

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

DIPARTIMENTO

**INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE
E DEI MATERIALI - DICAM**



TESI DI LAUREA MAGISTRALE

In ING. CIVILE – CURRICULUM in Infrastrutture viarie e Trasporti
Insegnamento di Laboratorio in Infrastrutture Viarie e Trasporti M-B

**“STUDIO DI FATTIBILITA' URBANISTICO-AMBIENTALE
PER LA MODIFICA DELLA CIRCOLAZIONE VIARIA
DELLE INTERSEZIONI TRA LE VIE PERUZZI – 3 FEBBR.
1831 – P.LE BARACCHI E PERUZZI-FASSI-CATELLANI-
CIPRESSI, NEL CENTRO ABITATO DI CARPI”**

CANDIDATO

Maurizio Centofanti

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Ing. **Federico Rupi**

CORRELATORE

Chia.mo Prof. Ing. **Andrea Simone**

Anno Accademico **2011/2012 – III Sessione**

Parole chiave:

- Via 3 Febr. 1831;
- Via B. Peruzzi;
- Viale dei Cipressi
- Via G. Fassi;
- Rotatoria;
- Semaforo.

Un sentito ringraziamento

*Alla mia famiglia, nuova e antica,
A tutti i Proff. che mi hanno insegnato
Ai colleghi M. Borghi, P. Gualdi,
A. Paltrinieri, A. Palladino, A. Bracali,
A. Ferrari, C. Reggiani, M. Cattini.....
.....ed a chi si trova “altrove”, nei miei
pensieri sempre.*

Indice.

<i>Premessa.</i>	<i>Pag.</i> 4
<i>Oggetto ed inquadramento dello studio.</i>	<i>Pag.</i> 5
<i>Capitolo 1: Descrizione stato attuale.</i>	<i>Pag.</i> 6
<i>1.1- Caratterizzazione planivolumetrica della zona.</i>	<i>Pag.</i> 6
<i>1.2- Criticità.</i>	<i>Pag.</i> 8
<i>1.3- Dati sui flussi di traffico.</i>	<i>Pag.</i> 10
<i>1.4- Analisi intersezioni.</i>	<i>Pag.</i> 12
<i>1.5- Analisi arterie in studio.</i>	<i>Pag.</i> 21
<i>1.6- Valutazione Emissioni inquinanti principali.</i>	<i>Pag.</i> 26
<i>1.7- Valutazione Indicatori di rete principali.</i>	<i>Pag.</i> 32
<i>Capitolo 2: Ipotesi progettuali</i>	<i>Pag.</i> 35
<i>2.1- Presupposti e scopi prefissati</i>	<i>Pag.</i> 35
<i>2.2- Ipotesi studiate e analisi di merito.</i>	<i>Pag.</i> 38
<i>2.2.1- 1° Ipotesi</i>	<i>Pag.</i> 39
<i>2.2.2- 2° Ipotesi.</i>	<i>Pag.</i> 42
<i>2.2.3- 3° Ipotesi.</i>	<i>Pag.</i> 43
<i>2.2.4- Variante su 1° ipotesi per l'inserimento di una circonvallazione di collegamento al sito per nuova sede degli uffici comunali</i>	<i>Pag.</i> 44
<i>2.3- Valutazione della fattibilità progettuale dell'ipotesi migliore.</i>	<i>Pag.</i> 46
<i>2.3.1- Analisi intersezioni</i>	<i>Pag.</i> 49
<i>2.3.2- Analisi arterie in studio</i>	<i>Pag.</i> 61
<i>2.3.3- Valutazione Emissioni inquinanti principali.</i>	<i>Pag.</i> 64
<i>2.3.4- Valutazione Indicatori di rete principali.</i>	<i>Pag.</i> 68
<i>2.4- Elementi di verifica geometrico-funzionale delle intersezioni a rotatoria.</i>	<i>Pag.</i> 69
<i>Capitolo 3: Analisi B/C.</i>	<i>Pag.</i> 75
<i>3.1- Parametri di riferimento per l'analisi B/C.</i>	<i>Pag.</i> 75
<i>3.2- Ipotesi neutra (Stato Attuale)</i>	<i>Pag.</i> 82
<i>3.3- Ipotesi progettuale considerata al par. 2.3.</i>	<i>Pag.</i> 86
<i>3.4- Soluzione integrativa per l'ulteriore abbattimento del carico delle emissioni inquinanti nell'area in studio.</i>	<i>Pag.</i> 91
<i>3.5- Risultato dell'analisi B/C</i>	<i>Pag.</i> 94
<i>Conclusioni.</i>	<i>Pag.</i> 99
<i>Bibliografia.</i>	<i>Pag.</i> 101
<i>Allegati: Cartografia rappresentativa dello stato attuale e delle ipotesi progettuali.</i>	

Premessa.

Il *traffico* é uno degli elementi che più influenzano la qualità della vita nelle nostre città ove tutti noi siamo coinvolti.

Il traffico veicolare ha ormai raggiunto, da diverso tempo, livelli inaccettabili in relazione alla scarsità o all'inefficienza delle arterie in grado di sopportarlo, con le conseguenze a tutti note: congestione, inquinamento (atmosferico ed acustico) e degrado ambientale.

I mezzi di trasporto pubblico, rappresentano una modesta soluzione a questi problemi: infatti soddisfano solo una piccola parte di quegli utenti che, ogni giorno, compiono spostamenti più o meno lunghi, per recarsi sul posto di lavoro. Forse, il potenziamento di questo sistema di trasporto, potrebbe favorire un miglioramento della situazione, anche se, si ritiene, che molti non rinuncerebbero mai al mezzo privato che permette una maggiore libertà di movimento e più elevato comfort; ciò anche a scapito di attese e ritardi alle varie intersezioni che compongono la tratta percorsa secondo gli usi ed in ragione delle esigenze quotidiane per lo spostamento casa-scuola-lavoro, soprattutto nell'ambito urbano come il caso studio preso in esame in questa sede.

Le mancanze appena citate sono comuni a molte città, ma diverse sono le caratteristiche fisiche dei centri abitati, e ciò implica, da parte degli analisti, studi specifici delle diverse realtà.

Con il presente studio, è stata ricercata almeno una soluzione di fattibilità tecnico-finanziaria progettuale per risolvere e migliorare la percorrenza di un tratto di viabilità urbana soggetto a transiti medio-alti, per il contesto urbano della città di Carpi, principalmente in ora punta mattutina come pure, più occasionalmente, in altri momenti della giornata.

Oggetto ed inquadramento dello studio.

L'area in studio è circoscritta ad un tratto della prima viabilità sulla cintura urbana ovest che lambisce il centro storico della città di Carpi.

Trattasi di una serie di arterie, tra cui la principale disposta sulla direttrice N-S con le vie secondarie trasversali in immissione e svolta aventi direttrice E-O, con un nodo di transito centrale al tratto in studio che raccoglie l'ingresso/uscita a detta cintura ovest della parte sud del centro città (zona poli scolastici/quartieri in uscita dal centro Storico dalle vie Catellani-Cavallotti-Garagnani) e che sarà oggetto in modo predominante delle ipotesi progettuali nella presente trattazione.

L'area è connotata a nord da una parte di abitato anche con edifici multipiano ambo i lati delle arterie stradali con altezza considerevole (8-10 piani fuori terra), mentre più a sud vi è la presenza di un parco di ampia estensione con antistante l'immobile del Cimitero Monumentale cittadino.

Lo studio in oggetto, dopo un'adeguata descrizione dello stato attuale sulle caratteristiche planivolumetriche, dei flussi di traffico, dei valori emissivi dei principali inquinanti e delle criticità più in generale che si dettaglieranno, si prefigge l'obiettivo d'individuare una o più soluzioni progettuali, fattibili sotto il profilo tecnico ed economico-finanziario, volte al miglioramento generale dell'area in studio sotto i profili della circolazione viaria e quindi del comfort percepito dagli utenti veicolari, con uno sguardo particolare ed attento rivolto anche alla qualità ambientale con riferimento ai benefici legati alla riduzione dei carichi inquinanti da emissioni veicolari in base al layout progettuale ed ai parametri indicatori di valutazione del traffico, individuati tra quelli più significativi.

Capitolo 1 - Descrizione Stato attuale.

1.1- Caratterizzazione planivolumetrica della zona.

L'area in studio è inserita, (come cfr. nel paragrafo precedente) in un contesto orograficamente pianeggiante in compresenza di un'edificazione storicizzatasi nel tempo ai margini delle strade che servono da collegamento tra l'abitato della zona nord-nordovest di Carpi (flussi veicolari della via Remesina-Osteriola e della zona di Cibeno vecchia-Via Pezzana) e l'area a sud di via Lenin (intersezione con viale dei Cipressi - via Colombo) con direzione Modena.

Le arterie trattate nel presente studio saranno nello specifico le seguenti:

- 1) Direttrice N-S (nei due sensi - principale): Via 3 Febbraio 1831-Serbatoio Viale Peruzzi – Viale dei Cipressi;
- 2) Direttrice S-N-W (secondaria): Viale dei Cipressi – Via G. Fassi/Viale Peruzzi-Via 3 Febbraio 1831;

La parte maggiormente edificata, con presenza di stabili multipiano oltre i 6 piani, si estende sulle vie 3 Febbraio 1831, Berengario e Fassi, mentre a sud di viale Peruzzi vi è la presenza di un paio di zone a parcheggio piuttosto ampie (P.le Baracchi ed il rialzato del P.le Maestri del Lavoro) e di un'amplissima zona di verde a vegetazione permanente (Parco della Resistenza) con antistante la zona cimiteriale urbana circondata da altre aree verdi e terreni in stato di coltivo, realtà inframezzate dal viale alberato dei Cipressi.

1.2- Criticità.

Gli aspetti salienti aventi natura di criticità per la viabilità in studio possono riassumersi come in appresso indicato (con riferimento alle ore punta giornaliere ed un focus mirato su quella più significativa, cioè tra le 07:30-08:30):

- 1) Sulla direttrice N→S, tra il semaforo pedonale del Parco Rimembranze e la fine del viale dei Cipressi, si verificano due situazioni di congestione da saturazione dei flussi veicolari rispettivamente a monte dell'intersezione tra via 3 Febr. 1831 e viale J. Berengario e nella successiva intersezione tra la già citata 3 Febr. e Viale Peruzzi.

A valle del serbatoio di via Peruzzi, per chi prosegue su viale dei Cipressi, in dipendenza della frequenza del semaforo pedonale a chiamata nei pressi del Cimitero, si possono verificare modesti accumuli per chi deve proseguire verso sud sino alla fine del suddetto viale.

- 2) Sulla medesima direttrice, ma da S→N, in dipendenza del flusso che proviene in ingresso su viale dei Cipressi ed in considerazione della frequenza di chiamate al semaforo pedonale a richiesta, possono verificarsi maggiori accumuli alla linea di arresto del suddetto pedonale; a seguire si forma poi una certa congestione attestantesi in cima a viale dei Cipressi con l'intersezione di via Catellani/Serbatoio Viale Peruzzi.

Per i veicoli svoltanti sul serbatoio di viale Peruzzi e diretti su via 3 Febbraio, possono verificarsi lievi accumuli all'intersezione con viale Berengario anche se non critici come per il senso di marcia inverso sulla medesima intersezione;

- 3) Accumuli si verificano poi per chi si trova su via Catellani (dirett. E→O) all'intersezione con viale dei Cipressi e su viale

Peruzzi (dirett. O→E) all'intersezione con via 3 Febr. 1831, criticità ovviamente figlie di quanto descritto ai punti 1) e 2);

- 4) Meritano infine un cenno i flussi attestantisi sull'intersezione tra le vie G. Fassi e J. Berengario, con i movimenti permessi allo stato attuale, e quelli subito successivi del serbatoio di viale J. Berengario (tra via Fassi e 3 Febbraio 1831), entrambi con direttrice E→O, in quanto interessati dalle modifiche con le ipotesi progettuali oggetto del presente studio;
- 5) Marginalmente saranno poi interessate da modeste variazioni anche le intersezioni tra le vie Molinari/S. Manicardi e Berengario/S. Manicardi (ambo i lati) nonché l'introduzione di una rotonda compatta tra viale Peruzzi e via S. Manicardi.

Prima di procedere con l'esamina di dati ed analisi, giova far presente che quanto avviene a monte del semaforo pedonale del Parco Rimembranze a livello di congestione da traffico veicolare con riferimento alla direttrice N→S non sarà oggetto del presente studio per esigenze legate alla definizione di ulteriori aspetti che esulano dalla trattazione in specie. Nulla impedirà, in futuro, la possibilità d'integrare anche uno studio dei flussi a monte dell'area in esame, senza che ciò possa inficiare le analisi qui riportate e le soluzioni che di rimando si propongono.

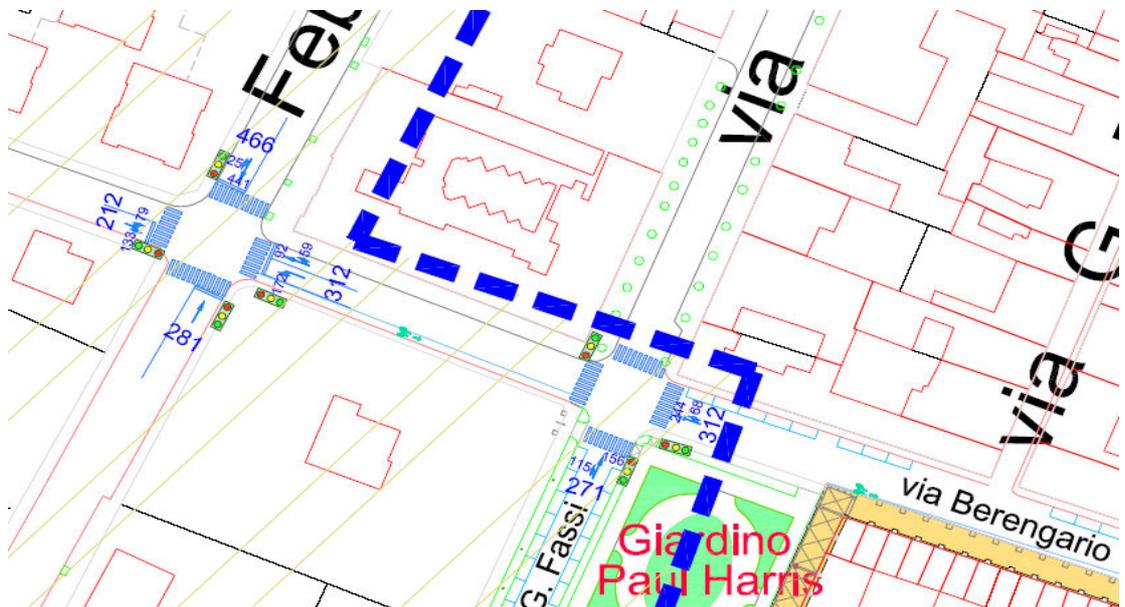
1.3- Dati sui flussi di traffico.

I valori salienti dei flussi di traffico aventi natura di criticità per la viabilità in studio possono riassumersi come in appresso indicato (con riferimento alle ore punta giornaliere con un focus mirato su quella più significativa, cioè tra le 07:30-08:30):

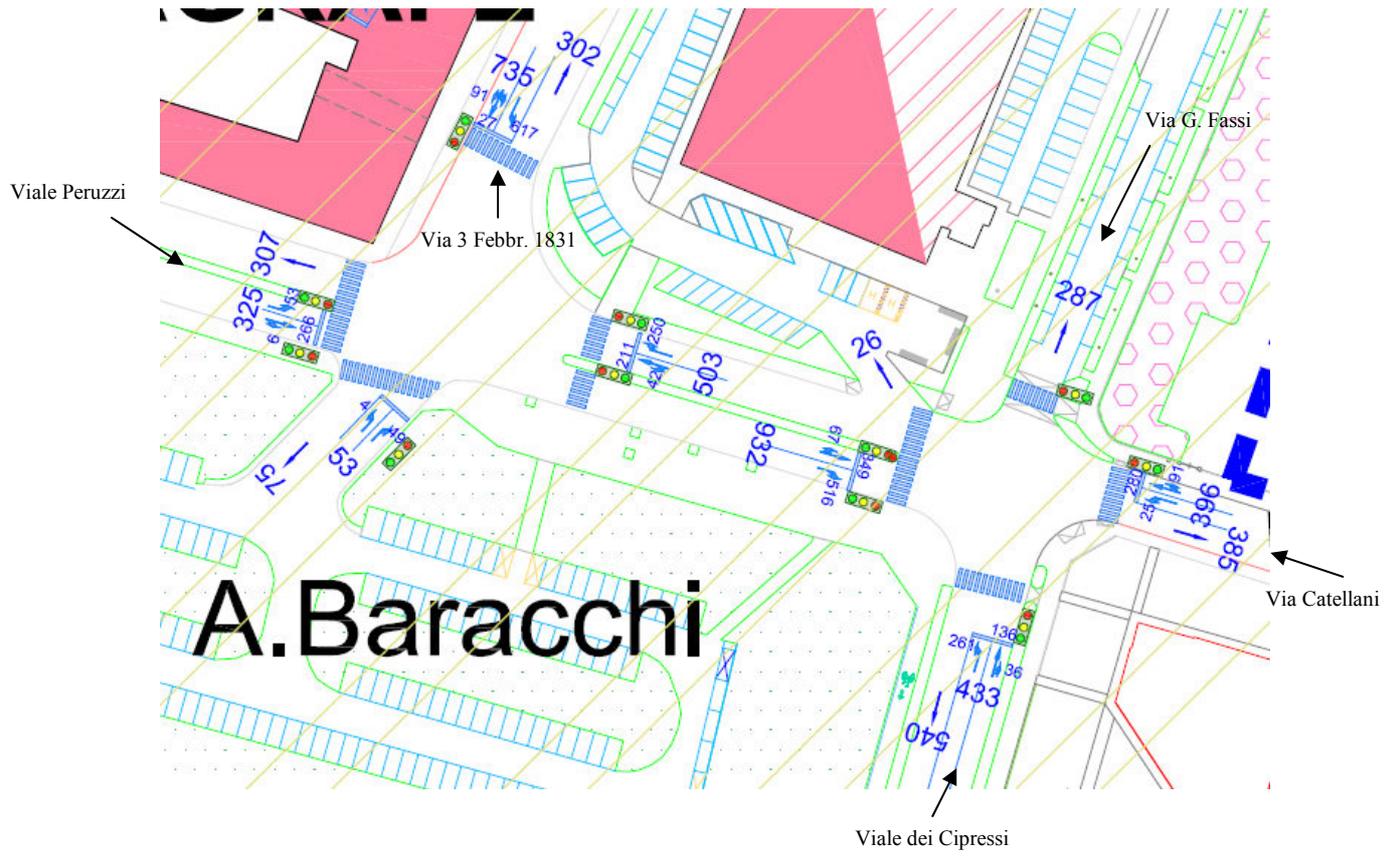
Inizio zona studio, pedonale semaforizzato a chiamata Parco Rimembranza su via 3 Febr. 1831



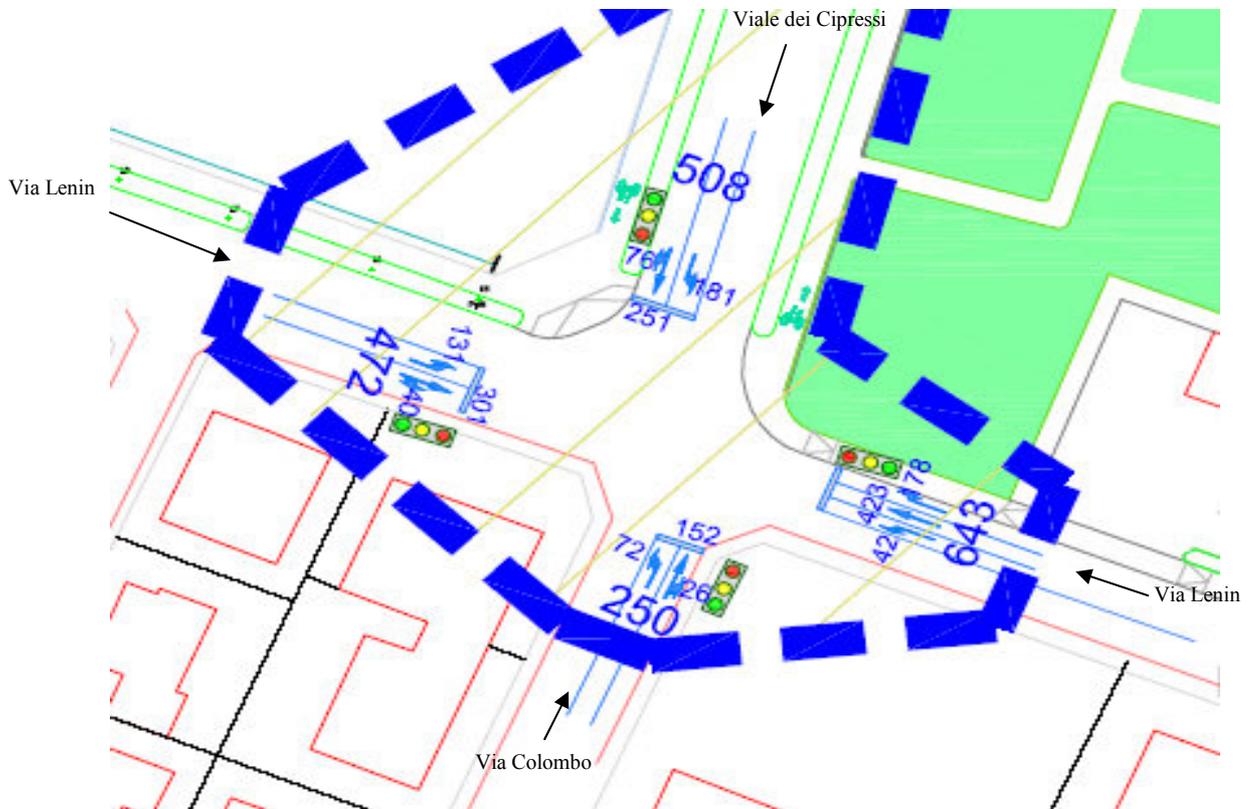
Intersezione semaforizzata via 3 Febr. 1831/Viale J. Berengario e via G. Fassi/Viale J. Berengario



Intersezione unica semaf. Via 3 Febr.1831 - Viale Peruzzi P.le Baracchi con Viale dei Cipressi – Via Catellani – Via G. Fassi



Intersezione semaforizzata Viale dei Cipressi - Via Lenin – Via Colombo



1.4- Analisi intersezioni.

▪ ESAMINA DEI DATI DI FLUSSO

Il rilievo dei flussi di traffico indicati al paragrafo 1.3 è avvenuto nei mesi di maggio e ottobre 2012, in periodo scolastico, quindi perfettamente confrontabile con i rilievi già in possesso nella rimanente rete viaria. Vediamo dunque i risultati analizzando le intersezioni rilevate:

• 1) INCROCIO TRA LE VIE TRE FEBBRAIO-BERENGARIO

Si tratta di un incrocio semaforizzato con alcune particolarità ossia:

- Via Berengario è senso unico verso ovest per il solo braccio da est
- In via Tre Febbraio il traffico da sud non può svoltare verso Berengario in direzione ovest; ovviamente anche la svolta per il flusso da nord verso est è preclusa causa il senso unico esistente

Premesso questo si osserva che:

- Il traffico da sud di 281 v.e. prosegue inalterato verso nord
- Da via Berengario 323 v.e. svoltano verso nord in 59, proseguono in via Berengario in 92 mentre 172 svoltano verso sud; quest'ultima è la corrente predominante;
- Il flusso da nord in via Tre Febbraio è di 466 v.e. di cui prevalente è la tendenza, 441 v.e., a proseguire verso sud mentre solo 25 svoltano in direzione ovest;
- Da via Berengario provenienti da ovest giungono 212 v.e. di cui la maggioranza, 133, svolta verso sud mentre in 79 svoltano verso nord

Se ne deduce che in questo incrocio si spiega come mai la corrente di via Tre Febbraio in direzione sud sia così preponderante rispetto la direzione nord ; infatti a nord dell'incrocio le due corsie si equivalgono mentre a sud la corsia in direzione Peruzzi raggiunge il valore di 735 v.e. contro i 419 complessivi a nord dell'incrocio diretti verso il parco delle Rimembranze.

• 2) INCROCIO TRA LE VIE G. FASSI-BERENGARIO

Si tratta di un incrocio semaforizzato con le seguenti caratteristiche:

- Via Berengario è bidirezionale con il dritto verso ovest (serbatoio tra le vie Fassi/Tre Febbr) e con la svolta a destra verso nord su via G. Fassi;
- In via G. Fassi al contempo si prosegue dritto verso nord e con svolta a sinistra nel serbatoio di viale Berengario (intercluso tra le vie Fassi e Tre Febbr.)

Premesso questo si osserva che:

- Il traffico da sud di 271 v.e. prosegue dritto verso nord in 156, mentre 115 v.e. svoltano a sinistra su viale Berengario, diretti al semaforo con via Tre Febbraio;
- Da via Berengario, dei 312 v.e. che si attestano al semaforo con via G. Fassi, in 244 proseguono dritto verso ovest, mentre 68 svoltano a destra su via G. Fassi, verso nord;
- **3) INCROCIO TRA LE VIE PERUZZI-TRE FEBBRAIO-DEI CIPRESSI-CATELLANI-FASSI**

Premesso che si tratta di un doppio incrocio semaforizzato dall'impianto piuttosto complesso che tiene conto delle diverse direttrici intersecantesi e che tutte le strade citate, ad esclusione di via Fassi, sono a doppio senso di marcia, si osserva che:

- Da via Tre Febbraio giunge la corrente più cospicua con ben 735 v.e. diretti verso sud di cui 91 svoltano verso via Peruzzi, 27 proseguono al parcheggio Baracchi, mentre 617 sono diretti all'incrocio tra le vie Peruzzi e Dei Cipressi; questi ultimi, la maggioranza di quel flusso, svoltano in 337 in via Cipressi, 244 proseguono in via Catellani mentre una piccola parte, 30 v.e., svolta in via Fassi. Si può quindi affermare che predomina il traffico passante da nord a sud come tendenza principale;
- Da via Peruzzi il flusso in direzione est è pari a 325 v.e. di cui 6 svoltano in p.le Baracchi, 266 proseguono verso est dove, all'incrocio con via Cipressi, 148 svoltano in questa, 93 proseguono in via Catellani e solo 24 svoltano in via Fassi; nell'incrocio con Tre Febbraio, 53 vi svoltano. Se ne deduce che da via Peruzzi la corrente predominante è quella diretta in via Cipressi. (7 veicoli, 6 da Tre Febbraio ed 1 da via Peruzzi, compiono un'inversione vietata, segno tratteggiato, per entrare nel parcheggio degli Uffici Comunali)
- Da p.le Baracchi il traffico è debole con 53 v.e. in uscita, prevalentemente diretti in via Cipressi, 31, e 75 in entrata; occorre ricordare che da questo piazzale è vietato proseguire in via Tre Febbraio.
- Da via dei Cipressi i 433 v.e. svoltano in 36 in via Catellani, 136 proseguono in via Fassi, mentre ben 245 svoltano in via Peruzzi; questi prediligono la svolta in Tre Febbraio, ben 140, mentre 71 proseguono in Peruzzi e solo 34 raggiungono p.le Baracchi. Se ne deduce che la direzione prevalente di questo flusso è verso sud.
- Da via Catellani giungono 396 v.e. di cui 91 svoltano in Fassi, 258 proseguono in Peruzzi dei quali 109 diretti in via Tre Febbraio; solamente 25 svoltano in via Cipressi trovandosi in grossa difficoltà per il contrasto dei veicoli provenienti da ovest; a questo riguardo è intenzione di questo ufficio proporre in Commissione Traffico l'istituzione di un obbligo di direzione diritto destra per chi viene da Catellani eliminando così la svolta

suddetta perché impraticabile e pericolosa. Se ne deduce che il flusso da via Catellani è diretto verso ovest e verso nord.

• **4) INCROCIO TRA IL VIALE DEI CIPRESSI E LE VIE LENIN E COLOMBO**

Premesso che si tratta di un incrocio semaforizzato a quattro bracci, con strade tutte a doppio senso di marcia, si osserva che:

- Da viale dei Cipressi giunge una corrente di 508 v.e. di cui diretti verso sud (via Colombo) con ben 251 v.e., verso ovest 76 e verso est 181 con una tendenza leggermente superiore di flusso veicolare marciante verso sud rispetto a quelli diretti verso est;
- Da via Lenin, lato est, arriva il flusso più cospicuo dell'intersezione con 643 v.e. di cui la stragrande parte segue dritto sulla medesima via Lenin, lato ovest, per 423 v.e. con un'entità svoltante a destra su viale dei Cipressi di 178 v.e.;
- Allo stesso tempo avviene per chi arriva sul tronco ovest di via Lenin, con un flusso di 472 v.e. con una cospicua parte, 301 v.e. che seguono dritto su via Lenin est, ed una parte di svolta a sinistra su viale dei Cipressi pari a 131 v.e.
- Da via Colombo si ha il minor flusso entrante nell'incrocio con 250 v.e., ove comunque risalta il dato di 152 v.e. che seguono dritto su viale dei Cipressi e contribuiscono così a comporre l'entità di flusso entrante su viale dei Cipressi per la percorrenza S→N dell'area in studio.

In una prima conclusione si nota come tutte le strade esaminate abbiano flussi di traffico equivalenti in ambo le direzioni, eccetto via Tre Febbraio dove esiste un forte squilibrio tra la corrente dir. sud con 735 v.e. e quella verso nord pari a quasi la metà con 321 v.e.

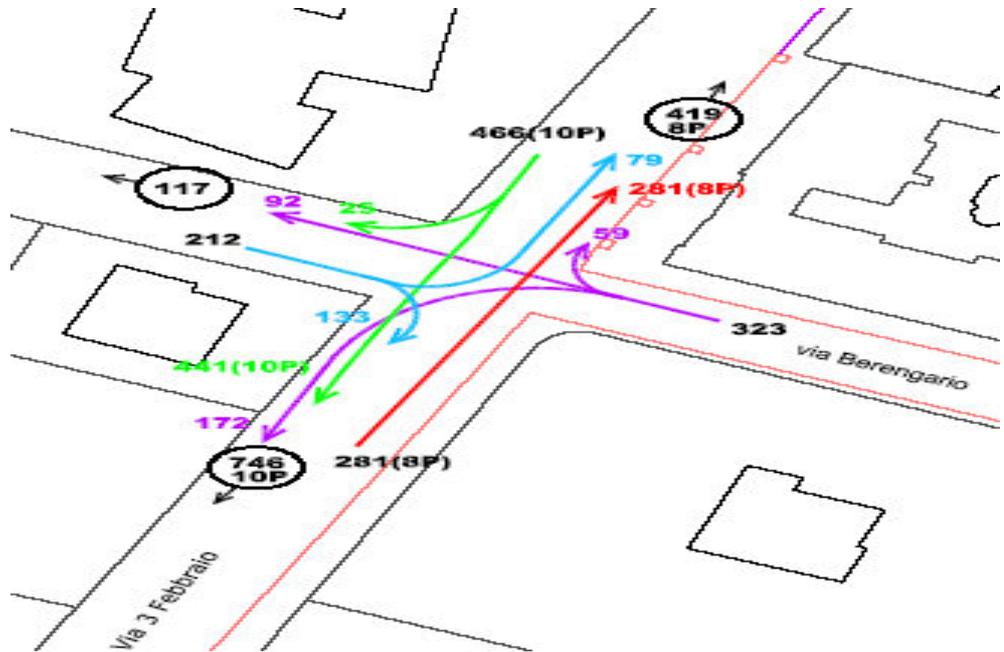
▪ **VALUTAZIONE DEI L.O.S. E PARAMETRI CONNESSI DELLE INTERSEZIONI**

Premessa

Per l'analisi in specie ci si è avvalsi della metodologia HCM v.2000 (manuale della capacità nord-americano) che si basa sulla valutazione del livello di servizio delle intersezioni (semaforizzato, ad intersezione semplice regolata con segnaletica, ecc..) su di una scala di sei livelli che va dall' "A" (ottimo) all' "F"(pessimo) in base quindi al grado di accettabilità delle attese (leggasi "ritardi") da parte dei conducenti. Per "ritardo" s'intende un tempo $w = w_s + T_{dec} + T_{acc}$ con w_s pari al tempo di permanenza nel sistema intersezione. (tale w è solitamente 5 sec maggiore al w_s).

