influenti sul dimensionamento, così come da descrizione nel paragrafi precedenti.

I dati geometrici della rotonda sono i seguenti.

**Dati geometria**

Ramo	SEP	ANN	ENT
1	9,53	8,00	6,00
2	7,78	8,00	6,00
3	10,51	8,00	6,00

Nota: dati espressi in metri

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

5 La matrice **N** indicata di seguito rappresenta la previsione delle frazioni di flusso di traffico che entranti dal braccio *i* si distribuiscono nei restanti bracci *j*.

**Matrice N**

	Bu <sub>1</sub>	Bu <sub>2</sub>	Bu <sub>3</sub>
Bi <sub>1</sub>	0,00	0,43	0,57
Bi <sub>2</sub>	0,50	0,00	0,50
Bi <sub>3</sub>	0,57	0,43	0,00

In questo caso il vettore **Qe**, che rappresenta il flusso di traffico entrante indicato in eph [vetture equivalenti per ora], è il seguente.

**Vettore Qe**

1	700
2	600
3	700

Nota: dati in eph

$$M = \begin{pmatrix} \phi_{1,1} = N_{1,1} \cdot Qe_1 & \phi_{1,j} = N_{1,j} \cdot Qe_j & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{i,j} = N_{i,1} \cdot Qe_i & \phi_{i,j} = N_{i,j} \cdot Qe_j & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n,1} = N_{n,1} \cdot Qe_n & \phi_{n,j} = N_{n,j} \cdot Qe_n & \dots \end{pmatrix}$$

Il prodotto del vettore **Qe** per la matrice di distribuzione dei flussi **N** permette di ricavare la matrice **M** che indica i valori di flussi di traffico entranti dal braccio *i* ed uscenti dal braccio *j*. Il vettore **Qu** indicato a fianco indica, per ogni braccio, il flusso totale uscente.

**Matrice M**

	Bu <sub>1</sub>	Bu <sub>2</sub>	Bu <sub>3</sub>
Bi <sub>1</sub>	0	300	400
Bi <sub>2</sub>	300	0	300
Bi <sub>3</sub>	400	300	0

**Vettore Qu**

Qu <sub>1</sub>	700
Qu <sub>2</sub>	600
Qu <sub>3</sub>	700

Nota: dati in eph

I flussi di traffico entranti in rotatoria si distribuiscono nei vari matrice di distribuzione **N**; i flussi di circolazione all'interno rotatoria sono descritti nella matrice **C**, dove sono indicate le entrante da un braccio ( Bi<sub>i</sub> ) e transitante in prossimità degli altri bracci della rotatoria. Il prodotto della matrice **C** per il termina per ogni braccio della rotatoria il valore di flusso di lante all'altezza di un determinato braccio della stessa. Nella dei valori degli elementi della matrice **C** sono stati volutamente tributi dei flussi di traffico che, entranti dal ramo *i* risultano stesso in quanto ininfluenti ai fini della verifica.

$$Qc = \begin{pmatrix} \phi_1 = \sum_{j=1}^n C_{1,j} \cdot Qe_j \\ \dots \\ \phi_i = \sum_{j=1}^n C_{i,j} \cdot Qe_j \\ \dots \\ \phi_n = \sum_{j=1}^n C_{n,j} \cdot Qe_j \end{pmatrix}$$

bracci secondo la dell'anello della frazioni di flusso dell'intersezione vettore **Qe** de-traffico **Qc** circo-determinazione trascurati i con-uscenti dallo

**Matrice Coefficienti**

	Ri <sub>1</sub>	Ri <sub>2</sub>	Ri <sub>3</sub>
Qc,1	0,00	0,00	0,43
Qc,2	0,57	0,00	0,00
Qc,3	0,00	0,57	0,00

Il valore del flusso di disturbo relativo ad ogni braccio della rotatoria si determina attraverso il calcolo del flusso del traffico uscente equivalente secondo quanto indicato nelle relazioni seguenti. Il valore di  $Q'u$  è nullo nel caso in cui il valore di  $SEP$  sia maggiore di 15.00m.

