



COMUNE DI CASTENASO

POC 2

2017

PIANO OPERATIVO COMUNALE

(L.R. 24 marzo 2000, n. 20 - art. 30)

**Primo stralcio del polo scolastico e impianto natatorio
in ambito ANS_C3.1 (capoluogo)**

Allegato 2

Studio degli impatti sulla mobilità

(a cura di: Ing. Michele Tarozzi)

Adozione D.C.C. n. 34 del 30/06/2016	Approvazione D.C.C. n. __ del __/__/____
--------------------------------------	--

il Sindaco

Stefano SERMENGHI

l'Assessore all'Urbanistica

Stefano SERMENGHI

il Segretario Generale

Andrea FANTI

RICERCA E PROGETTO

Galassi, Mingozzi e Associati

Angelo MINGOZZI

Marco BUGHI

Sergio BOTTIGLIONI

Comune di Castenaso

Fabrizio RUSCELLONI

Deborah CAVINA

Serena RIMONDINI

Leonardo ALTILIA

COMUNE DI CASTENASO (BO)

AMBITO ANS_C3.1
(prima fase)

STUDIO DEGLI IMPATTI SULLA MOBILITÀ

a cura di:
ING. MICHELE TAROZZI



Novembre 2015
REV. 0

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DI ACCESSIBILITÀ ALL'AREA IN ESAME	3
2.1	ACCESSIBILITÀ VEICOLARE PRIVATA.....	3
2.2	ACCESSIBILITÀ MEDIANTE TRASPORTO PUBBLICO (TPL)	3
2.3	ACCESSIBILITÀ CICLOPEDONALE	4
3	ANALISI DEI FLUSSI DI TRAFFICO	5
3.1	FLUSSI DI TRAFFICO ATTUALI	5
3.2	QUESTIONARI SULLA MOBILITÀ RELATIVI ALLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "G. GOZZADINI"	6
3.3	STIMA DEI FLUSSI ADDIZIONALI (ATTRATTI/GENERATI) DAL COMPARTO.....	10
3.3.1	<i>Periodo non estivo</i>	11
3.3.2	<i>Periodo estivo</i>	13
3.4	DISTRIBUZIONE SULLA RETE DEI FLUSSI ADDIZIONALI INDOTTI DAL COMPARTO DI PROGETTO	14
3.5	STIMA DEI FLUSSI COMPLESSIVI ATTESI NELLO SCENARIO DI PROGETTO	18
3.6	CONSIDERAZIONI DI ORDINE MACROTRASPORTISTICO	20
3.6.1	<i>Verifica del livello di saturazione dei principali archi ricompresi nell'ambito di analisi</i>	20
3.6.2	<i>Considerazioni trasportistiche sul dimensionamento dei nuovi parcheggi previsti</i>	20
4	VERIFICA CON MICROSIMULATORE DEL LIVELLO DI PERFORMANCE DELLA RETE.....	21
4.1	CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE	21
4.2	MICROSIMULAZIONE DELLA RETE NELLO SCENARIO ATTUALE.....	25
4.2.1	<i>Ora di punta AM</i>	25
4.2.2	<i>Ora di punta PM</i>	26
4.3	MICROSIMULAZIONE DELLA RETE NELLO SCENARIO DI PROGETTO.....	27
4.3.1	<i>Ora di punta AM</i>	27
4.3.2	<i>Ora di punta PM</i>	28
4.4	RAFFRONTO TRA LE RISULTANZE DELLE MICROSIMULAZIONI EFFETTUATE PER LO SCENARIO ATTUALE E DI PROGETTO	29
5	CONCLUSIONI	31
ALLEGATO A - IL SOFTWARE DI MACROSIMULAZIONE UTILIZZATO: TRANSCAD.....		32
ALLEGATO B - IL SOFTWARE DI MICROSIMULAZIONE UTILIZZATO: TRANSMODELER		34

INDICE DELLE FIGURE:

Figura 1-Accessibilità generale al Comparto.....	3
Figura 2-Accessibilità ciclabile al Comparto.....	4
Figura 3-Localizzazione dei punti di rilievo	5
Figura 4- Questionario tipo.....	7
Figura 5- Principali direttrici di origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola	8
Figura 6- Spostamenti in ingresso/uscita dal Comparto riferiti ai nuovi parcheggi previsti.....	15
Figura 7- Flussogramma degli spostamenti veicolari addizionali indotti dal Comparto (fascia oraria di punta AM)	17
Figura 8- Flussogramma degli spostamenti veicolari addizionali indotti dal Comparto (fascia oraria di punta PM)	17
Figura 9- Flussogramma degli spostamenti veicolari addizionali indotti dal Comparto (24h della giornata tipo)	18
Figura 10-Schematizzazione con microsimulatore del grafo in esame.....	24

1 Premessa

Il presente studio è finalizzato all'analisi degli impatti locali sul traffico conseguenti alla realizzazione di una scuola secondaria di primo grado e di un polo natatorio (impianto coperto e piscina esterna per la balneazione estiva) nell'Ambito ANS_C3.1 del comune di Castenaso (*prima fase*), in un'area sita tra via dello Sport e via Marano.

Come noto, l'attuazione di un intervento urbanistico comporta ricadute in termini di generazione/attrazione di spostamenti veicolari sulla rete viaria sita all'intorno; tali effetti tendono ad esaurirsi all'aumentare della distanza. Nel caso specifico è stato fissato un ambito di analisi (v. successiva Figura 1) schematicamente delimitato a nord da via Marano, ad ovest dall'innesto viale De Coubertin/via del Frullo, ad est da via XXI Ottobre 1944 e a sud da via del Frullo.

L'analisi di seguito illustrata è stata articolata nei seguenti punti fondamentali:

- *descrizione dello schema di accessibilità all'area in esame;*
- *analisi dei flussi di traffico, attraverso:*
 - analisi dei flussi di traffico attuali nell'ambito di analisi (fasce orarie di punta AM 07:30-09:00 e PM 17:30-19:00, traffico medio giornaliero);
 - stima dei flussi addizionali attratti/generati dal nuovo Comparto (fasce orarie di punta AM 07:30-09:00 e PM 17:30-19:00, traffico medio giornaliero) e ricostruzione della loro distribuzione sulla rete nell'ambito di analisi mediante macrosimulatore di traffico (piattaforma TransCad della Caliper);
 - stima dei flussi complessivi attesi nello scenario di progetto nell'ambito di analisi;
 - considerazioni di ordine macrotrasportistico in ordine al livello di saturazione della rete ed al dimensionamento dei nuovi parcheggi;
- *verifica della capacità di assorbimento della rete mediante microsimulatore di traffico* (piattaforma TransModeler della Caliper) attraverso opportuni indicatori generali di rete (tempo medio di percorrenza sulla rete simulata, ritardo medio sulla rete simulata) ed opportuni indicatori di dettaglio sui singoli elementi del grafo (ritardo, livello di servizio LOS secondo il manuale HCM 2010 e lunghezza delle code presso alcuni nodi di controllo prescelti). La verifica è stata svolta in modo comparato tra scenario attuale e scenario di progetto.

2 Descrizione dello schema di accessibilità all'area in esame

2.1 Accessibilità veicolare privata

L'area di intervento è ricompresa tra via Marano e via dello Sport; con riferimento alle principali agglomerazioni di origine/destinazione presenti all'intorno, essa è così raggiungibile (v. Figura 1):

- comune di Bologna, località di Villanova: SS253 (segmento ad ovest di Castenaso)-via Tosarelli;
- Medicina, Fossatone: SS253 (segmento ad est di Castenaso)-via Nasica;
- Marano, Torre: via Marano;
- Quarto Inferiore, Frullo: via del Frullo-viale De Coubertin;
- Budrio: via XXI Ottobre 1944;
- Idice: SP28.



Figura 1-Accessibilità generale al Comparto

2.2 Accessibilità mediante trasporto pubblico (TPL)

L'area di intervento risulta servita delle seguenti linee di trasporto pubblico locale (v. Figura 1):

- linee su gomma TPER (attestate su via Tosarelli in prossimità dell'intersezione con via XXI Ottobre 1944, a circa 650 m di distanza dall'accesso su via dello Sport del futuro Comparto)¹:

¹ Numero corse e relativa frequenza riferite all'orario ufficiale TPER disponibile alla data di estensione del presente studio sul sito web aziendale (periodo di validità settembre 2015-giugno 2016)

- linea 99 (Bologna Autostazione-Castenaso-Medicina-Lugo), servizio dalle 06:00 alle 20:30 circa, cadenzato ai 30’;
- linea 205 (Bologna Autostazione-Castenaso-Castel Guelfo), con 2 corse al giorno (una per direzione);
- linea 206 (Bologna Autostazione-Castenaso-Massa Lombarda-Lugo), servizio dalle 06:00 alle 20:30 circa, mediamente cadenzato ai 30’;
- linee 211, 212, 213, 214 (Bologna Autostazione-Castenaso-Budrio-Medicina-Castel Guelfo), servizio dalle 05:30 alle 18:00 circa, con cadenzamento (a seconda delle fasce orarie) mediamente compreso tra i 30’e i 60’;
- linea 237 (Bologna Autostazione-Castenaso-Dugliolo-Alberino), con 5 corse al giorno (per ciascuna direzione);
- linee 242, 243, 273 (Bologna Autostazione-Castenaso-Budrio-Molinella-Marmorta-Ospitale Monacale), servizio dalle 06:00 alle 20:00 circa, con cadenzamento variabile a seconda delle fasce orarie;
- linea 257 (Bologna Autostazione-Castenaso-Budrio-Campotto-Argenta), con 2-3 corse al giorno (per ciascuna direzione);
- Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM2, Bologna-Portomaggiore) attestato presso le stazioni ferroviarie di Castenaso Stellina e Castenaso (entrambe distanti circa 1400 m dall’accesso del futuro Comparto su via dello Sport). Attraverso i treni della linea SFM2 è possibile raggiungere la Stazione FS di Bologna Centrale in circa 20-25’ (cadenzamento base di 60’, con intensificazione del servizio ai 20’-40’ circa nelle fasce orarie di punta).

2.3 Accessibilità ciclopedonale

L’intorno dell’area di intervento presenta la seguente dotazione di percorsi pedonali e ciclabili:

- marciapiedi/camminamenti pedonali su tutte le principali arterie stradali urbane/residenziali presenti all’intorno (in particolare: via dello Sport, via Amendola, via XXI Ottobre 1944, via delle Olimpiadi, via Marano);
- rete ciclabile (v. tratti magenta in Figura 2, ricavati dalla Tavola Ca.C.5.1 *Servizi e Mobilità Urbana* del Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata del Comune di Castenaso), che garantisce una percorribilità in sede protetta nord-sud lungo il percorso via del Frullo-via dello Sport/viale De Coubertin-via Marano, costeggiando (fronte est) il futuro Comparto.

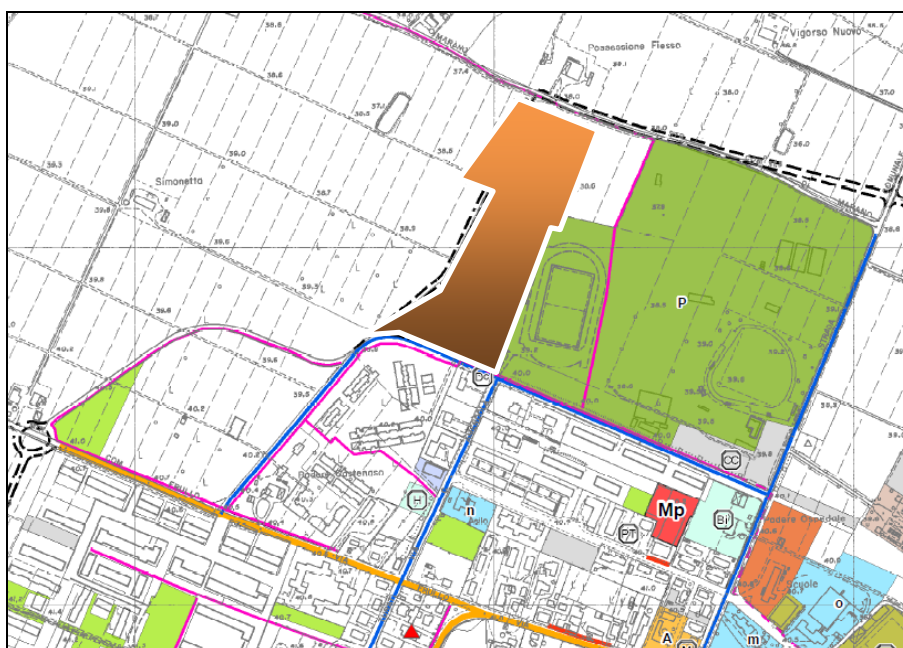


Figura 2-Accessibilità ciclabile al Comparto

3 Analisi dei flussi di traffico

3.1 Flussi di traffico attuali

La ricostruzione dei flussi di traffico relativi all'ambito di studio è stata effettuata con riferimento sia alle fasce orarie di punta AM (07:30-09:00)/PM (17:00-18:30) sia all'intero arco giornaliero (TGM) del giorno infrasettimanale medio. Tale ricostruzione è stata sviluppata sulla base dei seguenti dati:

- specifici conteggi manuali classificati (v. localizzazione in Figura 3) effettuati nella giornata di lunedì 26 gennaio 2015, estesi alle fasce orarie di punta AM e PM presso le intersezioni:
 - 1) via dello Sport/viale De Coubertin;
 - 2) via dello Sport/via Amendola;
 - 3) via dello Sport/via XXI Ottobre 1944;
 - 4) via XXI Ottobre 1944/via Marano.
- dati di traffico in continuo desumibili dallo *Studio di compatibilità ambientale e territoriale (SCAT) relativo alla realizzazione delle opere infrastrutturali connesse all'Accordo di programma HERA SpA - III Fase Area Frullo* (HERA, Novembre 2010);
- questionari sulla mobilità rivolti alle famiglie degli studenti della scuola secondaria di primo grado "G. Gozzadini", specificamente predisposti per il presente studio. I questionari, trattati nel paragrafo seguente, sono stati finalizzati alla ricostruzione dell'origine/destinazione dei flussi attuali da/per le scuole in esame, oltre che delle modalità di trasporto utilizzate.