• **1) INCROCIO TRA LE VIE TRE FEBBRAIO-BERENGARIO**

Dall'analisi effettuata mediante l'applicativo HCS-3 (by McTrans) del manuale HCM, si è ottenuto:



(rilievo flussi di traffico fine maggio 2012 – fonte: Uff. Viabilità Comune di Carpi)

HCS: Signals Release 3.1b

Inter:
Analyst: M. Centofanti
Date: 12/10/2012
E/W St: Via Berengario

City/St: Carpi -Italia
Period: 07:30-08:30
N/S St: Via 3 Febbraio

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
LGConfig	L	TR			LR			TR			T	
Volume	172	151	0	79		133	441	25			281	
Lane Width	2.6	2.6			3.3		3.3				3.3	
RTOR Vol			0			0		0				

Duration 0.25 Area Type: All other areas

Phase Combination	Signal Operations				5	6	7	8
	1	2	3	4				
EB Left	P				NB Left			
EB Thru	P				NB Thru	P		
EB Right	P				NB Right	P		
EB Peds	X				NB Peds	X		
WB Left	P				SB Left			
WB Thru		P			SB Thru	P		
WB Right		P			SB Right			
WB Peds	X				SB Peds	X		
NE Right					EB Right			
SE Right					WB Right			
Green		19.0				13.0		
Yellow		10.0				10.0		
All Red		2.0				2.0		
Cycle Length: 56.0 secs								

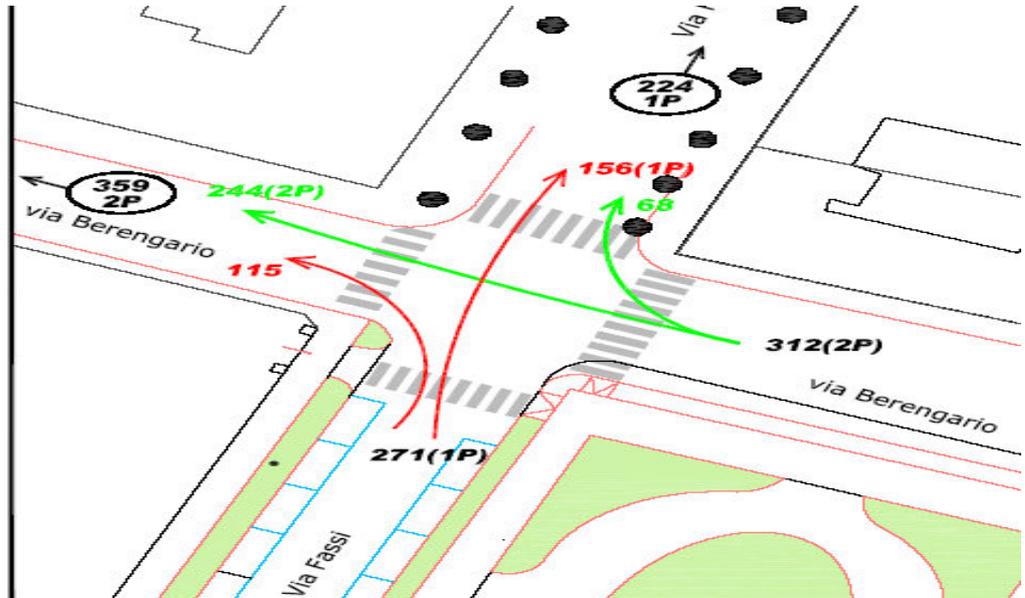
Intersection Performance Summary

Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/c	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
L	544	1604	0.34	0.339	15.5	B		
TR	556	1640	0.29	0.339	14.9	B	15.2	B
Westbound								
LR	435	1283	0.52	0.339	19.3	B	19.3	B
Northbound								
TR	346	1491	1.45	0.232	238.7	F	238.7	F
Southbound								
T	426	1837	0.71	0.232	29.3	C	29.3	C
Intersection Delay = 100.2 (sec/veh)					Intersection LOS = F			

Si nota chiaramente il pessimo livello di servizio, in ora punta mattutina, dell'incrocio in questione con valori di ritardo sul gruppo corsia da N al limite dei quattro minuti (3 cicli semaforici pieni prima del superamento dell'intersezione)

• **2) INCROCIO TRA LE VIE G. FASSI-BERENGARIO**

Dall'analisi effettuata mediante l'applicativo HCS-3 (by McTrans) del manuale HCM, si è ottenuto:



(rilievo flussi di traffico fine settembre 2012 – fonte: Uff. Viabilità Comune di Carpi)

HCS: Signals Release 3.1b

Inter: M. Centofanti City/St: Carpi -Italia
 Analyst: M. Centofanti Date: 12/10/2012 Period: 07:30-08:30
 E/W St: Via Berengario N/S St: Via Fassi

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LGConfig		T	R								LT	
Volume		244	68							115	156	
Lane Width		3.0	3.5								3.3	
RTOR Vol			0									

Duration: 1.00 Area Type: All other areas
 Signal Operations

Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left								
EB Thru		D						
EB Right		D						
EB Peds		X						
WB Left								
WB Thru								
WB Right								
WB Peds		X						
NB Right								
SB Right								
EB Right								
SE Right								
Green		19.0						
Yellow		10.0						
All Red		2.0						
Cycle Length	55.0 secs							

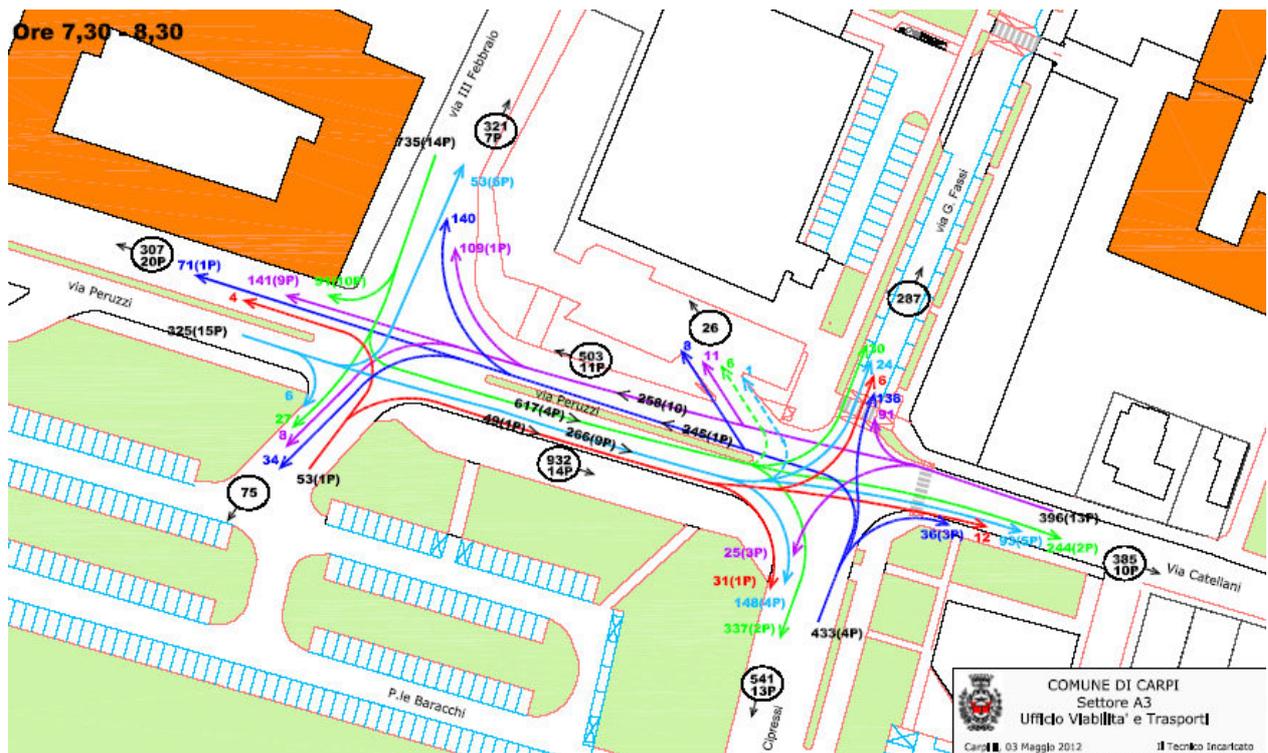
Appr/ Lane Grp	Lane Capacity	Adj Sat Flow Rate		Ratios		Lane Group		Approach	
		Flow Rate (s)	Adj Sat	v/c	g/c	Delay LOS	Delay LOS		
Eastbound									
T	602	1773		0.44	0.339	16.6	B	15.9	B
R	542	1597		0.13	0.339	13.3	B		
Westbound									
Northbound									
Southbound									
LT	359	1548		0.81	0.232	40.9	D	40.9	D

Intersection Delay = 27.6 (sec/veh) Intersection LOS = C

Qui si ha un discreto livello di servizio dell'incrocio in questione, in ora punta mattutina, con valori di ritardo sul gruppo corsia da Sud (su via G. Fassi) al limite dei quaranta secondi.

• **3) INCROCIO TRA LE VIE PERUZZI-TRE FEBBRAIO-DEI CIPRESSI-CATELLANI-FASSI**

Dall'analisi effettuata mediante l'applicativo HCS-3 (by McTrans) del manuale HCM, si è ottenuto:



(rilievo flussi di traffico maggio 2012 – fonte: Uff. Viabilità Comune di Carpi)

HCS: Signals Release 3.1b

Inter: Tre Febbraio - Peruzzi City/St: Carpi -Italia
Analyst: M. Centofanti Date: 12/10/2012 Period: 07:30-08:30
E/W St: Via Catellani/Tre Febbraio N/S St: Via Cipressi - Via Peruzzi

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
Lg Config		T			LT		L	TR			LT	
Volume		210	180	91	340	300	53	272		105	150	170
Lane Width		3.0	3.0		3.2	3.2	3.2	3.2			3.3	3.3
RTOR Vol		0			0			0			0	

Duration: 1.00 Area Type: All other areas

Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left								
Thru	D				D	D		
Right		D				D		
Peds			X				X	
WB Left		D				D		
Thru		D				D		
Right		D				D		
Peds			X					X
NE Right								X
SE Right								
Green	33.0	7.0			20.0	12.0	8.0	
Yellow	7.0	4.0			5.0	5.0	4.0	
All Red	4.0	1.0			1.0	1.0	1.0	
Cycle Length	113.0 Secs							

Appr/ Lane Grp	Lane Group	Adj Sat Flow Rate (s)	Intersection Performance Ratios		Lane Group		Approach	
			v/c	g/c	Delay	LOS	Delay	LOS
Eastbound								
T	518	1773	0.44	0.292	35.1	D	35.4	D
R	440	1507	0.44	0.292	35.7	D		
Westbound								
LT	438	1501	1.06	0.292	196.8	F	134.8	F
R	451	1543	0.72	0.292	45.7	D		
Northbound								
L	118	666	0.48	0.177	55.9	E		
TR	555	1651	0.53	0.336	33.8	C	37.4	D
Southbound								
LT	353	1050	0.78	0.336	50.7	D	52.8	D
R	276	1561	0.66	0.177	55.9	E		
Intersection Delay = 80.8 (sec/veh)					Intersection LOS = F			

Giova far presente che ai fini della trattazione di fattibilità in specie, tale intersezione con fini semplificativi per l'elaborazione mediante il software HCS-3, è stata trattata come intersezione unica a livello geometrico e nel rispetto delle fasi e movimenti dei flussi così come avviene nella realtà della programmazione semaforica, apportando in fase di input dati una modifica consistente nello scambiare il WB reale (viale Peruzzi) con il NB in Hcs-3 ed il NB reale (via 3 Febbraio) con il WB in Hcs-3.

Si coglie qui l'occasione per far presente come l'intersezione sia quella attorno alla quale ruotano le modifiche principali da apportare per la fattibilità progettuale in quanto è il punto nevralgico di tutta l'area studio di che trattasi.

Salta immediatamente all'evidenza come il braccio proveniente da N (il WB in Hcs-3, ribadiamo) sia quello che satura l'intersezione a livello di L.O.S., attribuendole il peggior livello con oltre 2 minuti di attesa.

Da verifiche sul campo a mezzo di rilevatore interno, è stato eseguito il rilievo sulla lunghezza max delle code in ora punta mattutina per i quattro bracci dell'intersezione, avendosi il seguente esito:

- Via 3 Febbraio 1831: 23 veic. \approx 90 ml. (con accumulo di 2 corsie in testa);
- Via Peruzzi : 7 veic. \approx 30 ml. (con accumulo su 2 corsie);
- Via Catellani: 12 veic. \approx 50 ml. (con accumulo di 2 corsie in testa);
- Viale dei Cipressi: 12 veic. \approx 50 ml. (con accumulo di 2 corsie in testa);

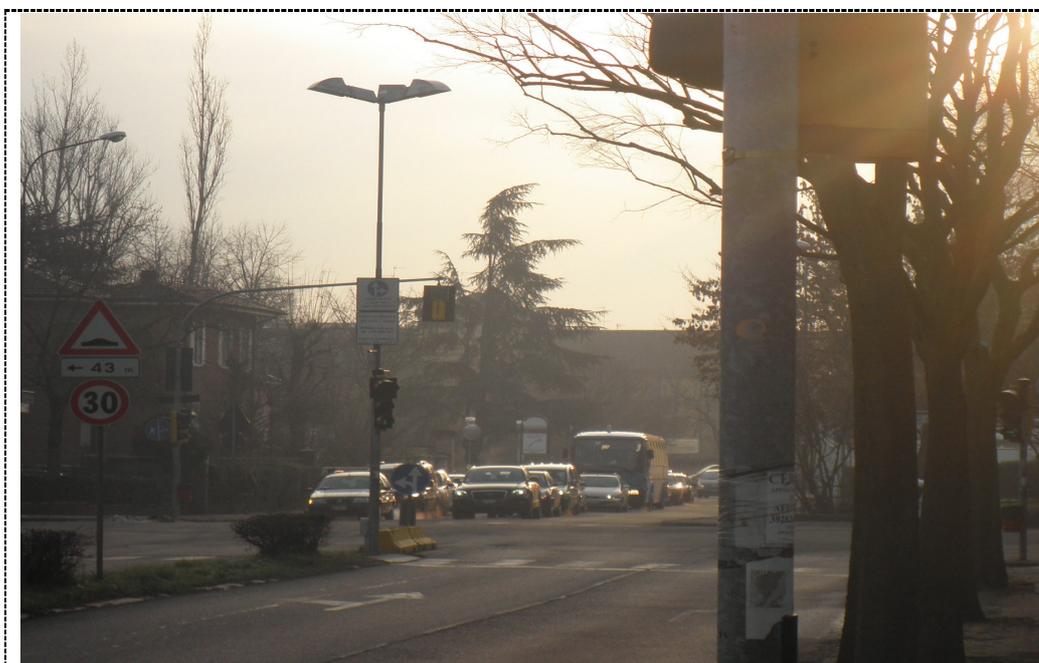
Si dimostra la bontà dell'analisi con il riscontro fotografico in una mattina tipo per tale braccio dell'incrocio:



Coda su via 3 Febbraio all'altezza con via Peruzzi



Coda su via Peruzzi, all'altezza con via 3 Febr./P.le Baracchi



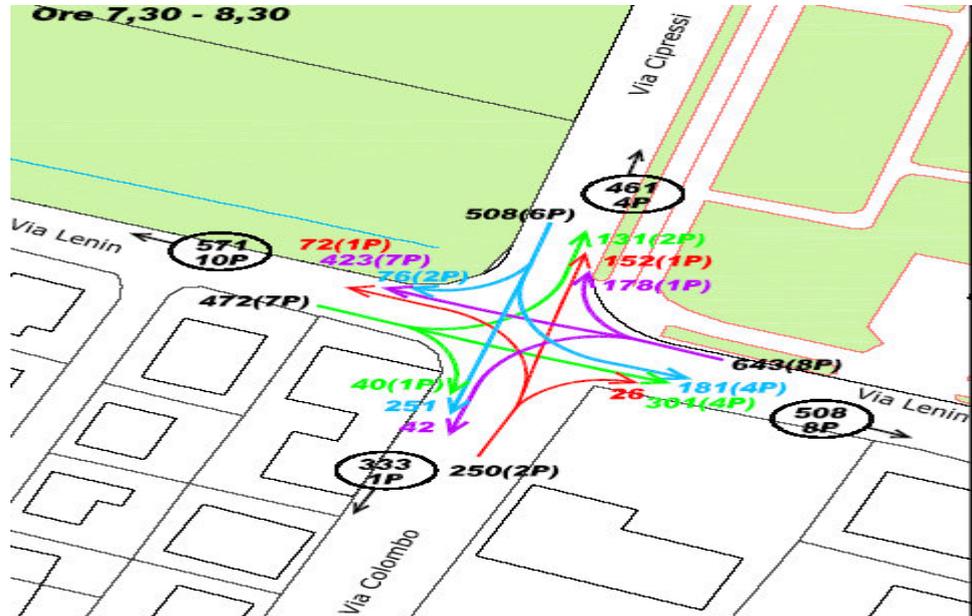
Coda su via Catellani, all'altezza con via Cipressi-Fassi



Coda su via Cipressi, all'altezza con via Catellani-Fassi

• **4) INCROCIO TRA IL VIALE DEI CIPRESSI E LE VIE LENIN E COLOMBO**

Dall'analisi effettuata mediante l'applicativo HCS-3 (by McTrans) del manuale HCM, si è ottenuto:



(rilievo flussi di traffico ottobre 2012 – fonte: Uff. Viabilità Comune di Carpi)

HCS: Signals Release 3.1b

Inter: Centofanti
 Analyst: Centofanti
 Date: 31/10/2012
 E/W St: Lenin
 City/St: Carpi
 Period: 07:30/08:30
 N/S St: Cipressi/Colombo

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY												
	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
LGConfig	L	T	R	L	TR		L	TR		L	TR	
Volume	42	423	178	131	341		181	327	0	72	178	0
Lane Width	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.0	3.0		3.0	3.0	
RTOR Vol			0			0			0			0
Duration	1.00 Area Type: All other areas											
Phase Combination	Signal Operations											
EB Left	1			2			3			4		
EB Thru	D			D			D			D		
EB Right	D			D			D			D		
EB Peds	X			X			X			X		
WB Left	D			D			D			D		
WB Thru	D			D			D			D		
WB Right	D			D			D			D		
WB Peds	X			X			X			X		
NB Right	D			D			D			D		
SB Right	D			D			D			D		
Green	28.0			16.0			15.0			6.0		
Yellow	3.0			4.0			10.0			4.0		
All Red	0.0			1.0			0.0			2.0		
Cycle Length	89.0 secs											
Intersection Performance Summary												
Appr/Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach					
			v/c	g/c	Delay	LOS	Delay	LOS				
Eastbound												
L	680		0.07	0.528	17.4	B						
T	558	1773	0.82	0.315	41.8	D	36.0	D				
R	474	1507	0.40	0.315	26.5	C						
Westbound												
L	512		0.28	0.528	23.7	C						
TR	558	1773	0.66	0.315	32.5	C	30.1	C				
Northbound												
L	381	1093	0.51	0.348	27.9	C						
TR	618	1773	0.57	0.348	27.4	C	27.6	C				
Southbound												
L	232	667	0.33	0.348	25.2	C						
TR	603	1731	0.32	0.348	22.6	C	23.4	C				
Intersection Delay = 30.5 (sec/veh)					Intersection LOS = C							

Qui si ha un discreto livello di servizio dell'incrocio in questione, in ora punta mattutina, con valori di ritardo sul gruppo corsia da E (su via Lenin) al limite dei quaranta secondi.

Seg.	Inter. Sect.	Inter. Running Time (sec)	Sum of Control Delay (sec)	Sum of Other Delay (sec)	Sum of Time by Section (sec)	Arterial Length by Section (km)	Arterial Speed (km/h)	LOS by Section
1	1	36.0	22.0	0.0	58.0	0.45	27.9	C
2	2	22.0	45.2	0.0	67.2	0.20	10.7	F
3	3	22.0	23.5	0.0	45.5	0.20	15.8	E
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Grand Sum of Time (x) = 170.6 sec
Grand Sum of Length (y) = 0.85 km
Arterial Speed = 3600 x (y)/(x) = 17.9 km/h
Arterial Level of Service, LOS = E

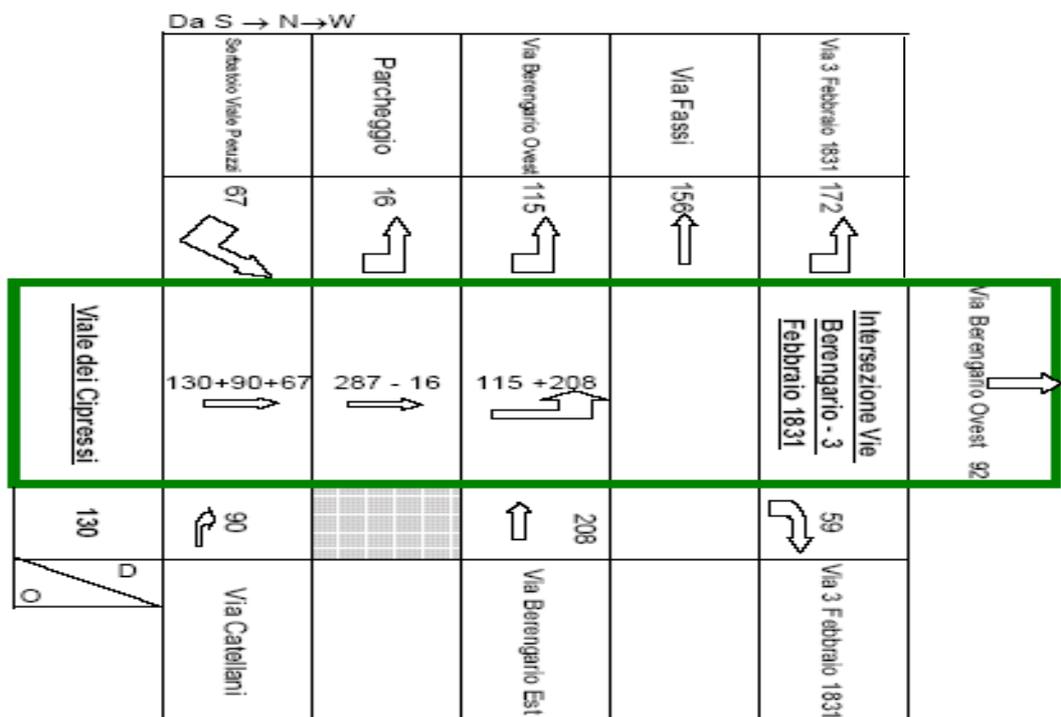
Intersection Files in the Analysis

- 1: F:\MAURIZIO\HCS\Incrocio Cipressi-Lenin-Colombo.hcs
- 2: F:\MAURIZIO\HCS\Incrocio Unico Peruzzi-Tre Febbraio-Cipressi-Catellani.hcs
- 3: F:\MAURIZIO\HCS\Incrocio Berengario-Tre Febbraio.hcs

Anche qui l'aspettativa sul LOS dell'intera tratta si è confermata in virtù dei LOS delle singole intersezioni presenti nel tragitto considerato, avendosi un grado di servizio meno critico, anche se disagiate, rispetto alla direttrice inversa prima vista.

- ARTERIA SECONDARIA S→N→W (da viale dei Cipressi – via G. Fassi- Via Berengario (all'altezza con via 3 Febbraio))

MATRICE O/D



A seguire si riporta il report dell'applicativo con i dati esplicitati:

Seg.	Sect.	Inter. Running Time (sec)	Sum of Control Delay (sec)	Sum of Other Delay (sec)	Sum of Time by Section (sec)	Sum of Length by Section (km)	Arterial Speed (km/h)	Arterial LOS by Section
1	1	36.8	26.1	0.0	62.9	0.46	26.3	C
2	2	2.3	44.2	0.0	46.6	0.02	1.5	F
3	3	23.5	29.2	0.0	52.7	0.22	15.0	E
4	4	8.7	14.2	0.0	22.9	0.07	11.0	F
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Grand Sum of Time (x) = 184.9 sec
Grand Sum of Length (y) = 0.77 km
Arterial Speed = $3600 \times (y)/(x) = 15.0$ km/h
Arterial Level of Service, LOS = E

Qui l'aspettativa sul LOS della tratta si conferma con il medesimo grado visto per l'arteria principale da S→N.

▪ RAFFRONTO TRA I DATI CALCOLATI E QUELLI RILEVATI SULLE ARTERIE N→S E S→N - CONSIDERAZIONI RELATIVE

Al fine di corroborare, quanto meno in via di prima approssimazione, i dati calcolati sulla base dei flussi storici e abitudinari impiegati sulla scorta di quanto fornito dall'Ufficio viabilità comunale, si è deciso di fare due campagne di rilievo, nel periodo pre-natalizio 2012 (a scuole ancora aperte) e successivo post-natalizio (a scuole riaperte), precisando che nella prima giornata c'era un clima prettamente invernale, mentre nella seconda il clima era più confortevole, benché fossimo ancora nel pieno della stagione invernale.

A seguire si rimette una tabella riepilogativa per entrambe le giornate, con le due direzioni di marcia nell'area studio secondo le direttrici in epigrafe.

Rilievo in campo martedì 18/12/2012 (T= 1°C - freddo-umido, cielo terso) Hp: 07:30 - 08:30
da NB → SB

	Semaf. Ped. Parco - Semaf. Bereng./3 Febr.		Semaf. Bereng./3 Febr. - Semaf. Peruzzi/3 Febr.		Semaf. Peruzzi/3 Febr. - Ingresso su via Cipressi		Ingresso su via Cipressi a oltre Semaf. Lenini/Colombo		Rilievo (min.se)	Calcolo (min.se)
	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay		
1° Giro h: 7:20	00.20	00.58	00.19	00.25	00.08		01.14	00.40	04.04	06.18
2° Giro h: 7:35	00.55	01.16	00.14	00.20	00.26		00.35	00.45	04.31	06.18
3° Giro h: 7:43	00.20	01.25	00.17	01.20	00.18		01.07	00.42	05.29	06.18
4° Giro h: 8:00	00.22	02.20	00.15	02.12	00.05	00.25	00.51		06.30	06.18
5° Giro h: 8:14	00.24	01.46	00.15	00.45	00.15		01.13	00.44	05.22	06.18
6° Giro h: 8:25	00.23	00.48	00.20	01.17	00.17		00.54	00.47	04.46	06.18

Rilievo in campo venerdì 11/01/2013 (T= 8°C - umido con sole albeggiante) Hp: 07:30 - 08:30
da NB → SB

	Semaf. Ped. Parco - Semaf. Bereng./3 Febr.		Semaf. Bereng./3 Febr. - Semaf. Peruzzi/3 Febr.		Semaf. Peruzzi/3 Febr. - Ingresso su via Cipressi		Ingresso su via Cipressi a oltre Semaf. Lenini/Colombo		Rilievo (min.se)	Calcolo (min.se)
	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay		
1° Giro h: 7:30	00.26	00.56	00.23		00.15		00.39	00.57	03.36	06.18
2° Giro h: 7:41	00.31	00.46	00.20		00.14		01.11	00.42	03.46	06.18
3° Giro h: 7:52	00.24	01.18	00.14	00.32	00.15		01.23		04.06	06.18
4° Giro h: 8:01	00.23	00.15	00.06	02.06	00.20		00.49	00.40	04.41	06.18
5° Giro h: 8:10	00.24	00.20	00.22		00.17		01.14	01.04	03.41	06.18
6° Giro h: 8:20	00.26	00.51	00.19	00.54	00.17		00.47		03.34	06.18
7° Giro h: 8:29	00.45		00.14	00.25	00.15		00.56	00.28	03.03	06.18

Legenda colori

: valori in linea o quasi con i dati di calcolo HCS (metodologia HCM 2000)

: valori falsati, per l'arteria in esame, per via delle anomalie temperature ambientali, non correlabili con i dati di calcolo HCS

Rilievo in campo martedì 18/12/2012 (T= 1°C - freddo-umido, cielo terso) Hp: 07:30 - 08:30
da SB → NB

	Semaf. Lenini/Cipressi - Semaf. Cipressi/Catellani		Semaf. Cipressi/Catellani - Semaf. Peruzzi/3 Febr.		Semaf. Peruzzi/3 Febr. - Semaf. Bereng./3 Febr.		Semaf. Bereng./3 Febr. a oltre Semaf. Ped. Parco		Rilievo (min.se)	Calcolo (min.se)
	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay		
1° Giro h: 7:32	00.35	00.50	00.14		00.20	00.16	00.29		02.44	02.51
2° Giro h: 7:39	00.26	00.14	00.20		00.13		00.35	00.41	02.29	02.51
3° Giro h: 7:50	02.30	05.45	00.15		00.25		00.27		09.22	02.51
4° Giro h: 8:09	00.44	01.20	00.16		00.44	00.33	00.26	00.15	04.18	02.51
5° Giro h: 8:21	00.31	00.56	00.11		00.19		00.33	00.15	02.45	02.51
6° Giro h: 8:25	00.54	00.38	00.12		00.31		00.39		02.54	02.51

Rilievo in campo martedì 18/12/2012 (T= 8°C - umido con sole albeggiante) Hp: 07:30 - 08:30
da SB → NB

	Semaf. Lenini/Cipressi - Semaf. Cipressi/Catellani		Semaf. Cipressi/Catellani - Semaf. Peruzzi/3 Febr.		Semaf. Peruzzi/3 Febr. - Semaf. Bereng./3 Febr.		Semaf. Bereng./3 Febr. a oltre Semaf. Ped. Parco		Rilievo (min.se)	Calcolo (min.se)
	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay	Trailing	Control Delay		
1° Giro h: 7:37	00.35	00.36	00.14		00.21	00.30	00.23	00.10	02.51	02.51
2° Giro h: 7:45	00.46	01.14	00.17		00.23	00.23	00.34	00.18	03.55	02.51
3° Giro h: 7:57	01.13	00.55	00.15		00.12	00.23	00.25		03.23	02.51
4° Giro h: 8:07	00.54		00.11		00.23	00.16	00.25		02.09	02.51
5° Giro h: 8:16	00.39	00.56	00.12		00.22	00.16	00.28		02.53	02.51
6° Giro h: 8:26	00.39	00.37	00.10		00.24	00.16	00.24		02.30	02.51
7° Giro h: 8:34	00.47	01.02	00.11		00.23		00.28		02.51	02.51

Legenda colori

: valori in linea o quasi con i dati di calcolo HCS (metodologia HCM 2000)

: valori +/- anomali dovuti a congestioni casuali, non routinari rispetto ai dati di calcolo HCS (metodologia HCM 2000)

1.6- Valutazione Emissioni inquinanti principali.

Premessa

Il modello utilizzato per il calcolo delle emissioni è il modello “COPERT” (Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic, Eggleston et al., 1993) v. III: esso si basa su un insieme di parametri che tengono conto delle caratteristiche generali del fenomeno e delle specifiche realtà di applicazione.

COPERT considera le emissioni da veicoli su strada come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

dove:

- E_{hot} sono le emissioni a caldo (*hot emission*), ovvero le emissioni dai veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura di esercizio;
- E_{cold} (*cold over-emission*) è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente, sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C).

Alla somma delle emissioni a caldo e di quelle a freddo viene abitualmente dato il nome di emissioni allo scarico (*exhaust emission*);

- E_{evap} sono le emissioni evaporative costituite dai soli NMVOC (composti organici volatili non metanici) .

Nel presente studio sono state considerate esclusivamente le “*hot emission*” valutando il transitorio termico delle “*cold and evaporative emission*” come trascurabili;

Il modello COPERT considera le informazioni relative al parco circolante suddiviso per:

- **tipologia di veicolo** (autovetture passeggeri, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, ciclomotori e motoveicoli);
- **tipo di combustibile utilizzato** (benzina, gasolio, G.P.L.);
- **classe di anzianità**, in relazione alle normative europee di introduzione di dispositivi per la riduzione delle emissioni (Euro I, II, etc.);
- **classe di cilindrata** (per le autovetture) **o di peso complessivo** (per i veicoli commerciali).

A ciascuna classe dei veicoli così ripartiti vengono associate altre informazioni relative alle condizioni di guida quali le percorrenze medie annue e le velocità medie distinte in base al ciclo di guida ovvero alla tipologia di percorso effettuato (urbano, extraurbano, autostradale).

Ad ogni classe e per ciascun inquinante sono associate delle funzioni di stima delle emissioni e dei consumi dipendenti dalla velocità. Tali funzioni rappresentano delle curve medie di emissione e di consumo di carburante ricavate da misure di emissioni per diverse tipologie e marche di veicoli e si riferiscono a prove realizzate in vari paesi europei, su una varietà di cicli di guida urbani ed extraurbani, inclusi quelli previsti dalle varie normative europee.

Le quantità complessive di sostanze emesse in atmosfera dai mezzi di trasporto su strada dipendono sia dalle emissioni specifiche dei singoli veicoli, denominate anche fattori di emissione, che dalla numerosità delle diverse flotte (veicoli a benzina, diesel, GPL, veicoli catalizzati e non, ecc) e dalle relative percorrenze.

