

Regione Autonoma
Friuli Venezia Giulia



COMUNE DI TRIESTE

VARIANTE AL PRGC

“RIQUALIFICAZIONE DELL’AREA DI PORTO VECCHIO”

VAS

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Documento

01

RELAZIONE SPECIALISTICA
SULLA SOSTENIBILITA’ DEL TRAFFICO INDOTTO

data emissione: 29.05.2020

rev: 00

Il professionista incaricato
dott. Pian. PAOLO DE CLARA

Redazione documento
dott. Ing. FABIO LAMANNA



INDICE

1	INTRODUZIONE	2
1.1	<i>Obiettivi dello Studio</i>	2
1.2	<i>Struttura della Relazione</i>	2
2	BASE DATI E MODELLI DI CALCOLO	3
2.1	<i>Specifiche dei Dati</i>	3
2.2	<i>Modello di Calcolo</i>	4
2.2.1	Modello di offerta	4
2.2.2	Modello di domanda	7
2.2.3	Assegnazione della domanda attuale di traffico	7
2.3	<i>Traffico Indotto</i>	8
2.3.1	Ipotesi Incrementale	8
2.3.2	Domanda di Trasporto Merci	8
2.3.3	Destinazioni d'Uso dell'Area – PRGC Vigente 2015	9
2.3.4	Destinazioni d'Uso dell'Area – Variante PRGC	10
2.4	<i>Scenari di Riferimento</i>	10
3	METODOLOGIA e ANALISI	14
3.1	<i>Metodologia di Calcolo</i>	14
3.2	<i>Comparazione tra Scenari</i>	14
3.2.1	Indice di Saturazione della Rete (I_r)	14
3.2.2	Indice di Saturazione Locale (I_{loc})	16
3.3	<i>Nodi Critici</i>	17
4	CONCLUSIONI	20
4.1	<i>Verifiche di Sostenibilità del Traffico Indotto</i>	20

1 INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi dello Studio

Il presente studio si pone l'obiettivo di analizzare l'impatto dell'attrazione e della generazione del traffico, per e da il Porto Vecchio, sulla rete stradale dell'area metropolitana di Trieste. In particolare, date delle ipotesi di incrementi di traffico dovute alle destinazioni d'uso previste nell'area e determinate soglie limite del coefficiente di saturazione della rete, si andrà a valutare l'impatto sull'attuale rete dei flussi veicolari indotti dal Porto Vecchio, opportunamente assegnati alla rete.

I flussi massimi sopportati dalla rete attuale, con opportuni interventi infrastrutturali programmati nell'ambito dello sviluppo del Porto Vecchio, sono rapportati alla percentuale di archi e nodi prossimi alla saturazione (avendo come riferimento base la situazione attuale allo stato zero). Grazie a questa metodologia, sarà possibile stimare il valore di saturazione della rete negli archi identificati come viabilità principale e presso le sedi attrattrici e generatrici di mobilità.

1.2 Struttura della Relazione

La relazione si compone di una parte descrittiva sulla base dati fornita dagli uffici tecnici del Comune di Trieste necessaria ai fini dell'analisi di traffico. Tutti i dati sono stati forniti in formato testo e successivamente elaborati attraverso l'utilizzo di codice *Python* sviluppato dall'incaricato alla redazione del presente studio. Saranno fornite anche indicazioni sul contesto di progetto, ed in particolare sulle caratteristiche della rete afferente al Porto Vecchio (come da indicazioni del Masterplan sviluppato dal Comune di Trieste), e sulle scelte progettuali in tema di viabilità operate.

Successivamente sarà descritta la metodologia adottata per l'analisi dei dati, e presentati i risultati in forma tabellare e attraverso delle mappe.

2 BASE DATI E MODELLI DI CALCOLO

2.1 Specifiche dei Dati

Di seguito si riportano le specifiche dei dati concessi dagli uffici tecnici del Comune di Trieste; tali specifiche saranno meglio integrate a livello metodologico nei paragrafi seguenti, specificando gli ambiti di utilizzo delle varie fonti dati:

I dati contenuti nella cartella riguardano le simulazioni viarie relative alle assegnazioni di traffico della rete del Comune di Trieste. In questo caso i dati si riferiscono ai dati di mobilità più recenti disponibili (2019). È stata ipotizzata una nuova Zona 9000 che attrae, genera spostamenti da e verso le altre zone esistenti del territorio in maniera incrementale, con percentuali riferite all'1%, 2% e 3% della corrispondente attrazione/emissione della somma di tutte le altre zone.

Le matrici di riferimento sono presenti nel file:

- ***matricePV-Zona9000.xls***

*Per le caratteristiche della rete e della metodologia generale si rimanda al documento: **Analisi macroscopica e microscopica del traffico stradale per il Porto Vecchio a Trieste: scenari di sviluppo, criticità e simulazione degli interventi** (AnalisiMacroscopica.pdf). Tale documento fa comunque riferimento a dati di mobilità del 2002 aggiornati.*

Le caratteristiche degli archi, dei nodi e delle zone sono riportati nei seguenti files:

- ***PV-Archi.xls***
- ***PV-Nodi.xls***
- ***PV-Zone.xls***

La rete è disponibile in formato shape nella seguente cartella:

- ***PV-Visum-shape***

I risultati relativi alle assegnazioni del traffico sulla rete negli scenari di base e di progetto sono disponibili nei seguenti files:

Scenario 0 (Base Porto Vecchio Scarico)

- **PV-Assegnazione-Scenario0.xls**

Scenario 1 (Base Porto Vecchio Gen-Attr 1%)

- **PV-Assegnazione-Scenario1.xls**

Scenario 2 (Base Porto Vecchio Gen-Attr 2%)

- **PV-Assegnazione-Scenario2.xls**

Scenario 3 (Base Porto Vecchio Gen-Attr 3%)

- **PV-Assegnazione-Scenario3.xls**

Le informazioni relative ai tempi di percorrenza tra Zone nello Scenario 0 sono disponibili nella seguente file:

- **PV-Assegnazione-Scenario0-TempiPercorrenza.xls**

Si rammenta che i dati forniti dal Comune di Trieste fanno riferimento a flussi stimati e a matrici Origini/Destinazione di recente sviluppo nell'ambito del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS); pertanto i risultati finali sul massimo traffico indotto dal Porto Vecchio possono differire da quelli riportati nell'elaborato **Analisi macroscopica e microscopica del traffico stradale per il Porto Vecchio a Trieste: scenari di sviluppo, criticità e simulazione degli interventi** (*AnalisiMacroscopica.pdf*), in quanto sviluppato con dati di mobilità meno recenti (2002 e successivi aggiornamenti).

2.2 Modello di Calcolo

La metodologia di calcolo del massimo flusso veicolare indotto dal Porto Vecchio si basa sui risultati ottenuti dalla modellizzazione della rete stradale del Comune di Trieste e dell'area metropolitana, i cui dati di *output* sono stati condivisi dagli uffici tecnici del Comune di Trieste per la redazione del presente studio.