$$Q'u = \begin{pmatrix} Qu_1 \cdot \frac{15 - SEP_1}{15} \\ \dots \\ Qu_i \cdot \frac{15 - SEP_i}{15} \\ \dots \\ Qu_n \cdot \frac{15 - SEP_n}{15} \end{pmatrix} \quad Qd = \begin{pmatrix} (Qc_1 + \frac{2}{3} \cdot Q'u_1) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_1 - 8)] \\ \dots \\ (Qc_i + \frac{2}{3} \cdot Q'u_i) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_i - 8)] \\ \dots \\ (Qc_n + \frac{2}{3} \cdot Q'u_n) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_n - 8)] \end{pmatrix}$$

I valori di flusso circolante nell'anello della rotatoria ( vettore  $Qc$  ), i valori del flusso uscente equivalente ( vettore  $Q'u$  ) e il valore del flusso complessivo di disturbo ( vettore  $Qd$  ) per ogni braccio sono indicati di seguito.

**Vettore  $Qc$**

$Qc_1$	300
$Qc_2$	400
$Qc_3$	300

Nota: dati in eph

**Vettore  $Q'u$**

$Qu_1$	255
$Qu_2$	289
$Qu_3$	210

Nota: dati in eph

**Vettore  $Q'd$**

$Q'u_1$	470
$Q'u_2$	593
$Q'u_3$	440

Nota: dati in eph

Si definisce  $\delta_i$  il coefficiente amplificativo del flusso di traffico entrante, tale per cui, si raggiunge la capacità dell'*i-esimo* braccio. Il prodotto del valore minimo del coefficiente  $\delta_i$  per il valore del flusso di traffico entrante nell'*i-esimo* braccio determina il raggiungimento della capacità semplice della rotatoria. In tale configurazione i rimanenti bracci della rotatoria mantengono un flusso entrante al di sotto della rispettiva capacità dei singoli bracci.

Nelle tabelle che seguono sono indicate le componenti dei vettori:

- $Qe_{pfc}$**  che rappresenta il flusso di traffico che si verifica nel momento del raggiungimento della capacità semplice della rotatoria, ovvero della primo fenomeno di congestione della rotatoria stessa.
- K** che rappresenta la capacità di ogni singolo braccio entrante nella rotatoria; il minimo valore di **K** rappresenta la capacità semplice della rotatoria.
- $\Delta K$**  che rappresenta la riserva di capacità di ogni singolo braccio nel momento in cui si verifica il primo fenomeno di congestione della rotatoria; si ottiene per differenza tra il vettore **K** e  **$Qe_{pfc}$** .

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

Seguono le relazioni matematiche utilizzate per il calcolo

$$\alpha_i = 1 + 0.1 \cdot (ENT - 3.5)$$

$$\delta_i = \frac{1330 \cdot \alpha_i}{Qe + 0.7 \cdot \alpha_i}$$

$$Qe_{pfc} = \begin{vmatrix} \delta_{\min} \cdot Qe_1 \\ \dots \\ \delta_{\min} \cdot Qe_i \\ \dots \\ \delta_{\min} \cdot Qe_n \end{vmatrix}$$

$$K = \begin{vmatrix} (1330 - Qd_1) \cdot \alpha_1 \\ \dots \\ (1330 - Qd_i) \cdot \alpha_i \\ \dots \\ (1330 - Qd_n) \cdot \alpha_n \end{vmatrix}$$