Per quanto riguarda lo studio in questione, si è deciso di analizzare solamente il parco veicolare riguardante i veicoli leggeri a benzina e diesel (data la scarsa presenza di veicoli pesanti circolanti nel tratto in esame), prendendo in considerazione le seguenti categorie nonché la popolazione del parco veicolare in Provincia di Modena all'anno 2010 (fonte ACI-ISPRA):

ID number	Sector	Subsector	Tech	Population	% Population	%
1	Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	ECE 15/00-01	4300	17.3	6.09
2	Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro I - 91/441/EEC	2300	9.2	3.24
3	Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro II - 94/12/EC	9100	36.5	12.85
4	Passenger Cars	Gasoline <1,4 l	Euro III - 98/69/EC	9200	36.9	12.99
			Stage2000		24900	35.2
		Gasoline 1,4 - 2,0				
5	Passenger Cars	I	ECE 15/00-01	3040	17.3	4.31
6	Passenger Cars	I	Euro I - 91/441/EEC	1630	9.3	2.32
		Gasoline 1,4 - 2,0				
7	Passenger Cars	I	Euro II - 94/12/EC	6400	36.4	9.06
		Gasoline 1,4 - 2,0				
8	Passenger Cars	I	Euro III - 98/69/EC	6525	37.1	9.24
			Stage2000		17595	24.9
9	Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	ECE 15/00-01	810	17.2	1.15
10	Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	630	13.4	0.9
11	Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Euro II - 94/12/EC	1630	34.7	2.32
			Euro III - 98/69/EC			
12	Passenger Cars	Gasoline >2,0 l	Stage2000	1630	34.7	2.32
					4700	6.7
13	Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Conventional	3410	17.3	4.83
14	Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	1825	9.2	2.57
15	Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Euro II - 94/12/EC	7200	36.5	10.18
			Euro III - 98/69/EC			
16	Passenger Cars	Diesel <2,0 l	Stage2000	7300	37	10.32
					19735	27.9
17	Passenger Cars	Diesel >2,0 l	Conventional	380	11.4	0.54
18	Passenger Cars	Diesel >2,0 l	Euro I - 91/441/EEC	200	6	0.28
19	Passenger Cars	Diesel >2,0 l	Euro II - 94/12/EC	800	24.1	1.13
			Euro III - 98/69/EC			
20	Passenger Cars	Diesel >2,0 l	Stage2000	1940	58.4	2.74
					3320	4.7
				totale	70650	100

Nota il parco veicolare in termini di Alimentazione, Cilindrata e Normativa di riferimento, dal modello COPERT, sono stati calcolati i valori dei FE per alcuni tra i principali inquinanti (g/veic*Km) tra cui:

- CO (monossido di carbonio)
- PM (polveri sottili)
- NOx (ossidi di azoto)
- FC (consumo di combustibile)

In realtà tali valori sono frutto di formulazioni che originano curve di emissione in funzione di parametri di calibrazione per ciascuna categoria veicolare.

Noti i valori dei FE e la % di veicoli appartenete a ciascuna categoria, è stato possibile ricavare l'emissione di un veicolo equivalente in funzione della velocità v come ad esempio si riporta in formulazione per il monossido di carbonio:

$$CO_{eq} = \sum_i CO_i(v) * \%veic_i$$

Con: CO_{eq} = emissione CO del veicolo equivalente g/veic_{eq}*km
funzione di v

$CO_i(v)$ = emissione CO del veicolo di categoria i in funzione della
velocità v (velocità media di percorrenza

$\%veic_i$ = % di veicoli del parco veicolare appartenenti alla
categoria i

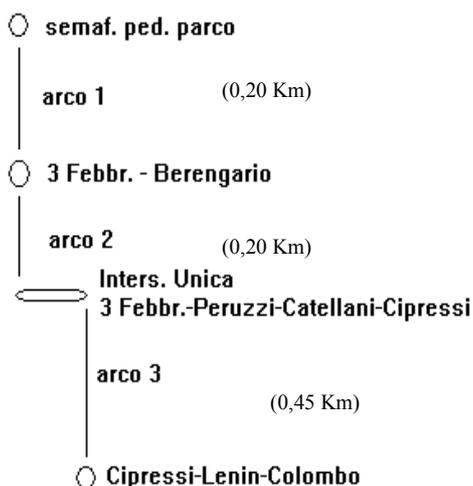
Il calcolo delle emissioni sulla rete è dato dal prodotto del valore di CO_{eq} (calcolato per ciascun arco in funzione di v) per il flusso di veicoli sull'arco i -esimo e per la lunghezza dello stesso.

In questo modo si è potuto stimare il valore di emissione complessivo CO_{tot} sulla rete analizzata (espresso come Kg/h e Kg/anno) nella situazione attuale.

Quanto detto per il CO è stato ricercato anche per gli altri fattori inquinanti considerati e per il FC (fuel consumption).

A seguire si riportano i report con i valori emissivi per le singole arterie componenti la rete analizzata secondo le varie direttrici cardinali e nel complesso.

Arteria principale N→S



Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)

$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3)$$

$$CO_{EQUhot} = 9.64 \text{ (g/Km)}$$

$$\text{flusso}_{arco1} * I_1 = 88 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$\text{flusso}_{arco2} * I_2 = 124 \text{ Km}^*v.e./h$$

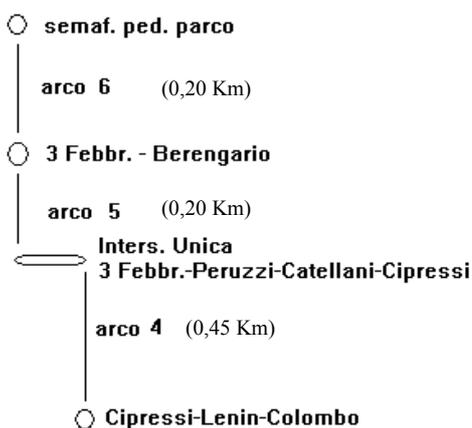
$$\text{flusso}_{arco3} * I_3 = 239 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$CO_{orario (N→S)} = 4.35 \text{ Kg/h}$$

$$CO^*_{annuo (N→S)} = 2610 \text{ Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N



Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped. Parco Rimembranze)

$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco4} * I_4 + \text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6)$$

$$CO_{EQUhot} = 5.84 \text{ (g/Km)}$$

$$\text{flusso}_{arco4} * I_4 = 207 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$\text{flusso}_{arco5} * I_5 = 54 \text{ Km}^*v.e./h$$

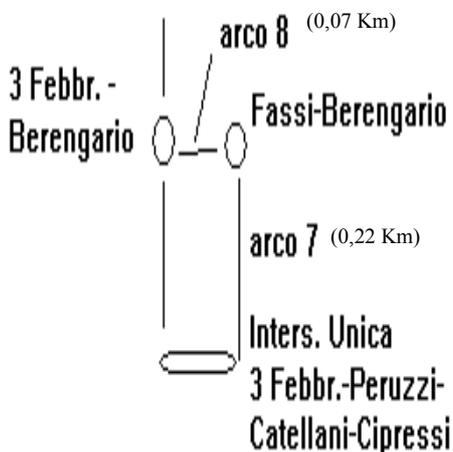
$$\text{flusso}_{arco6} * I_6 = 78 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$CO_{orario (N→S)} = 2.04 \text{ Kg/h}$$

$$CO^*_{annuo (N→S)} = 1224 \text{ Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria secondaria S→N→W



Arteria secondaria S→N→W (da viale Cipressi-Fassi-Berengario W)

$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$$

$$CO_{EQUhot} = 6.59 \text{ (g/Km)}$$

$$\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 54 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$\text{flusso}_{arco8} * I_8 = 22 \text{ Km}^*v.e./h$$

$$CO_{orario (N→S)} = 0.500 \text{ Kg/h}$$

$$CO^*_{annuo (N→S)} = 300 \text{ Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Il valore complessivo per la rete di CO è pari a 6,90 Kg/h e 4140 Kg/anno rispettivamente

A seguire si riportano i tabulati per gli altri inquinanti e per il FC delle singole arterie e della rete nel complesso.

Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)

$$PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3)$$

$PM_{EQUhot} =$	0.05	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	124	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	239	Km*v.e./h
$PM_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.02	Kg/h
$PM^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	12	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)

$$PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco4} * I_4 + \text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6)$$

$PM_{EQUhot} =$	0.04	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	193.5	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	78	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	78	Km*v.e./h
$PM_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.01	Kg/h
$PM^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	6	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)

$$NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3)$$

$NOx_{EQUhot} =$	0.6	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	124	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	239	Km*v.e./h
$NOx_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.27	Kg/h
$NOx^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	162	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)

$$NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco4} * I_4 + \text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6)$$

$NOx_{EQUhot} =$	0.55	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	193.5	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	78	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	78	Km*v.e./h
$NOx_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.19	Kg/h
$NOx^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	114	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)

$$FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3)$$

$FC_{EQUhot} =$	126.82	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	124	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	239	Km*v.e./h
$FC_{orario} (N \rightarrow S) =$	57.2	Kg/h
$FC^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	34320	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)

$$FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco4} * I_4 + \text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6)$$

$FC_{EQUhot} =$	84.97	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	193.5	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	78	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	78	Km*v.e./h
$FC_{orario} (N \rightarrow S) =$	29.7	Kg/h
$FC^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	17820	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria secondaria S→N→W (da viale Cipressi-Fassi-Berengario W)	Arteria secondaria S→N→W (da viale Cipressi-Fassi-Berengario W)
$PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ $PM_{EQUhot} = 0.04 \text{ (g/Km)}$ $\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 54 \text{ Km}^*v.e./h$ $\text{flusso}_{arco8} * I_8 = 22 \text{ Km}^*v.e./h$ $PM_{orario (N→S)} = \mathbf{0.003} \text{ Kg/h}$ $PM^*_{annuo (N→S)} = \mathbf{1.8} \text{ Kg/anno}$	$NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ $NOx_{EQUhot} = 0.56 \text{ (g/Km)}$ $\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 54 \text{ Km}^*v.e./h$ $\text{flusso}_{arco8} * I_8 = 22 \text{ Km}^*v.e./h$ $NOx_{orario (N→S)} = \mathbf{0.043} \text{ Kg/h}$ $NOx^*_{annuo (N→S)} = \mathbf{25.8} \text{ Kg/anno}$
<small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small>	<small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small>

Arteria secondaria S→N→W (da viale Cipressi-Fassi-Berengario W)
$FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ $FC_{EQUhot} = 90.21 \text{ (g/Km)}$ $\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 54 \text{ Km}^*v.e./h$ $\text{flusso}_{arco8} * I_8 = 22 \text{ Km}^*v.e./h$ $FC_{orario (N→S)} = \mathbf{6.85} \text{ Kg/h}$ $FC^*_{annuo (N→S)} = \mathbf{4113.6} \text{ Kg/anno}$
<small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small>

Riassumendo nella seguente tabella si riportano i valori orari ed annui, in Kg, dei vari inquinanti e del FC, per l'intera rete in studio:

Inquinante	Carico orario	Carico annuo
CO	6,90	4.140
PM	0,033	20
NOx	0,50	302
FC	93,75	56.250

1.7- Valutazione Indicatori di rete principali.

Premessa

Per gli scenari infrastrutturali attuale e modificati del presente studio, si valutano indicatori quantitativi di derivazione dalla tecnica dei trasporti che danno una rappresentatività in maniera dimensionale circa i risultati attesi ai fini di una reciproca confrontabilità.

Quelli qui presi a riferimento sono:

- rapporto di congestione della rete

$$\frac{\sum \frac{f_i}{c_i} * f_i}{\sum f_i}$$

con: f_i = flusso sull'arco i-esimo
 c_i = capacità dell'arco i-esimo ($c = \lambda S$)

Tale indicatore valuta la congestione della rete tramite il rapporto del flusso sulla capacità ponderato rispetto al flusso.

- percorrenza totale

$$\sum f_i * l_i$$

con: l_i = lunghezza arco i-esimo

La percorrenza totale esprime i km percorsi dai veicoli che utilizzano la rete nell'arco di 1h.

Rapporto di congestione della rete

Al fine di determinare la capacità di ogni arco, assegnato un rapporto di verde efficace $\lambda = 0.90$, il flusso di saturazione, essendo influenzato dalle reali condizioni dell'infrastruttura e del traffico, va calcolato, a partire dal flusso di saturazione ideale, introducendo una serie di fattori correttivi relativi alla geometria dell'accesso e alle condizioni di traffico:

$$S = S0 \cdot N \cdot f_l \cdot f_h \cdot f_p \cdot f_b \cdot f_d \cdot f_s \quad [\text{veic/h}] \quad (\text{Ferrari})$$

con: N = numero di corsie

f_l = coefficiente correttivo per la larghezza delle corsie

f_h = “ “ per la presenza di veicoli pesanti

$f_p =$ “ “ per la presenza di parcheggi a margine della strada
 $f_b =$ “ “ per la presenza di fermate di autobus
 $f_d =$ “ “ per la svolta a destra
 $f_s =$ “ “ per la svolta a sinistra

In particolare tali coefficienti sono calcolati tramite le seguenti formule:

$$f_i = 1 + \frac{(W-3,6)}{9}$$

con $W =$ larghezza reale della corsia [m].

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$$

con $N =$ numero di corsie;

$N_m =$ numero di manovre di parcheggio all'ora (si sono considerate tre tipologie di strade, con 50, 100 e 150 manovre/h a seconda della quantità di parcheggi presenti lungo l'arco).

$$f_b = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N}$$

con $N =$ numero di corsie;

$N_b =$ numero di soste di autobus all'ora (si sono sommati i numeri di passaggi all'ora di ogni linea passante per ogni fermata lungo l'arco).

Per quanto riguarda i coefficienti f_d ed f_s , l'HCM propone delle formulazioni in base alla percentuale di flusso che effettua la manovra di svolta. Nel caso in esame invece si è considerato per tutti gli archi un valore di f_d pari a 0,7 e di f_s pari a 0,8.

A seguire si rimette la tabella con il calcolo delle capacità per ogni arco e quella finale per la ricerca del valore afferente l'indicatore in questione.

nome arco	λ	S_0 [veic/h]	N	larghezza [m]	f_i	n° manovre/h	f_p	n° stops/h	f_b	f_d	f_s	S [veic/h]	$c = \lambda * S$
1	0.23	1900	1	5	1.15		1		1	1	1	2187	503
2	0.29	1900	2	5	1.15		1	2	0.99	1	0,9	1944	564
3	0.28	1900	2	5	1.15	20	0.8	2	0.99	1	0,9	1557	436
4	0.28	1900	2	5	1.15	20	0.8	2	0.99	1	0,8	1732	485
5	0.23	1900	1	5	1.15		1	2	0.99	1	1	2187	503
6	0.83	1900	1	5	1.15		1		1	1	1	2186	1814
7	0.23	1900	1	5	1.05	25	0.775		1	1	0,9	1391	320
8	0.34	1900	2	5	1.15		1		1	0.7	0.8	1235	420

diraz.		f(i)	c(i)	f(i)/c(i)
N-S	arco 1	440	503	0.874
N-S	arco 2	620	564	1.099
N-S	arco 3	530	436	1.215
S-N	arco 4	430	485	0.887
S-N	arco 5	390	503	0.775
S-N	arco 6	390	1814	0.215
S-N-W	arco 7	270	320	0.843
S-N-W	arco 8	310	420	0.738

$\sum f(i)/c(i)*f(i)$	$\sum f(i)$	Rapp. Congest. Rete
2933.80	3380	0.868

Percorrenza totale della rete in studio

A seguire si rimette la tabella con il calcolo delle percorrenze totali.

diraz.		f(i)	l(i)	
N-S	arco 1	440	0.2	
N-S	arco 2	620	0.2	
N-S	arco 3	530	0.45	
S-N	arco 4	430	0.45	
S-N	arco 5	390	0.2	
S-N	arco 6	390	0.2	
S-N-W	arco 7	270	0.22	
S-N-W	arco 8	310	0.07	Percorrenza totale Rete

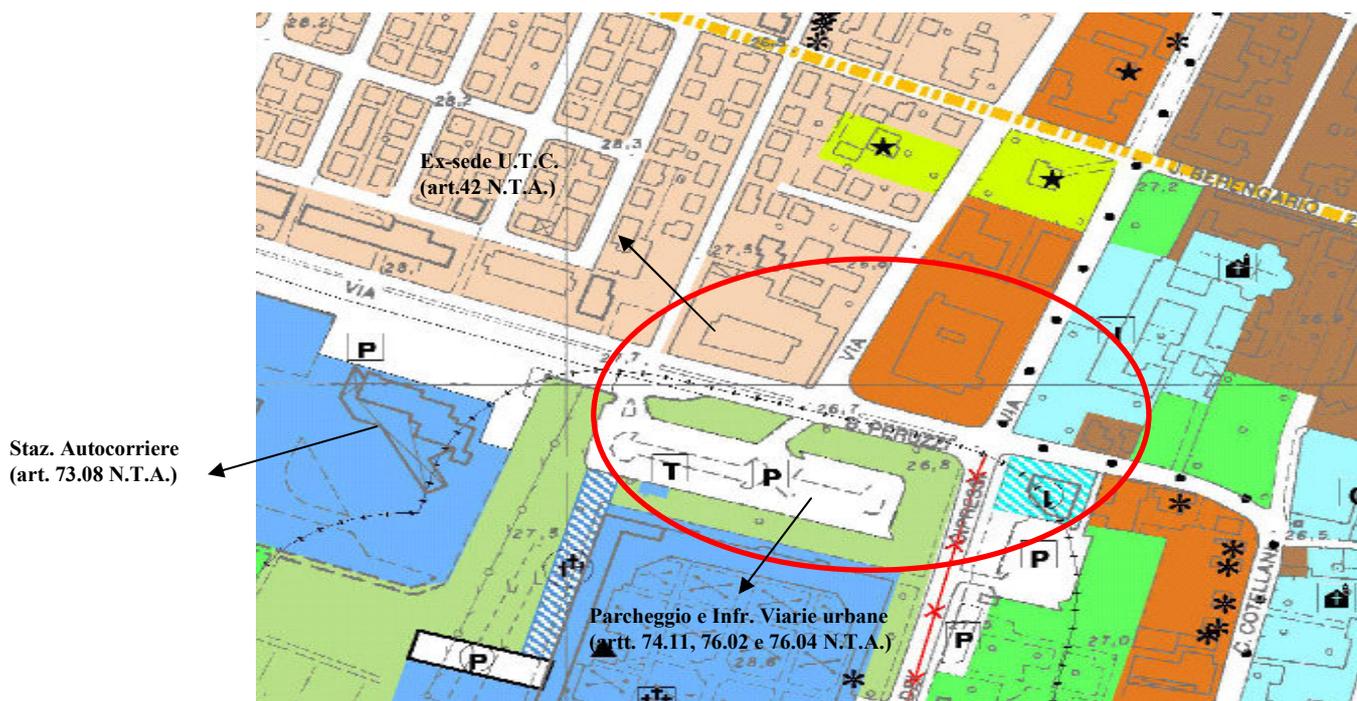
881.1 (Km in 1h)

Capitolo 2 – Ipotesi progettuali.

2.1- Presupposti e scopi prefissati.

La modifica delle intersezioni oggetto dello studio s’inserisce in un ambito di possibile riqualificazione urbanistica della zona data la presenza da un lato dello stabile sede ex-ufficio tecnico confinato tra le vie 3 Febbraio, Peruzzi e Manicardi (di prop.tà comunale ed ancora utilizzato per la sede della P.M. e di altri uffici quali il CED e le attività produttive), del P.le Baracchi (un tempo area di sosta oggetto di frequenti saturazioni degli stalli per via della presenza del supermercato COOP al p.t. dello stabile sito in via Peruzzi n°2) ed infine dall’altro dello stabile (sempre di prop.tà comunale) attuale sede della Stazione Autocorriere ma in evidente stato di sotto utilizzo ormai da anni, per la forte diminuzione delle corse di servizio extraurbano ed urbano operata dall’ATCM a Carpi e per questo possibile oggetto di futuro cambio di destinazione d’uso (con adeguamento architettonico-strutturale) per la nuova sede unificata di tutti gli uffici non legati strettamente alle funzioni istituzionali dell’Ente.

A seguire si riporta un estratto cartografico e delle norme afferenti:



(estratto di P.R.G. vigente)

(...omissis)

Art.42 Tessuti a maglia reticolare regolare e a pettine

42.01 Tessuti di saturazione e completamento, prevalentemente residenziali, organizzati secondo il principio dell'addizione per lottizzazioni, caratterizzati da tipologie differenti e da densità medio-alte, funzioni integrate e da scarsa dotazione di servizi e attrezzature pubbliche. Obiettivo del piano è la riqualificazione dei tessuti nel loro complesso, in particolare riconnettendo funzionalmente e morfologicamente gli spazi aperti con i tessuti e gli spazi pubblici e di uso pubblico limitrofi.

42.02 Interventi edilizi

- ◆ Interventi su lotto libero e demolizione e nuova costruzione:
UF = 0,65 mq./mq.
- ◆ Interventi sull'esistente: sono ammessi ampliamenti fino al raggiungimento dell'indice:
UF=0,65 mq./mq.
- ◆ Interventi di demolizione e nuova costruzione redatti sulla base delle linee guida indicate nell'Allegato 11:
UF = 0,75 mq./mq.

42.03 Normativa funzionale

-Usi previsti: U1/1, U1/2, U2/1, U2/2, U2/3, U2/4, U2/5, U2/6, U4/1a, U6/1

di cui

-Usi regolati: solo piano terra e primo piano: U2/3, U2/5

U2/2, deve adeguarsi ai criteri della Delibera n. 225 del 20/7/2000 per il rilascio delle autorizzazioni al commercio delle medie strutture di vendita-

U4/1a, solo piano terra e per un massimo di 150 mq.

42.04 Indici urbanistico-ecologici e altezze

-Ip = 30%

-A = 1 alberi/100 mq.

-Ar = 2 arbusti/100 mq.

-P = 4 piani fuori terra.

(....omissis...)

73.08 Servizi per la mobilità e sedi amministrative

Sono aree e immobili destinate alla costruzione, all'ampliamento, alla ristrutturazione e all'ammodernamento degli impianti e delle attrezzature di interesse generale, nel rispetto delle norme vigenti e di settore.

L'area così classificata è destinata ai servizi per la mobilità di scala sovracomunale e alla realizzazione di nuove sedi amministrative pubbliche.

Il PRG si attua per intervento diretto, applicando i seguenti indici urbanistico-ecologici, con la seguente dotazione di parcheggi privati:

- UF = 0,70 mq./mq.
- IP = 30%
- P1 = 10 mq./35 mq. SC
- A = 20 alberi/ha; AR = 40 arbusti/ha

(....omissis...)

74.11 Parcheggi pubblici

Le aree così classificate sono destinate a parcheggi pubblici. In queste aree possono essere realizzate costruzioni funzionali alla fruizione dei parcheggi, quali chioschi, punti di ristoro, servizi igienici, attrezzature tecnologiche di servizio (cabine telefoniche, bancomat, servizi informatici ecc.).

I parcheggi pubblici dovranno essere alberati con essenze latifoglie caduche appartenenti alla vegetazione tipica della zona, con un parametro di densità arborea A = 2 alberi ogni 100 mq. di SF. In tali aree è inoltre consentita la realizzazione di parcheggi pertinenziali privati, previa convenzione con l'Amministrazione comunale che garantisca la successiva realizzazione dei parcheggi pubblici senza aggravio dei costi di acquisizione delle aree.

Art.76 Infrastrutture per la viabilità (Var. n. 19 C. C. n. 114/2009)

76.01 La delimitazione del Centro Abitato ai sensi e per gli effetti dell'art. 4 del Nuovo Codice della Strada indicata sulla tav. in scala 1:25.000 "Studio relativo alle infrastrutture della mobilità" è stata definita con delibera n. 158 del 15.10.2007.

76.02 Comprendono le sedi stradali e le relative fasce di rispetto, classificate ai sensi del nuovo "Codice della Strada" e del successivo regolamento attuativo (si vedano per la classificazione della viabilità lo "Studio relativo alle infrastrutture della mobilità - tavola in scala 1:25.000" e per le fasce di rispetto le tavole di azionamento), all'interno delle quali potrà essere realizzata l'ambientazione delle infrastrutture nei confronti dei tessuti urbanizzati e del territorio extraurbano circostante. In sede di progettazione esecutiva delle singole opere è ammesso lo spostamento dei relativi tracciati senza alcuna procedura di variante urbanistica, a condizione che siano contenuti all'interno delle zone di cui si tratta.

76.04 In queste zone, oltre alla realizzazione di nuove strade, è previsto l'ampliamento delle strade esistenti, la realizzazione di percorsi pedonali e di piste ciclabili, la sistemazione a verde, la rimodellazione del suolo in funzione paesaggistica ed ecologica e la realizzazione di barriere antirumore.

(estratto delle N.T.A. del P.R.G. vigente)

Ultimo riferimento di carattere urbanistico nel rispetto delle normative sugli ambiti cimiteriali, riguarda la pre-verifica rispetto a dette norme circa la possibilità di prevedere nuove previsioni di OO.PP. all'interno delle fasce di rispetto ed alla luce degli intendimenti interpretativi dell'art. 4 della L.R. E-Romagna n°19/2004, risulta possibile la riduzione della fascia suddetta per realizzare un'opera pubblica/intervento urbanistico, con semplice delibera del C.C. dell'Ente.

Alla luce di quanto sopra, ci si è prefissati l'obiettivo di valutare almeno una, se non più ipotesi, volte alla riqualificazione della viabilità concernente le intersezioni stradali menzionate con un occhio non solo agli aspetti della tecnica dei trasporti e della circolazione stradale con il preciso intento del miglioramento globale del LOS delle arterie analizzate come delle singole intersezioni stradali modificate vuoi nel layout come soggette ad una modifica dei cicli semaforici, ma anche a quello ambientale con speciale riguardo al necessario abbattimento delle emissioni dei principali inquinanti visti in sede di analisi dello stato attuale con verifica del miglioramento degli indicatori di rete presi a riferimento nel presente studio.

Un ulteriore aspetto a conclusione del presente capitolo, non meno secondario rispetto a quello preminentemente trasportistico, è stato esaminato a riguardo del corretto inserimento delle nuove intersezioni a rotatoria (sostituenti l'impianto semaforico esistente), mediante la verifica geometrico-funzionale delle stesse con riferimento alle norme ed alle regole di corretta progettazione di tali nodi.

Per quanto attiene la parte inerente la fattibilità economico-finanziaria ponderata a mezzo di un'adeguata analisi benefici-costi, si rimanda al capitolo 3 finale della presente trattazione.

2.2- Ipotesi studiate e considerazioni nel merito.

Premessa

Alla luce dell'analisi flussi verificata sullo stato di fatto della circolazione veicolare nelle intersezioni oggetto di studio, si sono elaborate tre soluzioni di fattibilità per la modifica delle stesse, in special modo quelle tra le vie Tre Febbraio-Peruzzi e Cipressi-Fassi-Catellani.

E' stata poi pensata a corollario delle ipotesi suddette, una circonvallazione a sud-ovest del Cimitero monumentale per valutare l'ampliamento della rete urbana nella zona oggetto di studio, in considerazione di una futura collocazione della nuova sede municipale degli uffici operativi in luogo dell'immobile oggi in uso alla Stazione Autocorriere. Da tale inserimento verrebbero a modificarsi le intersezioni tra le vie Lenin-Cipressi-Colombo (semaforizzata) e Lenin-N.Ponente-Bollitora Interna (non semaforizzata).

Quanto sopra é riassumibile per sommi capi a seguire (ovviamente si rimanda alla visione degli allegati cartografici a corredo del presente studio):

1° Ipotesi) – Inversione del senso unico su via Fassi nel tratto tra via Catellani e Berengario ed inserimento di n°3 rotatorie in corrispondenza delle intersezioni tra le vie Peruzzi-3 Febbraio (ROT. 1), a valle di Peruzzi-Catellani su viale Cipressi (ROT. 2) e tra le vie Peruzzi-Manicardi (ROT. 3). Poi sono state previste modifiche ai timing di ciclo semaforico delle intersezioni tra via 3 Febbraio-Berengario e Fassi-Berengario, dei pedonali semaforizzati esistenti e futuri ed altre lievi modifiche a vie collaterali come si dettaglierà al § 2.2.1;

2° Ipotesi) – E' essenzialmente una variante sul tema della 1° ipotesi con le principali differenze riguardanti da un lato una diversa configurazione planimetrica per il collegamento viario tra la ROT. 1 e la ROT. 2 oltre al mantenimento di una sorta di semaforizzazione “semplificata” tra le vie Catellani-Fassi in funzione del mantenimento dell'inversione del senso unico come citato nella prima ipotesi e come si dettaglierà al § 2.2.2;

3° Ipotesi) – Questa soluzione si differenzia dalle prime due, dato che si vogliono inserire le 3 rotatorie previste nelle altre, “mantenendo” però il senso unico su via Fassi come nello stato attuale, senza che si vada ad incidere sulle altre intersezioni semaforizzate a monte di quelle in esame. Il tutto si vedrà come dettagliato al § 2.2.3;

2.2.1- 1° Ipotesi

Fulcro di tale soluzione (e di quella successiva) é la modifica del senso unico di circolazione di via Fassi nel tratto intercluso fra le vie Peruzzi e Berengario, che di fatto viene invertito. A seguito di ciò si dettagliano le modifiche alle intersezioni in studio.

A) Incrocio tra le Vie Peruzzi-Manicardi e Peruzzi-Tre Febbraio

Sono state inserite due rotatorie di ml 28 e 40 rispettivamente di diametro esterno.

La prima rotatoria (ROT 3 - Peruzzi ovest/Manicardi) presenta corsia unica all'anello di 4 ml di larghezza con 2 ingressi in rotatoria per chi proviene da via Peruzzi lato Ovest (325 v.e.) e viceversa (500 v.e.), mentre 1 sola corsia d'ingresso da via Manicardi (126 v.e.) e l'accesso al parcheggio ovest di P.le Baracchi.

La seconda (ROT. 1 - Peruzzi ovest/serbatoio/Tre Febbraio) riguarda il nodo centrale dello studio in quanto deve essere trattato con particolare attenzione alla luce dei flussi veicolari ivi convergenti.

L'anello centrale presenta corsia unica all'anello di 9 ml di larghezza con 2 ingressi in rotatoria sia per chi proviene da via Tre Febbraio (565 v.e.) sia per chi arriverà da sud (365 v.e.), usando la nuova tratta pensata per il collegamento con via Cipressi, mentre una sola corsia é pensata sia per gli ingressi da via Peruzzi ovest (175 v.e.) che per l'ex-serbatoio Peruzzi est (488 v.e.).

La soluzione studiata si basa centralmente sullo sviluppo delle uscite/entrate in tale rotatoria dei flussi di traffico veicolare provenienti sia da est (via

Catellani) che da sud (via Cipressi), separandone i "destini" prima di convergere in tale nodo.

Di fatto il parcheggio di P.le Baracchi viene a sdoppiarsi in due con una parte ad ovest e l'altra ad est del nuovo raccordo Peruzzi/Tre Febbraio - Cipressi, ad accessi/uscite indipendenti.

B) Incrocio tra le Vie Cipressi-Catellani-Fassi ed Ex-Serbatoio Via Peruzzi

Completa lo studio in tale zona l'introduzione di una terza rotatoria (ROT 2 - su via Cipressi), identica per dimensioni alla ROT. 3, con la sola componente veicolare di un certo rilievo costituita dal flusso in ingresso da sud (via Cipressi - 440 v.e.) che al 90% dirotterà per il nuovo tratto di raccordo collegante la ROT. 2 con la ROT. 1, senza conflitti con altre correnti entranti in rotatoria (di fatto chi proviene da nord (via Tre Febbraio e Peruzzi Ovest), può svoltare in via preferenziale sul nuovo raccordo con via Cipressi senza entrare nella ROT. 2).

Una passerella pedonale é stata prevista per attraversare l'ex serbatoio Peruzzi per quegli utenti che fruissero del parcheggio est di P.le Baracchi.

Un'attenzione mirata é stata posta sul parcheggio di P.le Maestri del Lavoro ove a seguito delle modifiche circolatorie introdotte risulterebbe conflittuale il senso d'ingresso attuale a detto piazzale di sosta (bipiano), rendendosi necessaria l'inversione dell'ingresso (ponendolo su via Catellani) con l'uscita (posta su via Cipressi), prima comunque dell'intersezione rotatoria ROT 2.

In corrispondenza del passaggio pedonale su via Catellani all'altezza della sede UNICREDIT si é mantenuto una sorta di pedonale semaforizzato a chiamata come quello iniziale all'altezza del Parco delle Rimembranze e del Cimitero in modo da consentire un attraversamento in sicurezza della sede stradale in quel punto. Il timing di ciclo afferente a detto semaforo pedonale sarà chiarito nel prossimo punto.

C) Altre modifiche funzionali all'ipotesi in esame

Si osserva che al fine di ottimizzare la riduzione dei ritardi e quindi l'aumento della velocità media di percorrenza dell'area studiata, sono stati studiati anche i seguenti incroci che permarranno semaforizzati:

- C-1) Tra via Tre Febbraio/Berengario e via Fassi/Berengario con modifica del timing di ciclo semaforico;
- C-2) Modifica del timing di ciclo dei pedonali a chiamata su Tre Febbraio (all'altezza del Parco delle Rimembranze), su Catellani (all'altezza dell'UNICREDIT Banca) e su via Cipressi (all'altezza del Cimitero Monumentale);
- C-3) Modifica di alcuni sensi unici nelle vie limitrofe alla zona oggetto di studio;
- C-4) Rivisitazione parcheggio a servizio uffici direzionali, tra cui quelli ove ha sede momentaneamente l'U.T.C.

