

COMMITTENTE



Arexpo S.p.A.
 sede legale ed uffici: via Cristina Belgioioso, 171 - 20157 Milano
 ufficio funzionale: via Cristina Belgioioso, 171 - 20157 Milano
 codice fiscale/partita IVA: 07468440966
 www.arexpo.it

RAPPRESENTANTE DI AREXPO:
 Igor De Biasio

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO CON IL P.II:
 Arch. Daniela De Pascalis
 Ordine degli Architetti Pianificatori
 Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Milano
 n° 11214

Igor De Biasio



CONCESSIONARIO



Lendlease S.r.l.
 sede legale ed uffici: via della Moscova, 3 - 20121 Milano
 http://www.lendlease.com/it/

LEGALE RAPPRESENTANTE:
 Andrea Ruckstuhl

Lendlease S.r.l.
 Via della Moscova, 3
 20121 Milano
 C.F./P.IVA 1307270158

1	17/06/2022	PROTOCOLLO PER ENTI		Soresinetti	Caruso		Caruso
Aggior.	Data	Descrizione	Disegnato	Progettato	Verificato	Acquisito	Approvato

Le difformità devono essere comunicate immediatamente ai progettisti prima di procedere. Devono essere considerate solo le dimensioni utilizzate negli elaborati. L'Impresa deve controllare tutte le dimensioni in opera. Questo disegno è protetto da copyright.

Discrepancies must be reported immediately to the Architect before proceeding. Only figured dimensions are to be used. Contractors must check all dimensions on site. This drawing is protected by copyright.

TUTTE LE DIMENSIONI SONO ESPRESSE IN SCALA METRICA.

ALL DIMENSIONS ARE SHOWN IN METRIC.

Progetto

POTENZIAMENTO RAMPE DIRETTE A52 SVINCOLO MAZZO DI RHO
 Progetto di fattibilità tecnica ed economica

TITOLO DEL DISEGNO
 name of drawing

ELABORATI GENERALI
 Studio di traffico - sintesi delle prime valutazioni

PROGETTAZIONE per Lendlease S.r.l.:



TANDEM S.R.L.
 (Legale Rappresentante)
 Ing. Carlo Caruso

Carlo Caruso

COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE:



Arexpo S.p.A.
 sede legale ed uffici: via Cristina Belgioioso, 171 - 20157 Milano
 ufficio funzionale: via Cristina Belgioioso, 171 - 20157 Milano
 codice fiscale/partita IVA: 07468440966
 www.arexpo.it

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO CON IL P.II:
 Arch. Daniela De Pascalis
 Ordine degli Architetti Pianificatori
 Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Milano
 n° 11214



SCALA scale	Scala grafica 	
Sostituisce	DIMENSIONI size	DISEGNO N° drawing n°
Sostituito da:	A4 	Commessa Lotto Fase Cat. Opera Progressivo Foglio G.13

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
2	IL PROGETTO DI POTENZIAMENTO DEL NODO A52	4
2.1	Il contesto: il progetto MIND	4
2.2	Il nodo A52: l'accesso alla porta Ovest	6
2.2.1	La configurazione di progetto	6
2.2.2	Prima ipotesi di cantierizzazione	9
3	LE ANALISI MODELLISTICHE	11
3.1	Gli assunti dello studio	11
3.1.1	Lo studio trasportistico MIND.....	11
3.1.2	La fascia di massimo carico AM	11
3.1.3	I percorsi alternativi.....	12
3.1.4	La rete analizzata e la zonizzazione.....	16
3.1.4.1	Le rampe autostradali	19
3.1.4.2	Le rotatorie.....	19
3.1.5	Gli strumenti modellistici utilizzati	24
3.2	Lo scenario di progetto (SDP).....	24
3.2.1	La domanda e l'offerta di mobilità SDP	24
3.2.2	Le analisi micro SDP	24
3.2.3	Le analisi puntuali SDP.....	26
3.3	Lo scenario di cantiere (SDC)	27
3.3.1	Le fasi di cantiere SDC	27
3.3.2	La domanda e l'offerta di mobilità SDC	28
3.3.3	Le analisi micro SDC	28
3.3.4	Le analisi puntuali SDC	30
3.4	Il confronto tra scenari	32
3.4.1	Le analisi micro	33
3.4.2	Le analisi puntuali	33
4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	35

1 INTRODUZIONE

Il presente documento riporta lo studio trasportistico svolto a supporto del Piano di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) del potenziamento del nodo A52 in corrispondenza della porta Ovest di MIND.

Il progetto MIND è organizzato per orizzonti temporali successivi. Quelli di interesse per questo studio sono 3:

- T4: il suo completamento è previsto per il 31/12/2024.
- T5: il suo completamento è previsto per il 31/12/2025.
- T6: il suo completamento è previsto per il 31/12/2026.

Di fatto lo scenario T4 è quello considerato di riferimento per la fase di cantiere del potenziamento del nodo A52. Lo scenario T5, invece, sarebbe quello da considerare per l'entrata in esercizio dell'opera in oggetto, per maggior cautela si è optato per verificare la tenuta trasportistica della rete all'orizzonte insediativo successivo del T6.

Il progetto di potenziamento del nodo A52 è funzionale ad un corretto smaltimento della domanda di mobilità privata conseguente allo sviluppo di MIND, in particolare se ne prevede la realizzazione prima dell'orizzonte temporale T6, che inizia il 1/1/2026.

L'articolazione del documento è la seguente.

Nel capitolo 2 viene descritto il progetto di potenziamento del nodo A52, inquadrandolo nell'ambito del più complessivo progetto MIND e descrivendone la configurazione infrastrutturale, insieme ad una prima ipotesi di cantierizzazione.

Nel capitolo 3 vengono riportate le risultanze modellistiche di tutte le simulazioni condotte. In primo luogo, vengono dettagliati gli assunti modellistici, che richiamano innanzitutto allo studio trasportistico del progetto MIND, per poi identificare l'orizzonte temporale T6 (1/1/2026) come momento in cui si prevede la messa in esercizio dell'opera progettuale. Viene quindi evidenziato come la fascia oraria di massimo carico dei flussi MIND corrisponda al massimo carico di traffico anche per il nodo progettuale, per cui a tale fascia del mattino (AM) faranno riferimento le diverse simulazioni condotte. Infine, si evidenzia come, in fase di cantiere, durante l'orizzonte temporale T4 del progetto MIND, si siano previste opportune azioni di reindirizzamento dei veicoli su percorsi alternativi, al fine di consentire la riduzione degli effetti negativi del cantiere (per la durata delle diverse fasi realizzative) sulla fluidità della circolazione.

Sempre nel capitolo 3, si presentano le risultanze modellistiche derivanti dalla realizzazione dell'opera, nell'orizzonte temporale T6, che prevede rispetto al T4 una consistente crescita della domanda di mobilità privata indotta da MIND. Tale scenario viene denominato Stato di Progetto o in breve SDP. Le risultanze derivano sia dall'utilizzo di un micromodello VISSIM riferito all'intero ambito MIND sia dall'analisi condotta sui principali elementi della rete, mediante metodologia HCM (per le rampe autostradali della rotatoria sulla A52) e attraverso il modello GIRABASE (per le intersezioni a rotatoria), anche al fine di determinare il relativo Livello di Servizio o LDS. Le stesse analisi vengono condotte anche per le fasi di cantiere, dove la domanda MIND è rappresentata dalle funzioni insediate all'orizzonte temporale T4, in modo da verificare la tenuta dell'infrastruttura viaria anche in fase di realizzazione dell'opera in progetto. Tale scenario viene denominato Stato di Cantiere o in breve SDC. Il capitolo si conclude con un confronto tra scenari SDP e SDC, per una valutazione complessiva degli effetti dell'opera sulla circolazione.

Infine, nel capitolo 4 si tracciano le considerazioni conclusive in merito al progetto di potenziamento del nodo A52, in corrispondenza della porta Ovest di MIND.

2 IL PROGETTO DI POTENZIAMENTO DEL NODO A52

Il progetto di potenziamento del nodo A52 presso la porta Ovest di MIND è funzionale proprio allo sviluppo del progetto MIND, che vede in questo accesso il punto cardine di smistamento dei flussi indotti.

2.1 Il contesto: il progetto MIND

MIND rappresenta il principale intervento insediativo previsto nell'area Milanese, che prevede uno sviluppo complessivo in termini di SLP insediate di circa 730.000 mq al T6. L'intervento vede il riutilizzo delle aree che nel 2015 hanno ospitato la manifestazione internazionale EXPO 2015. La porta principale di accesso a MIND per il traffico privato è costituita dal sistema autostradale della A52, che presenta lo svincolo oggi denominato **Mazzo di Rho** come punto specifico di accesso all'insediamento.

La documentazione ufficialmente presentata ai diversi Enti coinvolti contiene anche uno studio trasportistico denominato EWODPRE3318, datato Giugno 2021, cui si rimanda per maggiori dettagli. In questa sede ci si riferisce a tale studio con il termine STUDIO MIND: qui interessa richiamare, per comodità di lettura, solo alcune risultanze dello STUDIO MIND, che saranno alla base degli approfondimenti trasportistici contenuti nel presente studio.

MIND è un progetto il cui sviluppo è indicativamente ipotizzato in 10 anni, e prevede conseguentemente diverse fasi realizzative. Quelle maggiormente significative rispetto al progetto di potenziamento del nodo A52 sono la fase T4, che si conclude il 31/12/2024, e la fase T6, che inizia il 1/1/2026. Infatti, dallo STUDIO MIND emerge che il potenziamento del nodo A52 si rende necessario a partire dall'orizzonte T6, che vede un forte incremento delle funzioni insediate rispetto al precedente orizzonte T4. In Tabella 1 si riportano alcune informazioni sulle funzioni insediate nei due orizzonti temporali T4 e T6.

FUNZIONE	MQ T4	MQ T6	DELTA
Residenziale	28,515	56,515	28,000
Terziario	114,723	222,377	107,654
Commerciale	10,712	20,460	9,748
Ricettivo	10,224	18,404	8,180
Culturale	-	31,509	31,509
Produttivo	5,646	9,767	4,121
Altre funzioni pubbliche	7,150	34,092	26,942
Social Housing	-	14,500	14,500
UNIMI	-	187,000	187,000
HT	35,000	35,000	-
Galeazzi	94,615	94,615	-
TOTALE	306,585	724,239	417,654

Tabella 1 – Funzioni insediate da MIND agli orizzonti T4 e T6

Uno schema infrastrutturale di riferimento del progetto MIND è quindi riportato in Figura 1 e in Figura 2, che rappresentano la planimetria delle funzioni insediate e la rete di adduzione rispettivamente nell'orizzonte temporale T4 e T6.

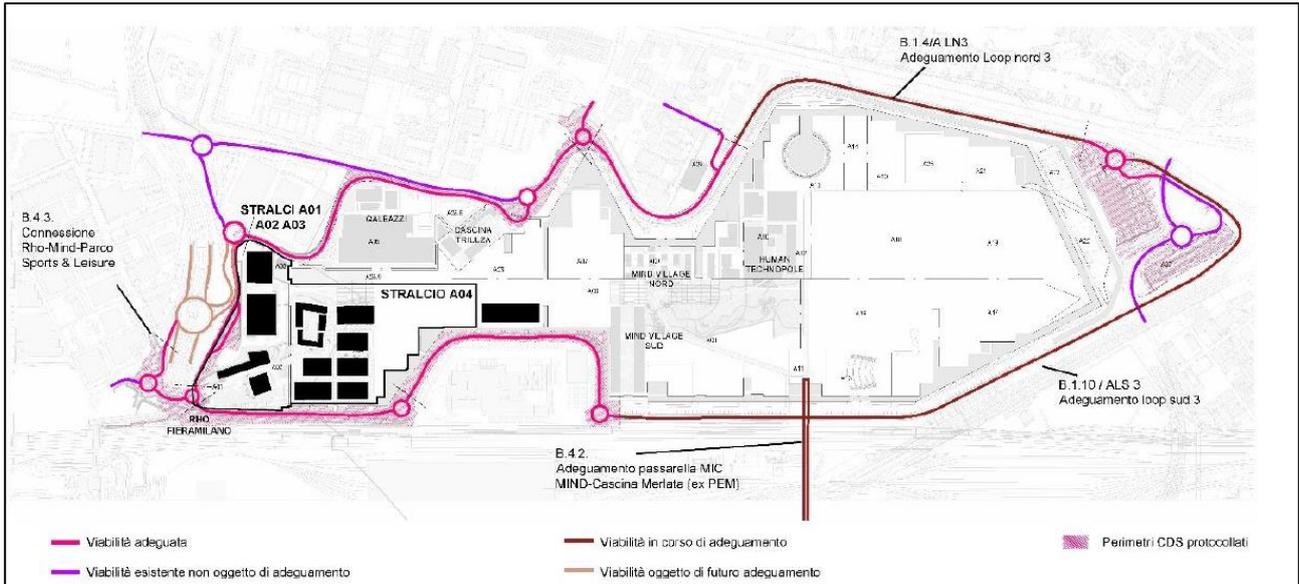


Figura 1 – Planimetria di MIND all'orizzonte T4 (fonte STUDIO MIND)