**Coefficiente  $\alpha$**

$\alpha_1$	1.250
$\alpha_2$	1.250
$\alpha_3$	1.250

**Coefficienti  $\delta$**

$\delta_1$	1.727
$\delta_2$	1.750
$\delta_3$	1.727

**Valori significativi**

$\delta_{\min}$	1.727
Braccio	1

**Vettore  $Qe_{pfc}$**

$Q_{1e,pfc}$	1209
$Q_{2e,pfc}$	1036
$Q_{3e,pfc}$	1209

Nota: dati in eph

**Capacità bracci**

$K_1$	1209
$K_2$	1058
$K_3$	1209

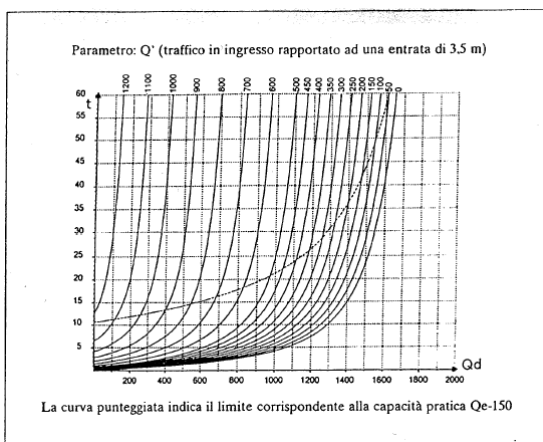
Nota: dati in eph

**$\delta$  capacità bracci**

$\delta_{K1}$	0
$\delta_{K2}$	22
$\delta_{K3}$	0

Nota: dati in eph

La determinazione dei valori del tempo medio di attesa di ogni singolo braccio e la lunghezza della coda si determinano attraverso l'uso di due appositi diagrammi mediante i valori di flusso entrante equivalente  $Q'e-150$  e flusso complessivo di disturbo  $Qd$ . I rispettivi valori sono indicati nelle tabelle seguenti.



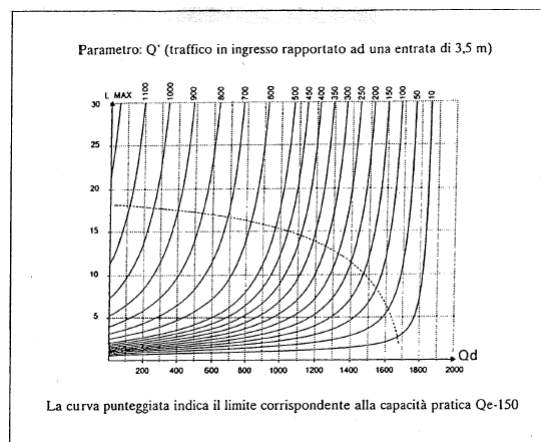
Tempi medi di attesa

**Coefficiente anello**

$Ri_1$	1.00
$Ri_2$	1.00
$Ri_3$	1.00

**Coefficiente sistema**

1° eq.	0.88
2° eq.	0.88
3° eq.	0.88



99° percentile della coda

**Tabella grafici**

$Q_{1D}$	475	440	$Q'_{1E}$
$Q_{2D}$	600	380	$Q'_{2E}$
$Q_{3D}$	450	440	$Q'_{3E}$

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

$$Q'e = \begin{pmatrix} Qe_1/\alpha_1 \\ \dots \\ Qe_i/\alpha_i \\ \dots \\ Qe_n/\alpha_n \end{pmatrix}$$

**Vettore Q'e**

Q'e <sub>1</sub>	560
Q'e <sub>2</sub>	480
Q'e <sub>3</sub>	560

Nota: dati in eph

**Tempi di attesa**

w <sub>1</sub>	3
w <sub>2</sub>	3
w <sub>3</sub>	3

Nota: dati in sec

**99% coda**

q <sub>1</sub>	4
q <sub>2</sub>	4
q <sub>3</sub>	4

Il calcolo della capacità totale della rotatoria avviene mediante la soluzione di un sistema di  $n$  equazioni in  $n$  variabili dove  $n$  rappresenta il numero di bracci di ingresso in rotatoria. Il raggiungimento della capacità totale della rotatoria è definito dal raggiungimento contemporaneo della capacità su tutti i bracci di ingresso. Lo schema di del sistema lineare è indicato qui di seguito.

$$\begin{cases} a_{1,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{1,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{1,n} \cdot Q_{e,n} = TN_1 \\ \dots \\ a_{i,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{i,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{i,n} \cdot Q_{e,n} = TN_i \\ \dots \\ a_{n,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{n,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{n,n} \cdot Q_{e,n} = TN_n \end{cases}$$

Di seguito è indicata la tabella dei coefficienti dei relativi flussi di traffico entranti e, per ogni equazione, il valore del termine noto. Il valore dei coefficienti è stato calcolato in funzione della geometria dell'opera e i valori dei vettori di flusso di traffico fin qui determinati.