C-1) Modifica Timing Ciclo Semaforico per le intersezioni tra le vie Tre Febbraio/Berengario e Fassi/Berengario

Con l'inversione del senso unico su via Fassi (nel tratto compreso tra Via Peruzzi e via Berengario) é inevitabile una ripercussione su tali incroci.

Di fatto il senso di circolazione nel tratto di via Berengario intercluso tra via Fassi e Tre Febbraio viene invertito anch'esso rendendo l'intersezione semaforica di Tre Febbraio/Berengario del tipo a tre bracci (a riguardo delle manovre consentite) potendosi aumentare il tempo di ciclo rispetto al valore attuale.

La successiva intersezione semaforica di Fassi/Berengario, coordinata in fase con il timing della precedente, subisce la stessa modifica in termini di tempo di ciclo.

C-2) Modifica Timing attivazione ciclo semaforico dei pedonali a chiamata

Si osserva che l'attivazione del verde pedonale avviene interrompendosi il ciclo di verde costante veicolare attraverso la gestione della centralina in condizioni di default. Quello che si propone é che al contatto di richiesta di

chiamata pedonale il ciclo di verde veicolare si completi re-iniziando il loop da capo (per le correnti veicolari) e solo al termine, far attivare il verde pedonale. Si precisa che tale nuova programmazione dovrebbe valere solo nell'arco temporale dell'ora di punta mattutina, tra le 07:30 e le 08:30.

Tale modifica verrà maggiormente chiarita con le valutazioni in premessa al § 2.3.

C-3) Modifica di alcuni sensi unici nelle vie limitrofe alla zona in studio

Al fine di rendere più efficiente la circolazione nell'area studio, si pensa di invertire il senso unico nel tratto di via Manicardi, intercluso tra via Molinari e Berengario, con ingresso da quest'ultima, spostando di fatto il flusso veicolare svoltante da via Molinari in S. Manicardi su via B. Angelico.

Al contempo si ritiene di mettere a senso unico in ingresso da via Berengario, l'altro tratto di via S. Manicardi così da rendere più "residenziale" tale segmento di strada.

C-4) Rivisitazione area di parcheggio sottostante gli uffici U.T.C.

A completamento della soluzione in studio (anche se tale punto é comune con le altre soluzioni di seguito illustrate) si ritiene di ridistribuire anche con interventi edili, i posti auto del parcheggio in esame, così da avere un ingresso/uscita a tale area di sosta più consona con lo spirito del presente studio di fattibilità.

2.2.2- 2° Ipotesi

A) Incrocio tra le Vie Peruzzi-Manicardi e Peruzzi-Tre Febbraio

Rispetto alla prima soluzione, tra le due intersezioni cambia il fatto di avere sulla ROT. 1 una corsia di svolta a destra preferenziale per chi, arrivando da via Peruzzi ovest, vuole proseguire sia su via Cipressi che su via Catellani (205 v.e.), a mezzo del diverso collegamento tra la ROT. 1 e la ROT. 2, come si dettaglia meglio nel prossimo punto.

B) Incrocio tra le Vie Cipressi-Catellani-Fassi ed Ex-Serbatoio Via Peruzzi

Come detto poc'anzi, la modifica rilevante della presente soluzione risiede nel canalizzare il flusso diretto verso via Catellani da Nord-Ovest, attraverso la ROT. 2 (aumento da 40 v.e a 385 v.e. come variazione dei flussi in tale punto tra le due soluzioni), col mantenimento del semaforo pedonale a chiamata sul passaggio all'altezza dell'UNICREDIT banca, salvo precisare che pure le correnti veicolari uscenti da via Catellani verso le diverse direzioni così come quelli uscenti da via Fassi (che mantiene l'inversione del senso unico come visto nella 1° soluzione) sono regolate dal medesimo impianto semaforico, valutando se mantenerlo semi-attuato o meno a livello di funzionamento del ciclo semaforico.

La modifica ingresso/uscita al/dal parcheggio del Piazzale Maestri del Lavoro resta confermata anche con la presente soluzione.

Si mantiene inoltre la previsione della passerella pedonale sopra l'ex-serbatoio di via Peruzzi.

C) Altre modifiche funzionali all'ipotesi in esame

Si osserva che quanto riportato allo stesso punto della prima soluzione, è qui confermato anche per la seconda ipotesi, stante l'inversione del senso unico in via Fassi come già illustrato.

2.2.3- 3° Ipotesi

La soluzione in esame trova la sua peculiarità nel mantenimento del senso unico di percorrenza di via Fassi (nel tratto intercluso tra Catellani e Berengario) come nello stato attuale.

A) Incrocio tra le Vie Peruzzi-Manicardi e Peruzzi-Tre Febbraio

Rispetto alla seconda soluzione, cambia una diversa canalizzazione dei flussi che da via Peruzzi deve proseguire verso via Cipressi e via Catellani, eliminando di fatto la svolta a destra sulla ROT. 1 (di fatto 325 v.e. in ingresso).

B) Incrocio tra le Vie Cipressi-Catellani-Fassi ed Ex-Serbatoio Via Peruzzi

Come detto poc'anzi, la modifica rilevante della presente soluzione risiede nel mantenimento del senso unico entrante in via Fassi dalle vie Cipressi e Catellani, oltre che da nuove corsie dedicate per i veicoli diretti alle vie Fassi e 3 Febbraio.

Viene mantenuta la modifica introdotta con la seconda soluzione della canalizzazione dei flussi verso via Catellani, provenienti dalle altre direttrici, con il mantenimento del semaforo pedonale a chiamata all'altezza dell'UNICREDIT banca e quello in attraversamento su via Fassi.

La modifica ingresso/uscita al/dal parcheggio del Piazzale Maestri del Lavoro resta confermata anche con la presente soluzione.

Si mantiene inoltre la previsione della passerella pedonale sopra l'ex-serbatoio di via Peruzzi.

C) Altre modifiche funzionali all'ipotesi in esame

Si osserva che alla luce del mantenimento del senso unico su via Fassi tale e quale allo stato attuale, con la presente soluzione non si è ritenuto opportuno intervenire sulla modifica del solo timing di ciclo delle intersezioni semaforiche di via Tre Febbraio/Berengario e di Fassi/Berengario, visto lo scarso beneficio che si attenderebbe da tale modifica.

Permetterebbe invece l'intenzione della modifica dei timing di ciclo dei pedonali a chiamata (di fronte al Parco, quello all'altezza di UNICREDIT banca e del Cimitero Monumentale) ed ugualmente la modifica all'area di sosta a servizio degli uffici tecnici comunali.

2.2.4- Variante su I° ipotesi per l'inserimento di una circonvallazione di collegamento al sito per nuova sede degli uffici comunali

La presente appendice è una sorta di ipotesi embrionale che intende prendere in esame la modifica di ulteriori due intersezioni, di cui una semaforizzata (incrocio Cipressi-Lenin-Colombo) e l'altra no (Lenin-Bollitora Interna-Nuova Ponente), creando di fatto una viabilità di circonvallazione SUD-

OVEST di collegamento tra la zona oggetto principale del presente studio di fattibilità e la viabilità a sud del Cimitero, il tutto nell'ottica di una futura previsione dell'Amm.ne Comunale di dotarsi di una nuova sede unica per gli uffici di funzionamento da ubicare in luogo dello stabile che al momento funge da Stazione Autocorriere.

Nel merito verrebbero a installarsi tre nuove rotatorie di diverso diametro esterno, una di 50 ml (ROT. 4) e l'altra di 28 ml (ROT. 5) a modifica dell'incrocio semaforico Cipressi-Lenin-Colombo ed un'altra sempre di 50 ml di diam. esterno (ROT. 6) a modifica dell'incrocio non semaforizzato tra le vie Lenin-Bollitora Interna-Nuova Ponente, creandosi di fatto una tratta dell'attuale via Lenin declassata a strada interna o sottostrada rispetto alla nuova circonvallazione, migliorando non poco la qualità delle residenze subito a ridosso di detto ramo stradale.

Completarebbe la soluzione in appendice un collegamento viario con direttrice SUD-NORD, ad ovest del Cimitero Urbano che, adeguatamente illuminato, porterebbe a raccordarsi, a mezzo di nuova rotatoria compatta sia la zona oggetto di studio (dal lato del parcheggio ovest di Piazzale Baracchi) che l'accesso all'area destinata alla nuova sede degli uffici comunali.

E' prematuro in questa sede entrare nel merito di tale variante giacché si necessiterebbe di ulteriori analisi che esulano al momento dalla presente trattazione, ma il motivo principale di questo accenno serve da un lato a dimostrare la bontà di qualsivoglia delle tre ipotesi idonee ad integrarsi con l'eventuale inserimento di una circonvallazione di chiusura attorno all'area cimiteriale e dall'altro la fattibilità di nuovi interventi finalizzati per gli scopi futuri che volesse prendere l'Amm.ne Comunale circa nuove dotazioni immobiliari per le proprie attività istituzionali.

2.3- Valutazione della fattibilità progettuale dell'ipotesi migliore.

Premessa

Alla luce di quanto illustrato al precedente § 2.2 si vuole qui stabilire quale delle ipotesi progettuali sia meritevole di approfondimento ai fini della fattibilità complessiva rispetto alle altre.

Di seguito verrà infatti dettagliata l'analisi per quell'ipotesi che si è ritenuto vincente portare avanti in base alle considerazioni in appresso riportate.

Dall'esamina combinata dei lay-out, delle peculiarità insite in ciascuna ipotesi nonché dei flussi di traffico riformulati in base alla modifica delle percorrenze delle arterie viste nello stato attuale, si può affermare che:

- 1) L'ipotesi n°1 fa risaltare innanzitutto la netta separazione dei "cammini" che attualmente confliggono all'altezza dell'intersezione tra viale dei Cipressi-Catellani-Fassi-Serbatoio Peruzzi con il sostanziale declassamento dell'incrocio sostituito da una più funzionale rotatoria compatta in posizione arretrata rispetto alla sede attuale, assegnando una predominante importanza al flusso circolante in direzione entrante/uscente in/da via Catellani.

Centralità ovviamente la riveste poi la ROT. 1 che di fatto viene ad assumere il ruolo di snodo centrale dell'attuale intersezione unica tra le vie in studio che assieme al nuovo tratto di mini-circonvallazione (separante in due parti distinte il parcheggio di P.le Baracchi) dà un contributo significativo alla redistribuzione dei flussi di traffico in funzione delle percorrenze legate alle O/D delle arterie considerate.

Si nota poi una quasi sostanziale equiripartizione dei flussi nei due sensi di marcia a monte della ROT. 1, su via 3 Febbraio, ove rispetto alla situazione di traffico attuale, i valori dei flussi risultano di 565 v.e/h (da N→S) e di 700 v.e./h (nel senso inverso), mentre adesso siamo nell'ordine di un rapporto 735/300.

Il flusso proveniente da viale dei Cipressi e diretto verso via Catellani, stante i valori di flusso attualmente svoltanti, fa sì che il serbatoio di

accumulo tra la ROT. 2 e via Catellani sia adeguato a sopportare il flusso di transito in ingresso (40 v.e./h), come pure il tratto tra la ROT. 1 ed il semaforo pedonale su via Catellani risulta adeguato ad evitare la saturazione in occasione dell'attivazione della chiamata del verde pedonale.

Funzionale poi all'ipotesi in discussione, è la riformulazione del timing di ciclo delle intersezioni semaforiche presenti a monte della ROT. 1 e confinate tra la rotatoria stessa e la Via G. Molinari;

2) L'ipotesi n°2, permanendo gli innesti delle rotatorie come sopra descritte nonché le modifiche ai timing di ciclo delle intersezioni semaforizzate a monte della ROT. 1, si differenzia dalla precedente in un paio di aspetti che la rendono meno vincente:

- in prima istanza si nota il mantenimento di una semaforizzazione, seppur semplificata, tra via Catellani e via Fassi per via del mutato cambio di senso unico su quest'ultima via, semaforo che è comunque necessario mantenere in vita per via dell'attraversamento ciclopedonale su via Catellani (all'altezza con la filiale di UNICREDIT Banca) a favor di sicurezza dell'utenza debole;
- in secondo luogo i flussi nei serbatoi tra la ROT. 1 e la ROT. 2 (345 v.e./h, da N→S) e tra la ROT. 2 ed il pedonale semaforizzato prima citato (385 v.e./ da S→N), rendono critico il deflusso con valori prossimi alla saturazione della ROT. 2 sulla percorrenza nei due serbatoi indicati (da un calcolo sommario di grado X di saturazione, per una capacità C=398 v.e/h del braccio in uscita dalla ROT.2 verso via Catellani, si ha un valore di 0,97).

Si fa notare poi che a monte della ROT. 1, i flussi tra i due sensi di marcia vanno leggermente a squilibrarsi a favore della corrente veicolare con direzione S→N (565/780).

Per ultimo, ma non trascurabile, va segnalato lo scarso collegamento del parcheggio di P.le Baracchi (qui confermato nella sua attuale

estensione e configurazione) visto che l'ingresso/uscita sono entrambi concentrati con accesso dalla ROT. 3, potendo affermare senza alcuna ombra di dubbio che ciò rende poco fruibile tale area di sosta, fondamentale per il servizio alle destinazioni zonali circostanti;

- 3) L'ipotesi n°3, di fatto, mantiene il senso unico su via Fassi così com'è attualmente ed in funzione di questo si è provato a sposare l'innesto delle 3 rotatorie come previsto nelle due ipotesi precedenti, ridistribuendo i flussi in base ai movimenti attuali come regolati dall'intersezione semaforizzata.

Permanendo le criticità indicate per l'ipotesi n°2, in aggiunta viene a sommarsi la corrente veicolare che da via Catellani s'immette nella ROT. 2 con un possibile aumento del rischio di saturazione anche di tale braccio, visto il flusso (300 v.e./h).

Si rimarca poi il fatto che le intersezioni semaforizzate a monte della ROT. 1 non vedrebbero modificarsi il timing di ciclo, stante l'invarianza del senso unico su via G. Fassi, rendendo di fatto vanificato il tentativo di miglioramento delle percorrenze, vuoi come Km percorsi, velocità media, ecc...

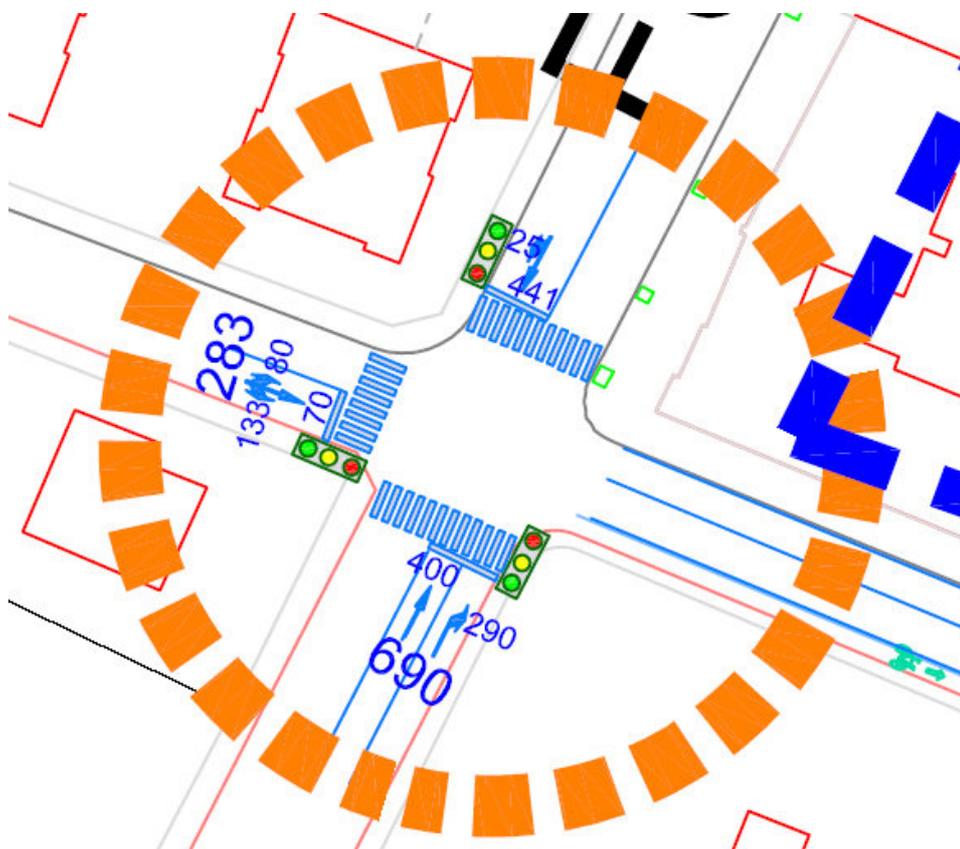
In base alla dissertazione con la quale sono state poste a confronto le ipotesi progettuali descritte al § 2.2 ed ancor meglio illustrate nelle tavole allegate, pare evidente che la soluzione vincente ai fini di una possibile riqualificazione del nodo tra le intersezioni in oggetto sia la n°1 che pertanto verrà analizzata in modo approfondito nei sotto paragrafi a seguire.

2.3.1- Analisi intersezioni

- ESAMINA DEI DATI DI FLUSSO MODIFICATI

La stima dei flussi di traffico indicati nei lay-out della presente analisi tengono conto dei flussi rilevati e dei movimenti osservati circa le manovre di svolta in base alle percorrenze stazionarie compiute dagli utenti. Vediamo dunque i risultati derivanti dall'analisi delle intersezioni come modificate con l'ipotesi n°1 ritenuta maggiormente fattibile, in base alle conclusioni citate in premessa al presente paragrafo:

- 1) INCROCIO SEMAFORIZZATO TRA LE VIE TRE FEBBRAIO-BERENGARIO



L'incrocio semaforizzato è modificato come segue:

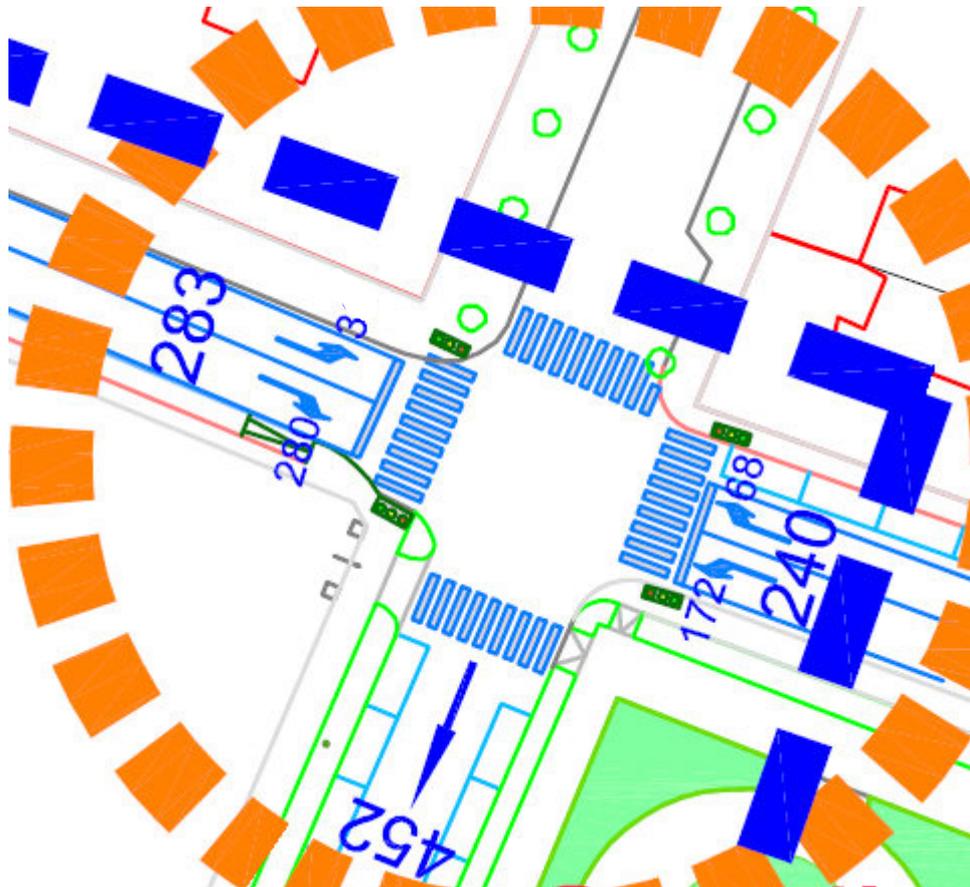
- Via Berengario (tratto tra 3 Febbraio e G. Fassi) è a senso unico verso **est**
- In via Tre Febbraio il traffico da sud può adesso svoltare verso Berengario in direzione est rimanendo proibita quella verso Berengario in direzione ovest; ovviamente anche la svolta per il flusso da nord verso est è preclusa nonostante la modifica del punto precedente
- Da via Berengario ovest si potrà invece proseguire in tutte le direzioni di svolta consentite (dritto, destra e sinistra)

Premesso questo si osserva che:

- Il traffico stimato da sud è di 690 v.e. di cui 400 proseguono inalterati verso nord, mentre 290 svolteranno a destra su via Berengario direz. Est per raggiungere il polo scolastico di via G. Fassi;
- Per il flusso da nord in via Tre Febbraio niente si modifica rispetto allo stato attuale;
- Da via Berengario ovest giungeranno 283 v.e. di cui la maggioranza, 133, svolterà verso sud (via 3 Febbraio), 70 seguirà su via Berengario in direzione Est mentre in 80 svolteranno verso nord (via 3 Febbraio);

Se ne deduce che in questo incrocio si ha una ricalibrazione dei flussi rispetto all'attuale con una predominanza da sud rispetto a nord (da ovest si ha un leggero aumento di circa 80 v.e./h) da considerare però che a sud è stata prevista la presenza di due accumuli, uno su corsia per veicoli marcianti dritto verso nord e l'altro su corsia svoltante solo a destra, notando che le correnti che seguono dritto da nord come da sud risultano all'incirca equivalenti (444 vs 400 v.e./h)

• **2) INCROCIO SEMAFORIZZATO TRA LE VIE G. FASSI-BERENGARIO**

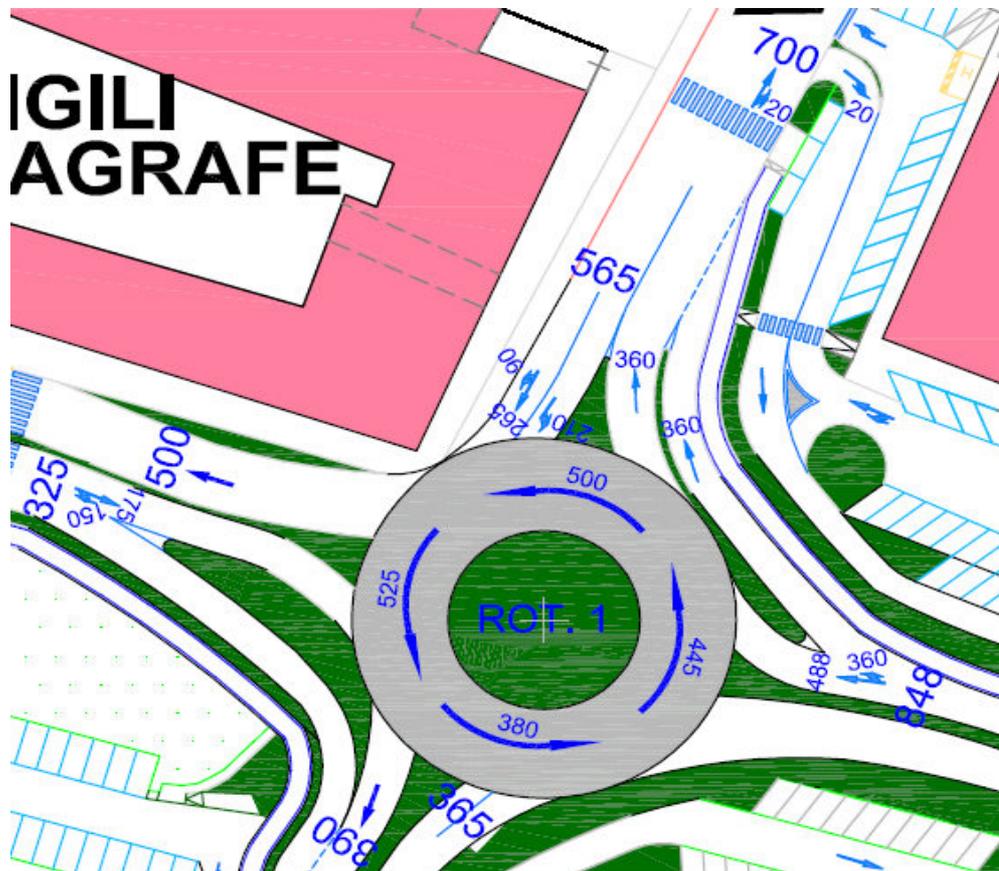


I flussi, a seguito delle modifiche, risultano:

- Il serbatoio di Via Berengario è unidirezionale con svolta a sinistra (irrilevante) e destra (prevalente) verso il tratto di via G. Fassi modificato nel senso unico;
- Da via Berengario lato est si ha una svolta a destra su via Fassi (direz. Nord) di poco inferiore alla metà degli svoltanti su via Fassi in direzione Sud;
- In via G. Fassi, direzione sud, si ha quindi un flusso di 452 v.e./h che vanno ad aumentare rispetto al valore attuale (anche se in direzione opposta), per via

della modifica circolatoria introdotta nelle intersezioni principalmente oggetto del presente studio;

- **3) ROTATORIA TRA LE VIE PERUZZI-TRE FEBBRAIO-EX-SERBATOIO PERUZZI-CATELLANI-FASSI (ROT. 1)**



Trattasi della 1° modifica radicale a tale incrocio rispetto all'attuale configurazione. Prima di riportare dati e calcoli su flussi circolanti e capacità all'anello della presente come delle altre due rotonde, si richiamano i fondamenti teorici presi a riferimento per il calcolo della capacità e dei parametri connessi.

La formulazione di capacità qui considerata (Brilon-Bondzio – Germania) è quella che si basa sullo schema caratterizzato dalla sola configurazione in base al numero delle corsie all'anello ed ai bracci. Inoltre il traffico di disturbo all'anello Q_d è rappresentato dal solo flusso circolante Q_c in corrispondenza degli ingressi. Nelle rotonde illustrate si sono considerate condizioni di stazionarietà le quali si ritengono attinte se gli ingressi sono sottosaturati e se la domanda di traffico a ciascun braccio permane invariata per un periodo temporale T di ampiezza opportuna tale, cioè, che le condizioni operative all'intersezione possano stabilizzarsi, in T , su valori medi dei parametri di stato costanti, con valori puntuali di questi ultimi poco dispersi intorno ai medesimi valori medi.

La capacità di un ingresso è rappresentata dalla semplice relazione lineare:

$$C = A - B \cdot Q_c \quad (\text{v.e./h})$$

(valevole per schemi circolari con D_{ext} variabili tra i 28-100 ml.)

Partendo poi dal vettore dei traffici entranti Q_e , si ottengono i flussi uscenti Q_u e circolanti all'anello in prossimità di ogni ingresso Q_c .

I parametri A e B della formulazione sono desunti da una tabella stilata dagli estensori citati in base al numero di corsie all'anello, al numero di corsie all'ingresso (ed in base alla numerosità di campioni elaborati a livello statistico) che di seguito si riporta:

Numero di corsie all'anello	Numero di corsie all'ingresso	A	B	Numerosità dei campioni
3	2	1409	0.42	295
2	2	1380	0.5	4574
2-3	1	1250	0.53	879
1	1	1218	0.74	1504

In base alla formulazione citata, per ciascun ingresso si calcolano le relative capacità, le riserve di capacità RC (differenza tra la capacità e la domanda di traffico rilevata o rielaborata in ingresso) ed eventualmente il tasso di capacità (in %).

Per quanto concerne le capacità delle uscite e all'anello, non essendo a tutt'oggi noti studi specifici mirati alla valutazione di tale parametro in tali condizioni si può ricorrere a valori osservati sul campo ove per le uscite il limite, su unica corsia, è dell'ordine di 1200 : 1400 v.e./h.

Per l'anello possono invece assumersi indicativamente i valori di cui alla tabella seguente (relative ad osservazioni su rotonde in esercizio in Germania):

Tipo di rotonda	Numero di corsie agli ingressi	Capacità dell'anello [veic/h]
Rotatorie ad 1 corsia all'anello (minirotonde e rotonde compatte)	1	1600
Rotatorie compatte con 2 corsie all'anello	1	1600
	2	1600
Grandi rotonde	1	2000
	2	2500

Tab. 4 – Limiti di capacità dell'anello secondo osservazioni su rotonde in esercizio in Germania

Il fatto di esser ricorsi, con il presente studio, a formulazioni chiuse ricercabili in letteratura tecnica, deriva dal fatto che in Italia manca, ad oggi, una specifica formulazione di capacità per gli incroci circolari. Le vigenti disposizioni legislative italiane rispondenti al D.M. 19.04.2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, al punto 5 relativo al “Dimensionamento funzionale delle intersezioni” stabiliscono parimenti che “gli elementi ed i parametri da determinare in funzione della domanda di traffico riferita al periodo di punta di progetto sono:- per le intersezioni a rotonda: le capacità della rotonda ed il LOS della soluzione adottata,....” Ma le stesse norme non forniscono indicazioni di

sorta su formulazioni/criteri computazionali (come la simulazione) da adoperare sia per il calcolo della capacità che del LOS.