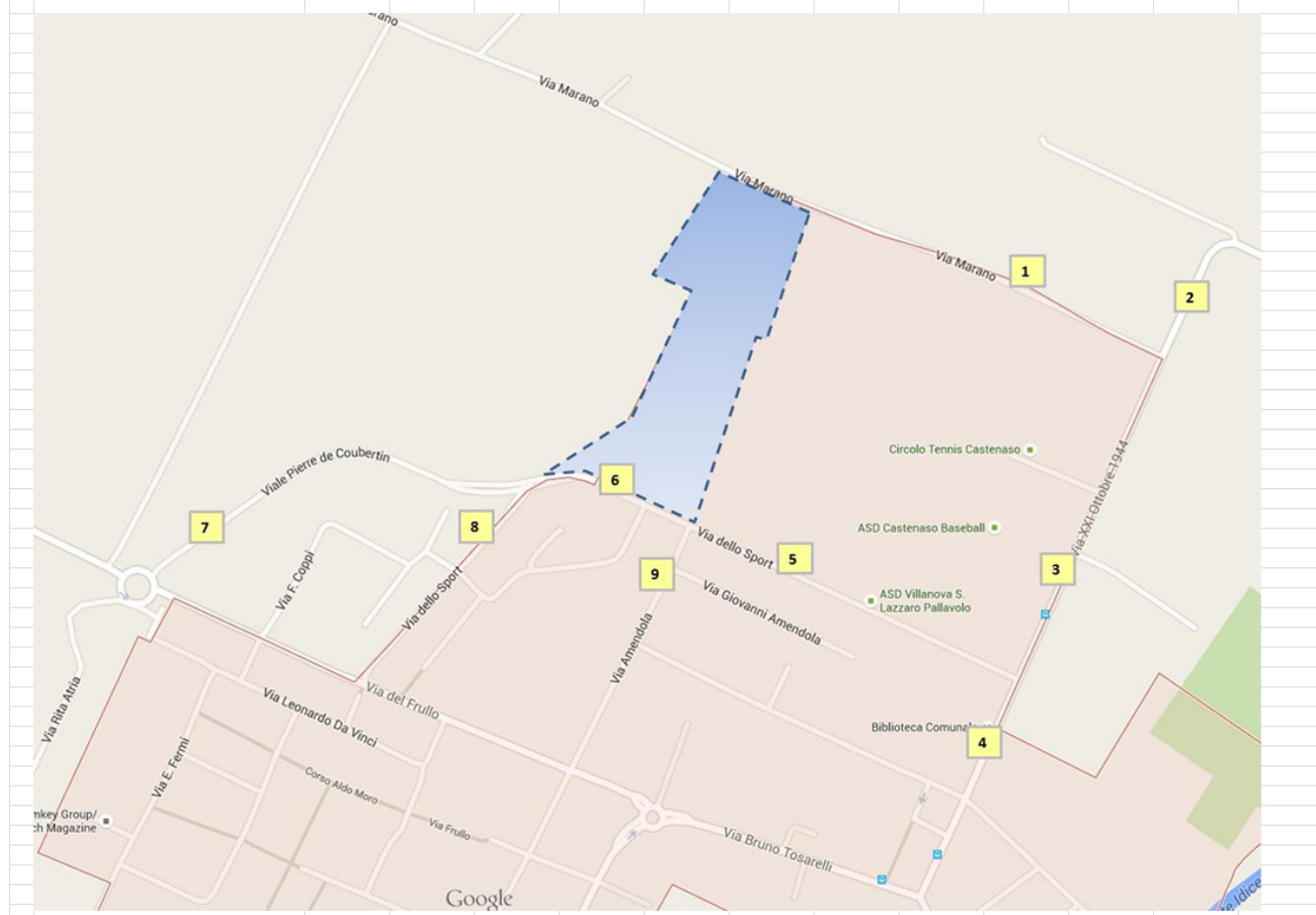


Figura 3-Localizzazione dei punti di rilievo

I flussi veicolari attuali rilevati lungo i principali assi viari interessati (via Marano, via XXI Ottobre 1944, via dello Sport, viale De Coubertin, via Amendola) e riferiti sia alle fasce orarie di massimo traffico veicolare AM/PM sia all'intero arco giornaliero², risultano così riassumibili:

² Il TGM sui vari assi stato ottenuto sulla base della parametrizzazione tra traffico orario di punta (AM/PM) e TGM desumibili dalle rilevazioni in continuo su via Del Frullo contenute nello *Studio di compatibilità ambientale e territoriale (SCAT) relativo alla realizzazione delle opere infrastrutturali connesse all'Accordo di programma HERA SpA - III Fase Area Frullo* (HERA, Novembre 2010)

TRAFFICO ATTUALE - GIORNO FERIALE INFRASETTIMANALE TIPICO													
ora di punta AM				ora di punta PM				TGM 24h					
	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	
1 VIA MARANO (direz. EST)	169	1	27	197	264	4	40	308	5015	50	770	5835	
VIA MARANO (direz. OVEST)	398	4	60	462	172	1	27	200					
2 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	92	0	14	106	223	2	34	259	4305	15	660	4980	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	396	0	60	456	150	1	24	175					
3 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	246	4	36	286	223	2	34	259	4700	40	715	5455	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	321	1	49	371	150	1	24	175					
4 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	237	5	36	278	293	3	44	340	5415	95	815	6325	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	266	4	40	310	287	7	43	337					
5 VIA DELLO SPORT (direz. EST)	69	1	11	81	109	3	16	128	2870	70	430	3370	
VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	109	3	16	128	287	7	43	337					
6 VIA DELLO SPORT (direz. EST)	76	0	0	76	110	0	18	128	1780	10	220	2010	
VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	99	2	15	116	71	0	11	82					
7 VIA DE COUBERTIN (direz. EST)	16	0	2	18	31	0	4	35	960	10	100	1070	
VIA DE COUBERTIN (direz. OVEST)	115	2	9	126	30	0	5	35					
8 VIA DELLO SPORT (direz. NORD)	17	2	3	22	27	0	4	31	440	10	65	515	
VIA DELLO SPORT (direz. SUD)	9	0	1	10	35	0	5	40					
9 VIA AMENDOLA (direz. NORD)	61	2	9	72	85	0	14	99	1485	25	230	1740	
VIA AMENDOLA (direz. SUD)	58	3	8	69	93	0	15	108					



3.2 Questionari sulla mobilità relativi alla scuola secondaria di primo grado "G. Gozzadini"

Nel corso del gennaio-febbraio 2015, con l'ausilio dell'Amministrazione Comunale di Castenaso e della Direzione dell'Istituto Comprensivo di Castenaso, sono stati sottoposti alle famiglie degli studenti della scuola secondaria di primo grado "G. Gozzadini" appositi questionari (v. Figura 4) per analizzare le caratteristiche degli spostamenti degli studenti da/per la scuola in esame (attualmente sita in via Marconi e di cui si prevede il trasferimento nel Comparto oggetto del presente studio). In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola;
- mezzo utilizzato per gli spostamenti;
- (eventuali) criticità riscontrate che scoraggiano l'uso della bicicletta;
- (eventuali) criticità riscontrate che scoraggiano gli spostamenti pedonali.

COMUNE DI CASTENASO							
Questionario sulla Mobilità per recarsi a scuola							
Rispondi alle seguenti domande su come ti rechi a scuola:							
1	DA DOVE PARTI PER ANDARE A SCUOLA?	Comune o località:					
		Via:					
2	CON QUALE MEZZO VAI A SCUOLA?	Piedi	Bici	Moto	Auto	Bus	Altro
		☐	☐	☐	☐	☐	☐
3	(rispondi solo se non usi la bici per andare a scuola) NON VADO A SCUOLA IN BICI PERCHE':	Ci metterei troppo tempo	È pericoloso per via del traffico	Non so dove lasciare la bici	Altro		
		☐	☐	☐	☐		
4	(rispondi solo se non vai a scuola a piedi) NON VADO A SCUOLA A PIEDI PERCHE':	Ci metterei troppo tempo	È pericoloso per via del traffico	Altro			
		☐	☐	☐			
Commenti e osservazioni (indica situazioni di pericolo o disagio dovuti al traffico che incontri andando a scuola: strade, incroci o attraversamenti pericolosi, piste ciclabili poco funzionali, mancanza di marciapiedi e di parcheggi, ecc..)							

Figura 4- Questionario tipo

Si riassumono nel seguito le principali risultanze desumibili dai 275 questionari ritornati correttamente compilati.

➤ origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola

Ai fini della caratterizzazione dell'origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola, sono state considerate le seguenti macrozone di Castenaso (v. Figura 5) in rapporto alla posizione del futuro Comparto:

- zona 1: via Marano, via XXI Ottobre 1944 e relative adiacenze;
- zona 2: via Turati/via Tosarelli e relative adiacenze;
- zona 3: via Fiesso, via Nasica e relative adiacenze;
- zona 4: viale De Coubertin e relative adiacenze;
- zona 5: via dello Sport, via Amendola e relative adiacenze.