Le relazioni matematiche utilizzate per il calcolo sono le seguenti

$$\forall i = j \rightarrow a_{i,j} = 1 \qquad \forall i \neq j \rightarrow a_{i,j} = C_{i,j} \cdot 0.7 \cdot \alpha_i \cdot \beta_i$$

$$\beta_i = 1 - 0.085 \cdot (ANN_i - 8) \qquad TN_i = 1330 \cdot \alpha_i - \beta_i \cdot (0.7 \cdot \alpha_i)^2 \cdot Q'u_i$$

**Sistema Equazioni**

	Q <sub>e,1</sub>	Q <sub>e,2</sub>	Q <sub>e,3</sub>	TN
1° eq.	1.00	0.00	0.38	1467
2° eq.	0.50	1.00	0.00	1441
3° eq.	0.00	0.44	1.00	1502

Nota: dati in eph

Mediante la risoluzione del sistema lineare di cui sopra, si sono determinati i valori di capacità totale di ogni singolo braccio che vengono riportati qui di seguito.

**Soluzione sistema**

Q <sub>e,1</sub>	1054
Q <sub>e,2</sub>	914
Q <sub>e,3</sub>	1102

*Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie*

Il valore di capacità totale della rotatoria si determina come somma delle capacità totali di ogni singolo braccio. Tali valori di capacità totale sono superiori ai valori indicati dal vettore **Q<sub>e</sub>** per cui la rotatoria così dimensionata è in grado di smaltire il flusso di traffico di progetto.

I valori di capacità totale della rotatoria e di capacità pratica della stessa, espressi in vetture equivalenti per ora (eph), sono i seguenti.

**Capacità Totale**

$\Sigma Q_{e,i}$	3070
------------------	------

**Capacità Pratica Totale**

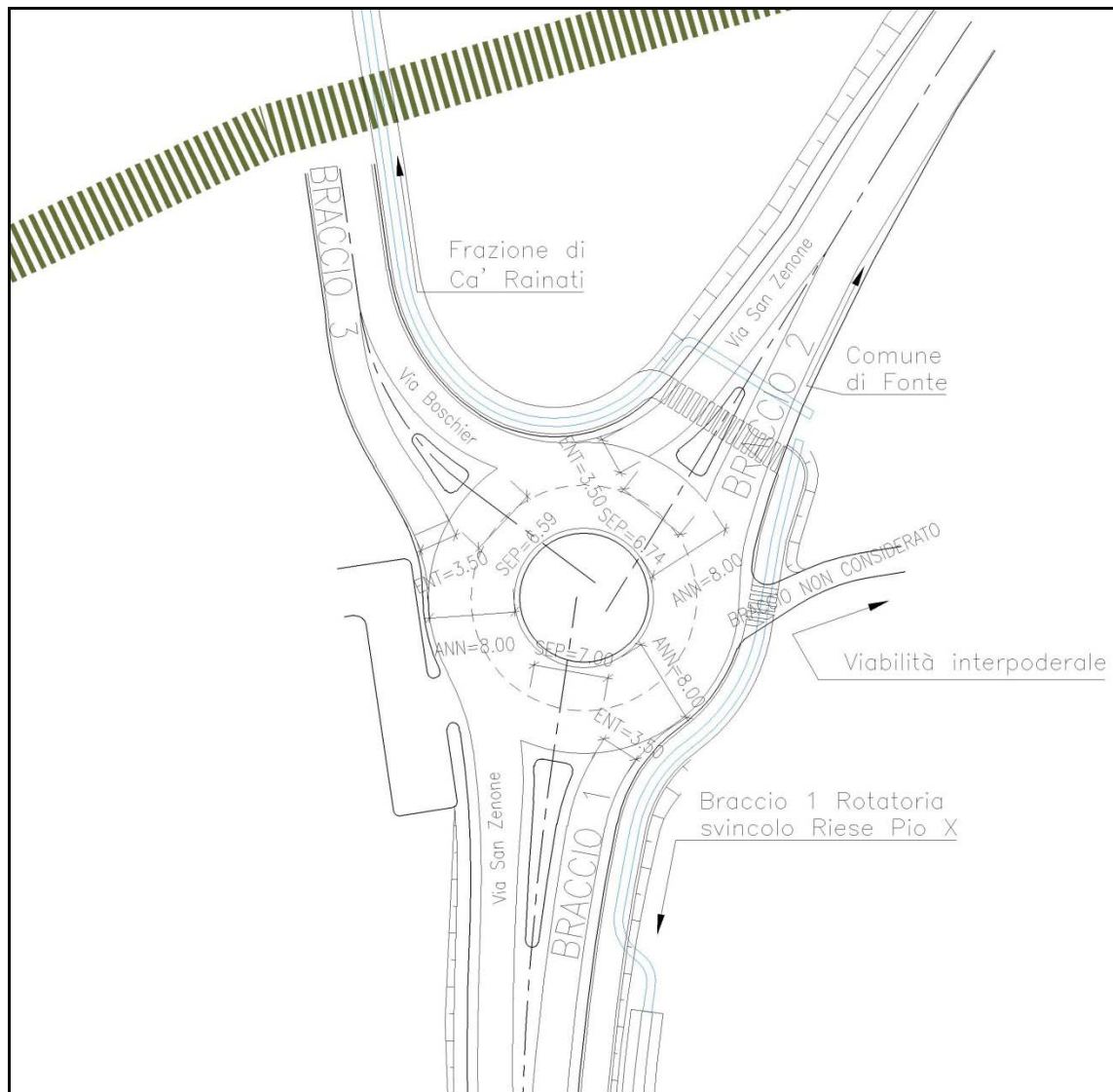
$\Sigma Q_{e,i}$	2620
------------------	------