Pertanto, per ogni rotatoria si può riassumere ciò che è stato calcolato:

- Dati i Q_{ei} per ogni ingresso, si sono trovati i Q_{ci} , Q_{ui} le C_i ed i $\rho = Q_{ei}/C_i$ (intensità di traffico) che per la condizione assunta di ingressi sottosaturi, dovevano risultare inferiori a 1

- Si sono ricercati inoltre, i valori medi dei tempi di attesa in coda, la lunghezza relativa e la valutazione del LOS

Ritornando alla rotatoria in esame, si riporta a seguire la matrice O/D con i flussi totali alle entrate dei 4 bracci come visualizzato nel disegno sopra illustrato, oltre ai volumi all'anello, agli ingressi/uscite, ecc....:

matrice $P_{O/D}$

(%)

0	0.00	0.78	0.22
0.10	0	0.00	0.76
0.47	0.37	0	0.16
0.00	0.55	0.46	0

vettore Q_{ei}

(uvp/h) →

(unità veicoli passeggeri per ora)

matrice O/D

365	490	565	170
Q_{e1}	Q_{e2}	Q_{e3}	Q_{e4}
0	0	284	81
50	70	0	370
265	210	0	90
0	93	78	0

Rielaborazione dai rilievi di traffico

Volumi anello

agli ingressi

Q_{ci}

$$Q_{c1} = Q_{42} + Q_{43} + Q_{32}$$

$$Q_{c2} = Q_{13} + Q_{14} + Q_{43}$$

$$Q_{c3} = Q_{24} + Q_{21} + Q_{14}$$

$$Q_{c4} = Q_{31} + Q_{32} + Q_{21}$$

vettore ingressi

381
443
501
525

Vettore C_i della capacità ai bracci

$C_1 =$

1124

$C_2 =$

1092

$C_3 =$

1062

$C_4 =$

1050

Volumi anello

alle uscite

Q_{ui}

$$Q_{u1} = Q_{21} + Q_{31} + Q_{41}$$

$$Q_{u2} = Q_{12} + Q_{32} + Q_{42}$$

$$Q_{u3} = Q_{13} + Q_{23} + Q_{43}$$

$$Q_{u4} = Q_{14} + Q_{24} + Q_{34}$$

vettore uscite

315
303
362
541

Verifica della saturazione o sovrasaturazione ($\rho \geq 1$)

ρ

braccio 1

0.32 ok

braccio 2

0.45 ok

braccio 3

0.53 ok

braccio 4

0.16 ok

e le riserve di capacità degli ingressi

	1	2	3	4	
$RC_{(i)} =$	759	602	497	880	(uvp/h)
(in %)	68	55	47	84	

- **3bis) ROTATORIA (ROT. 2) TRA IL VIALE CIPRESSI E LA MINICIRCONVALLAZIONE DI RACCORDO CON LA ROT.1**



Questa seconda rotonda completa la modifica radicale dell'attuale intersezione unica tra le vie principali oggetto di studio. I flussi al braccio sud d'ingresso alla ROT.2 (viale dei Cipressi) è tra i valori non modificati rispetto ai dati sull'attuale, come pure il valore dei veicoli svoltanti a destra su via Catellani. Di seguito i valori di calcolo

matrice $P_{O/D}$

(%)

0	0.00	0.09	0.91
#DIV/0!	0	#DIV/0!	#DIV/0!
0.00	0.00	0	1.00
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0

vettore Q_{ei}

(uvp/h) →

(unità veicoli passeggeri per ora)

matrice O/D

440	0	70	0
Q_{e1}	Q_{e2}	Q_{e3}	Q_{e4}

Rielaborazione dai rilievi di traffico

0	0	40	400
0	0	0	0
0	0	0	70
0	0	0	0

Volumi anello

agli ingressi

Q_{ci}

$$Q_{c1} = Q_{42} + Q_{43} + Q_{32}$$

$$Q_{c2} = Q_{13} + Q_{14} + Q_{43}$$

$$Q_{c3} = Q_{24} + Q_{21} + Q_{14}$$

$$Q_{c4} = Q_{31} + Q_{32} + Q_{21}$$

vettore ingressi

0
440
400
0

Vettore C_i della capacità ai bracci

$C_1 =$	1250
$C_2 =$	1017
$C_3 =$	1038
$C_4 =$	1250

Volumi anello

alle uscite

Q_{ui}

$$Q_{u1} = Q_{21} + Q_{31} + Q_{41}$$

$$Q_{u2} = Q_{12} + Q_{32} + Q_{42}$$

$$Q_{u3} = Q_{13} + Q_{23} + Q_{43}$$

$$Q_{u4} = Q_{14} + Q_{24} + Q_{34}$$

vettore uscite

0
0
40
470

Verifica della saturazione o sovrasaturazione ($\rho \geq 1$)

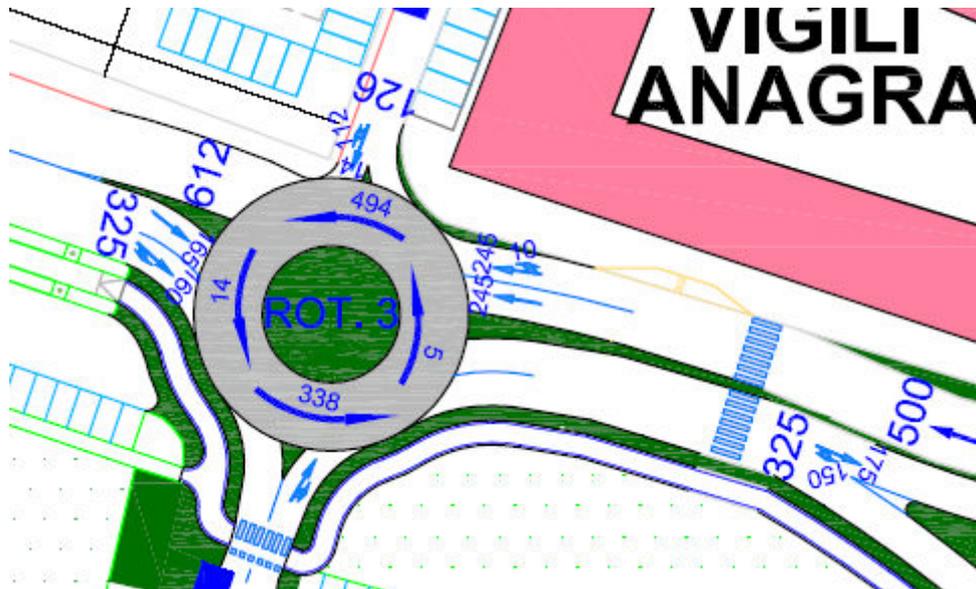
	ρ	
braccio 1	0.35	ok
braccio 2	0.00	ok
braccio 3	0.07	ok
braccio 4	0.00	ok

e le riserve di capacità degli ingressi

	1	2	3	4	
$RC_{(i)} =$	810	1017	968	1250	(uvp/h)
(in %)	65	100	93	100	

• **3ter) ROTATORIA (ROT. 3) TRA VIALE PERUZZI E VIA MANICARDI E L'INGRESSO AL PARCHEGGIO OVEST DI P.LE BARACCHI**

Tale modifica all'unica intersezione non semaforizzata, avente carattere di un certo rilievo, porta a modificare l'ingresso al parcheggio (lato ovest) di P.le Baracchi in luogo dell'attuale svolta che avviene da viale Peruzzi, oltre che ovviamente dall'intersezione unica semaforizzata. A seguire i dati di analisi:



matrice $P_{O/D}$
(%)

0	0.90	0.02	0.08
0.00	0	0.02	0.98
0.01	0.10	0	0.89
0.00	1.00	0.00	0

vettore Q_{ei}	50	500	126	325
(uvp/h) →	Q_{e1}	Q_{e2}	Q_{e3}	Q_{e4}
(unità veicoli passeggeri per ora)				
matrice O/D	0	45	1	4
	0	0	10	490
	1	13	0	112
	0	325	0	0

Volumi anello

agli ingressi

Q_{ci}	$Q_{c1} = Q_{42} + Q_{43} + Q_{32}$	338
	$Q_{c2} = Q_{13} + Q_{14} + Q_{43}$	5
	$Q_{c3} = Q_{24} + Q_{21} + Q_{14}$	494
	$Q_{c4} = Q_{31} + Q_{32} + Q_{21}$	14

vettore ingressi

Vettore C_i della capacità ai bracci

$C_1 =$	1138
$C_2 =$	1307
$C_3 =$	1058
$C_4 =$	1303

Volumi anello

alle uscite

Q_{ui}	$Q_{u1} = Q_{21} + Q_{31} + Q_{41}$	1
	$Q_{u2} = Q_{12} + Q_{32} + Q_{42}$	383
	$Q_{u3} = Q_{13} + Q_{23} + Q_{43}$	11
	$Q_{u4} = Q_{14} + Q_{24} + Q_{34}$	606

vettore uscite

Verifica della saturazione o sovrasaturazione ($\rho \geq 1$)

	ρ	
braccio 1	0.04	ok
braccio 2	0.38	ok
braccio 3	0.12	ok
braccio 4	0.25	ok

proseguì con la presente procedura

e le riserve di capacità degli ingressi

	1	2	3	4	
$RC_{(i)} =$	1088	807	932	978	(uvp/h)
(in %)	96	62	88	75	

• **4) INCROCIO TRA IL VIALE DEI CIPRESSI E LE VIE LENIN E COLOMBO**

Per tale intersezione non si denota alcuna modifica né di timing al ciclo semaforico né ai movimenti ammessi ai bracci della medesima.

▪ **VALUTAZIONE DEI L.O.S. E PARAMETRI CONNESSI DELLE INTERSEZIONI**

Premessa

Per tale analisi, come nello stato attuale, ci si è avvalsi ancora della metodologia HCM v. 2000 (manuale della capacità nord-americano), estesa in questo punto anche alle rotatorie come introdotte. Di fatti, avendo assunto per queste ultime che il sistema “rotatoria” è in stato stazionario con arrivi poissoniani e tempi di attesa esponenziali, il ritardo medio $E[w_s]$ è pari ad $1/RC$ (riserva di capacità) avendo a riferimento la

Si vede chiaramente il miglioramento del livello di servizio, in ora punta mattutina, dell'incrocio in questione con valori di ritardo sul gruppo corsia da N al limite al di sotto del minuto avendo un miglioramento generale del LOS dell'intersezione che, nel passare da 4 a 3 bracci di flussi svoltanti, si attesta da un pessimo LOS F ad un più che accettabile LOS C.

• **2) INCROCIO TRA LE VIE G. FASSI-BERENGARIO**

Dall'analisi effettuata con i flussi e movimenti modificati, mediante l'applicativo HCS-3 (by McTrans) del manuale HCM, si è ottenuto:

HCS: Signals Release 3.1b

Inter: City/St: Carpi -Italia
Analyst: M. Centofanti
Date: 12/10/2012 Period: 07:30-08:30
E/W St: Via Berengario N/S St: Via Fassi

SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY													
	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound			
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R	
No. Lanes	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
LGConfig	L		R	L		R							
Volume	172		68	3		280							
Lane Width	3.0		3.5	3.2		3.3							
RTOR Vol			0			0							
Duration	1.00			Area Type: All other areas									
Signal Operations													
Phase Combination	1	2	3	4	5	6	7	8					
EB Left	D							NB Left					
Thru								Thru					
Right	D							Right					
Peds				X					Peds	X			
WB Left				D					SB Left				
Thru								Thru					
Right	D			D					Right				
Peds				X					Peds	X			
NB Right								EB Right					
SB Right								WB Right					
Green	17.0		13.0	8.0				8.0					
Yellow	5.0		5.0	4.0				4.0					
All Red	2.0		2.0	2.0				2.0					
Cycle Length:	72.0			secs									
Intersection Performance Summary													
Appr/ Lane Grp	Lane Group Capacity	Adj Sat Flow Rate (s)	Ratios		Lane Group		Approach						
			v/c	g/c	Delay	LOS	Delay	LOS					
Eastbound													
L	398	1685	0.46	0.236	27.5	C							
R	377	1597	0.19	0.236	23.2	C	26.3	C					
Westbound													
L	310	1715	0.10	0.181	25.3	C							
R	802	1561	0.38	0.514	11.9	B	13.2	B					
Northbound													
Southbound													
Intersection Delay = 18.9 (sec/veh) Intersection LOS = B													

Anche qui si ottiene un miglioramento del LOS, passando dal livello C al B.

• **3, 3bis e 3 ter) INCROCIO TRA LE VIE PERUZZI-TRE FEBBRAIO-DEI CIPRESSI-CATELLANI-FASSI e PERUZZI-MANICARDI**

Dall'analisi effettuata in base a quanto riportato in precedenza, si è ottenuto:



ROT. 1

Sapendo che $w = (1/RC) \cdot 3600$, se ne deriva che per ogni ingresso alla rotonda si ha

w1	5	s	L.d.S. 1	A
w2	6	s	L.d.S. 2	A
w3	7	s	L.d.S. 3	A
w4	4	s	L.d.S. 4	A



Calcolo del tempo di attesa medio

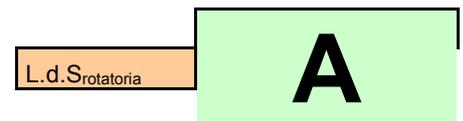
Ews1	4.7 s	2*ELs1	1.0 v.e.
Ews2	6 s	2*ELs2	1.6 v.e.
Ews3	7.2 s	2*ELs3	2.2 v.e.
Ews4	4.1 s	2*ELs4	0.4 v.e.

Calcolo lunghezza media coda (arrivi poissoniani; tempi di servizio exp)

ROT. 2

Sapendo che $w = (1/RC) \cdot 3600$, se ne deriva che per ogni ingresso alla rotonda si ha

w1	4	s	L.d.S. 1	A
w2	4	s	L.d.S. 2	A
w3	4	s	L.d.S. 3	A
w4	3	s	L.d.S. 4	A



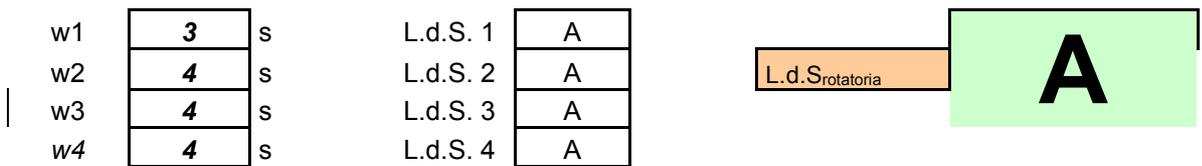
Calcolo del tempo di attesa medio

Ews1	4.4 s	2*ELs1	1.0 v.e.
Ews2	3.5 s	2*ELs2	0 v.e.
Ews3	3.7 s	2*ELs3	0 v.e.
Ews4	2.9 s	2*ELs4	0 v.e.

Calcolo lunghezza media coda (arrivi poissoniani; tempi di servizio exp)

ROT. 3

Sapendo che $w = (1/RC) \cdot 3600$, se ne deriva che per ogni ingresso alla rotatoria si ha



Calcolo del tempo di attesa medio

Ews1	3.3 s
Ews2	4.4 s
Ews3	3.9 s
Ews4	3.7 s

Calcolo lunghezza media coda (arrivi poissoniani; tempi di servizio exp)

2*ELs1	0 v.e.
2*ELs2	1.2 v.e.
2*ELs3	0 v.e.
2*ELs4	1 v.e.

Riassumendo, in conclusione è possibile affermare, prima dell'analisi delle arterie in studio di cui al prossimo paragrafo, che si ha un generale e notevole miglioramento dei LOS delle singole intersezioni trattate, benché possano permanere lievi criticità a monte della ROT. 1.

2.3.2- Analisi arterie in studio.

A seguito dell'analisi delle intersezioni, come modificate, viste al precedente § 2.3.1, si valutano i medesimi tratti di arterie oggetto del presente studio di fattibilità, con la ricerca del tempo complessivo di percorrenza media dall'inizio alla fine di ogni tratta significativa considerata, la relativa lunghezza e la velocità media di percorrenza adottando sempre la metodologia HCM anche con l'inserimento delle rotatorie, sulla falsariga di quanto elaborato in fase di pre-studio (ved. § 1.5).

Si ricorda, come detto nello stato attuale, che il tempo complessivo di percorrenza è dato dalla somma dei tempi di "running" e dei "control delay" dei singoli archi componenti le tratte tra i vari nodi in cui le medesime sono identificate. Quale riferimento per la valutazione delle arterie, si riporta di seguito la tabella estrapolata dalla metodologia HCM 2000:

tabella HCM LOS ARTERIAL (URBAN STREET - CLASS IV (55 to 40KM/h))

LOS	Average Travel Speed (Km/h)	
A	se >	41
B	"	32 e <= 41
C	"	23 e <= 32
D	"	18 e <= 23
E	"	14 e <= 18
F	se <=	14

- ARTERIA PRINCIPALE N → S (da ped. Parco Rimembranze a Via Lenin)

Nella fattispecie, a seguire si riporta il report dell'applicativo con i dati esplicitati:

Running Time (sec.)	Control Delay (sec.)	Other Delay (sec)	Sum of Time Section (sec.)	Lenght of section (Km)	Art. Clas s	Arterial Average Speed (Km/h)	LOS
---------------------	----------------------	-------------------	----------------------------	------------------------	-------------	-------------------------------	-----

0	Pedonale semaf a chiamata su Tre Febbraio						
1	Semaf. Berengario - Tre Febbraio	22	37.4	59.4	0.20	4	12.1 F
2	Tre Febbraio - Rot.1 Peruzzi	22	11	33	0.20	4	21.8 D
3	Rot. 1 Peruzzi - Rot. 2 Cipressi	20	3	23	0.15	4	23.5 C

4		Rot. 2 Cipressi - Semaf Lenin/Colombo	25	27.6	52.6	0.30	4	20.5	D
					168	0.85			

Grand Sum of Time 168 sec.
 Grand Sum of Length 0.85 Km
 Average Travel Speed 18.21 Km/h
 LOS Arterial **D**

Com'era lecito attendersi, alla luce delle modifiche apportate, il LOS dell'intera tratta, nella direzione considerata, è migliore di due livelli (da F a D) tra quelli previsti dalla metodologia considerata, con un aumento della Vm sino a 18,21 Km/h con un Tm=168 sec.

▪ ARTERIA PRINCIPALE S→N (direz. inversa rispetto alla precedente)

Nella fattispecie, a seguire si riporta il report con i dati esplicitati:

Running Time (sec.)	Control Delay (sec.)	Other Delay (sec)	Sum of Time Section (sec.)	Length of section (Km)	Art. Class	Arterial Average Speed (Km/h)	LOS
---------------------	----------------------	-------------------	----------------------------	------------------------	------------	-------------------------------	-----

0		Semaf Lenin/colombo							
1		Rotat.2 Cipressi	25	23.4	48.4	0.30	4	22.3	D
2		Rotat.1 Peruzzi - Tre Febbraio	20	4	24	0.15	4	22.5	D
3		Tre Febbraio - Semaf Berengario	22	5	27	0.20	4	26.7	C
4		Semaf. Berengario a Semaf Ped chiamata	22	21.6	43.6	0.20	4	16.5	E
					143	0.85			

Grand Sum of Time 143 sec.
 Grand Sum of Length 0.85 Km
 Average Travel Speed 21.4 Km/h
 LOS Arterial **D**

Anche qui l'aspettativa di un miglioramento del LOS dell'intera tratta si è confermata in virtù delle medesime modifiche con miglioramento dei LOS delle singole intersezioni presenti nel tragitto considerato, avendosi un grado di servizio meno critico, con un livello pari a quello del senso di marcia opposto prima esaminato con una $V_m = 21,4$ Km/h ed un $T_m = 143$ sec.

- ARTERIA SECONDARIA S→N→E (da viale dei Cipressi – via 3 Febbraio- svolta su Via Berengario est (sino all'altezza con via G. Fassi))

Nella fattispecie, a seguire si riporta il report con i dati esplicitati:

Running Time (sec.)	Control Delay (sec.)	Other Delay (sec.)	Sum of Time Section (sec.)	Lenght of section (Km)	Art. Class	Arterial Average Speed (Km/h)	LOS
---------------------	----------------------	--------------------	----------------------------	------------------------	------------	-------------------------------	-----

0	Rotat.1 Peruzzi - Tre Febbraio						
2	Tre Febbraio - Semaf Berengario	22	5	27	0.20	4	26.7 C
3	Semaf. Berengario-Via G. Fassi	5.6	21.0	26.6	0.07	4	9.5 F
				80.9	0.27		

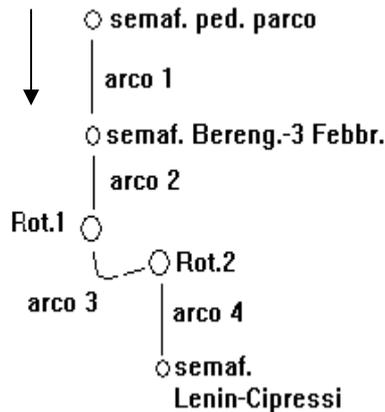
Grand Sum of Time 53.6 sec.
 Grand Sum of Lenght 0.27 Km
 Average Travel Speed 18.13 Km/h
 LOS Arterial **D**

Qui l'aspettativa sul LOS della tratta si attesta al medesimo livello visto per l'arteria principale da S→N.

2.3.3 - Valutazione Emissioni inquinanti principali.

A seguire si riportano i report con i valori emissivi per le singole arterie componenti la rete analizzata secondo le varie direttrici cardinali e nel complesso, nella situazione post-intervento.

Arteria principale N→S



Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)

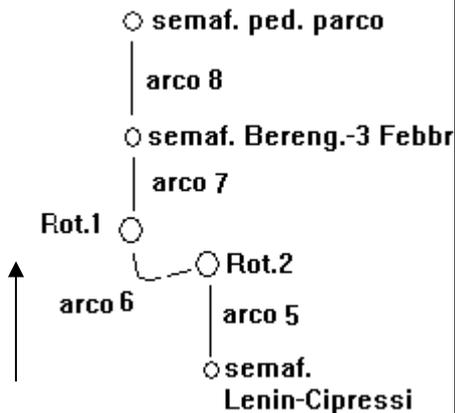
$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3 + \text{flusso}_{arco4} * I_4)$$

$CO_{EQUhot} =$	5.71	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h
$CO_{orario} (N \rightarrow S) =$	2.52	Kg/h
$CO^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	1512	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N



Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)

$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6 + \text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$$

$CO_{EQUhot} =$	5.13	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h
$CO_{orario} (S \rightarrow N) =$	1.71	Kg/h
$CO^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	1026	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria principale S→N→E



Arteria secondaria S→N→E (da viale Peruzzi-3 Febr.-Berengario E)

$$CO = CO_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco9} * I_9)$$

$CO_{EQUhot} =$	5.13	(g/Km)
$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	58	Km*v.e./h
$\text{flusso}_{arco9} * I_9 =$	20	Km*v.e./h
$CO_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.4	Kg/h
$CO^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	240	Kg/anno

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Il valore complessivo per la rete di CO è pari a 4,63 Kg/h e 2778 Kg/anno rispettivamente

A seguire si riportano i tabulati per gli altri inquinanti e per il FC delle singole arterie e della rete nel complesso.

<p>Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)</p> $PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3 + \text{flusso}_{arco4} * I_4)$ <table border="0"> <tr> <td>$PM_{EQUhot} =$</td> <td>0.04</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$</td> <td>88</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$</td> <td>113</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$</td> <td>81</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$</td> <td>159</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$PM_{orario} (N \rightarrow S) =$</td> <td>0.0176</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$PM^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$</td> <td>10.56</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$PM_{EQUhot} =$	0.04	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h	$PM_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.0176	Kg/h	$PM^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	10.56	Kg/anno	<p>Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)</p> $PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6 + \text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ <table border="0"> <tr> <td>$PM_{EQUhot} =$</td> <td>0.04</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$</td> <td>132</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$</td> <td>55</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$</td> <td>80</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$</td> <td>67</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$PM_{orario} (S \rightarrow N) =$</td> <td>0.0117</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$PM^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$</td> <td>7.04</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$PM_{EQUhot} =$	0.04	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h	$PM_{orario} (S \rightarrow N) =$	0.0117	Kg/h	$PM^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	7.04	Kg/anno
$PM_{EQUhot} =$	0.04	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h																																									
$PM_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.0176	Kg/h																																									
$PM^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	10.56	Kg/anno																																									
$PM_{EQUhot} =$	0.04	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h																																									
$PM_{orario} (S \rightarrow N) =$	0.0117	Kg/h																																									
$PM^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	7.04	Kg/anno																																									
<p>Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)</p> $NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3 + \text{flusso}_{arco4} * I_4)$ <table border="0"> <tr> <td>$NOx_{EQUhot} =$</td> <td>0.55</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$</td> <td>88</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$</td> <td>113</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$</td> <td>81</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$</td> <td>159</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$NOx_{orario} (N \rightarrow S) =$</td> <td>0.243</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$NOx^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$</td> <td>145.8</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$NOx_{EQUhot} =$	0.55	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h	$NOx_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.243	Kg/h	$NOx^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	145.8	Kg/anno	<p>Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)</p> $NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6 + \text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ <table border="0"> <tr> <td>$NOx_{EQUhot} =$</td> <td>0.54</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$</td> <td>132</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$</td> <td>55</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$</td> <td>80</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$</td> <td>67</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$NOx_{orario} (S \rightarrow N) =$</td> <td>0.1804</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$NOx^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$</td> <td>108.24</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$NOx_{EQUhot} =$	0.54	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h	$NOx_{orario} (S \rightarrow N) =$	0.1804	Kg/h	$NOx^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	108.24	Kg/anno
$NOx_{EQUhot} =$	0.55	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h																																									
$NOx_{orario} (N \rightarrow S) =$	0.243	Kg/h																																									
$NOx^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	145.8	Kg/anno																																									
$NOx_{EQUhot} =$	0.54	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h																																									
$NOx_{orario} (S \rightarrow N) =$	0.1804	Kg/h																																									
$NOx^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	108.24	Kg/anno																																									
<p>Arteria principale N→S (da Semaf. Ped Parco Rimembranze a via Lenin)</p> $FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco1} * I_1 + \text{flusso}_{arco2} * I_2 + \text{flusso}_{arco3} * I_3 + \text{flusso}_{arco4} * I_4)$ <table border="0"> <tr> <td>$FC_{EQUhot} =$</td> <td>83.97</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$</td> <td>88</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$</td> <td>113</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$</td> <td>81</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$</td> <td>159</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$FC_{orario} (N \rightarrow S) =$</td> <td>23.68</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$FC^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$</td> <td>14208</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$FC_{EQUhot} =$	83.97	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h	$FC_{orario} (N \rightarrow S) =$	23.68	Kg/h	$FC^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	14208	Kg/anno	<p>Arteria principale S→N (da via Lenin a Semaf. Ped Parco Rimembranze)</p> $FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco5} * I_5 + \text{flusso}_{arco6} * I_6 + \text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco8} * I_8)$ <table border="0"> <tr> <td>$FC_{EQUhot} =$</td> <td>79.38</td> <td>(g/Km)</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$</td> <td>132</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$</td> <td>55</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$</td> <td>80</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$</td> <td>67</td> <td>Km*v.e./h</td> </tr> <tr> <td>$FC_{orario} (S \rightarrow N) =$</td> <td>26.51</td> <td>Kg/h</td> </tr> <tr> <td>$FC^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$</td> <td>15906</td> <td>Kg/anno</td> </tr> </table> <p><small>*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)</small></p>	$FC_{EQUhot} =$	79.38	(g/Km)	$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h	$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h	$FC_{orario} (S \rightarrow N) =$	26.51	Kg/h	$FC^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	15906	Kg/anno
$FC_{EQUhot} =$	83.97	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco1} * I_1 =$	88	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco2} * I_2 =$	113	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco3} * I_3 =$	81	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco4} * I_4 =$	159	Km*v.e./h																																									
$FC_{orario} (N \rightarrow S) =$	23.68	Kg/h																																									
$FC^*_{annuo} (N \rightarrow S) =$	14208	Kg/anno																																									
$FC_{EQUhot} =$	79.38	(g/Km)																																									
$\text{flusso}_{arco5} * I_5 =$	132	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco6} * I_6 =$	55	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco7} * I_7 =$	80	Km*v.e./h																																									
$\text{flusso}_{arco8} * I_8 =$	67	Km*v.e./h																																									
$FC_{orario} (S \rightarrow N) =$	26.51	Kg/h																																									
$FC^*_{annuo} (S \rightarrow N) =$	15906	Kg/anno																																									

Arteria secondaria S→N→E (da viale Peruzzi-3
Febbr.-Berengario E)

$$PM = PM_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco9} * I_9)$$

$$PM_{EQUhot} = 0.04 \quad (\text{g/Km})$$

$$\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 58 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$\text{flusso}_{arco9} * I_9 = 20 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$PM_{orario (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 0.0013 \quad \text{Kg/h}$$

$$PM^*_{annuo (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 0.8 \quad \text{Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria secondaria S→N→E (da viale Peruzzi-3
Febbr.-Berengario E)

$$NOx = NOx_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco9} * I_9)$$

$$NOx_{EQUhot} = 0.54 \quad (\text{g/Km})$$

$$\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 58 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$\text{flusso}_{arco9} * I_9 = 20 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$NOx_{orario (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 0.042 \quad \text{Kg/h}$$

$$NOx^*_{annuo (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 25.2 \quad \text{Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Arteria secondaria S→N→E (da viale Peruzzi-3
Febbr.-Berengario E)

$$FC = FC_{EQUhot} * (\text{flusso}_{arco7} * I_7 + \text{flusso}_{arco9} * I_9)$$

$$FC_{EQUhot} = 79.38 \quad (\text{g/Km})$$

$$\text{flusso}_{arco7} * I_7 = 58 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$\text{flusso}_{arco9} * I_9 = 20 \quad \text{Km}^* \text{v.e./h}$$

$$FC_{orario (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 6.192 \quad \text{Kg/h}$$

$$FC^*_{annuo (S \rightarrow N \rightarrow E)} = 3715.2 \quad \text{Kg/anno}$$

*= sono state considerate 4 h giornaliere tra le ore punta più critiche per

un numero di giorni pari a 150 (mesi autunno-invernali)

Riassumendo nella seguente tabella si riportano i valori orari ed annui, in Kg, dei vari inquinanti e del FC, per l'intera rete in studio, post-intervento:

Inquinante	Carico orario	Carico annuo
CO	4,63	2.778
PM	0,0306	18,40
NOx	0,465	279,24
FC	56,38	33.830

Da un primo raffronto con la situazione attuale, si rilevano i seguenti benefici di carattere ambientale:

Inquinante	Minor Carico orario/annuo in %
CO	- 33%
PM	- 7%
NO _x	- 7%
FC *	- 40%

* Si ha un risparmio di circa 50.000 € di benzina (diesel/verde) considerando che 1 l benzina = 0,75 Kg e prendendo un costo standardizzato ed unificato per le varie tipologie di combustibile da autovettura pari a 1,70 €/l, per l'intera rete in studio.

2.3.4 - Valutazione Indicatori di rete principali.

Rapporto di congestione della rete

A seguire si rimette la tabella con il calcolo delle capacità per ogni arco e quella finale per la ricerca del valore afferente l'indicatore in questione.

nome arco	λ	S 0 [veic/h]	N	larghezza a [m]	f_l	% veic pesanti	f_v	n° manovre /h	f_p	n° stops/h	f_b	f_d	f_s	S [veic/h]	$c = \lambda * S$
1	0.36	1900	1	5	1.15				1		1	0.95	1	2076	747
2	Braccio 3 - Rotatoria 1														1062
3	Uscita esclusiva su viale dei Cipressi														650
4	0.28	1900	2	5	1.15			20	0.8	2	0.99	1	0,9	1557	436
5	Braccio 1 - Rotatoria 2														1250
6	Braccio 1 - Rotatoria 1														1124
7	0.36	1900	2	5	1.25				1		0.99	1	1	2351	846
8	0.83	1900	1	5	1.15				1		1	1	1	2186	1814
9	0.24	1900	2	4	1.10				1		1	0.9	0.9	1693	406

direz.		f(i)	c(i)	f(i)/c(i)
N-S	arco 1	440	747	0.589
N-S	arco 2	565	1062	0.532
N-S	arco 3	540	650	0.831
N-S	arco 4	530	436	1.216
S-N	arco 5	430	1250	0.344
S-N	arco 6	365	1124	0.18
S-N	arco 7	390	846	0.325
S-N	arco 8	335	1814	0.185
S-N-E	arco 7	290	846	0.343
S-N-E	arco 9	280	406	0.690

$\sum [f(i)/c(i)*f(i)]$	$\sum f(i)$	Rapp. Congest. Rete
2347.98	4165	0.564

(-35%)

Percorrenza totale della rete in studio

A seguire si rimette la tabella con il calcolo delle percorrenze totali nel caso post-intervento.

direz.		f(i)	l(i)	
N-S	arco 1	440	0.2	
N-S	arco 2	565	0.2	
N-S	arco 3	540	0.15	
N-S	arco 4	530	0.3	
S-N	arco 5	430	0.3	
S-N	arco 6	365	0.15	
S-N	arco 7	390	0.2	
S-N	arco 8	335	0.2	
S-N-E	arco 7	290	0.2	
S-N-E	arco 9	280	0.07	
				Percorrenza totale Rete
				847.35 (Km in 1h) (-4%)

2.4 – Elementi di Verifica geometrico-funzionale delle intersezioni a rotatoria.

Premessa

Con l'introduzione delle intersezioni a rotatoria, al di là del riscontro su capacità e LOS sia di ognuna che per le tratte di arterie in studio ove risultano collocate, si ritiene di dover vagliare la fattibilità funzionale e geometrica per le medesime a livello di buona circolazione ai bracci ed in percorrenza dell'anello.

Delle rotatorie introdotte si ricorda che in base alla seguente tabella (DM 19.04.2006):

	D _{ext} [m]
MINI-ROTATORIE	14 ÷ 25
ROTATORIE COMPATTE	25 ÷ 40
ROTATORIE CONVENZIONALI	> 40 ÷ 50
INTERSEZIONI CON CIRCOLAZIONE A ROTATORIA	> 50

la ROT. 1 è di tipo convenzionale (Dext = 50 ml), mentre le ROT. 2 e 3 sono di tipo compatto (Dext = 28 ml).

Sempre dalle norme nazionali gli elementi modulari delle rotatorie in specie rispettano le misure di cui alla tabella sottostante:

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

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

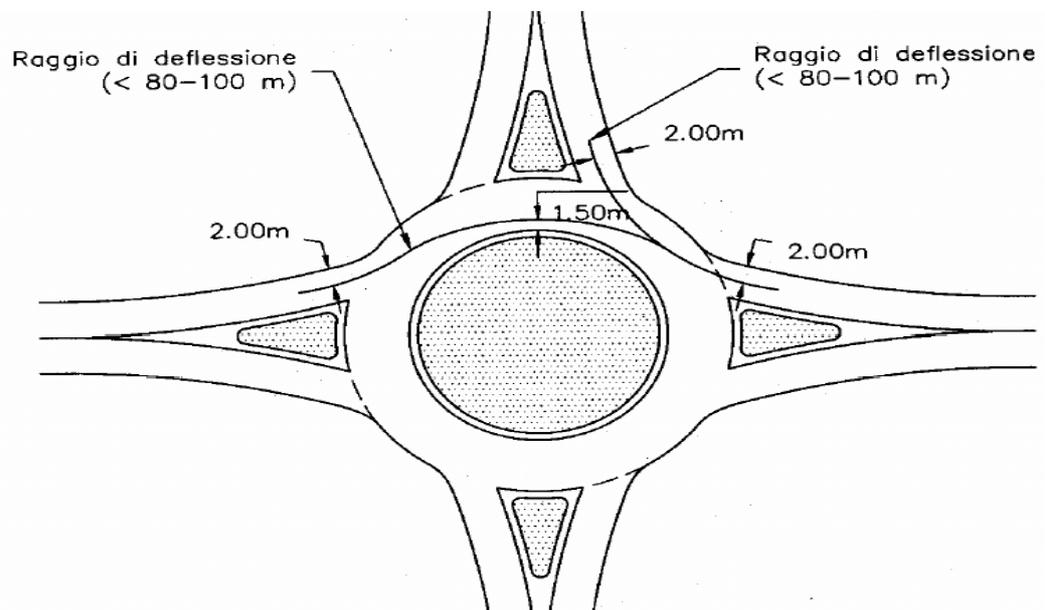
(**) organizzati al massimo con due corsie.

Tabella 6

come più sotto si dettaglia.

