COMUNE DI CASALECCHIO DI RENO

PROGETTO DI VARIANTE AL PUA APPROVATO
Deliberazione n.44 del 20/04/2009
di iniziativa privata nel comparto di espansione residenziale C.3.98 SAPABA
Casalecchio di Reno

Proprietà
Saraceni S.r.l.
Piazza Minghetti 4/D
Bologna

Progetto Architettonico
Mario Cucinella Architects Srl
Via Francesco Flora 6- 40129
Bologna Italia
T +39 051 631 3381 F +39 051 631 3316
mca@mcarchitects.it
www.mcarchitects.it

mario cucinella architects
MC A

Project Manager e Progetto Opere di urbanizzazione
Ing. Stefano Barozzi
Via E.Mattei 14
40045 Budrio (BO)
T +39 051 802601
www.grandesole.it

Grande Sole

Studio del traffico
Ing. Simona Longhi
Via Girolamo Rossi, 85
48121 Ravenna
T +39 366 9708551

Titolo

tavola

ANALISI DEL TRAFFICO E STUDIO DEGLI IMPATTI SULLA VIABILITA'

Codice				Dis.	Contr.	Appr.
consegna						
Data	Scala	Tipo	Rev	N. tavola		
28/01/2019		A	00	3005		

INDICE

1. INQUADRAMENTO	**pag.**	**3**
1.1 L'accessibilità al comparto	**"**	**3**
2. RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE	**"**	**6**
2.1 Premessa	**"**	**6**
2.2 Domanda di trasporto	**"**	**6**
2.3 Offerta di trasporto	**"**	**11**
3. GLI SCENARI PROGETTUALI	**"**	**13**
3.1 Stima della domanda futura	**"**	**13**
4. LA VERIFICA DEGLI ACCESSI	**"**	**27**
4.1 Analisi del funzionamento delle intersezioni	**"**	**27**
4.1.1 Il modello di simulazione	**"**	**29**
4.1.2 I livelli di servizio	**"**	**31**
5. ANALISI DI SICUREZZA	**"**	**43**
5.1 Aspetti normativi e metodologici	**"**	**43**
5.2 Verifica plano-altimetrica	**"**	**44**
5.3 Intersezioni	**"**	**47**
5.4 Analisi mediante "liste di controllo"	**"**	**52**
6. VALUTAZIONI CONCLUSIVE	**"**	**59**

1. INQUADRAMENTO

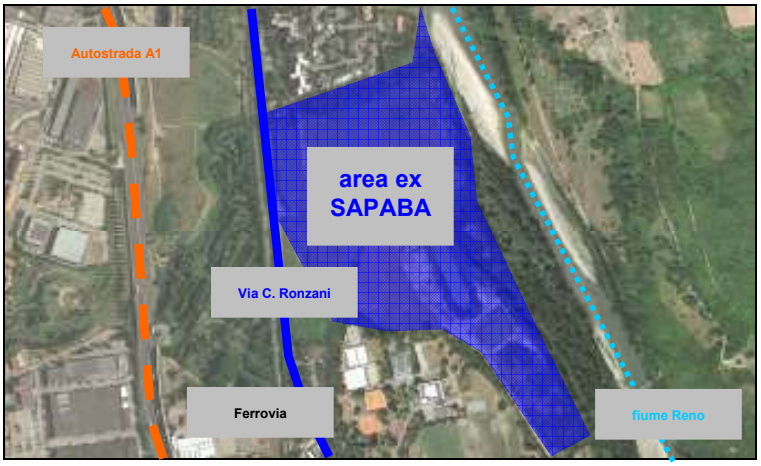
Il presente documento riguarda lo studio del traffico inerente la realizzazione del comparto di espansione residenziale denominato "area ex SAPABA – ambito C.3.98" ubicato a Casalecchio di Reno (BO) lungo via Camillo Ronzani.

Il Piano Particolareggiato è già stato approvato dal Comune di Casalecchio con Deliberazione n. 44 in data 20 aprile 2009 ed ora, volendo ricostruire un quadro organico e coerente con l'avvenuta progettazione inerente il tema del traffico e della mobilità, il lavoro ha adottato una metodologia di analisi e ha sviluppato in particolare uno studio ad hoc che permetta di individuare gli interventi stradali necessari a garantire un livello di servizio sostenibile.

Nello specifico si è provveduto in primo luogo a valutare lo "stato attuale", successivamente a partire da questa configurazione è stata ipotizzata la realizzazione dei lotti che costituiscono il polo abitativo verificando la funzionalità della viabilità e degli schemi di circolazione previsti per garantire l'accessibilità al nuovo comparto ("scenari futuri").

1.1 L'accessibilità al comparto

La zona oggetto di studio è localizzata a sud del centro urbano di Casalecchio di Reno e si sviluppa lungo il lato est di via Camillo Ronzani; il comparto è delimitato a nord da una serie di lotti residenziali privati, a sud da un'area sportiva comunale, ed a est dal bacino del fiume Reno.



Inquadramento territoriale

Si descrive di seguito sinteticamente il progetto, poiché l'esposizione architettonica e urbanistica dettagliata è illustrata nella relazione generale.

L'intervento si estende complessivamente su un'area di superficie complessiva pari a 46.951 mq, comprendente un *'lotto A"* di 11.599 mq, un *'lotto B"* di 16.282 mq e un *'lotto C"* di 19.070 mq.

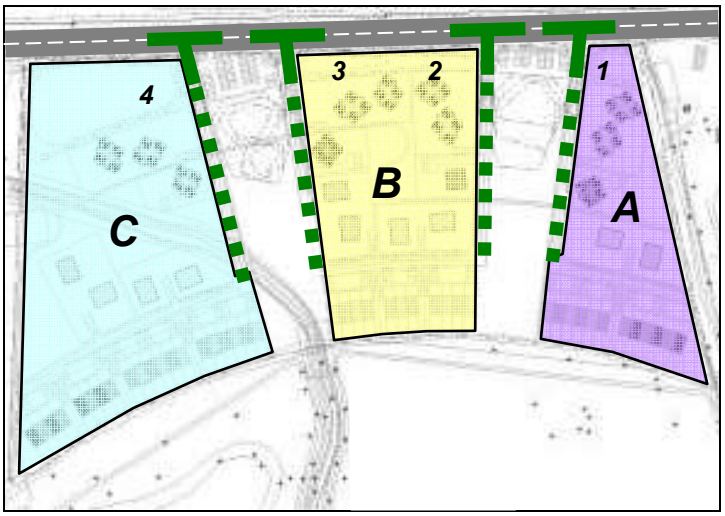
polo RESIDENZIALE area ex Sapaba			
lotto	***uso***	***SCU (mq)***	***Unità abitative***
A	residenziale	7.711	65
B	residenziale	9.441	80
C	residenziale	12.300	104
	TOTALE	**29.452**	**249**

Destinazione d'uso dei lotti

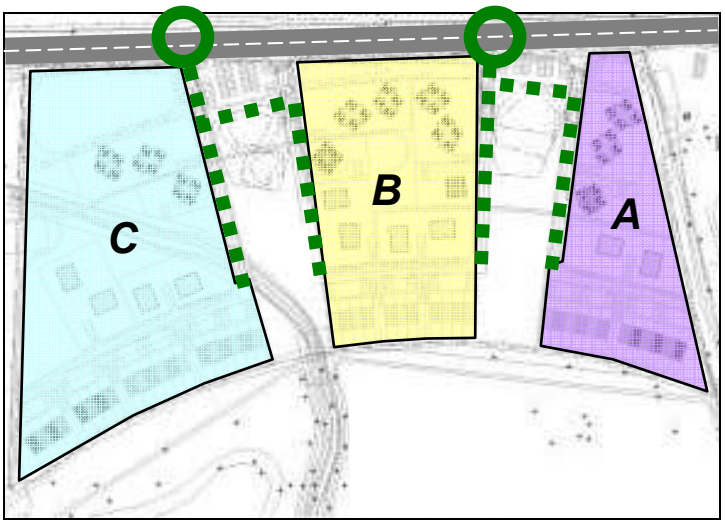
L'area viene suddivisa in 3 lotti abitativi principali connessi da due "lingue verdi" provenienti dal fronte del fiume Reno e che si insinuano tra questi creando un continuum verde.

Il sistema generale della accessibilità alle aree, ed ai relativi spazi pubblici comuni (spazi attrezzati, aree gioco/relax, corti interne, parcheggi, etc.), consterà di 2 soluzioni tecniche:

1. quattro ingressi/uscite disgiunti e disposti a pettine perpendicolarmente all'asse stradale di via Ronzani (intersezioni a precedenza a T)
   - ACCESSO 1: lato nord del comparto a servizio del lotto A;
   - ACCESSI 2-3: posizione centrale del comparto a servizio del lotto B;
   - ACCESSO 4: lato sud del comparto a servizio del lotto C.
2. due accessi tramite rotatorie compatte (Ø=27 m).



Accessibilità – SOLUZIONE 1



Accessibilità – SOLUZIONE 2

2. RICOSTRUZIONE DELLO STATO ATTUALE

2.1 Premessa

Per la redazione dell'impatto di traffico del nuovo polo residenziale "ex Sapaba" è stato necessario delineare il quadro della mobilità dell'area di studio in termini di veicoli circolanti e di grado di utilizzo delle infrastrutture, rendendo così possibile una prima interpretazione dei fenomeni della mobilità del territorio e consentendo la definizione di alcuni parametri significativi del trasporto privato (volumi, classi veicolari, numero di veicoli defluiti su ciascun itinerario, ecc.).

Al fine di rendere confrontabili i risultati del presente studio con quelli effettuati in precedenza, si è ritenuto di considerare come stato attuale la configurazione dei flussi di traffico contenuta nel documento di "Verifica Previsionale di Clima Acustico" redatto dall'ing. Conti.

2.2 Domanda di trasporto

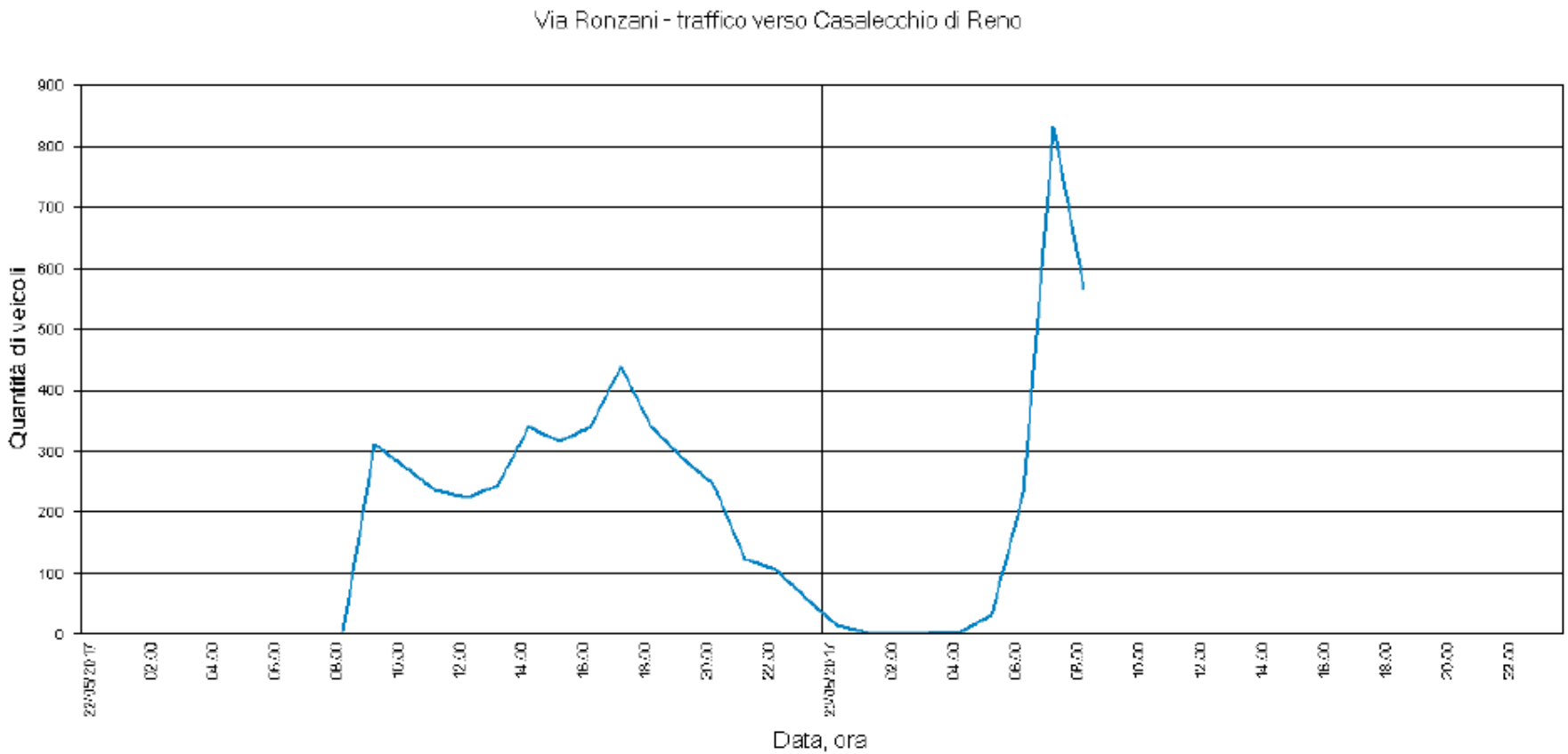
Per ricostruire la domanda attuale che interessa l'area di studio sono stati utilizzati i dati di traffico acquisiti da una campagna di indagine su strada risalente al maggio 2017 costituita dal rilievo dei flussi veicolari classificati nelle 24 ore sulla sezione stradale di via Ronzani, prospiciente il comparto.

Ubicazione della sezione di conteggio

Con riferimento alla giornata feriale ed alle fasce orarie di punta di maggior traffico su strada, mattutina 7.30-8.30 e pomeridiana 17.00-19.00, si riportano di seguito i valori dei flussi per ogni direzione.