2.2.1 Modello di offerta

Il modello di rete utilizzato è stato costruito su supporto VISUM nell'ambito dello sviluppo del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS). Si tratta quindi di una implementazione, ora di proprietà del Comune di Trieste, di recentissima realizzazione. La modellizzazione della rete viaria copre tutto

il Comune di Trieste, i Comuni dell'area metropolitana (Sgonico, Duino-Aurisina, Monrupino, Dolina e Muggia) fino ai confini nazionali con la Slovenia ed al confine con la Provincia di Gorizia. L'offerta prevede quindi l'utilizzo dell'intera rete viaria provinciale esistente in data dicembre 2019 (**PV-Archi.xls**, **PV-Nodi.xls**, **PV-Zone.xls**, **PV-Visum-shape**).

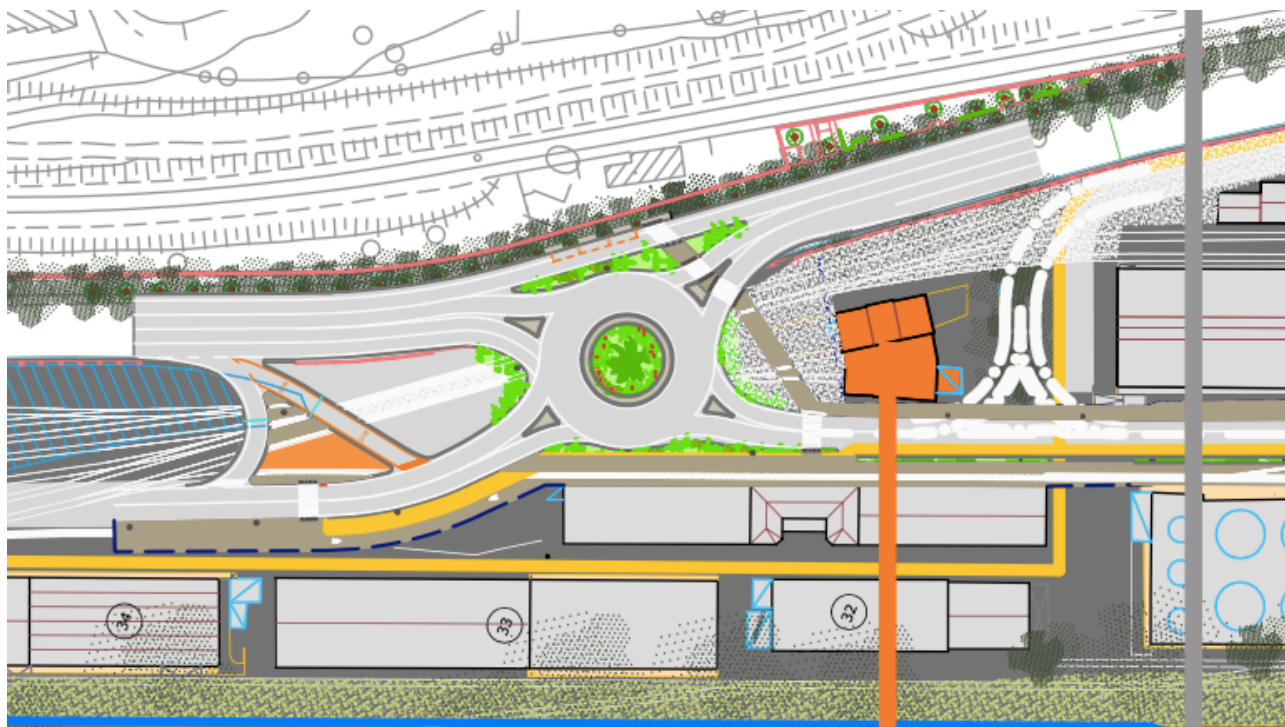


Figura 2-1 - Assetto di progetto dell'Accesso Nord (fonte Masterplan Porto Vecchio - Comune di Trieste)

L'attuale rete comunale è stata arricchita da una viabilità di progetto relativa all'area del Porto Vecchio, in fase di riqualificazione. In particolare, l'accesso Nord presso viale Miramare è stata realizzata (Figura 2-1); l'accesso Sud (Porto Vecchio – Rive) è stato studiato dal punto di vista preliminare (Figura 2-2). La viabilità interna al Porto Vecchio è in fase di studio (Lotto II). Dal punto di vista degli obiettivi del presente studio, gli accessi Nord e Sud sono stati presi in considerazione nel modello con gli opportuni valori di capacità stradale.

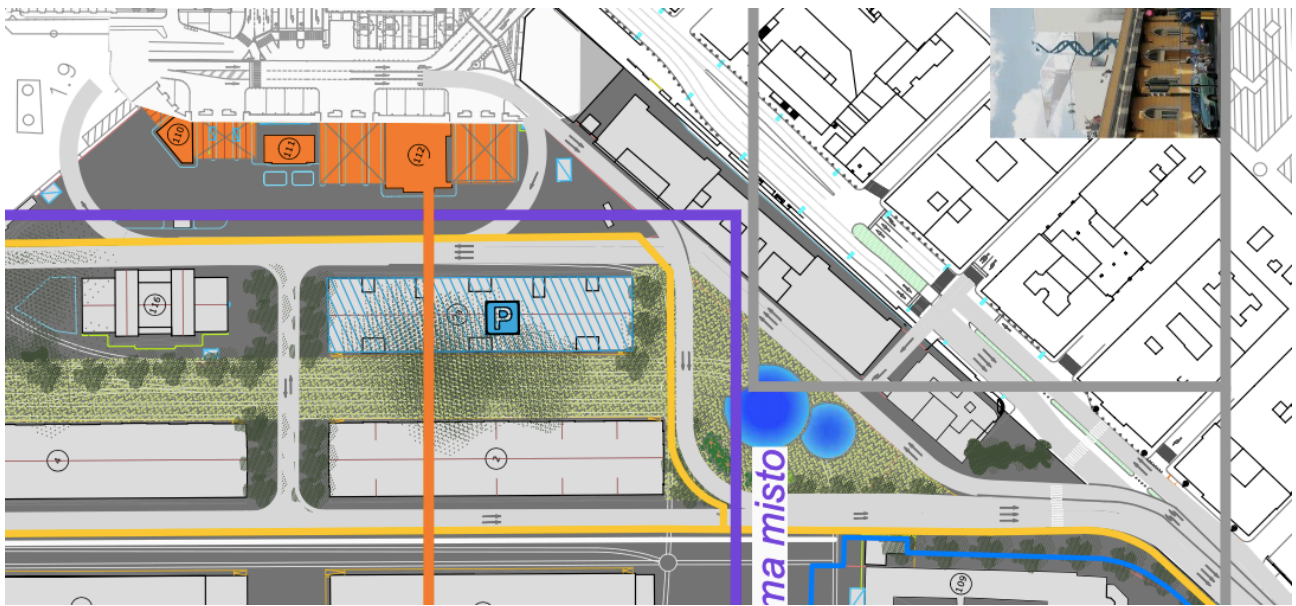


Figura 2-2 – Assetto di progetto dell'Accesso Sud (fonte Masterplan Porto Vecchio - Comune di Trieste)

La struttura viaria relativa all'accesso Sud, essendo quella più delicata dal punto di vista dei flussi di traffico, è stata sviluppata adottando opportuni accorgimenti progettuali e gestionali (Figura 2-3):

- Nuova viabilità di accesso/uscita dall'area del Porto Vecchio, che privilegi il percorso interno lungo la bretella oggi collocata parallela a Corso Cavour;
- Realizzazione di una corsia dedicata al TPL tra via Milano e via Valdirivo in direzione Rive, al fine di favorire l'utilizzo del percorso Stazione – Bretella – Rive da parte dei flussi proveniente da Piazza Libertà e dedicare Corso Cavour soltanto ai flussi in direzione di via Milano.