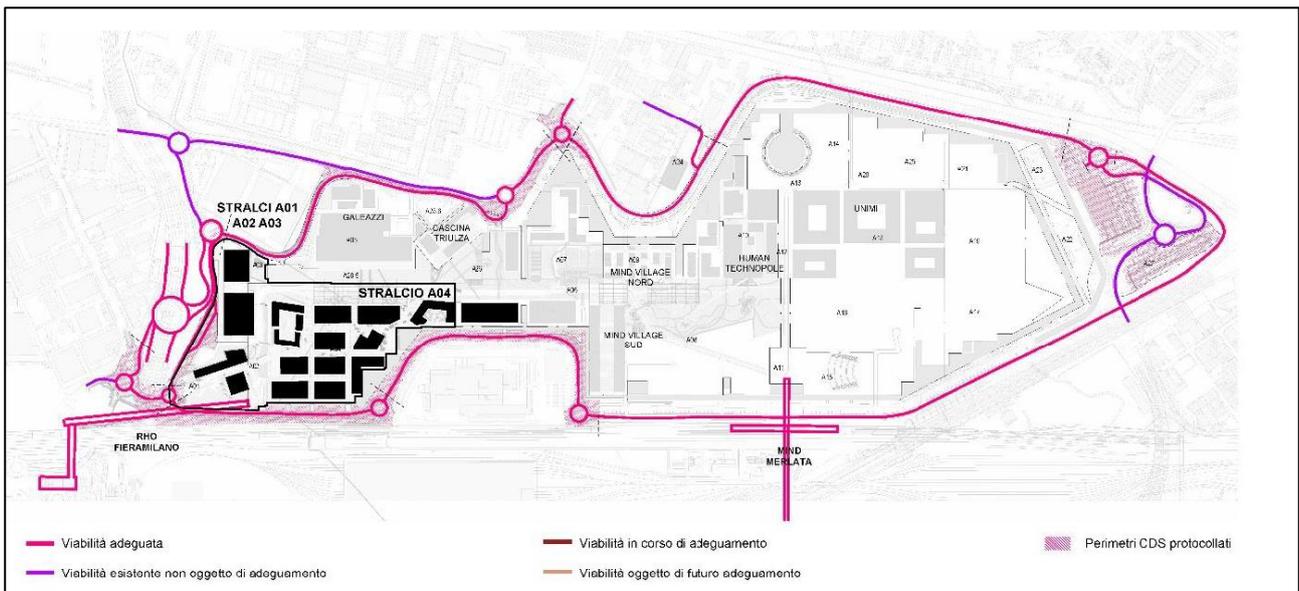


Figura 2 – Planimetria di MIND all'orizzonte T6 (fonte STUDIO MIND)

Il progetto MIND prevede principalmente 3 porte di accesso alla vasta area insediata, che vengono convenzionalmente chiamate porta Ovest, porta Nord e porta Est. In realtà tali Gates fanno riferimento ciascuno a più opzioni di accesso dalla viabilità esterna a MIND, come meglio illustrato dalla Figura 3.

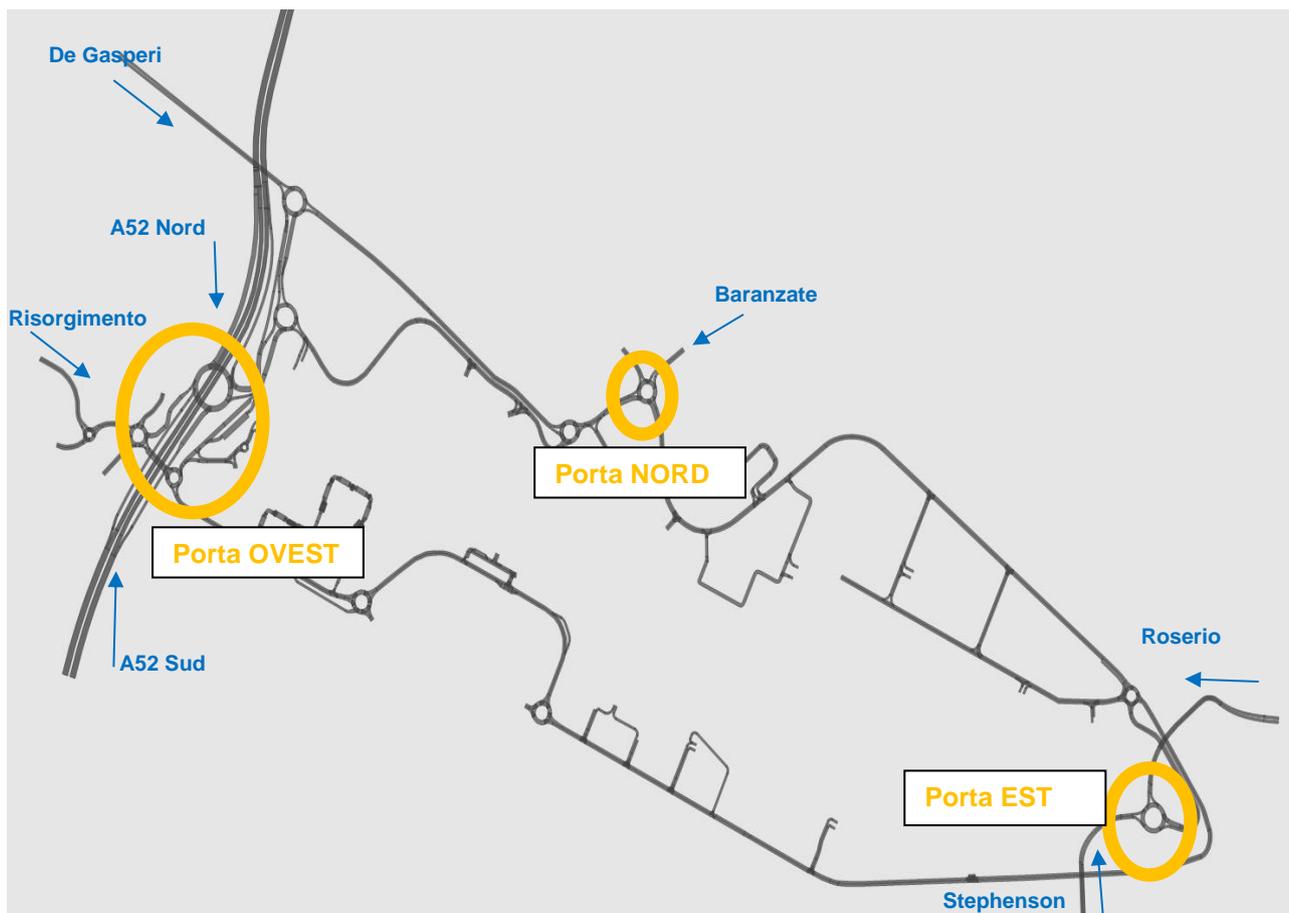


Figura 3 – Gate e accessi a MIND (fonte STUDIO MIND)

2.2 Il nodo A52: l'accesso alla porta Ovest

Il progetto MIND prevede un'accessibilità con una prevalenza della porta Ovest e delle rampe autostradali della A52, che, se non potenziata, a partire dall'orizzonte temporale T6 potrebbe mettere in crisi il nodo stesso e più in generale la circolazione nell'area di riferimento. Per questa ragione si è ipotizzato un intervento di forte potenziamento di tale nodo, che fornisca l'incremento di capacità tale che lo porti ad operare in condizioni di fluidità anche nelle situazioni di massimo carico.

Nel presente paragrafo viene quindi dettagliato l'intervento progettuale per poi ipotizzarne anche le principali fasi di cantierizzazione, in modo da poter valutare gli impatti dell'opera anche in fase di realizzazione, dove il traffico indotto da MIND risulta quello conseguente agli sviluppi insediativi previsti per l'orizzonte T4.

2.2.1 La configurazione di progetto

L'attuale svincolo di Mazzo di Rho della A52 è riportato in *Figura 4* e vede la presenza di 4 rampe, due in ingresso e due in uscita, che si attestano su una rotonda di raggio pari a circa 40 m. Sulla rotonda stessa si innestano altri due rami, uno diretto verso Piazza della Costellazione (e quindi a uno dei parcheggi di corrispondenza della stazione metro di Rho Fiera) e Cargo 6, tale ramo è di sola uscita dalla rotonda, e uno diretto verso la rotonda di Cargo 8, e quindi verso MIND e la zona industriale di Rho, in ingresso e uscita.

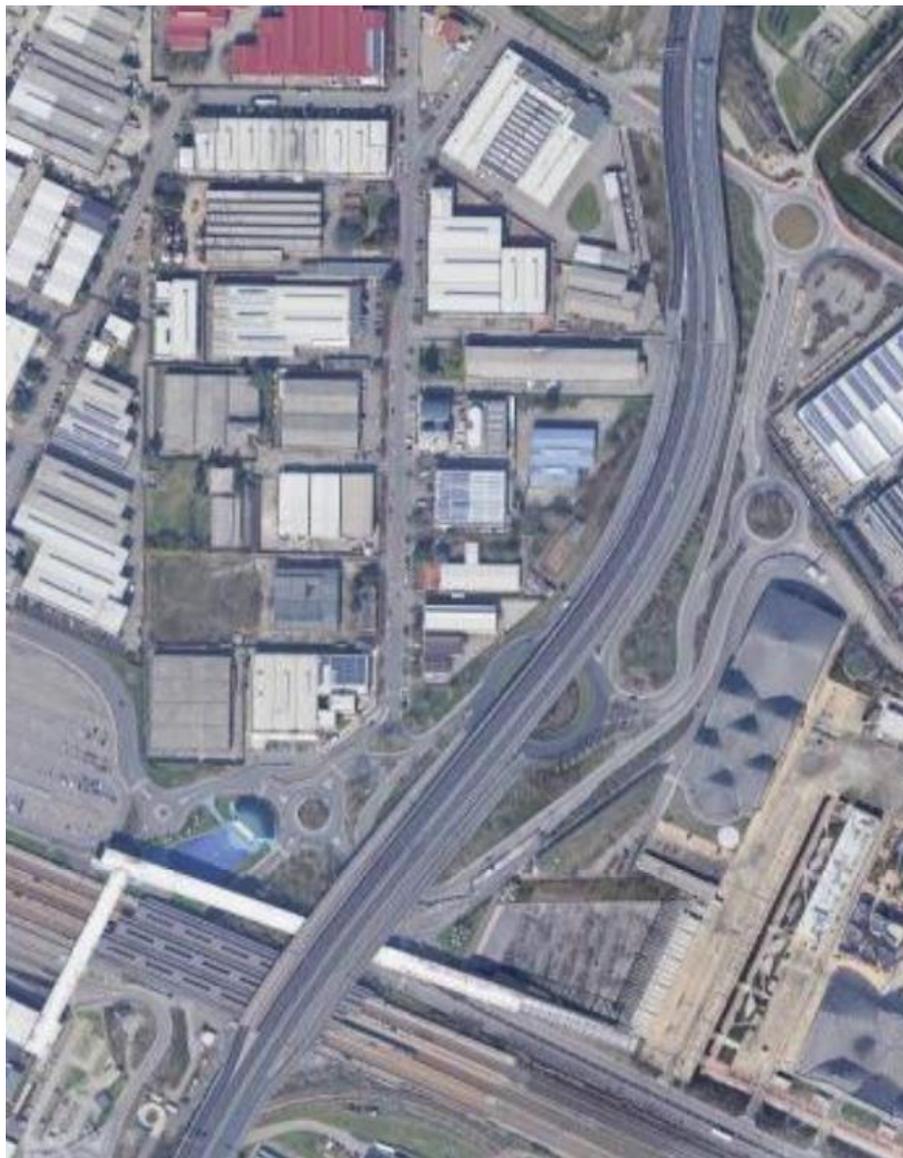


Figura 4 – Lo svincolo Mazzo di Rho della A52: configurazione attuale

Ad oggi la domanda di traffico viene facilmente smaltita da questo sistema, in quanto di fatto tale svincolo è risultato funzionale soprattutto al periodo di EXPO 2015, consentendo il raggiungimento di diverse aree nevralgiche legate a tale manifestazione.

Il forte impatto del progetto MIND su tale svincolo, soprattutto a partire dall'orizzonte T6, rende necessario un potenziamento significativo di tale svincolo, come meglio illustrato in Figura 5.