Codice Sezione	Nome Strada	Dir.	TOT. veicoli 7.30-8.30	TOT. veicoli 17.00-19.00
1A	Via Ronzani	Casalecchio	840	440
1R	Via Ronzani	Sasso Marconi	340	720

Rilievi di traffico orari di punta

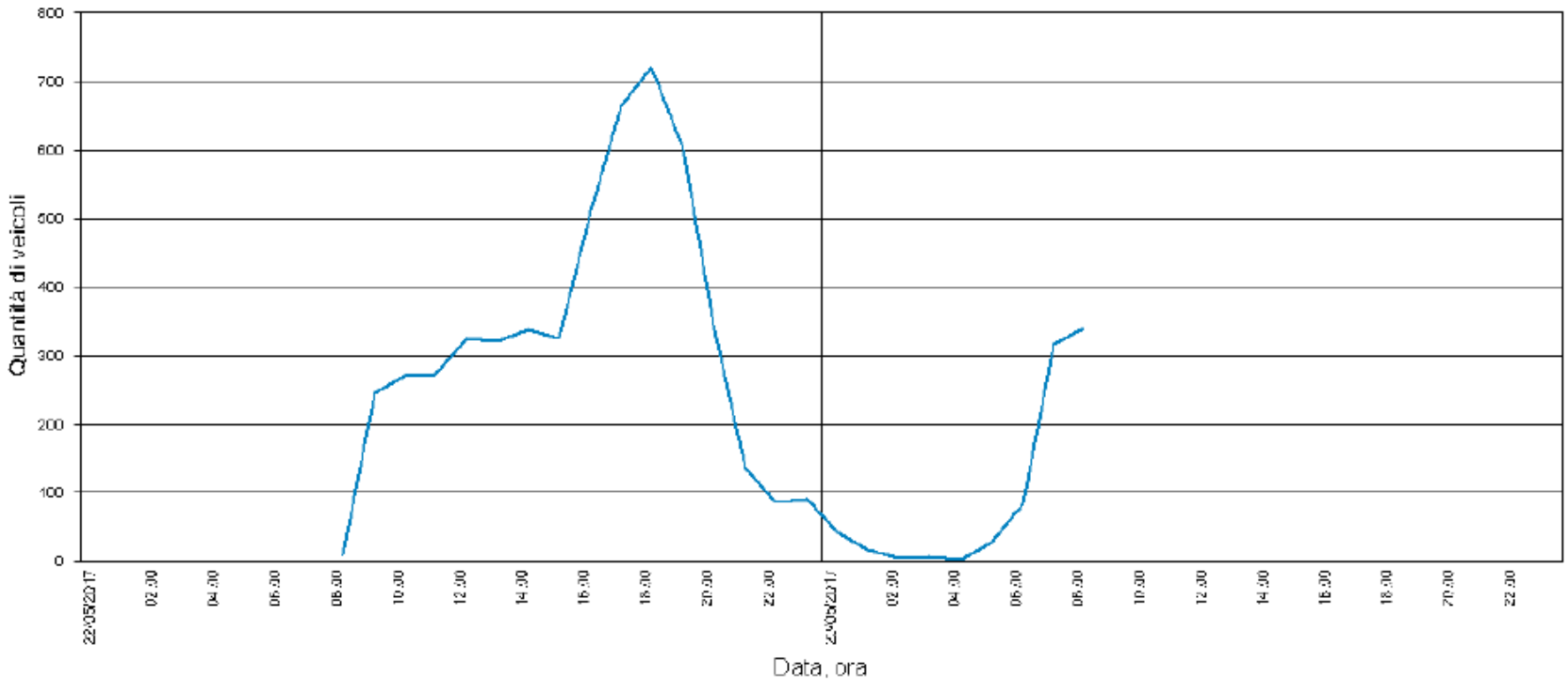


Statistica

Spazio di lunedì 22 maggio 2017, 08.58 Orario finomartedì 23 maggio 2017, 09.30 Orologio

				Quantità	Vmed	V30 [km/h]	Vmax [km/h]
Violazioni della velocità:	0	%	Ciclomotori	198	53	49	94
Distanza di sicurezza	1,3	sec.	Auto	5194	63	58	141
Traffico in	40	%	Veicoli	155	53	49	101
TGM:	5460		Veicolo	34	51	46	74
Quota del traffico pesante	3	%	**Complessivo**	5581	62	57	141

SIERZEGA



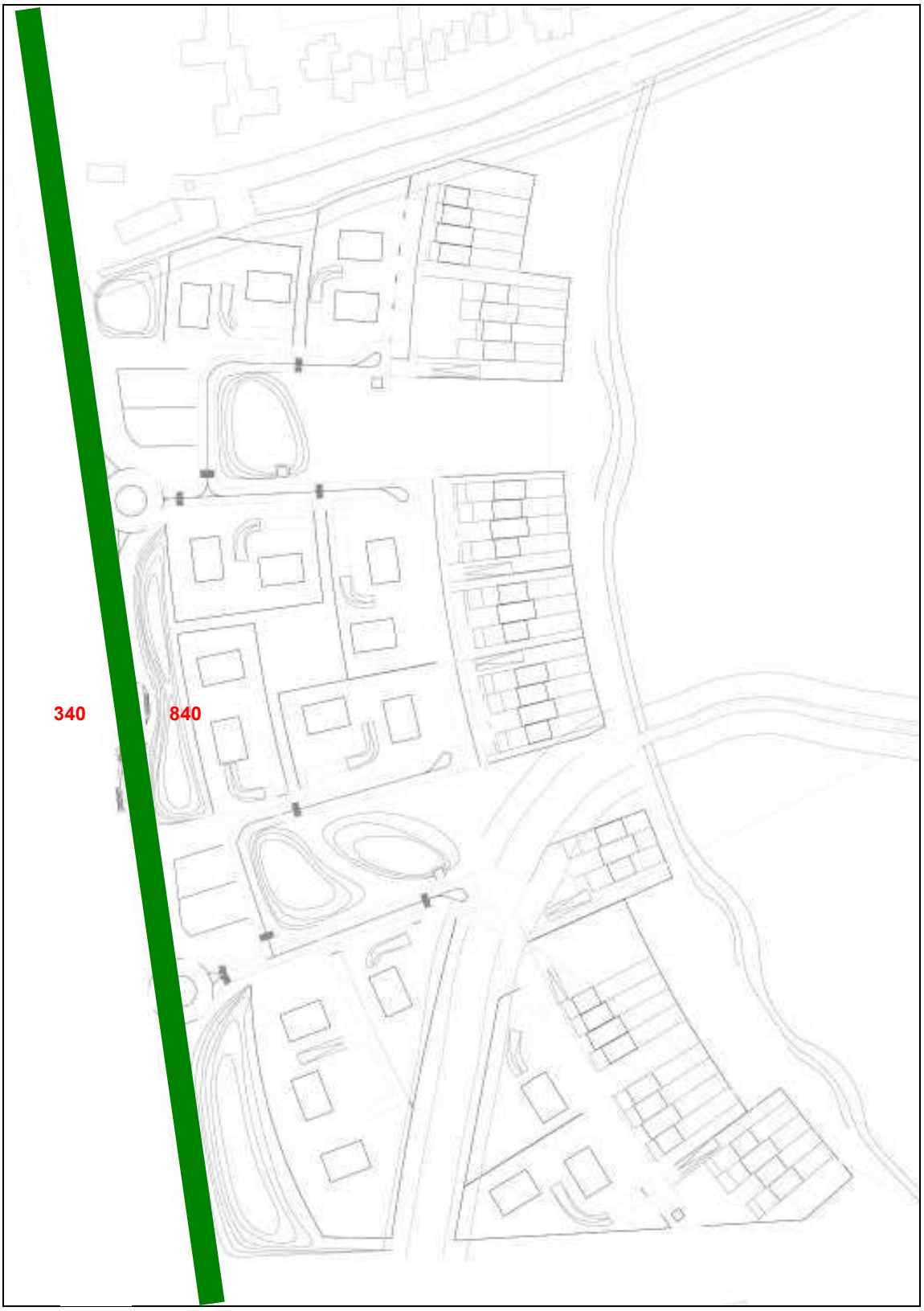
Statistica

Spazio di lunedì 22 maggio 2017, 08.58 Orario fnomartedì 23 maggio 2017, 09.30 Orologio

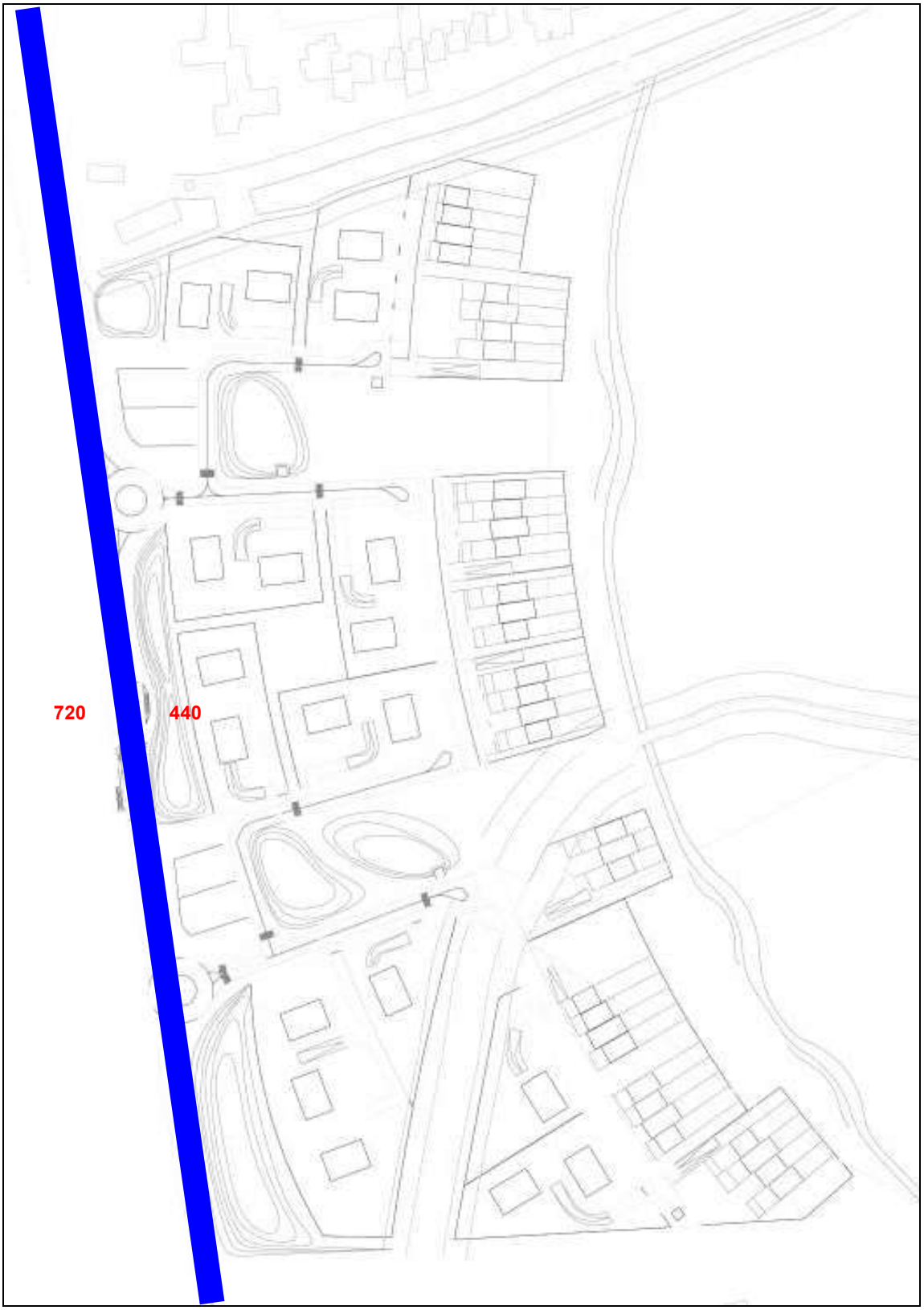
				Quantità	Vmed	V30 [km/h]	Vmas [km/h]
Violazioni della velocità:	0	%	Ciclomotori	589	63	57	144
Distanza di sicurezza	1,3	sec.	Auto	5352	63	58	117
Traffico in	45	%	Veicoli	153	57	53	93
TGM:	5973		Veicolo	12	53	48	67
Quota del traffico pesante	3	%	**Complessiv**	6106	63	58	144

SIERZEGA

I dati di traffico rilevati sono stati tradotti in una carta tematica: FLUSSOGRAMMA (o "DIAGRAMMA FIUME") con spessore proporzionale all'entità dei flussi.



Scenario attuale – Flussi max su via Ronzani nell'ora di punta mattutina



Scenario attuale – Flussi max su via Ronzani nell'ora di punta pomeridiana

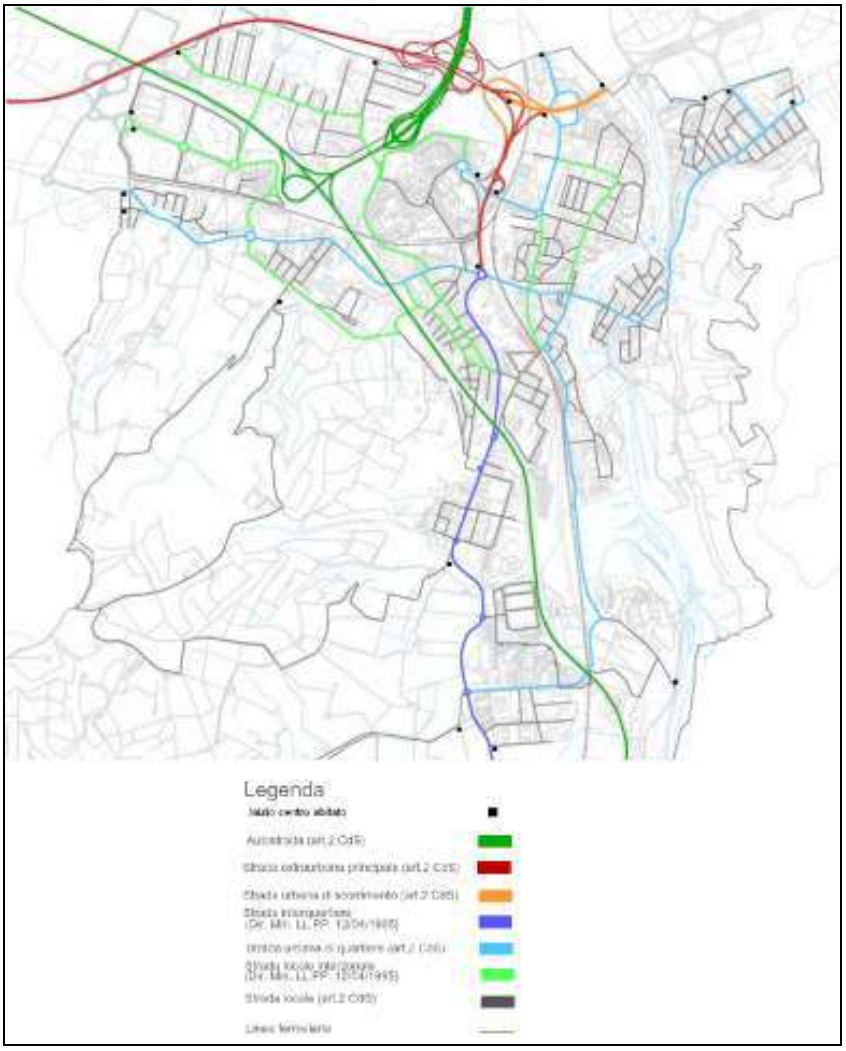
Il carico complessivo (somma delle due direzioni) è pressoché similare in entrambe le fasce oraria di punta, mentre in prospettiva sarà maggiore la quota aggiuntiva di traffico generato alla mattina dall'area residenziale futura.

Complessivamente via Ronzani è attraversata al mattino da un traffico di circa 840 veicoli/h_{punta} in direzione Casalecchio e di 340 veicoli/h_{punta} in direzione Sasso Marconi; mentre al pomeriggio si registrano 440 veicoli/h_{punta} verso il centro di Casalecchio e di 720 veicoli/h_{punta} in direzione opposta.
La quota del traffico pesante è all'incirca del 3% su entrambe le direzioni.

2.3 Offerta di trasporto

La rete viaria dell'area oggetto di studio è costituita dalla seguente tratta stradale le cui caratteristiche sono (classifica funzionale del Piano Generale del Traffico Urbano):

- Via Camillo Ronzani: strada urbana di quartiere (tipo E), con sezione totale media della carreggiata (tratto ex cava Sapaba) di 7,00 m. suddivisa in 2 corsie, una per senso di marcia, ciascuna di circa 3,50 m. + banchine laterali di 0,50 m.



Classificazione funzionale delle strade PGTU 2010 Casalecchio di Reno

D.M. 5/11/2001: Quadro normativo della classificazione delle strade							
Classificazione N.C.D.S.	**Tipi secondo il codice**	**Ambito territoriale**	**Specificazione**	**N. corsie**	**Modulo di corsia (cm)**	**Vp min. Km/ora**	**Vp max Km/ora**
Autostrada	A	extraurbano	- strada principale - eventuale strada di servizio	4/6 2/3	375 375	90 60	130 90
Collegamenti autostradali	A	tratte urbane	- strada principale - eventuale strada di servizio	4/6 2/3	350 350	80 30	130 70
Extraurbana principale	B	extraurbano	- strada principale - eventuale strada di servizio	4/6 2/3	350 350	60 60	100 70
Extraurbana secondaria	C	extraurbano		2	350/375	60	90
Urbana di scorrimento	D	urbano	- strada principale - eventuale strada di servizio	2/4 2/3	375 350	30 30	50 50
Urbana di quartiere	E	urbano		2	350	30	50
Locale	F	extraurbano urbano		2 2	300/325 275/350	50 30	70 50

Infine per ciò che concerne il *trasporto pubblico*, interessante il quadrante analizzato, esso avviene sulle linee autobus di TPER (Trasporto Passeggeri Emilia-Romagna), società del trasporto pubblico dell'area emiliana-romagnola.

20 (Linea urbana): *San Biagio – Casalecchio di Reno – Pilastro*

89 (Linea suburbana): *Cà dell'Orbo – Villanova – Ospedale S. Orsola – Bologna – Casalecchio di Reno – San Biagio*

3. GLI SCENARI PROGETTUALI

Sono stati presi in considerazione due scenari "Post Operam" di domanda futura, in cui si è contemplata la sovrapposizione, alla situazione attuale, dei flussi indotti dovuti alla completa realizzazione dell'intero comparto residenziale.

- SCENARIO 1: accesso attraverso intersezioni a precedenza;
- SCENARIO 2: accesso tramite rotatorie.