Nota: dati in eph

### 5.1 Analisi Rotatoria intersezione viabilità Via Boschier – Via San Zenone

La rotatoria in esame è ubicata nella zona di intersezione tra le viabilità intercomunali di Via Boschier (diretta verso la frazione di Cà Rainati) e via San Zenone (diretta verso il comune di Fonte a nord e la rotatoria relativa allo svincolo di Riese Pio X della superstrada a pedaggio, in direzione sud)

La rotatoria in esame è costituita dai seguenti bracci indicati in figura.



- Braccio 1: ramo di collegamento verso la rotatoria dello svincolo di Riese Pio X
- Braccio 2: ramo di collegamento verso in comune di Fonte
- Braccio 3: ramo di collegamento verso la frazione di Cà Rainati

Sono omessi i bracci non influenti sul dimensionamento, così come da descrizione nel paragrafi precedenti.

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

I dati geometrici della rotatoria sono i seguenti.

**Dati geometria**

Ramo	SEP	ANN	ENT
1	7.00	8.00	3.50
2	6.74	8.00	3.50
3	6.59	8.00	3.50

Nota: dati espressi in metri

6 La matrice N indicata di seguito rappresenta la previsione delle frazioni di flusso di traffico che entranti dal braccio *i* si distribuiscono nei restanti bracci *j*.

**Matrice N**

	Bu <sub>1</sub>	Bu <sub>2</sub>	Bu <sub>3</sub>
Bi <sub>1</sub>	0.00	0.90	0.10
Bi <sub>2</sub>	0.90	0.00	0.10
Bi <sub>3</sub>	0.50	0.50	0.00

In questo caso il vettore **Qe**, che rappresenta il flusso di traffico entrante indicato in eph [vetture equivalenti per ora], è il seguente.

**Vettore Qe**

1	700
2	700
3	400

Nota: dati in eph

$$M = \begin{pmatrix} \phi_{1,1} = N_{1,1} \cdot Qe_1 & \phi_{1,j} = N_{1,j} \cdot Qe_j & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{i,j} = N_{i,1} \cdot Qe_i & \phi_{i,j} = N_{i,j} \cdot Qe_j & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n,1} = N_{n,1} \cdot Qe_n & \phi_{n,j} = N_{n,j} \cdot Qe_n & \dots \end{pmatrix}$$

Il prodotto del vettore **Qe** per la matrice di distribuzione dei flussi **N** permette di ricavare la matrice **M** che indica i valori di flussi di traffico entranti dal braccio *i* ed uscenti dal braccio *j*. Il vettore **Qu** indicato a fianco indica, per ogni braccio, il flusso totale uscente.