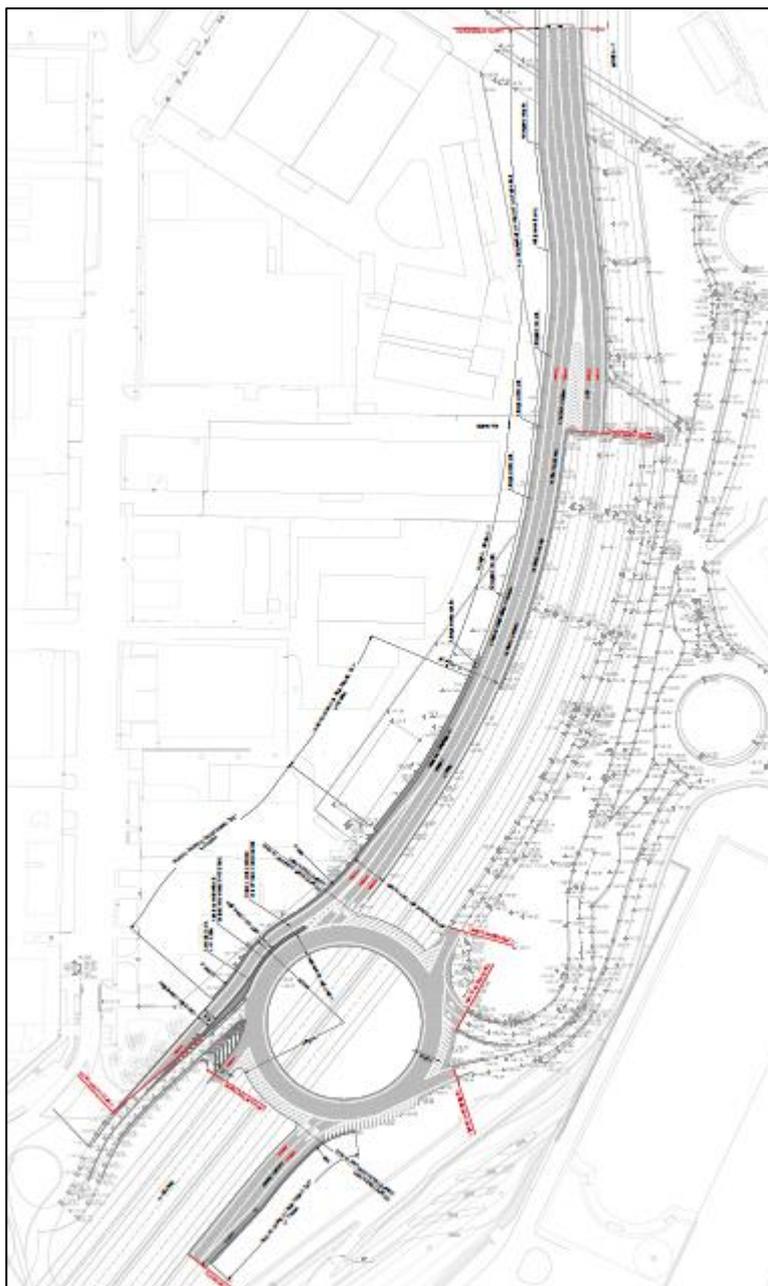


Figura 5 – Lo svincolo Mazzo di Rho della A52: configurazione di progetto

Di fatto l'intervento prevede principalmente il potenziamento della rampa in uscita dalla A52 in provenienza da Monza (denominata qui di seguito **Rampa Nord**), con l'introduzione di una doppia corsia di marcia. Prima della rampa, per consentire l'utilizzo ottimale delle due corsie, si procede all'introduzione di un'ulteriore corsia di marcia sul tracciato principale della A52, poco a valle rispetto allo svincolo precedente di connessione con l'autostrada A8. Poco prima dell'ingresso in rotatoria delle due corsie della rampa Nord, si stacca un'ulteriore percorso che consente di bypassare la rotatoria e proseguire poi verso Piazza della Costellazione, disimpegnando quindi la rotatoria stessa di questi flussi. La modifica della viabilità prosegue nel tratto che porta dalla rotatoria A52 a quella di Piazza della Costellazione, che risulta l'unica destinazione possibile per chi utilizza tale bypass o il relativo ramo di uscita. L'accesso a Via Grandi viene assicurato dalla risistemazione di Piazza della Costellazione, mentre la connessione diretta con Cargo 6, oggi presente, viene dismessa e sostituita da un collegamento che passa per Piazza della Costellazione prima e per una seconda rotatoria progettuale poi, che dà anche accesso a tutto il nuovo loop sud ed ovest di MIND. Infine, viene ridimensionata la rotatoria A52 di qualche metro al fine di consentire l'agevole disposizione del braccio di svolta in destra dalla rampa Nord della A52.

Si tratta di una modifica che fornisce un significativo aumento di capacità al sistema, tale da poter assorbire il forte aumento di traffico conseguente allo sviluppo di MIND, lasciando anche margini capacitivi significativi.

Relativamente alla rampa in uscita dalla A52 in provenienza da Rho (denominata qui di seguito **Rampa Sud**), l'intervento consiste principalmente in un allargamento a due corsie della rampa stessa in approccio alla rotatoria A52 per un tratto di circa 70 metri, con un'attestazione in rotatoria quindi a due corsie. Si rimanda comunque alla Figura 5 per una migliore comprensione dell'intervento di potenziamento del nodo A52 presso la porta Ovest di MIND.

2.2.2 Prima ipotesi di cantierizzazione

La realizzazione del potenziamento del nodo A52 pone come problema principale l'impatto delle fasi di cantiere sulla circolazione della A52 stessa, che rappresenta un'arteria di interesse nazionale, dove risulta necessario minimizzare le eventuali chiusure e i restringimenti di carreggiata.

Il progetto definitivo della cantierizzazione verrà sviluppato in una seconda fase, coinvolgendo i diversi soggetti interessati, in primis il Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile (MIMS), in quanto proprietario dell'infrastruttura, e la società Autostrade per l'Italia (ASPI), in quanto attuale concessionario. In questa sede si è comunque ritenuto di proporre e verificare modellisticamente una prima ipotesi di cantierizzazione, al fine principalmente di valutare preventivamente gli impatti sulla circolazione della realizzazione del presente progetto di potenziamento.

L'attenzione si è posta in particolare sulle fasi di realizzazione dell'allargamento della carreggiata Nord della A52 e della relativa Rampa Nord, che risulta sicuramente l'intervento maggiormente impattante: tale fase viene qui denominata come CANTIERE A52 NORD. Per quanto riguarda la Rampa Sud, si è ipotizzato di poter effettuare l'allargamento dell'ultimo tratto a due corsie senza dover chiudere la rampa stessa, mentre per la realizzazione della nuova connessione tra la rotatoria A52 e Cargo 6, con il percorso che passa da Piazza della Costellazione per poi utilizzare la nuova rotatoria progettuale che immette anche sul Loop Sud di Mind, si prevedono effetti minori e quindi con situazioni più facilmente gestibili rispetto a quello su carreggiata e rampa Nord. Si ipotizza inoltre che tutti questi interventi siano realizzati prima di CANTIERE A52 NORD, che quindi risulterebbe l'ultima fase del potenziamento del nodo A52. A titolo cautelativo nelle simulazioni di cantiere, la rampa Sud non si prevede potenziata.

Rispetto a CANTIERE A52 NORD, si ipotizza quindi di poter procedere all'allargamento della carreggiata e a quello della rampa Nord in 4 fasi principali, che vengono qui di seguito descritte.

Nella fase 1 e fase 4 (vedi Figura 6), si procede alla chiusura della sola corsia di emergenza della rampa nord al fine di operare l'allargamento delle opere di sostegno. Dal punto di vista trasportistico, si produrrà una riduzione di velocità e quindi di capacità sulla rampa stessa, lasciando sulla carreggiata principale della A52 caratteristiche trasportistiche analoghe a quelle attuali. La durata indicativa di tale fase potrebbe essere di circa 8 mesi per la fase 1 e circa 3 mesi per la fase 4. In generale la reale durata verrà meglio definita nelle fasi successive di cantierizzazione.

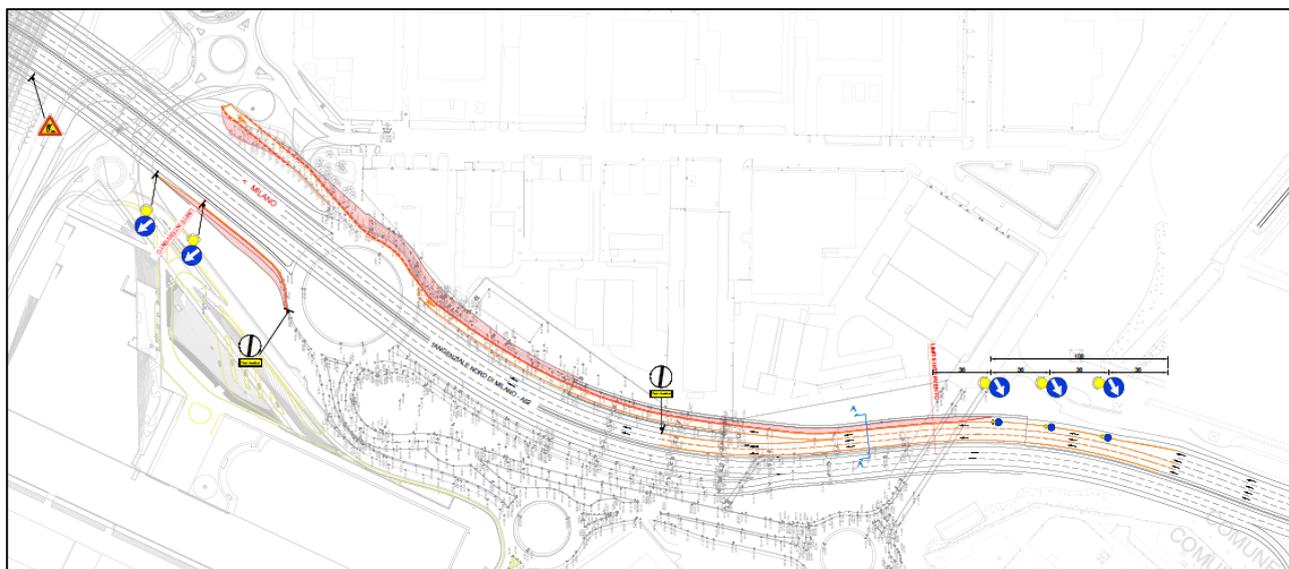


Figura 6 – CANTIERE A52 NORD: ipotesi di fase 1

Nella fase 2 (vedi Figura 7), la cui durata complessiva è di circa di 3 mesi, si procede, per un sottoperiodo di tempo (di pochi giorni e tendenzialmente per le sole ore notturne) alla completa chiusura della rampa nord al fine di operare l'allargamento a due corsie della rampa stessa, con anche l'introduzione del bypass della

rotatoria A52. In via cautelativa, dal punto di vista trasportistico, occorrerà trovare percorsi alternativi per i veicoli che precedentemente utilizzavano tale rampa, che in tale fase di cantiere non potrà essere utilizzata. Sulla carreggiata principale la situazione rimarrà ancora invariata, mantenendo caratteristiche trasportistiche analoghe a quelle attuali. In generale la reale durata verrà meglio definita nelle fasi successive di cantierizzazione.

In tutto il periodo di questa fase si prevede la chiusura della corsia di emergenza, analogamente alla fase 1 e 4.

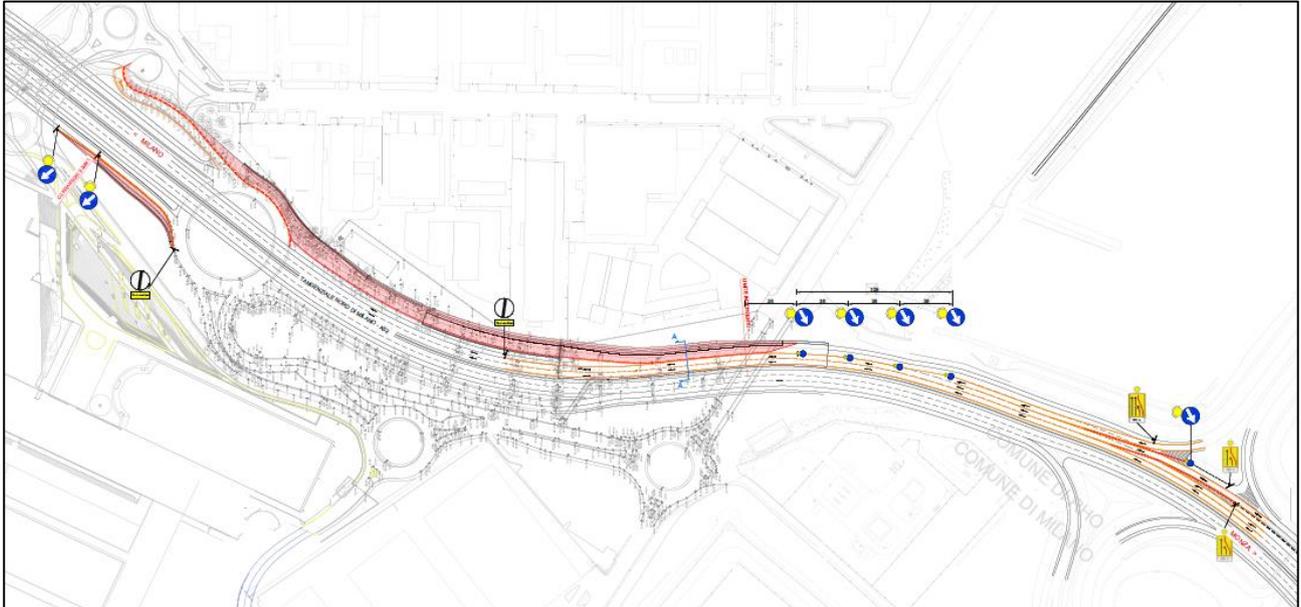


Figura 7 – CANTIERE A52 NORD: ipotesi di fase 2

Nella fase 3 (vedi Figura 8), di durata circa di 1 mese, si procede, per un sotto periodo di tempo (di pochi giorni e tendenzialmente per le sole ore notturne) alla chiusura della rampa nord con una riduzione delle dimensioni della corsia di marcia sulla carreggiata principale, al fine di operare l'allargamento a 4 corsie della carreggiata stessa. Sempre in via cautelativa, dal punto di vista trasportistico, oltre a mantenere i percorsi alternativi già ipotizzati per fase 2, si avrà una riduzione di velocità e quindi di capacità sulla carreggiata principale. In generale la reale durata verrà meglio definita nelle fasi successive di cantierizzazione.

