

**Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
COMUNE DI SAN GIORGIO DI NOGARO**



**Piano Regolatore Generale Comunale
VARIANTE N. 48**

**Studio di impatto sulla viabilità
RELAZIONE TECNICA**

Proponenti:
COM.IM Commerciale Immobiliare S.r.l.
HERON AUTOMATION S.r.l.s.

Febbraio 2020



INDICE

01.	INTRODUZIONE	3
02.	LA VARIANTE AL PIANO	4
03.	STATO DI FATTO DELLA VIABILITÀ	4
03.01	Inquadramento a media scala	4
03.02	Inquadramento di dettaglio	6
03.02.01	Individuazione dei nodi di interesse	6
03.02.02	Analisi della domanda – Flussi rilevati	9
04.	SCENARI FUTURI DELLA VIABILITÀ	11
04.01	Stima del potere attrattivo	11
04.02	Stima del traffico generato	14
04.03	Flussi additivi risultanti	16
05.	ANALISI DEL TRAFFICO	17
05.01	METODOLOGIA DI STUDIO DELLA CIRCOLAZIONE	17
05.01.01	STUDIO DELL'INTERSEZIONE A RASO NON SEMAFORIZZATA	18
05.02	Confronto before-after	21
06.	CONCLUSIONI	23
01.	APPENDICE 01 FOGLI DI CALCOLO HCM – SCENARIO STATO DI FATTO	26
02.	APPENDICE 02 FOGLI DI CALCOLO HCM – SCENARIO DI PROGETTO	37



01. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda l'impatto sul sistema della mobilità di una variante urbanistica al PRGC del Comune di San Giorgio di Nogaro.

Nello specifico la variante riguarda due aree urbanizzate poste nel quadrante nord del territorio comunale, per il quale si intende promuovere l'interscambio delle rispettive destinazioni d'uso al fine di avviare un'azione di recupero e di valorizzazione territoriale.

La **prima area**, per le finalità del seguente studio di seguito denominata “**A**”, è stata sede un tempo di una società del settore dell'edilizia, ed è caratterizzata da due immobili, un capannone di dimensioni importanti (di seguito denominato “**A2**”) e da un'edificio uso foresteria (di seguito denominato “**A1**”). Gli immobili ed il sito versano in condizioni di degrado e abbandono. L'accessibilità all'area avviene mediante due accessi, il primo dalla SR UD 80 (strada di rango principale), il secondo dalla Via Callata / Via Palmanova, di rango funzionale inferiore.

La **seconda area**, per le finalità del seguente studio di seguito denominata “**B**”, è posta a nord dell'abitato di San Giorgio di Nogaro ed in prossimità dei confini amministrativi del comune di Porpetto. Questa ha uno sviluppo territoriale di 7.193 mq. Si presenta edificata ed urbanizzata con un'immobile di forma rettangolare attestato con il lato lungo parallelo alla SR UD 80, sede un tempo di un'azienda con annesso edificio a carattere residenziale legato all'attività principale. L'edificio residenziale è distinto sia fisicamente che funzionalmente da una recinzione che ne segna i confini degli spazi pertinenziali ed i limiti dell'assetto catastale. Edificio residenziale ed immobile (artigianale) hanno un unico accesso diretto lungo la SR UD 80.

Le società proprietarie delle due aree hanno chiesto una riclassificazione delle aree per avviare una riconversione degli usi, per l'area B, riconoscendo una vocazione artigianale (per l'edificio residenziale si prevede una diversa classificazione in zona B2). Per l'area A l'interscambio avviene mediante riclassificazione da zona D3 in zona H3 commerciale, finalizzando la riclassificazione alle manifestate esigenze della proprietà che intende promuovere un recupero a fini commerciali.

Il presente studio ha come finalità la valutazione dell'impatto di tale variazione sulla rete stradale circostante alle aree interessate. Le analisi sono state condotte basandosi sui procedimenti proposti dall'Highway Capacity Manual, il Manuale della Capacità della Strada, redatto e pubblicato dal Transportation Research Board del National Research Council, ossia l'Ente Federale USA paragonabile al nostro Consiglio Nazionale delle Ricerche.



02. LA VARIANTE AL PIANO

Come già anticipato la variante riguarda due aree per le quali si intende promuovere l'interscambio delle rispettive destinazioni d'uso al fine di avviare un'azione di recupero e di valorizzazione territoriale.

Tale variante è redatta ai sensi dell'art. 63 sexies della legge 5/2007 ed in particolare ricade nella casistica di cui al comma 1 lettera e "interscambio di destinazioni d'uso tra zone omogenee urbanizzate esistenti".

Nello specifico, le superfici interessate dalla variante sono di seguito descritte:

- Area A:
 - da Zona D3 soggetta a PRPC a Zona H3*: mq 11.177
 - da Zona D3 soggetta a PRPC a Zona E6: mq 218
 - da Zona E6 a Zona H3*: mq 2642
 - Da viabilità entro PRPC a zona B2: mq 628
- Area B:
 - da Zona H3 a Zona D3: mq 4.693
 - da Zona H3 a Zona B2: mq 2500

03. STATO DI FATTO DELLA VIABILITÀ

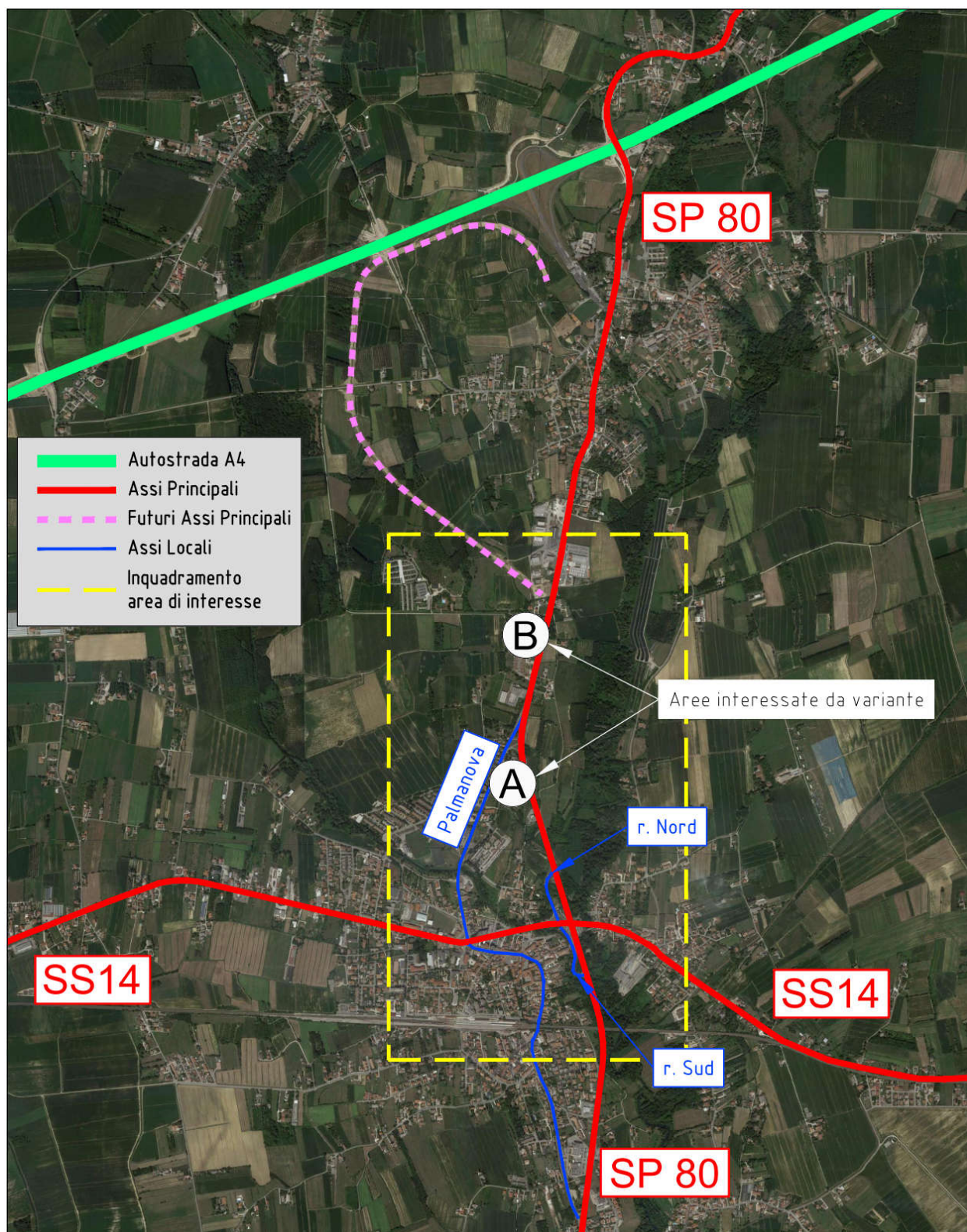
03.01 Inquadramento a media scala

Il sistema viabilistico che lega l'area di studio al territorio circostante ha come asse fondamentale la SR UD 80 (ex S.P. 80), che la connette a Nord con il casello autostradale di S. Giorgio di Nogaro e con gli abitati dell'area Palmanova – Porpetto, nonché con il casello autostradale di Palmanova. Nelle immediate vicinanze dell'area di studio la SR UD 80 si configura come traversa urbana dell'abitato di Porpetto: al fine di inquadrare tale tratta risulta di fondamentale importanza la realizzazione della variante al centro abitato (in rosa nella successiva planimetria di inquadramento), che conetterà il casello autostradale al tratto di SR UD 80 a sud di Porpetto, permettendo di sgravare il centro abitato di buona parte del traffico attualmente presente, con particolare riferimento al traffico pesante generato dalla connessione autostradale. Tale variante è in corso di realizzazione.

A sud dell'area di studio la viabilità principale è composta dalla stessa SR UD 80, che prosegue fino a connettere la Zona Industriale Aussa Corno (ZIAC), e dalla S.S. 14 lungo la direttrice est-ovest. Le due arterie si intersecano al limite ovest dell'abitato di Chiarisacco (frazione del Comune di S. Giorgio di Nogaro) con un'intersezione a livelli sfalsati.

Questa si compone di una rotatoria sulla S.S. 14, dalla quale si diramano due brevi tronchi stradali di connessione (raccordo nord e raccordo sud nella successiva planimetria di inquadramento) che terminano sulla SR UD 80 con due intersezioni a T.

Sulla viabilità fin qui descritta si connettono quindi tutti gli assi locali, fra i quali merita particolare considerazione via Palmanova in quanto soggetta agli accessi diretti dalle aree di studio.



Inquadramento territoriale a media scala dell'area di studio

03.02 Inquadramento di dettaglio

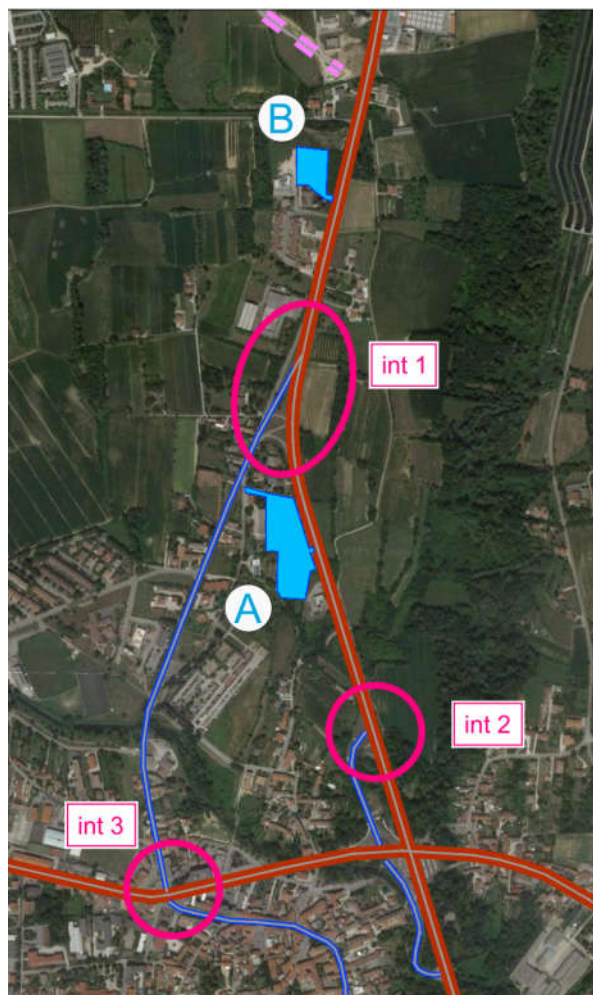
Considerando la scala territoriale della variante, si ritiene che questa vada ad impattare principalmente sul tratto di SR UD 80 prospiciente e, in misura inferiore, sulla direttrice della viabilità locale via Palmanova / via Ippolito Nievo. Tale individuazione è verosimile alla luce delle seguenti considerazioni:

- ✓ La variante di Porpetto permette di trascurare la parte nord del territorio, in virtù del fatto che la sua realizzazione andrà a sgravare l'attuale viabilità (traversa urbana della SR UD 80 in abitato di Porpetto).
- ✓ Entrambe le aree (A e B) hanno accesso diretto alla SR UD 80, quindi il tronco stradale prospiciente risulterà il più sollecitato dai flussi additivi.
- ✓ Verso Sud, è plausibile considerare la SR UD 80 fino all'intersezione 2 con il raccordo Nord alla SS 14; da tale intersezione i flussi generati si disperdono lungo le direttrici locali che danno accesso alle aree abitative.
- ✓ Verso Sud-Est, in virtù delle stesse considerazioni, è plausibile considerare via Palmanova fino al semaforo con la SS 14 (intersezione 3).