I nodi A e B illustrati nella Figura 2-3 fanno riferimento a nuove intersezioni semaforizzate, il cui progetto e la valutazione delle capacità deriva dai dati acquisiti dal Comune di Trieste. La procedura per il calcolo della capacità dei vari rami impegnanti le intersezioni è stata valutata in modo iterativo sulla base dei flussi di progetto.

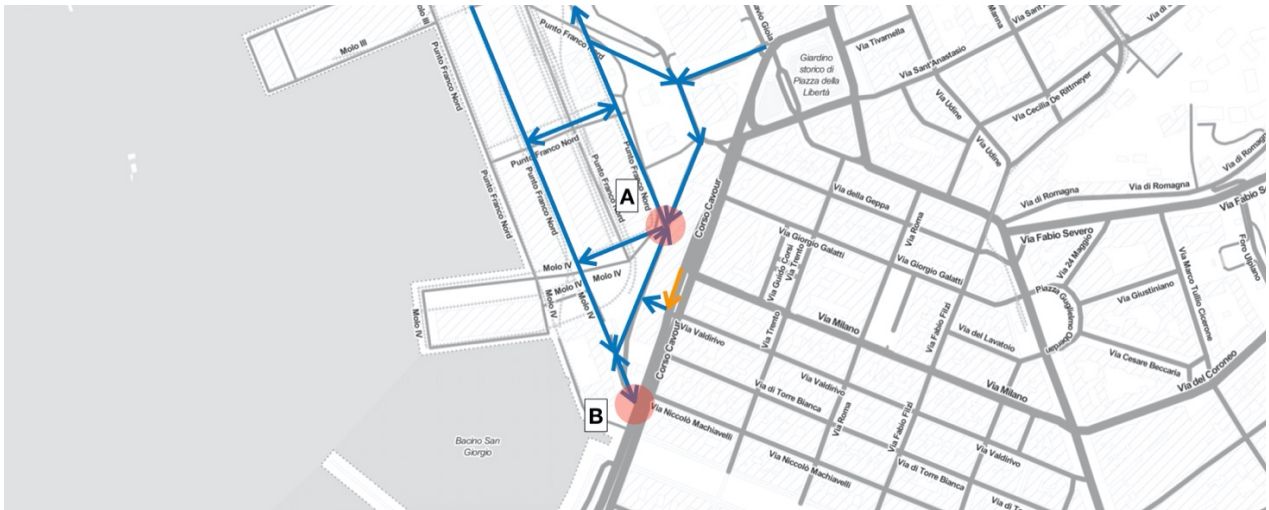


Figura 2-3 – Schema della nuova viabilità di progetto presso l'Accesso Sud

2.2.2 Modello di domanda

La domanda di traffico utilizzata nel modello deriva da una campagna di indagini statistiche effettuate nell'anno 2019. I dati ricavati ed opportunamente elaborati hanno portato alla produzione di diverse matrici Origini/Destinazione (Matrice O/D nel seguito) differenziate per modo di trasporto, fascia oraria di utilizzo e motivo dello spostamento. La matrice riassume tutti gli spostamenti effettuati in una certa fascia oraria, per un certo modo di trasporto e per un motivo di spostamento tra tutte le zone in cui è stato suddiviso il territorio oggetto di studio. In questo caso il territorio comprende 155 zone, tra zone interne e zone cosiddette "al cordone" che servono per modellizzare gli ingressi/uscite dalla rete di studio.

La matrice OD è la struttura dati principale che è stata utilizzata per assegnare la domanda alla rete; in particolare si è fatto riferimento alla Matrice O/D del trasporto privato, nella fascia oraria di punta del mattino (7:30-8:30) e per il motivo di spostamento scuola/lavoro (**matricePV-Zona9000.xls**). Tale matrice rappresenta gli spostamenti con veicolo privato, ed è stata generata tenendo già conto del rapporto tra numero di residenti per Zona e spostamenti totali dell'ora di punta del mattino.

2.2.3 Assegnazione della domanda attuale di traffico

La domanda di traffico (Matrice O/D attuale) viene assegnata alla rete sulla base delle Origini e Destinazione e del costo generalizzato del percorso. Il modello da cui sono stati estratti i dati prevede la cosiddetta "assegnazione all'equilibrio" del traffico privato: ogni arco è caratterizzato da una funzione di costo (tempo di viaggio) e di una funzione d'impedenza che prevede una penalizzazione del tempo di attraversamento di un arco in funzione del flusso veicolare che lo impegna.

L'assegnazione è un processo ricorsivo che termina quando c'è equilibrio tra tutti i possibili percorsi che l'utente può scegliere per giungere a destinazione minimizzando il costo del trasporto.

Il risultato ottenuto tramite assegnazione è stato validato e calibrato attraverso una serie di conteggi reali sugli archi stradali. Il risultato ottenuto ha un alto grado di affidabilità statistica e pertanto la metodologia adottata può considerarsi attendibile (***PV-Assegnazione-Scenario0.xls***).

2.3 Traffico Indotto

La stima del traffico indotto prevista dall'area oggetto di studio è stata valutata prima attraverso delle ipotesi incrementali di generazione ed attrazione di mobilità, al fine di valutare gli effetti di successivi sviluppi dell'area. Tali valori sono poi stati confrontati con una stima deterministica di attrazione/generazione di mobilità derivante da delle ipotesi di destinazioni d'uso dell'area.

2.3.1 Ipotesi Incrementale

Sono stati sviluppati diversi scenari incrementali di domanda da e per la nuova Zona del Porto Vecchio (denominata Zona 9000), corrispondente ad una aliquota dei totali delle corrispondenti righe (generazione) e colonne (attrazione) della Matrice O/D di riferimento. Tali incrementi sono stati ipotizzati pari, rispettivamente, al 1%, 2% e 3% delle aliquote di cui sopra. Al fine di simulare il possibile *split* modale degli utenti del Porto Vecchio, non tutte le zone sono state incrementate della stessa quota. Le zone ricadenti in una fascia di percorrenza tra 0 e 10' sono state incrementate con un coefficiente correttivo del 50%, quelle ricadenti nella fascia tra 10' e 20' del 67%, mentre quelle raggiungibili con un tempo a vuoto (t_0) maggiore di 20' sono state incrementate della quota intera (1%, 2% o 3% rispettivamente per ciascuno degli scenari di sviluppo). Tali tempi sono stati ricavati dal file ***PV-Assegnazione-Scenario0-TempiPercorrenza.xls***. In questo modo è stato considerato che l'utente potrebbe essere attratto da modalità di trasporto alternative all'automobile privata per tragitti brevi. In questo modo sono state costruite tre diverse matrici O/D incrementali da assegnare alla rete viaria, al fine di ricavare i valori di flusso sugli archi dovuti sia al traffico attuale che a quello indotto dal Porto Vecchio secondo le ipotesi formulate sopra.