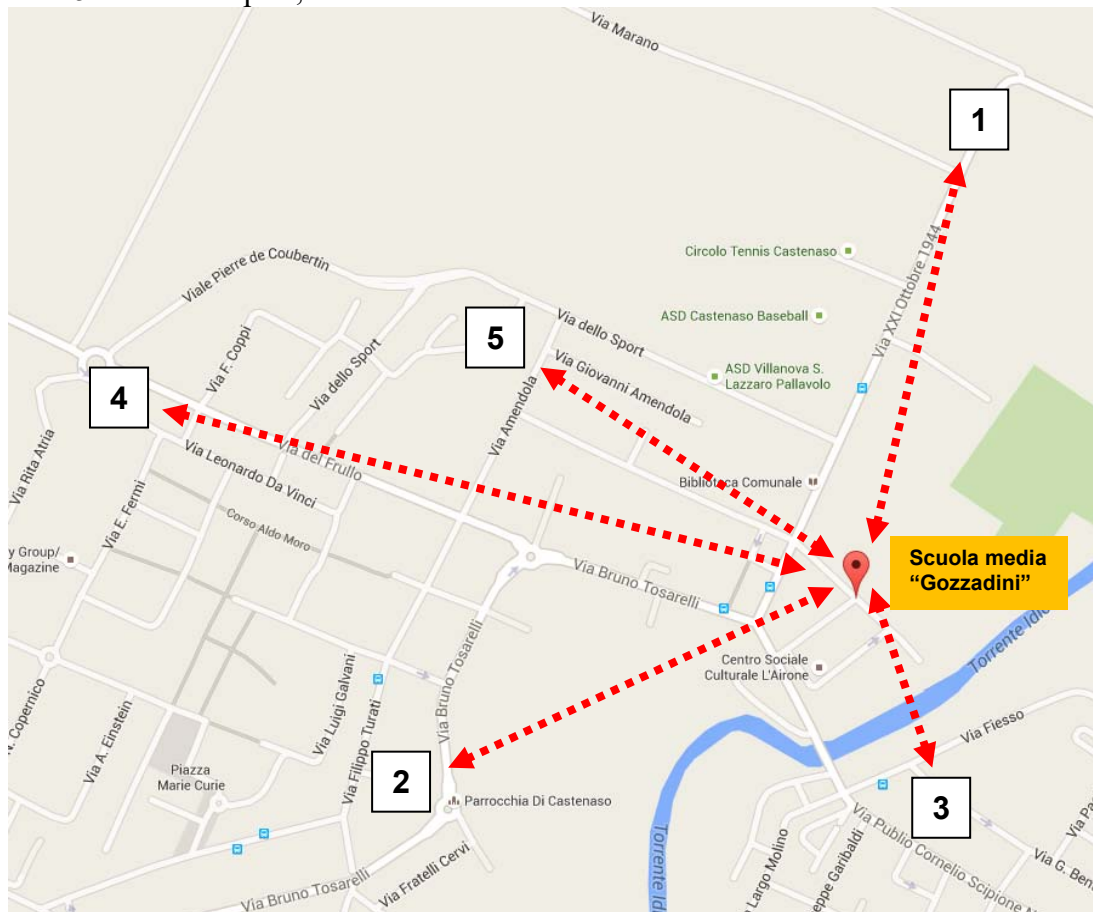
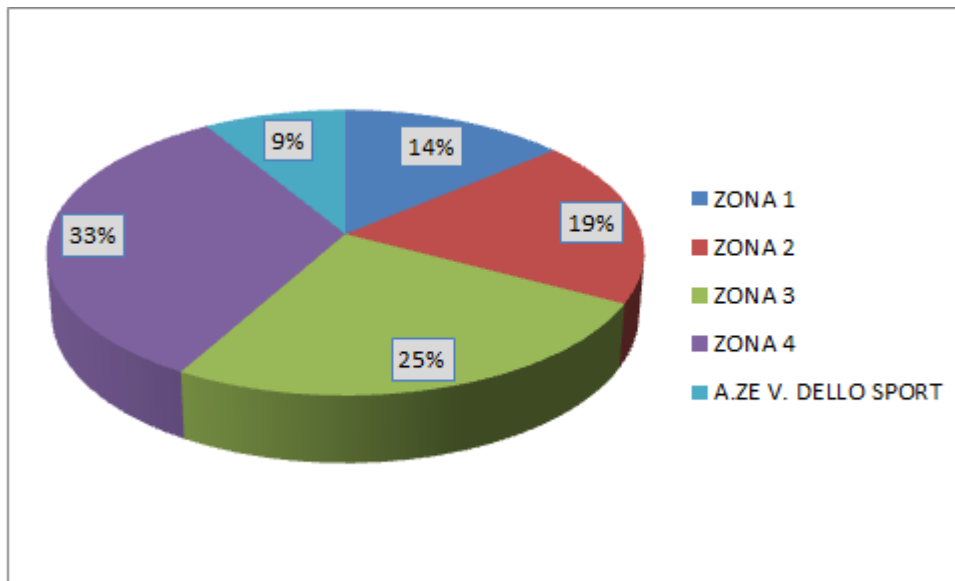


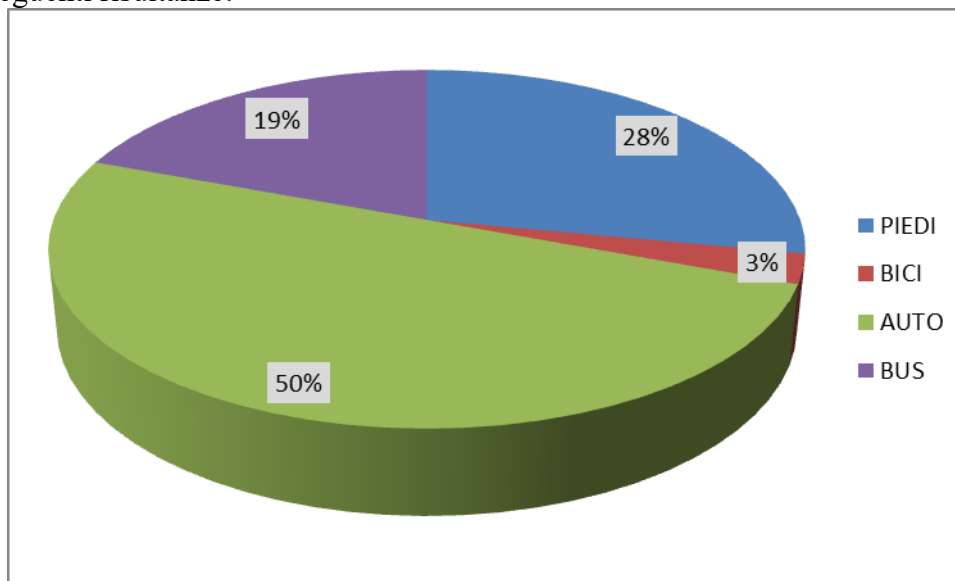
Figura 5- Principali direttrici di origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola

Relativamente all'origine/destinazione degli spostamenti da/per la scuola, sono state ricavate le seguenti risultanze:



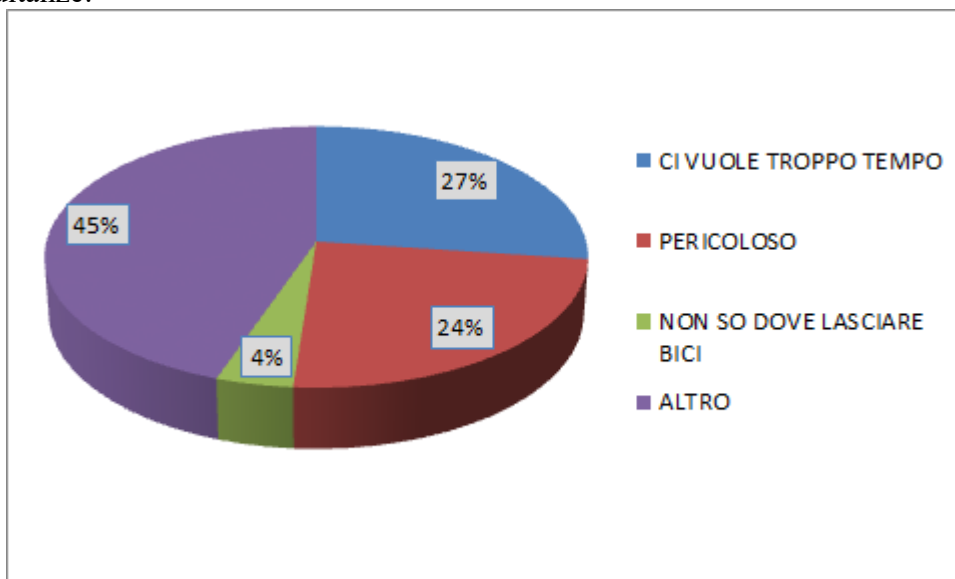
➤ **mezzo utilizzato per gli spostamenti**

Relativamente alle modalità di trasporto utilizzate per gli spostamenti da/per la scuola, sono state ricavate le seguenti risultanze:



➤ **(eventuali) criticità riscontrate che scoraggiano l'uso della bicicletta**

Relativamente alle criticità riscontrate che scoraggiano l'uso della bicicletta, sono state ricavate le seguenti risultanze:

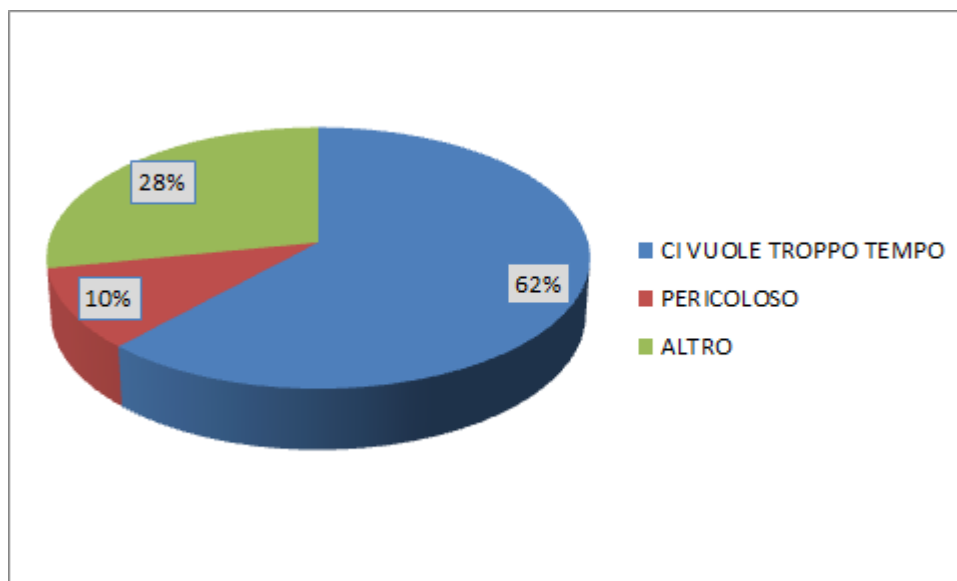


Tra le motivazioni di tipo “altro”, si segnalano:

- attraversamenti pericolosi in prossimità della scuola;
- eccessiva velocità delle auto nelle adiacenze della scuola;
- mancanza di tratti di piste ciclabili;
- insufficienza degli stalli bici presenti.

➤ **(eventuali) criticità riscontrate che scoraggiano gli spostamenti pedonali**

Relativamente alle criticità riscontrate che scoraggiano il raggiungimento a piedi della scuola, sono state ricavate le seguenti risultanze:



Tra le motivazioni di tipo “altro”, si segnalano:

- attraversamenti pericolosi in prossimità della scuola;
- mancanza o insufficienza (stato di manutenzione, strettezza) dei marciapiedi.

3.3 Stima dei flussi aggiuntivi (attratti/generati) dal Comparto

All'interno del nuovo Comparto si prevede l'insediamento delle seguenti destinazioni d'uso:

- scuola secondaria di primo grado (7 sezioni, per un totale di 21 classi), unitamente agli uffici della direzione didattica (10 addetti circa)³;
- polo natatorio⁴, così articolato:
 - impianto natatorio coperto di superficie utile pari a circa 2650 mq, dotato di una vasca per la pallanuoto (dimensioni circa 33,5 m x 25 m) e di una vasca più piccola (dimensioni circa 12,5 m x 5 m) per il relax e riabilitazione;
 - piscina esterna per la balneazione estiva, ricavata su un'area (adiacente all'impianto natatorio coperto di cui sopra) di superficie territoriale pari a circa 4300 mq, composta da una vasca di circa 290 mq e da un piccolo edificio di servizio alla medesima.

Per quanto riguarda la stima dei flussi di traffico aggiuntivi indotti dalla realizzazione dell'intervento, va evidenziato che:

- essa è stata effettuata avvalendosi delle consolidate metodiche messe a punto dall'Institute of Transportation Engineers (ITE), con particolare riferimento all'ultimo aggiornamento del *Trip Generation Manual* (v. 9th Edition, 2012). In estrema sintesi, secondo la metodologia proposta la determinazione dei flussi veicolari orari di punta (AM, PM) previsti nei diversi periodi settimanali (feriali da lunedì a venerdì, sabato, domenica) 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 sulla

³ In prossimità della nuova scuola è previsto un parcheggio di circa 170 posti auto, collocato in fregio a via dello Sport

⁴ In prossimità del nuovo impianto natatorio è previsto un parcheggio di circa 100 posti auto, collocato in fregio a via Marano

base di un accurato monitoraggio ultradecennale di svariate effettive esperienze misurate sul campo)⁵;

- relativamente all'impianto natatorio coperto, sono stati anche considerati, per analogia, dati effettivi di utenza di strutture similari già in esercizio;
- è stata operata una distinzione tra periodo non estivo (con piena attività scolastica ed uso esclusivo dell'impianto natatorio coperto) e periodo estivo (con ridotta attività del polo scolastico - limitata per lo più a parte del personale direzionale e del corpo docente – e balneazione estiva presso l'impianto natatorio).

Nei paragrafi successivi si illustra la stima dei flussi indotti da ciascuna delle destinazioni d'uso sopra menzionate.

3.3.1 Periodo non estivo

In periodo non estivo (settembre-maggio), si prevede la piena funzionalità del polo scolastico (unitamente a quella dei correlati uffici della direzione didattica), oltre all'utilizzo dell'impianto natatorio coperto. Nei punti successivi si procederà alla stima dei relativi apporti in termini di flussi veicolari incrementali da/per il Comparto.

➤ **Scuola secondaria di primo grado (studenti)**

In riferimento al numero di sezioni e classi previste, ipotizzando una composizione media per classe di 25 alunni, dall'applicazione dei parametri indicati dall'ITE nel *Trip Generation Manual 9th Edition* alla corrispondente categoria ivi contemplata (scuole secondarie di primo grado, v. codice Land Use 522: Middle School/Junior High-School, trattato nel Volume 3 del manuale da pag. 991 a 1003), si ricavano i seguenti flussi attratti/generati:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 560, di cui:
 - spostamenti attratti: 280;
 - spostamenti generati: 280;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) ~ 283, di cui:
 - spostamenti attratti: 156;
 - spostamenti generati: 127;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 157, di cui:
 - spostamenti attratti: 77;
 - spostamenti generati: 80.