Si ritiene quindi opportuno analizzare principalmente la condizione di flusso interrotto in corrispondenza dell'intersezione a raso non semaforizzata tra la SR UD 80 e via Palmanova (int. 1) e in corrispondenza dell'intersezione a raso non semaforizzata tra la SR UD 80 ed il raccordo Nord con la ss14 (int. 2), nonché di effettuare delle valutazioni quanto meno qualitative sull'intersezione semaforizzata tra via Ippolito Nievo (prosecuzione via Palmanova) e la S.S. 14 (int. 3).

03.02.01 Individuazione dei nodi di interesse

I nodi di interesse sulla rete stradale sono evidenziati nel successivo inquadramento di dettaglio. Questi nodi saranno analizzati in dettaglio nello studio, mentre per quanto riguarda il secondo accesso all'area A, su via Palmanova (v. foto), dalle ispezioni effettuate in sito nelle ore di punta si ritiene trascurabile l'analisi di dettaglio, in virtù del traffico estremamente esiguo che insiste sul tratto di strada principale allo stato attuale.



Inquadramento di dettaglio dei nodi di interesse



Accesso sul retro dell'area A



Uscita del vialetto di accesso dell'area A su via Callalta



Uscita di via Callalta su via Palmanova vista da via Palmanova



COMUNE DI SAN GIORGIO DI NOGARO

Progetto: Piano Regolatore Generale Comunale - VARIANTE N. 48

Titolo: Studio di impatto sulla viabilità - Relazione tecnica

Rif. doc.: 19GS71-ImpattoTrafficoSanGiorgio.docx



Uscita di via Callalta su via Palmanova vista da via Palmanova vista da posizione a ridosso dell'intersezione 1

03.02.02 Analisi della domanda – Flussi rilevati

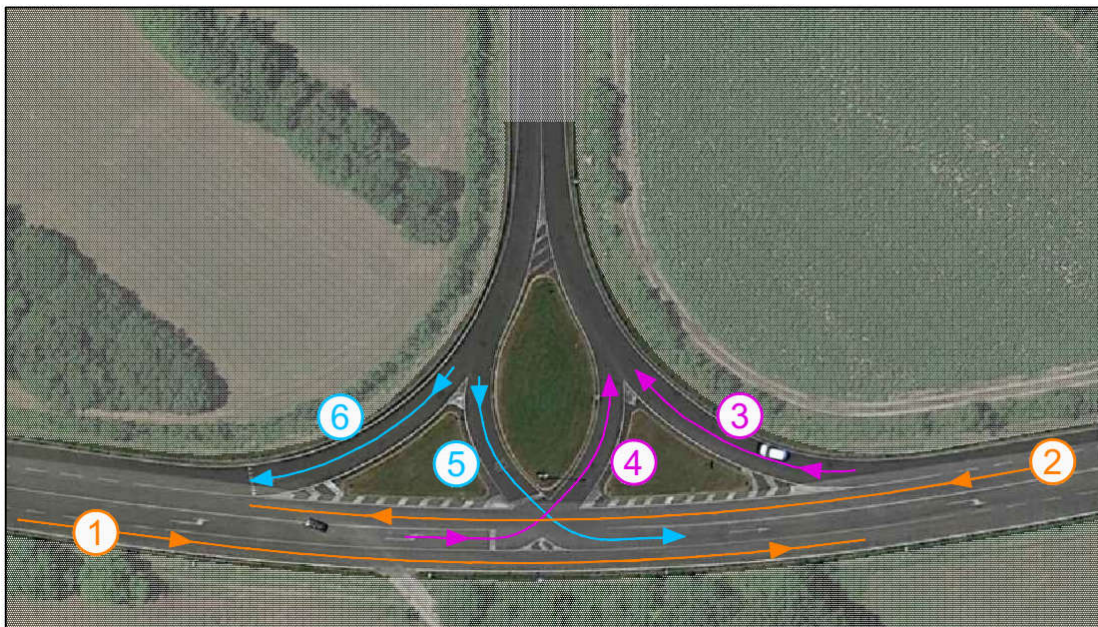
Al fine di valutare le prestazioni del sistema sono stati raccolti dati sull'esistente: in particolare per la raccolta di dati geometrici e di contesto le informazioni desumibili dalla Carta Tecnica Regionale sono stati integrati mediante rilievi ispettivi in sito.

Per quantificare la domanda di spostamenti attuale, sono stati rilevati i volumi di traffico sulla SR UD 80, di modo da poter ricostruire lo scenario completo dei movimenti su tale direttrice, nonché dei flussi scambiati con le strade locali.

I conteggi veicolari, nonché le visite ispettive generali sugli assi stradali in esame, sono state effettuate nelle giornate di venerdì 13 e sabato 14 dicembre 2019 (fascia oraria mattino e sera rispettivamente). A riguardo è opportuno far notare quanto meno due aspetti. In primis trattasi di giornate a ridosso delle festività natalizie (con conseguente aggravio per il traffico “da shopping” nella fascia oraria serale del sabato). Il rilievo dell'ora di punta del mattino è stato effettuato in condizioni meteo di pioggia (con conseguente aggravio di traffico rispetto ad una giornata standard).

I rilevamenti veicolari sono stati effettuati in contemporanea sulle intersezioni d'indagine, nelle fasce orarie di interesse per la successiva modellazione degli scenari futuri, ovvero l'ora di punta del mattino (7:30–8:30) del giorno lavorativo e l'ora di punta serale del sabato (16:30–17:30), di prassi indicato come il più gravoso per quanto riguarda i flussi indotti dalla struttura commerciale.

Tali rilievi sono stati effettuati tramite conteggio a vista del numero di passaggi veicolari in corrispondenza delle due intersezioni (int 1 e int 2, rispettivamente con via Palmanova e con il raccordo Nord), suddividendo l'intero rilievo per tipologia di veicoli (biciclette, motocicli, autovetture, furgoni, autobus/corriere, veicoli pesanti) e per tipo di manovra effettuata, secondo lo schema di seguito riportato in figura.



Intersezione tipo “a T”, con indicata la numerazione delle singole manovre

Partendo dai risultati di rilievo distinti per categorie di veicoli, il calcolo dei veicoli equivalenti è stato effettuato assumendo i seguenti coefficienti di ponderazione: 1,0 per le autovetture, 0,5 per le biciclette e motocicli, 1,5 per i furgoni e 2,5 per veicoli pesanti e autobus/corriere.

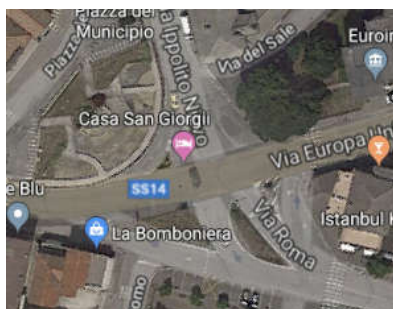


I risultati dei rilevamenti sono riassunti di seguito in tabella in termini di veicoli equivalenti, distinti per le due intersezioni e per fascia oraria, ponendo in evidenza anche la percentuale di veicoli pesanti, necessaria nel successivo calcolo prestazionale.



	Numerazione Manovra	Rilievo mattino		Rilievo sera	
		V eq	% pesanti	V eq	% pesanti
Intersezione 01	Manovra 1	327.5	22.82%	228	0.44%
	Manovra 2	424	24.83%	156.5	3.36%
	Manovra 3	97.5	0.00%	146	0.00%
	Manovra 4	14	0.00%	9	0.00%
	Manovra 5	149.5	1.38%	109	0.00%
	Manovra 6	15	16.67%	10	0.00%
Intersezione 02	Manovra 1	203	19.35%	146	2.13%
	Manovra 2	358.5	21.51%	118.5	3.57%
	Manovra 3	90.5	18.57%	53	1.96%
	Manovra 4	38	52.38%	6	0.00%
	Manovra 5	146	7.87%	92	0.00%
	Manovra 6	60	33.33%	14	0.00%

Sull'intersezione 3, tra via Ippolito Nievo e la SS 14, sono state effettuate delle valutazioni semplificate. A tal fine si è provveduto, nelle medesime ore di punta, a registrare non tanto il numero di veicoli gravanti sull'intersezione, quanto piuttosto la loro interazione con i tempi del segnale semaforico ivi posizionato (uscita via Ippolito Nievo).



Panoramica dell'intersezione 3 e del segnale semaforico analizzato

Le osservazioni non sono state quindi riassunte per fascia oraria, ma per singolo ciclo, in riferimento al solo tempo di verde del segnale d'interesse.

Sono stati dunque registrati (vedi tabella): il numero di veicoli in coda all'istante di inizio verde, il numero di veicoli transitati durante il tempo di verde, il numero di veicoli residui in coda al termine del tempo di verde e (nel caso di assenza di questi ultimi) il tempo di verde residuo (dal passaggio dell'ultimo veicolo all'istante di fine verde).



Mattino	Coda iniziale	Passaggi Totali	Coda finale	Verde residuo [sec]	Verde residuo medio [sec]	Sera	Coda iniziale	Passaggi Totali	Coda finale	Verde residuo [sec]	Verde residuo medio [sec]
Ciclo 01	0	2	0	10	6.2	Ciclo 01	4	6	0	7	8.5
Ciclo 02	0	1	1	7		Ciclo 02	1	2	0	12	
Ciclo 03	3	3	0	10		Ciclo 03	2	2	0	13	
Ciclo 04	0	1	0	5		Ciclo 04	1	2	0	6	
Ciclo 05	1	3	1	5		Ciclo 05	1	3	0	4	
Ciclo 06	5	6	0	7		Ciclo 06	2	3	0	13	
Ciclo 07	3	5	2	0		Ciclo 07	2	5	0	2	
Ciclo 08	5	6	0	4		Ciclo 08	0	1	0	8	
Ciclo 09	1	3	0	6		Ciclo 09	1	1	0	15	
Ciclo 10	2	2	0	8		Ciclo 10	1	3	0	5	

Intersezione 3 – Rilievo dei passaggi veicolari e relativi tempi

A livello riassuntivo:

- il ciclo dell'intero impianto semaforico dura 70 secondi;
- al ramo di via Ippolito Nievo compete una fase della durata di 20 secondi;
- la manovra è molto poco trafficata;
- nel momento in cui scatta il verde il numero minimo/medio/massimo di veicoli in coda è pari a 0/2,0/5 veicoli nella fascia oraria del mattino e a 0/1,5/4 veicoli nella fascia oraria della sera;
- la coda esistente si esaurisce in tempi rapidissimi;
- ad ogni ciclo, nel momento in cui è transitato l'ultimo veicolo, il segnale ha ancora un'ottima riserva di verde, qualitativamente pari a circa un terzo del ciclo di segnalazione (mediamente 6,2 secondi la mattina e 8.5 secondi la sera);
- nei casi in cui a fine fase avanzano zero (o comunque pochi) secondi di verde, ciò è dovuto alla tipologia di arrivi (in pratica passa una vettura sul giallo ma in precedenza c'è stato un buco di diversi secondi).

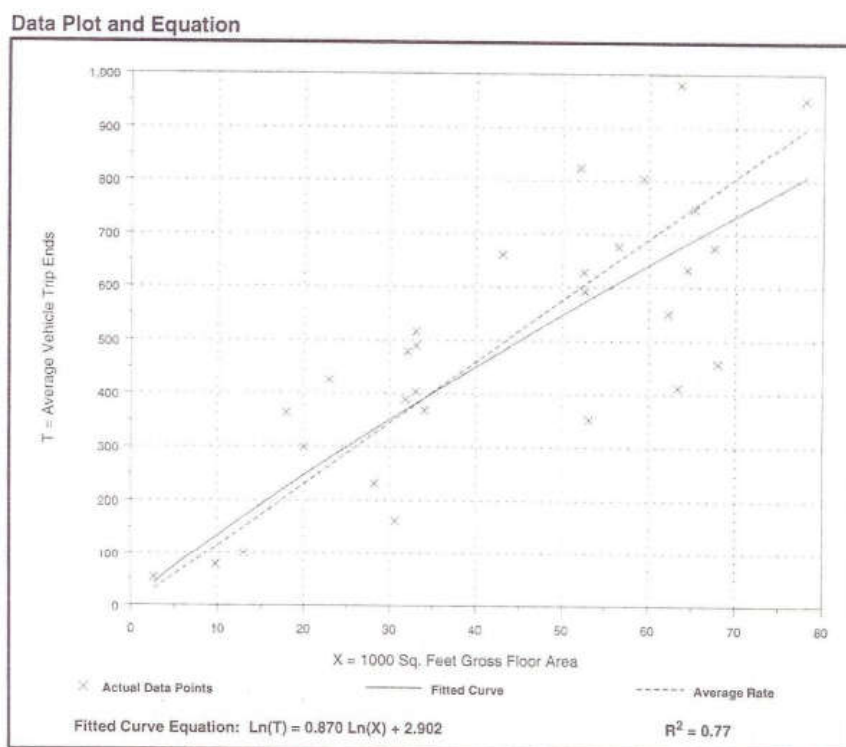
04. SCENARI FUTURI DELLA VIABILITÀ

04.01 Stima del potere attrattivo

Per stimare il traffico generato dalle due aree oggetto di variante urbanistica si utilizza la metodologia proposta dal Manuale "Trip Generation" pubblicato dall'Institute of Transportation Engineers, (ITE)¹, da tempo diffusa sia negli Stati Uniti che in altri Paesi.