2.3.2 Domanda di Trasporto Merci

Al fine di tenere conto del traffico merci in tutti gli scenari di analisi, i risultati delle analisi tengono conto anche di una matrice O/D riferita al trasporto merci. In questo senso, il flusso merci va a caricare la rete assegnandole una sorta di "pre-carico", per tenere conto dell'effettivo passaggio ed ingombro dei mezzi pesanti e la relativa diminuzione della capacità degli archi stradali.

Analogamente a quanto effettuato per la domanda di mobilità su veicoli privati “leggeri”, anche la matrice merci attuale è stata incrementata dell’1%, 2% e 3% delle rispettive ripartizioni da e per le zone di origine e destinazione. In questo caso non si è tenuto conto dei coefficienti di ripartizione modale ipotizzando che ad incrementi di sviluppo dell’area del Porto Vecchio si generino incrementi della domanda merci in attrazione e generazione.

2.3.3 Destinazioni d’Uso dell’Area – PRGC Vigente 2015

Al fine di calcolare le generazioni ed attrazioni dell’area in esame, sono stati presi in considerazione le destinazioni d’uso del Porto Vecchio da PRGC vigente del 2015; da queste ultime, sulla base delle superfici associate a ciascuna destinazione, sono stati ricavati gli spostamenti orari computabili a ciascun utilizzo del suolo previsto. Il calcolo è stato compiuto utilizzando opportuni coefficienti di generazione/attrazione di spostamenti sviluppati dal manuale *Trip Generation, 9th Edition*; quest’ultima pubblicazione riporta dei coefficienti di potenziale mobilità indotta per unità di superficie per diversi usi del suolo.

Tabella 2-1 – Destinazioni d’uso e spostamenti indotti nell’ora di punta del mattino – PRGC Vigente

Destinazione	Superficie di Progetto	Unità di Misura	Spostamenti Totali	Spostamenti Generati	Spostamenti Attratti
Residenziale	-	-	-	-	-
Commerciale	56523	mq	581	360	221
Altro ¹	115085	mq	1932	1701	232
Uffici	22944	mq	385	339	46
Museo	5366	mq	16	14	2
Sport	52822	mq	25	13	13
Nautica	4612	mq	2	1	1
Marina	152	n° attracchi	12	4	8
Stab. Balneare	5781	mq	2	1	1
TOTALI			2957	2433	524

¹ La sezione “Altro” fa riferimento a servizi misti quali Direzionale, Servizi, Alberghiero e Servizi Pubblici.

2.3.4 Destinazioni d'Uso dell'Area – Variante PRGC

Al fine di comparare il carico di mobilità indotta dall'attuale PRGC di Trieste con ulteriori scenari di progetto, nella Tabella 2-2 sono presentati i risultati ottenuti facendo riferimento alle destinazioni d'uso previste nella redigenda (marzo 2020) variante al PRGC. In questo caso la quota residenziale è stata integrata da 1500 residenti che vanno a pesare sulla generazione ed attrazione di mobilità nell'ora di punta del mattino per un totale di 420 spostamenti orari. La superficie dedicata alla sezione "Altro" è stata ridotta di circa 80.000 metri quadrati (riferibili alla superficie da adibire alla residenza).

Tabella 2-2 - Destinazioni d'uso e spostamenti indotti nell'ora di punta del mattino – Variante PRGC

Destinazione	Superficie di Progetto	Unità di Misura	Spostamenti Totali	Spostamenti Generati	Spostamenti Attratti
Residenziale	1500	Residenti	420	84	336
Commerciale	56523	mq	581	360	221
Altro	34532	mq	580	510	70
Uffici	22944	mq	385	339	46
Museo	5366	mq	16	14	2
Sport	52822	mq	25	13	13
Nautica	4612	mq	2	1	1
Marina	152	n° attracchi	12	4	8
Stab. Balneare	5781	mq	2	1	1
TOTALI			2024	1326	698

2.4 Scenari di Riferimento

Come si è visto nelle ipotesi di costruzione delle matrici O/D incrementali, sono stati considerati opportuni coefficienti di riduzione al fine di simulare un effetto di split modale per gli spostamenti che rientrano in limiti di tempo di viaggio fino a 10 minuti, da 10 a 20 minuti e di oltre 20 minuti. La quota riferita all'utilizzo del mezzo privato derivante dalle ipotesi di cui sopra risulta pari al 58%. Tale dato è stato confrontato con le più recenti stime di *split* modale ottenibili dai dati di Pendolarismo ISTAT relativi al censimento 2011. Tali dati, relativi al Comune di Trieste, testimoniano la bontà delle assunzioni di base in quanto la quota relativa all'utilizzo del trasporto privato (auto privata come conducente, auto privata come passeggero, motocicletta/ciclomotore/scooter) nell'area di studio è

di circa il 57%. I dati ISTAT sono stati presi come riferimento di ulteriori indagini condotte nell'anno 2019, che hanno confermato e validato le ipotesi statistiche.

Gli spostamenti totali calcolati nella Tabella 2-1 fanno riferimento a tutte le modalità di trasporto (mezzo privato auto/moto, autobus, bicicletta, piedi, altro); al fine di essere inserito nell'opportuna matrice O/D di calcolo, tale valore deve essere scorporato da tutti gli spostamenti "non motorizzati privati", che non vanno a saturare la rete urbana, e quindi devono essere divisi per il coefficiente di occupazione del veicolo privato, che vale 1,32 (fonte PUMS, Comune di Trieste, da dati 2019).

Tabella 2-3 – Spostamenti totali e orari indotti dal Porto Vecchio per ciascun scenario di riferimento

Incremento Quota Spostamenti	Veh/ora²	Spostamenti indotti totali
0	0	0
1%	419	997
2%	837	1992
3%	1240	2950
PRGC 2015	1243	2957
PRGC Variante	851	2024

La Tabella 2-3 illustra gli spostamenti indotti totali (tutti i modi di trasporto) ed i rispettivi veicoli equivalenti orari indotti dall'area del Porto Vecchio negli scenari incrementali ed in quelli relativi alle ipotesi da PRGC. Si nota come lo scenario di riferimento derivante dal PRGC vigente (2015) calcolato sia in linea con lo scenario incrementale del 3% di spostamenti. Tali valori sono riferiti alla componente leggera della mobilità, ed agli incrementi del traffico merci come specificato sopra. Inoltre, lo scenario ipotizzato dalla Variante PRGC è riferibile, in termini di spostamenti e di veicoli indotti, allo scenario incrementale del 2%. In questo senso è utile sviluppare anche lo scenario incrementale dell'1% di espansione del Porto Vecchio in funzione di alcune ipotesi di destinazioni d'uso dell'area.