**Matrice M**

	Bu <sub>1</sub>	Bu <sub>2</sub>	Bu <sub>3</sub>
Bi <sub>1</sub>	0	630	70
Bi <sub>2</sub>	630	0	70
Bi <sub>3</sub>	200	200	0

**Vettore Qu**

Qu <sub>1</sub>	830
Qu <sub>2</sub>	830
Qu <sub>3</sub>	140

Nota: dati in eph

I flussi di traffico entranti in rotatoria si distribuiscono nei vari bracci secondo la matrice di distribuzione **N**; i flussi di circolazione all'interno della rotatoria sono descritti nella matrice **C**, dove sono indicate le frazioni di flusso che entrante da un braccio (*Bi<sub>i</sub>*) e transitante in prossimità degli altri bracci della rotatoria. Il prodotto della matrice **C** per il vettore **Qe** determina per ogni braccio della rotatoria il valore di flusso di traffico che, entrante dal ramo *i* risultano trascurati ai fini della verifica.

$$Q_c = \begin{pmatrix} \phi_1 = \sum_{j=1}^n C_{1,j} \cdot Qe_j \\ \dots \\ \phi_i = \sum_{j=1}^n C_{i,j} \cdot Qe_j \\ \dots \\ \phi_n = \sum_{j=1}^n C_{n,j} \cdot Qe_j \end{pmatrix}$$

bracci secondo la matrice di distribuzione **N**; i flussi di circolazione all'interno della rotatoria sono descritti nella matrice **C**, dove sono indicate le frazioni di flusso che entrante da un braccio (*Bi<sub>i</sub>*) e transitante in prossimità degli altri bracci della rotatoria. Il prodotto della matrice **C** per il vettore **Qe** determina per ogni braccio della rotatoria il valore di flusso di traffico che, entrante dal ramo *i* risultano trascurati ai fini della verifica.



**Matrice Coefficienti**

	Ri <sub>1</sub>	Ri <sub>2</sub>	Ri <sub>3</sub>
Q <sub>C,1</sub>	0.00	0.00	0.50
Q <sub>C,2</sub>	0.10	0.00	0.00
Q <sub>C,3</sub>	0.00	0.90	0.00

Il valore del flusso di disturbo relativo ad ogni braccio della rotatoria si determina attraverso il calcolo del flusso del traffico uscente equivalente secondo quanto indicato nelle relazioni seguenti. Il valore di **Q'u** è nullo nel caso in cui il valore di *SEP* sia maggiore di 15.00m.

$$Q'u = \begin{pmatrix} Qu_1 \cdot \frac{15 - SEP_1}{15} \\ \dots \\ Qu_i \cdot \frac{15 - SEP_i}{15} \\ \dots \\ Qu_n \cdot \frac{15 - SEP_n}{15} \end{pmatrix} \quad Qd = \begin{pmatrix} (Qc_1 + \frac{2}{3} \cdot Q'u_1) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_1 - 8)] \\ \dots \\ (Qc_i + \frac{2}{3} \cdot Q'u_i) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_i - 8)] \\ \dots \\ (Qc_n + \frac{2}{3} \cdot Q'u_n) \cdot [1 - 0.085 \cdot (ANN_n - 8)] \end{pmatrix}$$

I valori di flusso circolante nell'anello della rotatoria ( vettore **Qc** ), i valori del flusso uscente equivalente ( vettore **Q'u** ) e il valore del flusso complessivo di disturbo ( vettore **Qd** ) per ogni braccio sono indicati di seguito.

**Vettore Qc**

Qc <sub>1</sub>	200
Qc <sub>2</sub>	70
Qc <sub>3</sub>	630

Nota: dati in eph

**Vettore Q'u**

Qu <sub>1</sub>	443
Qu <sub>2</sub>	457
Qu <sub>3</sub>	78

Nota: dati in eph

**Vettore Q'd**

Q'u <sub>1</sub>	495
Q'u <sub>2</sub>	375
Q'u <sub>3</sub>	682

Nota: dati in eph

Si definisce δ<sub>i</sub> il coefficiente amplificativo del flusso di traffico entrante, tale per cui, si raggiunge la capacità dell'*i-esimo* braccio. Il prodotto del valore minimo del coefficiente δ<sub>i</sub> per il valore del flusso di traffico entrante nell'*i-esimo* braccio determina il raggiungimento della capacità semplice della rotatoria. In tale configurazione i rimanenti bracci della rotatoria mantengono un flusso entrante al di sotto della rispettiva capacità dei singoli bracci.