Questa procedura standard si basa su funzioni di generazione/attrazione e/o indici per categoria di destinazione ed uso del suolo. Tali funzioni, sviluppate empiricamente negli Stati Uniti in base all'analisi statistica di gruppi di strutture omogenee per destinazione d'uso, sono parametrizzate su grandezze caratteristiche, come superficie di vendita, numero di addetti, etc.

¹ Institute of Transportation Engineers, "Trip Generation", 9th edition, ITE, Washington 2012.



*Manuale Trip Generation – Esempio di curva di regressione empirica
(funzione superficie di vendita – spostamenti attratti)*

Le variabili indipendenti delle funzioni generative, ovvero questi indici parametrici, sono rapportate alle stesse grandezze nelle dimensioni del particolare caso in studio e consentono di stimare i valori di traffico indotto in diverse fasce orarie, specificando per ogni classe di “land use” quella che statisticamente si identifica come ora di punta.

Nel presente caso di studio si sono considerate le attività di seguito codificate secondo il manuale:

- Area B, categoria “industrial”
 - Attività n°140 Manufacturing²
- Area A2, categoria “retail”
 - Attività n°813 Free Standing Discount Superstore³
 - Attività n°815 Free-Standing Discount Store
- Area A1, categoria “retail”
 - Attività n°850 Supermarket⁴

2 Funzione proposta in due forme, una per superficie una per numero impiegati, applicate entrambe. Si è quindi scelto il risultato più gravoso.

3 Definito come: “...are similar to the free-standing discount stores described in Land Use 815, with the exception that they also contain a full service grocery department under the same roof ... Free-standing discount store (Land Use 815) is a related use.



Dal calcolo si ottengono quindi i risultati riassunti nella successiva tabella, nella quale si evidenziano i valori numerici assunti quali flussi di traffico additivi nello scenario futuro, in entrata e uscita da ciascuna area, distinti per fasce orarie.

Tabella: flussi indotti dall'insediamento contemporaneo delle tre attività (manuale Trip Generation, ITE 9th edition)

Sito	Settore	Superficie [mq]	Superficie [K Sq. Feet]	Descrizione / / Codice ITE	Variabile indipendente		Distribuzione dei viaggi generati						Assunzione scenario futuro			
							Punta mattino			Punta pomeriggio			Punta mattino		Punta pomeriggio	
							In	Out	Pass-By	In	Out	Pass-By	In	Out	In	Out
B	Manfatturiero	600	6.458	Manufacturing 140	6.5	KSF ²	4	1	0	2	3	0	4	1	2	3
				Manufacturing 140	30.0	Employees	9	3	0	5	6	0	9	3	5	6
A2	Commerciale all'ingrosso	900	9.688	Free Standing Discount Superstore 813	9.7	KSF ²	7	6	5	15	15	12	10	8	21	21
				Free-Standing Discount Store 815	9.7	KSF ²	6	3	2	20	20	8	7	4	24	24
A1	Supermarket	1400	15.070	Supermarket 850	15.1	KSF ²	20	12	18	47	45	51	30	22	72	70
Area B -													9	3	5	6
Area A -													36	25	96	94

Il flusso di pass-by, prodotto solo dall'edificio "A1", è stato ripartito tra flussi in ingresso e uscita secondo i pesi relativi. I flussi indotti sono quindi stati sommati nelle due ore di punta, successivamente dovranno essere ripartiti secondo le direttrici degli spostamenti.

Globalmente è quindi prevista una generazione di 73 veicoli/ora nell'orario di punta del mattino e 201 veicoli/ora nell'orario di punta serale. Di questi spostamenti, il 71% risulta imputabile alla sola area "A1" Supermarket (70% mattino, 71% sera), mentre il 21% risulta imputabile all'area "A2" commerciale all'ingrosso (14% mattino, 24% sera) ed il solo 8% compete all'area "B" manifatturiera (16% mattino, 5% sera). Tali numeri forniscono un'immediata evidenza di come di fatto il contributo del supermarket risulti quello con incidenza nettamente maggiore rispetto agli altri due, e al contempo di come il contributo dell'area manifatturiera possa ritenersi quasi trascurabile rispetto alle grandezze in gioco.

Da subito è importante specificare che allo stato attuale non sono state registrate manifestazioni di interesse concrete per le aree "A2" e "B", quindi verosimilmente nello scenario progettuale più prossimo i fabbricati ivi presenti resteranno vuoti.

Nello scenario di progetto sono stati tuttavia valutati, secondo la medesima metodologia, anche gli spostamenti generati e attratti da tali attività, al fine di porsi nella situazione più gravosa possibile per la circolazione stradale, seppure riferibile ad uno scenario temporale distante e potenzialmente inattuabile.

Tutte le altre valutazioni sono state effettuate a favore di sicurezza.

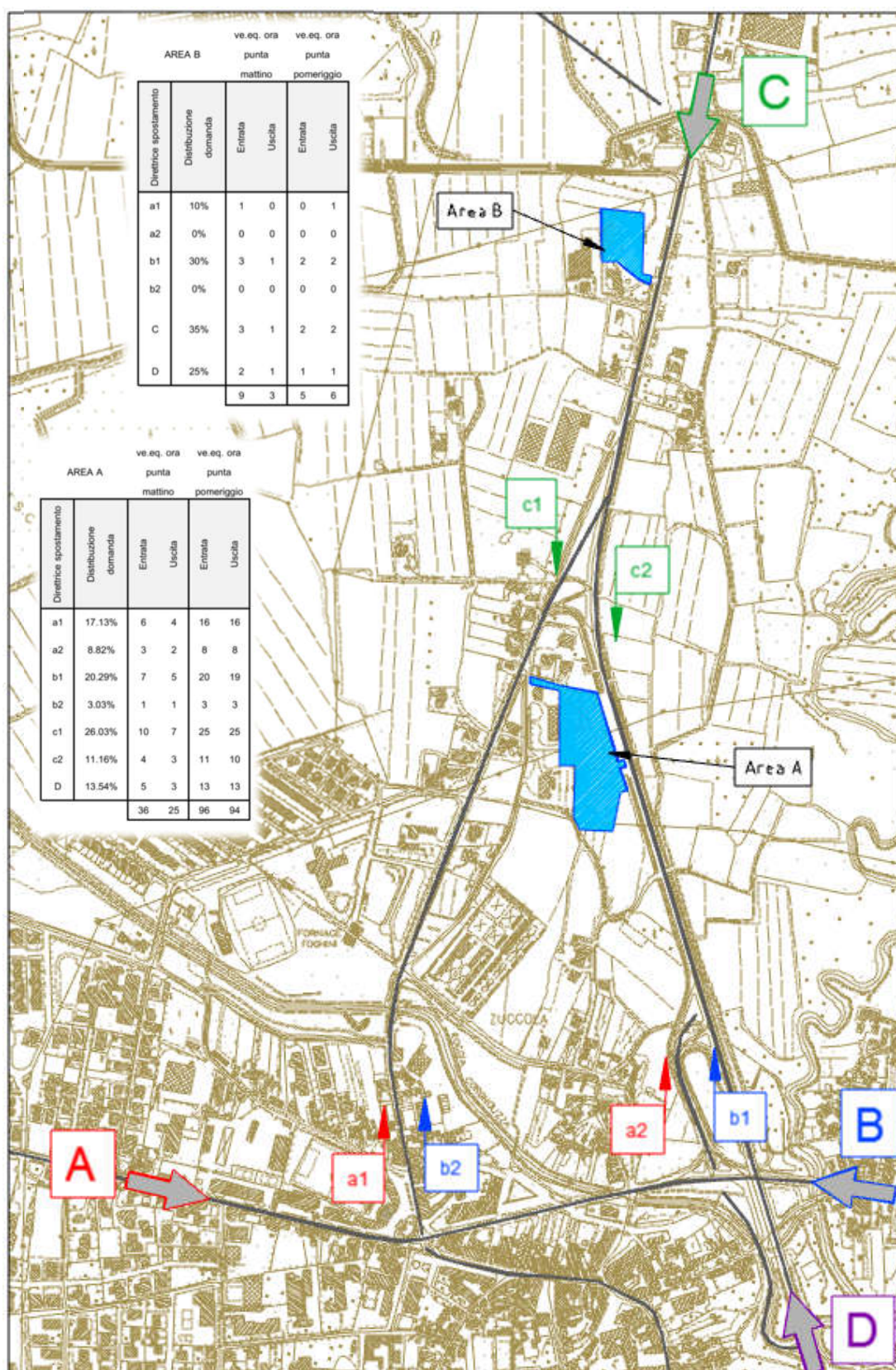


04.02 Stima del traffico generato

I flussi additivi individuati al paragrafo precedente sono stati quindi distribuiti lungo le direttrici di traffico. La distribuzione della domanda, riassunta nella successiva figura, è stata individuata in considerazione di diversi aspetti:

- individuazione del bacino di utenza potenziale nell'area di studio vasta compresa grosso modo tra gli abitati di Gonars, Castions di Strada, Muzzana del Turgnano, Carlino e Torviscosa;
- le singole zone del territorio (comuni e frazioni) generano spostamenti in proporzione agli abitanti ed in proporzione inversa alla distanza dall'area di studio;
- le direttrici di generazione-attrazione, riassunte graficamente nel successivo schema planimetrico, sono sostanzialmente 4, "A" e "B" relative alla S.S. 14 (a loro volta scomponibili nei percorsi "a1-a2" e "b1-b2") e "C" e "D" relative alla SR UD 80 (con "C" a sua volta scomponibile nei percorsi "c1-c2");
- l'itinerario di ingresso viene percorso a ritroso in uscita, ovvero si assume che la scelta del percorso non cambi tra andata e ritorno;
- il numero di clienti attratti dall'esercizio commerciale, e conseguentemente il numero degli spostamenti, diminuisce in funzione della presenza di attività commerciali simili nella stessa zona territoriale e, in maniera più lieve, della presenza di alternative lungo il percorso per raggiungere l'area di studio;
- per l'area A2 sono stati assunti gli stessi criteri dell'area A1, trattandosi anch'essa di attività commerciale;
- nel caso dell'area B, manifatturiera, è stato tenuto conto in maniera più semplice delle più probabili provenienze dei lavoratori ivi impiegati, immaginando un bacino di interesse più ampio che tiene conto anche dell'autostrada.

Individuata così la distribuzione percentuale della domanda, proporzionalmente sono stati ripartiti i flussi di traffico indotti dall'insediamento contemporaneo delle tre attività, determinati al paragrafo precedente. I risultati sono riassunti nella successiva figura.



Ripartizione sulle direttrici di traffico della domanda indotta dalle tre attività



04.03 Flussi additivi risultanti

Assegnando alla rete i flussi fin qui calcolati, secondo le direttrici individuate, è possibile differenziarli, manovra per manovra, sulle tre intersezioni principali. In particolare le due intersezioni maggiormente gravate dai flussi additivi sono la 1 e la 2, ovvero quelle sulla SR UD 80, di seguito riportate in tabella.

Numerazione Manovra	Additivi mattino		Additivi sera	
	Intersezione 01	Intersezione 02	Intersezione 01	Intersezione 02
	V eq	V eq	V eq	V eq
Manovra 1	8	7	13	14
Manovra 2	6	4	14	14
Manovra 3	10	8	26	29
Manovra 4				
Manovra 5	8	13	25	30
Manovra 6				



05. ANALISI DEL TRAFFICO

Per l'analisi prestazionale del sistema è stato applicato il modello di calcolo dell'HCM⁵ per intersezioni non semaforizzate regolate da precedenza. Il modello è universalmente riconosciuto ed applicato a livello italiano ed internazionale per qualsiasi tipologia di caso di studio in ambito trasportistico per le analisi di capacità e prestazionali.

Nelle Appendici 1 e 2 si riportano per tutte le manovre analizzate i passaggi di calcolo ed i relativi risultati, sotto forma di foglio di calcolo, così come proposti dal Manuale stesso.

Per convenzione in appendice sono state mantenuti tutti i nomi dei parametri calcolo indicati nel manuale, quindi per approfondimenti e verifiche riguardo alla procedura si rimanda al manuale medesimo.

Si riassume di seguito per sommi capi la base teorica della metodologia.

05.01 METODOLOGIA DI STUDIO DELLA CIRCOLAZIONE

Il fenomeno circolatorio veicolare si analizza, in genere, per due diverse e separate situazioni, denominate flusso ininterrotto e flusso interrotto.

Si è in condizioni di flusso ininterrotto quando i veicoli che percorrono un certo tratto di una corsia o di una strada non subiscono disturbo, o meglio non sono costretti ad arresti per cause estranee alla corrente di traffico.

Il flusso interrotto, al contrario, si instaura quando i veicoli che percorrono un certo tratto di una corsia o di una strada subiscono un disturbo e devono arrestarsi per motivi esterni alla corrente di traffico, quali la presenza di un semaforo o di un segnale o, in generale, per le interferenze con altri flussi veicolari.

Nel caso di flusso interrotto si ha quindi un insieme di veicoli in approccio al nodo (incontro tra due o più rami dell'infrastruttura stradale) sui vari rami, che giunti in prossimità della linea d'arresto, delimitante l'area di manovra, si separano per effettuare la manovra necessaria per scegliere la direzione voluta, dando luogo alle correnti di attraversamento (Through, secondo la terminologia adottata dall'HCM), correnti di svolta a destra (Right Turn) e correnti di svolta a sinistra (Left Turn). In questi punti il comportamento degli utenti è vincolato dalla presenza di lanterne semaforiche, segnali di "stop", o più in generale da regole di precedenza.

Queste modalità di controllo incidono in modo diverso sulla qualità della circolazione, sia nodi che sui tratti stradali adiacenti. Elemento comune è rappresentato dall'instaurarsi di fenomeni di attesa (ritardi nei tempi di viaggio), limitazioni della capacità dei rami e delle intersezioni con possibile formazione di code e, oltre certi limiti, l'insorgere di fenomeni di congestione del traffico.