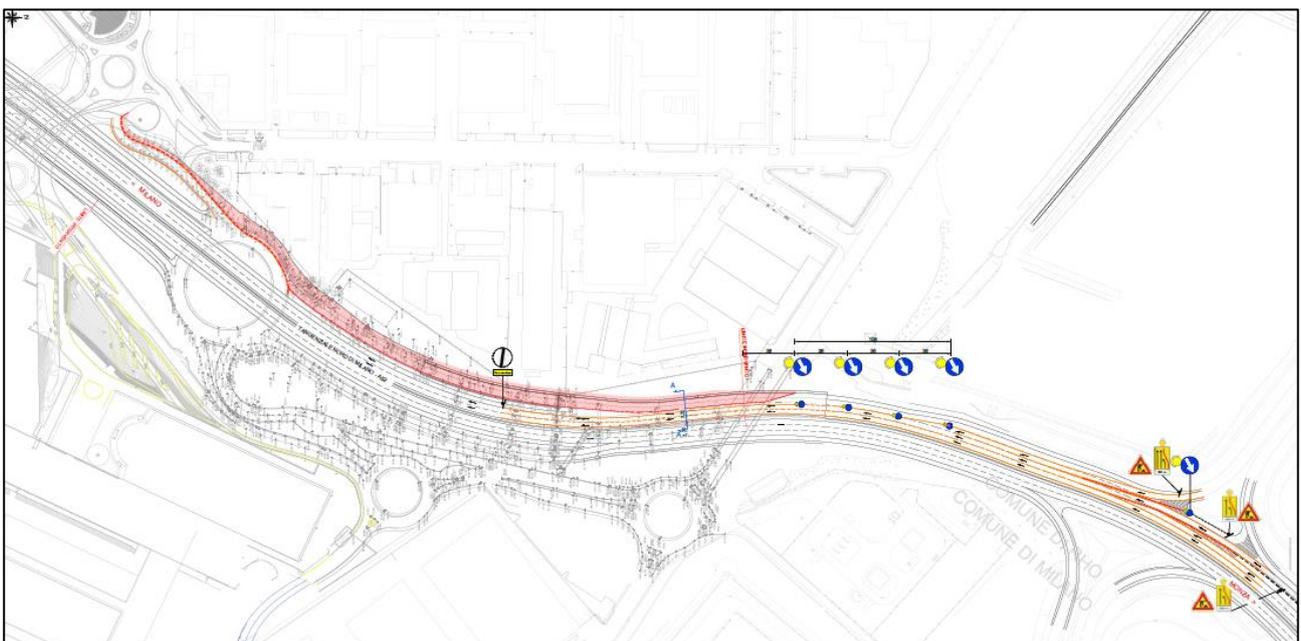


Figura 8 – CANTIERE A52 NORD: ipotesi di fase 3

3 LE ANALISI MODELLISTICHE

Nel presente capitolo si riportano i risultati delle diverse simulazioni modellistiche svolte per verificare l'efficacia dell'intervento di potenziamento del nodo A52 presso la porta Ovest di MIND come principale risultato e contemporaneamente l'impatto della realizzazione di tale opera nelle fasi di cantiere sul traffico circolante, che risulterà potenzialmente impattante ancorché temporaneo.

Vengono in primo luogo riportati gli assunti alla base dello studio, per poi analizzare modellisticamente lo scenario ad intervento ultimato, che corrisponde con l'orizzonte temporale T6, e quindi valutare la fase di cantiere, con la domanda di mobilità associata all'orizzonte temporale T4 e confrontata con la situazione infrastrutturale precedente il cantiere.

Si concluderà quindi confrontando le performances ottenute nei diversi scenari, al fine di poter valutare gli effetti negativi (durante la fase di cantiere) e positivi (ad opera ultimata) prodotti dall'intervento di potenziamento del nodo A52, con l'obiettivo primario di verificarne la sostenibilità trasportistica in tutte le diverse fasi analizzate.

3.1 Gli assunti dello studio

In questo paragrafo si riportano i principali assunti alla base del presente studio, al fine di fornire al lettore tutti gli elementi necessari per interpretare correttamente le risultanze stesse delle simulazioni modellistiche.

3.1.1 Lo studio trasportistico MIND

Il punto di partenza del presente studio trasportistico è lo STUDIO MIND, che, rispetto al tema della mobilità, analizza per tutta la durata di sviluppo del progetto MIND la domanda generata e attratta, le provenienze e le destinazioni, la ripartizione modale e oraria nelle diverse fasi di realizzazione.

Si rimanda quindi allo STUDIO MIND in particolare per la quantificazione della domanda di mobilità privata attribuita agli orizzonti temporali T4 e T6, che sono quelli rispettivamente precedente e successivo alla realizzazione del potenziamento del nodo A52.

3.1.2 La fascia di massimo carico AM

Ponendo in particolare l'attenzione sull'orizzonte T6, si può notare come ogni giorno feriale si prevede che circa 60.000 utenti si rechino a MIND. Concentrando ulteriormente l'analisi sulle fasce di punta mattutina (AM) e serale (PM), sempre limitatamente ai veicoli privati, si ha un traffico indotto di circa 5.100 in AM, di cui 4.400 in ingresso, e di circa 4.600 in PM, di cui 1.100 in ingresso.

Si può osservare come il carico complessivo risulta maggiore in AM, vista la maggior concentrazione degli arrivi rispetto ai ritorni a casa. Inoltre, dall'analisi del progetto di potenziamento di cui al paragrafo 2.2, è possibile osservare come risulti più significativo l'aumento di capacità per i veicoli in arrivo, per cui la fascia AM risulta ulteriormente quella più significativa ai fini dell'analisi dell'opera in progetto. Da queste prime considerazioni discende la scelta di concentrare l'attenzione sulla fascia AM per tutte le verifiche modellistiche.

Sempre relativamente all'orizzonte T6 nella fascia AM e ai veicoli destinati a MIND, si riporta in tabella una ripartizione per porta e per accesso, che fa notare come l'utilizzo dalle rampe autostradali avvenga per circa 2.400 veicoli, pari al 54% dell'indotto veicolare totale.

Porta	Veicoli	Quota	Accessi	Veicoli	Quota
Ovest	2540	58%	A52 Nord	1531	35%
			A52 Sud	831	19%
			Risorgimento	179	4%
Nord	941	22%	De Gasperi	252	6%
			Baranzate	689	16%
Est	886	20%	Stephenson	233	5%
			Roserio	653	15%
Totale	4368	100%	Totale	4368	100%

Tabella 2 – Orizzonte T6 di MIND: veicoli in ingresso in AM per porta e accesso

Concentrando poi l'attenzione sulla Rampa Nord, tale valore è di 1531 veicoli, pari al 35% dell'indotto veicolare totale. Ne consegue l'estrema rilevanza per l'accessibilità di MIND della porta Ovest in generale e della Rampa Nord in particolare. Da queste considerazioni deriva di fatto il progetto di potenziamento del nodo A52.

3.1.3 I percorsi alternativi

Nel presente studio si porta avanti un'ipotesi estremamente cautelativa ai fini di condurre le verifiche modellistiche: la domanda di traffico veicolare privato ipotizzata per l'orizzonte temporale T4 non varia in conseguenza della presenza del cantiere del nodo A52. In realtà ci si potrebbe aspettare 3 tipi di comportamento da parte degli utenti a fronte della riduzione di capacità della rete conseguente alla presenza del cantiere:

- Utilizzo di un altro modo di trasporto (ad esempio il trasporto pubblico, fortemente presente nell'area MIND, con un'offerta estremamente importante su ferrovia, metropolitana e TPL di superficie)
- Modifica dell'orario di spostamento, per evitare la concentrazione presente nell'ora di picco (ad esempio anticipando o posticipando l'arrivo a MIND)
- Rinuncia al viaggio (ad esempio utilizzando le sempre più diffuse e promosse iniziative di Smart Working e di teleconferenze).

Tutte queste scelte porterebbero ad una riduzione della domanda di traffico veicolare per la fascia AM.

Si è invece ipotizzato l'utilizzo, per una quota parte dei veicoli circolanti, di percorsi alternativi, in particolare in relazione alla chiusura temporanea (durante le fasi 2 e 3 del cantiere) della Rampa Nord della A52.

Ai fini del presente studio, si può schematizzare l'utenza che nell'orizzonte temporale T4 nella fascia AM utilizza la rampa Nord con 3 diverse provenienze:

- Provenienza dalla A52 da Monza (in breve MB)
- Provenienza dalla A8 da Varese-Como (in breve VA)
- Provenienza dalla A8 da Milano (in breve MI). In realtà a tale provenienza si aggiunge quella proveniente da Baranzate (sulla variante alla Varesina) attraverso la complanare della A52.

Nella tabella vengono riportati i relativi volumi di traffico, in termini assoluti e percentuali, con anche la suddivisione tra circolanti, leggeri e pesanti, e indotti MIND.

Tipo	Veicoli	Veicoli per provenienza		
		MB	VA	MI
LEGGERI	303	106	99	97
PESANTI	4	1	1	2
INDOTTI	770	269	250	251
TOTALI	1077	376	350	350

Tabella 3 – Orizzonte T4 fascia AM: veicoli della Rampa Nord per provenienza e tipologia

Per ciascuna delle provenienze identificate è stato quindi analizzato un percorso alternativo, che consente di arrivare all'area MIND utilizzando un altro accesso o un'altra porta.

In premessa si riportano degli esempi di cartellonistica che possono essere disposti lungo i percorsi per segnalare le viabilità alternative rispetto al percorso standard.

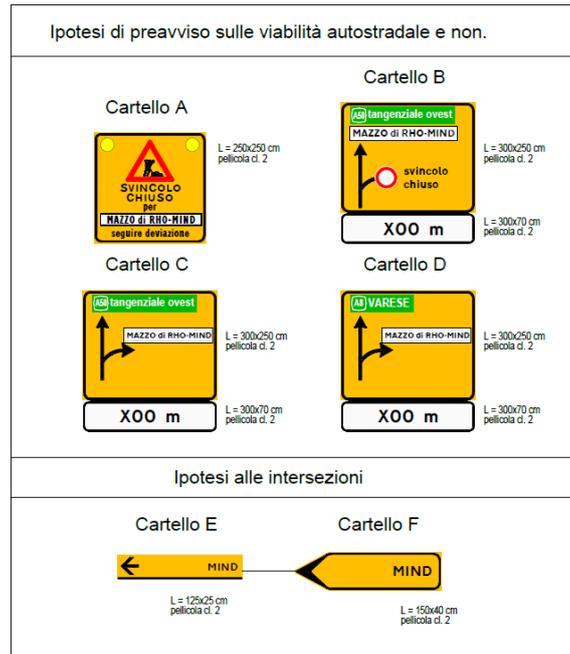


Figura 9 – Esempio di cartellonistica di cantiere

In particolare, per la provenienza MB, si è ipotizzato di proseguire fino allo svincolo Fiera Milano Est-Sud successivo della A52, quindi nella rotonda di Porta Sud della Fiera di Milano effettuare una sorta di inversione del senso di marcia per riprendere la A52 in direzione Monza, e quindi uscire allo svincolo Mazzo di Rho ma sulla Rampa Sud, quindi sostanzialmente sempre dalla porta Ovest. In particolare, per la rotonda di Porta Sud della Fiera, è stato fatto un approfondimento al fine di verificare l'impatto della trasmigrazione dei flussi dalla rampa Nord della porta Ovest di MIND: si rimanda al paragrafo 3.3.4 per i dettagli. Il percorso è rappresentato nella Figura 10. Si può vedere che il percorso così modificato presenta un aggravio di 2.3 km e di 2 minuti di percorrenza.