Nelle tabelle che seguono sono indicate le componenti dei vettori:

- Qe<sub>pfc</sub>** che rappresenta il flusso di traffico che si verifica nel momento del raggiungimento della capacità semplice della rotatoria, ovvero della primo fenomeno di congestione della rotatoria stessa.
- K** che rappresenta la capacità di ogni singolo braccio entrante nella rotatoria; il minimo valore di **K** rappresenta la capacità semplice della rotatoria.
- ΔK** che rappresenta la riserva di capacità di ogni singolo braccio nel momento in cui si verifica il primo fenomeno di congestione della rotatoria; si ottiene per differenza tra il vettore **K** e **Qe<sub>pfc</sub>**.

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

Seguono le relazioni matematiche utilizzate per il calcolo

$$\alpha_i = 1 + 0.1 \cdot (ENT - 3.5)$$

$$\delta_i = \frac{1330 \cdot \alpha_i}{Qe + 0.7 \cdot \alpha_i}$$

$$Qe_{pfc} = \begin{vmatrix} \delta_{\min} \cdot Qe_1 \\ \dots \\ \delta_{\min} \cdot Qe_i \\ \dots \\ \delta_{\min} \cdot Qe_n \end{vmatrix}$$

$$K = \begin{vmatrix} (1330 - Qd_1) \cdot \alpha_1 \\ \dots \\ (1330 - Qd_i) \cdot \alpha_i \\ \dots \\ (1330 - Qd_n) \cdot \alpha_n \end{vmatrix}$$

**Coefficiente  $\alpha$**

$\alpha_1$	1.000
$\alpha_2$	1.000
$\alpha_3$	1.000

**Coefficienti  $\delta$**

$\delta_1$	1.583
$\delta_2$	1.776
$\delta_3$	1.581

**Valori significativi**

$\delta_{\min}$	1.581
Braccio	3

**Vettore  $Qe_{pfc}$**

$Q_{1e,pfc}$	1107
$Q_{2e,pfc}$	1107
$Q_{3e,pfc}$	633

Nota: dati in eph

**Capacità bracci**

$K_1$	1109
$K_2$	1253
$K_3$	633

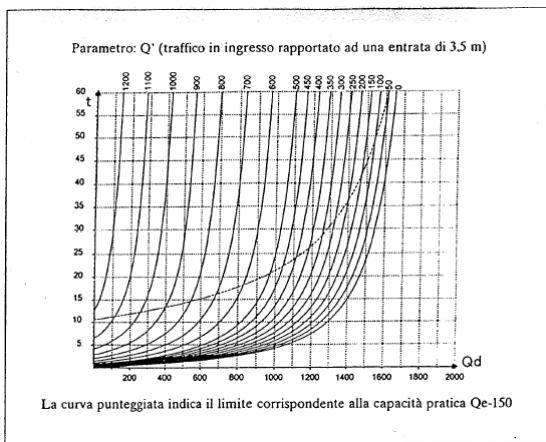
Nota: dati in eph

**$\delta$  capacità bracci**

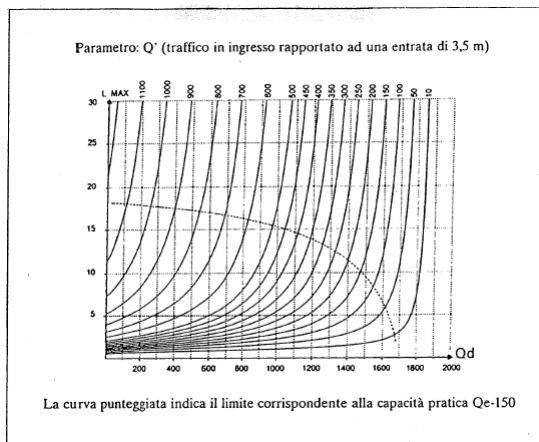
$\delta_{K1}$	2
$\delta_{K2}$	145
$\delta_{K3}$	0

Nota: dati in eph

La determinazione dei valori del tempo medio di attesa di ogni singolo braccio e la lunghezza della coda si determinano attraverso l'uso di due appositi diagrammi mediante i valori di flusso entrante equivalente  $Q'e-150$  e flusso complessivo di disturbo  $Qd$ . I rispettivi valori sono indicati nelle tabelle seguenti.