➤ **Personale operante nella scuola e negli uffici della direzione didattica (addetti)**

In riferimento al numero di addetti previsti ed al personale (docente e non docente)⁶ dell'adiacente scuola, dall'applicazione dei parametri indicati dall'ITE nel *Trip Generation Manual 9th Edition* alla corrispondente categoria ivi contemplata (v. codice Land Use 710: General Office, trattato nel Volume 3 del manuale da pag. 1250 a 1265), si ricavano cautelativamente i seguenti flussi attratti/generati:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 182, di cui:
 - spostamenti attratti: 91;
 - spostamenti generati: 91;

⁵ Le metodologie ITE si basano sull'attribuzione a ciascuna delle attività previste sul territorio di una specifica tipologia (residenza, commerciale, direzionale, etc., a ciascuna delle quali viene attribuito un codice numerico di *Land Use*) ed una specifica misura di consistenza (a seconda del tipo di attività: n° unità immobiliari, superficie occupata, n° addetti, etc.); in base a tali parametri è possibile ricavare i corrispondenti flussi di traffico (in entrata, in uscita, complessivi) orari (AM, PM) e giornalieri (giorno infrasettimanale da lunedì a venerdì, sabato, domenica), indotti da ciascuna delle attività di futuro insediamento.

⁶ Stimabile, nel complesso, in circa 45 unità

- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) ~ 26, di cui:
 - spostamenti attratti: 23;
 - spostamenti generati: 3;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 25, di cui:
 - spostamenti attratti: 4;
 - spostamenti generati: 21.

➤ **Impianto natatorio coperto**

Sulla base di dati effettivi di utenza di strutture similari già in esercizio, parametrizzate per analogia al caso in esame, si possono stimare cautelativamente i seguenti spostamenti totali attratti/generati dalla piscina⁷:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 1560, di cui:
 - spostamenti attratti: 780;
 - spostamenti generati: 780;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) ~ 80, di cui:
 - spostamenti attratti: 40;
 - spostamenti generati: 40;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 234, di cui:
 - spostamenti attratti: 133;
 - spostamenti generati: 101.

Si può tuttavia ipotizzare che i flussi addizionali netti previsti su mezzo motorizzato privato (auto, motocicli) siano quantificabili indicativamente nell'ordine dei 2/3 degli spostamenti totali di cui sopra (con i restanti spostamenti su bicicletta o a piedi)⁸. Sulla base di questa assunzione, i flussi addizionali netti su mezzo motorizzato privato (auto, motocicli) sono così stimabili:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 1046, di cui:
 - spostamenti attratti: 523;
 - spostamenti generati: 523;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) ~ 54, di cui:
 - spostamenti attratti: 27;
 - spostamenti generati: 27;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 157, di cui:
 - spostamenti attratti: 89;
 - spostamenti generati: 68.

➤ **Flussi addizionali totali (polo scolastico + impianto natatorio)**

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si riassumono nel prospetto successivo i flussi addizionali netti su mezzo motorizzato privato (auto, motocicli) attratti/generati dal Comparto di progetto:

⁷ I dati corrispondono ad una frequentazione media di 60 persone/ora, su un arco di apertura al pubblico di 15 ore (indicativamente 07:00-22:00)

⁸ Assunzione supportata, oltre che da casistiche similari, anche dalle risultanze dei questionari precedentemente esposti, rivolti ad un'utenza (quella scolastica) in buona parte coincidente o simile a quella del futuro impianto natatorio

	ORA DI PUNTA AM			ORA DI PUNTA PM			TGM 24h		
	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI
STUDENTI SCUOLA SECONDARIA I° GRADO	156	127	283	77	80	157	280	280	560
ADDETTI SCUOLA E DIREZIONE DIDATTICA	23	3	26	4	21	25	91	91	182
UTENTI PISCINA COPERTA	27	27	54	89	68	157	523	523	1046
TOTALE	206	157	363	170	169	339	894	894	1788

3.3.2 Periodo estivo

In periodo estivo (giugno-agosto), si prevede:

- parziale funzionalità del polo scolastico, forfettariamente stimata nel 5% dei corrispondenti flussi indotti dalla scuola (studenti) in periodo non estivo e nel 75% di quelli indotti dagli uffici della direzione didattica in periodo non estivo;
- utilizzo per la balneazione estiva dell'impianto natatorio, con possibilità di combinare l'uso della vasca esterna e di quella interna (come avviene in molti acquaparchi simili).

Nei punti successivi si procederà alla stima dei relativi apporti in termini di flussi veicolari incrementali da/per il Comparto.

➤ **Scuola secondaria di primo grado**

In riferimento alla residua quota di funzionalità estiva ipotizzata (ascrivibile essenzialmente ad attività manutentive, di presidio o residuali), si ricavano i seguenti flussi attratti/generati:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 28, di cui:
 - spostamenti attratti: 14;
 - spostamenti generati: 14;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) ~ 14, di cui:
 - spostamenti attratti: 8;
 - spostamenti generati: 6;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 8, di cui:
 - spostamenti attratti: 4;
 - spostamenti generati: 4.

➤ **Uffici direzione didattica**

In riferimento alla funzionalità estiva, si ricavano i seguenti flussi attratti/generati:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 136, di cui:
 - spostamenti attratti: 68;
 - spostamenti generati: 68;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-19:00) ~ 19, di cui:
 - spostamenti attratti: 17;
 - spostamenti generati: 2;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 19, di cui:
 - spostamenti attratti: 3;
 - spostamenti generati: 16.

➤ **Impianto di balneazione estiva (acquaparco)**

Dall'applicazione dei parametri indicati dall'ITE nel *Trip Generation Manual 9th Edition* alla corrispondente categoria ivi contemplata (acquaparco, v. codice Land Use 414: Water Slide Park, trattato nel Volume 2 del manuale da pag. 721 a 724), che correlano gli spostamenti indotti alla dotazione di parcheggi a disposizione dei potenziali utenti dell'impianto di balneazione estiva⁹, si ricavano i seguenti flussi attratti/generati:

- spostamenti totali (attratti+generati) in giorno feriale medio ~ 668, di cui:
 - spostamenti attratti: 334;
 - spostamenti generati: 334;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta AM (07:30-19:00) ~ 20, di cui:
 - spostamenti attratti: 14;
 - spostamenti generati: 6;
- spostamenti orari nella fascia oraria di punta PM (17:00-18:30) ~ 67, di cui:
 - spostamenti attratti: 15;
 - spostamenti generati: 52.

➤ **Flussi aggiuntivi totali (polo scolastico + impianto natatorio)**

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si riassumono nel prospetto successivo i flussi aggiuntivi netti su mezzo motorizzato privato (auto, motocicli) attratti/generati dal Comparto di progetto:

	SPOSTAMENTI ADDIZIONALI SU MEZZO MOTORIZZATO PRIVATO (AUTO, MOTO)								
SEZIONE DI RIFERIMENTO	ORA DI PUNTA AM			ORA DI PUNTA PM			TGM 24h		
	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI	ATTRATTI	GENERATI	TOTALI
STUDENTI SCUOLA SECONDARIA I° GRADO	8	6	14	4	4	8	14	14	28
ADDETTI SCUOLA E DIREZIONE DIDATTICA	17	2	19	3	16	19	68	68	136
UTENTI PISCINA COPERTA + SCOPERTA	14	6	20	15	52	67	334	334	668
TOTALE	39	14	53	22	72	94	416	416	832

3.4 Distribuzione sulla rete dei flussi aggiuntivi indotti dal Comparto di progetto

Sulla base delle stime sviluppate nei paragrafi precedenti, i massimi flussi aggiuntivi imputabili al Comparto di progetto sono attesi in periodo non estivo, in cui si sommano, in termini di traffico, gli effetti dell'impianto natatorio (piscina coperta) con quelli della scuola in piena funzionalità.

Per questo motivo, le verifiche sulla capacità di assorbimento della rete di tali flussi aggiuntivi presentate nel seguito del presente documento sono state cautelativamente sviluppate con riferimento al periodo non estivo.

Sulla base delle indicazioni fornite dai questionari sulla mobilità relativi alla scuola secondaria di primo grado "G. Gozzadini", per i flussi aggiuntivi (attratti/generati) dal Comparto si ipotizza la seguente origine/destinazione:

- flussi attratti:
 - a. 14% provenienza da zona 1 (via Marano, via XXI Ottobre 1944 e relative adiacenze);

⁹ ~ 270 stalli di sosta, di cui ~100 in fregio a via Marano e ~170 in fregio a via dello Sport

- b. 19% provenienza da zona 2 (via Turati/via Tosarelli e relative adiacenze);
- c. 33% provenienza da zona 3 (via Fiesso, via Nasica e relative adiacenze);
- d. 25% provenienza da zona 4 (viale De Coubertin e relative adiacenze);
- e. 9% provenienza da zona 5 (via dello Sport, via Amendola e relative adiacenze);
- flussi generati:
 - a. 14% provenienza da zona 1 (via Marano, via XXI Ottobre 1944 e relative adiacenze);
 - b. 19% provenienza da zona 2 (via Turati/via Tosarelli e relative adiacenze);
 - c. 33% provenienza da zona 3 (via Fiesso, via Nasica e relative adiacenze);
 - d. 25% provenienza da zona 4 (viale De Coubertin e relative adiacenze);
 - e. 9% provenienza da zona 5 (via dello Sport, via Amendola e relative adiacenze).

In particolare si ipotizza che tali flussi facciano capo ai nuovi parcheggi previsti (v. P1 in fregio a via dello Sport, P2 in fregio a via Marano) come segue (v. Figura 6):

- studenti scuola secondaria I° grado:
 - parcheggio P1: spostamenti con origine/destinazione da zone 2, 3, 4, 5;
 - parcheggio P2: spostamenti con origine/destinazione da zona 1;
- addetti scuola e direzione didattica
 - parcheggio P1: spostamenti con origine/destinazione da zone 1, 2, 3, 4, 5;
- utenti impianto natatorio
 - parcheggio P2: spostamenti con origine/destinazione da zone 1, 2, 3, 4, 5.



Figura 6- Spostamenti in ingresso/uscita dal Comparto riferiti ai nuovi parcheggi previsti

I flussi veicolari aggiuntivi imputabili al Comparto, distribuiti sui principali assi viari interessati e riferiti sia alle ore di massimo traffico veicolare (fasce di punta AM 07:30-09:00 e PM 17:30-19:00) sia all'intero arco giornaliero di un tipico giorno infrasettimanale non estivo (periodo settembre-maggio), risultano così riassumibili:

		TRAFFICO ADDIZIONALE - GIORNO FERIALE INFRASETTIMANALE TIPICO (PERIODO SETTEMBRE-MAGGIO)											
		ora di punta AM (fascia 07:30-08:30)				ora di punta PM (fascia 17:30-18:30)				TGM 24h			
		LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI
1a	VIA MARANO (direz. EST)	17	0	3	20	13	0	2	15	139	0	21	160
	VIA MARANO (direz. OVEST)	12	0	2	14	13	0	2	15				
1b	VIA MARANO (direz. EST)	30	0	4	34	57	0	9	66	866	0	130	996
	VIA MARANO (direz. OVEST)	28	0	4	32	76	0	11	87				
2	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	8	0	1	9	7	0	1	8	78	0	12	90
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	7	0	1	8	8	0	1	9				
3	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	20	0	3	23	69	0	10	79	805	0	121	926
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	23	0	3	26	51	0	8	59				
4	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	59	0	9	68	49	0	7	56	515	0	77	592
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	45	0	7	52	50	0	7	57				
5	VIA DELLO SPORT (direz. EST)	50	0	7	57	73	0	11	84	718	0	108	826
	VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	66	0	10	76	55	0	8	63				
6	VIA DELLO SPORT (direz. EST)	61	0	9	70	50	0	7	57	529	0	79	608
	VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	46	0	7	53	50	0	7	57				
7	VIA DE COUBERTIN (direz. EST)	45	0	7	52	37	0	5	42	390	0	58	448
	VIA DE COUBERTIN (direz. OVEST)	35	0	5	40	37	0	5	42				
8	VIA DELLO SPORT (direz. NORD)	16	0	2	18	13	0	2	15	139	0	21	160
	VIA DELLO SPORT (direz. SUD)	11	0	2	13	13	0	2	15				
9	VIA AMENDOLA (direz. NORD)	34	0	5	39	29	0	4	33	294	0	44	338
	VIA AMENDOLA (direz. SUD)	26	0	4	30	28	0	4	32				



Nelle successive Figure 7, 8, 9 sono rappresentati i flussogrammi (elaborati con piattaforma software per macrosimulazioni di traffico TransCad 6.0 della Caliper, descritta sinteticamente nel seguito in un apposito allegato) relativi agli spostamenti veicolari aggiuntivi che insistono sul grafo di rete considerato, relativi rispettivamente alla fascia oraria di punta AM, alla fascia oraria di punta PM e all'intero arco giornaliero (giorno infrasettimanale tipico non estivo, periodo settembre-maggio).