3.1 Stima della domanda futura

La stima dei nuovi residenti-utenti attratti e/o generati dal futuro intervento urbanistico, una volta che sarà realizzato, non è semplice in quanto sono molteplici i fattori che ne condizioneranno l'attrattività: in ambito trasportistico interessa stimare il numero massimo delle autovetture che nella giornata feriale vi si recheranno.

I carichi di traffico addizionali indotti dalla nuova lottizzazione residenziale di via Ronzani a Casalecchio sono stati calcolati secondo una metodologia di determinazione dei flussi veicolari orari di punta e di morbida (mattina, mezzogiorno, pomeriggio) attesi nel periodo feriale (da lunedì a venerdì); essa viene svolta partendo dalla valutazione delle previsioni insediative (tipo di destinazione d'uso e relativa consistenza) connesse alla realizzazione di nuovi comparti ed applicando specifici valori medi caratteristici ovvero specifiche relazioni empiriche, in entrambi i casi ricavati dall'ITE (Institute of Transportation Engineers), sulla base di un accurato monitoraggio ultradecennale di svariate effettive esperienze misurate sul campo.

Nel caso in esame si prevede la realizzazione di un comparto a carattere abitativo per una superficie complessiva residenziale di circa 29.452 mq. (249 unità interne):

- **LOTTO A** → 7.711 mq. (65 u.i.)
- **LOTTO B** → 9.441 mq. (80 u.i.)
- **LOTTO C** → 12.300 mq. (104 u.i.)

Lotti residenziali

Procedura di calcolo:

- sono state analizzate le previsioni insediative computando i mq. di superficie per tipologia di destinazione d'uso (residenziale);
- per ciascuna superficie, utilizzando coefficienti adeguati da letteratura e parametri distributivi verificati attraverso la raccolta di dati su realtà analoghe, si sono desunti i residenti previsti, gli addetti, i visitatori, etc.;
- in base ai comportamenti desunti da indagini demoscopiche settoriali si sono estratti il numero di spostamenti generati ed attratti per mezzo utilizzato negli orari di punta e di morbida analizzati.

Nelle pagine seguenti vengono riportate sia le autovetture/ora globalmente attratte e generate dall'intero comparto, sia viene illustrata in dettaglio la metodologia utilizzata per stimare tali spostamenti.

I flussi generati ed attratti dalle aree residenziali

Per quanto riguarda i flussi generati ed attratti dalle superfici a destinazione d'uso abitativo, si è valutato che:

- i residenti complessivi ammontino ad 1 ogni 33 mq di superficie utile;

		residenti
A	7.711	234
B	9.441	286
C	12.300	373
		893

Si chiarisce che, anche se il trend evolutivo della popolazione del Comune di Casalecchio dovesse aumentare (incremento di 32 abitanti/anno_*Fonte: ARPAE Sac*), il nuovo complesso residenziale di via Ronzani con i suoi 893 residenti calcolati sulla base delle superfici delle unità interne (3,6 residenti/unità abitativa), non contemplerà la realizzazione di ulteriori appartamenti o ampliamenti di superfici; di conseguenza non si genererà nel tempo ulteriore traffico suppletivo se non quello valutato nel presente documento.

- i residenti siano mediamente composti da:
  - occupati (55%)
  - studenti (19%)
  - altro: non lavoratori, pensionati, disoccupati, casalinghe (26%)

		residenti	occup	studen	altro
A	7.711	234	*129*	*44*	*61*
B	9.441	286	*157*	*54*	*74*
C	12.300	373	*205*	*71*	*97*
			491	***169***	***232***

- mediamente utilizzino l'autovettura per i loro spostamenti:
  - l'85% degli occupati
  - il 30% degli studenti
  - il 50% della categoria "altro" (si specifica che detta tipologia di non lavoratori, pensionati, disoccupati, etc. non utilizzerà l'auto privata giornalmente per gli spostamenti abituali casa-lavoro come gli occupati/lavoratori, e che quindi stimarne il 50 percentile è un assunto cautelativo)

		occup	studen	altro
A	AUTO	*109*	*13*	*30*
B		*134*	*16*	*37*
C		*174*	*21*	*48*
		417	***51***	***116***

- i tassi di generazione e attrazione oraria, nelle fasce orarie considerate, siano uguali a quelli riportati di seguito.

TASSI DI GENERAZIONE ORARIA RESIDENZIALE FERIALE			
Fascia oraria	***Utenti***		
	Occupati	*Studenti*	*Altro*
Punta Mattutina	90%	80%	10%
Morbida Mattutina	10%	10%	20%
Mezzogiorno	6%	16%	4%
Morbida Pomeridiana	10%	10%	20%
Punta Pomeridiana	10%	20%	20%

TASSI DI ATTRAZIONE ORARIA RESIDENZIALE FERIALE			
Fascia oraria	***Utenti***		
	Occupati	*Studenti*	*Altro*
Punta Mattutina	0%	0%	0%
Morbida Mattutina	20%	10%	20%
Mezzogiorno	20%	80%	20%
Morbida Pomeridiana	10%	20%	10%
Punta Pomeridiana	20%	40%	40%

Per quantificare la domanda suppletiva di mobilità si sono considerate le situazioni più gravose per quanto riguarda gli effetti indotti dagli spostamenti, al fine di avere un maggior margine di sicurezza nei risultati finali (worst case): tali ripartizioni percentuali, concertate con il Comune di Casalecchio di Reno, sono state calcolate cautelativamente anche in riferimento al futuro Piano di Monitoraggio d'area.

Dall'applicazione dei parametri indicati si ricavano i seguenti flussi attratti/generati:

• spostamenti orari nella fascia oraria di punta mattutina ~ 428, di cui:

− spostamenti attratti:

lotto A → (109*0%)+(13*0%)+(30*0%) = 0 +

lotto B → (134*0%)+(16*0%)+(37*0%) = 0 +

lotto C → (174*0%)+(21*0%)+(48*0%) = 0 = 0;

− spostamenti generati:

lotto A → (109*90%)+(13*80%)+(30*10%) = 112 +

lotto B → (134*90%)+(16*80%)+(37*10%) = 137 +

lotto C → (174*90%)+(21*80%)+(48*10%) = 179 = 428;

• spostamenti orari nella fascia oraria di <u>morbida mattutina</u> ~ 181, di cui:

− spostamenti attratti:

lotto A → (109*20%)+(13*10%)+(30*20%) = 29 +

lotto B → (134*20%)+(16*10%)+(37*20%) = 36 +

lotto C → (174*20%)+(21*10%)+(48*20%) = 47 = 112;

− spostamenti generati:

lotto A → (109*10%)+(13*10%)+(30*20%) = 18 +

lotto B → (134*10%)+(16*10%)+(37*20%) = 22 +

lotto C → (174*10%)+(21*10%)+(48*20%) = 29 = 69;

• spostamenti orari nella fascia oraria di <u>mezzogiorno</u> ~ 186, di cui:

− spostamenti attratti:

lotto A → (109*20%)+(13*80%)+(30*20%) = 39 +

lotto B → (134*20%)+(16*80%)+(37*20%) = 47 +

lotto C → (174*20%)+(21*80%)+(48*20%) = 62 = 148;

− spostamenti generati:

lotto A → (109*6%)+(13*16%)+(30*4%) = 10 +

lotto B → (134*6%)+(16*16%)+(37*4%) = 12 +

lotto C → (174*6%)+(21*16%)+(48*4%) = 16 = 38;

• spostamenti orari nella fascia oraria di <u>morbida pomeridiana</u> ~ 133, di cui:

− spostamenti attratti:

lotto A → (109*10%)+(13*20%)+(30*10%) = 17 +

lotto B → (134*10%)+(16*20%)+(37*10%) = 20 +

lotto C → (174*10%)+(21*20%)+(48*10%) = 27 = 64;

− spostamenti generati:

lotto A → (109*10%)+(13*10%)+(30*20%) = 18 +

lotto B → (134*10%)+(16*10%)+(37*20%) = 22 +

lotto C → (174*10%)+(21*10%)+(48*20%) = 29 = 69;

• spostamenti orari nella fascia oraria di punta pomeridiana ~ 225, di cui:

− spostamenti attratti:

lotto A → (109*20%)+(13*40%)+(30*40%) = 39 +

lotto B → (134*20%)+(16*40%)+(37*40%) = 48 +

lotto C → (174*20%)+(21*40%)+(48*40%) = 63 = 150;

− spostamenti generati:

lotto A → (109*10%)+(13*20%)+(30*20%) = 20 +

lotto B → (134*10%)+(16*20%)+(37*20%) = 24 +

lotto C → (174*10%)+(21*20%)+(48*20%) = 31 = 75.

I flussi veicolari complessivi attratti/generati dal comparto di progetto, calcolati in ragione di quanto appena esposto, sono riassunti nel prospetto sotto riportato.

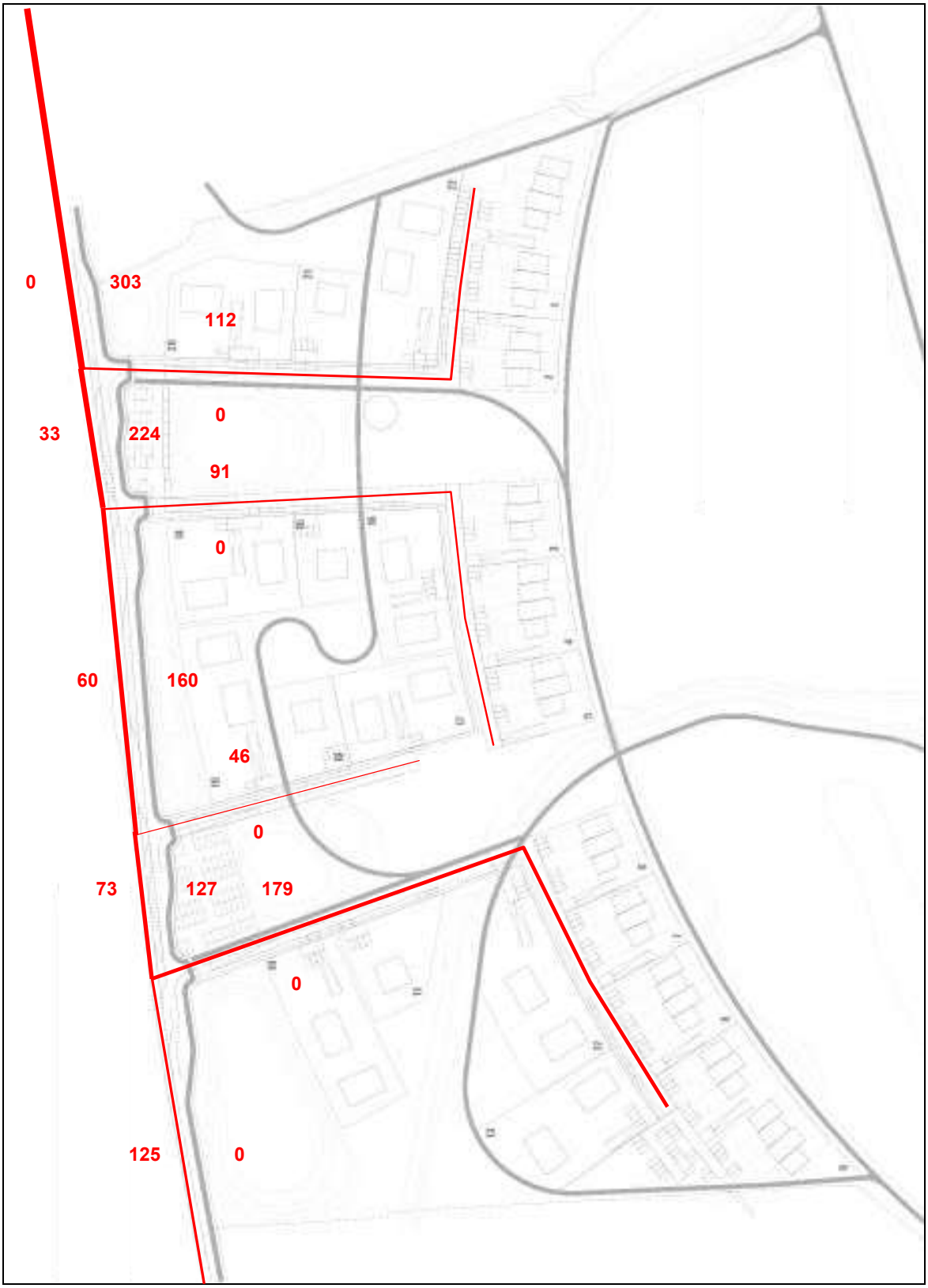
FLUSSI ATTRATTI GENERATI FERIALE												
LOTTO	*Descrizione*		PUNTA MATTUTINA		MORBIDA MATTUTINA		PUNTA MEZZOGIORNO		MORBIDA POMERIDIANA		PUNTA POMERIDIANA	
	unità ab.	*SCA (mq)*	*Attratti*	*Generati*	*Attratti*	*Generati*	*Attratti*	*Generati*	*Attratti*	*Generati*	*Attratti*	*Generati*
A	65	*7.711*	0	112	29	18	39	10	17	18	39	20
B	80	*9.441*	0	137	36	22	47	12	20	22	48	24
C	104	*12.300*	0	179	47	29	62	16	27	29	63	31
	TOTALE	***29.452***	**0**	**428**	**112**	**69**	**148**	**38**	**64**	**69**	**150**	**75**

Tabella riepilogativa dei flussi veicolari addizionali attesi

Nel giorno feriale si registreranno complessivamente nell'ora di punta mattutina 428 autovetture generate e nessuna attratta, mentre in quella pomeridiana vi sarà un impatto inferiore derivante dal traffico veicolare con 150 auto attratte e circa 75 generate.

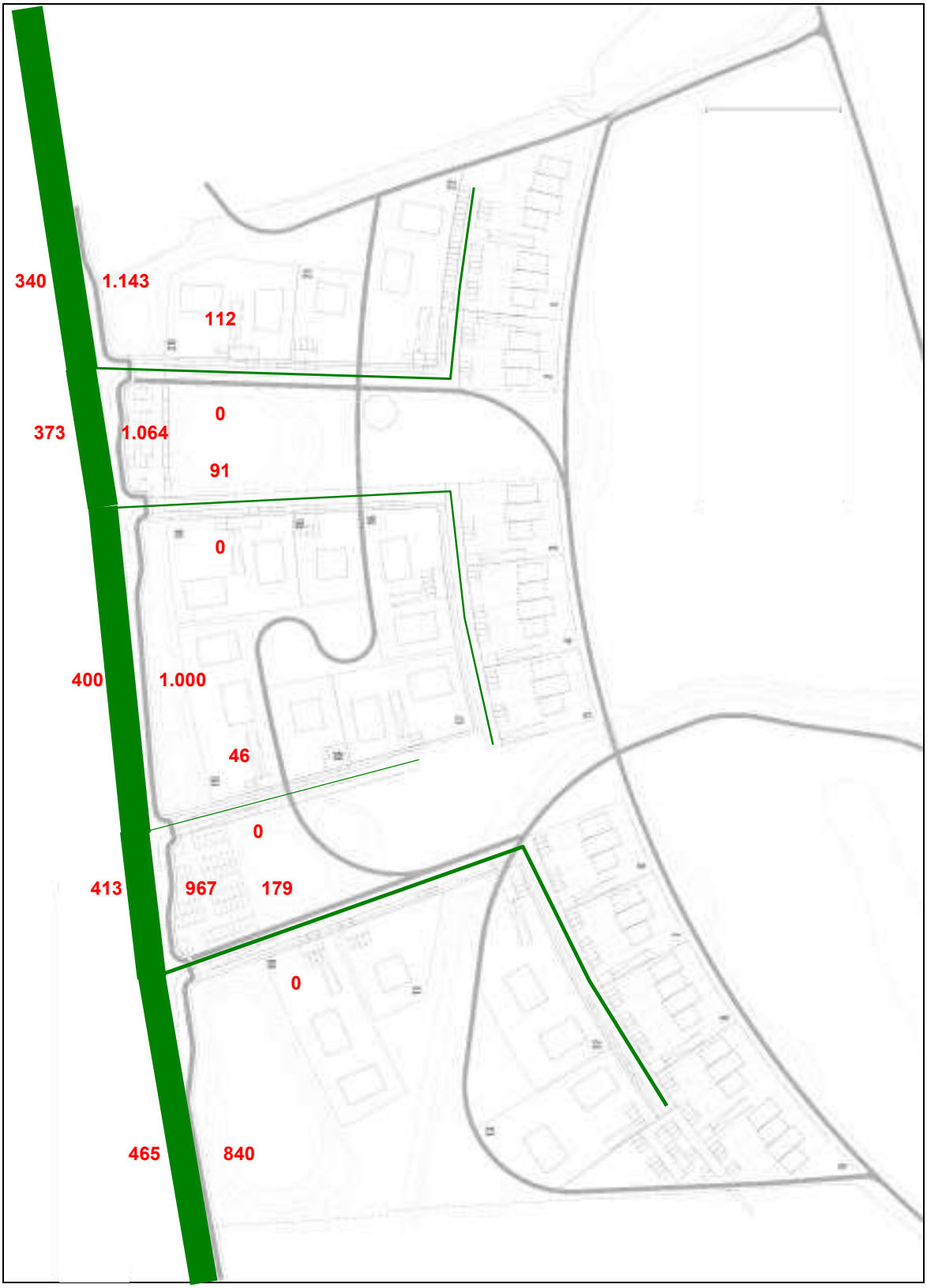
In base ai valori dei flussi indotti calcolati nella tabella soprastante, che andranno a sovrapporsi alle correnti veicolari attuali, si ottiene il totale dei carichi autoveicolari sulla rete stradale di futuro accesso alla nuova area.