La Tabella 2-4 presenta una ipotesi di sviluppo intermedio dell'area del Porto Vecchio. In questo scenario le attività riferite a Museo, Sport, Nautica, Marina e Stabilimenti Balneari non sono ancora attive, e si ipotizza che le residenze e le destinazioni commerciali e direzionali siano attive per il

² I veicoli sono riferiti alla somma dei veicoli generati ed attratti dal Porto Vecchio.

50%. In questa ipotesi gli spostamenti totali indotti sono pari a 943 nell'ora di punta del mattino, paragonabili a quelli calcolati nello scenario incrementale dell'1%.

Tabella 2-4 - Destinazioni d'uso e spostamenti indotti nell'ora di punta del mattino – Scenario intermedio

Destinazione	Superficie di Progetto	Unità di Misura	Spostamenti Totali	Spostamenti Generati	Spostamenti Attratti
Residenziale	750	Residenti	210	42	168
Commerciale	28127	mq	291	180	110
Altro	17266	mq	290	255	35
Uffici	11472	mq	193	170	23
Museo	-	mq	-	-	-
Sport	-	mq	-	-	-
Nautica	-	mq	-	-	-
Marina	-	n° attracchi	-	-	-
Stab. Balneare	-	mq	-	-	-
TOTALI			943	647	336

Si ricorda che tutti gli scenari simulati si riferiscono all'assegnazione della matrice del traffico privato, nell'ora di punta del mattino per la motivazione lavoro/scuola.

I risultati finali estratti dal modello di traffico VISUM sono riassunti nei documenti **PV-Assegnazione-Scenario1.xls**, **PV-Assegnazione-Scenario2.xls**, **PV-Assegnazione-Scenario3.xls** per ciascun scenario di sviluppo del Porto Vecchio. Tali risultati, accanto alla fotografia dello stato di fatto (**PV-Assegnazione-Scenario0.xls**), consentono di ricavare le informazioni sulla capacità degli archi e sul volume di traffico orario previsto.

Gli scenari di riferimento da analizzare sono quindi quattro:

- Scenario 0 – Stato di Fatto (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio ma nessuna attrazione/generazione);
- Scenario 1 – Stato di Progetto – Fase 1 – Scenario Intermedio di Sviluppo (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio con il 1% di attrazione/generazione, pari al 50% delle attività/destinazioni d'uso previste nella variante al PRGC attuate);

- Scenario 2 – Stato di Progetto – Fase 2 (Variante PRGC) (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio ed attrazione/generazione di mobilità secondo le stime previste dalla Variante PRGC);
- Scenario 3 – Stato di Progetto – Fase 3 (PRGC Vigente) (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio ed attrazione/generazione di mobilità secondo le stime derivanti dal PRGC vigente).

3 METODOLOGIA E ANALISI

3.1 Metodologia di Calcolo

La metodologia di calcolo delle soglie di flusso veicolare indotto dal Porto Vecchio che possono portare a condizioni di saturazione la rete viaria del Comune di Trieste è stata effettuata analizzando i dati delle simulazioni, ed in particolare la distribuzione dei valori di flusso veicolare e del rapporto tra volume di traffico e capacità dell'arco stradale (V/C); quest'ultimo valore, tipico dell'ingegneria dei trasporti, è definito dal rapporto tra il valore orario di flusso transitante in una direzione su arco nell'unità di tempo (veh/h) ed il corrispondente valore della capacità. La capacità dell'arco dipende da innumerevoli fattori (presenza di intersezioni a valle dell'arco, numero e larghezza delle corsie, presenza di mezzi pesanti etc.); tali fattori sono stati inseriti nel modello VISUM da cui sono stati estratti i dati. In questo modo è possibile avere una fotografia delle condizioni di saturazione di ogni singolo arco per ogni scenario di riferimento.

Per ipotesi di calcolo le condizioni di saturazione da valutare si ipotizzano esterne alla zona del Porto Vecchio; all'interno dell'area, infatti, è prevista una viabilità (in fase di progettazione) caratterizzata da archi a 2 o 3 corsie di marcia, con percorsi pedonali, ciclabili e zone di parcheggio. Pertanto, si ipotizza che l'unica penalizzazione in termini di capacità derivi dalle zone di ingresso/uscita dal Porto Vecchio, ovvero le intersezioni, e che la saturazione della viabilità interna all'area avvenga soltanto dopo le criticità che possono rilevarsi sulla rete attuale.

3.2 Comparazione tra Scenari

Per valutare l'impatto del traffico indotto dal Porto Vecchio nei diversi scenari sono state calcolate delle soglie critiche di capacità sugli archi e le riserve di capacità disponibili. Al fine di valutare l'impatto di ciascun scenario sulla rete sono stati sviluppati degli indicatori di rete (Indice di saturazione della rete) e locali (Indice di saturazione locale).

3.2.1 Indice di Saturazione della Rete (I_r)

L'Indice I_r è stato sviluppato per valutare l'impatto del traffico indotto sulla rete, in funzione della percentuale dei nodi oltre una certa soglia di saturazione e della distribuzione statistica di

quest'ultima sugli archi critici. Sono stati considerati soltanto gli archi in cui è presente il Sistema di Trasporto A (Auto), trascurando archi pedonali e/o archi in cui transita soltanto il trasporto pubblico. La soglia relativa all'individuazione degli archi più critici è stata fissata a 0,9 (90% della capacità totale dell'arco impegnata). L'indice di saturazione adimensionale della rete è definito come di seguito:

$$I_r = (1 - A_s) \frac{\bar{s}}{s_{max}}$$

Dove:

A_s è la percentuale di archi oltre la soglia di saturazione sul totale degli archi della rete, \bar{s} il grado di saturazione medio degli archi oltre la soglia di saturazione e s_{max} il grado di saturazione massimo degli archi oltre la soglia di saturazione. Grazie a questa definizione si va a pesare la numerosità degli archi congestionati rispetto al totale ($1 - A_s$) e la distribuzione spaziale ($\frac{\bar{s}}{s_{max}}$); quest'ultimo contributo, quando ha valori bassi e tendenti allo zero, è indice di congestione localizzata, mentre nel caso di valori tendenti all'unità è sintomo di saturazione uniforme sulla rete.