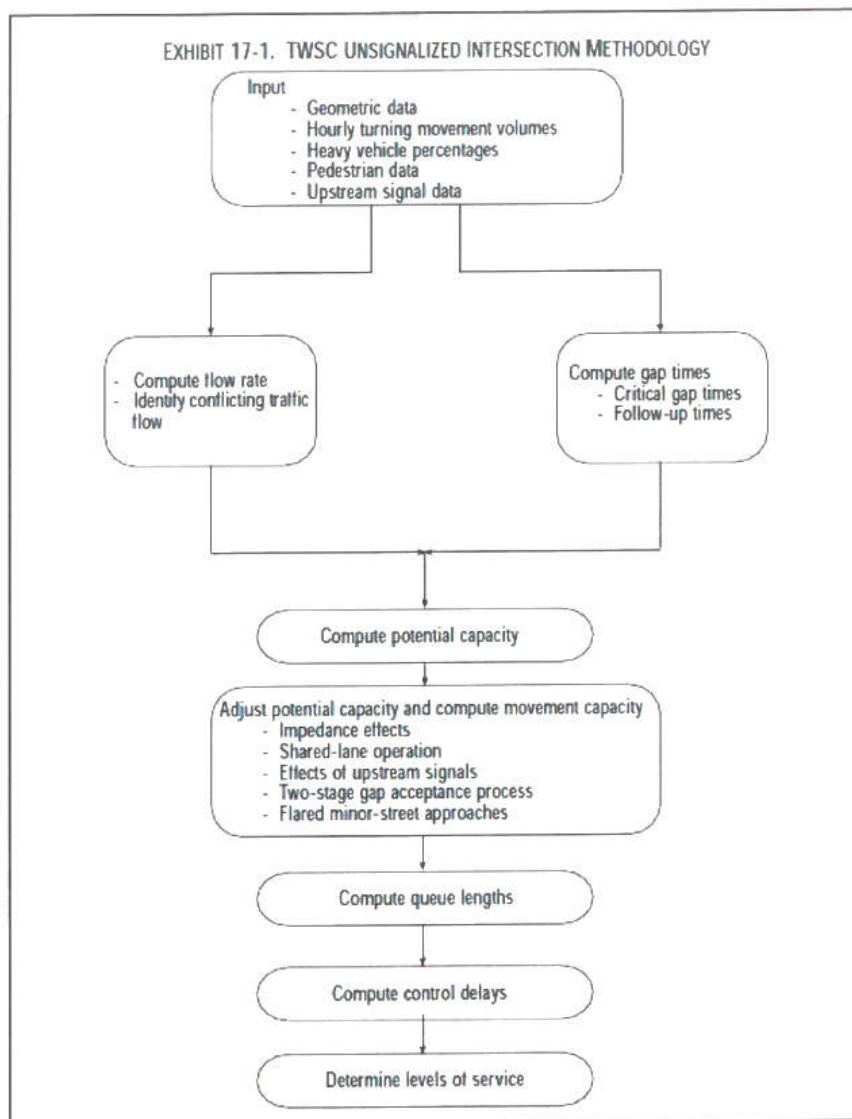
Attraverso un'ampia sperimentazione, l'HCM ha reso possibile formalizzare analiticamente le condizioni di circolazione. Note le caratteristiche fisiche e funzionali dei componenti infrastrutturali (sezione stradale, disciplina della circolazione, velocità ammissibile, ecc.), i flussi veicolari in gioco e le condizioni limite di funzionamento degli elementi della rete (capacità), si utilizzano idonee formulazioni analitiche al fine di stimare i ritardi, e valutare conseguentemente il Livello di Servizio (LOS, Level Of Service).

5 Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual", 5th edition, Washington, 2010. [<http://hcm.trb.org/>]

Il Livello di Servizio è una interpretazione delle effettive condizioni operative della rete, da ottime a pessime, associate a sei classi, dalla lettera A alla lettera F, quest'ultima corrispondente al raggiungimento e al superamento della capacità con conseguente innesco di una situazione di congestione.

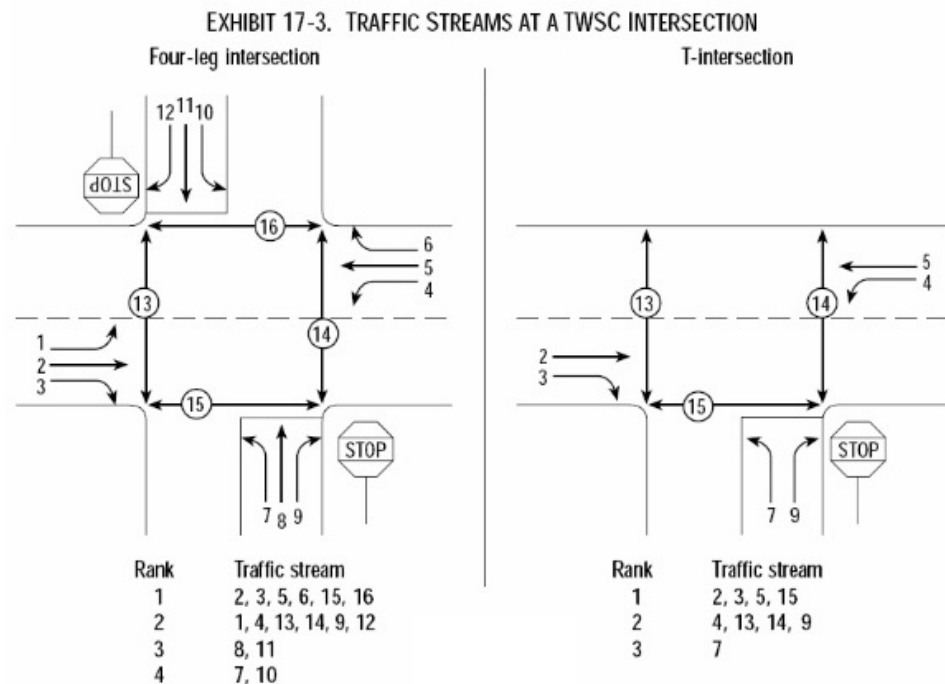
05.01.01 STUDIO DELL'INTERSEZIONE A RASO NON SEMAFORIZZATA

La procedura riportata dal manuale HCM per il calcolo del livello di servizio di una intersezione a raso non semaforizzata è sintetizzata dallo schema a blocchi riportato in figura (Exhibit 17-1 del Manuale).



Questa procedura deriva dal Gap Acceptance Model, ossia un modello per il quale il funzionamento dell'intersezione è caratterizzato dal verificarsi di intervalli temporali liberi tra un passaggio e l'altro dei veicoli che appartengono a una delle due correnti principali, tali da permettere ai veicoli della corrente secondaria di immettersi nel flusso veicolare maggiore o di attraversare l'incrocio, e ai veicoli dell'altra corrente principale di svoltare a sinistra.

Con la sigla TWSC, Two Way Stop-Controlled Intersection, l'HCM indica sia le intersezioni a tre rami (intersezioni a T), sia quelle a quattro rami.



Ogni corrente di traffico, o manovra, deve seguire le regole sulla precedenza definite dal codice della strada. A tal proposito le manovre possibili per una intersezione a T sono classificate in 3 priorità di precedenza (Rank 1, 2, 3).

Le variabili esprimanti le caratteristiche funzionali delle intersezioni a raso non semaforizzate sono riconducibili sostanzialmente alle seguenti:

- la capacità del ramo o della corsia di accesso al nodo, dedicati ad una manovra (di attraversamento o di svolta), che l'HCM indica come capacità potenziale della manovra nelle condizioni ideali;
- il rapporto v/c , dove v è il tasso di flusso relativo alla manovra e c è la capacità effettiva del ramo o corsia;
- il ritardo (delay) medio d [sec/veic] che i veicoli subiscono per rallentamento, arresto, ecc. nel superamento dell'intersezione, che costituisce il parametro per la misura del LOS.

La capacità potenziale di una data manovra x è data dalla seguente equazione:

$$p_{c,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x} t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x} t_{f,x} / 3600}}$$

dove le due grandezze fondamentali che concorrono al calcolo sono così definite:

- l'intervallo critico (critical gap) t_c : distanziamento temporale minimo, tra due veicoli sulla strada principale, tale da consentire l'immissione ideale da parte di un veicolo che proviene dalla secondaria;



- il tempo di scalamento in coda (follow-up time) t_f : distanziamento temporale medio che intercorre tra la partenza di un veicolo che proviene dalla strada secondaria ed il successivo veicolo accodato, nel caso in cui entrambi compiano la manovra di immissione usufruendo dello stesso varco spaziotemporale tra i veicoli della corrente principale;
- il volume critico $V_{c,x}$: nelle intersezioni a raso non semaforizzate una specifica manovra x è direttamente e diversamente influenzata dalle correnti veicolari che contemporaneamente impegnano l'incrocio. Il volume critico corrisponde al numero massimo di veicoli che disturbano una determinata manovra x e dipende dal Rank che compete alla specifica manovra.

La procedura di calcolo delle grandezze di cui sopra risulta particolarmente complessa ed articolata in diversi passaggi, per i quali si rimanda al Manuale.

Determinate le capacità potenziali per ogni manovra, è possibile determinare il ritardo medio subito dai veicoli soggetti ad obbligo di precedenza, tramite la seguente equazione (HCM exhibit 17-38):

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right) \left(\frac{V_x}{C_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5$$

dove:

- d = tempo di ritardo (sec/veh);
- V_x = volume della manovra secondaria x (veh/h);
- $C_{m,x}$ = capacità effettiva della manovra secondaria x (veh/h);
- T = periodo di rilevamento dei flussi (h).

Il parametro di riferimento per l'individuazione del Livello di Servizio è il ritardo " d " (delay). L'HCM assegna uno specifico LOS a seconda dell'intervallo in cui ricade il ritardo calcolato, secondo le 6 classi in tabella.

Come già specificato in precedenza, l'intero flusso di calcolo è esplicitato nelle Appendici 1 e 2 utilizzando gli stessi fogli di calcolo proposti dal manuale HCM.

d (sec/veicolo)	LOS
$d < 10$	A
$10 < d < 15$	B
$15 < d < 25$	C
$25 < d < 35$	D
$35 < d < 50$	E
$d > 50$	F



05.02 Confronto before-after

Riguardo ai risultati dell'analisi, va innanzitutto precisato che i valori numerici determinati mediante l'applicazione del metodo HCM, già di per se buoni, risultano tuttavia pessimistici se rapportati all'osservazione qualitativa dello stato di fatto, avvenuta in sede di rilievo. In altre parole, le prestazioni reali dell'intersezione, in termini di ritardi sulle manovre secondarie, risultano migliori "dal vivo" rispetto a quelle stimate dal metodo di calcolo. Tale situazione è verosimile, dal momento che il modello applicato è stato pensato ed implementato in una realtà sociale, economica ed ambientale diversa rispetto a quella in esame.

Tuttavia l'applicazione del modello è l'unica strada che consenta un confronto numerico before-after, i cui risultati vanno esaminati in termini relativi.

Le successive tabelle riassumono a livello numerico i risultati del modello nei due scenari considerati, distinti per intersezioni e fasce orarie considerate.

Allo scopo di facilitare la lettura si riportando per ogni manovra i soli parametri di output fondamentali, individuati nel coefficiente di saturazione (v/c) espresso convenzionalmente come frazione dell'unità, nel tempo medio di attesa per veicolo (delay "d", espresso in secondi) e nel livello di servizio (Level Of Service LOS).

Fascia oraria		Ora di punta del mattino						Ora di punta della sera					
Scenario analizzato		Stato di fatto			Scenario Futuro			Stato di fatto			Scenario Futuro		
Manovra		5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4
INTERSEZIONE 1	v (veh/h)	150	15	14	158	15	14	109	10	9	134	10	9
	cm (veh/h)	350	562	1055	341	554	1040	561	814	1269	531	787	1227
	v/c	0.429	0.027	0.013	0.463	0.027	0.013	0.194	0.012	0.007	0.252	0.013	0.007
	Lungh. Coda	2.2	0.1	0.0	2.5	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
	Delay (d) [sec]	23.0	11.6	8.5	24.6	11.7	8.5	13.0	9.5	7.9	14.1	9.6	8.0
	LOS	C	B	A	C	B	A	B	A	A	B	A	A
	Ritardo e LOS	21.92 - C			23.47 - C			12.67 - B			13.75 - B		
INTERSEZIONE 2	v (veh/h)	146	60	38	159	60	38	92	14	6	122	14	6
	cm (veh/h)	431	584	889	423	577	879	701	907	1417	662	875	1367
	v/c	0.339	0.103	0.043	0.376	0.104	0.043	0.131	0.015	0.004	0.184	0.016	0.004
	Lungh. Coda	1.5	0.3	0.1	1.8	0.3	0.1	0.5	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
	Delay (d) [sec]	17.6	11.9	9.2	18.6	12.0	9.3	10.9	9.0	7.6	11.7	9.2	7.6
	LOS	C	B	A	C	B	A	B	A	A	B	A	A
	Ritardo e LOS	15.96 - C			16.8 - C			10.66 - B			11.4 - B		

Se ne deduce:

- i livelli di servizio di tutte le manovre di scambio rimangono inalterati. Si ricorda come questo sia un parametro categoriale, dal momento che è associato ad un certo range di ritardo medio, e quindi la sola considerazione del LOS non è in grado di fornire un livello di dettaglio accurato ma semplicemente una visione qualitativa d'insieme, il cui esito è ampiamente positivo;
- in termini di ritardi sulle manovre di scambio valutate, l'incremento riscontrabile risulta irrisorio, basti pensare che globalmente questo si attesta su un 3,04%, differenziabile per intersezione e per fasce orarie:



- sull'intersezione 01 si ha il +2,85% nell'ora di punta del mattino ed il +3,77% nell'ora di punta della sera;
- sull'intersezione 02 si ha il +2,28% nell'ora di punta del mattino ed il +3,25% nell'ora di punta della sera;
- per entrambe le intersezioni e per entrambe le fasce orarie, la manovra maggiormente vessata risulta sempre la numero 5, ovvero la svolta a sinistra dalla secondaria, caratterizzata da ritardi più importanti nella fascia oraria della mattina (dell'ordine dei 23-25 secondi per l'intersezione 1 e dei 18 secondi per l'intersezione 2) e più ridotti nella fascia oraria della sera (dell'ordine dei 13-14 secondi per l'intersezione 1 e dei 11 secondi per l'intersezione 2)
- in termini capacità la situazione è ben lontana dalla criticità, dal momento che le riserve della manovra maggiormente “delicata” (la numero 5 di svolta a sinistra dalla secondaria), risultano in ogni caso ampie, sempre superiori al 50%:
 - riserva di capacità sull'intersezione 01 del 54% nell'ora di punta del mattino e del 75% nell'ora di punta della sera;
 - riserva di capacità sull'intersezione 02 del 63% nell'ora di punta del mattino e del 82% nell'ora di punta della sera;
- complessivamente l'intersezione 2 risente maggiormente, in termini percentuali, dei nuovi flussi generati, pur rimanendo l'intersezione più “scarica” tra le due, quindi quella con prestazioni migliori (LOS B-A-A rispetto al LOS C-B-A dell'intersezione 1).