Nelle immagini successive vengono riportate la distribuzione sulla rete stradale dei volumi di traffico indotto ed i flussogrammi degli scenari Post Operam (traffico attuale + indotto).

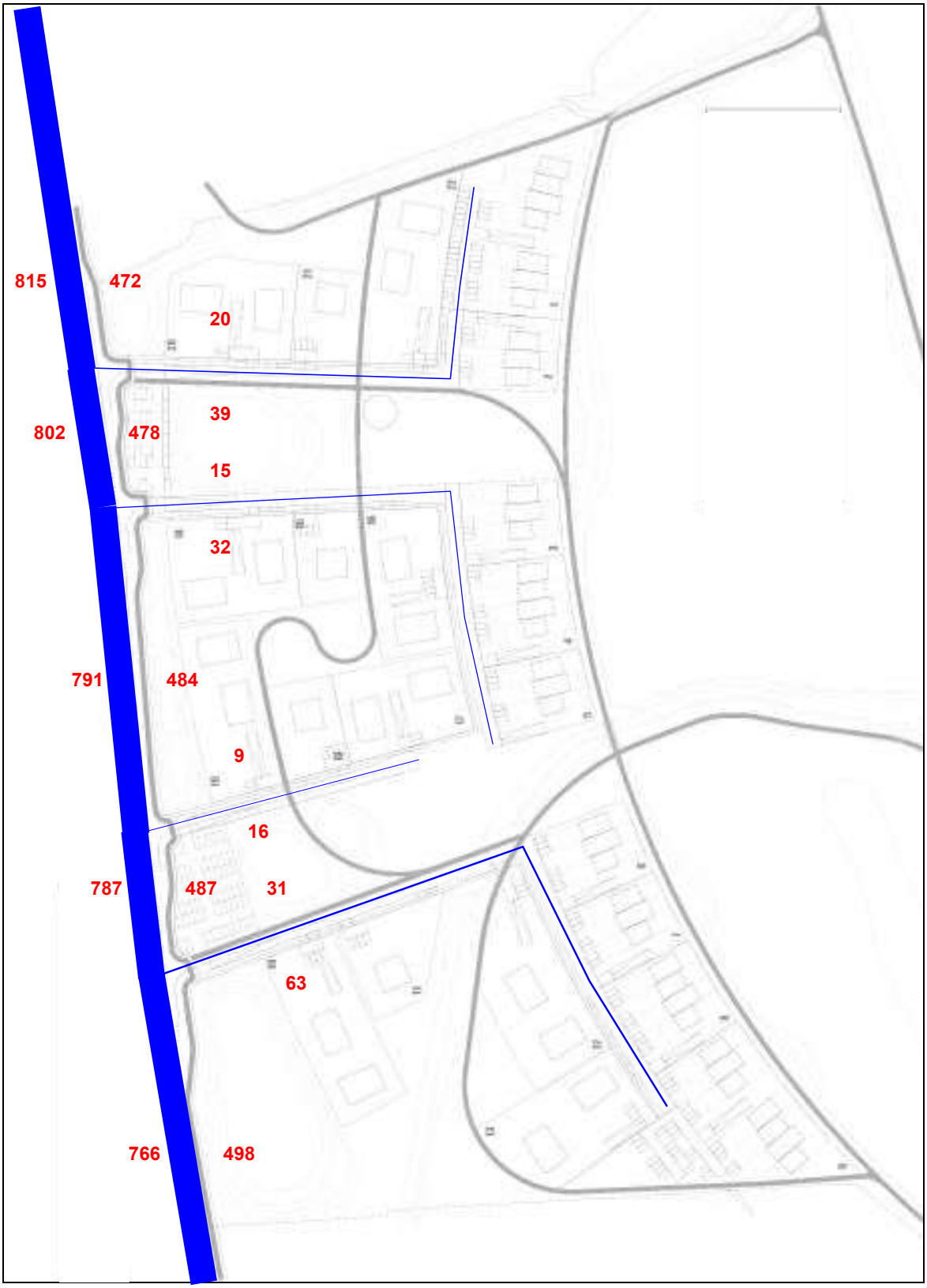


Flussi indotti sulla rete nell'ora di punta mattutina – SOLUZIONE 1

Flussi indotti sulla rete nell'ora di punta pomeridiana – SOLUZIONE 1



Scenario POST OPERAM 1 – Flussi totali sulla rete al mattino (attuali + indotti)

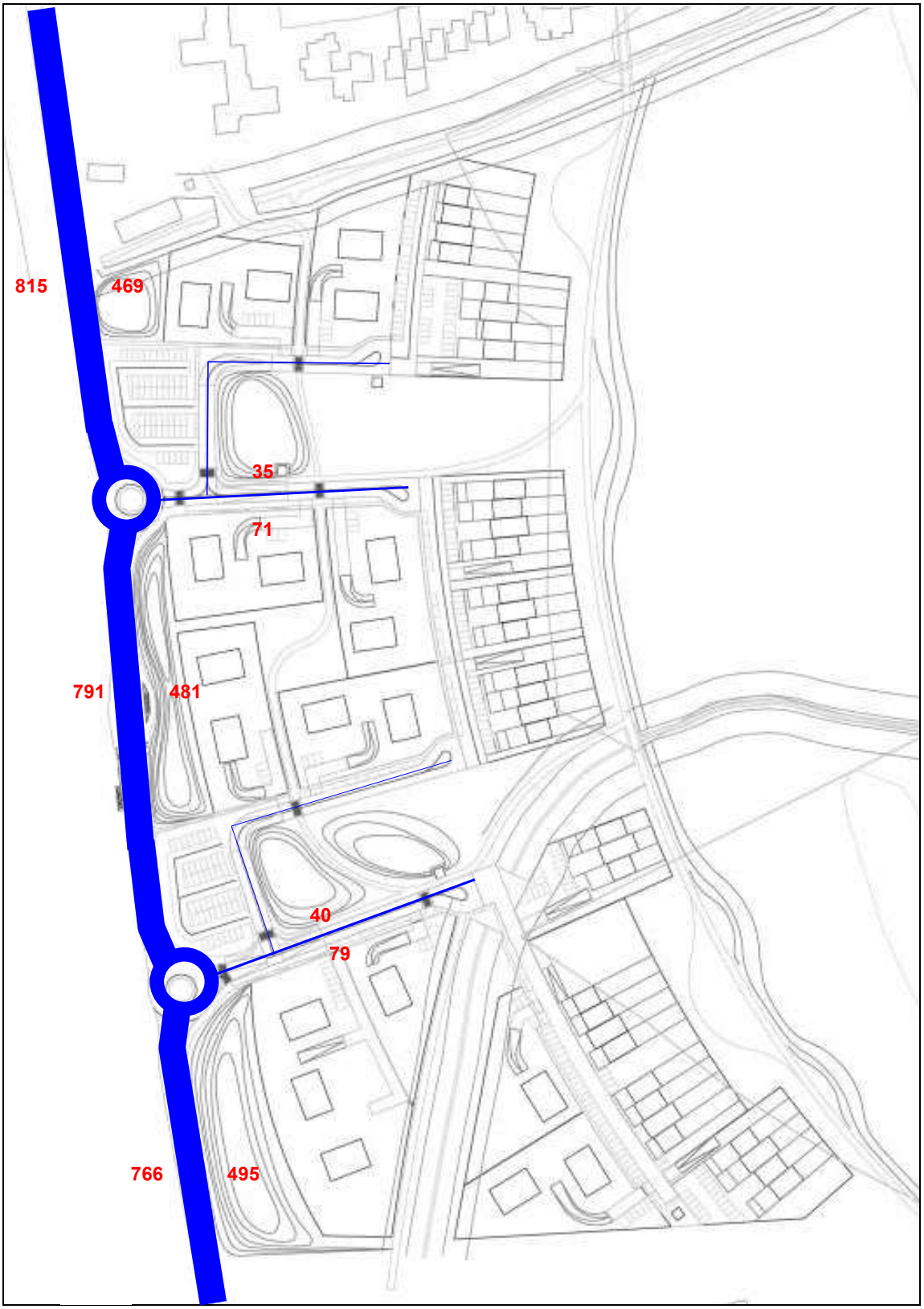


Scenario POST OPERAM 1 – Flussi totali sulla rete al pomeriggio (attuali + indotti)

Flussi indotti sulla rete nell'ora di punta mattutina – SOLUZIONE 2

Flussi indotti sulla rete nell'ora di punta pomeridiana – SOLUZIONE 2

Scenario POST OPERAM 2 – Flussi totali sulla rete al mattino (attuali + indotti)



Scenario POST OPERAM 2 – Flussi totali sulla rete al pomeriggio (attuali + indotti)

4. LA VERIFICA DEGLI ACCESSI

Come precedentemente mostrato, nel presente documento sono stati esaminati gli effetti di ridistribuzione del traffico afferente il comparto sulla rete stradale, e vengono quindi ora valutati gli esiti globali sulla circolazione nei momenti di massimo traffico.

Queste valutazioni sono state condotte in particolare secondo i seguenti procedimenti:

- verifica dell'accessibilità al comparto e analisi del funzionamento delle intersezioni;
- analisi di sicurezza stradale di zona con il comparto residenziale funzionante a regime.

4.1 Analisi del funzionamento delle intersezioni

Nel caso che per l'accesso al comparto sia prevista la realizzazione di quattro intersezioni stradali a "T" disposte a pettine sull'asse di via Camillo Ronzani, le loro caratteristiche geometriche/normative saranno le seguenti:

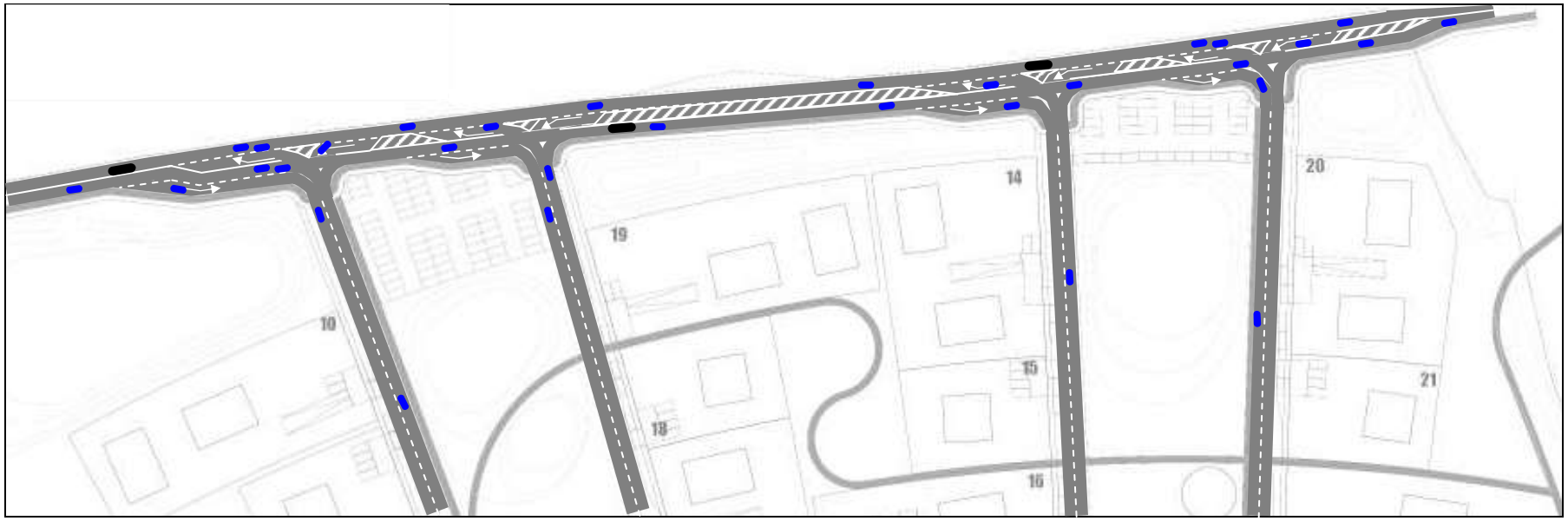
- regolazione a precedenza con diritto di preminenza per i veicoli transitanti su via Ronzani;
- 2 corsie (una per senso di marcia) ciascuna di circa 3,25 m.;
- manovre di svolta con corsie dedicate non materializzate.

Per quanto riguarda la seconda ipotesi di sistemazione di due accessi organizzati con due rotatorie compatte a tre braccia, si avranno le seguenti caratteristiche principali:

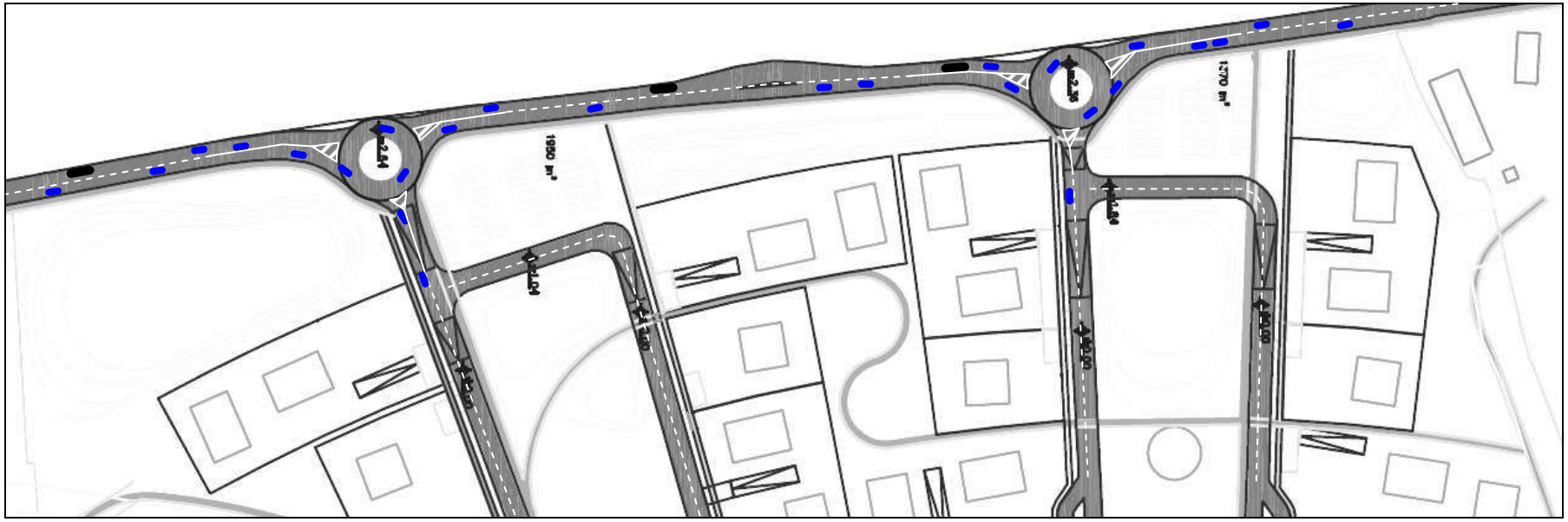
- diametro esterno = 27 m;
- diametro interno = 13 m;
- corona circolare = 7 m.