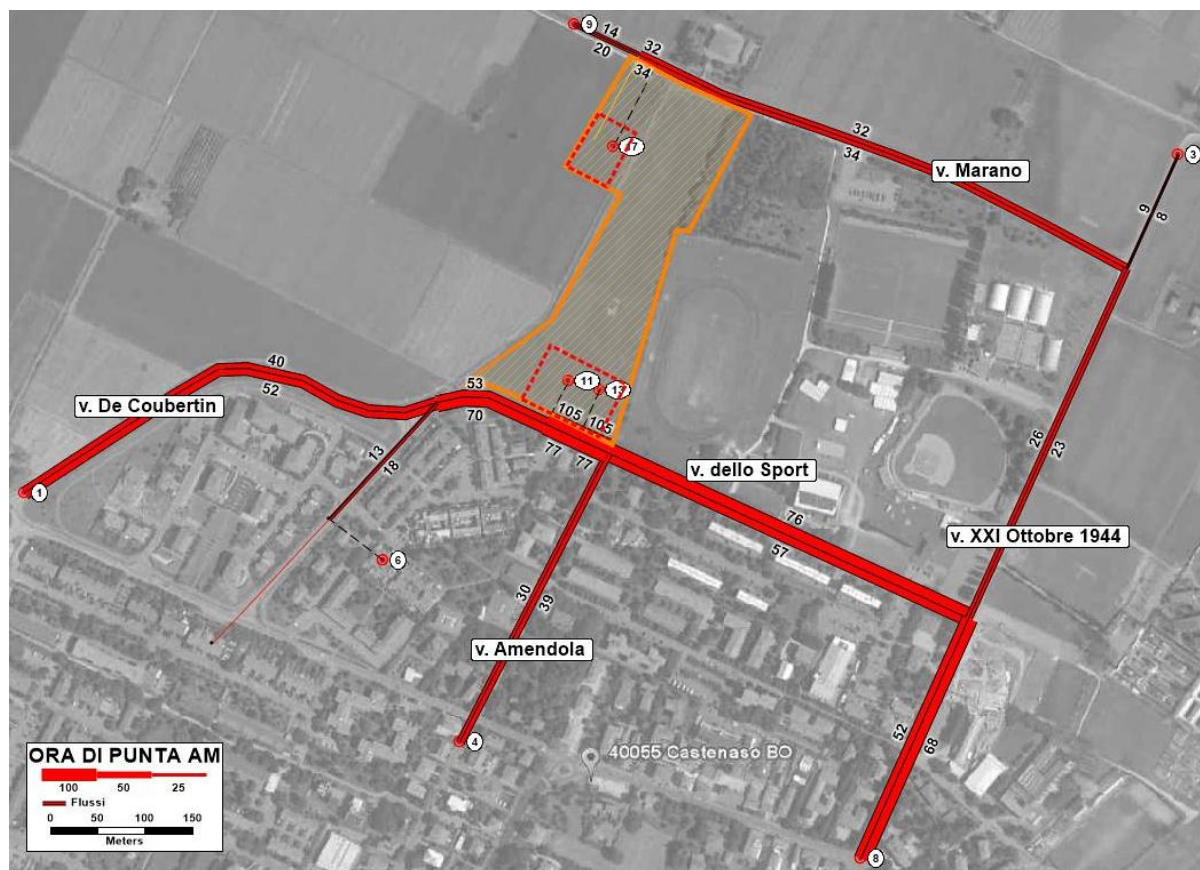


Figura 7- Flussogramma degli spostamenti veicolari aggiuntivi indotti dal Comparto (fascia oraria di punta AM)

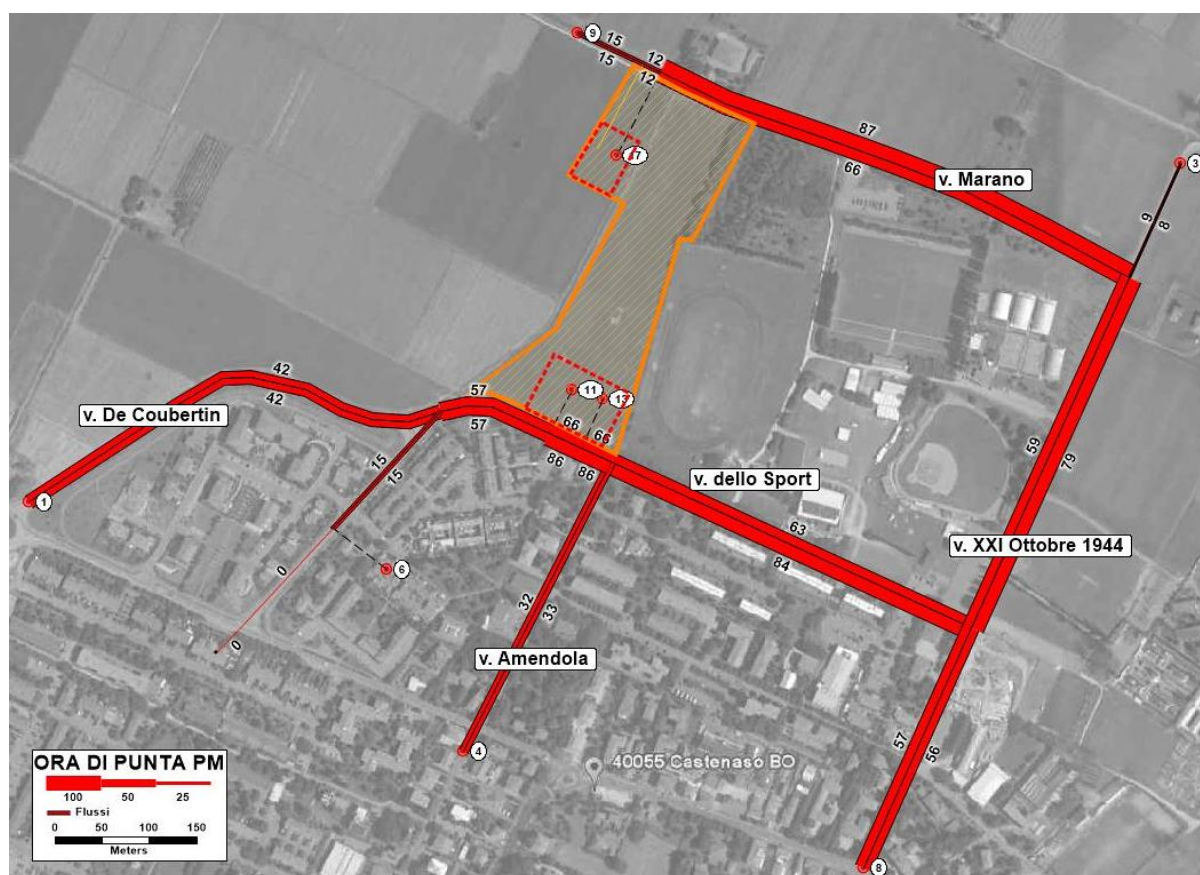


Figura 8- Flussogramma degli spostamenti veicolari aggiuntivi indotti dal Comparto (fascia oraria di punta PM)

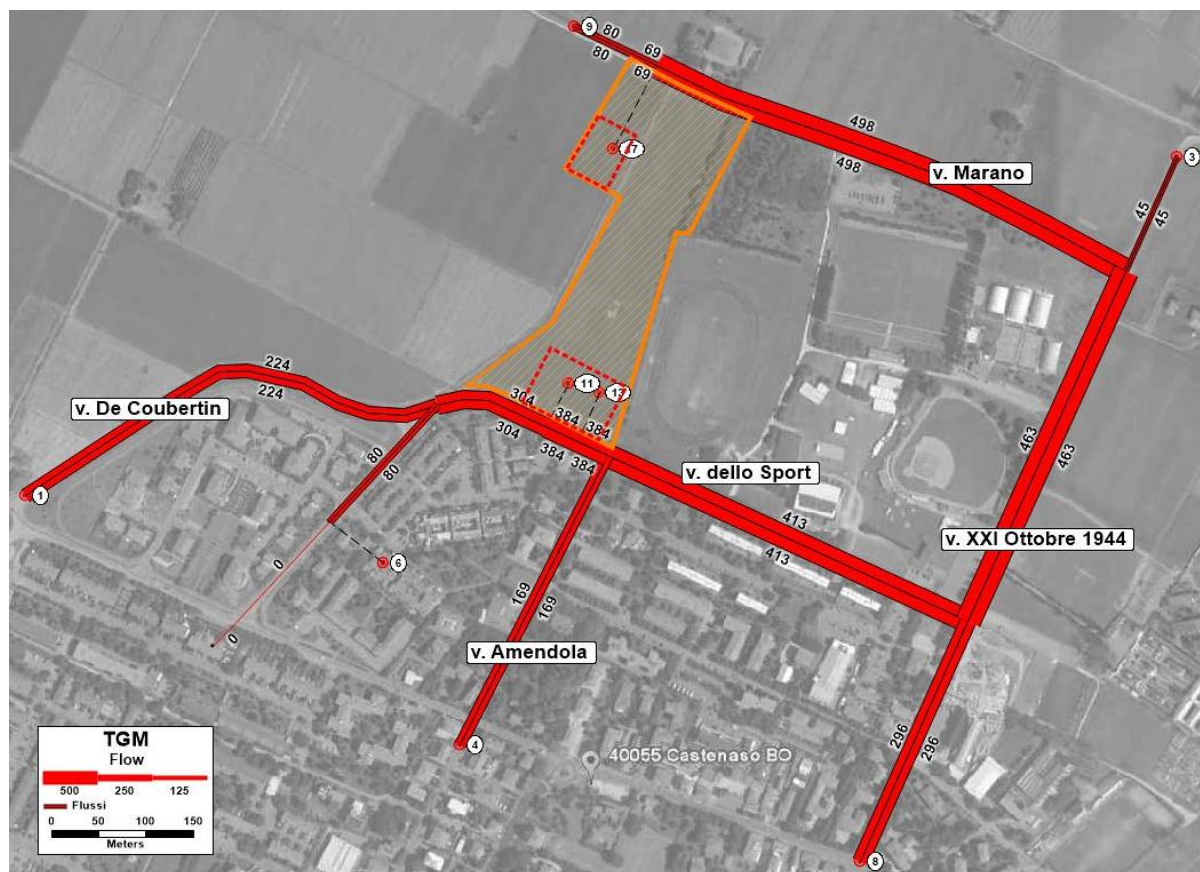
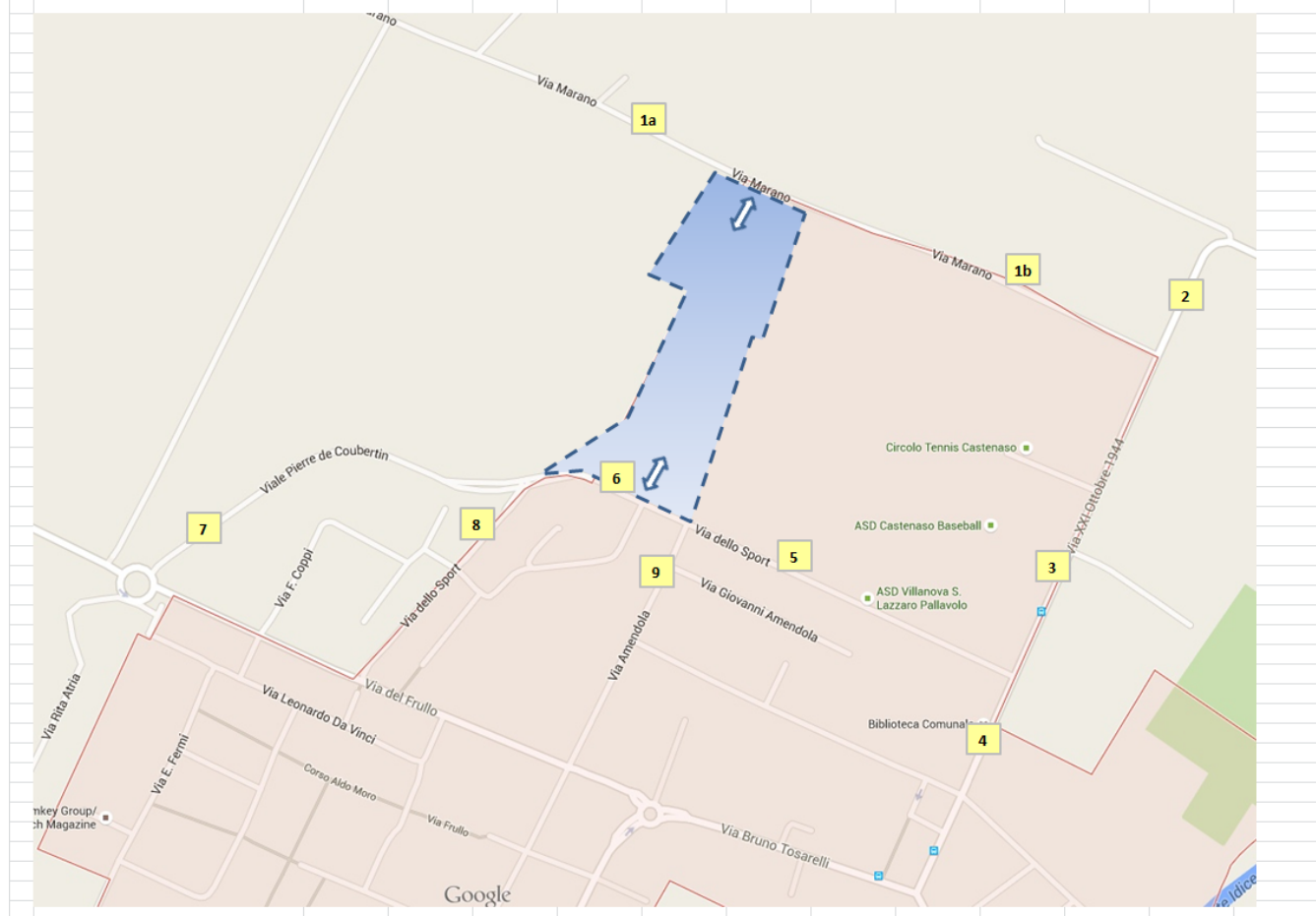