Nel complesso le prestazioni del sistema risultano buone allo stato attuale e rimarranno buone (pressoché invariate) nello scenario futuro. Si può quindi ritenere che i flussi incrementali generati dalla nuova struttura non incidano in senso assoluto.



06. CONCLUSIONI

Nel presente studio è stato analizzato l'impatto sul sistema viabilistico dei comuni di S. Giorgio di Nogaro – Porpetto conseguente all'inversione della destinazione urbanistica di due aree (una Zona D, industriale-artigianale con zona H3, commerciale e viceversa).

Sebbene in tali aree siano presenti o siano comunque stati presenti, in un passato molto recente, le relative attività, si è comunque scelto, a base dello studio, di lavorare nell'ipotesi che allo stato attuale tali aree siano caratterizzate da potenziale di attrazione – generazione nullo. I flussi di traffico additivi predetti per le nuove attività sono stati quindi sommati ai flussi attuali rilevati in sito nelle ore di punta del mattino e della sera, dal momento che la punta di domanda si genera in fasce orarie diverse per le diverse tipologie di attività considerate.

Le strutture in questione andranno ad incidere sulla viabilità della SR UD 80 (in particolare sulle due intersezioni a T regolate con diritto di precedenza) e della S.S. 14 (in particolare sull'intersezione semaforizzata con via Ippolito Nievo).

È stato pertanto analizzato lo stato di fatto relativo al sistema in questione, rilevando i flussi di traffico attualmente gravanti su di esso ed analizzandone le prestazioni mediante il modello di analisi dell'HCM.

Quindi si è quantificato il potere attrattivo delle nuove attività in termini di autoveicoli nelle ore di punta, distribuendo tali spostamenti lungo le direttrici della rete stradale afferente. Sommando a questi i flussi rilevati, distintamente per le due ore di punta, è stato riapplicato il medesimo modello di calcolo (HCM TWSC) allo scenario futuro.

Tutte le scelte effettuate risultano a fattore di sicurezza, quindi lo scenario ipotizzato rappresenta una situazione "limite", più gravosa rispetto a quella che sarà verosimile aspettarsi nella realtà.

È inoltre opportuno rimarcare come dall'esperienza empirica si riscontra che il reale esercizio della viabilità offre quasi sempre prestazioni migliori rispetto a quelle stimate mediante i modelli. Tale situazione è confermata nell'area di studio dall'analisi dello stato attuale (il traffico scorre molto più fluentemente rispetto a quanto inquadrato dalla simulazione HCM). Verosimilmente quindi anche l'analisi dello scenario futuro dovrebbe esser letta in tale prospettiva.

In conclusione, è il caso di evidenziare gli aspetti di seguito riportati.

- i. Visti gli ordini di grandezza dei carichi di traffico indotti da tre ipotetiche strutture possibilmente coinvolte, è chiaro come la struttura commerciale **“supermarket”** (vendita al dettaglio di generi alimentari) risulti **nettamente più impattante** delle altre due (manifattura e vendita all'ingrosso).
- ii. Senza entrare nel merito dell'analisi della circolazione, visto il punto precedente è chiaro come il **nuovo assetto del P.R.G.C.** risulti **migliorativo già solo a livello concettuale**, permettendo grazie al doppio accesso di “diluire” più adeguatamente i flussi generati, che altrimenti sarebbero andati interamente a gravare sul singolo accesso all'area, direttamente sulla SR UD 80.
- iii. I risultati offerti dall'analisi della circolazione hanno messo in luce **carichi di traffico indotti molto piccoli**, marginali in rapporto agli ordini di grandezza dei flussi di traffico attualmente gravanti sul sistema (si può affermare che variazioni di questo tipo



possano rientrare nelle normali fluttuazioni di traffico, a prescindere dall'apertura della struttura).

- iv. Nel complesso le future prestazioni del sistema risultano buone, o in ogni caso del tutto assimilabili a quelle attuali: i **livelli di servizio rimangano invariati** per tutte le manovre dell'intero sistema, ed anche ad un'analisi di dettaglio dei parametri di output del modello.
- v. Le **riserve di capacità** del sistema rimarranno, nello scenario futuro, sempre superiori al 50%.
- vi. Il nuovo assetto del P.R.G.C. risulta migliorativo anche per la **sicurezza della circolazione**, in virtù della maggiore distribuzione dei flussi e di come questi risultino indirizzati verso intersezioni esistenti, di geometria ampia e ben definita, piuttosto che interamente concentrati su un singolo accesso diretto alla SR UD 80.

Alla luce dei risultati ottenuti si ritiene quindi che il sistema di traffico analizzato, organizzato come allo stato attuale, sarà perfettamente in grado di reggere, con prestazioni assimilabili alle attuali, gli incrementi futuri. Per tale motivo si ritiene dunque che **non sia necessario agire in maniera strutturale sull'organizzazione del sistema stesso**.

Oltre alle considerazioni fin qui riportate e derivanti dai risultati dell'analisi, è opportuno evidenziare gli ulteriori aspetti di seguito riportati.

- i. È fortemente sconsigliato l'introduzione di rotatorie sul tratto di SR UD 80 interessato, sia in sostituzione delle intersezioni a T analizzate, sia come nuovo accesso all'area commerciale. Modifiche viabilistiche di questo tipo porterebbero ad una ripartizione dei ritardi che risulterebbe deleteria per le prestazioni della SR UD 80, rallentando in particolar modo i veicoli pesanti, e conseguentemente il deflusso globale. Mantenendo lo status quo (intersezioni a T), i ritardi (peraltro esigui) resterebbero di sola competenza dei flussi provenienti dalle strade secondarie, mantenendo indisturbato il flusso sulla principale.
- ii. Pur senza agire in maniera strutturale, è possibile attuare **azioni migliorative a basso impatto economico** e correggendo la geometria del nodo principale di accesso alla nuova area commerciale al fine di migliorare il sistema delle precedenza, ovvero la disciplina della circolazione.
- iii. Potrà essere possibile il **riordino dell'area antistante alla recinzione del fabbricato** (v. foto), verso la SR UD 80, eliminando l'attuale fascia pavimentata utilizzata per la sosta, perlopiù di veicoli pesanti, fattore di interesse pubblico per la sicurezza della circolazione sul tratto.



SR UD 80: Area antistante alla recinzione dell'area A, utilizzabile per ricavare nuovi spazi stradali

- iv. Nella suddetta area potranno quindi essere ricavati nuovi spazi stradali, ad esempio una corsia di decelerazione per l'ingresso all'area per i veicoli provenienti da nord, oppure una corsia di accumulo centrale per la svolta a sinistra per i veicoli provenienti da sud, soluzione auspicabile rispetto alla precedente. In ogni caso tali eventuali soluzioni dovranno essere considerate nelle successive fasi realizzative, in concerto con l'Ente gestore della SR UD 80, anche in seguito ad un ulteriore approfondimento d'indagine sui flussi generati.

Udine, 17 Febbraio 2020

Ing. Nicola Falconetti





COMUNE DI SAN GIORGIO DI NOGARO

Progetto: Piano Regolatore Generale Comunale – VARIANTE N. 48

Titolo: Studio di impatto sulla viabilità – Relazione tecnica

Rif. doc.: 19GS71-ImpattoTrafficoSanGiorgio.docx

01. APPENDICE 01
FOGLI DI CALCOLO HCM - SCENARIO STATO DI FATTO

Worksheet 1												
General Information						Site Information						
Analyst	Ing. Falconetti					Intersection			Int1 SP80-Palmanova			
Agency or Company	Serin Srl					Jurisdiction			Regional			
Date Performed	07-gen-20					Analysis Year			2019			
Analysis Time Period						Sample Problems						
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		424	98	14	328		150		15			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		424.0	98.0	14.0	328.0		150.0		15.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.25	0.00	0.00	0.23		0.01		0.17			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V _p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S _w (m/s)												
Percent blockage, fp (Eq 17-11)												

Worksheet 3									
Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.									
Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT				
1, 2, 3	2,3			0.00	No				
4, 5, 6	4	5		0.00	No				
7, 8, 9	7	9		0.00	No				
10, 11, 12				0.00	No				
Flared Minor Street Approach									
Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh 0						
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh 0						
Median Storage*									
*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)									
Type									
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No	Storage space, veh 0					
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No	Storage space, veh 0					
Upstream Signals									
	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								
Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection									
					Movement 2		Movement 5		
Shared lane volume, major street through vehicles, V ₁									
Shared lane volume, major street right vehicles, V ₂									
Saturation flow rate, major street through vehicles, s ₁					1800		1800		
Saturation flow rate, major street right vehicles, s ₂					700		700		
Number of major street through lanes					1		1		
Length of study period, T (h)					1.00				

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,t} - t_{3,LT}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{c,base} (Exhibit 17-5)		4.1	6.2					7.1	
t _{c,HV}		1.0	1.0					1.0	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.17					0.01	
t _{c,G}			0.1					0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0					0.0	
t _{3,LT}								0.7	
t _{c,t}	single stage							0.0	
	two stage								
t _t (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.367					6.414	
	two stage								
$t_t = t_{t,base} + t_{t,HV} P_{HV}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{t,base} (Exhibit 17-5)		2.2	3.3					3.5	
t _{t,HV}		0.9	0.9					0.9	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.17					0.01	
t _t (Equation 17-2)		2.200	3.450					3.512	
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
				Movement 2		Movement 5			
				V _{T,prog}	V _{L,prog}	V _{T,prog}	V _{L,prog}		
Effective green, g _{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type					3		3		
V _{prog} (veh/h)									
R _p (chapter 16)									
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g _{a1} (Equation 17-18)									
g _{a2} (Equation 17-19)									
g _a (Equation 17-20)									

Worksheet 6				
Impedance and Capacity Calculations				
Step 1: RT from Minor Street	V ₉		V ₁₂	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,9} =	473	V _{c,12} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,9} =	562	C _{p,12} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,9} =	1.000	p _{p,12} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,9} =	562	C _{m,12} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,9} =	0.973	p _{0,12} =	1.000
Step 2: LT from Major Street	V ₄		V ₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,4} =	522	V _{c,1} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,4} =	1055	C _{p,1} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,4} =	1.000	p _{p,1} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,4} =	1055	C _{m,1} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,4} =	0.9867	p _{0,1} =	1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)	p [*] _{0,4} =		p [*] _{0,1} =	
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₈		V ₁₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,8} =		V _{c,11} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,8} =		C _{p,11} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,8} =		p _{p,11} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₈ =	0.987	f ₁₁ =	0.987
Movement capacity (Equation 17-7)	C _{m,8} =		C _{m,11} =	
Prob of queue free state	p _{0,8} =	1.0000	p _{0,11} =	1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =		V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =		C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	1.000
Major left, minor through impedance factor	p [*] ₇ =		p [*] ₁₀ =	
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	p ₇ [*] =		p ₁₀ [*] =	
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	f ₇ =		f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =		C _{m,10} =	
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =	801	V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =	355	C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₇ =	0.9867	f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =	350	C _{m,10} =	
Notes				
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.				
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5				

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	150.0	350	Movements 7 350
8	0.0		Movements 9 562
9	15.0	562	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

		Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
C _{sep} (from Worksheet 6 or 7)					
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)	15			0	
Delay (Equation 17-38)	0.00	0.000		0.0	0.000
Q _{sep} (Equation 17-34)					
Q _{sep} + 1					
Round (Q _{sep} + 1)					
n _{max} (Equation 17-35)					
C _{SH}	562				
Sum of c _{sep} (Equation 17-36a)					
n					
C _{adj} (Equation 17-36)					

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	150	350	0.429	2.2	23.0	C	21.9 C
2	9	15	562	0.027	0.1	11.6	B	
3								
1								
2								
3								
Movement		v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	
1								
4		14	1055	0.013	0.0	8.5	A	

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₂ Approach
p _{0,1} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5		
v _{2,2} , volume for stream 3 or 6		
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s _{2,2} , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p _{0,1} [*] (Equation 17-16)	p _{0,1} [*] =	p _{0,4} [*] =
d _{major left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		

Worksheet 1												
General Information				Site Information								
Analyst	Ing. Falconetti			Intersection					Int2 SP80-SS14			
Agency or Company	Serin Srl			Jurisdiction					Regional			
Date Performed	07-gen-20			Analysis Year					2019			
Analysis Time Period	Sample Problems											
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		359	91	38	203		146		60			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		359.0	91.0	38.0	203.0		146.0		60.0			
Proportion of heavy vehicles, P_{HV}		0.22	0.19	0.52	0.19		0.08		0.33			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V_p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S_w (m/s)												
Percent blockage, f_b (Eq 17-11)												

Worksheet 3

Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc..

Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT
1, 2, 3	2,3			0.00	No
4, 5, 6	4	5		0.00	No
7, 8, 9	7	9		0.00	No
10, 11, 12				0.00	No

Flared Minor Street Approach

Movement 9 ☐ Yes ☒ No Storage space, veh _____ 0

Movement 12 ☐ Yes ☐ No Storage space, veh _____ 0

Median Storage*

*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)

Type

Movements 7 and 8 ☐ Yes ☐ Undivided ☒ No Storage space, veh _____ 0

Movements 10 and 11 ☐ Yes ☐ Raised Curb ☐ No Storage space, veh _____ 0

Upstream Signals

	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								

Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection

	Movement 2	Movement 5
Shared lane volume, major street through vehicles, v _{T1}		
Shared lane volume, major street right vehicles, v _{L2}		
Saturation flow rate, major street through vehicles, s _{T1}	1800	1800
Saturation flow rate, major street right vehicles, s _{L2}	700	700
Number of major street through lanes	1	1
Length of study period, T (h)		1.00

Worksheet 4								
Critical Gap and Follow-Up Time								
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,LT} - t_{3,LT}$								
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT	
	1	4	9	12	8	11	7	10
Movement								
$t_{c,base}$ (Exhibit 17-5)		4.1	6.2				7.1	
$t_{c,HV}$		1.0	1.0				1.0	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.52	0.33				0.08	
$t_{c,G}$			0.1				0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0				0.0	
$t_{3,LT}$							0.7	
$t_{c,T}$	single stage						0.0	
	two stage							
t_c (Eq 17-1)	single stage	4.624	6.533				6.479	
	two stage							
$t_f = t_{f,base} + t_{f,HV} P_{HV}$								
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT	
	1	4	9	12	8	11	7	10
Movement								
$t_{f,base}$ (Exhibit 17-5)		2.2	3.3				3.5	
$t_{f,HV}$		0.9	0.9				0.9	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.52	0.33				0.08	
t_f (Equation 17-2)		2.671	3.600				3.571	

Worksheet 5a				
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)				
	Movement 2		Movement 5	
	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$
Effective green, g_{eff} (s)				
Cycle length, C (s)				
Saturation flow rate, s (veh/h)				
Arrival type			3	3
V_{prog} (veh/h)				
R_p (chapter 16)				
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)				
g_{q1} (Equation 17-18)				
g_{q2} (Equation 17-19)				
g_n (Equation 17-20)				

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)	
7	146.0	431	Movements 7	431
8	0.0		Movements 9	584
9	60.0	584		
10	0.0			
11	0.0			
12	0.0			

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

			Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
c _{sepp} (from Worksheet 6 or 7)						
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)		60			0	
Delay (Equation 17-38)		0.00	0.000		0.0	0.000
Q _{sepp} (Equation 17-34)						
Q _{sepp} + 1						
Round (Q _{sepp} + 1)						
n _{max} (Equation 17-35)						
c _{SH}		584				
Sum of c _{sepp} (Equation 17-36a)						
n						
c _{act} (Equation 17-36)						

Worksheet 10							
Control Delay, Queue Length, Level of Service							
Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1	7	146	431	0.339	1.5	17.6	C
2	9	60	584	0.103	0.3	11.9	B
3							
1							
2							
3							
Movement		v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1							
4		38	889	0.043	0.1	9.2	A
Worksheet 11							
Delay to Rank 1 Vehicles							
		S ₂ Approach			S ₅ Approach		
p _{0,1} (Equation 17-5)		p _{0,1} =			p _{0,4} =		
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5							
v ₁₂ , volume for stream 3 or 6							
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5							
s ₁₂ , saturation flow rate for stream 3 or 6							
p* _{0,1} (Equation 17-16)		p* _{0,1} =			p* _{0,4} =		
d _{major left} , delay for stream 1 or 4							
N, number of major street through lanes							
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)							

Worksheet 1												
General Information						Site Information						
Analyst	Ing. Falconetti					Intersection			Int1 SP80-Palmanova			
Agency or Company	Serin Srl					Jurisdiction			Regional			
Date Performed	07-gen-20					Analysis Year			2019			
Analysis Time Period	Sample Problems											
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		157	146	9	228		109	8	10			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		157.0	146.0	9.0	228.0		109.0		10.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.03	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V _p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S _w (m/s)												
Percent blockage, fp (Eq 17-11)												

Worksheet 3									
Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.									
Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT				
1, 2, 3	2,3			0.00	No				
4, 5, 6	4	5		0.00	No				
7, 8, 9	7	9		0.00	No				
10, 11, 12				0.00	No				
Flared Minor Street Approach									
Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh 0						
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh 0						
Median Storage*									
*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)									
Type									
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No	Storage space, veh 0					
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No	Storage space, veh 0					
Upstream Signals									
	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								
Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection									
					Movement 2		Movement 5		
Shared lane volume, major street through vehicles, V ₁									
Shared lane volume, major street right vehicles, V ₂									
Saturation flow rate, major street through vehicles, s ₁					1800		1800		
Saturation flow rate, major street right vehicles, s ₂					700		700		
Number of major street through lanes					1		1		
Length of study period, T (h)					1.00				

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,t} - t_{3,LT}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{c,base} (Exhibit 17-5)		4.1	6.2					7.1	
t _{c,HV}		1.0	1.0					1.0	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00					0.00	
t _{c,G}			0.1					0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0					0.0	
t _{3,LT}								0.7	
t _{c,t}	single stage							0.0	
	two stage								
t _t (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.200					6.400	
	two stage								
$t_t = t_{t,base} + t_{t,HV} P_{HV}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{t,base} (Exhibit 17-5)		2.2	3.3					3.5	
t _{t,HV}		0.9	0.9					0.9	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00					0.00	
t _t (Equation 17-2)		2.200	3.300					3.500	
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
				Movement 2		Movement 5			
				V _{T,prog}	V _{L,prog}	V _{T,prog}	V _{L,prog}		
Effective green, g _{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type					3		3		
V _{prog} (veh/h)									
R _p (chapter 16)									
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g _{a1} (Equation 17-18)									
g _{a2} (Equation 17-19)									
g _a (Equation 17-20)									

Worksheet 6				
Impedance and Capacity Calculations				
Step 1: RT from Minor Street	V ₉		V ₁₂	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,9} =	230	V _{c,12} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,9} =	814	C _{p,12} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,9} =	1.000	p _{p,12} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,9} =	814	C _{m,12} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,9} =	0.988	p _{0,12} =	1.000
Step 2: LT from Major Street	V ₄		V ₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,4} =	303	V _{c,1} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,4} =	1269	C _{p,1} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,4} =	1.000	p _{p,1} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,4} =	1269	C _{m,1} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,4} =	0.9929	p _{0,1} =	1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)	p [*] _{0,4} =		p [*] _{0,1} =	
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₈		V ₁₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,8} =		V _{c,11} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,8} =		C _{p,11} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,8} =		p _{p,11} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₈ =	0.993	f ₁₁ =	0.993
Movement capacity (Equation 17-7)	C _{m,8} =		C _{m,11} =	
Prob of queue free state	p _{0,8} =	1.0000	p _{0,11} =	1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =		V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =		C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	1.000
Major left, minor through impedance factor	p [*] ₇ =		p [*] ₁₀ =	
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	p ₇ [*] =		p ₁₀ [*] =	
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	f ₇ =		f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =		C _{m,10} =	
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =	458	V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =	565	C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₇ =	0.9929	f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =	561	C _{m,10} =	
Notes				
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.				
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5				

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)	
7	109.0	561	Movements 7	561
8	0.0		Movements 9	814
9	10.0	814	$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$	
10	0.0			
11	0.0			
12	0.0			

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

		Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
C _{sep} (from Worksheet 6 or 7)					
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)		10		0	
Delay (Equation 17-38)		0.00	0.000	0.0	0.000
Q _{sep} (Equation 17-34)					
Q _{sep} + 1					
Round (Q _{sep} + 1)					
n _{max} (Equation 17-35)					
c _{SH}		814			
Sum of c _{sep} (Equation 17-36a)					
n					
c _{adj} (Equation 17-36)					

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	109	561	0.194	0.7	13.0	B	12.7 B
2	9	10	814	0.012	0.0	9.5	A	
3								
1								
2								
3								

Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1						
4	9	1269	0.007	0.0	7.9	A

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₂ Approach
p _{0,1} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5		
v _{2,2} , volume for stream 3 or 6		
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s _{2,2} , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p [*] _{0,1} (Equation 17-16)	p [*] _{0,1} =	p [*] _{0,4} =
d _{major left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		

Worksheet 1												
General Information				Site Information								
Analyst	Ing. Falconetti			Intersection					Int2 SP80-SS14			
Agency or Company	Serin Srl			Jurisdiction					Regional			
Date Performed	07-gen-20			Analysis Year					2019			
Analysis Time Period	Sample Problems											
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
	Vehicle Volumes and Adjustments											
Movement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		119	53	6	146		92		14			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		119.0	53.0	6.0	146.0		92.0		14.0			
Proportion of heavy vehicles, P_{HV}		0.04	0.02	0.00	0.02		0.00		0.00			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V_p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S_w (m/s)												
Percent blockage, f_b (Eq 17-11)												

Worksheet 3

Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.

Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT
1, 2, 3	2, 3			0.00	No
4, 5, 6	4	5		0.00	No
7, 8, 9	7	9		0.00	No
10, 11, 12				0.00	No

Flared Minor Street Approach

Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh	0
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh	0

Median Storage*

*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)

		Type		
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No	Storage space, veh 0
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No	Storage space, veh 0

Upstream Signals

	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								

Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection

	Movement 2	Movement 5
Shared lane volume, major street through vehicles, v _{r1}		
Shared lane volume, major street right vehicles, v _{r2}		
Saturation flow rate, major street through vehicles, s _{r1}	1800	1800
Saturation flow rate, major street right vehicles, s _{r2}	700	700
Number of major street through lanes	1	1
Length of study period, T (h)		1.00

Worksheet 4

Critical Gap and Follow-Up Time

$$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,I} - t_{3,LT}$$

	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT	
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10
$t_{c,base}$ (Exhibit 17-5)		4.1	6.2				7.1	
$t_{c,HV}$		1.0	1.0				1.0	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00				0.00	
$t_{c,G}$			0.1				0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0				0.0	
$t_{3,LT}$							0.7	
$t_{c,I}$							0.0	
t_c (Eq 17-1)	single stage							
	two stage							
t_c (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.200				6.400	
	two stage							

$$t_r = t_{r,base} + t_{r,HV} P_{HV}$$

	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT	
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10
$t_{r,base}$ (Exhibit 17-5)		2.2	3.3				3.5	
$t_{r,HV}$		0.9	0.9				0.9	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00				0.00	
t_r (Equation 17-2)		2.200	3.300				3.500	

Worksheet 5a

Time to Clear Standing Queue (Computation 1)

	Movement 2		Movement 5	
	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$
Effective green, g_{ser} (s)				
Cycle length, C (s)				
Saturation flow rate, s (veh/h)				
Arrival type		3		3
V_{prog} (veh/h)				
R_q (chapter 16)				
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)				
g_{q1} (Equation 17-18)				
g_{q2} (Equation 17-19)				
g_q (Equation 17-20)				

Worksheet 6			
Impedance and Capacity Calculations			
Step 1: RT from Minor Street		V_9	V_{12}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,9} =$	146	$V_{c,12} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,9} =$	907	$C_{p,12} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,9} =$	1.000	$p_{p,12} =$
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,9} =$	907	$C_{m,12} =$
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$p^*_{0,9} =$	0.985	$p^*_{0,12} =$ 1.000
Step 2: LT from Major Street		V_4	V_1
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,4} =$	172	$V_{c,1} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,4} =$	1417	$C_{p,1} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,4} =$	1.000	$p_{p,1} =$
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,4} =$	1417	$C_{m,1} =$
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$p^*_{0,4} =$	0.9958	$p^*_{0,1} =$ 1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)		$p^*_{0,4} =$	$p^*_{0,1} =$
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)		V_8	V_{11}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,8} =$		$V_{c,11} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,8} =$		$C_{p,11} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,8} =$		$p_{p,11} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p^*) (Equation 17-13)	$f_8 =$	0.996	$f_{11} =$ 0.996
Movement capacity (Equation 17-7)	$C_{m,8} =$		$C_{m,11} =$
Prob of queue free state	$p^*_{0,8} =$	1.0000	$p^*_{0,11} =$ 1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)		V_7	V_{10}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$		$V_{c,10} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$		$C_{p,10} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,7} =$	1.000	$p_{p,10} =$ 1.000
Major left, minor through impedance factor	$p^*_7 =$		$p^*_{10} =$
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	$p'_7 =$		$p'_{10} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	$f_7 =$		$f_{10} =$
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$		$C_{m,10} =$
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)		V_7	V_{10}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$	291.5	$V_{c,10} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$	703	$C_{p,10} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,7} =$	1.000	$p_{p,10} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p^*) (Equation 17-13)	$f_7 =$	0.9958	$f_{10} =$
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$	701	$C_{m,10} =$
Notes			
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.			
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5			

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	92.0	701	Movements 7 701
8	0.0		Movements 9 907
9	14.0	907	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

		Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
c _{sepp} (from Worksheet 6 or 7)					
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)		14		0	
Delay (Equation 17-38)		0.00	0.000	0.0	0.000
Q _{sepp} (Equation 17-34)					
Q _{sepp} + 1					
Round (Q _{sepp} + 1)					
n _{max} (Equation 17-35)					
c _{SH}	907				
Sum of c _{sepp} (Equation 17-36a)					
n					
c _{act} (Equation 17-36)					

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	92	701	0.131	0.5	10.9	B	10.7 B
2	9	14	907	0.015	0.0	9.0	A	
3								
1								
2								
3								

Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1						
4	6	1417	0.004	0.0	7.6	A

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₅ Approach
p _{0j} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5		
v ₁₂ , volume for stream 3 or 6		
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s ₁₂ , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p [*] _{0j} (Equation 17-16)	p [*] _{0,1} =	p [*] _{0,4} =
d _{major left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		



COMUNE DI SAN GIORGIO DI NOGARO

Progetto: Piano Regolatore Generale Comunale – VARIANTE N. 48

Titolo: Studio di impatto sulla viabilità – Relazione tecnica

Rif. doc.: 19GS71-ImpattoTrafficoSanGiorgio.docx

02.