Tabella 3-1 – Indice di Saturazione della Rete

Scenario	$1 - A_s$	$\frac{\bar{s}}{s_{max}}$	I_r
0	0,99	0,30	0,30
1	0,99	0,30	0,30
2	0,99	0,30	0,30
3	0,99	0,29	0,29

La Tabella 3-1 presenta i risultati ottenuti dal calcolo dell'Indice I_r e dei suoi componenti nei quattro scenari di riferimento. Come si nota, la percentuale di archi oltre la soglia di saturazione del 90% rimane costante all'aumentare del carico sulla rete indotto dal Porto Vecchio. Il contributo spaziale relativo alla distribuzione dei valori del grado di saturazione risulta basso (intorno a 0,30) per tutti gli scenari. Il dato testimonia il fatto che le criticità sono localizzate e non distribuite in modo uniforme sulla rete; inoltre, il flusso incrementale dovuto agli scenari di sviluppo del Porto Vecchio non incide sul comportamento globale della rete sotto il carico indotto, che rimane localizzato. Pertanto, occorre indagare a livello locale lo stato della congestione della rete per individuare i punti di sofferenza.

3.2.2 Indice di Saturazione Locale (I_{loc})

Considerata la localizzazione spaziale concentrata delle saturazioni, è stato analizzato un nuovo indice che tenga conto del numero dei nodi/archi critici e del valore medio della saturazione sull'insieme dei nodi/archi critici. Tale indice, espresso come il grado di saturazione, può essere formulato come di seguito:

$$I_{loc} = \frac{n_s}{n_s^{scenario0}} \bar{s}$$

dove:

\bar{s} è il grado di saturazione medio sul totale degli archi della rete oltre la soglia definita, e $\frac{n_s}{n_s^{scenario0}}$ è la percentuale di archi critici rispetto al numero nello scenario 0 (stato di fatto). In questo modo la saturazione media viene pesata sull'incremento degli archi sopra soglia rispetto allo scenario base di riferimento. La Tabella 3-2 illustra i valori dell'Indice di Saturazione Locale e dei suoi componenti per gli archi della rete oltre la soglia di saturazione di $s = 0,9$.

Tabella 3-2 – Indice di Saturazione Locale (soglia 0,9)

Scenario	<i>n° archi</i> <i>s > 0,9</i>	Incremento	\bar{s}^3	I_{loc}
0	62	-	1,26	1,26
1	62	-	1,26	1,26
2	65	5%	1,25	1,31
3	70	8%	1,24	1,40

Come si nota, gli incrementi rispetto allo Scenario 0 derivanti dal traffico indotto iniziano a manifestarsi a partire dallo Scenario 2, con riferimento al numero di archi che passano ad una condizione di allerta (saturazione 90%), per poi aumentare nello Scenario 3. La diminuzione di archi saturi sopra la soglia del 90% di capacità non è, in generale, indice di miglioramento della saturazione, ma indica che alcuni archi ormai già saturi, vengono tralasciati dagli utenti che iniziano a percorrere nuovi percorsi.

³ L'incremento della saturazione media sugli archi è stato calcolato considerando soltanto gli archi comuni tra gli scenari.

La Tabella 3-3 illustra i risultati ottenuti filtrando soltanto gli archi in condizioni di sovra-saturazione, già nello stato di fatto. Lo Scenario 2 presenta una lieve diminuzione di archi critici oltre la soglia per la redistribuzione dei flussi su archi meno saturi. In questo caso lo Scenario limite è il numero 3, in quanto si ha un incremento sia del numero di archi che passano in una condizione critica (analogo allo Scenario 2) che del grado medio di saturazione (aumento rispetto allo Scenario 2).

Tabella 3-3 - Indice di Saturazione Locale (soglia 1 sovra-saturazione della rete)

Scenario	<i>n° archi s > 1,0</i>	Incremento	\bar{s}	<i>I_{loc}</i>
0	40	-	1,43	1,43
1	39	-2%	1,44	1,41
2	42	8%	1,42	1,49
3	42	-	1,43	1,50

Nel paragrafo successivo saranno quindi individuati i nodi critici relativi agli scenari di sviluppo dell'area, ed in particolare se tali nodi interessano la viabilità principale urbana.

3.3 Nodi Critici

Grazie alla disponibilità delle coordinate dei nodi delimitanti gli archi della rete, è stato possibile elaborare delle mappe con l'esatta individuazione dei nodi critici per ciascuno degli scenari di sviluppo. In questo caso sono stati visualizzati i nodi finali degli archi di rete considerati critici; questo procedimento deriva dal fatto che la capacità dell'arco è riferita, oltre che alle caratteristiche geometriche di quest'ultimo, alla tipologia ed alla capacità dell'intersezione a valle più prossima. Pertanto, il nodo critico è relativo ad una criticità che si sviluppa nell'arco (o negli archi) che terminano nel corrispondente nodo.

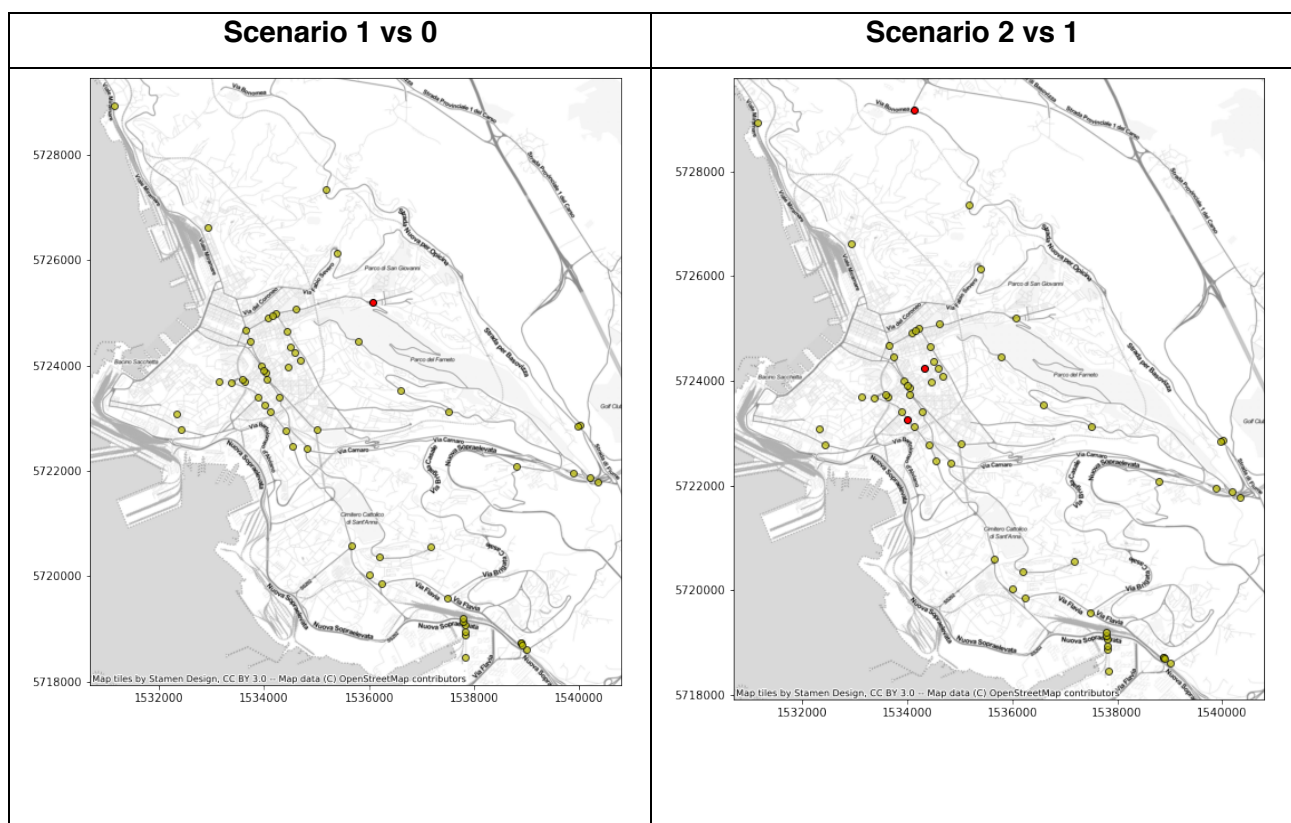
Si fa riferimento alla soglia di saturazione del 90%. Tale ipotesi è legata al fatto che si tende a considerare un arco prossimo alla saturazione, e non completamente saturo, per garantire una certa sicurezza nella stima probabilistica del modello e dei flussi di domanda.