Occorre poi garantire nel rispetto di vincoli preesistenti (quali nuclei edificati non modificabili, mantenimento di larghezze pedonali minime intorno, ecc..),

l'organizzazione della geometria che escluda traiettorie "tangenti" a piccola curvatura, costruendo per ciascun braccio la traiettoria di deflessione (in base alla figura sottostante)



(tale raggio non deve superare i valori di 80-100 m, cui corrispondono le usuali velocità di sicurezza nella gestione di una circolazione rotatoria. Se il valore della deflessione fosse troppo grande, potrebbe essere riportato ai valori sopraccitati variando la disposizione di uno o più bracci oppure aumentando il raggio dell'isola centrale), nonché l'angolo di deviazione β (con valore di riferimento intorno ai 45° , salvo i casi particolari), come da figura seguente:

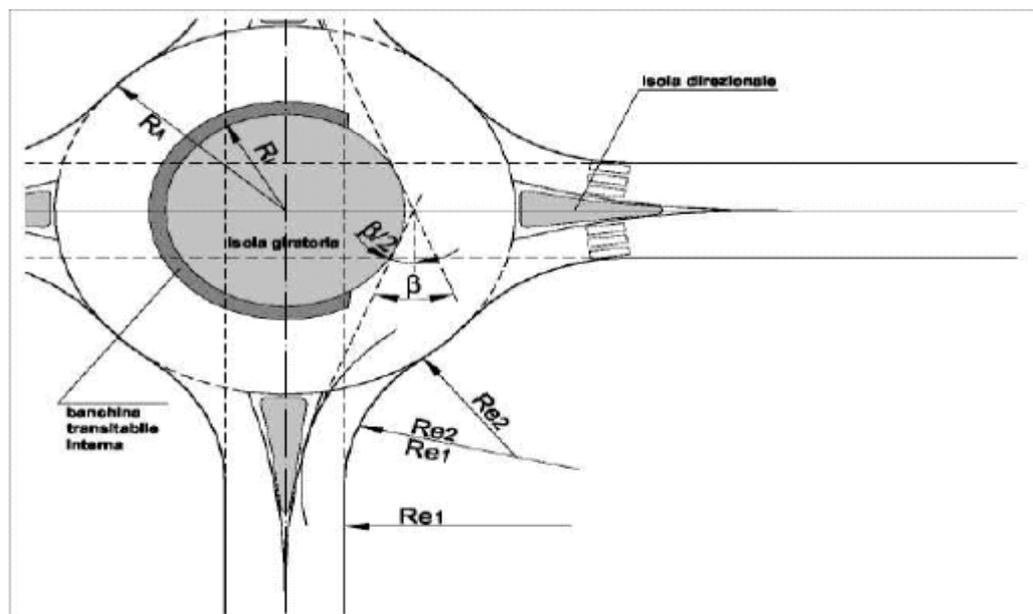


Figura 11 - Elementi di progetto e tipizzazione delle rotatorie

Le rotatorie devono consentire poi il transito di qualunque veicolo. Nel Nuovo codice della strada oltre alla definizione di sagoma limite (art. 61), ossia le dimensioni massime che tutti i veicoli devono rispettare per poter circolare, vi è quella di fascia d'ingombro per l'inscrivibilità in curva dei veicoli; in particolare l'art. 217 del Regolamento di Attuazione definisce che: *“ogni veicolo a motore, o complesso di veicoli, compreso il relativo carico, deve potersi inscrivere in una corona circolare (fascia d'ingombro) di raggio esterno 12,50 m e raggio interno 5,30 m”*.

Tale articolo determina le condizioni di massimo ingombro dei veicoli che percorrono una curva, e di conseguenza le dimensioni geometriche di riferimento per il calcolo del raggio minimo della rotatoria e della larghezza dell'anello.

È da notare che questi limiti costituiscono dei valori minimi, che comportano una manovra piuttosto difficoltosa da parte dei mezzi pesanti. Di conseguenza per agevolare la svolta di questi mezzi sarebbe opportuno adottare, ove possibile, raggi interni superiori a 10-12 m.

Per determinare la larghezza della fascia d'ingombro per raggi interni superiori a 5,30 m si prendono in esame due tipologie di veicoli:

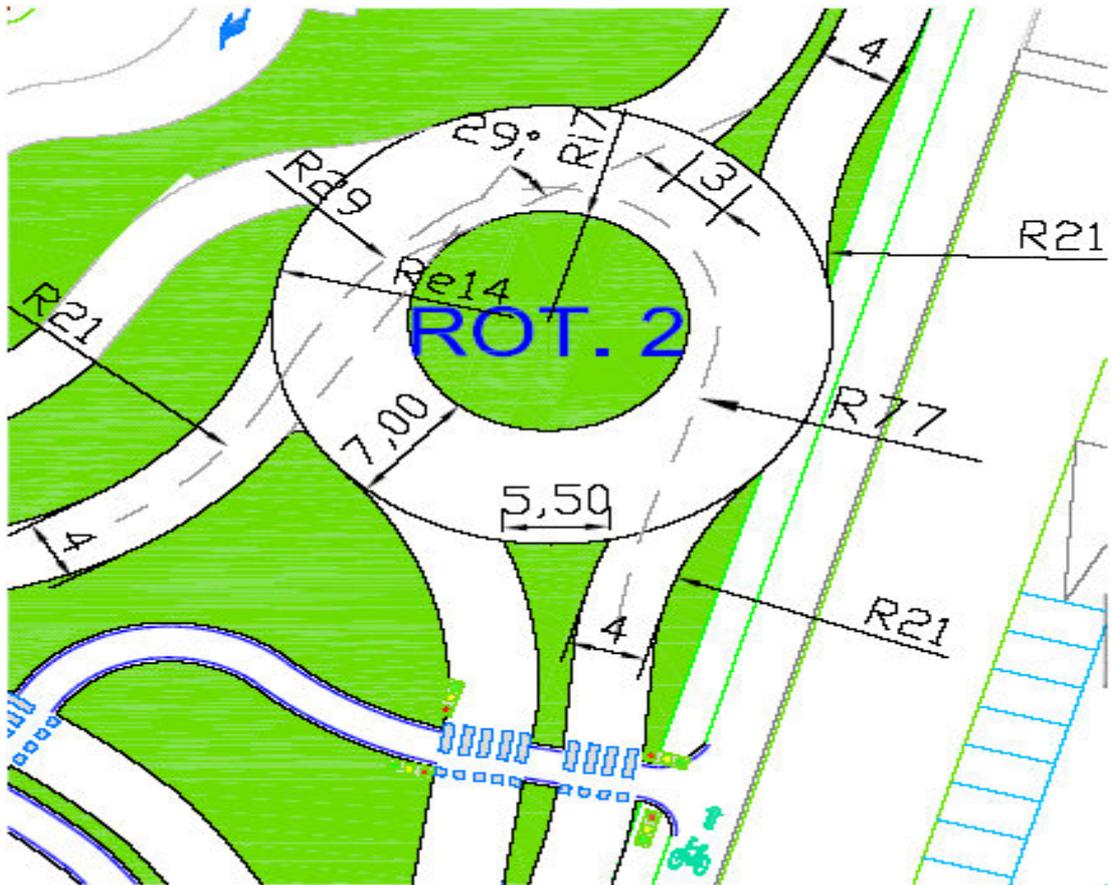
- autobus lungo 12,0 m (lunghezza massima consentita dal Codice della strada per i veicoli isolati, ossia senza rimorchio);
- autoarticolato.

Dalla tabella seguente si può verificare la rispondenza degli ingombri con le più piccole tra le rotatorie introdotte (ROT. 2 e 3):

Ri (m)	Autobus Re (m)	Autobus Re-Ri (m)	Autoarticolato Re (m)	Autoarticolato Re-Ri (m)
5.3	11.61	6.31	12.50	7.20
6.0	12.09	6.09	12.93	6.93
7.0	12.81	5.81	13.59	6.59
8.0	13.57	5.57	14.28	6.28
9.0	14.36	5.36	15.02	6.02

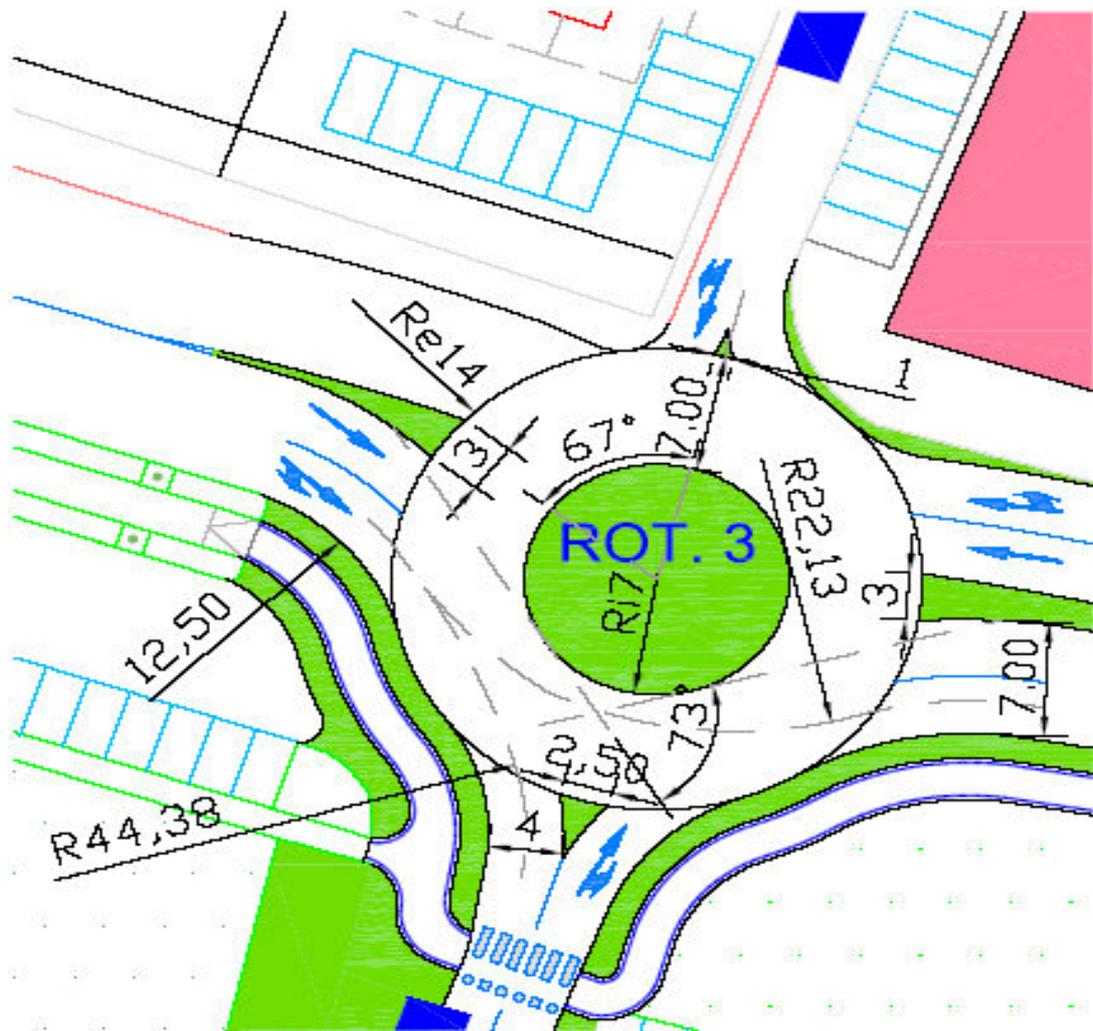
Con riferimento all'autoarticolato si fa presente che per la zona in studio risulterà rada la frequenza di passaggio per tali mezzi, anche se realizzabile.

ROT. 2



Il posizionamento della rotatoria in esame è stato pensato per non collidere con l'attuale tracciato ciclopedonale a destra del viale alberato per chi proviene da sud, anche se nulla potrebbe vietare di traslare la medesima ancor più verso est, venendo a modificare anche il tracciato ciclopedonale suddetto. La particolarità principale di questa rotatoria risiede nel fatto che serve a canalizzare i flussi da sud verso ovest (nuovo tratto di mini circonvallazione introdotto) sino alla ROT. 1 e marginalmente quale smistamento dei pochi veicoli che vogliono proseguire su via Catellani o provengano da viale Peruzzi diretti verso l'ingresso a P.le Baracchi (EST) o casualmente diretti verso sud (via Lenin). In merito a quest'ultimo caso, è stata prevista la possibilità d'installare un semaforo pedonale a chiamata in corrispondenza dell'attraversamento ciclopedonale a sud della rotatoria, al fine di disincentivare il movimento del flusso che proviene da nord e si dirige verso sud, preferendo l'uso del nuovo percorso come ipotizzato. Assumono infine minor rilevanza gli aspetti riguardanti la traiettoria di deflessione e/o l'angolo di deviazione, comunque rappresentati.

ROT. 3



Quest'ultima rotatoria ha, rispetto alle altre, una funzione di rallentamento dei flussi in entrata alla ROT. 1 da via Peruzzi, oltre che a permettere l'ingresso/uscita dal parcheggio di P.le Baracchi (OVEST).

Anche per questa rotatoria il posizionamento risente del vincolo legato all'edificio comunale come accennato nell'analisi della ROT. 1, anche se una traslazione ulteriore verso nord-est (quindi spostando il centro rotatoria idealmente verso lo spigolo sud-ovest dell'edificio comunale), avendosi però un decentramento dei bracci nord (via Manicardi) e sud (ingresso/uscita P.le Baracchi) della rotatoria che andrebbe valutato con maggior dettaglio.

Di fatto, si hanno comunque buone traiettorie di deflessione e angoli di deviazione dettati dai vincoli suddetti.

Capitolo 3 – Analisi B/C.

Premessa

La determinazione della redditività degli investimenti stradali è un aspetto in termini generali ed a maggior ragione nel caso in studio, che serve a dare un'idea al soggetto attuatore pubblico, della bontà meramente economico-finanziaria legata al ritorno di benefici che derivano da quanto speso per il miglioramento di una rete viaria, urbana o extraurbana che sia.

E' per tale ragione che non poteva mancare nel presente studio di fattibilità un'analisi di tipo "benefici/costi" al fine di suffragare anche in termini d'investimento, la bontà dell'ipotesi progettuale, sotto il profilo trasportistico-ambientale nonché per gli aspetti puntuali geometrico-funzionali delle nuove rotatorie, il tutto come dettagliato ai precedenti § 2.3 e 2.4.

Il riferimento normativo considerato per valutare la redditività dell'ipotesi progettuale studiata si rifà alle Istruzioni di cui alla C.N.R. n°91 del 02 maggio 1983.

A seguire, pertanto, s'introdurranno dapprima i parametri presi a riferimento per l'analisi B/C, per poi valutare le ipotesi attuale (neutra) e di progetto (ipotesi n°1, paragrafo 2.3), la descrizione di una soluzione integrativa (prevista a livello di costi nell'ipotesi di progetto) per l'ulteriore abbattimento del carico emissivo inquinante nell'area in studio, finendo poi con l'illustrare i risultati dell'analisi B/C in esame.

3.1- Parametri di riferimento per l'analisi B/C.

Il metodo di analisi scelto, presuppone noto il quadro territoriale articolato in zone di origine-destinazione con la rete oggetto di studio, le matrici degli spostamenti interzonali di cui si assume l'invarianza rispetto alle scelte progettuali (ritenuta accettabile), l'entità dell'eventuale vincolo di capitale e di ogni altra limitazione imposta, oltre al tasso di attualizzazione ed i valori unitari da applicare alle singole voci di costo sociale e di costo privato.

Beneficio netto attualizzato

In considerazione di quanto sopra esposto, occorre mettere a confronto i benefici derivanti dall'ipotesi progettuale riguardo l'ipotesi neutra (stato di fatto = non intervento) ove peraltro, entrando in gioco soltanto i costi, il beneficio netto sarà dato, per ogni ipotesi di progetto, dalla riduzione del costo totale che l'alternativa stessa comporta rispetto all'ipotesi neutra.

Definiamo quindi:

$$\underline{B} = \underline{C}_{ut}^o + \underline{C}_{es}^o - [\underline{C}_{ut} + \underline{C}_{es} + K]$$

in cui :

\underline{B} = valore attualizzato del beneficio netto;

\underline{C}_{ut}^o = valore attualizzato del costo complessivo di utenza nell'ipotesi neutra;

\underline{C}_{es}^o = valore attualizzato del costo di esercizio delle infrastrutture nell'ipotesi neutra;

\underline{C}_{ut} = valore attualizzato del costo complessivo di utenza nell'ipotesi progettuale considerata;

\underline{C}_{es} = valore attualizzato del costo di esercizio delle infrastrutture nell'ipotesi progettuale considerata;

\underline{K} = capitale investito;

Nella formulazione originaria c'è anche il Vr (valore residuo attualizzato), riferito all'alternativa progettuale considerata, ma considerate le grandi incertezze e difficoltà per una sua consistente valutazione oltre le limitazioni e le non poche indeterminazioni del presente metodo, si è convenuto di trascurarne la quantificazione.

L'ipotesi progettuale considerata sarà dunque fattibile solamente se comporta un beneficio netto attualizzato positivo, ossia se il valore attualizzato della riduzione del costo complessivo di utenza e di esercizio supera l'impiego di capitale.

In merito all'ipotesi progettuale scelta per la comparazione con lo stato di fatto, questa sarà in pratica valutabile se presenterà il minimo valore del costo sociale complessivo attualizzato:

$$\underline{C} = \underline{C}_{ut} + \underline{C}_{es} + K$$

Il riferimento al beneficio, come riduzione del costo, appare necessario al fine di definire un indice di redditività dell'investimento, esprimibile con la formulazione seguente:

$$\rho = (\underline{C}_o + \underline{C}) / K$$

con $\underline{C}_o = \underline{C}_{ut}^o + \underline{C}_{es}^o$

In assenza di vincolo capitale (K), la soluzione ottimale sarà quella che rende minimo \underline{C} considerandola altresì fattibile se per essa l'indice di redditività risulterà positivo ($\rho > 0$, quindi almeno pari ad 1)

Funzioni di costo dell'utenza

Le voci di costo assunte come rilevanti nel presente studio per i calcoli di \underline{C}_{ut} , sono:

- tempi di percorrenza (x1);
- consumo di carburante (x2);

Non si è tenuto conto dell'incidenza, sul costo utenza, del disagio e del rischio, poiché allo stato attuale delle conoscenze non vi sono indicazioni affidabili per la loro determinazione.

La dipendenza delle voci suddette dai flussi di traffico sarà espressa raggruppando i diversi tipi di veicoli in una categoria sola, quella dei veicoli leggeri che risultano largamente preponderanti nella composizione dei flussi nell'area studio.

Si assumono poi i seguenti simbolismi (la triplice notazione – ora, giorno, anno – è legata al modo in cui vengono generalmente forniti i dati di traffico):

$x_{i,a}^{r,k,t}$: quantità della generica voce di costo “i” (tra quelle sopra indicate) associata allo spostamento di un generico veicolo leggero sull’arco “a” della rete in studio nell’ora “r”, del giorno “k” dell’anno “t”;

$q_a^{r,k,t}$: flusso di veicoli leggeri percorrenti l’arco “a” della rete in esame durante l’ora “r” del giorno “k” dell’anno “t”;

p_i : valore unitario sociale di x_i (singola voce di costo);

s : tasso di attualizzazione (saggio sociale di sconto);

Circa l’ultimo parametro, il tasso di attualizzazione, si fa presente sin d’ora che è stato preso in considerazione quello adottato dai Paesi aderenti al Fondo di Coesione Europeo, pari al 5,5% (in luogo del 3,5%).

Vista la dipendenza funzionale delle risorse consumate per lo spostamento del veicolo generico sull’arco generico in un’ora generica dai flussi interessanti lo stesso arco nella stessa ora, il costo dell’utenza sull’arco “a” nell’ora “r” del giorno “k” dell’anno “t”, può esprimersi nella forma:

$$C_a^{r,k,t} = \sum [x_{i,a}^{r,k,t} (q_a^{r,k,t}) q_a^{r,k,t} p_i]$$

Per le stesse specificazioni temporali (r,k,t) il costo utenza nell’intera rete sarà ovviamente

$$C^{r,k,t} = \sum_a C_a^{r,k,t}$$

e quindi il costo complessivo di utenza per un’intera giornata (k,t) risulterà:

$$C^{k,t} = \sum_r C^{r,k,t}$$

mentre quello complessivo per un intero anno:

$$C^t = \sum_k C^{k,t}$$

Se la specificazione giornaliera ”k” si ripete per N_k giornate nell’anno generico “t” la formulazione precedente può scriversi come segue:

$$C^t = \sum_k N_k C^{k,t}$$

(in tal caso $C^{k,t}$ è il costo complessivo di utenza in una qualsiasi delle N_k giornate). Quest'ultima formulazione pare valida nella sua utilità se pensiamo che la configurazione spazio-temporale del traffico viene generalmente espressa mediante un certo numero di matrici O/D giornaliere, per ciascuna delle quali viene indicata una particolare frequenza annua (o numero di giorni di validità nell'arco dell'anno).

Si ottiene il valore attualizzato del costo complessivo di utenza nell'intero arco temporale di riferimento, valevole per ogni ipotesi progettuale (archi esistenti e di nuova previsione):

$$\underline{C}_{ut} = \sum_t \sum_k N_k C^{k,t} (1+s)^{-t}$$

Per l'ipotesi neutra si ricerca $\underline{C}_{ut}^{(0)}$ da estendere su tutti gli archi esistenti interessati dallo studio.

In merito ai tempi di percorrenza “x1” dei veicoli leggeri per ogni singolo arco di ogni arteria considerata nell'area in studio, ci si rifà ai calcoli visti nel cap. 2, § 2.3, mentre relativamente ai consumi di carburante si applicherà la formulazione di cui al punto 3.1.4 della CNR 91/83 che per brevità si riporta:

$$x_2 = \left[\frac{(V-60)^2}{35000} + 0.066 \right] (1 + 0,13p) \quad [\text{litri / Km}]$$

con p = pendenza longitudinale ciascun arco e

V = velocità media di percorrenza sempre di ciascun arco.

Al fine di avere il consumo x_2 in funzione dei flussi e delle caratteristiche della strada si può porre:

$$V = 3600/x_1(q)$$

Flussi nei singoli archi della rete e indice di validità N_k

Ci si baserà in accordo con i valori delle matrici O/D viste nei capp. 1 e 2 per le varie tratte di arteria esaminate. Tali flussi sono considerati in base all'ora punta mattutina delle 07:30-08:30, potendoli ritenere stazionari per un numero di giornate N_k così calcolato:

In un anno abbiamo 52 settimane (365 giorni) da cui sottraiamo:

- 2 gg a settimana (sabato e domenica) = 104 giorni
- i mesi estivi sino a metà settembre (chiusura scuole) = 108 giorni

avendosi un residuo di **153 giorni**;

Assegnazione alla rete dei flussi di scambio e calcolo costi medi privati

La scelta del modello di assegnazione deve tener conto soprattutto della possibilità di un suo controllo realistico in raffronto con la situazione studiata. I modelli correnti recepiscono i meccanismi selettivo-comportamentali mediante funzioni di costo (generalizzato) privato applicato ai singoli archi del grafo di rete studiata, esprimibili come segue (si riporta la sola funzione relativa ai veicoli leggeri):

$$C_a^x = \sum_j x_{j,a} (q_a) p_j^x$$

con C_a^x pari al valore medio del costo privato soggettivamente apprezzato dai conducenti dei veicoli leggeri che è legato alle scelte private di itinerario funzione della lunghezza dei singoli archi e dei rispettivi tempi di percorrenza, da qui la scelta di limitare la sommatoria solo alle due funzioni di costo già indicate sopra;

Relativamente ai prezzi unitari del carburante è stato assunto un costo medio pari a **1,70 €/l** (media fra diesel e benzina SP).

Invece, per il costo medio orario per il tempo speso da ogni singolo utente alla conduzione di un generico veicolo leggero, si è preso un valore pari a **16 €/h**.

Costo esercizio infrastrutture C_{es} e C_{es}^0

Si assume che il costo di esercizio annuo (manutenzione, regolazione e controllo, oneri amministrativi, ecc..) di un determinato tronco stradale nel generico anno E_a^t , dipenda dai volumi complessivi di spostamenti di veicoli leggeri (q_a^t) impegnanti nello stesso anno l'arco considerato, essendo:

$$q_a^t = \sum_k N_k q_a^{r,k,t}$$

con il costo d'esercizio della rete in studio nell'anno generico di previsione "t" che assumerà la seguente formulazione:

$$E^t = \sum_a E_a^t (q_a^t)$$

Per il costo di esercizio relativo all'ammontare degli anni prefissati come orizzonte temporale di progettazione, si avrà la seguente relazione:

$$\underline{C}_{es} = \sum_t E^t (1 + s)^{-t}$$

Valido sia per l'ipotesi neutra (\underline{C}_{es}^0) che per quella progettuale considerata.

Il periodo temporale di riferimento progettuale a riguardo dei benefici-costi verrà assunto pari a **5 anni**.

Verrà fatta anche una previsione di orizzonte a 15 anni per avere la conferma sulla riduzione dei costi-utenza in rapporto agli investimenti.

Infine saranno calcolati anche il VAN e lo SRI, sempre con riguardo a t= 5 e 15 anni.

3.2- Ipotesi neutra (stato Attuale).

Si riportano a seguire i valori dei costi di utenza e d'esercizio per le singole arterie con riepilogo dei totali parziali in calce (ipotesi temporale – 5 anni).

Arteria N-S

arco 1

	x1 (qa) $t_{trans} + C_{delay} (s)$	p1 costo utente (€/s)		x2 (qa) consumo carb (l/Km)	$l_{arco} (Km)$	p2 costo carb (€/l)		x2 (qa) = 0.12
$C_a^{(0)}_1 =$	215	0.00444	+	0.12	0.200	1.70	-	0.395 €/v.e
$C_{a1}^{r(k,t)(0)} =$	$C_a^{(0)}_1 (€/v.e.)$ 0.995	Flusso arco (v.e./h) 460	-	€ 458.00	€/h			
$C_{a1}^{k1(0)} =$	$C_{a1}^{r(k,t)(0)} (€/h)$ € 458.00	n° ore/giorno 4	-	€ 1,832.00	€/giorno			
$C_{a1}^{l(0)} =$	$C_{a1}^{k1(0)} (€/g)$ € 1,832.00	n° giorni/anno 153	-	€ 280,296.00	€/anno			
$C_{a1}^{t(0)} =$	$C_{a1}^{l(0)} (€/anno)$ € 280,296.00	n° anni 5	$(1 + 0.055)^5 =$	€ 1,072,320.00	€			

arco 2

	x1 (qa) $t_{trans} + C_{delay} (s)$	p1 costo utente (€/s)		x2 (qa) consumo carb (l/Km)	$l_{arco} (Km)$	p2 costo carb (€/l)		x2 (qa) = 0.075
$C_a^{(0)}_2 =$	85	0.00444	+	0.075	0.200	1.70	-	0.403 €/v.e
$C_{a2}^{r(k,t)(0)} =$	$C_a^{(0)}_2 (€/v.e.)$ 0.403	Flusso arco (v.e./h) 735	-	€ 296.00	€/h			
$C_{a2}^{k1(0)} =$	$C_{a2}^{r(k,t)(0)} (€/h)$ € 296.00	n° ore/giorno 4	-	€ 1,184.00	€/giorno			
$C_{a2}^{l(0)} =$	$C_{a2}^{k1(0)} (€/g)$ € 1,184.00	n° giorni/anno 153	-	€ 181,152.00	€/anno			
$C_{a2}^{t(0)} =$	$C_{a2}^{l(0)} (€/anno)$ € 181,152.00	n° anni 5	$(1 + 0.055)^5 =$	€ 693,028.00	€			

arco 3

	x1 (qa) $t_{trans} + C_{delay} (s)$	p1 costo utente (€/s)		x2 (qa) consumo carb (l/Km)	$l_{arco} (Km)$	p2 costo carb (€/l)		x2 (qa) = 0.076
$C_a^{(0)}_3 =$	87	0.00444	+	0.076	0.450	1.70	-	0.444 €/v.e
$C_{a3}^{r(k,t)(0)} =$	$C_a^{(0)}_3 (€/v.e.)$ 0.444	Flusso arco (v.e./h) 540	-	€ 240.00	€/h			
$C_{a3}^{k1(0)} =$	$C_{a3}^{r(k,t)(0)} (€/h)$ € 240.00	n° ore/giorno 4	-	€ 960.00	€/giorno			
$C_{a3}^{l(0)} =$	$C_{a3}^{k1(0)} (€/g)$ € 960.00	n° giorni/anno 153	-	€ 146,880.00	€/anno			
$C_{a3}^{t(0)} =$	$C_{a3}^{l(0)} (€/anno)$ € 146,880.00	n° anni 5	$(1 + 0.055)^5 =$	€ 561,915.00	€			

$C_{a1}^{t(0)} + C_{a2}^{t(0)} + C_{a3}^{t(0)} =$ € 2,327,263.00

arco 1

$q_{a1}^{(10)}$ - n° giorni/anno 153 Flusso arco (v.e./h) 460 n° ore/giorno 4 - 281520 v.e./corsia/anno

$E_{a1}^{(10)}$ - (costo/corsia/anno) € 5,500.00 (tratto lungh. 200 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)

$C_{a1}^{(10)}$ - $E_{a1}^{(10)}$ (€/corsia/anno) n° anni 5 s (%) (1+ 0.055)⁵ = € 21,041.00 €

arco 2

$q_{a2}^{(10)}$ - n° giorni/anno 153 Flusso arco (v.e./h) 735 n° ore/giorno 4 - 449620 v.e./corsia/anno

$E_{a2}^{(10)}$ - (costo/corsia/anno) € 7,000.00 (tratto lungh. 200 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino da 300.000 a 450.000 v.e./corsia/anno)

$C_{a2}^{(10)}$ - $E_{a2}^{(10)}$ (€/corsia/anno) n° anni 5 s (%) (1+ 0.055)⁵ = € 26,780.00 €

arco 3

$q_{a3}^{(10)}$ - n° giorni/anno 153 Flusso arco (v.e./h) 540 n° ore/giorno 4 - 330480 v.e./corsia/anno

$E_{a3}^{(10)}$ - (costo/corsia/anno) € 12,000.00 (tratto lungh. 450 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, intorno a 300.000 v.e./corsia/anno)

$C_{a3}^{(10)}$ - $E_{a3}^{(10)}$ (€/corsia/anno) n° anni 5 s (%) (1+ 0.055)⁵ = € 45,908.00 €

$C_{a1-3}^{(10)}$ N-S = € 93,729.00

Arteria S-N

arco 4

$C_a^{(10)}_4$ - $x1$ (qa) $p1$ $x2$ (qa) $p2$ $x2$ (qa) = 0.069
 $t_{turn} + C_{delay}$ (s) costo utente (€/s) consumo carb (l/Km) l_{veco} (Km) costo carb (€/l) €/v.e

$C_{a4}^{(10)}$ - $C_a^{(10)}_4$ (€/v.e.) Flusso arco (v.e./h) €/h

$C_{a4}^{(10)}$ - $C_{a4}^{(10)}$ (€/h) n° ore/giorno €/giorno

$C_{a4}^{(10)}$ - $C_{a4}^{(10)}$ (€/g) n° giorni/anno €/anno

$C_{a4}^{(10)}$ - $C_{a4}^{(10)}$ (€/anno) n° anni 5 s (%) (1+ 0.055)⁵ = € 224,766.00 €

arco 5

$C_a^{(10)}_5$ - $x1$ (qa) $p1$ $x2$ (qa) $p2$ $x2$ (qa) = 0.066
 $t_{turn} + C_{delay}$ (s) costo utente (€/s) consumo carb (l/Km) l_{veco} (Km) costo carb (€/l) €/v.e