APPENDICE 02

FOGLI DI CALCOLO HCM - SCENARIO DI PROGETTO

Worksheet 1												
General Information						Site Information						
Analyst	Ing. Falconetti					Intersection			Int1 SP80-Palmanova			
Agency or Company	Serin Srl					Jurisdiction			Regional			
Date Performed	07-gen-20					Analysis Year			2025			
Analysis Time Period						Sample Problems						
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		430	108	14	336		158		15			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		430.0	108.0	14.0	336.0		158.0		15.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.24	0.00	0.00	0.22		0.01		0.17			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V _p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S _w (m/s)												
Percent blockage, fp (Eq 17-11)												

Worksheet 3									
Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.									
Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT				
1, 2, 3	2,3			0.00	No				
4, 5, 6	4	5		0.00	No				
7, 8, 9	7	9		0.00	No				
10, 11, 12				0.00	No				
Flared Minor Street Approach									
Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh 0						
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh 0						
Median Storage*									
*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)									
		Type							
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No	Storage space, veh 0					
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No	Storage space, veh 0					
Upstream Signals									
	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								
Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection									
					Movement 2		Movement 5		
Shared lane volume, major street through vehicles, v ₁									
Shared lane volume, major street right vehicles, v ₂									
Saturation flow rate, major street through vehicles, s ₁					1800		1800		
Saturation flow rate, major street right vehicles, s ₂					700		700		
Number of major street through lanes					1		1		
Length of study period, T (h)					1.00				

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,t} - t_{3,LT}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{c,base} (Exhibit 17-5)		4.1	6.2					7.1	
t _{c,HV}		1.0	1.0					1.0	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.17					0.01	
t _{c,G}			0.1					0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0					0.0	
t _{3,LT}								0.7	
t _{c,t}	single stage							0.0	
	two stage								
t _t (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.367					6.413	
	two stage								
$t_t = t_{t,base} + t_{t,HV} P_{HV}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{t,base} (Exhibit 17-5)		2.2	3.3					3.5	
t _{t,HV}		0.9	0.9					0.9	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.17					0.01	
t _t (Equation 17-2)		2.200	3.450					3.512	
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
					Movement 2		Movement 5		
					V _{T,prog}	V _{L,prog}	V _{T,prog}	V _{L,prog}	
Effective green, g _{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type						3		3	
V _{prog} (veh/h)									
R _p (chapter 16)									
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g _{a1} (Equation 17-18)									
g _{a2} (Equation 17-19)									
g _a (Equation 17-20)									

Worksheet 6				
Impedance and Capacity Calculations				
Step 1: RT from Minor Street	V ₉		V ₁₂	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,9} =	484	V _{c,12} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,9} =	554	C _{p,12} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,9} =	1.000	p _{p,12} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,9} =	554	C _{m,12} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,9} =	0.973	p _{0,12} =	1.000
Step 2: LT from Major Street	V ₄		V ₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,4} =	538	V _{c,1} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,4} =	1040	C _{p,1} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,4} =	1.000	p _{p,1} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,4} =	1040	C _{m,1} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,4} =	0.9865	p _{0,1} =	1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)	p [*] _{0,4} =		p [*] _{0,1} =	
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₈		V ₁₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,8} =		V _{c,11} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,8} =		C _{p,11} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,8} =		p _{p,11} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₈ =	0.987	f ₁₁ =	0.987
Movement capacity (Equation 17-7)	C _{m,8} =		C _{m,11} =	
Prob of queue free state	p _{0,8} =	1.0000	p _{0,11} =	1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =		V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =		C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	1.000
Major left, minor through impedance factor	p [*] ₇ =		p [*] ₁₀ =	
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	p ₇ [*] =		p ₁₀ [*] =	
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	f ₇ =		f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =		C _{m,10} =	
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =	820	V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =	346	C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₇ =	0.9865	f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =	341	C _{m,10} =	
Notes				
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.				
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5				

Worksheet 8			
Shared Lane Capacity			
Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	158.0	341	Movements 7 341
8	0.0		Movements 9 554
9	15.0	554	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Worksheet 9				
Effect of Flared Minor-Street Approach				
		Mvmt 9	Mvmt --	Mvmt 12
C_{sep} (from Worksheet 6 or 7)				
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)	15		0	
Delay (Equation 17-38)	0.00	0.000	0.0	0.000
Q_{sep} (Equation 17-34)				
Q_{sep} + 1				
Round (Q_{sep} + 1)				
n_{max} (Equation 17-35)				
C_{SH}	554			
Sum of C_{sep} (Equation 17-36a)				
n				
C_{act} (Equation 17-36)				

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	158	341	0.463	2.5	24.6	C	23.5 C
2	9	15	554	0.027	0.1	11.7	B	
3								
1								
2								
3								

Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1						
4	14	1040	0.013	0.0	8.5	A

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₅ Approach
p _{0,1} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
V _{t1} , volume for stream 2 or 5		
V _{t2} , volume for stream 3 or 6		
s _{t1} , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s _{t2} , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p* _{0,1} (Equation 17-16)	p* _{0,1} =	p* _{0,4} =
Q _{major left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
Q _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		

Worksheet 1

General Information

Analyst	Ing. Falconetti	Intersection	Int2 SP80-SS14
Agency or Company	Serin Srl	Jurisdiction	Regional
Date Performed	07-gen-20	Analysis Year	2025
Analysis Time Period	Sample Problems		

Worksheet 2

Vehicle Volumes and Adjustment

Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		363	99	38	210		159		60			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		363.0	99.0	38.0	210.0		159.0		60.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.21	0.17	0.52	0.19		0.07		0.33			

Pedestrian Volumes and Adjustments

Movement	13	14	15	16
Flow, Vp (ped/h)				
Lane width, w (m)				
Walking speed ¹ , S _w (m/s)				
Percent blockage, fp (Eq 17-11)				

Worksheet 3

Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.

Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT
1, 2, 3	2,3			0.00	No
4, 5, 6	4	5		0.00	No
7, 8, 9	7	9		0.00	No
10, 11, 12				0.00	No

Flared Minor Street Approach

Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh	0
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh	0

Median Storage*

*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)

	Type		
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No

Upstream Signals

	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								

Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection

	Movement 2	Movement 5
Shared lane volume, major street through vehicles, V _{t1}		
Shared lane volume, major street right vehicles, V _{t2}		
Saturation flow rate, major street through vehicles, s _{t1}	1800	1800
Saturation flow rate, major street right vehicles, s _{t2}	700	700
Number of major street through lanes	1	1
Length of study period, T (h)		1.00

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,I} - t_{3,LT}$									
	Major LT			Minor RT		Minor TH		Minor LT	
Movement	1	4	9	12		8	11	7	10
$t_{c,base}$ (Exhibit 17-5)		4.1	6.2					7.1	
$t_{c,HV}$		1.0	1.0					1.0	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.52	0.33					0.07	
$t_{c,G}$			0.1					0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0					0.0	
$t_{3,LT}$								0.7	
$t_{c,I}$								0.0	
t_c (Eq 17-1)	single stage								
	two stage								
t_c (Eq 17-1)	single stage	4.624	6.533					6.471	
	two stage								
$t_l = t_{l,base} + t_{l,HV} P_{HV}$									
	Major LT			Minor RT		Minor TH		Minor LT	
Movement	1	4	9	12		8	11	7	10
$t_{l,base}$ (Exhibit 17-5)		2.2	3.3					3.5	
$t_{l,HV}$		0.9	0.9					0.9	
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.52	0.33					0.07	
t_l (Equation 17-2)		2.671	3.600					3.564	
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
						Movement 2		Movement 5	
						$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$
Effective green, g_{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type									
V_{prog} (veh/h)									
R_p (chapter 16)									
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g_{p1} (Equation 17-18)									
g_{p2} (Equation 17-19)									
g_{p3} (Equation 17-20)									

Worksheet 6			
Impedance and Capacity Calculations			
Step 1: RT from Minor Street		V_9	V_{12}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{6,9} =$	413	$V_{6,12} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,9} =$	577	$C_{p,12} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$\rho_{p,9} =$	1.000	$\rho_{p,12} =$
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,9} =$	577	$C_{m,12} =$
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$P_{q,9} =$	0.896	$P_{q,12} =$ 1.000
Step 2: LT from Major Street		V_4	V_1
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,4} =$	462	$V_{c,1} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,4} =$	879	$C_{p,1} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$\rho_{p,4} =$	1.000	$\rho_{p,1} =$
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,4} =$	879	$C_{m,1} =$
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$P_{q,4} =$	0.9568	$P_{q,1} =$ 1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)		$P^{*}_{0,4} =$	$P^{*}_{0,1} =$
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)		V_8	V_{11}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,8} =$		$V_{c,11} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,8} =$		$C_{p,11} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$\rho_{p,8} =$		$\rho_{p,11} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	$f_8 =$	0.957	$f_{11} =$ 0.957
Movement capacity (Equation 17-7)	$C_{m,8} =$		$C_{m,11} =$
Prob of queue free state	$P_{q,8} =$	1.0000	$P_{q,11} =$ 1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)		V_7	V_{10}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$		$V_{c,10} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$	1.000	$C_{p,10} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$\rho_{p,7} =$		$\rho_{p,10} =$ 1.000
Major left, minor through impedance factor	$p^*_7 =$		$p^*_{10} =$
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	$p'_7 =$		$p'_{10} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	$f_7 =$		$f_{10} =$
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$		$C_{m,10} =$
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)		V_7	V_{10}
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$	622.5	$V_{c,10} =$
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$	442	$C_{p,10} =$
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$\rho_{p,7} =$	1.000	$\rho_{p,10} =$
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	$f_7 =$	0.9568	$f_{10} =$
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$	423	$C_{m,10} =$
Notes			
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.			
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5			

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	159.0	423	Movements 7 Movements 9 $C_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$
8	0.0		
9	60.0	577	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

		Mvmt 9	Mvmt --	Mvmt 12
C _{sepp} (from Worksheet 6 or 7)				
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)	60		0	
Delay (Equation 17-38)	0.00	0.000	0.0	0.000
Q _{sepp} (Equation 17-34)				
Q _{sepp} + 1				
Round (Q _{sepp} + 1)				
n _{max} (Equation 17-35)				
C _{SH}	577			
Sum of c _{sepp} (Equation 17-36a)				
n				
C _{act} (Equation 17-36)				

Worksheet 10							
Control Delay, Queue Length, Level of Service							
Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1	7	159	423	0.376	1.8	18.6	C
2	9	60	577	0.104	0.3	12.0	B
3							
1							
2							
3							
Movement		v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1							
4		38	879	0.043	0.1	9.3	A
Worksheet 11							
Delay to Rank 1 Vehicles							
		S ₂ Approach			S ₅ Approach		
p _{0,1} (Equation 17-5)		p _{0,1} =			p _{0,4} =		
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5							
v ₁₂ , volume for stream 3 or 6							
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5							
s ₁₂ , saturation flow rate for stream 3 or 6							
p* _{0,1} (Equation 17-16)		p* _{0,1} =			p* _{0,4} =		
d _{major left} , delay for stream 1 or 4							
N, number of major street through lanes							
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)							

Worksheet 1												
General Information						Site Information						
Analyst	Ing. Falconetti					Intersection			Int1 SP80-Palmanova			
Agency or Company	Serin Srl					Jurisdiction			Regional			
Date Performed	07-gen-20					Analysis Year			2025			
Analysis Time Period	Sample Problems											
Worksheet 2												
Vehicle Volumes and Adjustment												
Movement	Vehicle Volumes and Adjustments											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		171	172	9	241		134	8	10			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		157.0	146.0	9.0	228.0		109.0		10.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.03	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00			
Pedestrian Volumes and Adjustments												
Movement	13			14			15			16		
Flow, V _p (ped/h)												
Lane width, w (m)												
Walking speed ¹ , S _w (m/s)												
Percent blockage, fp (Eq 17-11)												