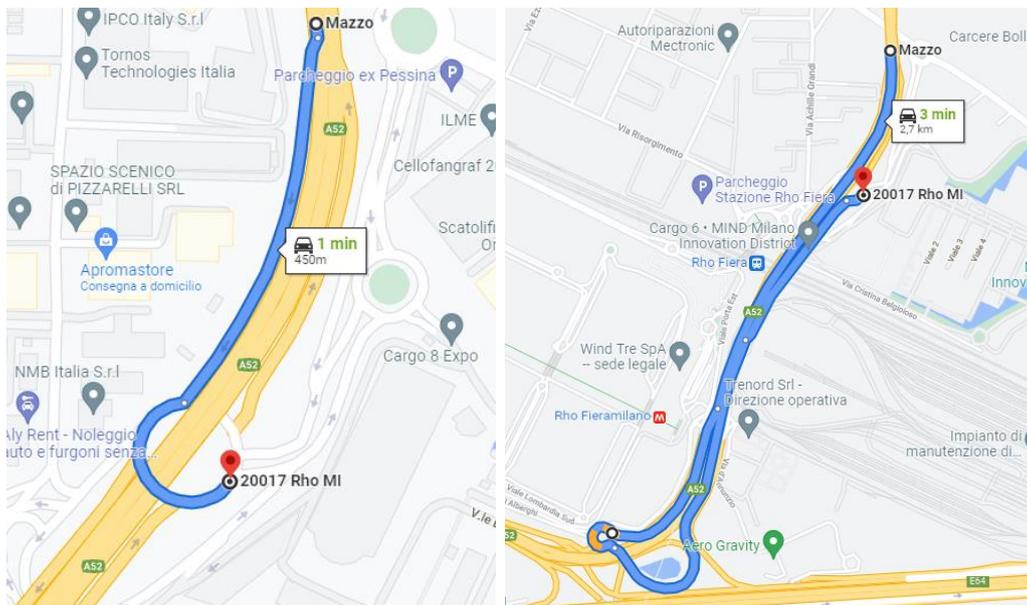


Figura 10 – Percorso alternativo per la provenienza MB

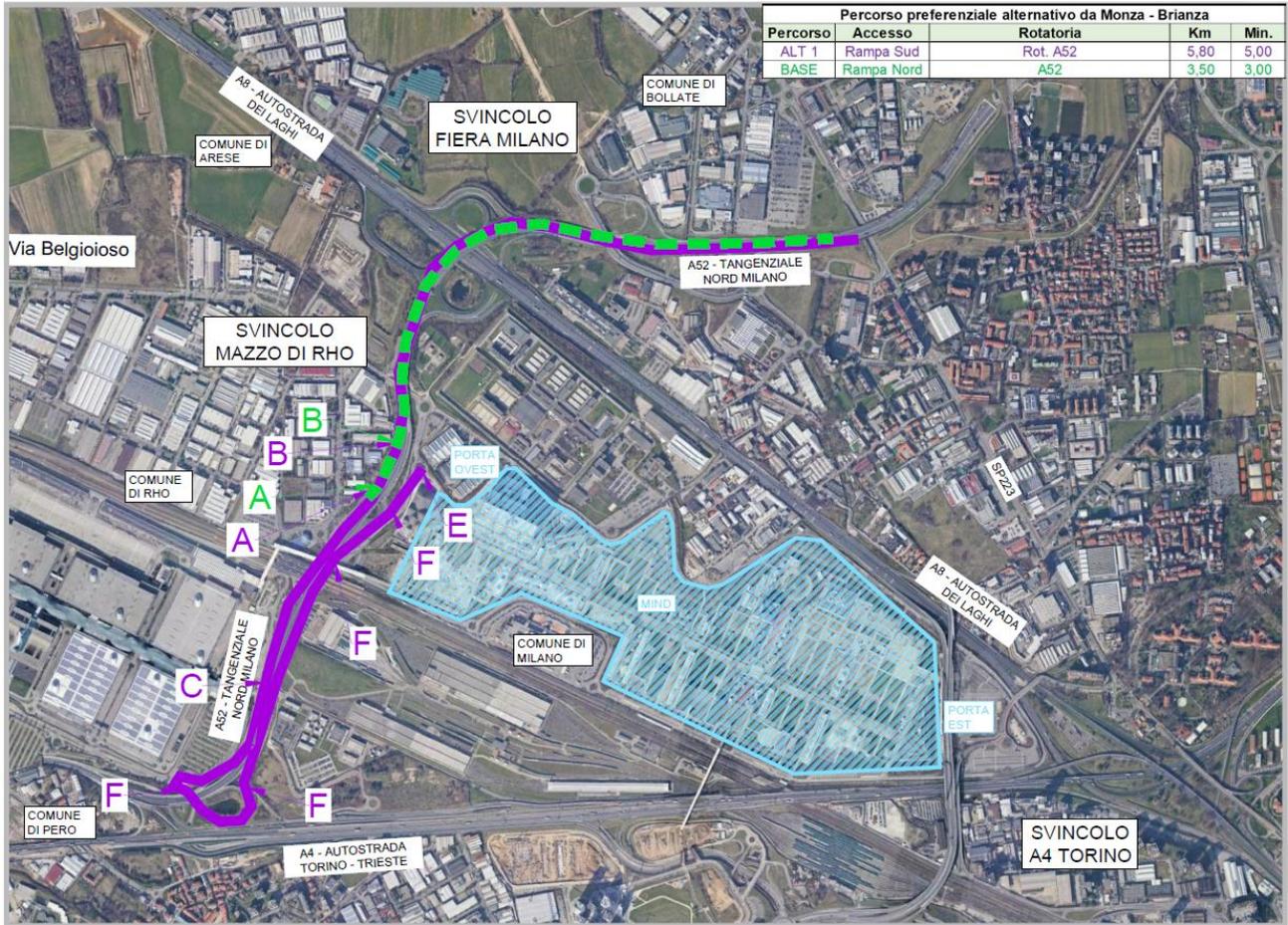


Figura 11 – Prima ipotesi di segnaletica per la provenienza MB

Per la provenienza VA, si è ipotizzato di proseguire sulla A50 fino all'uscita di Rho-Però, quindi prendere via Buonarroti e via Risorgimento al fine di raggiungere Porta Ovest MIND. Il percorso è rappresentato nella Figura 10. Si può vedere che il percorso così modificato presenta un aggravio di 2.1 km e di 7 minuti di percorrenza.

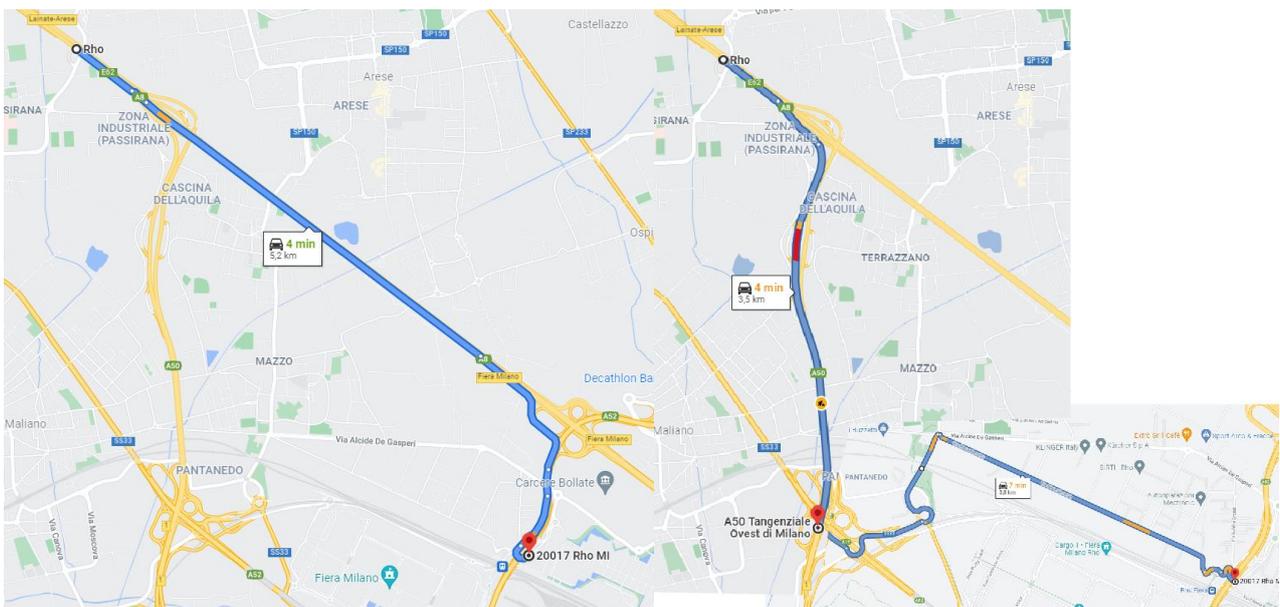


Figura 12 – Percorso alternativo per la provenienza VA

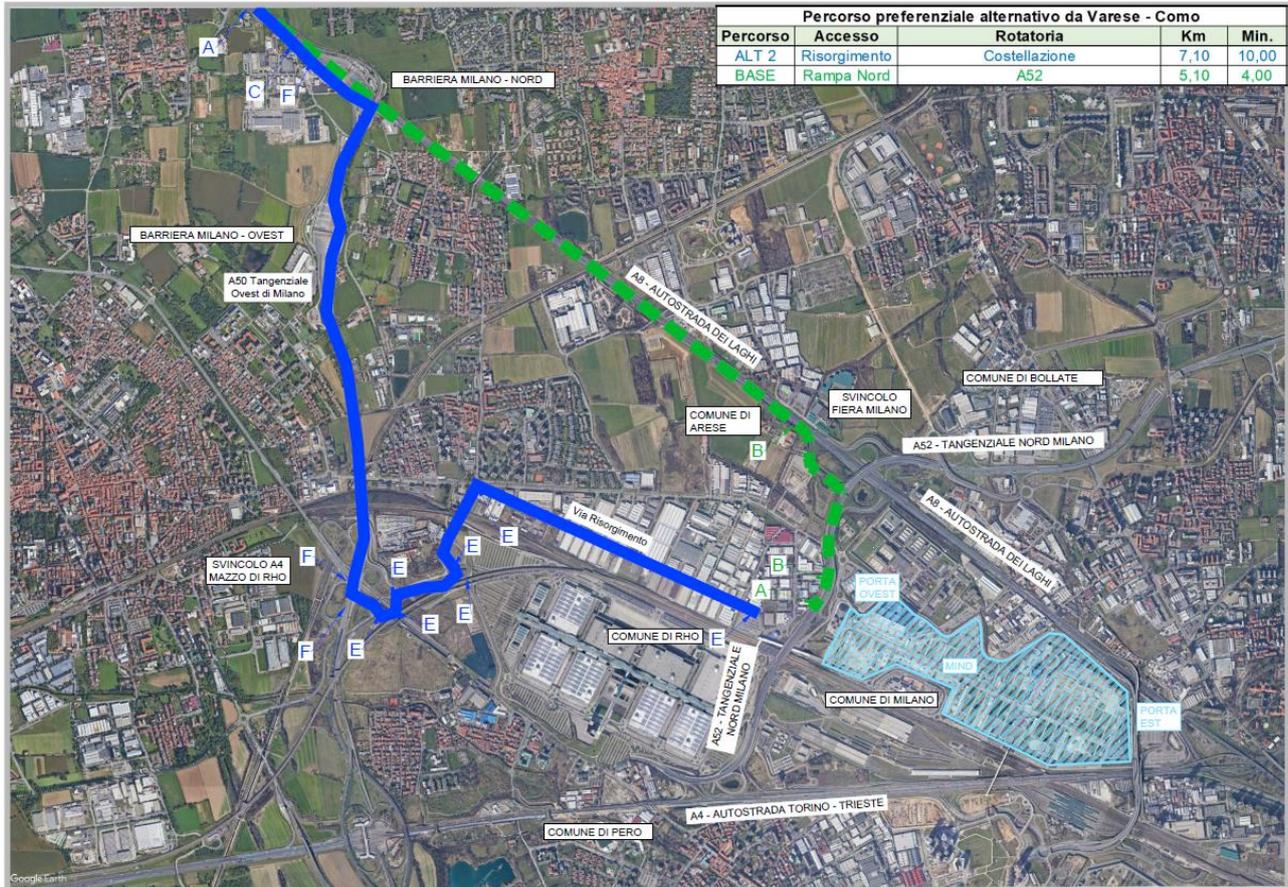


Figura 13 – Prima ipotesi di segnaletica per la provenienza VA

Infine, per la provenienza MI, si è ipotizzato di uscire allo svincolo di Via Cogne, sulla connessione verso la A4, quindi proseguire verso Piazzale Roserio per poi raggiungere porta Est tramite via Belgioioso. Il percorso è rappresentato nella Figura 14. Si può vedere che il percorso così modificato presenta un aggravio di 0.2 km e di 5 minuti di percorrenza. In questo caso si modifica la porta di accesso, da porta Ovest a porta Est, occorre tenere presente questo aspetto nel valutare le differenze di distanza e durata della percorrenza.