$C_{a5}^{(10)}$ - $C_a^{(10)}_5$ (€/v.e.) Flusso arco (v.e./h) €/h

$C_{a5}^{(10)}$ - $C_{a5}^{(10)}$ (€/h) n° ore/giorno €/giorno

$C_{a5}^{(10)}$ - $C_{a5}^{(10)}$ (€/g) n° giorni/anno €/anno

$C_{a5}^{(10)}$ - $C_{a5}^{(10)}$ (€/anno) n° anni 5 s (%) (1+ 0.055)⁵ = € 259,886.00 €

arco 6

$$C_a^{(6)} = \begin{matrix} x1 \text{ (qa)} \\ t_{\text{gest}} + C_{\text{gest}} \text{ (€)} \end{matrix} 61 \quad \begin{matrix} p1 \\ \text{costo utente (€/s)} \end{matrix} 0.00444 \quad + \quad \begin{matrix} x2 \text{ (qa)} \\ \text{consumo carb (l/Km)} \end{matrix} 0.066 \quad \begin{matrix} l_{\text{gest}} \text{ (Km)} \\ \text{costo carb (€/l)} \end{matrix} 0.200 \quad 1.70 \quad - \quad \boxed{0.293} \quad \begin{matrix} x2 \text{ (qa)} \\ \text{€/v.e} \end{matrix} = 0.066$$

$$C_{\text{ab}}^{(6)} = \begin{matrix} C_a^{(6)} \text{ (€/v.e.)} \\ \text{Flusso arco (v.e./h)} \end{matrix} 0.293 \quad 350 \quad - \quad \boxed{€ 103.00} \quad \text{€/h}$$

$$C_{\text{ab}}^{(6)} = \begin{matrix} C_{\text{ab}}^{(6)} \text{ (€/h)} \\ \text{n° ore/giorno} \end{matrix} € 103.00 \quad 4 \quad - \quad \boxed{€ 412.00} \quad \text{€/giorno}$$

$$C_{\text{ab}}^{(6)} = \begin{matrix} C_{\text{ab}}^{(6)} \text{ (€/g)} \\ \text{n° giorni/anno} \end{matrix} € 412.00 \quad 153 \quad - \quad \boxed{€ 63,036.00} \quad \text{€/anno}$$

$$C_{\text{ab}}^{(6)} = \begin{matrix} C_{\text{ab}}^{(6)} \text{ (€/anno)} \\ \text{n° anni} \end{matrix} € 63,036.00 \quad 5 \quad (1 + 0.055)^t = \boxed{€ 241,155.00} \quad \text{€}$$

$$C_{\text{a}}^{(6)} \text{ S-N} = \boxed{€ 725,807.00}$$

arco 4

$$q_{\text{a4}}^{(4)} = \begin{matrix} \text{n° giorni/anno} \\ \text{Flusso arco (v.e./h)} \end{matrix} 153 \quad 260 \quad \begin{matrix} \text{n° ore/giorno} \\ \text{€} \end{matrix} 4 \quad - \quad 159120 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{\text{a4}}^{(4)} = \begin{matrix} \text{(costo/corsia/anno)} \\ \text{€} \end{matrix} € 5,500.00 \quad \text{(tratto lungh. 450 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{\text{a4}}^{(4)} = \begin{matrix} E_{\text{a4}}^{(4)} \text{ (€/corsia/anno)} \\ \text{n° anni} \end{matrix} € 5,500.00 \quad 5 \quad (1 + 0.055)^t = \boxed{€ 21,041.00} \quad \text{€}$$

arco 5

$$q_{\text{a5}}^{(5)} = \begin{matrix} \text{n° giorni/anno} \\ \text{Flusso arco (v.e./h)} \end{matrix} 153 \quad 390 \quad \begin{matrix} \text{n° ore/giorno} \\ \text{€} \end{matrix} 4 \quad - \quad 238680 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{\text{a5}}^{(5)} = \begin{matrix} \text{(costo/corsia/anno)} \\ \text{€} \end{matrix} € 5,500.00 \quad \text{(tratto lungh. 200 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino da 300.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{\text{a5}}^{(5)} = \begin{matrix} E_{\text{a5}}^{(5)} \text{ (€/corsia/anno)} \\ \text{n° anni} \end{matrix} € 5,500.00 \quad 5 \quad (1 + 0.055)^t = \boxed{€ 21,041.00} \quad \text{€}$$

arco 6

$$q_{\text{a6}}^{(6)} = \begin{matrix} \text{n° giorni/anno} \\ \text{Flusso arco (v.e./h)} \end{matrix} 153 \quad 350 \quad \begin{matrix} \text{n° ore/giorno} \\ \text{€} \end{matrix} 4 \quad - \quad 214200 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{\text{a6}}^{(6)} = \begin{matrix} \text{(costo/corsia/anno)} \\ \text{€} \end{matrix} € 5,500.00 \quad \text{(tratto lungh. 200 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{\text{a6}}^{(6)} = \begin{matrix} E_{\text{a6}}^{(6)} \text{ (€/corsia/anno)} \\ \text{n° anni} \end{matrix} € 5,500.00 \quad 5 \quad (1 + 0.055)^t = \boxed{€ 21,041.00} \quad \text{€}$$

$$C_{\text{a}}^{(6)} \text{ S-N} = \boxed{€ 63,123.00}$$

Arteria S-N-W

arco 7

$C_{27}^{(0)}$	x_1 (qa) $t_{\text{user}} + C_{\text{user}}(s)$ 53	p_1 costo utente (€/s) 0.00444	+	x_2 (qa) consumo carb (€/km) 0.068	l_{arco} (KM) 0.220	p_2 costo carb (€/l) 1.70	-	x_2 (qa)= 0.261 €/v.e	0.058
$C_{27}^{(0)}$	$C_{27}^{(0)}$ (€/v.e.) 0.261	Flusso arco (v.e./h) 270	-	€ 70.00	€/h				
$C_{27}^{(0)}$	$C_{27}^{(0)}$ (€/h) € 70.00	n° ore/giorno 4	-	€ 280.00	€/giorno				
$C_{27}^{(0)}$	$C_{27}^{(0)}$ (€/g) € 280.00	n° giorni/anno 153	-	€ 42,840.00	€/anno				
$C_{ut}^{(0)}$	$C_{27}^{(0)}$ (€/anno) € 42,840.00	n° anni 5	(1+	s (%) 0.055) ⁵ =	€ 163,892.00	€		

arco 8

$C_{28}^{(0)}$	x_1 (qa) $t_{\text{user}} + C_{\text{user}}(s)$ 23	p_1 costo utente (€/s) 0.00444	+	x_2 (qa) consumo carb (€/km) 0.332	l_{arco} (KM) 0.070	p_2 costo carb (€/l) 1.70	-	x_2 (qa)= 0.142 €/v.e	0.332
$C_{28}^{(0)}$	$C_{28}^{(0)}$ (€/v.e.) 0.142	Flusso arco (v.e./h) 310	-	€ 44.00	€/h				
$C_{28}^{(0)}$	$C_{28}^{(0)}$ (€/h) € 44.00	n° ore/giorno 4	-	€ 176.00	€/giorno				
$C_{28}^{(0)}$	$C_{28}^{(0)}$ (€/g) € 176.00	n° giorni/anno 153	-	€ 26,928.00	€/anno				
$C_{ut}^{(0)}$	$C_{28}^{(0)}$ (€/anno) € 26,928.00	n° anni 5	(1+	s (%) 0.055) ⁵ =	€ 103,018.00	€		

$C_{ut}^{(0)}$ S-N-W = € 266,910.00

arco 7

$Q_{27}^{(0)}$	n° giorni/anno 153	Flusso arco (v.e./h) 270	n° ore/giorno 4	-	165240 v.e./corsia/anno		
$E_{27}^{(0)}$	(costo/corsia/anno) € 5,700.00 (tratto lungh. 220 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)						
$C_{es}^{(0)}$	$E_{27}^{(0)}$ (€/corsia/anno) € 5,700.00	n° anni 5	(1+	s (%) 0.055) ⁵ =	€ 21,806.00	€

arco 8

$Q_{28}^{(0)}$	n° giorni/anno 153	Flusso arco (v.e./h) 310	n° ore/giorno 4	-	189720 v.e./corsia/anno		
$E_{28}^{(0)}$	(costo/corsia/anno) € 2,000.00 (tratto lungh. 70 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino da 300.000 v.e./corsia/anno)						
$C_{es}^{(0)}$	$E_{28}^{(0)}$ (€/corsia/anno) € 2,000.00	n° anni 5	(1+	s (%) 0.055) ⁵ =	€ 7,651.00	€

$C_{es}^{(0)}$ S-N-W = € 29,457.00

Riepilogo $C_{ut}^{(0)}$, $C_{ut}^{(0)}$ e $C_{es}^{(0)}$ cumulati tra tutti gli archi delle arterie analizzate:

$C_{ut}^{(0)}$	€ 3.319.980,00
$C_{es}^{(0)}$	€ 186.309,00
$C_{ut}^{(0)}$	€ 3.506.289,00

Riepilogo $C_{ut}^{(0)}$, $C_{ut}^{(0)}$ e $C_{es}^{(0)}$ cumulati come sopra ma con previsione a 15 anni:

$C_{ut}^{(0)}$	€ 9.959.937,00
$C_{es}^{(0)}$	€ 558.932,00
$C_{ut}^{(0)}$	€ 10.518.869,00

3.3- Ipotesi progettuale considerata al § 2.3.

Si riportano a seguire i valori dei costi di utenza e d'esercizio per le singole arterie con riepilogo dei totali parziali in calce (ipotesi temporale – 5 anni).

In aggiunta si riporteranno i costi dell'investimento K al fine di determinare il costo complessivo nell'ipotesi in esame (costi sociali, d'esercizio e d'investimento).

Arteria N-S

arco 1

$C_a^{(1)1} =$	$\frac{x1 (qa)}{t_{turn} + C_{0day} (s)}$	$p1$	$+$	$\frac{x2 (qa)}{consumo carb (l/Km)}$	$l_{arco} (Km)$	$p2$	$=$	$x2 (qa) =$	
	80	costo utente (€/s) 0.00444		0.068	0.200	costo carb (€/l) 1.70		0.289	0.066
$C_a^{K(1)1} =$	$C_a^{(1)1} (€/v.e.)$	Flusso arco (v.e./h)							
	0.289	440						€ 127.00	€/h
$C_{a1}^{K(1)1} =$	$C_{a1}^{K(1)1} (€/h)$	n° ore/giorno							
	€ 127.00	4						€ 508.00	€/giorno
$C_{a1}^{(1)1} =$	$C_{a1}^{K(1)1} (€/g)$	n° giorni/anno							
	€ 508.00	153						€ 77,724.00	€/anno
$C_{ut1}^{(1)1} =$	$C_{a1}^{(1)1} (€/anno)$	n° anni	$s (%)$						
	€ 77,724.00	5	$(1 + 0.055)^5 =$					€ 297,347.00	€

arco 2

$C_a^{(1)2} =$	$\frac{x1 (qa)}{t_{turn} + C_{0day} (s)}$	$p1$	$+$	$\frac{x2 (qa)}{consumo carb (l/Km)}$	$l_{arco} (Km)$	$p2$	$=$	$x2 (qa) =$	
	33	costo utente (€/s) 0.00444		0.135	0.200	costo carb (€/l) 1.70		0.192	0.135
$C_a^{K(1)2} =$	$C_a^{(1)2} (€/v.e.)$	Flusso arco (v.e./h)							
	0.192	565						€ 108.00	€/h
$C_{a2}^{K(1)2} =$	$C_{a2}^{K(1)2} (€/h)$	n° ore/giorno							
	€ 108.00	4						€ 432.00	€/giorno
$C_{a2}^{(1)2} =$	$C_{a2}^{K(1)2} (€/g)$	n° giorni/anno							
	€ 432.00	153						€ 66,096.00	€/anno
$C_{ut2}^{(1)2} =$	$C_{a2}^{(1)2} (€/anno)$	n° anni	$s (%)$						
	€ 66,096.00	5	$(1 + 0.055)^5 =$					€ 252,862.00	€

arco 3

$C_a^{(1)3} =$	$\frac{x1 (qa)}{t_{turn} + C_{0day} (s)}$	$p1$	$+$	$\frac{x2 (qa)}{consumo carb (l/Km)}$	$l_{arco} (Km)$	$p2$	$=$	$x2 (qa) =$	
	23	costo utente (€/s) 0.00444		0.332	0.150	costo carb (€/l) 1.70		0.187	0.332
$C_a^{K(1)3} =$	$C_a^{(1)3} (€/v.e.)$	Flusso arco (v.e./h)							
	0.187	540						€ 101.00	€/h
$C_{a3}^{K(1)3} =$	$C_{a3}^{K(1)3} (€/h)$	n° ore/giorno							
	€ 101.00	4						€ 404.00	€/giorno
$C_{a3}^{(1)3} =$	$C_{a3}^{K(1)3} (€/g)$	n° giorni/anno							
	€ 404.00	153						€ 61,812.00	€/anno
$C_{ut3}^{(1)3} =$	$C_{a3}^{(1)3} (€/anno)$	n° anni	$s (%)$						
	€ 61,812.00	5	$(1 + 0.055)^5 =$					€ 236,472.00	€

arco 4

$C_a^{(1)4} =$	$\frac{x1 (qa)}{t_{turn} + C_{0day} (s)}$	$p1$	$+$	$\frac{x2 (qa)}{consumo carb (l/Km)}$	$l_{arco} (Km)$	$p2$	$=$	$x2 (qa) =$	
	53	costo utente (€/s) 0.00444		0.068	0.300	costo carb (€/l) 1.70		0.27	0.068
$C_a^{K(1)4} =$	$C_a^{(1)4} (€/v.e.)$	Flusso arco (v.e./h)							
	0.27	540						€ 146.00	€/h
$C_{a4}^{K(1)4} =$	$C_{a4}^{K(1)4} (€/h)$	n° ore/giorno							
	€ 146.00	4						€ 584.00	€/giorno
$C_{a4}^{(1)4} =$	$C_{a4}^{K(1)4} (€/g)$	n° giorni/anno							
	€ 584.00	153						€ 89,352.00	€/anno
$C_{ut4}^{(1)4} =$	$C_{a4}^{(1)4} (€/anno)$	n° anni	$s (%)$						
	€ 89,352.00	5	$(1 + 0.055)^5 =$					€ 341,831.00	€

$C_a^{(1) N-S} =$ € 1,128,512.00

arco 1

$$Q_{a1}^{(1)} = \frac{n^{\circ} \text{ giorni/anno}}{153} \cdot \frac{\text{Flusso arco (v.e./h)}}{440} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ ore/giorno}}{4} = 269280 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{a1}^{(1)} = \frac{\text{(costo/corsia/anno)}}{\text{€ 1,800.00}} \text{ (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{aa1}^{(1)} = \frac{E_{a1}^{(1)} \text{ (€costo/anno)}}{\text{€ 1,800.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ anni}}{5} \cdot (1 + \frac{s \text{ (\%)}}{0.055})^n = \text{€ 6,886.00 €}$$

arco 2

$$Q_{a2}^{(1)} = \frac{n^{\circ} \text{ giorni/anno}}{153} \cdot \frac{\text{Flusso arco (v.e./h)}}{565} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ ore/giorno}}{4} = 345780 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{a2}^{(1)} = \frac{\text{(costo/corsia/anno)}}{\text{€ 2,000.00}} \text{ (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 350.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{aa2}^{(1)} = \frac{E_{a2}^{(1)} \text{ (€costo/anno)}}{\text{€ 2,000.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ anni}}{5} \cdot (1 + \frac{s \text{ (\%)}}{0.055})^n = \text{€ 7,651.00 €}$$

archi 3 - 4

$$Q_{a3-4}^{(1)} = \frac{n^{\circ} \text{ giorni/anno}}{153} \cdot \frac{\text{Flusso arco (v.e./h)}}{540} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ ore/giorno}}{4} = 330480 \text{ v.e./corsia/anno}$$

$$E_{a3-4}^{(1)} = \frac{\text{(costo/corsia/anno)}}{\text{€ 4,000.00}} \text{ (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 350.000 v.e./corsia/anno)}$$

$$C_{aa3-4}^{(1)} = \frac{E_{a3-4}^{(1)} \text{ (€costo/anno)}}{\text{€ 4,000.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ anni}}{5} \cdot (1 + \frac{s \text{ (\%)}}{0.055})^n = \text{€ 15,303.00 €}$$

$$C_{aa}^{(1)} \text{ N-S} = \text{€ 29,840.00}$$

Arteria S-N

arco 5

$$C_a^{(7)} = \frac{x1 \text{ (qa)}}{I_{\text{max}} + C_{a10y} \text{ (S)}} \cdot \frac{p1}{\text{costo utente (€/s)}} + \frac{x2 \text{ (qa)}}{\text{consumo carb (l/Km)}} \cdot \frac{p2}{\text{costo carb (€/l)}} = \frac{x2 \text{ (qa)}}{\text{€/v.e.}} = 0.071$$

$$C_{aa}^{(KA)(7)} = \frac{C_a^{(7)} \text{ (€/v.e.)}}{0.254} \cdot \frac{\text{Flusso arco (v.e./h)}}{440} = \text{€ 112.00 €/h}$$

$$C_{aa}^{(K1)(7)} = \frac{C_{aa}^{(KA)(7)} \text{ (€/h)}}{\text{€ 112.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ ore/giorno}}{4} = \text{€ 448.00 €/giorno}$$

$$C_{aa}^{(1)(7)} = \frac{C_{aa}^{(K1)(7)} \text{ (€/g)}}{\text{€ 448.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ giorni/anno}}{153} = \text{€ 68,544.00 €/anno}$$

$$C_{aa}^{(7)} = \frac{C_{aa}^{(1)(7)} \text{ (€/anno)}}{\text{€ 68,544.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ anni}}{5} \cdot (1 + \frac{s \text{ (\%)}}{0.055})^n = \text{€ 262,227.00 €}$$

arco 5

$$C_a^{(7)} = \frac{x1 \text{ (qa)}}{I_{\text{max}} + C_{a10y} \text{ (S)}} \cdot \frac{p1}{\text{costo utente (€/s)}} + \frac{x2 \text{ (qa)}}{\text{consumo carb (l/Km)}} \cdot \frac{p2}{\text{costo carb (€/l)}} = \frac{x2 \text{ (qa)}}{\text{€/v.e.}} = 0.298$$

$$C_{aa}^{(KA)(7)} = \frac{C_a^{(7)} \text{ (€/v.e.)}}{0.183} \cdot \frac{\text{Flusso arco (v.e./h)}}{365} = \text{€ 87.00 €/h}$$

$$C_{aa}^{(K1)(7)} = \frac{C_{aa}^{(KA)(7)} \text{ (€/h)}}{\text{€ 87.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ ore/giorno}}{4} = \text{€ 288.00 €/giorno}$$

$$C_{aa}^{(1)(7)} = \frac{C_{aa}^{(K1)(7)} \text{ (€/g)}}{\text{€ 288.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ giorni/anno}}{153} = \text{€ 41,004.00 €/anno}$$

$$C_{aa}^{(7)} = \frac{C_{aa}^{(1)(7)} \text{ (€/anno)}}{\text{€ 41,004.00}} \cdot \frac{n^{\circ} \text{ anni}}{5} \cdot (1 + \frac{s \text{ (\%)}}{0.055})^n = \text{€ 158,888.00 €}$$

arco 7		x1 (qa)	p1		x2 (qa)	p2		x2 (qa)=	0.22
		$t_{\text{max}} + C_{\text{max}}(S)$	costo utente (€/s)	+	consumo carb (l/h)	t_{max} (Km)	costo carb (€/l)		
$C_{a7}^{(0)}$	=	27	0.00444		0.22	0.200	1.70	=	0.195
$C_{a7}^{(0)}$	=	$C_{a7}^{(0)}$ (€/v.e.)	Flusso arco (v.e./h)						€/v.e
$C_{a7}^{(0)}$	=	0.195	400	=	€ 78.00				€/h
$C_{a7}^{(0)}$	=	$C_{a7}^{(0)}$ (€/h)	n° ore/giorno						€/giorno
$C_{a7}^{(0)}$	=	€ 78.00	4	=	€ 312.00				
$C_{a7}^{(0)}$	=	$C_{a7}^{(0)}$ (€/g)	n° giorni/anno						€/anno
$C_{a7}^{(0)}$	=	€ 312.00	153	=	€ 47,736.00				
$C_{a7}^{(0)}$	=	$C_{a7}^{(0)}$ (€/anno)	n° anni	s (%)					
$C_{a7}^{(0)}$	=	€ 47,736.00	5	(1+ 0.065) ⁵	=	€ 182,822.00			€

arco 8		x1 (qa)	p1		x2 (qa)	p2		x2 (qa)=	0.08
		$t_{\text{max}} + C_{\text{max}}(S)$	costo utente (€/s)	+	consumo carb (l/h)	t_{max} (Km)	costo carb (€/l)		
$C_{a8}^{(0)}$	=	44	0.00444		0.08	0.200	1.70	=	0.223
$C_{a8}^{(0)}$	=	$C_{a8}^{(0)}$ (€/v.e.)	Flusso arco (v.e./h)						€/v.e
$C_{a8}^{(0)}$	=	0.223	335	=	€ 76.00				€/h
$C_{a8}^{(0)}$	=	$C_{a8}^{(0)}$ (€/h)	n° ore/giorno						€/giorno
$C_{a8}^{(0)}$	=	€ 75.00	4	=	€ 300.00				
$C_{a8}^{(0)}$	=	$C_{a8}^{(0)}$ (€/g)	n° giorni/anno						€/anno
$C_{a8}^{(0)}$	=	€ 300.00	153	=	€ 45,900.00				
$C_{a8}^{(0)}$	=	$C_{a8}^{(0)}$ (€/anno)	n° anni	s (%)					
$C_{a8}^{(0)}$	=	€ 45,900.00	5	(1+ 0.065) ⁵	=	€ 175,598.00			€

$C_{a7}^{(0)}$ S-N = € 777,315.00

arco 5		n° giorni/anno	Flusso arco (v.e./h)	n° ore/giorno		
$q_{a5}^{(0)}$	=	153	440	4	=	269280 v.e./corsia/anno
$E_{a5}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	(costo/corsia/anno) (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)			
$C_{a5}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	n° anni	s (%)		
$C_{a5}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	5	(1+ 0.065) ⁵	=	€ 9,888.00 €

arco 6		n° giorni/anno	Flusso arco (v.e./h)	n° ore/giorno		
$q_{a6}^{(0)}$	=	153	365	4	=	223380 v.e./corsia/anno
$E_{a6}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	(costo/corsia/anno) (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)			
$C_{a6}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	n° anni	s (%)		
$C_{a6}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	5	(1+ 0.065) ⁵	=	€ 9,888.00 €

arco 7		n° giorni/anno	Flusso arco (v.e./h)	n° ore/giorno		
$q_{a7}^{(0)}$	=	153	400	4	=	244800 v.e./corsia/anno
$E_{a7}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	(costo/corsia/anno) (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)			
$C_{a7}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	n° anni	s (%)		
$C_{a7}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	5	(1+ 0.065) ⁵	=	€ 9,888.00 €

arco 8		n° giorni/anno	Flusso arco (v.e./h)	n° ore/giorno		
$q_{a8}^{(0)}$	=	153	335	0.00444	=	227.5722 v.e./corsia/anno
$E_{a8}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	(costo/corsia/anno) (1/3 rispetto al corrispondente valore nell'ipotesi neutra, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)			
$C_{a8}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	n° anni	s (%)		
$C_{a8}^{(0)}$	=	€ 1,800.00	4	(1+ 0.065) ⁴	=	€ 6,508.00 €

$C_{a8}^{(0)}$ S-N = € 26,167.00

Arteria S-N-E

arco 7

$C_{a7}^{(0)}$	$x1 (qa)$ $t_{turn} + c_{delay} (s)$ 53	$p1$ costo utente (€/s) 0.00444	+	$x2 (qa)$ consumo carb (l/Km) 0.068	$l_{arco} (Km)$ 0.220	$p2$ costo carb (€/l) 1.70	=	$x2 (qa) =$ 0.068	0.261
$C_{a7}^{t(0)}$	$C_{a7}^{(0)}$ (€/v.e.) 0.261	Flusso arco (v.e./h) 270	=	$€ 70.00$	€/h				
$C_{a7}^{h(0)}$	$C_{a7}^{t(0)}$ (€/h) € 70.00	n° ore/giorno 4	=	$€ 280.00$	€/giorno				
$C_{a7}^{g(0)}$	$C_{a7}^{h(0)}$ (€/g) € 280.00	n° giorni/anno 153	=	$€ 42,840.00$	€/anno				
$C_{ut7}^{(0)}$	$C_{a7}^{g(0)}$ (€/anno) € 42,840.00	n° anni 5	$(1 + s (%))^{n^{\circ}}$	0.055	=	$€ 163,892.00$	€		

arco 9

$C_{a8}^{(0)}$	$x1 (qa)$ $t_{turn} + c_{delay} (s)$ 23	$p1$ costo utente (€/s) 0.00444	+	$x2 (qa)$ consumo carb (l/Km) 0.332	$l_{arco} (Km)$ 0.070	$p2$ costo carb (€/l) 1.70	=	$x2 (qa) =$ 0.332	0.142
$C_{a8}^{t(0)}$	$C_{a8}^{(0)}$ (€/v.e.) 0.142	Flusso arco (v.e./h) 310	=	$€ 44.00$	€/h				
$C_{a8}^{h(0)}$	$C_{a8}^{t(0)}$ (€/h) € 44.00	n° ore/giorno 4	=	$€ 176.00$	€/giorno				
$C_{a8}^{g(0)}$	$C_{a8}^{h(0)}$ (€/g) € 176.00	n° giorni/anno 153	=	$€ 26,928.00$	€/anno				
$C_{ut8}^{(0)}$	$C_{a8}^{g(0)}$ (€/anno) € 26,928.00	n° anni 5	$(1 + s (%))^{n^{\circ}}$	0.055	=	$€ 103,018.00$	€		

$C_{ut}^{(0)}$ S-N-E = € 266,910.00

arco 7

$q_{a7}^{t(0)}$	n° giorni/anno 153	Flusso arco (v.e./h) 270	n° ore/giorno 4	=	165240 v.e./corsia/anno		
$E_{a7}^{t(0)}$	(costo/corsia/anno) € 5,700.00	(tratto lungh. 220 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino a 300.000 v.e./corsia/anno)					
$C_{es7}^{t(0)}$	$E_{a7}^{t(0)}$ (€/corsia/anno) € 5,700.00	n° anni 5	$(1 + s (%))^{n^{\circ}}$	0.055	=	$€ 21,806.00$	€

arco 9

$q_{a8}^{t(0)}$	n° giorni/anno 153	Flusso arco (v.e./h) 310	n° ore/giorno 4	=	189720 v.e./corsia/anno		
$E_{a8}^{t(0)}$	(costo/corsia/anno) € 2,000.00	(tratto lungh. 70 ml per largh. 5 ml, spess. tappetino 3 cm, sino da 300.000 v.e./corsia/anno)					
$C_{es8}^{t(0)}$	$E_{a8}^{t(0)}$ (€/corsia/anno) € 2,000.00	n° anni 5	$(1 + s (%))^{n^{\circ}}$	0.055	=	$€ 7,651.00$	€

$C_{es}^{(0)}$ S-N-E = € 29,457.00

Riepilogo $\underline{C}^{(1)}$, $\underline{C}_{ut}^{(1)}$ e $\underline{C}_{es}^{(1)}$ cumulati tra tutti gli archi delle arterie analizzate:

$\underline{C}_{ut}^{(1)}$	€ 2.172.737,00
$\underline{C}_{es}^{(1)}$	€ 85.464,00
$\underline{C}^{(1)}$	€ 2.258.201,00

Riepilogo $\underline{C}^{(1)}$, $\underline{C}_{ut}^{(1)}$ e $\underline{C}_{es}^{(1)}$ cumulati come sopra ma con previsione a 15 anni:

$\underline{C}_{ut}^{(1)}$	€ 6.419.876,00
$\underline{C}_{es}^{(1)}$	€ 182.257,00
$\underline{C}^{(1)}$	€ 6.602.133,00

■ DETERMINAZIONE DI K (CAPITALE INVESTITO IN OPERE EDILI-INFRASTR.)

**CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA per
OPERE LEGATE ALLO STUDIO DI FATTIBILITA'**

*: Prezzi di rif. CCIAA Modena 2012 - Prezzi Provved. OO.PP. E-Romagna 2012

Opere infrastrutturali

1) Scavi, splateamenti, sbancamenti	mc	3500	→	€ 35,000.00
2) Fresature asfalti	mq.	1700		€ 5,000.00
3) Inghiaiaiamenti	sabbia mc	500	→	€ 13,000.00
	ghiaia mc	1750	→	€ 82,000.00
	misto stab. mc	750	→	€ 30,000.00
4) Asfaltature	binder q.li	9850	→	€ 80,000.00
	tappeto mq	7500	→	€ 53,000.00
	ricopert. parcheggi mq	10000	→	€ 45,000.00
5) Cordoli, cunette, caditoie, pozzetti				
	cordoli ml	2700	→	€ 88,000.00
	cunette ml	2700	→	€ 88,000.00
	caditoie n°	80	→	€ 10,000.00
	pozzetti n°	80	→	€ 18,000.00
	cord. Rotat. ml	200	→	€ 10,000.00
6) Op. idrauliche	allont. acque ml	125	→	€ 10,000.00
7) Segn. stradale (vert. e orizzont.)	a corpo	1	→	€ 30,000.00
8) Trattamento parcheggi con TiO ₂	mq	8000	→	€ 80,000.00
9) Adeguamento impianto I.P.	a corpo	1	→	€ 48,000.00
10) Smantellamento Impianto semaforico	a corpo	1	→	€ 3,000.00
11) Teleguidata per interr. linea ENEL	a corpo	1	→	€ 11,000.00
				€ 675,000.00

Opere edili-impiantistiche

12) Scavi, splateamenti	a corpo	1	→	€ 2,500.00
13) Congl.Cemet.Armato per platee	a corpo	1	→	€ 7,500.00
14) Passerella pedonale e scale in carpenteria metallica		1	→	€ 90,000.00
15) Ascensori (n°2)	a corpo	1	→	€ 40,000.00
				€ 140,000.00

Opere in economia

16) Opere con liste settimanali	a corpo	1	→	€ 45,000.00
---------------------------------	---------	---	---	-------------

Oneri per la sicurezza

17) Oneri per la sicurezza	a corpo	1	→	€ 20,000.00
----------------------------	---------	---	---	-------------

Tot. Opere Edili-Infrastr. **€ 880,000.00**

Somme a disposizione dell'Ente

18) Imprevisti 5%	a corpo	1	→	€ 44,000.00
19) Opere previste in progetto ma escluse dall'appalto :				
- opere di verde (abbattimenti nuove piantumazioni)	a corpo	1	→	€ 30,000.00
20) Contributo ENEL, AIMAG, Telecom	a corpo	1	→	€ 23,000.00
21) Spese tecniche interne 2%	a corpo	1	→	€ 17,800.00
22) Spese generali, collaudi prove di laborat., indagini	a corpo	1	→	€ 17,400.00
23) IVA 10%	a corpo	1	→	€ 88,000.00
				€ 220,000.00

Tot. Somme a disposiz. **€ 220,000.00**

Totale Studio Fattibilità € 1,100,000.00

3.4- Soluzione integrativa per l'ulteriore abbattimento del carico delle emissioni inquinanti nell'area in studio.

Un' applicazione in uso negli ultimi anni ai fini dell'ulteriore abbattimento delle emissioni inquinanti nella viabilità urbana risiede nell'impiego dei cosiddetti prodotti "anti-smog".

Ne esistono in commercio varie produzioni, ma ciò che più qui interessa è valutare il carico di abbattimento degli inquinanti trattati nel presente studio, già oggetto di una sensibile riduzione in seguito alle modifiche apportate con l'ipotesi progettuale considerata.

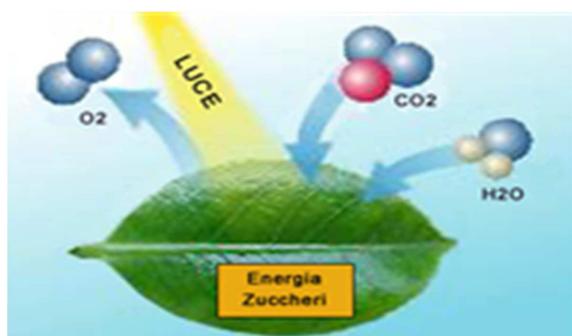
Occorre primariamente riportare una breve descrizione sulle caratteristiche e le peculiarità di tali prodotti al fine di valutarne poi l'efficacia in base ai trattamenti sperimentali e reali di applicazione già eseguite su tratti di strade in alcune parti d'Italia.

COS'È IL TiO_2

Il preparato antismog con base di biossido al titanio è il frutto di una ricerca mirata alla riduzione dell'inquinamento atmosferico urbano.

Gli agenti inquinanti, causati dalla combustione di idrocarburi nei motori a scoppio, nelle caldaie industriali e civili, sono costituiti in prevalenza da ossidi di carbonio (CO_x), di azoto (NO_x), di zolfo (SO_x) e da residui incombusti organici (COV , carbonio organico volatile) di varia natura quali benzene, toluene, xileni ecc.