Gli attestamenti, sia in ingresso che in uscita dalla rotatoria, saranno tutti su un'unica corsia di marcia.

Di seguito sono riportate le rappresentazioni con il microsimulatore della rete stradale futura.



Rete stradale FUTURA (soluzione 1)



Rete stradale FUTURA (soluzione 2)

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati delle verifiche effettuate sulle intersezioni di accesso al comparto residenziale.
Tali verifiche di funzionamento sono state effettuate nelle ore di punta del mattino (7.30-8.30) e del pomeriggio (17.00-19.00) risultando queste le situazioni di traffico peggiore e maggiormente gravose.

4.1.1 Il modello di simulazione

Vissim è un modello di simulazione microscopica della circolazione in campo urbano che tratta le singole unità veicolo-conducente riproducendo, tramite l'interfaccia grafica, il carattere dinamico del fenomeno del traffico.
Peculiarità del modello sono la modellizzazione dei veicoli consecutivi su una stessa traiettoria e la simulazione del cambiamento di corsia tramite il modello di percezione psicofisica di Wiedemann, che ricostruisce il comportamento individuale del conducente simulando i tempi di reazione in funzione della soglia personale di percezione; ciò unito all'utilizzo di funzioni di distribuzione di frequenza di tipo Poissoniano per quel che riguarda la modellizzazione delle velocità, il distanziamento tra i veicoli e la loro immissione nella rete, permette di ottenere una rappresentazione del fenomeno di tipo assolutamente aleatorio e non deterministico, quindi più aderente alla realtà dei fenomeni circolatori reali.

Lo strumento utilizzato riproduce realisticamente il deflusso dei singoli veicoli e fornisce come output, relativamente al periodo di simulazione, importanti parametri di valutazione come il numero di veicoli defluiti su ciascun itinerario, i tempi di percorrenza, i ritardi rispetto a condizioni di deflusso ideali, la lunghezza media e massima delle code formatesi.

I dati in ingresso e le informazioni necessari per l'attivazione della simulazione sono:

- carico veicolare in ingresso in termini di veicoli/ora;
- assegnazione dei flussi ai rami della rete;
- geometria ed organizzazione della sede stradale in corsie;
- disciplina della circolazione (segnaletica orizzontale e limiti di velocità);
- modalità di regolazione degli incroci (a precedenza, stop, impianti semaforici a tempo fisso oppure azionati dal traffico);
- andamento temporale e composizione dei flussi di traffico (% dei mezzi pesanti);
- caratteristiche e prestazioni cinematiche dei veicoli;
- attività dei mezzi di trasporto pubblico (tempi di sosta alle fermate, cadenza, itinerario delle linee).

I dati in uscita forniti dal modello sono:

- visualizzazione dinamica del comportamento dei veicoli, per l'individuazione dei punti critici che producono rallentamenti o formazione di code;
- totale dei veicoli defluiti nell'intervallo di simulazione;
- tempi di percorrenza dei veicoli privati per ognuno degli itinerari scelti come campione;
- tempi di percorrenza dei veicoli pubblici lungo le linee e relativa velocità commerciale;
- ritardo dei veicoli rispetto al tempo di percorrenza degli itinerari in condizioni di flusso libero;
- lunghezza ed ubicazione delle code formatesi negli intervalli di tempo simulati (ora di punta).

Più in particolare i parametri presi in considerazione sono:

- **tempi di percorrenza**

  I tempi vengono rilevati per ognuno degli itinerari presi in considerazione e costituiscono la media dei tempi di attraversamento di tutti i veicoli che in un intervallo preimpostato sono transitati dalle due sezioni di rilievo poste rispettivamente a valle ed a monte del nodo considerato.

  Il tempo medio di attraversamento è un parametro aggregato ricavato dalla media dei tempi di attraversamento di tutti gli itinerari ed è rappresentativo della capacità di deflusso del nodo nella configurazione circolatoria assunta.
- **ritardo sul tempo di percorrenza ideale**

  Questo indice può essere considerato come il complementare del precedente in quanto rappresenta la differenza tra il tempo effettivamente impiegato dai veicoli per superare il nodo ed il tempo che questi avrebbero impiegato per compiere lo stesso tragitto in condizioni di deflusso ideali, cioè senza il condizionamento degli altri veicoli, senza i rallentamenti dovuti alla formazione di code, senza gli arresti imposti dalle intersezioni semaforizzate o regolate con segnali di precedenza.
- **lunghezza delle code**

  Il modello fornisce tra gli altri parametri anche il valore della lunghezza media e massima delle code formatesi in intervalli di tempo prestabiliti, considerando due o più veicoli accodati quando la loro velocità è inferiore ai 5 km/h e la loro distanza reciproca è inferiore ai 20 metri.

  Tale parametro è utile per la individuazione dei punti di criticità della configurazione assunta, ed è rappresentativo del livello di servizio della stessa.

- **flussi uscenti sulle intersezioni**

  Il modello fornisce tra gli altri parametri il numero di veicoli attraversanti una determinata sezione stradale.

  Tale parametro è utile per verificare se la capacità di smaltire flussi da una intersezione varia o rimane costante.

  Lo strumento permette quindi l'analisi e la verifica degli interventi di controllo e regolazione della circolazione, oltre che l'analisi comparata di ipotesi alternative di intervento, tenendo comunque sempre conto del fatto che, a causa di inevitabili approssimazioni, il valore dei parametri ottenuti va considerato in termini di ordine di grandezza e con funzione essenzialmente comparativa.

  Tra i vari dati di input necessari per attivare la simulazione, si riportano di seguito quelli assunti per lo specifico caso in esame:

  - velocità desiderata auto → 50-70 Km/h;
  - velocità desiderata mezzi pesanti → 50 Km/h;
  - regole di precedenza → intervallo di tempo 6 sec. ed intervallo di distanza 5 m per una intersezione normale, intervallo di tempo 3 sec. ed intervallo di distanza 5 m per rotatoria;
  - formazione di code → inizio per V < 5 Km/h, fine per V > 10 Km/h, distanza veicoli < 20 m;
  - sezioni di rilevamento code nelle vie accedenti alle intersezioni analizzate.

4.1.2 I livelli di servizio

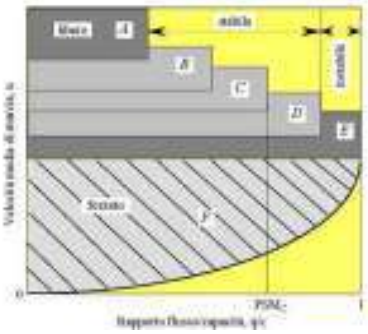
Attraverso il modello di simulazione, sulla base della geometria delle intersezioni esaminate, dei flussi di traffico afferenti e della descrizione delle manovre di svolta, si è ottenuto il Livello di Servizio (L.d.S.) degli incroci stradali: il calcolo è stato effettuato ricorrendo alle formule fornite dalla Teoria della Capacità delle Strade (Highway Capacity Manual H.C.M.).

La metodologia messa a punto da studiosi ed esperti degli USA risulta particolarmente efficace in quanto definisce le condizioni operative del deflusso veicolare (e quindi dell'infrastruttura d'appoggio) in funzione delle variabili: *u* (velocità media di marcia, km/h), *k* (densità, veic/km-corsia) e *q* (flusso, veic/h-corsia) o q/c (rapporto flusso/capacità), legate dall'equazione di stato:

$$q=ku$$

Il criterio adottato definisce il L.d.S. non in funzione di parametri in grado di esprimere direttamente la qualità della circolazione ma di grandezze che a quei parametri si ritengono correlate: appunto la velocità media di viaggio, il rapporto q/c e/o la densità veicolare.

La velocità di viaggio dà un'idea del tempo di percorrenza; la densità e il rapporto flusso/capacità possono invece vedersi come indicatori di libertà di guida, comfort, sicurezza e costo. Il campo di operatività del deflusso veicolare, rappresentabile per ogni tipologia stradale da curve di deflusso in un piano u-q, è stato diviso in sei zone: cinque delimitate da rettangoli parzialmente compenetranti e l'ultima da due curve; tali zone individuano i livelli di servizio delle infrastrutture stradali.



Livelli di Servizio

I livelli sono distinti da sei lettere, da A a F, in ordine decrescente di qualità di circolazione, e vengono delimitati da particolari valori dei parametri velocità, densità o rapporto q/c. La più alta portata oraria di ogni livello o portata di servizio massima (PSM), rappresenta la massima quantità di veicoli che quel livello può ammettere. La portata oraria massima assoluta o capacità della strada (c), coincide con la portata massima del livello E.

I limiti di separazione tra i livelli A e B, D ed E, E ed F segnano, rispettivamente, il passaggio del deflusso da libero a stabile, da stabile ad instabile e da instabile a forzato.

In generale le condizioni di marcia dei veicoli ai vari L.d.S. sono definibili come segue:

- A - gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (libere); il comfort è notevole.
- B - la più alta densità rispetto a quella del livello A comincia ad essere avvertita dai conducenti che subiscono lievi condizionamenti alle libertà di manovra ed al mantenimento delle velocità desiderate; il comfort è discreto.
- C - le libertà di marcia dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta delle velocità e le manovre all'interno della corrente; il comfort è definibile modesto.
- D - è caratterizzato da alte densità ma ancora da stabilità di deflusso; velocità e libertà di manovra sono fortemente condizionate; modesti incrementi di domanda possono creare problemi di regolarità di marcia; il comfort è basso.
- E - rappresenta condizioni di deflusso che comprendono, come limite inferiore, la capacità; le velocità medie dei singoli veicoli sono modeste (circa metà di quelle del

livello A) e pressoché uniformi; non c'è praticamente possibilità di manovra entro la corrente; il moto è instabile perché piccoli incrementi di domanda o modesti disturbi (rallentamenti, ad esempio) non possono più essere facilmente riassorbiti da decrementi di velocità e si innesca così la congestione; il comfort è bassissimo.
- F - il flusso è forzato: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità di smaltimento della sezione stradale utile (ad es. per temporanei restringimenti dovuti ad incidenti o manutenzioni) per cui si hanno code di lunghezza crescente, bassissime velocità di deflusso, frequenti arresti del moto, in un processo ciclico di stop-and-go caratteristico della marcia in colonna in condizioni di instabilità; non esiste comfort.

Dunque il livello di servizio delle intersezioni analizzate è stato valutato considerando due parametri:
- la lunghezza media e massima delle file;
- il ritardo rispetto al tempo ideale.

La *lunghezza media e massima* alle intersezione indica quanti metri di fila si sviluppano alle intersezioni; il parametro medio indica il funzionamento medio avuto durante tutta l'ora di simulazione mentre quello massimo indica il momento di massima criticità registrato.

Il *ritardo delle manovre* permette di determinare il livello di servizio delle intersezioni utilizzando il criterio adottato dall'HCM (Highway Capacity Manual) che considera per l'appunto il tempo medio perso nella manovra di svolta.
Nelle tabelle sottostanti sono riportati, per ogni livello di servizio, i ritardi e le file medie ammesse alle intersezioni.

Livello di servizio	**Ritardo medio totale (secondi/veicolo)**
A	< 5
B	≥ 5 e < 10
C	≥ 10 e < 20
D	≥ 20 e < 30
E	≥ 30 e < 45
F	≥ 45

Livelli di servizio per intersezioni in base al ritardo medio totale

Livello di servizio	Lunghezza media file (metri)
A	< 1
B	≥ 1 e < 5
C	≥ 5 e < 20
D	≥ 20 e < 40
E	≥ 40 e < 70
F	≥ 70

Livelli di servizio per intersezioni in base alla lunghezza media delle file

E' stato inoltre valutato un parametro riassuntivo per ogni strada e complessivo per tutte le manovre simulate rappresentati dal tempo e ritardi medi pesati sul valore dei flussi impegnanti le singole manovre.

Si assume come livello di accettabilità il livello di servizio D che prevede pertanto:

- Ritardi massimi di 30 secondi/veicolo;
- File medie non superiori a 40 metri.

SCENARIO POST OPERAM 1

Intersezioni a precedenza

TEMPI DI PERCORRENZA SUGLI ITINERARI (mattina)

cod	O/D			Indicatori				
	da via	a via	Intersezione	flussi	Tempo	ritardo	tempo flusso	Ritardo flusso
1	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO A	340	70,4	3,4	23.935	1.148
2	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO A		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				340			23.935	1.148
MEDIO							70,4	3,4
3	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO A	accesso LOTTO A	0	0,0	0,0	0	0
4	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		1.064	70,2	3,5	74.724	3.772
TOTALE				1.064			74.724	3.772
MEDIO							70,2	3,5
5	accesso LOTTO A	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO A	79	53,9	0,8	4.254	67
6	accesso LOTTO A	via Ronzani (Sasso Marconi)		33	50,1	5,2	1.655	173
TOTALE				112			5.909	239
MEDIO							52,8	2,1
TOTALE INTERSEZIONE				**1.516**			**69,0**	**3,4**
7	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso NORD LOTTO B	373	75,9	3,7	28.302	1.382
8	via Ronzani (Casalecchio)	accesso NORD LOTTO B		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				373			28.302	1.382
MEDIO							75,9	3,7
9	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso NORD LOTTO B	accesso NORD LOTTO B	0	0,0	0,0	0	0
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		1.000	66,2	3,3	66.199	3.261
TOTALE				1.000			66.199	3.261
MEDIO							66,2	3,3
11	accesso NORD LOTTO B	via Ronzani (Casalecchio)	accesso NORD LOTTO B	64	44,1	0,7	2.820	46
12	accesso NORD LOTTO B	via Ronzani (Sasso Marconi)		27	41,0	4,3	1.106	117
TOTALE				91			3.926	163
MEDIO							43,1	1,8
TOTALE INTERSEZIONE				**1.464**			**67,2**	**3,3**
13	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso SUD LOTTO B	400	80,3	3,9	32.116	1.559
14	via Ronzani (Casalecchio)	accesso SUD LOTTO B		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				400			32.116	1.559
MEDIO							80,3	3,9
15	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso SUD LOTTO B	accesso SUD LOTTO B	0	0,0	0,0	0	0
16	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		967	64,1	3,2	61.973	3.074
TOTALE				967			61.973	3.074
MEDIO							64,1	3,2
17	accesso SUD LOTTO B	via Ronzani (Casalecchio)	accesso SUD LOTTO B	33	49,7	0,9	1.641	30
18	accesso SUD LOTTO B	via Ronzani (Sasso Marconi)		13	19,5	2,1	253	27
TOTALE				46			1.894	57
MEDIO							41,2	1,2
TOTALE INTERSEZIONE				**1.413**			**67,9**	**3,3**
19	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO C	413	82,7	4,0	34.153	1.655
20	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO C		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				413			34.153	1.655
MEDIO							82,7	4,0
21	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO C	accesso LOTTO C	0	0,0	0,0	0	0
22	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		840	56,9	2,8	47.805	2.330
TOTALE				840			47.805	2.330
MEDIO							56,9	2,8
23	accesso LOTTO C	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO C	127	192,2	3,6	24.409	457
24	accesso LOTTO C	via Ronzani (Sasso Marconi)		52	78,1	8,2	4.060	427
TOTALE				179			28.469	884
MEDIO							159,0	4,9
TOTALE INTERSEZIONE				**1.432**			**77,1**	**3,4**

SCENARIO POST OPERAM 1						
Intersezioni a precedenza						
CODE ALLE INTERSEZIONI (mattina)						
sezione di rilievo code			*Intersezione*		*code (metri)*	
cod	*via*	*manovra*	*cod*	*des*	*media*	*massima*
1	via Ronzani (Casalecchio)	sx	1	accesso LOTTO A	3	5
2	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			3	5
3	accesso LOTTO A	dx			2	3
4	accesso LOTTO A	sx			2	3
5	via Ronzani (Casalecchio)	sx	2	accesso NORD LOTTO B	4	7
6	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			3	5
7	accesso NORD LOTTO B	dx			1	2
8	accesso NORD LOTTO B	sx			2	3
9	via Ronzani (Casalecchio)	sx	3	accesso SUD LOTTO B	4	6
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			3	5
11	accesso SUD LOTTO B	dx			1	2
12	accesso SUD LOTTO B	sx			1	2
13	via Ronzani (Casalecchio)	sx	4	accesso LOTTO C	4	7
14	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			3	5
15	accesso LOTTO C	dx			4	7
16	accesso LOTTO C	sx			5	8