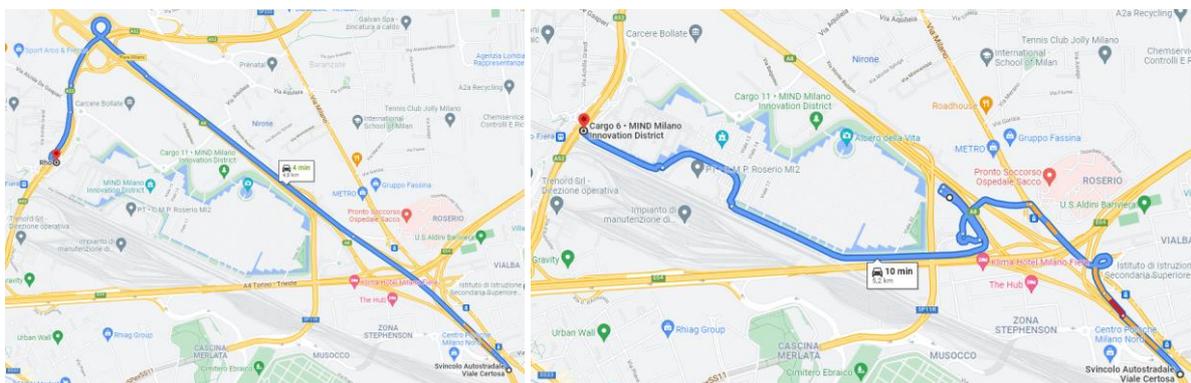


Figura 14 – Percorso alternativo per la provenienza MI

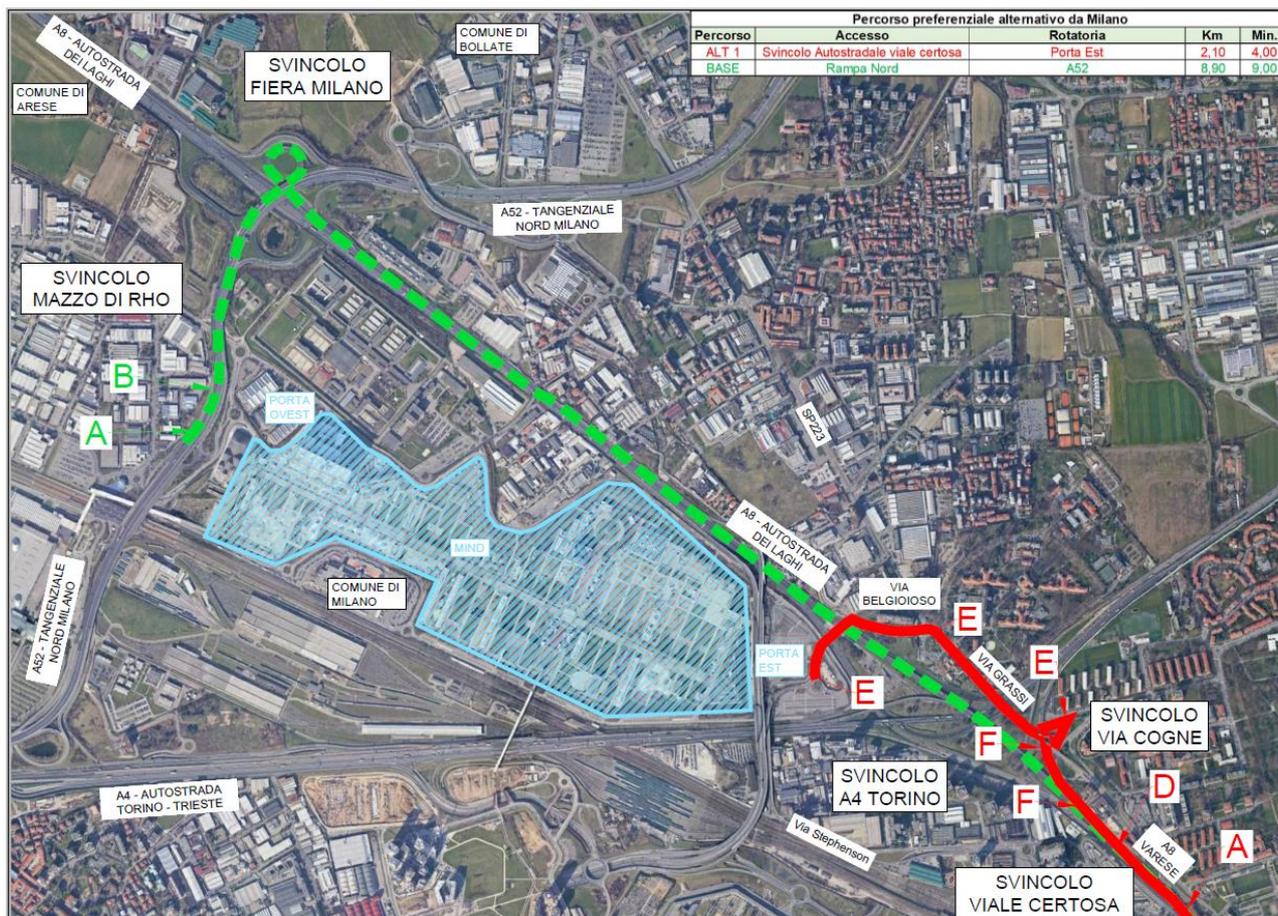


Figura 15 – Prima ipotesi di segnaletica per la provenienza MI

Al fine di favorire il reindirizzamento degli utenti secondo i percorsi alternativi sopra identificati, si sono ipotizzati due tipi di intervento, da attuare durante le fasi di cantiere, in particolare per le fasi 2 e 3 (rampa chiusa).

- Si provvederà a predisporre opportuna segnaletica stradale per proporre dalle 3 provenienze analizzate, con l'opportuno anticipo, il percorso alternativo da seguire per raggiungere il sito MIND
- Si coinvolgeranno i tenants ovvero saranno implementati strumenti di comunicazione volti a segnalare ai resident e visitatori di MIND i percorsi di accesso al sito migliori in relazione alla specifica fase e fascia oraria attraverso i Reception Desk degli edifici e specifiche piattaforme di informazione digitale.

Tali iniziative verranno portate avanti dai proponenti dell'intervento MIND, coinvolgendo i diversi soggetti interessati alle due iniziative.

3.1.4 La rete analizzata e la zonizzazione

Al fine di valutare in modo completo l'impatto dell'opera in progetto, si è fatto riferimento per la fase a intervento ultimato (Stato di Progetto o SDP, nell'orizzonte temporale T6) alla rete viaria riportata nella Figura 16 e nella Figura 17, mentre per la fase di cantiere (Stato di Cantiere o SDC, per l'orizzonte temporale T4) alla rete viaria riportata nella Figura 18 e nella Figura 19.



Figura 16 – Rete viaria di riferimento SDP



Figura 17 – Rete viaria di riferimento SDP, zoom A52



Figura 18 – Rete viaria di riferimento SDC



Figura 19 – Rete viaria di riferimento SDC, zoom A52

Si tratta sostanzialmente dell'anello viario che racchiude tutto l'intervento MIND, completato dal sistema autostradale della A52, che ricomprende anche l'interconnessione con l'autostrada A8. Le differenze tra le due reti riguardano di fatto gli interventi previsti per il potenziamento del nodo A52: nelle configurazioni di cantiere si indicheranno le variazioni dello schema viabilistico dovute alle diverse fasi realizzative.

Complessivamente si tratta di una rete viaria lunga complessivamente 20 km, di cui 7.5 km riferiti alle carreggiate autostradali, 5 km alle relative rampe e i restanti alla viabilità ordinaria. In tale rete risultano presenti ben 12 rotatorie, che rappresentano i principali punti di attenzione del sistema viabilistico, insieme agli assi autostradali.

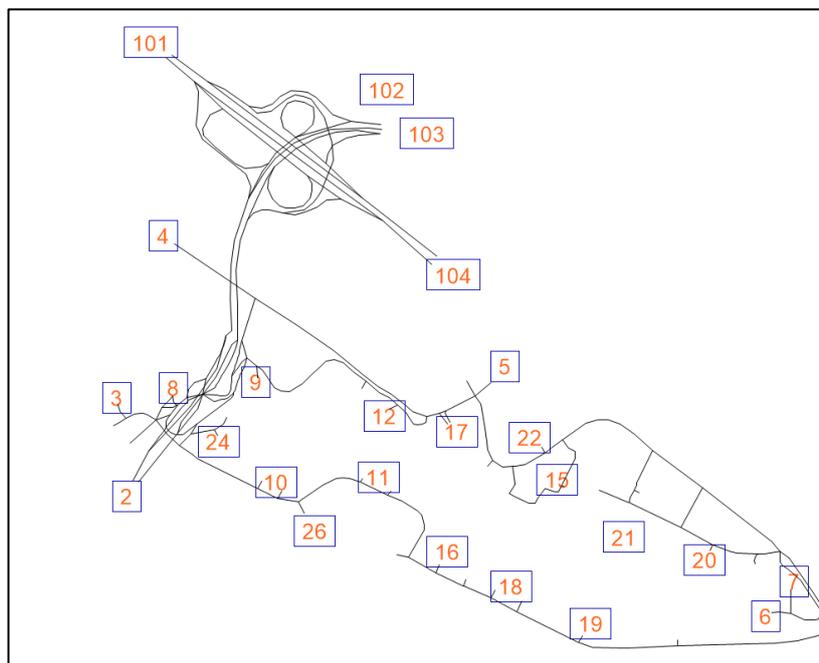


Figura 20 – Zonizzazione considerata

La domanda di mobilità è rappresentata da 29 zone, di cui circa metà interne e metà esterne a MIND.

E' interessante notare le differenze di carico della rete tra i due orizzonti temporali considerati, dove in T6 si assiste ad una crescita della domanda dovuta ai nuovi interventi insediativi.

Vengono quindi forniti, nei successivi paragrafi, alcuni elementi utili per le successive analisi puntuali, che riguardano principalmente le rampe autostradali dello svincolo A52 di Mazzo di Rho e le rotatorie della viabilità di adduzione a MIND.

3.1.4.1 Le rampe autostradali

Le rampe autostradali che verranno considerate per le successive verifiche modellistiche sono quelle maggiormente interessate dall'intervento in progetto e si riferiscono allo svincolo A52 di Mazzo di Rho. Si tratta di 4 rampe, due in ingresso e due in uscita, tutte attestate sulla rotatoria A52. Nella Figura 4 e nella Figura 5 sono riportate rispettivamente le relative planimetrie nella configurazione attuale e progettuale.

3.1.4.2 Le rotatorie

Le rotatorie presenti nella viabilità di adduzione a MIND sono indicate nella planimetria di Figura 21. Sono tutte presenti sia nello scenario SPD che in quelli SDC, al netto di alcune modifiche geometriche che si riferiscono alla sola rotatoria A52.

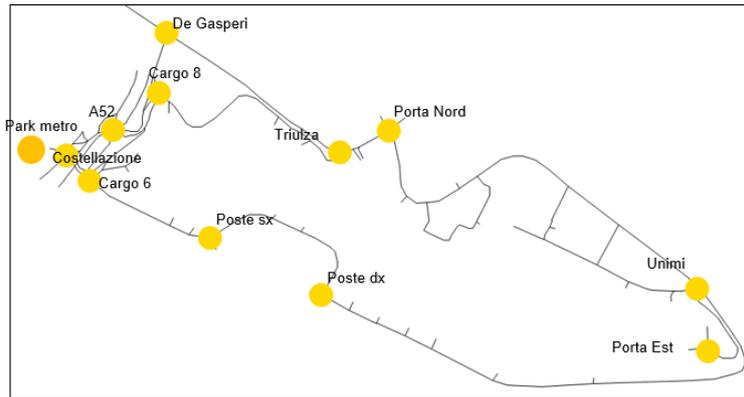


Figura 21 – Localizzazione delle rotatorie

Qui di seguito vengono riportate le caratteristiche geometriche di ciascuna rotatoria e la nomenclatura dei diversi rami. Infine, in termini di veicoli equivalenti, viene riportata anche la matrice di domanda corrispondente allo scenario SDP, per l'orizzonte T6 nella fascia AM.

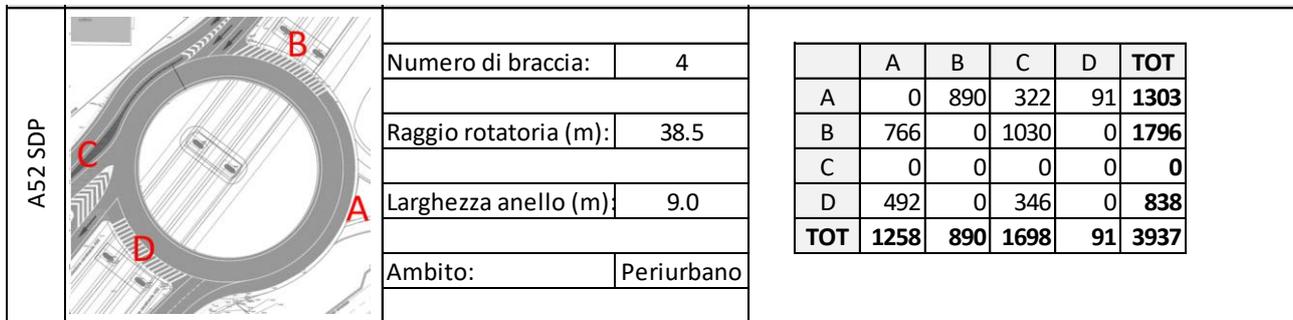


Figura 22 – Rotatoria A52: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

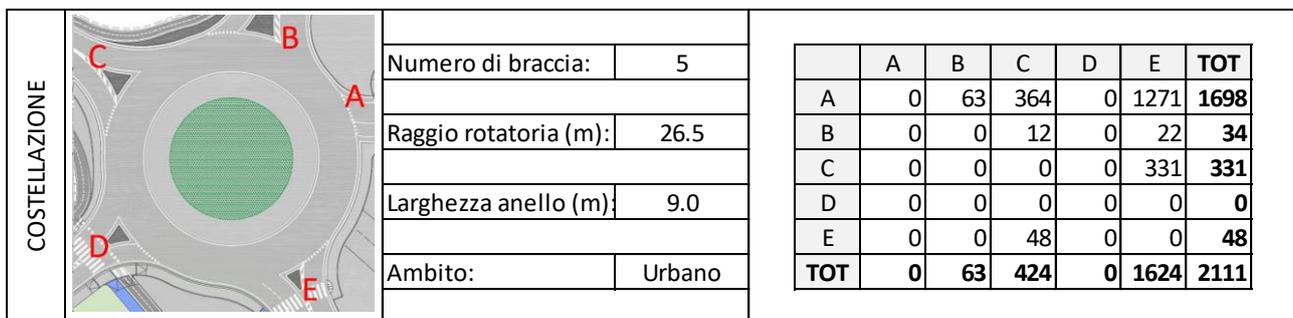


Figura 23 – Rotatoria Costellazione: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