Figura 9- Flussogramma degli spostamenti veicolari aggiuntivi indotti dal Comparto (24h della giornata tipo)

3.5 Stima dei flussi complessivi attesi nello scenario di progetto

I flussi complessivi attesi nello scenario di progetto, distribuiti sui principali assi viari interessati e riferiti sia alle ore di massimo traffico veicolare (fasce di punta AM 07:30-09:00 e PM 17:30-19:00) sia all'intero arco giornaliero di un tipico giorno infrasettimanale non estivo (periodo settembre-maggio), risultano così riassumibili:

TRAFFICO SCENARIO DI PROGETTO - GIORNO FERIALE INFRASETTIMANALE TIPICO (PERIODO SETTEMBRE-MAGGIO)													
ora di punta AM (fascia 07:30-08:30)				ora di punta PM (fascia 17:30-18:30)				TGM 24h					
	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	LEGGERI	PESANTI	MOTOCICLI	TOTALI	
1a VIA MARANO (direz. EST)	186	1	30	217	277	4	42	323	5154	50	791	5995	
VIA MARANO (direz. OVEST)	410	4	62	476	185	1	29	215					
1b VIA MARANO (direz. EST)	199	1	31	231	321	4	49	374	5881	50	900	6831	
VIA MARANO (direz. OVEST)	426	4	64	494	248	1	38	287					
2 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	100	0	15	115	230	2	35	267	4383	15	672	5070	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	403	0	61	464	158	1	25	184					
3 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	266	4	39	309	292	2	44	338	5505	40	836	6381	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	344	1	52	397	201	1	32	234					
4 VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	296	5	45	346	342	3	51	396	5930	95	892	6917	
VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	311	4	47	362	337	7	50	394					
5 VIA DELLO SPORT (direz. EST)	119	1	18	138	182	3	27	212	3588	10	328	3926	
VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	175	3	26	204	342	7	51	400					
6 VIA DELLO SPORT (direz. EST)	61	0	9	70	50	0	7	57	1489	10	179	1678	
VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	46	0	7	53	50	0	7	57					
7 VIA DE COUBERTIN (direz. EST)	61	0	9	70	68	0	9	77	1350	10	158	1518	
VIA DE COUBERTIN (direz. OVEST)	150	2	14	166	67	0	10	77					
8 VIA DELLO SPORT (direz. NORD)	33	2	5	40	40	0	6	46	579	10	86	675	
VIA DELLO SPORT (direz. SUD)	20	0	3	23	48	0	7	55					
9 VIA AMENDOLA (direz. NORD)	95	2	14	111	114	0	18	132	1779	25	274	2078	
VIA AMENDOLA (direz. SUD)	84	3	12	99	121	0	19	140					



3.6 Considerazioni di ordine macrotrasportistico

3.6.1 Verifica del livello di saturazione dei principali archi ricompresi nell'ambito di analisi

L'attuale fluidità della rete considerata, riscontrata in sede di misure ed osservazioni condotte in sito anche durante le fasce orarie di punta AM e PM, è confermata dal livello di saturazione (rapporto flusso/capacità in termini percentuali) dei diversi archi, che si attesta su soglie generalmente ben inferiori al 50% (con picchi massimi locali del 58%).

Anche nello scenario di progetto, in cui si assommano gli effetti dei flussi addizionali imputabili al Comparto, ci si attende una fluidità generale della rete non dissimile, in ragione di un livello di saturazione che si conferma prevalentemente ben inferiore al 50%, con picchi massimi locali di poco superiori al 60%.

I livelli di saturazione per gli scenari considerati (attuale e di progetto), sono riassunti nella tabella seguente¹⁰.

		F/C (%)			
		ATTUALE		PROGETTO	
		AM	PM	AM	PM
1a	VIA MARANO (direz. EST)	25%	39%	27%	41%
	VIA MARANO (direz. OVEST)	58%	25%	60%	27%
1b	VIA MARANO (direz. EST)	25%	39%	29%	47%
	VIA MARANO (direz. OVEST)	58%	25%	62%	36%
2	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	13%	33%	14%	34%
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	57%	22%	58%	23%
3	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	36%	33%	39%	43%
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	47%	22%	50%	29%
4	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. NORD)	35%	43%	44%	50%
	VIA XXI OTTOBRE 1944 (direz. SUD)	39%	43%	46%	50%
5	VIA DELLO SPORT (direz. EST)	10%	16%	17%	27%
	VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	16%	43%	26%	51%
6	VIA DELLO SPORT (direz. EST)	10%	16%	9%	7%
	VIA DELLO SPORT (direz. OVEST)	15%	10%	7%	7%
7	VIA DE COUBERTIN (direz. EST)	2%	4%	9%	10%
	VIA DE COUBERTIN (direz. OVEST)	16%	4%	21%	10%
8	VIA DELLO SPORT (direz. NORD)	3%	4%	5%	6%
	VIA DELLO SPORT (direz. SUD)	1%	5%	3%	7%
9	VIA AMENDOLA (direz. NORD)	9%	12%	14%	17%
	VIA AMENDOLA (direz. SUD)	9%	14%	13%	18%

3.6.2 Considerazioni trasportistiche sul dimensionamento dei nuovi parcheggi previsti

Come già precedentemente descritto, nell'ambito dell'attuazione del Comparto è prevista la realizzazione di 2 nuovi parcheggi:

- parcheggio P1 in fregio a via dello Sport (~ 170 posti auto);
- parcheggio P2 in fregio a via Marano (~ 100 posti auto).

¹⁰ Ai fini del calcolo dell'indice di saturazione dei diversi archi:

- è stato adottato un coefficiente di equivalenza pari a 2 tra veicoli pesanti e veicoli leggeri, un coefficiente (cautelativo) di equivalenza pari a 1 tra motocicli e veicoli leggeri;
- coerentemente a quanto previsto dal vigente DM 5 Novembre 2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (v. strade urbane di quartiere e locali), si è assunta una capacità per corsia delle varie strade considerate pari a 800 veicoli equivalenti/ora

In ragione della loro collocazione, è prevedibile che i parcheggi P1 e P2 siano rispettivamente destinati prevalentemente all'utenza scolastica e a quella del polo natatorio (cfr. paragrafo 3.4 *Distribuzione sulla rete dei flussi addizionali indotti dal Comparto di progetto*).

Con riferimento al periodo non estivo (in cui sono attesi i maggiori carichi di traffico addizionali), i flussi aggiuntivi imputabili alla nuova scuola presentano intensità massima attesa nell'ora di punta AM (309 spostamenti totali, di cui 179 attratti e 130 generati). Il dimensionamento del parcheggio P1 appare idoneo in quanto:

- gli spostamenti sopra menzionati sono distribuiti in un arco temporale di 15'-30' (nel quale, generalmente, si concentrano gli arrivi/partenze delle auto che accompagnano gli studenti), consentendo una turnazione dei posti auto disponibili;
- è prevedibile che non tutte le auto che accompagnano gli studenti stazionino nel parcheggio, poiché una quota parte di esse sosterrà temporaneamente su via dello Sport per operazioni di salita/discesa rapide (modalità di accompagnamento del tipo “kiss&ride”);
- è prevedibile che gli spostamenti in arrivo/partenza dalla zona nord di Castenaso¹¹ (vedi v. Marano e relative adiacenze) facciano capo in misura rilevante al parcheggio P2, che risulta di più immediata accessibilità;
- la relativa vicinanza del nuovo parcheggio P2 (unitamente a quella del preesistente parcheggio posto in prossimità dell'intersezione via dello Sport/via XXI Ottobre 1944), garantisce un “polmone” addizionale al parcheggio P1, ove insorgessero saltuarie necessità particolari (v. afflussi eccezionali presso la scuola in occasione di eventi o altro); ciò è favorito anche dalla asincronia dei flussi di punta attesi presso la scuola (fascia oraria AM) e presso l'impianto natatorio (fascia oraria PM).

Sempre con riferimento al periodo non estivo (in cui anche in questo caso sono attesi i maggiori carichi di traffico addizionali), i flussi aggiuntivi imputabili al nuovo impianto natatorio presentano intensità massima attesa nell'ora di punta PM (157 spostamenti totali, di cui 89 attratti e 68 generati). Il dimensionamento del parcheggio P2 appare idoneo in quanto:

- è plausibile che una quota significativa degli spostamenti (v. il caso degli utenti della piscina minorenni o non in possesso di patente di guida) riguardino movimenti veicolari di accompagnatori in modalità “kiss&ride”, con una rapida turnazione dei posti auto disponibili;
- gli spostamenti addizionali attesi (arrivi+partenze) sono comunque distribuiti in un arco temporale di 60', consentendo nell'ambito di tale intervallo temporale una turnazione dei posti auto disponibili;
- la relativa vicinanza del nuovo parcheggio P1 (unitamente a quella del preesistente parcheggio posto in prossimità dell'intersezione via dello Sport/via XXI Ottobre 1944), garantisce un “polmone” addizionale al parcheggio P2, ove insorgessero saltuarie necessità particolari (v. afflussi eccezionali presso l'impianto in occasione di eventi, gare o altro); ciò è favorito anche dalla asincronia dei flussi di punta attesi presso la scuola (fascia oraria AM) e presso l'impianto natatorio (fascia oraria PM).

4 Verifica con microsimulatore del livello di performance della rete

4.1 Considerazioni introduttive

Con riferimento allo scenario attuale e allo scenario di progetto, è stata condotta un'analisi di dettaglio mediante microsimulatore di traffico (piattaforma TransModeler 4.0 della Caliper,

¹¹ Stimabili nel 14% del totale, come descritto al paragrafo 3.2 *Questionari sulla mobilità relativi alla scuola secondaria di primo grado "G. Gozzadini"* (v. spostamenti con origine/destinazione Zona 1)

descritta sinteticamente nel seguito in un apposito allegato) del livello di performance della rete stradale nell'intorno dell'area di intervento.

L'analisi, condotta considerando cautelativamente il periodo con maggiore carico veicolare medio atteso (periodo non estivo, da settembre a maggio) ha riguardato l'ambito di studio già individuato in premessa, schematicamente delimitato a nord da via Marano, ad ovest dall'innesto viale De Coubertin/via del Frullo, ad est da via XXI Ottobre 1944 e a sud da via del Frullo.

Per ciascuno degli scenari (attuale e di progetto), la rete viaria interessata è stata sottoposta a microsimulazione dinamica, applicando i flussi veicolari attuali e addizionali precedentemente trattati (domanda attuale di cui al paragrafo 3.1 *Analisi dei flussi di traffico attuali*; domanda addizionale di progetto di cui al capitolo 3.3 *Stima dei flussi addizionali attratti/generati dal Comparto*).

Le microsimulazioni sono state condotte sia per la fascia oraria di punta AM (07:30-09:00) sia per quella PM (17:30-19:00).