Scenario Post Operam 1 MATTINA

SCENARIO POST OPERAM 1

Intersezioni a precedenza

TEMPI DI PERCORRENZA SUGLI ITINERARI (pomeriggio)

cod	O/D			Indicatori				
	da via	a via	Intersezione	flussi	Tempo	ritardo	tempo flusso	Ritardo flusso
1	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO A	790	56,9	1,1	44.970	875
2	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO A		25	44,2	0,8	1.105	21
TOTALE				815			46.075	896
MEDIO							56,5	1,1
3	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO A	accesso LOTTO A	14	32,0	2,9	448	41
4	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		464	58,2	2,2	26.991	1.028
TOTALE				478			27.439	1.069
MEDIO							57,4	2,2
5	accesso LOTTO A	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO A	8	47,1	5,7	377	45
6	accesso LOTTO A	via Ronzani (Sasso Marconi)		12	41,6	6,4	499	76
TOTALE				20			875	122
MEDIO							43,8	6,1
TOTALE INTERSEZIONE				**1.313**			**56,7**	**1,6**
7	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso NORD LOTTO B	782	56,2	1,1	43.948	860
8	via Ronzani (Casalecchio)	accesso NORD LOTTO B		20	35,3	0,6	706	12
TOTALE				802			44.654	872
MEDIO							55,7	1,1
9	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso NORD LOTTO B	accesso NORD LOTTO B	12	25,5	2,3	306	28
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		472	59,5	2,2	28.084	1.038
TOTALE				484			28.390	1.066
MEDIO							58,7	2,2
11	accesso NORD LOTTO B	via Ronzani (Casalecchio)	accesso NORD LOTTO B	6	35,3	4,3	212	26
12	accesso NORD LOTTO B	via Ronzani (Sasso Marconi)		9	31,4	4,8	283	43
TOTALE				15			494	69
MEDIO							33,0	4,6
TOTALE INTERSEZIONE				**1.301**			**56,5**	**1,5**
13	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso SUD LOTTO B	781	57,1	1,2	44.595	937
14	via Ronzani (Casalecchio)	accesso SUD LOTTO B		10	17,7	0,3	177	3
TOTALE				791			44.772	940
MEDIO							56,6	1,2
15	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso SUD LOTTO B	accesso SUD LOTTO B	6	12,7	1,2	76	7
16	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		481	60,6	2,2	29.149	1.058
TOTALE				487			29.225	1.065
MEDIO							60,0	2,2
17	accesso SUD LOTTO B	via Ronzani (Casalecchio)	accesso SUD LOTTO B	3	17,7	2,2	53	7
18	accesso SUD LOTTO B	via Ronzani (Sasso Marconi)		6	20,8	3,2	125	19
TOTALE				9			178	26
MEDIO							19,8	2,9
TOTALE INTERSEZIONE				**1.287**			**57,6**	**1,6**
19	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO C	747	54,6	1,1	40.799	820
20	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO C		40	70,7	1,2	2.828	48
TOTALE				787			43.627	868
MEDIO							55,4	1,1
21	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTO C	accesso LOTTO C	23	50,7	4,8	1.167	110
22	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		475	59,6	2,2	28.314	1.043
TOTALE				498			29.481	1.154
MEDIO							59,2	2,3
23	accesso LOTTO C	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTO C	12	70,7	8,8	848	105
24	accesso LOTTO C	via Ronzani (Sasso Marconi)		19	69,2	10,7	1.315	203
TOTALE				31			2.163	308
MEDIO							69,8	9,9
TOTALE INTERSEZIONE				**1.316**			**57,2**	**1,8**

SCENARIO POST OPERAM 1						
Intersezioni a precedenza						
CODE ALLE INTERSEZIONI (pomeriggio)						
sezione di rilievo code			*Intersezione*		*code (metri)*	
cod	*via*	*manovra*	*cod*	*des*	*media*	*massima*
1	via Ronzani (Casalecchio)	sx	1	accesso LOTTO A	1	1
2	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			2	3
3	accesso LOTTO A	dx			6	8
4	accesso LOTTO A	sx			6	8
5	via Ronzani (Casalecchio)	sx	2	accesso NORD LOTTO B	1	1
6	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			2	3
7	accesso NORD LOTTO B	dx			4	5
8	accesso NORD LOTTO B	sx			5	7
9	via Ronzani (Casalecchio)	sx	3	accesso SUD LOTTO B	1	1
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			2	3
11	accesso SUD LOTTO B	dx			2	3
12	accesso SUD LOTTO B	sx			3	4
13	via Ronzani (Casalecchio)	sx	4	accesso LOTTO C	1	1
14	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			2	3
15	accesso LOTTO C	dx			10	14
16	accesso LOTTO C	sx			10	14

Scenario Post Operam 1 POMERIGGIO

SCENARIO POST OPERAM 2

Rotatorie

TEMPI DI PERCORRENZA SUGLI ITINERARI (mattina)

cod	O/D da via	O/D a via	Intersezione	Indicatori flussi	Tempo	ritardo	tempo flusso	Ritardo flusso
1	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	rotatoria LOTTI A-B	340	31,3	1,0	10.639	355
2	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTI A-B		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				340			10.639	355
MEDIO							31,3	1,0
3	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTI A-B	rotatoria LOTTI A-B	0	0,0	0,0	0	0
4	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		1.000	90,4	13,9	90.391	13.881
TOTALE				1.000			90.391	13.881
MEDIO							90,4	13,9
5	accesso LOTTI A-B	via Ronzani (Casalecchio)	rotatoria LOTTI A-B	143	90,6	5,8	12.950	824
6	accesso LOTTI A-B	via Ronzani (Sasso Marconi)		60	24,4	4,2	1.462	252
TOTALE				203			14.412	1.076
MEDIO							71,0	5,3
TOTALE INTERSEZIONE				**1.543**			**74,8**	**9,9**
7	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	rotatoria LOTTI B-C	400	36,6	1,2	14.640	488
8	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTI B-C		0	0,0	0,0	0	0
TOTALE				400			14.640	488
MEDIO							36,6	1,2
9	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTI B-C	rotatoria LOTTI B-C	0	0,0	0,0	0	0
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		840	75,5	11,6	63.409	9.738
TOTALE				840			63.409	9.738
MEDIO							75,5	11,6
11	accesso LOTTI B-C	via Ronzani (Casalecchio)	rotatoria LOTTI B-C	160	100,7	6,4	16.118	1.026
12	accesso LOTTI B-C	via Ronzani (Sasso Marconi)		65	26,2	4,5	1.706	294
TOTALE				225			17.823	1.320
MEDIO							79,2	5,9
TOTALE INTERSEZIONE				**1.465**			**65,4**	**7,9**

SCENARIO POST OPERAM 2

Rotatorie

CODE ALLE INTERSEZIONI (mattina)

sezione di rilievo code cod	via	manovra	Intersezione cod	des	code (metri) media	massima
1	via Ronzani (Casalecchio)	dx	1	rotatoria LOTTI A-B	4	31
2	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			5	36
3	accesso LOTTI A-B	dx			5	33
4	via Ronzani (Casalecchio)	dx	2	rotatoria LOTTI B-C	4	30
5	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			5	34
6	accesso LOTTI B-C	dx			6	31

Scenario Post Operam 2 MATTINA

SCENARIO POST OPERAM 2

Rotatorie

TEMPI DI PERCORRENZA SUGLI ITINERARI (pomeriggio)

cod	O/D			Indicatori				
	da via	a via	Intersezione	flussi	Tempo	ritardo	tempo flusso	Ritardo flusso
1	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	rotatoria LOTTI A-B	770	68,2	2,3	52.540	1.751
2	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTI A-B		45	37,7	4,2	1.695	189
TOTALE				815			54.235	1.940
MEDIO							66,5	2,4
3	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTI A-B	rotatoria LOTTI A-B	26	7,0	0,6	183	15
4	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		455	39,6	6,1	18.018	2.767
TOTALE				481			18.201	2.782
MEDIO							37,8	5,8
5	accesso LOTTI A-B	via Ronzani (Casalecchio)	rotatoria LOTTI A-B	14	8,5	0,5	120	8
6	accesso LOTTI A-B	via Ronzani (Sasso Marconi)		21	8,2	1,4	172	30
TOTALE				35			292	37
MEDIO							8,3	1,1
TOTALE INTERSEZIONE				**1.331**			**54,6**	**3,6**
7	via Ronzani (Casalecchio)	via Ronzani (Sasso Marconi)	rotatoria LOTTI B-C	741	65,6	2,2	48.584	1.619
8	via Ronzani (Casalecchio)	accesso LOTTI B-C		50	41,8	4,7	2.089	233
TOTALE				791			50.673	1.852
MEDIO							64,1	2,3
9	via Ronzani (Sasso Marconi)	accesso LOTTI B-C	rotatoria LOTTI B-C	29	7,8	0,6	228	19
10	via Ronzani (Sasso Marconi)	via Ronzani (Casalecchio)		466	40,5	6,2	18.871	2.898
TOTALE				495			19.098	2.917
MEDIO							38,6	5,9
11	accesso LOTTI B-C	via Ronzani (Casalecchio)	rotatoria LOTTI B-C	15	9,1	0,6	137	9
12	accesso LOTTI B-C	via Ronzani (Sasso Marconi)		25	9,8	1,7	244	42
TOTALE				40			381	51
MEDIO							9,5	1,3
TOTALE INTERSEZIONE				**1.326**			**52,9**	**3,6**

SCENARIO POST OPERAM 2

Rotatorie

CODE ALLE INTERSEZIONI (pomeriggio)

sezione di rilievo code			Intersezione		code (metri)	
cod	via	manovra	cod	des	media	massima
1	via Ronzani (Casalecchio)	dx	1	rotatoria LOTTI A-B	0	17
2	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			0	20
3	accesso LOTTI A-B	dx			0	18
4	via Ronzani (Casalecchio)	dx	2	rotatoria LOTTI B-C	0	16
5	via Ronzani (Sasso Marconi)	dx			0	19
6	accesso LOTTI B-C	dx			0	21

Scenario Post Operam 2 POMERIGGIO

Si restituisce una tabella riepilogativa dei risultati delle simulazioni, per ciascuna fascia oraria di punta considerata, in cui si trovano:

- FLUSSI TOTALI impegnanti le intersezioni [veicoli/h];
- TEMPI DI FLUSSO MEDI alle intersezioni [secondi];
- RITARDI MEDI alle intersezioni [secondi/veicolo];
- LUNGHEZZE MEDIE delle CODE [metri].

FLUSSI TOTALI ALLE INTERSEZIONI

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	*1.516*	*1.313*	*1.543*	*1.331*
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	*1.464*	*1.301*		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	*1.413*	*1.287*	*1.465*	*1.326*
via Ronzani - accesso LOTTO C	*1.432*	*1.316*		

TEMPI DI FLUSSO MEDI ALLE INTERSEZIONI

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	*69,0*	*56,7*	*74,8*	*54,6*
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	*67,2*	*56,5*		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	*67,9*	*57,6*	*65,4*	*52,9*
via Ronzani - accesso LOTTO C	*77,1*	*57,2*		

RITARDI MEDI ALLE INTERSEZIONI

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	*3,4*	*1,6*	*9,9*	*3,6*
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	*3,3*	*1,5*		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	*3,3*	*1,6*	*7,9*	*3,6*
via Ronzani - accesso LOTTO C	*3,4*	*1,8*		

CODE MEDIE ALLE INTERSEZIONI

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	*3*	*6*	*5*	*0*
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	*4*	*5*		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	*4*	*3*	*6*	*0*
via Ronzani - accesso LOTTO C	*5*	*10*		

Risultati delle simulazioni

Pur a fronte di un incremento di flussi di traffico, la maglia viaria considerata presenta un buon livello di servizio in entrambi gli scenari vagliati (classi B/C) sempre entro i limiti di ammissibilità, non evidenziando criticità di rilievo né nella fascia oraria di punta del mattino né in quella del pomeriggio.

Più in dettaglio le intersezioni/rotatorie di accesso al comparto presentano:

al mattino

- intersezioni a precedenza
  - ritardi complessivi medi di circa 3-4 sec;
  - ritardi massimi nelle manovre di svolta a sinistra, uscenti dal comparto C (valore max = 8,2 sec.);
  - code medie all'incirca di 5 metri.
- rotatorie
  - ritardi complessivi medi sui 10 sec;
  - ritardi massimi nelle manovre da Sasso Marconi verso Casalecchio (14 sec.);
  - file medie sui 6 metri.

nel pomeriggio

- intersezioni a precedenza
  - ritardi complessivi inferiori ai 2 sec;
  - ritardi massimi nelle manovre di svolta uscenti dal lotto C (>10 sec.);
  - accodamenti medi max sui 10 mt. di lunghezza.
- rotatorie
  - ritardi complessivi inferiori a 4 sec;
  - ritardi massimi (6,2 sec.) sempre sulla traiettoria Sasso Marconi → Casalecchio;
  - file medie trascurabili.

LIVELLI DI SERVIZIO

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	B	A	C	A
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	B	A		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	B	A	B	A
via Ronzani - accesso LOTTO C	B	B		

Livelli di Servizio

5. ANALISI DI SICUREZZA

L'analisi di sicurezza si compone dell'analisi di affidabilità, la quale ricerca le ipotesi che originano eventi ritenuti pericolosi, e dell'analisi delle conseguenze che studia gli effetti degli eventi.

Scopo dell'analisi di sicurezza è quello di determinare il rapporto tra incidenti e loro conseguenze al fine di verificare se tale rapporto rientra nel campo delle situazioni accettabili o in quello delle condizioni inopportune.

5.1 Aspetti normativi e metodologici

In questo paragrafo verranno analizzati gli aspetti normativi legati alla progettazione dei nuovi accessi stradali e all'adeguamento dei tronchi esistenti: si descriverà la metodologia e le ipotesi adottate sulle caratteristiche geometriche e di sicurezza nella soluzione di progetto prevista per il futuro Comparto residenziale.

I riferimenti normativi sono:

- D.L. 285-1992 "*Nuovo Codice della Strada*". Gazzetta ufficiale n.114 del 18/05/1992 e successive modifiche;
- D.M. 19/04/2006 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*". Gazzetta ufficiale n.170 del 24/07/2006 e successive modifiche;
- D.P.R. 16/12/1992 n.495 "*Regolamento di esecuzione ed attuazione del Codice della Strada*". Gazzetta ufficiale n.303 del 28/12/1992 e successive modifiche;
- Circolare Ministeriale 08/06/2001 n.3699 "*Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade*".

L'analisi di sicurezza viene affrontata con i seguenti approcci:

- rispondenza alla normativa per la progettazione e la costruzione di nuovi tronchi stradali e di nuove intersezioni;
- analisi di sicurezza ai sensi della Circolare 8 giugno 2001, n. 3699. Circolare sulle linee guida per le analisi di sicurezza delle strade;
- analisi delle esigenze di sicurezza attraverso la dimostrazione che l'intervento è in grado di produrre un buon del livello di sicurezza, garantendo la continuità dell'esercizio all'infrastruttura.

Il raggiungimento dell'obiettivo di ottimizzare la sicurezza stradale necessita di un approccio articolato capace di integrare aspetti molteplici, da quelli tecnici a quelli psicologici che governano il comportamento dell'utente. Tale processo è di tipo

preventivo cioè tende ad indicare le situazioni potenzialmente generatrici di incidenti prima che si verifichino.

Gli obiettivi dello studio sono stati:

- identificare i potenziali pericoli insiti nel nuovo progetto in modo tale che possano essere eliminati o attenuati per mitigarne gli effetti negativi con il minimo costo;
- verificare che siano presenti gli opportuni provvedimenti per ridurre il numero e la gravità degli incidenti;
- verificare che i requisiti per la sicurezza di tutte le categorie di utente siano esplicitamente considerati;
- verificare che in nuovo progetto non dia luogo ad incidenti in altri siti.