Tempi medi di attesa



99° percentile della coda

**Coefficiente anello**

$Ri_1$	1.00
$Ri_2$	1.00
$Ri_3$	1.00

**Coefficiente sistema**

1° eq.	0.70
2° eq.	0.70
3° eq.	0.70

**Tabella grafici**

$Q_{1D}$	500	560	$Q'_{1E}$
$Q_{2D}$	375	560	$Q'_{2E}$
$Q_{3D}$	675	320	$Q'_{3E}$

Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie

$$Q'e = \begin{pmatrix} Qe_1/\alpha_1 \\ \dots \\ Qe_i/\alpha_i \\ \dots \\ Qe_n/\alpha_n \end{pmatrix}$$

**Vettore Q'e**

Q'e <sub>1</sub>	700
Q'e <sub>2</sub>	700
Q'e <sub>3</sub>	400

Nota: dati in eph

**Tempi di attesa**

w <sub>1</sub>	5
w <sub>2</sub>	3
w <sub>3</sub>	5

Nota: dati in sec

**99% coda**

q <sub>1</sub>	6
q <sub>2</sub>	4
q <sub>3</sub>	4

Il calcolo della capacità totale della rotatoria avviene mediante la soluzione di un sistema di  $n$  equazioni in  $n$  variabili dove  $n$  rappresenta il numero di bracci di ingresso in rotatoria. Il raggiungimento della capacità totale della rotatoria è definito dal raggiungimento contemporaneo della capacità su tutti i bracci di ingresso. Lo schema di del sistema lineare è indicato qui di seguito.

$$\begin{cases} a_{1,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{1,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{1,n} \cdot Q_{e,n} = TN_1 \\ \dots \\ a_{i,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{i,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{i,n} \cdot Q_{e,n} = TN_i \\ \dots \\ a_{n,1} \cdot Q_{e,1} + \dots + a_{n,j} \cdot Q_{e,j} + \dots + a_{n,n} \cdot Q_{e,n} = TN_n \end{cases}$$

Di seguito è indicata la tabella dei coefficienti dei relativi flussi di traffico entranti e, per ogni equazione, il valore del termine noto. Il valore dei coefficienti è stato calcolato in funzione della geometria dell'opera e i valori dei vettori di flusso di traffico fin qui determinati.

Le relazioni matematiche utilizzate per il calcolo sono le seguenti

$$\forall i = j \rightarrow a_{i,j} = 1 \qquad \forall i \neq j \rightarrow a_{i,j} = C_{i,j} \cdot 0.7 \cdot \alpha_i \cdot \beta_i$$

$$\beta_i = 1 - 0.085 \cdot (ANN_i - 8) \qquad TN_i = 1330 \cdot \alpha_i - \beta_i \cdot (0.7 \cdot \alpha_i)^2 \cdot Q'u_i$$

**Sistema Equazioni**

	Q <sub>e,1</sub>	Q <sub>e,2</sub>	Q <sub>e,3</sub>	TN
1° eq.	1.00	0.00	0.35	1113
2° eq.	0.07	1.00	0.00	1106
3° eq.	0.00	0.63	1.00	1292

Nota: dati in eph

Mediante la risoluzione del sistema lineare di cui sopra, si sono determinati i valori di capacità totale di ogni singolo braccio che vengono riportati qui di seguito.

**Soluzione sistema**

Q <sub>e,1</sub>	891
Q <sub>e,2</sub>	1044
Q <sub>e,3</sub>	634

*Relazione sulla verifica di capacità delle rotatorie*

Il valore di capacità totale della rotatoria si determina come somma delle capacità totali di ogni singolo braccio. Tali valori di capacità totale sono superiori ai valori indicati dal vettore **Q<sub>e</sub>** per cui la rotatoria così dimensionata è in grado di smaltire il flusso di traffico di progetto.

I valori di capacità totale della rotatoria e di capacità pratica della stessa, espressi in vetture equivalenti per ora (eph), sono i seguenti.

**Capacità Totale**

$\Sigma Q_{e,i}$	2569
------------------	------

**Capacità Pratica Totale**

$\Sigma Q_{e,i}$	2119
------------------	------

Nota: dati in eph

**7 Conclusioni**

Sulla base delle ipotesi di traffico assunte, le intersezioni analizzate risultano abbondantemente verificate. Tali intersezioni sono quindi adatte a supportare i flussi di traffico previsti, conseguenti a futuri e non prevedibili modificazioni della viabilità locale, senza pregiudicare il livello di servizio delle intersezioni e comportare tempi di attesa significativi.