Worksheet 3									
Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc.									
Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT				
1, 2, 3	2,3			0.00	No				
4, 5, 6	4	5		0.00	No				
7, 8, 9	7	9		0.00	No				
10, 11, 12				0.00	No				
Flared Minor Street Approach									
Movement 9	☐ Yes	☒ No	Storage space, veh 0						
Movement 12	☐ Yes	☐ No	Storage space, veh 0						
Median Storage*									
*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)									
Type									
Movements 7 and 8	☐ Yes	Undivided	☒ No	Storage space, veh 0					
Movements 10 and 11	☐ Yes	Raised Curb	☐ No	Storage space, veh 0					
Upstream Signals									
	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								
Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection									
					Movement 2		Movement 5		
Shared lane volume, major street through vehicles, v ₁									
Shared lane volume, major street right vehicles, v ₂									
Saturation flow rate, major street through vehicles, s ₁					1800		1800		
Saturation flow rate, major street right vehicles, s ₂					700		700		
Number of major street through lanes					1		1		
Length of study period, T (h)					1.00				

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,t} - t_{3,LT}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{c,base} (Exhibit 17-5)		4.1	6.2					7.1	
t _{c,HV}		1.0	1.0					1.0	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00					0.00	
t _{c,G}			0.1					0.2	
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0					0.0	
t _{3,LT}								0.7	
t _{c,t}	single stage							0.0	
	two stage								
t _t (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.200					6.400	
	two stage								
$t_t = t_{t,base} + t_{t,HV} P_{HV}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
t _{t,base} (Exhibit 17-5)		2.2	3.3					3.5	
t _{t,HV}		0.9	0.9					0.9	
P _{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00					0.00	
t _t (Equation 17-2)		2.200	3.300					3.500	
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
	Movement 2		Movement 5						
	V _{T,prog}	V _{L,prog}	V _{T,prog}	V _{L,prog}					
Effective green, g _{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type		3		3					
V _{prog} (veh/h)									
R _p (chapter 16)									
P, Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g _{a1} (Equation 17-18)									
g _{a2} (Equation 17-19)									
g _a (Equation 17-20)									

Worksheet 6				
Impedance and Capacity Calculations				
Step 1: RT from Minor Street	V ₉		V ₁₂	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,9} =	230	V _{c,12} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,9} =	814	C _{p,12} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,9} =	1.000	p _{p,12} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,9} =	814	C _{m,12} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,9} =	0.988	p _{0,12} =	1.000
Step 2: LT from Major Street	V ₄		V ₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,4} =	303	V _{c,1} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,4} =	1269	C _{p,1} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,4} =	1.000	p _{p,1} =	
Movement capacity (Equation 17-4)	C _{m,4} =	1269	C _{m,1} =	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	p _{0,4} =	0.9929	p _{0,1} =	1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)	p [*] _{0,4} =		p [*] _{0,1} =	
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₈		V ₁₁	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,8} =		V _{c,11} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,8} =		C _{p,11} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,8} =		p _{p,11} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₈ =	0.993	f ₁₁ =	0.993
Movement capacity (Equation 17-7)	C _{m,8} =		C _{m,11} =	
Prob of queue free state	p _{0,8} =	1.0000	p _{0,11} =	1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =		V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =		C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	1.000
Major left, minor through impedance factor	p [*] ₇ =		p [*] ₁₀ =	
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	p ₇ [*] =		p ₁₀ [*] =	
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	f ₇ =		f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =		C _{m,10} =	
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)	V ₇		V ₁₀	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	V _{c,7} =	458	V _{c,10} =	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	C _{p,7} =	565	C _{p,10} =	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	p _{p,7} =	1.000	p _{p,10} =	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	f ₇ =	0.9929	f ₁₀ =	
Movement capacity (Equation 17-10)	C _{m,7} =	561	C _{m,10} =	
Notes				
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.				
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5				

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	109.0	561	Movements 7 561 Movements 9 814 $c_{SH} = \frac{\sum_j v_j}{\sum_j \left(\frac{v_j}{c_{m,j}} \right)}$
8	0.0		
9	10.0	814	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

			Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
C _{sep} (from Worksheet 6 or 7)						
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)		10			0	
Delay (Equation 17-38)		0.00	0.000		0.0	0.000
Q _{sep} (Equation 17-34)						
Q _{sep} + 1						
Round (Q _{sep} + 1)						
n _{max} (Equation 17-35)						
C _{SH}		814				
Sum of c _{sep} (Equation 17-36a)						
n						
C _{adj} (Equation 17-36)						

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	109	561	0.194	0.7	13.0	B	12.7 B
2	9	10	814	0.012	0.0	9.5	A	
3								
1								
2								
3								

Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Equ 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1						
4	9	1269	0.007	0.0	7.9	A

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₂ Approach
p _{0,1} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
v _{1,1} , volume for stream 2 or 5		
v _{2,2} , volume for stream 3 or 6		
s _{1,1} , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s _{2,2} , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p _{0,1} [*] (Equation 17-16)	p _{0,1} [*] =	p _{0,4} [*] =
d _{major/left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
d _{major/right} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		
Go To Input		

Worksheet 1

General Information				Site Information			
Analyst	Ing. Falconetti			Intersection		Int2 SP80-SS14	
Agency or Company	Serin Srl			Jurisdiction		Regional	
Date Performed	07-gen-20			Analysis Year		2025	
Analysis Time Period	Sample Problems						

Worksheet 2

Vehicle Volumes and Adjustment												
	Vehicle Volumes and Adjustments											
Movement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Volume (veh/h), V		133	82	6	160		122		14			
Peak-hour factor, PHF		1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000			
Hourly flow rate, v (veh/hr)		133.0	82.0	6.0	160.0		122.0		14.0			
Proportion of heavy vehicles, P _{HV}		0.03	0.01	0.00	0.02		0.00		0.00			

Pedestrian Volumes and Adjustments				
Movement	13	14	15	16
Flow, V _p (ped/h)				
Lane width, w (m)				
Walking speed ¹ , S _w (m/s)				
Percent blockage, f _b (Eq 17-11)				

Worksheet 3

Lane Designation: Here, Lane 1 is the lane closest to the centerline, etc..

Movements	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Grade, G	Channel RT
1, 2, 3	2,3			0.00	No
4, 5, 6	4	5		0.00	No
7, 8, 9	7	9		0.00	No
10, 11, 12				0.00	No

Flared Minor Street Approach

Movement 9 ☐ Yes ☒ No Storage space, veh _____ 0

Movement 12 ☐ Yes ☐ No Storage space, veh _____ 0

Median Storage*

*includes raised median or striped median (RM) or two-way left-turn lane (TWLTL)

Type _____

Movements 7 and 8 ☐ Yes ☐ Undivided ☒ No Storage space, veh _____ 0

Movements 10 and 11 ☐ Yes ☐ Raised Curb ☐ No Storage space, veh _____ 0

Upstream Signals

	Mvmts	D(m)	Sprog (km/h)	Cycle (s)	GrnEff (s)	ArrType	SatFlw, s (veh/hg)	Vprog (veh/h)	Factor f
S ₂	Pro-LT					3			
	TH								
S ₅	Pro-LT					3			
	TH								

Delay to Major Street Vehicles: These data are for the subject unsignalized intersection

	Movement 2	Movement 5
Shared lane volume, major street through vehicles, v _{1t}		
Shared lane volume, major street right vehicles, v _{1g}		
Saturation flow rate, major street through vehicles, s _{1t}	1800	1800
Saturation flow rate, major street right vehicles, s _{1g}	700	700
Number of major street through lanes	1	1
Length of study period, T (h)		1.00

Worksheet 4									
Critical Gap and Follow-Up Time									
$t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} P_{HV} + t_{c,G} G - t_{c,LT} - t_{3,LT}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
$t_{c,base}$ (Exhibit 17-5)		4.1	6.2				7.1		
$t_{c,HV}$		1.0	1.0				1.0		
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00				0.00		
$t_{c,G}$			0.1				0.2		
G (from Worksheet 2)		0.0	0.0				0.0		
$t_{3,LT}$							0.7		
$t_{c,T}$	single stage						0.0		
	two stage								
t_c (Eq 17-1)	single stage	4.100	6.200				6.400		
	two stage								
$t_f = t_{f,base} + t_{f,HV} P_{HV}$									
	Major LT		Minor RT		Minor TH		Minor LT		
Movement	1	4	9	12	8	11	7	10	
$t_{f,base}$ (Exhibit 17-5)		2.2	3.3				3.5		
$t_{f,HV}$		0.9	0.9				0.9		
P_{HV} (from Worksheet 2)		0.00	0.00				0.00		
t_f (Equation 17-2)		2.200	3.300				3.500		
Worksheet 5a									
Time to Clear Standing Queue (Computation 1)									
				Movement 2		Movement 5			
				$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$	$V_{T,prog}$	$V_{L,prog}$		
Effective green, g_{eff} (s)									
Cycle length, C (s)									
Saturation flow rate, s (veh/h)									
Arrival type					3		3		
V_{prog} (veh/h)									
R_p (chapter 16)									
P: Proportion of vehicles arriving on green, P (Equation 17-17)									
g_{a1} (Equation 17-18)									
g_{a2} (Equation 17-19)									
g_a (Equation 17-20)									

Worksheet 6				
Impedance and Capacity Calculations				
Step 1: RT from Minor Street		V_9	V_{12}	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,9} =$	174	$V_{c,12} =$	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,9} =$	875	$C_{p,12} =$	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,9} =$	1.000	$p_{p,12} =$	
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,9} =$	875	$C_{m,12} =$	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$p_{0,9} =$	0.984	$p_{0,12} =$	1.000
Step 2: LT from Major Street		V_4	V_1	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,4} =$	215	$V_{c,1} =$	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,4} =$	1367	$C_{p,1} =$	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,4} =$	1.000	$p_{p,1} =$	
Movement capacity (Equation 17-4)	$C_{m,4} =$	1367	$C_{m,1} =$	
Prob of queue free state (Equation 17-5)	$p_{0,4} =$	0.9956	$p_{0,1} =$	1.0000
Major left shared lane prob of queue free state (Equation 17-16)	$p_{0,4}^* =$		$p_{0,1}^* =$	
Step 3: TH from Minor Street (4-legged intersection only)		V_8	V_{11}	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,8} =$		$V_{c,11} =$	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,8} =$		$C_{p,11} =$	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,8} =$		$p_{p,11} =$	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	$f_8 =$	0.996	$f_{11} =$	0.996
Movement capacity (Equation 17-7)	$C_{m,8} =$		$C_{m,11} =$	
Prob of queue free state	$p_{0,8} =$	1.0000	$p_{0,11} =$	1.0000
Step 4: LT from Minor Street (4-legged intersection only)		V_7	V_{10}	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$		$V_{c,10} =$	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$		$C_{p,10} =$	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,7} =$	1.000	$p_{p,10} =$	1.000
Major left, minor through impedance factor	$p_{7}^* =$		$p_{10}^* =$	
Major left, minor through adjusted impedance factor (Equation 17-8)	$p_{7'} =$		$p_{10'} =$	
Capacity adjustment factor due to impeding movements (Equation 17-14)	$f_7 =$		$f_{10} =$	
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$		$C_{m,10} =$	
Step 5: LT from Minor Street (T-intersection only)		V_T	V_{10}	
Conflicting flows (Exhibit 17-4)	$V_{c,7} =$	334	$V_{c,10} =$	
Potential capacity (Equation 17-3 or 17-29)	$C_{p,7} =$	665	$C_{p,10} =$	
Ped impedance factor (Equation 17-12)	$p_{p,7} =$	1.000	$p_{p,10} =$	
Capacity adjustment factor due to impeding movement (shared lane use p*) (Equation 17-13)	$f_7 =$	0.9956	$f_{10} =$	
Movement capacity (Equation 17-10)	$C_{m,7} =$	662	$C_{m,10} =$	
Notes				
1. For 4-legged intersection, use steps 1, 2, 3, and 4.				
2. For T-intersection, use steps 1, 2, and 5				

Worksheet 8

Shared Lane Capacity

Movement	v (veh/h)	c _m (veh/h)	c _{SH} (veh/h)
7	122.0	662	Movements 7 662
8	0.0		Movements 9 875
9	14.0	875	
10	0.0		
11	0.0		
12	0.0		

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$$

Worksheet 9

Effect of Flared Minor-Street Approach

			Mvmt 9		Mvmt --	Mvmt 12
c _{sepp} (from Worksheet 6 or 7)						
Lane Flow Rate (from Worksheet 2)		14			0	
Delay (Equation 17-38)		0.00	0.000		0.0	0.000
Q _{sepp} (Equation 17-34)						
Q _{sepp} + 1						
Round (Q _{sepp} + 1)						
n _{max} (Equation 17-35)						
c _{SH}		875				
Sum of c _{sepp} (Equation 17-36a)						
n						
c _{act} (Equation 17-36)						

Worksheet 10

Control Delay, Queue Length, Level of Service

Lane	Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)	Delay and LOS
1	7	122	662	0.184	0.7	11.7	B	11.4 B
2	9	14	875	0.016	0.0	9.2	A	
3								
1								
2								
3								

Movement	v (veh/h)	cm (veh/h)	v/c	Queue Length (Eq 17-37)	Control Delay (Eq 17-38)	LOS (Exhibit 17-2)
1						
4	6	1367	0.004	0.0	7.6	A

Worksheet 11

Delay to Rank 1 Vehicles

	S ₂ Approach	S ₅ Approach
p _{0,1} (Equation 17-5)	p _{0,1} =	p _{0,4} =
v ₁₁ , volume for stream 2 or 5		
v ₁₂ , volume for stream 3 or 6		
s ₁₁ , saturation flow rate for stream 2 or 5		
s ₁₂ , saturation flow rate for stream 3 or 6		
p [*] _{0,1} (Equation 17-16)	p [*] _{0,1} =	p [*] _{0,4} =
d _{major left} , delay for stream 1 or 4		
N, number of major street through lanes		
d _{rank 1} , delay for stream 2 or 5 (Equation 17-39)		