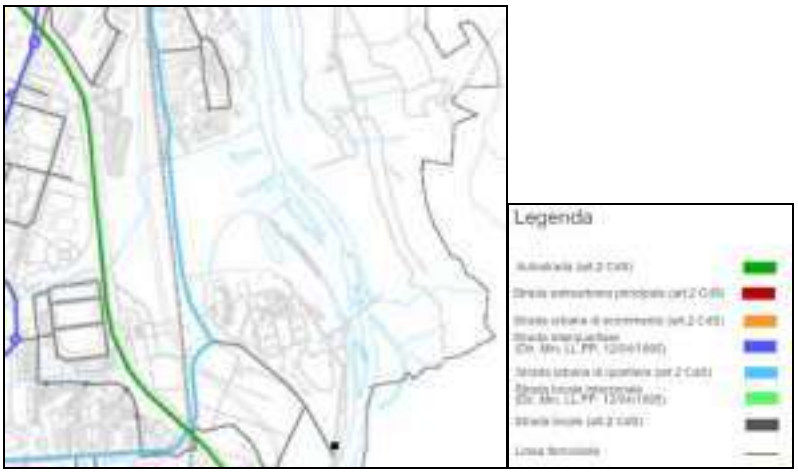
Nella procedura vengono considerati i seguenti parametri:

- la visibilità, ossia l'insieme delle informazioni visive che l'utente deve apprendere in tempo, considerando sia la propria velocità di marcia sia la velocità degli altri utenti, affinché egli possa adattare il proprio comportamento o effettuare una manovra adeguata agli eventi;
- la leggibilità, ossia la proprietà di una strada e del suo ambiente di inserimento di offrire agli utenti, attraverso l'insieme di tutti gli elementi costitutivi, un'immagine corretta, agevolmente e rapidamente comprensibile del tipo di strada che sta percorrendo, dei suoi modi d'uso e del comportamento richiesto, particolarmente in termini di velocità da mantenere e di traiettoria da seguire per adattare il comportamento al traffico veicolare o alle altre categorie di utente;
- l'equilibrio dinamico del veicolo, ovvero l'insieme delle considerazioni in base alle quali vengono definiti i valori discriminanti al di sotto dei quali l'infrastruttura non garantisce gli elementari principi di equilibrio dinamico;
- la possibilità di recupero, in relazione agli eventuali spazi disponibili che consentono all'utente la possibilità di effettuare una manovra adeguata per contenere eventuali incidenti;
- la coerenza di tutti gli elementi della strada (caratteristiche di esercizio, geometriche, etc.) e del suo ambiente di inserimento (urbano, sub-urbano, extraurbano), quale criterio che ingloba in sé i precedenti.

5.2 Verifica plano-altimetrica

In questo paragrafo verrà analizzato il contesto viario legato alla progettazione del comparto residenziale "ex Sapaba".

Nella seguente figura è riportata la classificazione funzionale della rete stradale esistente nell'intorno dell'area di studio.



Classificazione funzionale della rete stradale esistente (PGTU)

Relativamente alla gerarchizzazione della rete stradale esistente coinvolta nell'analisi si hanno le seguenti caratteristiche (Nuovo Codice della Strada _ D. Lgs. 285/1992, rif. art. 2):

E Strade urbane di quartiere;	*Strada urbana di quartiere: strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.*	***strade di quartiere**, con funzione di collegamento tra settori e quartieri limitrofi o, per i centri abitati di più vaste dimensioni, tra zone estreme di un medesimo settore o quartiere (spostamenti di minore lunghezza rispetto a quelli eseguiti sulle strade di scorrimento, sempre interni al centro abitato). In questa categoria rientrano, in particolare, le strade destinate a servire gli insediamenti principali urbani e di quartiere (servizi, attrezzature, ecc.), attraverso gli opportuni elementi viari complementari. Sono ammesse tutte le componenti di traffico, compresa anche la sosta delle autovetture purchè esterna alla carreggiata e provvista di apposite corsie di manovra;*

Caratteristiche funzionali	**Via Ronzani**
- funzione nella rete urbana	- urbana di quartiere
- movimento servito	- assorbimento del traffico in ingresso/uscita dal centro urbano
- servizio offerto	- capacità di trasporto limitata - sicurezza a bassa velocità (limite 50 Km/h) - condizionamento reciproco fra gli utenti crescente con il flusso veicolare - velocità e confort variabili in ragione della portata (qualità e composizione del traffico)

- requisiti di sicurezza	- sistemazione infrastrutturale omogenea e volumi di circolazione ridotti
- componenti di traffico ammesse	- tutte senza limitazioni
- accessi	- presenti lungo il tracciato
- corsie di emergenza e piazzole di sosta	- non presenti
- separazione dei sensi di circolazione	- mediante segnaletica

La viabilità prevista nell'attuazione del comparto comprende quella interna ai lotti con funzione di distribuzione alle aree di sosta.
La progettazione plano-altimetrica dei tracciati è stata sviluppata secondo quanto previsto dal DM 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

L'analisi di congruenza si riferisce alle seguenti caratteristiche progettuali:
Verifica delle caratteristiche planimetriche
a) Rettifili (lunghezza massima e minima)
b) Coordinamento plano-altimetrico del tracciato
c) Verifica della corretta percezione del tracciato

Verifica delle distanze di visuale libera (DVL)
La verifica è condotta confrontando le distanze di visuale libera (DVL) con le distanze di visibilità per l'arresto richieste dalla normativa.
Le distanze di visuale libera per l'arresto sono state calcolate secondo i criteri previsti dal succitato D.M. adottando un'altezza dell'occhio del guidatore a 1.10 m dal piano viabile ed un'altezza dell'ostacolo dal piano viabile di 0.10 m.
Il confronto tra DVL e la distanza di visibilità richiesta consente di identificare i punti del tracciato dove la configurazione plano-altimetrica e l'organizzazione della sezione non consentono di garantire la visibilità minima.

Verifica della sezione tipo
Nei tratti rettilinei fra intersezioni é prevista la realizzazione di una sezione tipo costituita da una carreggiata con caratteristiche geometriche adeguate alla destinazione funzionale del tronco stradale (le corsie di via Ronzani di larghezza pari a 3,50 m per la presenza del tpl ed una banchina laterale pari a 0,50 m).

Andamento planimetrico
Lunghezza massima dei rettifili
Secondo quanto prescritto dal DM 19/04/2006 per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre

l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che i rettifili abbiano lunghezza Lr contenuta nel seguente limite:

Lr = 22 x Vpmax

dove *Vp max* è il limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto della strada, in Km/h.

Per il progetto oggetto di studio risulta che per la strada con Limite di velocità = 50 Km/h → Vp min = 25 Km/h e Vp max = 60 Km/h,

risulta quindi un valore di lunghezza massima Lr = 1.320 m.

Lunghezza minima dei rettifili

Un rettifilo per essere percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella tabella che segue, fornita dal succitato decreto espressi in funzione della velocità massima per il rettifilo considerato.

Velocità [Km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lunghezza min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	300	360

Dall'analisi dell'andamento planimetrico è emerso quanto segue:

- i rettifili hanno sempre lunghezza L minore della lunghezza massima (1.320 m) e maggiore di quella minima (50 m);
- per quanto riguarda le strade interne al comparto che sono di tipo residenziale di servizio alle aree di sosta, non sono applicabili le caratteristiche caratterizzate dal parametro "velocità di progetto", inoltre avranno caratteristiche compositive tali da adattare lo spazio stradale ai volumi costruiti e alle esigenze dei pedoni.

5.3 Intersezioni

In questo paragrafo vengono analizzate in dettaglio le nuove intersezioni e la loro compatibilità con la viabilità esistente.

Le intersezioni coinvolte nell'analisi di sicurezza sono:

- accesso 1 lotto A;
- accesso 2 lotto B (nord);
- accesso 3 lotto B (sud);
- accesso 4 lotto C;
- rotatoria lotti A – B (nord);
- rotatoria lotti B (sud) – C.

La possibilità di prevedere accessi privati su una strada in ambito urbano (*art. 46 Reg.*) dipende dalla sua classificazione, secondo quanto indicato sotto in tabella, ove sono riportati anche i criteri di distanziamento per l'ubicazione di questi elementi.

Tipo di strada	A Autostrada urbana	D Urbana di scorrimento	E Urbana di quartiere	F Locale urbana
Ammessi	NO	SI	SI	SI
Organizzazione accessi	-	Coordinati	Diretti	Diretti
Distanza minima tra innesti successivi	-	100	-	-
Distanza minima tra accesso ed intersezione	-	100	12	12

La localizzazione e la configurazione degli accessi deve essere tale da rispettare le distanze di visuale libera stabilite per le intersezioni (vedi verifica successiva).

Dall'analisi delle planimetrie di progetto si evidenzia che la verifica delle distanze minime fra intersezioni risulta soddisfatta:

- l'accesso 1, risulta situato a 60 metri dall'accesso 2;
- l'accesso 2, risulta situato a 120 metri dall'accesso 3;
- l'accesso 3, risulta situato a 60 metri dall'accesso 4.

Anche nel caso delle rotatorie la verifica è soddisfatta:

- le due rotatorie, che ricadono in ambito urbano, risultano situate a 208 metri una dall'altra.

La normativa prescrive per le "rotatorie compatte" (diametro esterno compreso tra 25 e 40 m) le seguenti caratteristiche geometriche e funzionali:

- il DM 19/04/2006 impone una larghezza dell'anello di circolazione variabile da 9 m (per ingressi a 2 corsie) a 7 m (per ingressi a 1 corsia), comunque l'anello deve essere sempre organizzato su una sola corsia;
- la larghezza minima della corsia di entrata è di 3.50 m, se in ingresso abbiamo 1 corsia, mentre se in ingresso sono presenti 2 corsie la larghezza è di 6 m;
- la larghezza minima della corsia di uscita è pari a 4.50 m su un'unica corsia.

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.

L'inserimento delle rotatorie consente di realizzare una gestione della circolazione con l'eliminazione delle svolte a sinistra ritenute più pericolose.

La fase di progettazione delle rotatorie deve in particolare verificare:

- la larghezza della carreggiata anulare organizzata su un'unica corsia;
- le dimensioni dei singoli elementi geometrici (bracci di ingresso e di uscita, carreggiata anulare, isola centrale) adeguate ai raggi di curvatura e alle sagome d'ingombro dei veicoli;
- la protezione degli ostacoli rigidi lungo le traiettorie di possibile fuoriuscita dei veicoli, in particolare sull'isola centrale e nelle zone di approccio;
- una buona percezione e leggibilità della rotatoria tramite un corretto disegno degli elementi geometrici e un corretto posizionamento della segnaletica verticale;
- l'utilizzo di traiettorie veicolari ben definite e "obbligate" (attraverso l'angolo di deviazione) per evitare velocità operative troppo elevate incompatibili sia con la sicurezza che con l'obbligo di dare precedenza.

In particolare per le intersezioni canalizzate la normativa riporta la seguente tabella:

Tipo di strada principale	Tipologia di corsia specializzata		
	di uscita (o diversione)	di entrata (o immissione)	d'accumulo per svolta a sinistra
strade extraurbane			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
B	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
C	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Non ammessa	Ammessa
strade urbane			
A	Obbligatoria	Obbligatoria	Non ammessa
D	Ammessa	Ammessa	Non ammessa
E	Ammessa	Ammessa	Ammessa
F	Ammessa	Ammessa	Ammessa

Verifica della distanza di visuale libera

L'esistenza di opportune visuali libere costituisce primaria ed inderogabile condizione di sicurezza della circolazione.

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

Lungo il tracciato stradale la distanza di visuale libera deve essere confrontata, in fase di progettazione ed a seconda dei casi successivamente precisati, con le seguenti distanze:

- *distanza di visibilità per l'arresto*, che è pari allo spazio minimo necessario perché il conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto;
- *distanza di visibilità per il sorpasso*, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto;
- *distanza di visibilità per la manovra di cambiamento di corsia*, che è pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per il passaggio da una corsia a quella ad essa adiacente nella manovra di deviazione in corrispondenza di punti singolari (intersezioni, uscite, ecc.).

La *distanza di visibilità per l'arresto* è stata determinata con la quota limite del coefficiente di aderenza impegnabile longitudinalmente per la frenatura.
Nella tabella seguente sono riepilogati i valori utilizzati nelle verifiche così come previsti dalla normativa.

Vp (Km/h)	25	40	60	80	100	120	140
	0.45	0.43	0.35	0.30	0.25	0.21	-

Dalle norme risulta la seguente distanza di visibilità per l'arresto:

per Vp max = 60 Km/h → Da = 68 m

per Vp min = 25 Km/h → Da = 25 m

La *distanza di visibilità per il sorpasso* risulta:

per Vp max = 60 Km/h → Ds = 330 m

per Vp max = 25 Km/h → Ds = 137.5 m

In corrispondenza di intersezioni stradali a raso, oltre alle fasce di rispetto determinate dalle distanze minime sottoindicate (RUE Comune di Casalecchio di Reno, dicembre

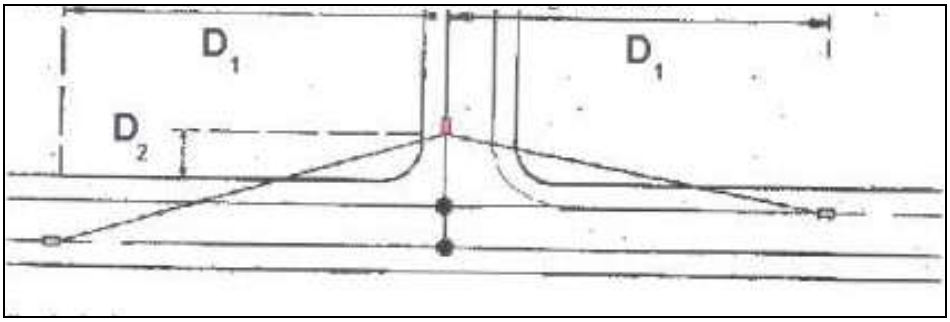
2017), si deve aggiungere l'*area di visibilità*, prevista dal Codice della Strada all'art. 16 c.2., determinata dal triangolo avente due lati sugli allineamenti delimitanti le fasce di rispetto, la cui lunghezza misurata a partire dal punto di intersezione degli allineamenti stessi sia pari al doppio delle distanze stabilite nel regolamento, e il terzo lato costituito dal segmento congiungente i punti estremi.

*Classe e tipo di strada**	*Distanza dalla strada (mt)*	
	Fuori centro abitato **	*Dentro centro abitato*
A – Autostrada	80	30
B - Extraurbana principale	PTCP	20 (in zone già previste edificabili)
D - Urbana di scorrimento	-	20
E1 - Interquartiere	-	5 o 3 con ciclabile
E2 - Urbana di quartiere	-	5 o 3 con ciclabile
F - Locale interzonale	-	5 o 3 con ciclabile
F - Locale	-	5 o 3 con ciclabile

** = in riferimento al Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) vigente.*
*** = Per le strade provinciali la distanza è stabilita all'art. 12.13 del PTCP.*

Distanze degli edifici dalle strade

Si suppone che il ramo di accesso al comparto abbia l'obbligo di arresto.



Il veicolo fermo allo Stop sul ramo di uscita (D_2=3 m) deve vedere un veicolo sul ramo principale quando questo si trova ad una distanza dal punto di potenziale collisione pari a $D_1 = v_{85} * t$. Dove t è il tempo necessario al veicolo fermo allo Stop per eseguire la manovra; t assume valori compresi tra 6 e 10 sec (valore minimo stabilito da normativa t=6 sec).

Se consideriamo che v_{85} = 50 Km/h e t=6 sec si ha D_1=50*6 / 3.6 = 83.3 m
Per una valutazione di massima del tempo t si può anche procedere considerando che il veicolo fermo si immette con moto uniformemente accelerato (a=1.0–1.2 m/sec^2), fino a raggiungere la velocità della corrente principale, e che quando ciò avviene il veicolo della corrente principale abbia dal veicolo in immissione un distanziamento temporale pari a δ (distanziamento minimo di sicurezza):

$$T = \frac{v_{85}}{2 * a} + \delta = \frac{13.89}{2*1.2} + 1 = 6.8 \text{ sec}$$

Nel caso di regolazione con obbligo di dare la precedenza le grandezze assumono i seguenti valori: D_2=20 m, D_1= v_{85} * t e t ≥ 12 sec.

Le verifiche sulle rotatorie, della *distanza di visibilità* e della *deviazione β delle traiettorie in attraversamento al nodo*, verranno condotte successivamente in fase progettuale definitiva/esecutiva.

5.4 Analisi mediante "liste di controllo"

Le linee guida ministeriali, al fine di garantire al meglio le analisi di sicurezza nel ciclo del progetto di nuove realizzazioni stradali, prevedono un processo di analisi sviluppato con l'ausilio di "liste di controllo".
Tali liste hanno lo scopo di favorire l'individuazione dei problemi di sicurezza da esaminare in relazione ai diversi tipi di analisi.
Nella "liste di controllo" vengono riportate sia le domande relative a fattori che direttamente e/o indirettamente possono essere all'origine di eventuali incidenti, sia le corrispondenti "risposte" progettuali.