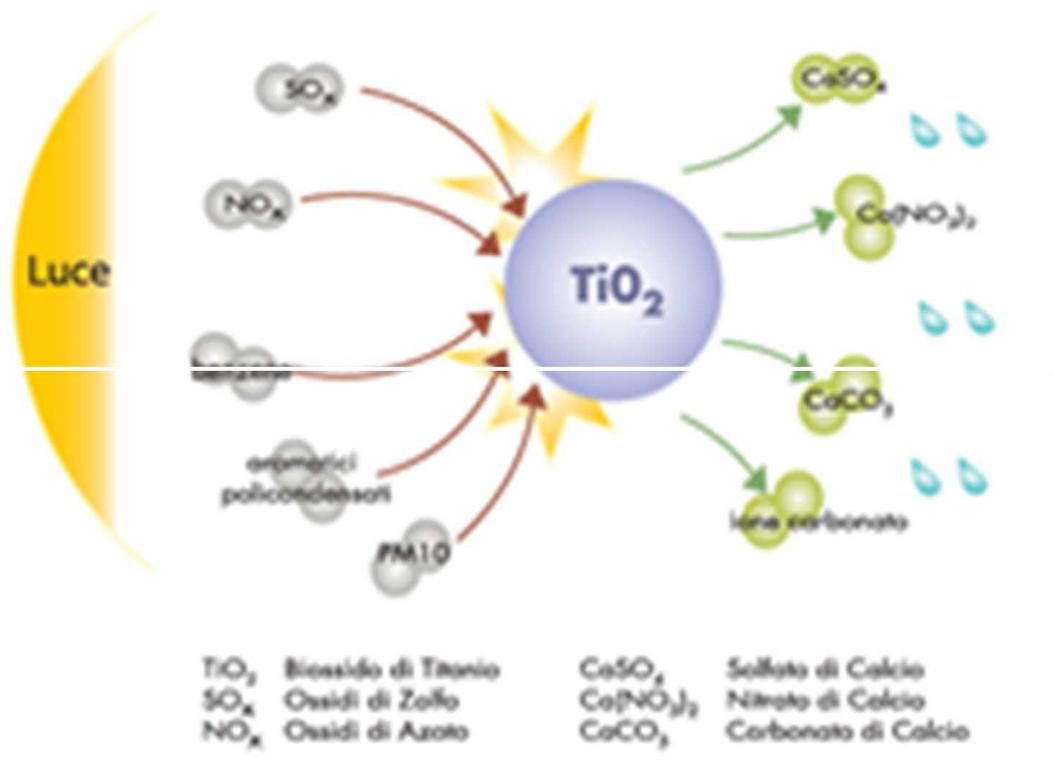
Il biossido di titanio nasce dall'idea di trasformare le ampie superfici stradali urbane, in veri e propri "reattori anti-smog", paragonabili per funzionamento alla fotosintesi vegetale, sfruttare cioè l'energia solare per trasformare chimicamente le anidridi ed i vapori organici contenuti nell'aria.



1 - Fotosintesi vegetale

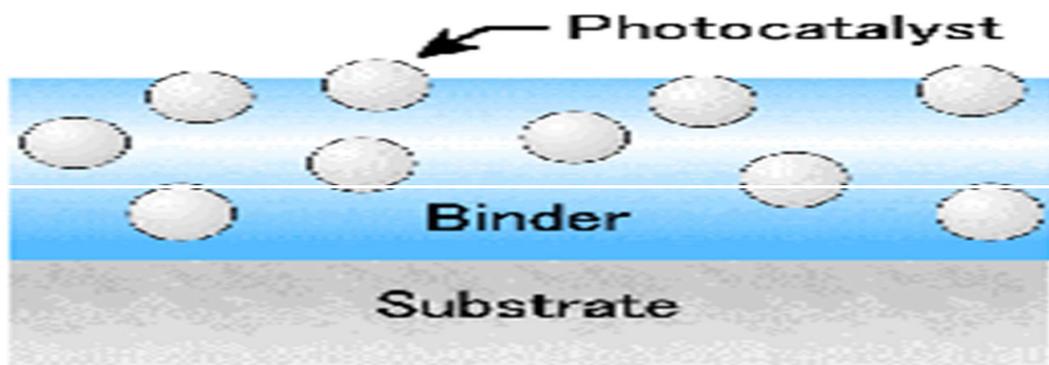
COME FUNZIONA IL TiO₂

Il TiO₂ è costituito da una miscela nanodimensionale di specifici ossidi di titanio ed altri metalli fotocatalitici, in proporzioni atte a garantire un'efficace azione ossido-fotocatalitica anche in situazioni di ridotto irraggiamento solare.



2 – Fotocatalisi

La miscela catalitica è dispersa in resine inorganiche siliconiche capaci di mantenere in sospensione le particelle attive durante la nebulizzazione su strada e di svolgere su di esse un'azione ancorante al bitume, senza tuttavia compromettere la stabilità del conglomerato di supporto.



3 – Azione del TiO₂

COME SI APPLICA IL TiO₂

Si applica su qualsiasi superficie (conglomerato bituminoso, calcestruzzo, intonaco, pietra, ecc). La superficie trattata deve essere opportunamente e preventivamente pulita, al fine di garantire l'adesione perfetta della sostanza fotocatalitica alla superficie stradale. Il prodotto è carrabile dopo circa 1h dalla stesa in condizioni di temperatura ottimale. Nel caso di applicazione su sede stradale, per aumentarne l'efficacia del trattamento, è preferibile utilizzare il TiO₂ su tappeti nuovi con una percentuale di vuoti superiore all'8%. Si può applicare altresì su vecchie pavimentazioni. I risultati vanno verificati tramite prove di laboratorio eseguite in rapporto alla vigente norma UNI 11287 e successive modificazioni:

"Determinazione dell'attività di degradazione di ossidi di azoto in aria da parte di materiali inorganici fotocatalitici".

RISULTATI OTTENUTI NELLE APPLICAZIONI REALIZZATE

Da rilievi in campo eseguiti prima e dopo la stesa di tale prodotto, sono stati mediamente riscontrati abbattimenti notevole del carico emissivo-inquinante con riguardo agli NO_x, SO_x ed al CO (valori oltre il 30%).

Sarebbe quindi auspicabile ritenere fattibile una riduzione ulteriore del carico emissivo-inquinante dei medesimi fattori per il tratto dell'area studio, stimando, in via cautelativa, **un abbattimento del 10 % sui valori già ridotti del carico di NO_x, PM e CO** calcolati in base alla riqualificazione della circolazione, riassumendo come segue i valori pre-trattamento (come desunti al § 2.3.3) e post-trattamento (valori stimati):

Tabella con i valori post-ipotesi progettuale (§ 2.3.3)

Inquinante	Carico orario	Carico annuo
CO	4,63	2.778
PM	0,0306	18,40
NO _x	0,465	279,24

Tabella con i valori post-trattamento al TiO₂

Inquinante	Carico orario	Carico annuo
CO	4,17	2.502
PM	0,0275	16,52
NO _x	0,419	251,10

3.5- Risultato dell'analisi B/C.

CNR 91/83

A seguito dei valori dei costi utenza e d'esercizio riportati nei §§ 3.2 e 3.3 si determina in base alla CNR 91/83 il valore del beneficio netto ai 5 e 15 anni dall'investimento, nonché il valore di redditività ρ del medesimo.

$$\underline{B}_{5\text{anni}} = \text{€ } 3.506.289 - (\text{€ } 2.258.201 + \text{€ } 1.100.000) \approx \text{€ } 148.000$$

$$\underline{B}_{15\text{anni}} = \text{€ } 10.518.869 - (\text{€ } 6.602.133 + \text{€ } 1.100.000) \approx \text{€ } 2.817.000$$

$$\rho_{5\text{anni}} = (\text{€ } 3.506.289 - \text{€ } 2.258.201) / \text{€ } 1.100.000 \approx \underline{1,14} > 0$$

$$\rho_{15\text{anni}} = (\text{€ } 10.518.869 - \text{€ } 6.602.133) / \text{€ } 1.100.000 \approx \underline{3,56} > 0$$

(Prospetto con spesa investimento interamente con fondi Amm.ne Comunale)

Il prospetto di cui sopra non contempla la possibilità, fra l'altro esperita presso l'Ufficio Patrimonio Comunale, di poter cedere in base alle previsioni di dismissione di parte del demanio dell'Ente, per un ammontare di circa € 500.000 (in via preliminare sono stati opzionati, su indicazione dell'ufficio menzionato, l'ex scuola elementare di S. Croce, il Casino Magiera a Budrione, il terreno di risulta dell'ex scuola elementare (demolita a seguito del sisma 2012) di Cortile di Carpi). Il prospetto si riformula con i seguenti valori:

$$\underline{B}_{5\text{anni}} = \text{€ } 3.506.289 - (\text{€ } 2.258.201 + \text{€ } 600.000) \approx \text{€ } 648.000$$

$$\underline{B}_{15\text{anni}} = \text{€ } 10.518.869 - (\text{€ } 6.602.133 + \text{€ } 600.000) \approx \text{€ } 3.317.000$$

$$\rho_{5\text{anni}} = (\text{€ } 3.506.289 - \text{€ } 2.258.201) / \text{€ } 600.000 \approx \underline{2,09} > 0$$

$$\rho_{15\text{anni}} = (\text{€ } 10.518.869 - \text{€ } 6.602.133) / \text{€ } 600.000 \approx \underline{6,53} > 0$$

(Prospetto con spesa investimento parzialmente con nuovi fondi Amm.ne Comunale)

Ulteriore abbattimento dei costi di capitale investito potrebbe venire infine dalla possibilità, legata al periodo in cui si dovesse programmare la

progettazione esecutiva dello studio di fattibilità, di poter attingere a bandi di carattere nazionale (Min. Ambiente/Infrastrutture) o sovranazionale - UE (Fondi Strutturali, di Coesione, ecc..) anche in aggiunta alla dismissione di patrimonio comunale come sopra evidenziata.

VANE, SRIE (o TIRE) – (PARAMETRI PER FINANZ. UE)

Tali indicatori servono a valutare l'analisi socio-economica intesa come “desiderabilità sociale del progetto”

Il giudizio di convenienza (o desiderabilità) economico-sociale del progetto viene sintetizzato nel calcolo di indici che, in questo caso, sono rappresentati da:

- **Valore Attuale Netto Economico (VANE)**, ovvero la sommatoria dei saldi annuali tra costi e benefici generati dal progetto, scontati ad un tasso predefinito;
- **Tasso Interno di Rendimento Economico (TIRE)** (in letteratura detto anche **SRI, saggio di rendimento interno**), ovvero il valore del tasso che, applicato come sconto ai saldi annuali costi-benefici, rende il valore del VANE pari a 0 (nullo);
- **Rapporto B/C**, ovvero il rapporto dei valori attuali dei costi e dei benefici.

Si dirà che il progetto si manifesta conveniente dal punto di vista della collettività se:

- $VANE > 0$;
- $TIRE > \text{tasso di riferimento}$;
- $B/C > 1$.

Il tasso di sconto utilizzato in questo caso assume una valenza particolare connotandosi come tasso di sconto sociale, ovvero come termine di comparazione tra:

- l'impegno di risorse pubbliche (presente) richiesto dal progetto e
- i benefici netti (futuri) che esso apporterà alla collettività.

Si tratta di una misura dell'utilità pubblica nelle scelte intertemporali sulla base della quale viene stabilito il valore relativo dei costi e dei benefici generati dal progetto lungo tutto l'arco della sua vita utile (o dell'arco di vita indagato dalla presente valutazione).

VANE, SRIE e B/C a 5 anni

Anno	Flusso Cassa Netto	$1/(1+r)^n$	=	
0	-1100000	1	=	-1100000
1	267128	0.9479	=	253211
2	267128	0.8985	=	240015
3	267128	0.8516	=	227486
4	267128	0.8072	=	215626
5	267128	0.7651	=	204380
				VANE 5 anni € 40,718.00

r **5.50%**

0	-1100000	1	=	-1100000
1	267128	0.9360	=	250032
2	267128	0.8760	=	234004
3	267128	0.8200	=	219045
4	267128	0.7675	=	205021
5	267128	0.7183	=	191878
				€ 0.00

SRIE o TIRE 6.84% > 5.50%

B/C (5 anni) 1.037 > 1

(Prospetto con spesa investimento interamente con nuovi fondi Anmm.ne Comunale)

VANE, SRIE e B/C a 15 anni

Anno	Flusso Cassa Netto	$1/(1+r)^n$	=	
0	-1100000	1	=	-1100000
1	267128	0.9479	=	253211
2	267128	0.8985	=	240015
3	267128	0.8516	=	227486
4	267128	0.8072	=	215626
5	267128	0.7651	=	204380
6	267128	0.7252	=	193721
7	267128	0.6874	=	183624
8	267128	0.6516	=	174061
9	267128	0.6176	=	164978
10	267128	0.5854	=	156377
11	267128	0.5549	=	148229
12	267128	0.5260	=	140509
13	267128	0.4986	=	133190
14	267128	0.4726	=	126245
15	267128	0.4479	=	119647
				VANE € 1,581,299.00

r **5.50%**

	-1100000	1	=	-1100000
1	267128	0.8115	=	216774
2	267128	0.6586	=	175931
3	267128	0.5344	=	142753
4	267128	0.4337	=	115853
5	267128	0.3520	=	94029
6	267128	0.2856	=	76292
7	267128	0.2318	=	61920
8	267128	0.1881	=	50247
9	267128	0.1526	=	40764
10	267128	0.1239	=	33097
11	267128	0.1005	=	26846

12	267128	0.0816	=	21798
13	267128	0.0662	=	17684
14	267128	0.0537	=	14345
15	267128	0.0436	=	11647
				€ 0.00

SRIE o TIRE **23.23%** > **5.50%**

B/C (15 anni) **2.438** > **1**

(Prospetto con spesa investimento interamente con nuovi fondi Amm.ne Comunale)

VANE, SRIE e B/C a 5 anni (con vendita demanio comunale)

0	-1100000	500000	1	=	-600000	
1	267128		0.9479	=	253211	
2	267128		0.8985	=	240015	
3	267128		0.8516	=	227486	€ 120,712.00
4	267128		0.8072	=	215626	
5	267128		0.7651	=	204380	
					VANE	€ 540,718.00
r	5.50%					

0	-1100000	500000	1	=	-600000	
1	267128		0.7443	=	198823	
2	267128		0.5540	=	147989	
3	267128		0.4124	=	110164	
4	267128		0.3069	=	81982	
5	267128		0.2285	=	61039	
					€ 0.00	

SRIE o TIRE **34.35%** > **5.50%**

B/C (5 anni) **1.9012** > **1**

VANE, SRIE e B/C a 15 anni (con vendita demanio comunale)

	-1100000	500000	1	=	-600000	
1	267128		0.9479	=	253211	
2	267128		0.8985	=	240015	
3	267128		0.8516	=	227486	
4	267128		0.8072	=	215626	
5	267128		0.7651	=	204380	
6	267128		0.7252	=	193721	
7	267128		0.6874	=	183624	
8	267128		0.6516	=	174061	
9	267128		0.6176	=	164978	
10	267128		0.5854	=	156377	
11	267128		0.5549	=	148229	
12	267128		0.526	=	140509	
13	267128		0.4986	=	133190	
14	267128		0.4726	=	126245	
15	267128		0.4479	=	119647	
					VANE	€ 2,081,299.00
r	5.50%					

	-1100000	500000	1	=	-600000	
1	267128		0.6928	=	185066	
2	267128		0.4799	=	128195	
3	267128		0.3325	=	88820	
4	267128		0.2304	=	61546	

5	267128	0.1596	=	42634
6	267128	0.1106	=	29544
7	267128	0.0766	=	20462
8	267128	0.0531	=	14184
9	267128	0.0368	=	9830
10	267128	0.0255	=	6812
11	267128	0.0176	=	4701
12	267128	0.0122	=	3259
13	267128	0.0085	=	2271
14	267128	0.0059	=	1576
15	267128	0.0041	=	1095
				<hr/>
				€ 0.00

SRIE o TIRE	44.35%	>	5.50%
--------------------	---------------	---	-------

B/C (15 anni)	4.469	>	1
----------------------	--------------	---	---

Conclusioni.

Al termine dei risultati illustrati con il precedente § 3.5, si possono ragionevolmente trarre le seguenti conclusioni:

- 1) L'ipotesi progettuale vagliata, tra quelle inizialmente esposte, risulta essere vincente sotto tutti i principali aspetti considerati;
- 2) In particolare, già dall'esamina dei tempi di percorrenza, degli indicatori di rete, ci si accorge della bontà dell'ipotesi trattata, visto il miglioramento delle velocità medie di percorrenza, soprattutto da N→S, oltre ad un riequilibrio dei flussi con la direzione opposta, sfociando il tutto in un generale miglioramento anche del LOS delle arterie principali (da LOS F ed E a LOS D);
- 3) Altro aspetto focale della trattazione svolta, riguarda il deciso abbattimento del carico emissivo-inquinante dei principali agenti quali CO, NOX, PM10 nonché una sensibile riduzione del fuel consumption, il tutto a vantaggio di una minor emissione a parità di tratta percorsa, al di là delle percorrenze leggermente inferiori rispetto allo status quo (- 4%);
- 4) L'inserimento poi delle intersezioni a rotatoria, trova rispondenza nel rispetto dei valori limite di normativa e delle buone regole di progettazione di tali snodi, in modo da rendere efficace la percorrenza anche ai mezzi pesanti (autobus, autoarticolati) di rara frequenza comunque nel tratto urbano in studio;
- 5) Infine lo studio viene corroborato da positive risultanze derivanti dalle analisi compiute in merito alla relazione benefici-costi, come ampiamente trattata al capitolo 3, con dei rendimenti già buoni in un orizzonte temporale relativamente breve, al fine di compararlo con il normale orizzonte manutentivo che investe i lavori sulle arterie stradali (asfaltature di ordinaria amministrazione, ecc...), avendosi poi dati oltremodo soddisfacenti su un arco temporale più idoneo come quello dei 15 anni, precisando che a favore di sicurezza non è stato

considerato alcun valore residuo dell'opera realizzata, al fine di avere un dato "lordo" che risultasse di per sé ottimale per gli scopi prefissati con la redazione del presente studio di fattibilità.

Per concludere, si richiama l'attenzione sull'approccio metodico impostato ai fini del presente studio di fattibilità, fondato sulla ricerca di almeno una soluzione/alternativa progettuale avente riscontri positivi sotto tutti gli aspetti esaminati, affinché sia auspicabile permettere all'Ente di P.A. interessato ad una valutazione sulla volontà di portare avanti la presente proposta anche per rendere trasparente, motivata e fondata su solide analisi tecnico-economiche una scelta di politica legata ad investimenti che non investono in nuove opere tanto per dovere di realizzarle in ossequio ad una pianificazione prestabilita, ma legano la loro azione istituzionale anche ad interventi volti alla riqualificazione dell'esistente quando questo porti dei benefici alla collettività in termini di minor inquinamento atmosferico, benessere sociale legato al miglior soddisfacimento degli spostamenti quotidiani casa-scuola-lavoro e via dicendo.

Con alto spirito filosofico si vuole chiudere citando K. Popper:

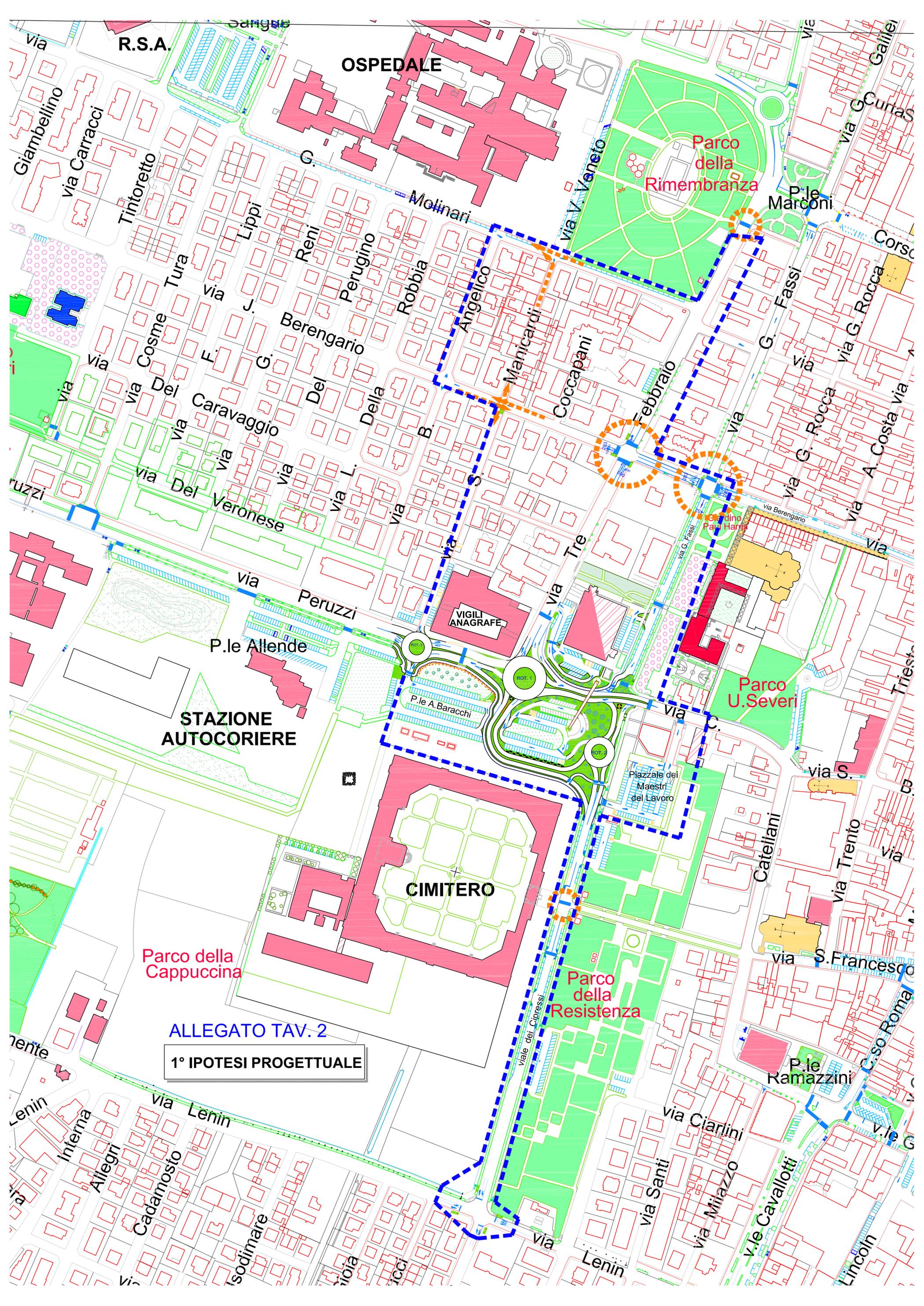
“La creatività è in definitiva lo strumento fondamentale di un esistenzialismo positivo: se di fronte alla vita l'essere umano non è onnipotente, in realtà non è neanche impotente e anche se con sforzo, difficoltà e limitazioni, può esercitare un'opera di trasformazione del mondo che rende la vita un'avventura che non si ferma mai e che in nessun modo può essere ritenuta banale.”

Ing. Maurizio Centofanti

Bibliografia.

- Proff. F. Rupi – A. Simone, *Appunti del corso di Laboratorio in Infrastrutture viarie M-B.*
- Highway Capacity Manual 2000:
chapter 15 – *Urban street.*
chapter 16 – *Signalized Intersections.*
Applicativo *HCS-3 by McTrans*
- Prof. R. Mauro, *Il Calcolo delle Rotatorie – Hevelius Edizioni.*
- “COPERT III” (Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic, Eggleston et al., 1993).
- ACI-ISPRA: *Parco veicolare Prov. Modena anno 2010.*
- Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 19 Aprile 2006, *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.*
- Provincia di Padova, Ass.to alla Viabilità, *Linee guida per la progettazione e la verifica delle intersezioni a rotatoria.*
- Estratto da Seminario Ing. P. Isola - *Metodologia di valutazione di un progetto infrastrutturale secondo i principi comunitari.*
- C.N.R. 91/83 – *Istruzioni per la determinazione della redditività degli investimenti stradali.*
- Iterchimica – *Brochure sugli additivi nelle pavimentazioni stradali, schede tecniche di laboratorio.*
- Estratto P.R.G. 2000 – Comune di Carpi – *Stralcio N.T.A.*
- L.R. Emilia Romagna n°19/2004 – *art. 4 e circolare esplicativa.*

Allegati: Cartografia rappresentativa dello stato attuale e delle ipotesi progettuali



R.S.A.

OSPEDALE

Parco della
Rimembranza

P.le
Marconi

Tintoretto

Tura

via
Cosme

via
Del
Veronese

via
Lippi

via
Berengario

via
Caravaggio

via
Peruzzi

via
Reni

via
Della

via
Veronese

via
Peruzzi

via
Molinari

via
Robbia

via
S.

via
Peruzzi

via
Angelico

via
Manicardi

via
Coccapani

via
Tre

via
Fassio

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
G. Fassio

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

via
G. Rocca

via
A. Costa

via
C.

via
C.

STAZIONE
AUTOCORRIERE

VIGILI
ANAGRAFE

CIMITERO

Parco della
Cappuccina

ALLEGATO TAV. 2

1° IPOTESI PROGETTUALE

Parco della
Resistenza

Parco
U. Severi

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin

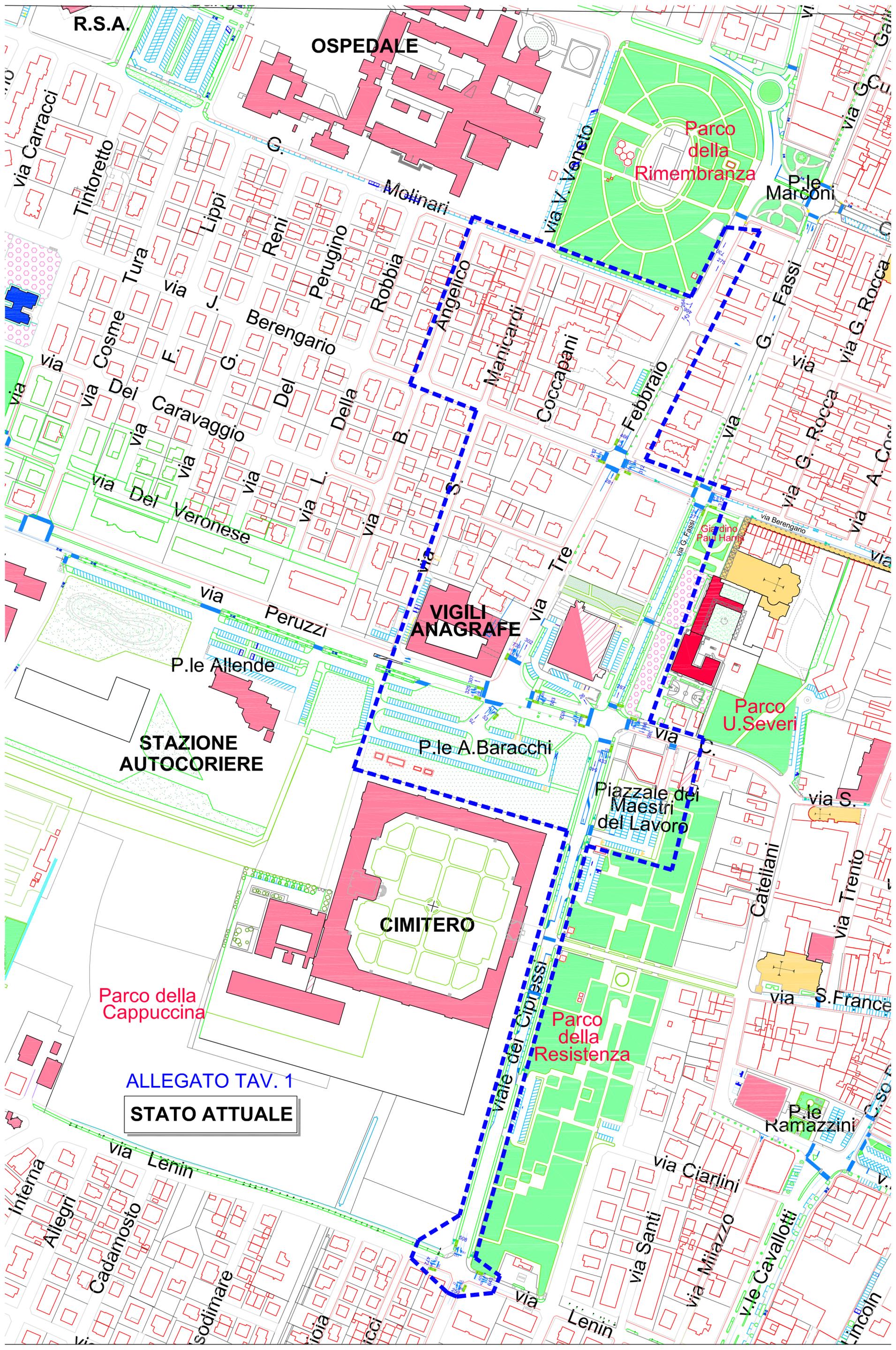
via
Interna

via
Allegri

via
Cadamosto

via
Isodimare

via
Lenin



R.S.A.

OSPEDALE

Parco della Rimembranza

P.le Marconi

VIGILI ANAGRAFE

Parco U. Severi

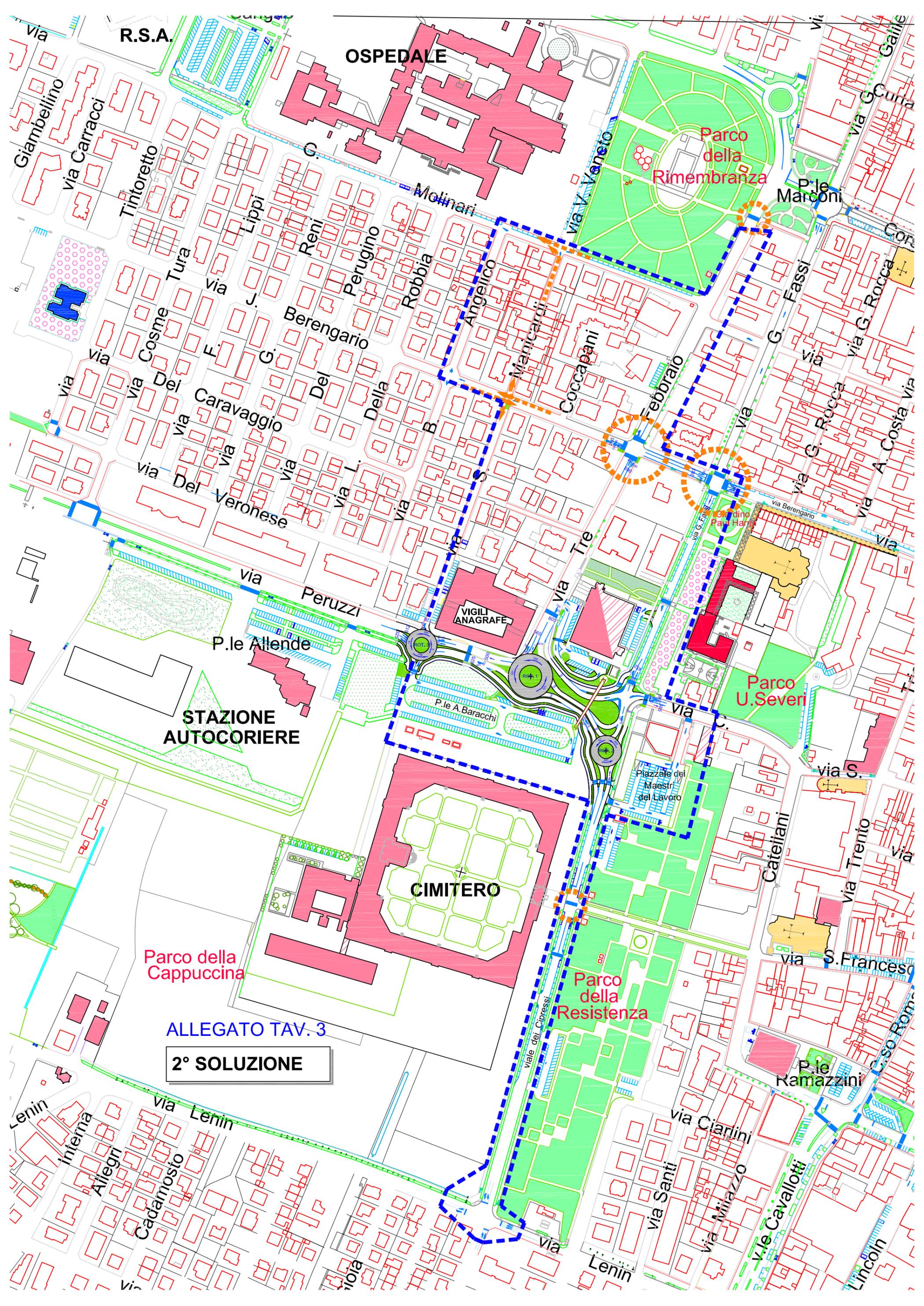
CIMITERO

Parco della Cappuccina

Parco della Resistenza

ALLEGATO TAV. 1
STATO ATTUALE

P.le Ramazzini



OSPEDALE

Parco della Rimembranza

STAZIONE AUTOCORRIERE

CIMITERO

Parco della Cappuccina

Parco della Resistenza

ALLEGATO TAV. 3

2° SOLUZIONE

R.S.A.

VIGILI ANAGRAFE

Parco U. Severi

via Giambellino
via Carracci
Tintoretto

via Lippi
via Reni
via Perugino
via Molinari

via Tura
via J.
via Berengario
via Della

via Caravaggio
via Del
via Veronese

via L.
via G.
via Della

via B.
via S.

via Peruzzi
via Tre

via C.
via Fassi

via G. Rocca
via A. Costa

via S.
via S. Francesco

via S.
via Trento

via S.
via S. Francesco

via Lenin
via Interna
via Allegri
via Cadamosto

via Lenin
via Lenin
via Lenin