La Tabella 3-4 illustra la comparazione tra i nodi critici negli scenari di sviluppo 1, 2 e 3 e lo stato di fatto (scenario 0). Nella tabella i nodi in giallo indicano i nodi oltre la soglia del 90% di saturazione nello scenario di riferimento, in rosso sono indicati i nodi che raggiungono la soglia di criticità nello scenario di sviluppo.

Lo **Scenario 1-0** (confronto tra scenario 1 e 0) prevede un nodo critico aggiuntivo che si localizza nella direttrice che dal rione di San Luigi conduce al centro di Trieste. Tale fenomeno è causato dalla distribuzione dei flussi indotti che, come specificato nelle ipotesi di calcolo, può causare criticità localizzate anche in zone non prossime all'area di studio. In questo caso si fa riferimento al primo Scenario Intermedio di sviluppo dell'area, quando le residenze, le aree commerciali, direzionali ed uffici siano al 50% dell'operatività finale.

Lo **Scenario 2-1** non presenta particolari differenze rispetto allo Scenario 1, segno che l'incremento di un ulteriore 1% della mobilità non influisce sugli archi già saturi. Si notano la presenza di due ulteriori nodi critici nella zona dell'Ospedale Maggiore e di via dell'Istria, peraltro monitorabili e all'occorrenza passibili di modifiche per garantire un aumento della capacità e la risoluzione delle criticità locali che potrebbero presentarsi. Lo Scenario 2, riferito alla Variante al PRGC, non comporta quindi aggravii considerevoli rispetto a quanti se ne verificano dopo l'attuazione dello Scenario Intermedio 1.

Tabella 3-4 – Soglia saturazione 90% – Confronto fra scenari di sviluppo 0, 1 e 2

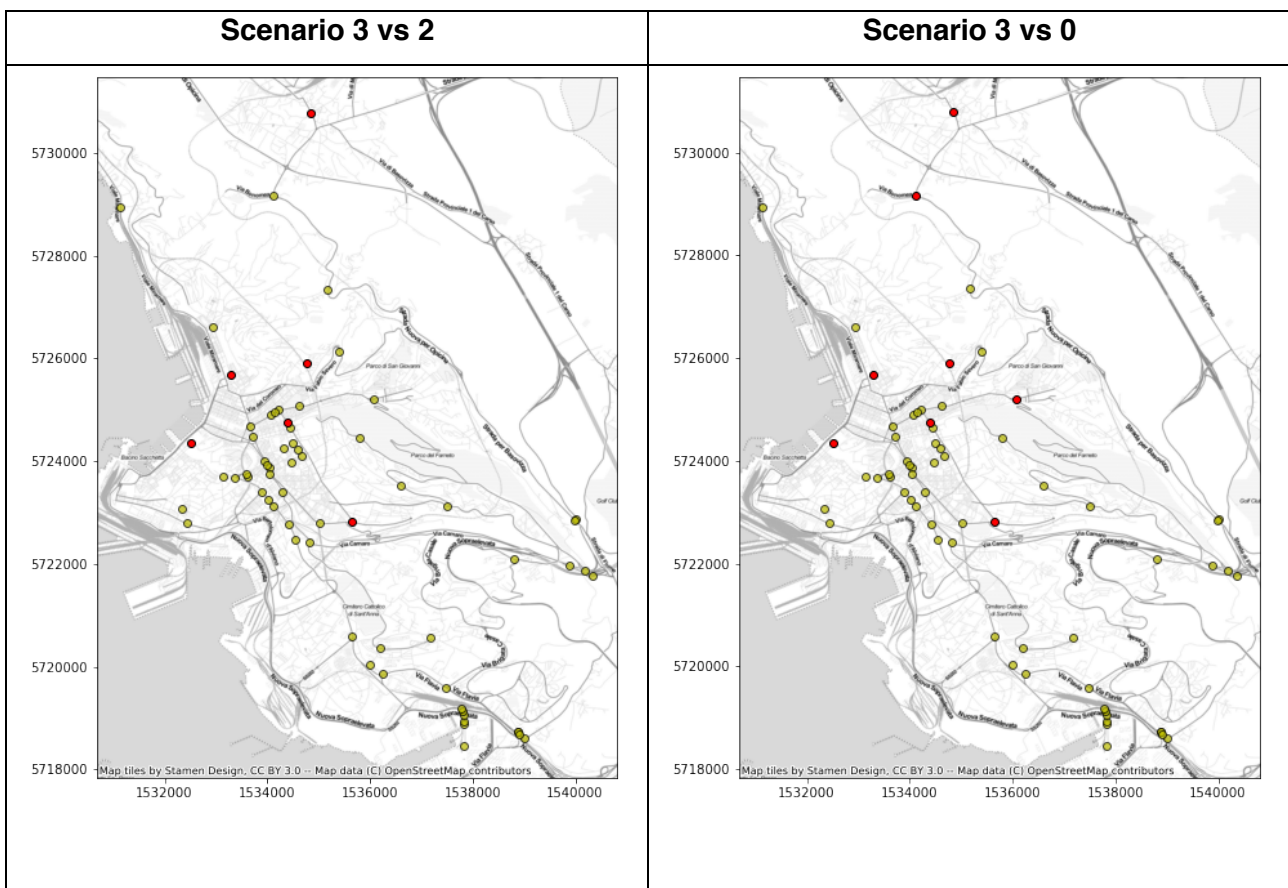


La Tabella 3-5 riporta i confronti tra gli scenari 2, 3 e 0. Lo **Scenario 3-2** vede l'aggravarsi di alcuni nodi critici presso Piazza Libertà e la zona delle Rive, oltre ad altri nodi critici presso la zona Fiera e

presso via Rossetti. Questo fatto è da collegarsi allo Scenario 3 riferito all'attuale previsione di espansione dell'area del Porto Vecchio secondo il PRGC vigente.