I temi considerati riguardano:
- aspetti generali;
- geometria;
- intersezioni;
- utenze deboli;
- parcheggi e sosta.

Le "liste di controllo", compilate con riferimento al progetto in esame, sono di seguito riportate.

Struttura delle liste di controllo		
PP1	**Aspetti generali**	
	1.1	*Traffico*
	1.2	*Numero e tipo di intersezione/svincoli*
	1.3	*Aree di sosta e piazzole*
	1.4	*Abbagliamento notturno*
	1.5	*Accessi*
	1.6	*Sviluppi adiacenti*

PP2	**Geometria**	
	2.1	*Scelta del tracciato della nuova infrastruttura*
	2.2	*Tracciato planimetrico*
	2.3	*Tracciato altimetrico*
	2.4	*Sezione trasversale*
PP3	**Intersezioni a raso**	
	3.1	*Ubicazione*
	3.2	*Visibilità*
	3.3	*Leggibilità*
	3.4	*Corsie ausiliarie*
	3.5	*Manovre*
	3.6	*Rotatorie*
PP4	**Utenze deboli**	
	4.1	*Attraversamenti pedonali*
	4.2	*Percorsi pedonali*
	4.3	*Ciclisti*
	4.4	*Motociclisti*
PP5	**Parcheggi e sosta**	
	5.1	*Parcheggi*
	5.2	*Sosta*

Lista di controllo 1 - Aspetti generali		
Traffico		
1	Le soluzioni progettuali adottate (numero e larghezza corsie, larghezza banchine, geometria delle intersezioni/svincoli, etc.) sono adeguate al volume e tipo di traffico previsti?	si
2	Si prevedono rilevanti volumi di traffico per qualche classe di utenza diversa dalle autovetture che richiedano soluzioni o attrezzature particolari?	no
3	La classe della nuova strada è adeguata al volume e al tipo di traffico previsto?	si
Numero e tipo di intersezione/svincoli		
4	Il numero e la frequenza delle intersezioni/svincoli sono stati opportunamente scelti per la classe delle strada?	si
5	Le intersezioni/svincoli sono stati posizionati in zone adatte dai seguenti punti di vista: - ubicazione topografica? - configurazione plano-altimetrica del nuovo tracciato?	si
6	La tipologia delle intersezioni/svincoli è stata opportunamente scelta per classe di strada, per volume e tipo di traffico?	si
Aree di sosta e piazzole		
7	Le piazzole per la sosta di emergenza sono previste in numero sufficiente e con adeguata spaziatura?	non ci sono aree di sosta di emergenza
Abbagliamento notturno		
8	Gli utenti che percorrono la strada possono avere problemi di abbagliamento notturno causato dalla presenza del flusso di veicoli che la percorrono in direzione opposta o dalla presenza di altri flussi?	no
Accessi		
9	La localizzazione degli accessi è corretta?	si
Sviluppi adiacenti		
10	Ci sono eccessivi illuminazione e insegne commerciali che potrebbero distrarre i conducenti?	non è stato determinato

Lista di controllo 2 - Geometria		
Scelta del tracciato della nuova infrastruttura		
1	Se il progetto prevede il potenziamento di un tracciato esistente, si sono tenuti in conto gli aspetti riguardanti la sicurezza nella scelta fra le varie alternative: - modifica della rete esistente? - vincoli sulla geometria?	si
2	Le caratteristiche geometriche del tracciato previsto sono idonee alla topografia del territorio e al tipo di ambiente attraversato?	si
3	Le caratteristiche geometriche del tracciato previsto conformi alle aspettative degli utenti?	si
4	Se sono presenti tratti (lunghe gallerie o lunghi viadotti) in cui si sono dovute prevedere delle caratteristiche geometriche inferiori rispetto alla media del tracciato, si hanno problemi di sicurezza?	-
Tracciato planimetrico		
5	I seguenti elementi possono costituire un fattore di pericolo: - curva circolari? - rettifili? - successione degli elementi del tracciato?	no
6	Sono previsti accorgimenti a distanze regolari per permettere l'inversione di marcia?	si (nel caso delle rotatorie)
Tracciato altimetrico		
7	I seguenti elementi possono costituire un fattore di pericolo: - livellette? - raccordi concavi? - raccordi convessi? - successione degli elementi del tracciato?	no
8	Il valore e la lunghezza delle livellette è compatibile con un regolare deflusso del traffico (in particolare veicoli pesanti, camper, etc.)?	si
9	Sono necessarie corsie di arrampicamento?	no
10	I valori dei raggi verticali per i raccordi concavi e per i raccordi convessi sono dello stesso ordine di grandezza?	si
Sezione trasversale		
11	I seguenti elementi possono costituire un fattore di pericolo: - numero e larghezza delle corsie? - banchine? - spartitraffico?	no
12	Si possono avere problemi di sicurezza in punti in cui si sono dovuti prevedere dei restringimenti della sezione trasversale per situazioni particolari?	no

Lista di controllo 3 - Intersezioni a raso		
Ubicazione		
1	Le intersezioni sono ubicate in zone adatte?	si
2	Le intersezioni sono ben visibili sia di giorno che di notte ad una distanza sufficiente per arrestarsi anche in caso di coda?	si
Viabilità		
3	La visibilità è buona per tutti gli utenti che approcciano l'intersezione dalle diverse direzioni?	si
4	La visibilità è buona in tutte le ore del giorno e della notte nelle diverse stagioni?	si
5	Sono presenti ostacoli alla visibilità quali: - vegetazione? - edifici? - cartelli stradali? - barriere di sicurezza? - parapetti, staccionate? - insegne pubblicitarie? - cassonetti di raccolta dei rifiuti? - veicoli in sosta? - altro?	no
6	La geometria della strada ha un andamento tale da creare problemi di visibilità in particolari condizioni?	no
Leggibilità/facilità di comprensione		
7	L'intersezione è facilmente comprensibile per tutti gli utenti?	si
8	L'intersezione è facilmente leggibile da qualunque direzioni si approcci?	si
9	L'intersezione è esente da ambiguità?	si
Corsie ausiliarie/canalizzazione/accelerazione e decelerazione		
10	Sembrano necessarie corsie ausiliarie o di canalizzazione?	no
11	Il numero di corsie ausiliarie o di canalizzazione è adeguato al tipo di intersezione e al volume di traffico?	-
12	Le corsie ausiliarie/canalizzazione sono correttamente collocate e geometrizzate?	-
13	Le corsi di accelerazione e decelerazione sono correttamente collocate e geometrizzate?	-
14	La lunghezza delle corsie di accelerazione è adeguata?	-
15	La lunghezza delle corsie di decelerazione è adeguata?	-
16	Se l'intersezione è interessata dal transito di mezzi pubblici, la geometria dell'intersezione e il tracciamento delle corsie ne tengono conto?	si
Manovre		
17	Tutte le manovre consentite sono chiare e comprensibili?	si

18	Tutte le manovre consentite sono ben visibili agli altri utenti?	si
19	I tempi di attesa per effettuare le manovre sono accettabili?	si
Rotatorie		
20	La rotatoria è ben visibile sia di giorno che di notte?	da verificare in sede di progettazione dell'illuminazione
21	Vi sono elementi del paesaggio (alberi, pali, etc.) che danno l'illusione che la rotatoria non ci sia?	no
22	Gli angoli di deviazione all'ingresso della rotatoria sono adeguati al tipo di traffico?	da verificare in sede di progettazione definitiva/esecutiva
23	Gli angoli di deviazione all'ingresso della rotatoria garantiscono una buona visibilità?	da verificare in sede di progettazione definitiva/esecutiva
24	I diversi tipi di isola (direzionale, divisionale, di rifugio) sono correttamente delineati e idoneamente posizionati?	da verificare in sede di progettazione definitiva/esecutiva
25	Le svasature dei rami di ingresso della rotatoria sono adeguate?	da verificare in sede di progettazione definitiva/esecutiva
26	Il diametro e la conformazione dell'isola centrale permette ai veicoli di circolare agevolmente?	da verificare in sede di progettazione definitiva/esecutiva
27	E' necessario riservare delle corsie per le manovre più utilizzate?	no
28	Le pendenze trasversali e le canalette permettono lo smaltimento dell'acqua piovana?	da verificare in sede di progettazione esecutiva
29	La segnaletica orizzontale è adeguata?	da verificare in sede di progettazione esecutiva
30	La segnaletica verticale è adeguata?	da verificare in sede di progettazione esecutiva
31	La delineazione delle corsie e delle isole spartitraffico è adeguata?	da verificare in sede di progettazione esecutiva
32	L'illuminazione è adeguata?	da verificare in sede di progettazione dell'illuminazione
33	Le condizioni di circolazione sono adeguate ai pedoni e ai ciclisti?	si

Lista di controllo 4 - Utenze deboli		
Attraversamenti pedonali		
1	Il numero e la posizione degli attraversamenti pedonali sono tali da scoraggiare l'attraversamento in altre zone?	non è stato determinato
2	Sono gli attraversamenti pedonali ben visibili da parte del traffico notturno?	non è stato determinato
3	E' il traffico motorizzato ben visibile da parte dei pedoni?	non è stato determinato
4	E' adeguato il tipo di attraversamento pedonale alla larghezza della carreggiata (con presenza di isole spartitraffico, etc.)?	non è stato determinato
5	E' compatibile la velocità del flusso con il tipo di attraversamento pedonale?	non è stato determinato
Percorsi pedonali		
6	Sono presenti marciapiedi nelle zone con flusso pedonale apprezzabile?	si
Ciclisti		
7	E' sufficiente la larghezza delle banchine a consentire il flusso dei ciclisti senza invasione della carreggiata?	si
8	L'entità del flusso ciclistico è tale da richiedere pista ciclabili?	non è stato determinato
9	Sono adeguati i percorsi ciclabili nelle intersezioni?	si
Motociclisti		
10	Sono presenti elementi che potrebbero costituire pericolo per i veicoli a due ruote?	no

Lista di controllo 5 - Parcheggi e sosta		
Parcheggi		
1	Le entrate e le uscite sono visibili da parte dei veicoli sulla strada?	si
2	Possono costituire un pericolo le code dei veicoli entranti?	no
3	Sono adeguati gli attraversamenti e i percorsi pedonali in prossimità dei parcheggi?	non è stato determinato
Aree di sosta		
4	E' appropriato l'orientamento (parallelo, obliquo, ortogonale) della sosta?	si
5	Sono compatibili le manovre di sosta con il deflusso veicolare?	si

5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio ha analizzato le infrastrutture viarie in progetto nella zona che si svilupperà lungo il lato destro di via Camillo Ronzani, denominata "area ex cava Sapaba", considerando le differenti funzioni che esse svolgeranno in futuro, esaminando l'impianto di avvicinamento, di distribuzione e di accesso al suddetto comparto residenziale di prossima realizzazione (Variante al PP approvato con Deliberazione n. 44 del 20/04/2009).

Le valutazioni hanno avuto il fine di individuare eventuali criticità del sistema dal punto di vista della circolazione, nella convinzione che la buona organizzazione di essa, quindi con un traffico fluido, garantisca oltre alla scorrevolezza anche minori rischi per gli utenti e quindi maggior sicurezza stradale.

In primo luogo per ricostruire lo stato di fatto sono stati utilizzati i dati di traffico acquisiti da una campagna di indagine risalente a maggio 2017 consistente in conteggi su strada dei flussi veicolari classificati nelle 24 h sulla sezione attuale di via Ronzani.

In secondo luogo in base alle dimensioni ed alla destinazione d'uso dei lotti (residenziale), si è provveduto a stimare i movimenti veicolari attratti e generati ad esse associati nelle fasce orarie di punta mattutina (7.30-8.30 e pomeridiana 17.00-19.00) di giornate feriali tipo, ove si riscontra il massimo afflusso.
Per quantificare tale domanda di mobilità si sono considerate le situazioni più gravose per quanto riguarda gli effetti indotti dagli spostamenti, al fine di avere un maggior margine di sicurezza nei risultati finali (worst case): le ripartizioni percentuali, concertate con il Comune di Casalecchio di Reno, sono state calcolate cautelativamente in riferimento al futuro Piano di Monitoraggio d'area.

Da tali dati è risultato che il maggiore impatto derivante dal traffico veicolare indotto complessivamente dal comparto si registrerà in futuro nell'ora di punta della mattina con 428 autovetture generate (spostamenti casa-lavoro e casa-scuola); mentre al pomeriggio si avranno circa 150 auto attratte e 75 generate.

In ultimo si è sovrapposta la distribuzione temporale dei flussi esistenti e di quelli afferenti all'area in esame, e si è provveduto all'effettuazione di simulazioni di traffico che hanno riprodotto l'interazione domanda-offerta di trasporto ed hanno fornito come output importanti parametri come il deflusso dei veicoli attribuiti ai percorsi della rete, i tempi di viaggio, il grado di utilizzo delle infrastrutture.

Tale strumento ha permesso quindi di stabilire i flussi massimi orari che impegneranno le intersezioni di accesso ai lotti abitativi e successivamente di valutarne i Livelli di Servizio (L.d.S.).

In particolare le simulazioni hanno evidenziato come nello scenario Post Operam (stato attuale + completa attuazione del comparto) gli innesti, sia gestiti a precedenza su via Ronzani (soluzione 1) che organizzati a rotatoria (soluzione 2), presentino tutti un buon Livello di Servizio complessivo (classi A, B, C) e rientrino entro i limiti di ammissibilità.

LIVELLI DI SERVIZIO

intersezione	**Post Operam 1**		**Post Operam 2**	
	mattina	***pomeriggio***	***mattina***	***pomeriggio***
via Ronzani - accesso LOTTO A	B	A	C	A
via Ronzani - accesso LOTTO B nord	B	A		
via Ronzani - accesso LOTTO B sud	B	A	B	A
via Ronzani - accesso LOTTO C	B	B		

L'esame delle elaborazioni dati ed i risultati delle simulazioni effettuate impongono alcune importanti considerazioni e valutazioni:

- la realizzazione di qualsiasi insediamento umano: residenziale, ricreativo, commerciale, etc., rappresenta un evento alterativo dell'equilibrio circolatorio; peraltro va considerato che se da un lato risulta impossibile immaginare attività umane prive di rilasci ad impatto nullo, è pur vero che una accurata pianificazione può condurre alla minimizzazione degli effetti negativi e tendere ad ottenere un bilancio sostenibile;

- complessivamente entrambe le infrastrutturazioni proposte sono in grado di smaltire i flussi di traffico veicolari sulla rete viaria di previsione, e si esclude l'insorgere di rilevanti e puntuali situazioni di congestione sulla via Ronzani;

- l'assetto stradale futuro (Post Operam 1), che contempla la realizzazione di quattro accessi al comparto, garantisce ed assicura un buon funzionamento delle aree di ingresso/uscita ai lotti residenziali: da cui l'impatto della domanda addizionale generata e attratta dal comparto "ex Sapaba" sulla sezione di via Ronzani, risulta compatibile con la viabilità di progetto ipotizzata;

- nello scenario Post Operam 2, la realizzazione di due nuove rotatorie compatte evidenzia una apprezzabile fluidificazione dei nodi di accesso al comparto confermata da tempi di flusso e veicoli in attesa dell'immissione in rotatoria in valori e numeri contenuti, e da livelli di servizi assimilabili a C nel peggiore dei casi (punta mattutina).

I vantaggi di questa soluzione sono sintetizzabili in:

- miglioramento della sicurezza rispetto alle intersezioni a precedenza riducendo il numero dei punti di conflitto da 9 a 6;
- eliminazione delle svolte a sinistra;
- riduzione delle velocità di transito (si evitano traiettorie rettilinee);
- aumento della sicurezza dei pedoni (ridotto n° dei punti di conflitto, basse velocità, presenza di isole divisionali "salvagente");
- aumento della sicurezza dei ciclisti e motociclisti (ridotta velocità dei veicoli in approccio e in uscita dall'anello);
- tutti i mezzi possono compiere in sicurezza l'inversione di marcia, scoraggiando le svolte a sinistra difficoltose anche nelle intersezioni vicine;
- richiesta di una segnaletica stradale ridotta e semplificata.

Si può in definitiva affermare che, per quanto riguarda l'impatto determinato dagli incrementi veicolari generati/attratti dal nuovo polo abitativo, sia in termini di accessibilità e capacità di smaltimento del sistema viario di progetto sia in termini di sicurezza stradale, non si registreranno criticità di rilevo.