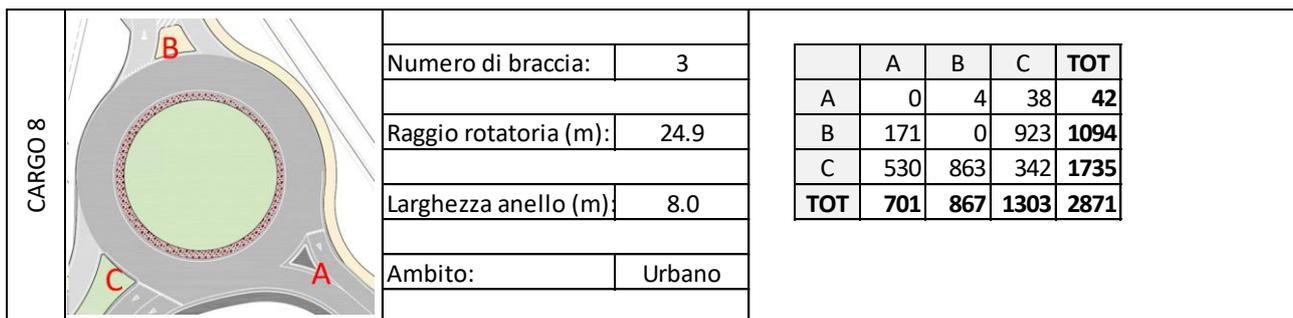


Figura 24 – Rotatoria Cargo 8: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM



Figura 25 – Rotatoria Cargo 6: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

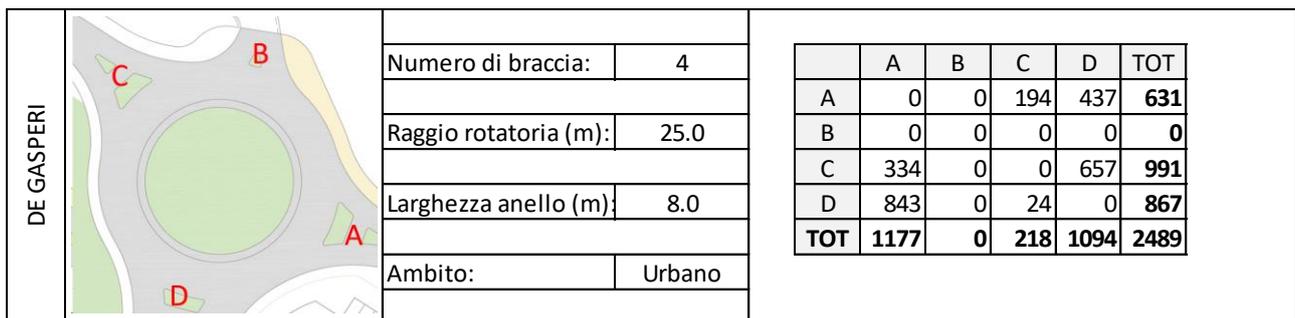


Figura 26 – Rotatoria De Gasperi: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

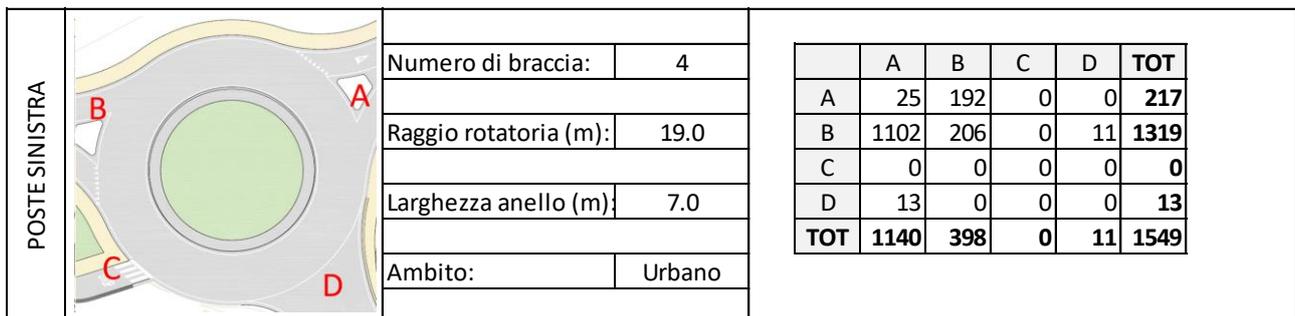


Figura 27 – Rotatoria Poste sinistra: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

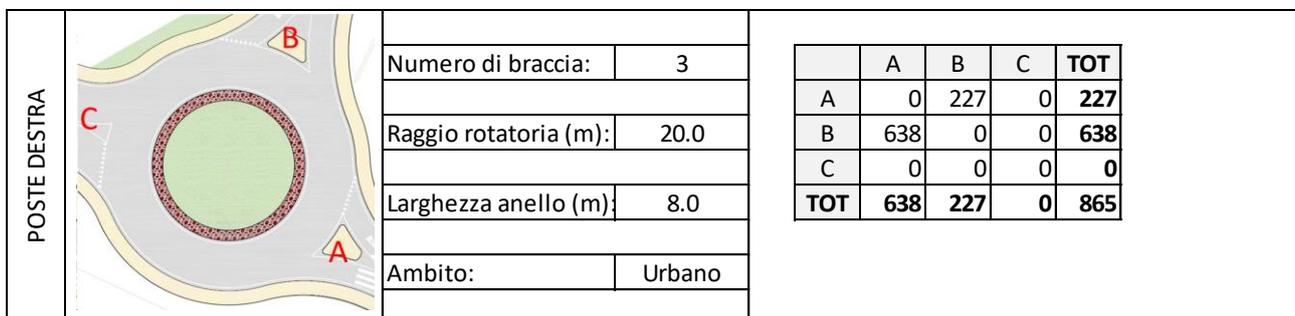


Figura 28 – Rotatoria Poste destra: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

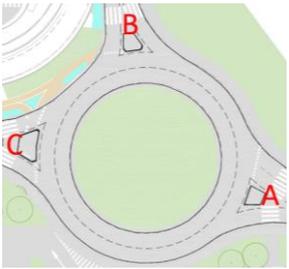
PORTA EST		Numero di braccia:	3	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>TOT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0</td> <td>208</td> <td>293</td> <td>501</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>740</td> <td>0</td> <td>300</td> <td>1040</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>237</td> <td>38</td> <td>0</td> <td>275</td> </tr> <tr> <td>TOT</td> <td>977</td> <td>246</td> <td>593</td> <td>1816</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	TOT	A	0	208	293	501	B	740	0	300	1040	C	237	38	0	275	TOT	977	246	593	1816
			A		B	C	TOT																						
		A	0		208	293	501																						
		B	740		0	300	1040																						
		C	237		38	0	275																						
TOT	977	246	593	1816																									
Raggio rotatoria (m):	24.3																												
Larghezza anello (m):	7.7																												
Ambito:	Urbano																												

Figura 29 – Rotatoria Porta Est: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

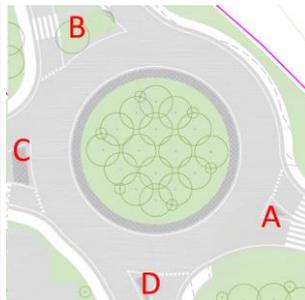
UNIMI		Numero di braccia:	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>TOT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>173</td> <td>73</td> <td>256</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>139</td> <td>0</td> <td>313</td> <td>404</td> <td>856</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>8</td> <td>39</td> <td>0</td> <td>24</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>344</td> <td>331</td> <td>302</td> <td>0</td> <td>977</td> </tr> <tr> <td>TOT</td> <td>491</td> <td>380</td> <td>788</td> <td>501</td> <td>2160</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	TOT	A	0	10	173	73	256	B	139	0	313	404	856	C	8	39	0	24	71	D	344	331	302	0	977	TOT	491	380	788	501	2160
			A		B	C	D	TOT																																
		A	0		10	173	73	256																																
		B	139		0	313	404	856																																
		C	8		39	0	24	71																																
D	344	331	302	0	977																																			
TOT	491	380	788	501	2160																																			
Raggio rotatoria (m):	23.0																																							
Larghezza anello (m):	8.0																																							
Ambito:	Urbano																																							

Figura 30 – Rotatoria Unimi: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

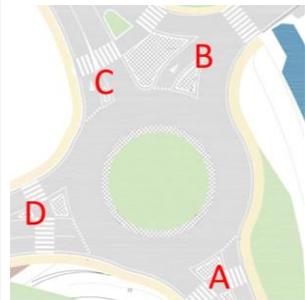
PORTA NORD		Numero di braccia:	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>TOT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0</td> <td>39</td> <td>0</td> <td>344</td> <td>383</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>543</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>385</td> <td>928</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>1017</td> <td>125</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>1153</td> </tr> <tr> <td>TOT</td> <td>1560</td> <td>164</td> <td>0</td> <td>740</td> <td>2464</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	TOT	A	0	39	0	344	383	B	543	0	0	385	928	C	0	0	0	0	0	D	1017	125	0	11	1153	TOT	1560	164	0	740	2464
			A		B	C	D	TOT																																
		A	0		39	0	344	383																																
		B	543		0	0	385	928																																
		C	0		0	0	0	0																																
D	1017	125	0	11	1153																																			
TOT	1560	164	0	740	2464																																			
Raggio rotatoria (m):	20.3																																							
Larghezza anello (m):	8.3																																							
Ambito:	Urbano																																							

Figura 31 – Rotatoria Porta Nord: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

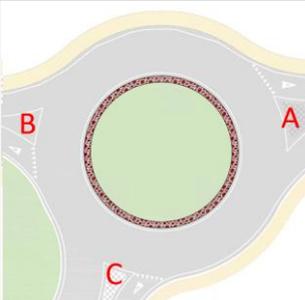
TRIULZA		Numero di braccia:	3	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>TOT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>25</td> <td>593</td> <td>122</td> <td>740</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1116</td> <td>0</td> <td>61</td> <td>1177</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>68</td> <td>38</td> <td>0</td> <td>106</td> </tr> <tr> <td>TOT</td> <td>1209</td> <td>631</td> <td>183</td> <td>2023</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	TOT	A	25	593	122	740	B	1116	0	61	1177	C	68	38	0	106	TOT	1209	631	183	2023
			A		B	C	TOT																						
		A	25		593	122	740																						
		B	1116		0	61	1177																						
		C	68		38	0	106																						
TOT	1209	631	183	2023																									
Raggio rotatoria (m):	24.9																												
Larghezza anello (m):	8.0																												
Ambito:	Urbano																												

Figura 32 – Rotatoria Triulza: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

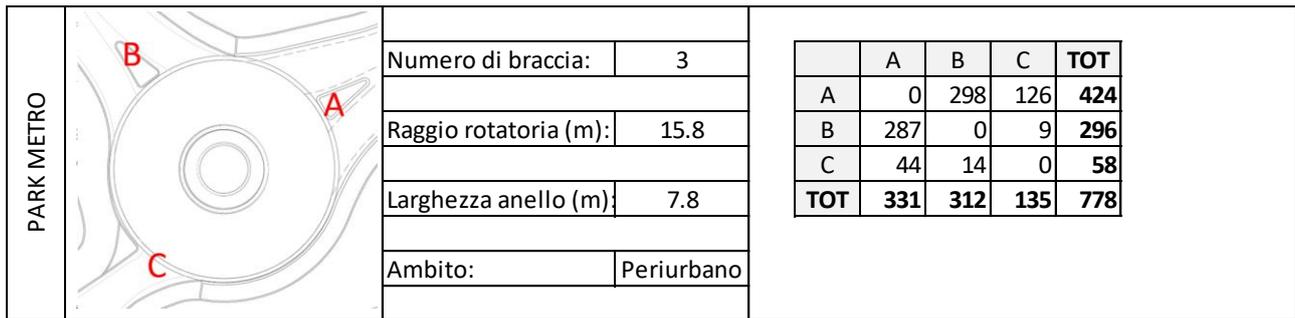


Figura 33 – Rotatoria Park metro: geometrie e domanda di traffico al T6 fascia AM

Come anticipato anche nei paragrafi precedenti, è stata oggetto di analisi anche la rotatoria Porta Sud Fiera, in quanto i veicoli con provenienza MB che proseguono lungo la A52 in fase di cantiera senza la disponibilità della rampa Nord, effettuano il cambio di marcia in corrispondenza di questa rotatoria, per ridirigersi verso MIND tramite la rampa Sud.

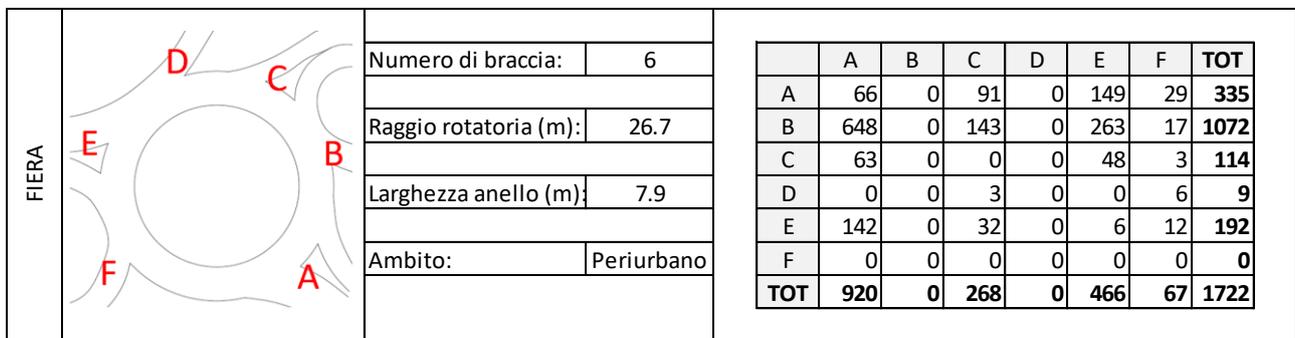


Figura 34 – Rotatoria Porta Sud Fiera: geometrie e domanda di traffico attuale fascia AM

Tale matrice di riferimento è stata ricostruita a partire dai dati Floating Car Data (dati FCD) di fonte Infoblu, opportunamente espansi, desunti dalla media dei giorni feriali di fiera del trimestre Gennaio-Marzo del 2019 (18 giorni), non risentendo quindi della distorsione dovuta la periodo pandemico. A titolo cautelativo i giorni feriali non di fiera non sono stati usati per il calcolo dei flussi su tale rotatoria.