È stato infine sviluppata una mappa di confronto tra lo Scenario 3 e lo Scenario 0 attuale. In questo caso (**Scenario 3-0**), analogamente alla nota precedente, si nota che l'area intorno al Porto Vecchio diventa critica. La soglia critica del 90% si ritiene che sia opportuna da assegnare come valore critico da non superare, al fine di tollerare con un margine di sicurezza le ipotesi di calcolo ed il modello probabilistico; tale soglia, inoltre, fa sì che non si sviluppino criticità localizzate lontane dall'area di studio difficilmente prevedibili e governabili.

Tabella 3-5 - Soglia saturazione 90% – Confronto fra scenari di sviluppo 0, 2 e 3



4 CONCLUSIONI

4.1 Verifiche di Sostenibilità del Traffico Indotto

La presente relazione ha presentato delle valutazioni riguardo l'impatto del traffico indotto dal Porto Vecchio di Trieste sulla viabilità comunale. Sono stati presi come riferimento dei modelli e dei dati forniti dal Comune di Trieste, aggiornati a fine anno 2019, sui quali sono stati costruiti tre scenari di mobilità incrementali, stimando delle quote di mobilità che potrebbero essere attratte e generate dalle attività in progetto nell'area del Porto Vecchio. Tali scenari fanno riferimento a delle quote di spostamento (rispettivamente dell'1%, 2% e 3% rispetto agli attuali spostamenti urbani dell'ora di punta del mattino) potenzialmente indotte dall'area di riferimento. Gli scenari si riferiscono a dati e simulazioni riguardo gli spostamenti sistematici (casa-lavoro, casa-scuola) effettuati con il mezzo privato nell'ora di punta del mattino (7:30 – 8:30). Gli scenari fanno inoltre riferimento anche alla mobilità merci, che è stata incrementata delle stesse percentuali riferite al traffico privato per gli scenari di riferimento ed analisi.

Ciascun scenario incrementale è stato associato, in funzione del potenziale di mobilità indotto, a tre scenari di sviluppo (escluso quello di riferimento, Scenario 0), sulla base delle indicazioni ricevute sulle superfici destinate a diversi usi del suolo nell'area nei diversi scenari di sviluppo. I valori di attrazione e generazione degli spostamenti sono stati calcolati attraverso opportuni coefficienti riferiti alla letteratura di settore. Gli scenari analizzati sono quindi:

- Scenario 0 – Stato di Fatto (viabilità interna al Porto Vecchio operativa ma nessuna attività/destinazione d'uso insediata);
- Scenario 1 – Stato di Progetto – Fase 1 – Scenario Intermedio di Sviluppo (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio con il 50% delle attività/destinazioni d'uso previste nella variante al PRGC attuate);
- Scenario 2 – Stato di Progetto – Fase 2 (Variante PRGC) (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio ed attrazione/generazione di mobilità secondo le stime previste dalla Variante PRGC);

- Scenario 3 – Stato di Progetto – Fase 3 (PRGC Vigente) (presenza della viabilità afferente al Porto Vecchio ed attrazione/generazione di mobilità secondo le stime derivanti dal PRGC vigente).

È stato quindi valutato l'impatto dovuto al traffico indotto da ciascun scenario sui nodi e sugli archi urbani, facendo riferimento ad uno scenario di progetto che prevede un ingresso nord ed uno sud rispetto all'area portuale, con le opportune scelte viabilistiche.

Dalle analisi emerge che, avendo l'attuale Scenario 0 come riferimento, lo Scenario di sviluppo intermedio 1 non aggrava particolari nodi critici lungo la viabilità principale di Trieste rispetto alla situazione attuale.

Lo Scenario di sviluppo 2, riferito all'espansione del Porto Vecchio calcolata sulla base delle effettive destinazioni d'uso dell'area secondo la Variante al PRGC, non influisce significativamente sugli archi e nodi relativi alla viabilità principale dell'area urbana di Trieste (se non per locali criticità, peraltro lontane dall'area di accesso sud del Porto Vecchio). Le analisi confermano che il numero e la localizzazione degli esigui nodi critici (peraltro non completamente saturi, ma oltre una soglia di guardia del 90% del rapporto tra volume e capacità dell'arco stradale), non vanno a peggiorare delle situazioni già oggi al limite della saturazione. A valle dell'attuazione dello Scenario 2 di espansione si suggeriscono delle analisi e delle valutazioni sul campo relative ad eventuali soluzioni che possono essere attuate nel brevissimo periodo per migliorare le criticità locali che possono svilupparsi. In questo senso, visto che secondo il modello si va ad intaccare una zona della città già particolarmente critica nell'ora di punta, regolazioni semaforiche e/o nuove fasature delle intersezioni potrebbero essere prese in considerazione.

Lo Scenario di sviluppo 3, invece, è quello che presenta le maggiori criticità localizzate anche in prossimità dell'area del Porto Vecchio (Piazza Libertà – via Pauliana), ed aggrava inoltre ulteriori nodi viari lontani dall'area di intervento.

Sebbene le criticità relative allo Scenario 2 si localizzino relativamente "lontano" dall'accesso Sud al Porto Vecchio, particolare attenzione va rivolta a questo nodo; sulla base dei flussi incrementali che, a partire dallo Scenario Intermedio 1 vanno verso altri scenari di sviluppo più gravosi, occorre scalare opportunamente le regolazioni semaforizzate delle diverse correnti che impegnano il nodo (ed i nodi interni alla viabilità del Porto Vecchio), così da avere un sistema "adattato" ai flussi generati. In generale è opportuno prevedere un programma di monitoraggio continuo del traffico nelle varie fasi di espansione delle attività del Porto Vecchio al fine di verificare, confermare e apportare gli opportuni correttivi incrementali alla rete viaria.

INDICE delle Figure e delle Tabelle

Figura 2-1 - Assetto di progetto dell'Accesso Nord (fonte Masterplan Porto Vecchio - Comune di Trieste).....	5
Figura 2-2 – Assetto di progetto dell'Accesso Sud (fonte Masterplan Porto Vecchio - Comune di Trieste).....	6
Figura 2-3 – Schema della nuova viabilità di progetto presso l'Accesso Sud.....	7
Tabella 2-1 – Destinazioni d'uso e spostamenti indotti nell'ora di punta del mattino – PRGC Vigente	9
Tabella 2-2 - Destinazioni d'uso e spostamenti indotti nell'ora di punta del mattino – Variante PRGC	10
Tabella 2-3 – Spostamenti totali e orari indotti dal Porto Vecchio per ciascun scenario di riferimento	11
Tabella 2-4 - Destinazioni d'uso e spostamenti indotti nell'ora di punta del mattino – Scenario intermedio	12
Tabella 3-1 – Indice di Saturazione della Rete	15
Tabella 3-2 – Indice di Saturazione Locale (soglia 0,9)	16
Tabella 3-3 - Indice di Saturazione Locale (soglia 1 sovra-saturazione della rete)	17
Tabella 3-4 – Soglia saturazione 90% – Confronto fra scenari di sviluppo 0, 1 e 2	18
Tabella 3-5 - Soglia saturazione 90% – Confronto fra scenari di sviluppo 0, 2 e 3	19