In relazione al grafo di cui alla successiva Figura 10, la domanda (attuale e addizionale a seguito della realizzazione del Comparto) è così schematizzabile in termini matriciali:

➤ domanda attuale

ORA DI PUNTA AM

	15	16	19	20	21	22	23	24	Sum
15	0	0	5	6	8	2	0	0	20
16	0	0	6	7	10	2	0	0	25
19	33	2	0	19	21	5	0	0	79
20	23	3	12	0	170	66	8	0	282
21	25	5	15	123	0	31	0	0	199
22	39	0	25	150	249	0	0	0	463
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	120	9	63	304	458	106	8	0	1068

ORA DI PUNTA PM

	15	16	19	20	21	22	23	24	Sum
15	0	0	19	12	7	5	0	0	43
16	0	0	13	9	5	4	0	0	31
19	6	10	0	54	24	5	0	0	98
20	20	19	42	0	125	110	29	0	344
21	7	10	18	136	0	130	0	0	302
22	1	0	17	129	40	0	0	0	187
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	34	38	108	340	201	253	29	0	1004

➤ domanda addizionale

ORA DI PUNTA AM

	15	16	19	20	21	22	23	24	Sum
15	--	--	--	--	--	--	45	7	52
16	--	--	--	--	--	--	34	5	39
19	--	--	--	--	--	--	59	9	68
20	--	--	--	--	--	--	3	17	20
21	--	--	--	--	--	--	0	9	9
22	--	--	--	--	--	--	--	--	0
23	33	25	43	0	0	--	--	--	101
24	7	5	9	14	8	--	--	--	43
Sum	40	30	52	14	8	0	141	47	332

ORA DI PUNTA PM

	15	16	19	20	21	22	23	24	Sum
15	--	--	--	--	--	--	20	22	42
16	--	--	--	--	--	--	16	17	33
19	--	--	--	--	--	--	27	29	56
20	--	--	--	--	--	--	0	15	15
21	--	--	--	--	--	--	0	9	9
22	--	--	--	--	--	--	--	--	0
23	25	19	34	2	1	--	--	--	81
24	17	13	23	13	7	--	--	--	73
Sum	42	32	57	15	8	0	63	92	309

Attraverso l'ausilio del microsimulatore sono stati determinati per ciascuno scenario i seguenti indicatori:

- A. parametri generali di simulazione e, precisamente:
 - tempo medio di percorrenza sulla rete simulata
 - ritardo medio sulla rete simulata
- B. ritardo medio di controllo presso i seguenti nodi: via dello Sport/via XXI Ottobre 1944, via dello Sport/viale De Coubertin, via dello Sport/via Amendola, via XXI Ottobre 1944/via Marano. Mediante tale parametro è stato possibile valutare il livello di servizio (LOS) dei suddetti nodi secondo le indicazioni del manuale HCM 2010 per le intersezioni non semaforizzate, che risultano così schematizzabili:

LOS	RITARDO MEDIO (sec)
A	≤ 10
B	10-15
C	15-25
D	25-35
E	35-50
F	> 50

- C. lunghezza media delle eventuali code presso i diversi approcci ai nodi citati, valutate in termini di n° medio di veicoli accodati;
- D. lunghezza massima delle eventuali code presso i diversi approcci ai nodi citati, valutate in termini di n° massimo di veicoli accodati.

Relativamente alle microsimulazioni eseguite, si evidenzia che per rendere l'analisi aderente a condizioni di traffico più realistiche, ciascuna simulazione è stata preceduta da una fase di precaricamento della rete ("preload"), in modo da partire con il caricamento dei flussi dell'ora di punta su una rete in cui fosse già presente una certa quota di traffico iniziale.



Figura 10-Schematizzazione con microsimulatore del grafo in esame

4.2 Microsimulazione della rete nello scenario attuale

4.2.1 Ora di punta AM

Si riassumono di seguito le risultanze della microsimulazione effettuata per la ricostruzione dello scenario attuale nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00).

- **parametri generali di microsimulazione**

I parametri generali di microsimulazione risultano essere i seguenti:

- Tempo medio di percorrenza sulla rete simulata (minuti): 1,4;
- Ritardo medio sulla rete simulata (sec/km): 15,8.

- **ritardo medio di controllo presso i nodi considerati**

I ritardi medi (e i corrispettivi LOS) presso i nodi di controllo considerati risultano essere i seguenti:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944): 5,0'' (LOS A);
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano): 9,0'' (LOS A);
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola): 2,8'' (LOS A);
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin): 1,6'' (LOS A).

- **lunghezza media delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 1 veicolo;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 1 veicolo;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 1 veicolo;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 2 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

- **lunghezza massima delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 2 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 2 veicoli;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 2 veicoli;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 5 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):

- via dello Sport (v. Link ID 9): -;
- via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

4.2.2 Ora di punta PM

Si riassumono di seguito le risultanze della microsimulazione effettuata per la ricostruzione dello scenario attuale nella fascia oraria di punta PM (17:30-19:00).

- **parametri generali di microsimulazione**

I parametri generali di microsimulazione risultano essere i seguenti:

- Tempo medio di percorrenza sulla rete simulata (minuti): 1,4;
- Ritardo medio sulla rete simulata (sec/km): 14,1.

- **ritardo medio di controllo presso i nodi considerati**

I ritardi medi (e i corrispettivi LOS) presso i nodi di controllo considerati risultano essere i seguenti:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944): 5,2'' (LOS A);
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano): 8,0'' (LOS A);
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola): 2,4'' (LOS A);
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin): 3,1'' (LOS A).

- **lunghezza media delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 2 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 1 veicolo;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 2 veicolo;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 2 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

- **lunghezza massima delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 3 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 2 veicoli;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 5 veicoli;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 3 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;

- via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

4.3 *Microsimulazione della rete nello scenario di progetto*

4.3.1 Ora di punta AM

Si riassumono di seguito le risultanze della microsimulazione effettuata per la ricostruzione dello scenario di progetto nella fascia oraria di punta AM (07:30-09:00).

- **parametri generali di microsimulazione**

I parametri generali di microsimulazione risultano essere i seguenti:

- Tempo medio di percorrenza sulla rete simulata (minuti): 1,4;
- Ritardo medio sulla rete simulata (sec/km): 16,9.

- **ritardo medio di controllo presso i nodi considerati**

I ritardi medi (e i corrispettivi LOS) presso i nodi di controllo considerati risultano essere i seguenti:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944): 5,6'' (LOS A);
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano): 10,1'' (LOS B);
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola): 2,8'' (LOS A);
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin): 3,0'' (LOS A).

- **lunghezza media delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 1 veicolo;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 1 veicolo;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 2 veicoli;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 2 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): 1 veicolo;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

- **lunghezza massima delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 3 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 2 veicoli;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 4 veicoli;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 5 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): 1 veicolo;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): -;

- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

4.3.2 Ora di punta PM

Si riassumono di seguito le risultanze della microsimulazione effettuata per la ricostruzione dello scenario di progetto nella fascia oraria di punta PM (17:30-19:00).

- **parametri generali di microsimulazione**

I parametri generali di microsimulazione risultano essere i seguenti:

- Tempo medio di percorrenza sulla rete simulata (minuti): 1,4;
- Ritardo medio sulla rete simulata (sec/km): 17,8.

- **ritardo medio di controllo presso i nodi considerati**

I ritardi medi (e i corrispettivi LOS) presso i nodi di controllo considerati risultano essere i seguenti:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944): 8,2'' (LOS A);
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano): 10'' (LOS B);
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola): 2,8'' (LOS A);
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin): 3,1'' (LOS A).

- **lunghezza media delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 2 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 2 veicolo;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 2 veicolo;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 2 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 1 veicolo;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):
 - via dello Sport (v. Link ID 9): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

- **lunghezza massima delle code presso i singoli approcci al nodo**

La lunghezza media delle code presso i principali archi in approccio ai nodi di controllo considerati (soggetti a segnale di stop o dare la precedenza), risulta essere:

- NODO 2 (via dello Sport/via XXI Ottobre 1944):
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 5): 3 veicoli;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 5 veicoli;
- NODO 4 (via XXI Ottobre 1944/via Marano):
 - via Marano (v. Link ID 2): 5 veicoli;
 - via XXI Ottobre 1944 (v. Link ID 4): 3 veicoli;
- NODO 9 (via dello Sport/via Amendola):
 - via Amendola (v. Link ID 6): -;
 - via dello Sport (v. Link ID 7): 2 veicoli;
- NODO 11-17-18 (via dello Sport/viale De Coubertin):

- via dello Sport (v. Link ID 9): -;
- via dello Sport (v. Link ID 17): 1 veicolo.

4.4 *Raffronto tra le risultanze delle microsimulazioni effettuate per lo scenario attuale e di progetto*

Il raffronto dei principali indicatori ricavabili dalle microsimulazioni dei diversi scenari (scenario attuale, scenario di progetto) è riassunto nelle tabelle successive.

Si ritiene opportuno evidenziare che:

- nello scenario attuale (con riferimento sia all'ora di punta AM sia all'ora di punta PM) la rete considerata presenta un elevato livello di performance generale, con modesti ritardi presso tutti i nodi di controllo considerati (corrispondenti ad un livello di servizio secondo HCM 2010 pari a LOS A) e fenomeni di accodamento sostanzialmente modesti o trascurabili presso gli approcci alle intersezioni esaminate;
- nello scenario di progetto (con riferimento sia all'ora di punta AM sia all'ora di punta PM) la rete considerata, a fronte dei flussi di traffico addizionali attesi a valle dell'attuazione del nuovo Comparto, continua a confermare livelli di performance più che soddisfacenti, con modesti incrementi dei ritardi presso tutti i nodi di controllo considerati (corrispondenti ad un livello di servizio secondo HCM 2010 pari a LOS A-B) e fenomeni di accodamento sostanzialmente non rilevanti o fisiologici presso gli approcci alle intersezioni esaminate.

• **parametri generali di microsimulazione**

	AM		PM	
SCENARIO	T _{medio} (min)	RITARDO _{medio} (sec/km)	T _{medio} (min)	RITARDO _{medio} (sec/km)
SCENARIO ATTUALE	1,4	15,8	1,4	14,1
SCENARIO DI PROGETTO	1,4	16,9	1,4	17,8

- ritardi e code presso i nodi di controllo**

NODO	INDICATORE	SCENARIO ATTUALE		SCENARIO DI PROGETTO	
		AM	PM	AM	PM
2 (v. dello Sport-v. XXI Ottobre '44)	RITARDO _{medio} (sec/veic)	5,0	5,2	5,6	8,2
	LOS	A	A	A	A
	CODA _{media} (n° veic)				
	ARCO 5	1	2	1	2
	ARCO 7	1	1	1	2
	CODA _{max} (n° veic)				
	ARCO 5	2	3	3	3
	ARCO 7	2	2	2	5
4 (v. XXI Ottobre '44-v. Marano)	RITARDO _{medio} (sec/veic)	9,0	8,0	10,1	10
	LOS	A	A	B	A
	CODA _{media} (n° veic)				
	ARCO 2	1	2	2	2
	ARCO 4	2	2	2	2
	CODA _{max} (n° veic)				
	ARCO 2	2	5	4	5
	ARCO 4	5	3	5	3
9 (v. dello Sport-v. Amendola)	RITARDO _{medio} (sec/veic)	2,8	2,4	2,8	2,8
	LOS	A	A	A	A
	CODA _{media} (n° veic)				
	ARCO 6	-	-	1	-
	ARCO 7	-	-	-	1
	CODA _{max} (n° veic)				
	ARCO 6	-	-	1	-
	ARCO 7	-	-	-	2
11-17-18 (v. dello Sport-v. le De Coubertin)	RITARDO _{medio} (sec/veic)	1,6	3,1	3,0	3,1
	LOS	A	A	A	A
	CODA _{media} (n° veic)				
	ARCO 9	-	-	1	-
	ARCO 17	1	1	-	1
	CODA _{max} (n° veic)				
	ARCO 9	-	-	-	-
	ARCO 17	1	1	1	1

5 Conclusioni

L'attuazione del Comparto in esame, in un'area sita tra via dello Sport e via Marano nel comune di Castenaso (Ambito ANS_C3.1), prevede la realizzazione di una scuola secondaria di primo grado e di un polo natatorio (impianto coperto e piscina esterna per la balneazione estiva); inoltre sono previsti 2 nuovi parcheggi, rispettivamente in fregio a via dello Sport (~ 170 posti auto, in prossimità della scuola) in fregio a via Marano (~ 100 posti auto, in prossimità del nuovo impianto natatorio).

Nello scenario attuale, sulla base delle osservazioni e delle misurazioni condotte in sito (rilevazioni di traffico relative alle fasce orarie di punta AM e PM del giorno feriale medio) la porzione di rete considerata (ambito di analisi schematicamente delimitato a nord da via Marano, ad ovest dall'innesto viale De Coubertin/via del Frullo, ad est da via XXI Ottobre 1944 e a sud da via del Frullo) presenta una soddisfacente fluidità con modesto livello di saturazione dei diversi archi presi in esame.

Relativamente allo scenario di progetto, si è proceduto alla stima dei flussi indotti dalle nuove funzioni insediate, distinguendo tra *periodo non estivo* (settembre-maggio, con piena funzionalità del polo scolastico e degli uffici della direzione didattica, oltre all'utilizzo dell'impianto natatorio coperto) e *periodo estivo* (giugno-agosto, con limitata funzionalità del polo scolastico e possibilità di utilizzo dell'impianto natatorio per la balneazione estiva).

Per quanto riguarda la scuola secondaria di primo grado, la determinazione del traffico indotto è stata condotta applicando i criteri dell'Institute of Transportation Engineers (ITE, ultimo aggiornamento del *Trip Generation Manual*, v. 9th Edition, 2012) e utilizzando le risultanze di un apposito questionario (all'uopo predisposto) sottoposto alle famiglie degli studenti; relativamente all'impianto natatorio, oltre ai criteri ITE summenzionati, sono stati anche considerati, per analogia, dati effettivi di utenza di strutture similari già in esercizio.

Sulla base delle stime di cui sopra, emerge quanto segue:

- il periodo con massimo carico di traffico risulta essere quello non estivo (settembre-maggio);
- anche nello scenario di progetto, in cui si assommano gli effetti dei flussi addizionali imputabili al Comparto, ci si attende una fluidità generale della rete non dissimile a quella attuale, in ragione di un livello di saturazione che si conferma prevalentemente ben inferiore al 50% (con picchi massimi locali di poco superiori al 60%);
- il dimensionamento previsto per i nuovi parcheggi (in ragione della loro vicinanza e complementarietà, unitamente alla disponibilità del preesistente parcheggio posto all'intersezione tra via dello Sport e via XXI Ottobre 1944) appare idoneo sia a ospitare i flussi ordinariamente previsti in capo ad essi sia a fare fronte ad ulteriori picchi saltuari.

Ai fini di testare il livello di performance della rete nello scenario di progetto in raffronto con quello dello stato attuale, è stata condotta un'analisi di dettaglio del livello di servizio mediante microsimulatore di traffico. In particolare, l'analisi ha richiesto lo studio sotto il profilo micro-trasportistico degli snodi principali costituiti dalle intersezioni via dello Sport/via XXI Ottobre 1944, via Marano/via XXI Ottobre 1944, via dello Sport/via Amendola, via dello Sport/viale De Coubertin.

Dall'analisi con microsimulatore estesa alle fasce orarie di punta AM/PM del giorno feriale medio, si ricava un livello prestazionale complessivo della rete (archi e nodi considerati) pienamente soddisfacente sia nello scenario attuale che in quello di progetto, con modesti ritardi di manovra presso tutte le intersezioni considerate (corrispondenti, secondo la casistica HCM 2010, ad un livello di servizio LOS A nello scenario attuale e LOS A-B nello scenario di progetto) e con conseguente sostanziale assenza o marginalità delle code presso i diversi innesti.

ALLEGATO A - Il software di macrosimulazione utilizzato: TransCad

Per l'assegnazione sullo schema di rete (grafo) considerato dei flussi di domanda aggiuntivi imputabili al Comparto in esame, si è utilizzato il software TransCad della Caliper, versione 6.0 (ultima release).

TransCad comprende un motore GIS con speciali estensioni rivolte ai trasporti e, in particolare alla gestione delle reti di trasporto, ai dati di domanda (matrici O/D), ai sistemi di itinerari e ai riferimenti lineari.

Per quanto riguarda le reti di trasporto, il programma consente una rappresentazione dettagliata e specializzata delle grafi di rete, attraverso l'attribuzione di specifici attributi quali:

- classificazione degli archi stradali e funzioni di performance;
- tipologia di arco (compresi sovrappassi, sottopassi) e del relativo utilizzo (doppi sensi, sensi unici);
- restrizioni o ritardi per le manovre di svolta;
- attributi delle intersezioni o delle congiunzioni;
- terminali intermodali, stazioni di scambio e funzioni di ritardo;
- archi di accesso, egresso e trasferimento al trasporto pubblico;
- itinerari e sistemi di itinerari;
- connessione dei centroidi.

Attraverso le funzionalità di relative al calcolo matriciale (e, in particolare, alle matrici O/D) TransCad supporta una completa archiviazione e gestione di dati come distanza, tempo di viaggio e flussi veicolari.

Le funzionalità relative ai sistemi di itinerari permettono la rappresentazione e gestione dei percorsi utilizzati dai veicoli (sia autoveicoli che mezzi pubblici, compresa per questi ultimi la localizzazione delle fermate e l'orario dei servizi) e dai pedoni, da un punto ad un altro di una rete.

Attraverso la gestione dei riferimenti lineari, TransCad consente l'identificazione e la localizzazione delle caratteristiche trasportistiche della rete riferite a punti prefissati lungo gli itinerari (capacità infrastrutturale e operativa, localizzazione degli incidenti, condizioni della sede, flussi di traffico sia in termini veicolari che di passeggeri trasportati).

La piattaforma, grazie alle funzionalità sopra descritte, permette di svolgere approfondite analisi di rete; ad esempio può essere individuato il percorso minimo (tragitto più breve, più veloce o a minor costo) tra diverse O/D, anche imponendo il passaggio attraverso predefiniti punti intermedi.

TransCad integra modelli diversi modelli di pianificazione dei trasporti e di analisi della domanda, allo scopo di predisporre attendibili analisi previsionali circa gli spostamenti e l'utilizzo della rete di trasporto (anche in funzione di variazioni dello sviluppo regionale, demografico e dell'offerta).

Tra i modelli disponibili si citano quelli relativi alla ricostruzione della domanda attesa (generazione/produzione, attrazione, bilanciamento, distribuzione, ripartizione modale) e di assegnazione dei flussi sulla rete (traffico privato -statica e dinamica -, trasporto pubblico).

L'assegnazione dei flussi veicolari sulla rete, in particolare, può essere effettuata secondo le seguenti metodologie:

- *tutto-o-niente*, in cui i flussi di traffico vengono assegnati sui percorsi minimi fra ciascuna coppia O/D, senza tener conto dell'effetto della congestione sulle performance della rete;
- *incrementale*, in cui i flussi vengono assegnati per porzioni in stadi successivi; ad ogni stadio viene ricalcolato il tempo di spostamento sugli archi in funzione dei carichi fin a quel momento assegnati;

- *capacità*, in cui una soluzione di equilibrio viene ricercata iterando più assegnazioni di tipo tutto tutto-o-niente e ricalcolando, ogni volta, i tempi di spostamento sugli archi in base ai flussi assegnati;
- *equilibrio*, attraverso un processo iterativo con ricalcolo dei tempi di spostamento, al fine di raggiungere una soluzione convergente in cui nessun utente può migliorare il suo tempo di spostamento cambiando itinerario; i flussi relativi a ciascuna coppia OD vengono assegnati su più itinerari, in funzione dell'attrattività di ciascuno di essi;
- *stocastica*, che rappresenta una generalizzazione del metodo dell'equilibrio, in cui si assume che l'utente non abbia una perfetta informazione sulle caratteristiche dei diversi itinerari possibili;
- *ottima*, in cui i flussi vengono assegnati minimizzando il tempo complessivo di spostamento sulla rete.

TransCad consente di disporre di procedure iterative finalizzate a ricostruire e calibrare le matrici O/D sulla base di conteggi di traffico effettuati sul campo e/o di precedenti (o diverse) assegnazioni di traffico. Ai conteggi e alle assegnazioni di input è possibile attribuire un coefficiente di peso differenziato (a seconda del grado di affidabilità loro attribuito), mentre il controllo della matrice O/D di output rispetto a quella di partenza (da calibrare) è resa possibile attraverso l'attribuzione di prefissati differenziali incrementali (minimi e massimi).

Sotto il profilo della rappresentazione delle analisi e, in particolare, dell'output dei risultati, TransCad mette a disposizione dell'utente molteplici stili e opzioni (attribuibili ai diversi tematismi) finalizzati anche alla redazione di mappe tematiche di alta qualità. A titolo indicativo, si segnala la specifica rappresentazione dei seguenti attributi e indicatori trasportistici: strade a senso unico, direzione topografica delle strade, etichette di dati (es. flussi per direzione, velocità, capacità) associate direttamente agli oggetti rappresentati, sistemi di itinerari (v. mappe del TPL), linee di desiderio (per evidenziare i flussi di scambio tra zone o regioni di traffico differenti).

ALLEGATO B - Il software di microsimulazione utilizzato: TransModeler

TransModeler è una potente piattaforma software per microsimulazioni di traffico sviluppata dalla Caliper (azienda produttrice anche del noto software “complementare” TransCad, per analisi macrotrasportistiche e assegnazioni di traffico) che permette principalmente di:

- modellizzare reti stradali complesse (con diversa classificazione dei singoli archi), utilizzando modelli comportamentali di guida da parte del conducente regolati da appositi parametri. In particolare consente di modellizzare il livello di informazione dinamica del guidatore, profili di accelerazione/decelerazione, cambi di corsia (discrezionali o forzati), confluenze, incroci, snodi a rotatoria e incroci semaforizzati;
- modellizzare rotatorie con modelli comportamentali da parte del conducente che tengono in considerazione le interazioni tra veicoli entranti e veicoli già presenti presso l’intersezione;
- modellizzare sistemi semaforici (a ciclo fisso e attuati), anche con regolazione complessa (sistemi sincronizzati e sistemi sincronizzati ed attuati) e priorità per trasporto TPL e/o veicoli di soccorso;
- modellizzare corsie riservate e sistemi di pedaggio (con dispositivi di pagamento manuali, elettronici e ibridi), con conseguenti ricadute sulle dinamiche di traffico in ragione dei costi generalizzati;
- modellizzare scenari particolari quali quelli emergenziali in caso di incidente e quelli transitori di cantiere;
- modellizzare i sistemi di TPL su gomma e/o ferro (sia a frequenza sia a orario), gestendo percorsi e fermate del trasporto pubblico; in quest’ambito si può definire e simulare il distanziamento tra i mezzi e la sua variazione per i sistemi a frequenza, oppure definire la tabella oraria per simulazioni di servizi ad orario.

Il microsimulatore TransModeler determina lo stato dei veicoli sulla rete con estrema frequenza (frazioni di secondo impostabili dall’utente), simulandone il conseguente comportamento.

Gli stessi veicoli possono essere definiti dall’utente sia sotto il profilo geometrico (dimensioni e ingombri) sia sotto quello prestazionale (rapporto massa/potenza, accelerazione/decelerazione, velocità).

I principali modelli comportamentali di guida (accelerazione, decelerazione, cambio di corsia, veicolo accodato, immissione/precedenza, e manovre di svolta alle intersezioni) sono sensibili alla definizione dell’aggressività del guidatore e alle caratteristiche del veicolo (oltre che, ovviamente, alla geometria della rete), tutti parametri impostabili in funzione dei diversi contesti di studio.

Anche in considerazione della sua piena integrazione e complementarietà con il macrosimulatore TransCad della Caliper, il sistema di microsimulazione TransModeler garantisce un pieno controllo delle simulazioni delle dinamiche di traffico. Infatti, i risultati delle assegnazioni con il macrosimulatore possono essere modellizzati dinamicamente a livello micro, determinando standards prestazionali di dettaglio della rete in ragione dei valori ricavati per i principali indicatori (ritardi ai nodi e lungo gli archi, eventuali code e rigurgiti, etc).

La determinazione delle matrici di traffico, in uso combinato con il macrosimulatore, consente poi in TransModeler specifici approfondimenti quali:

- simulazione di flussi veicolari mediante assegnazione alla rete di matrici variabili nei diversi periodi del giorno, eventualmente distinti per tipologie di veicoli;
- controllare e gestire il profilo delle partenze (con tasso di veicoli costante, con curve dipendenti dal tempo o con matrici con diversi tempi di partenza), regolando anche gli intervalli di partenza tra i veicoli (utilizzando distribuzioni deterministiche, uniformi o casuali);

- utilizzazione di matrici O/D per modellizzare la domanda di trasporto con partenza in diversi intervalli di tempo all'interno di un determinato lasso temporale (es. ora di punta), eventualmente differenziando le classi di veicoli (ad es. leggeri e pesanti);
- specificare e controllare, mediante la gestione dei percorsi O/D possibili nella rete di input, le caratteristiche di scelta dell'itinerario.