<p>Fiere Milano gennaio 2019 23 - 25 gennaio 2019: PTE (Promotion Trade Exhibition), Fiera Milano City 25 - 28 gennaio 2019: HOMI (Salone degli stili di vita), Rho Fiera Milano</p> <p>Fiere Milano febbraio 2019 5 - 7 febbraio 2019: Milano Unica (Salone italiano del tessile), Fiera Milano Rho 10 - 13 febbraio 2019: MIPEL - The Bagshow (pelletteria e accessori moda), Fiera Milano Rho 10 - 12 febbraio 2019: BIT (Borsa Internazionale Turismo), Fiera Milano City 10 - 13 febbraio 2019: MICAM (Esposizione Internazionale della Calzatura), Polo Fieristico Rho - Pero 20 - 22 febbraio 2019: Linea Pelle (abbigliamento e arredamento), Fiera Milano 20 - 22 febbraio 2019: SIMAC Tanning - Tech (tecnologia destinata a produzione di pelletteria e calzature), Rho Fiera Milano 20 - 22 febbraio 2019: My Plant and Garden (florovivaismo), Rho Fiera Milano 22 - 24 febbraio 2019: Hobby Show (salone italiano della creatività), Rho Fiera Milano 22 - 25 febbraio 2019: The One Milano - Mifur Mipap (salone internazionale moda prêt à porter in tessuto, pelle, pelliccia), Milano City 23 - 25 febbraio 2019: MIDO (ottica, optometria e oftalmologia), Polo Fiera Rho</p> <p>Fiere Milano marzo 2019 8 - 10 marzo 2019: Cartoomics (fumetti, cosplay, collezionismo, fantasy, cartoons), Fiera Milano Rho 8 - 10 marzo 2019: Fa' la cosa giusta (fiera consumo critico e stili di vita sostenibili), Fiera Milano City 13 - 16 marzo 2019: MADE Expo (architettura, design, edilizia), Rho Fiera Milano</p>
--

Figura 35 – Fiere del periodo considerato

3.1.5 Gli strumenti modellistici utilizzati

Gli strumenti modellistici utilizzati nell'ambito del presente studio sono 3 e vengono qui di seguito brevemente descritti:

- Il microsimulatore dinamico **VISSIM**, nell'ambito della suite VISUM, prodotto dalla società tedesca PTV, è stato utilizzato per valutare le performance complessive dell'intera rete viaria di riferimento, attraverso indicatori sintetici e analitici. In particolare, i principali riguardano la quota di domanda smaltita, la velocità media, i tempi di percorrenza, i ritardi rispetto alla situazione di rete scarica, gli accodamenti in alcuni punti e i tempi di percorrenza lungo determinati itinerari.
- La metodologia **HCM** (Highway Capacity Manual), definito dall'ente americano Federal Highway Administration e fatto proprio anche dalla legislazione Italiana in materia di progettazione stradale, che consente di calcolare i livelli di servizio a cui operano i diversi elementi della rete stradale. Nello specifico, l'HCM è stato utilizzato per il calcolo dei livelli di servizio delle rampe autostradali, con particolare riferimento alla Rampa Nord e alla Rampa Sud dello svincolo della A52.
- Il software di simulazione statica **GIRABASE**, basato sulla metodologia SETRA-CERTU, è stato utilizzato per verificare le performance delle diverse rotatorie presenti nella rete viaria di riferimento. In particolare, per ciascun braccio della rotatoria viene calcolata la riserva di capacità residua, che rappresenta un indicatore di fatto associabile al livello di servizio. Come da metodologia Girabase, il calcolo dei veicoli è espresso in veicoli GB, dove il fattore di equivalenza per i pesanti è 2.

Al fine di stimare il livello di servizio offerto da rampe autostradali e rotatorie, si è considerato nel primo caso (metodologia HCM) il rapporto flusso/capacità, che quindi esprime il livello di saturazione, e nel secondo (software GIRABASE) la riserva di capacità (e quindi per complemento il livello di saturazione), per poi riferirsi alla successiva tabella di associazione tra livello di saturazione e Livello di Servizio (LDS), così come proposto da Regione Lombardia nelle sue linee guida nella DGR n 8/3219 del 2006.

Saturazione	LDS
<0.35	A
<0.54	B
<0.77	C
<0.93	D
<1	E
>1	F

Tabella 4 – Corrispondenza livello di saturazione/LDS (fonte Regione Lombardia)

3.2 Lo scenario di progetto (SDP)

Nel presente paragrafo viene analizzato lo scenario di progetto, a fine realizzazione dell'opera e con la domanda di traffico veicolare privato stimata per l'orizzonte temporale T6 nella fascia AM. Tale scenario viene denominato Stato di Progetto o SDP.

3.2.1 La domanda e l'offerta di mobilità SDP

La domanda di mobilità è quella stimata nello STUDIO MIND, cui si rimanda, per l'orizzonte temporale T6, relativamente alla fascia della mattina AM. Si tratta complessivamente di circa 21.600 veicoli, di cui 15.000 circolanti leggeri, 1.500 circolanti pesanti e 5.100 indotti da MIND.

La rete viaria di riferimento è quella riportata in Figura 16, cui si rimanda, che prevede il completamento dell'intervento di potenziamento del nodo A52 in corrispondenza della porta Ovest di MIND.

3.2.2 Le analisi micro SDP

La domanda di mobilità è stata assegnata alla rete di studio, ottenendo i flussi mostrati nella Figura 36, in termini di veicoli equivalenti, con un fattore di equivalenza per i pesanti pari a 2.5.

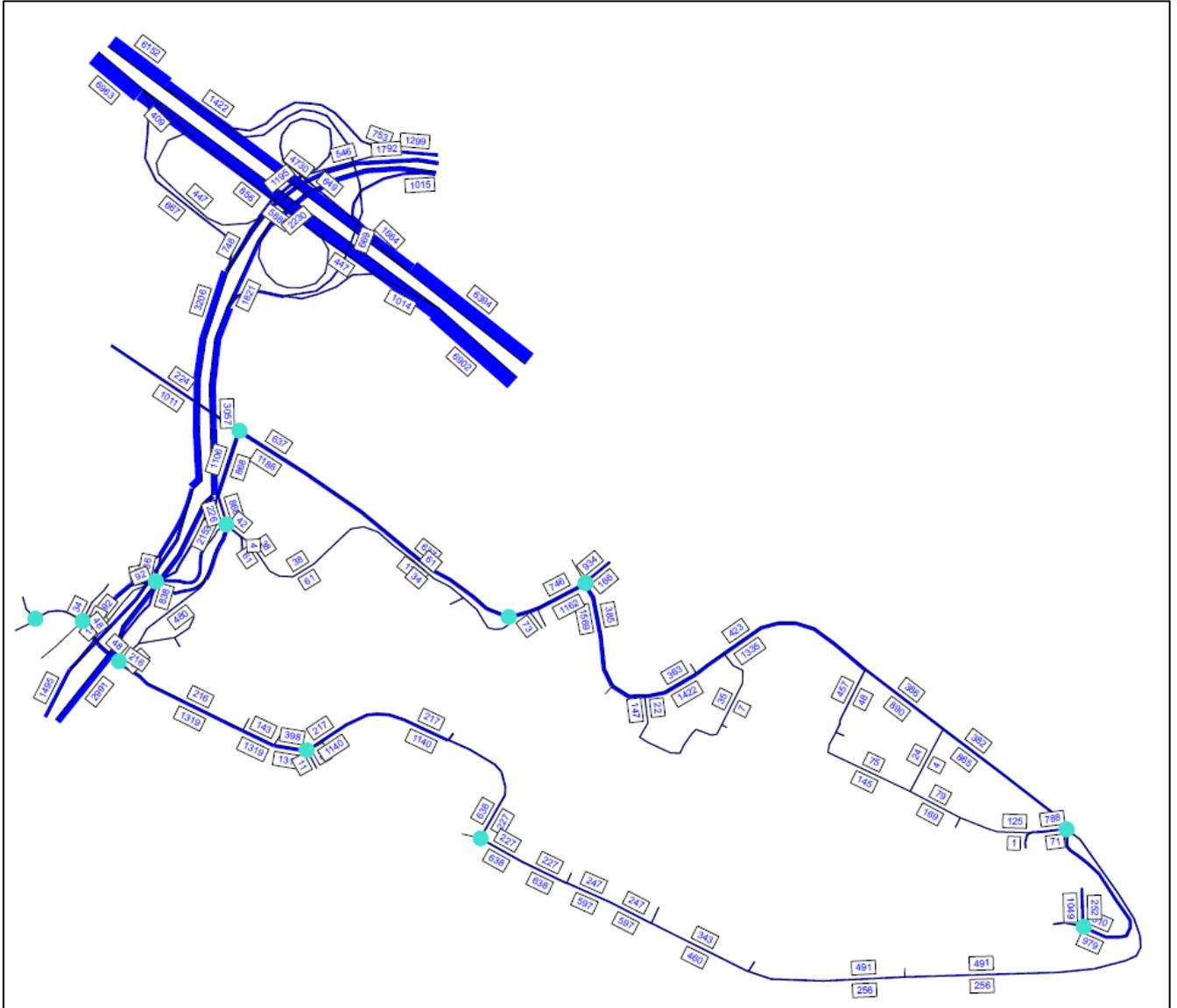


Figura 36 – Flussogramma SDP (veicoli/equivalenti)

Le performance generali della rete sono espresse dagli indicatori riportati nella successiva Tabella 5.

PERFORMANCES		SDP
PARAMETRO		
Veicoli entrati nella rete	%	100%
Matrice totale dei veicoli	veicoli	21554
Veicoli nella rete a fine simulazione	veicoli	714
Distanza totale percorsa	km	38140
Velocità media	km/h	55.32
Tempo totale nella rete	ore	689
Tempo medio per veicolo perso	secondi	13.9
Numero medio di fermate per veicolo	fermate	0.2

Tabella 5 – Indicatori di performance in SDP

In generale la rete di studio ha un'elevata quantità di veicoli in transito. Sicuramente la componente di transito autostradale incide sulle performances della rete, ma in relazione alla stretta vicinanza tra lo svincolo di

immissione dalla A8 con quello che dà accesso a MIND tramite la rampa Nord, risulta fondamentale considerarlo come un unico sistema, soprattutto per scongiurare fenomeni di riverbero in autostrada. La domanda di traffico riesce a entrate nella rete dell'ora di riferimento, con una velocità media attorno ai 55 Km/h, che è frutto della media delle singole velocità di tutti i veicoli in transito nella rete (anche autostradali).

3.2.3 Le analisi puntuali SDP

Le analisi di tipo puntuale fanno riferimento a due categorie di elementi stradali. In primo luogo, vengono analizzati i livelli di servizio sulle rampe autostradali della A52, ottenuti mediante metodologia HCM dal confronto tra il flusso e la capacità oraria, stimata in misura di 1.900 veicoli equivalenti all'ora per corsia.

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori di riferimento, in termini di livello di servizio, delle rampe autostradali di interesse.

Rampa	Direzione	Flusso	Capacità	Saturazione	LDS
NORD	Verso MIND	1809	3800	0.48	B
	Da MIND	917	1900	0.48	B
SUD	Verso MIND	838	1900	0.44	B
	Da MIND	92	1900	0.05	A

Tabella 6 – LDS rampe autostradali in SDP

Nella tabella successiva vengono riportati i valori di riferimento, in termini di riserva di capacità, di ciascun ramo entrante nelle rotatorie presenti nell'area di studio. Viene quindi calcolato il valore minimo di riserva di capacità su tutti i rami di ciascuna rotatoria, per poi derivarne il livello di servizio complessivo.

ROTATORIA	MATRICE	Braccio A	Braccio B	Braccio C	Braccio D	Braccio E	MIN	LOS
A52	3937	46%	60%	-	57%		46%	C
CARGO8	2871	95%	92%	44%			44%	C
COSTELLAZIONE	2111	53%	97%	66%	100%	98%	53%	B
CARGO6	1840	90%	-	33%			33%	C
POSTE_SX	1549	89%	39%	100%	98%		39%	C
POSTE_DX	865	91%	75%	100%			75%	A
PORTA_EST	1816	85%	37%	78%			37%	C
UNIMI	2160	81%	46%	95%	58%		46%	C
PORTA_NORD	2464	88%	48%	100%	47%		47%	B
TRIULZA	2023	68%	56%	92%			56%	B
DE_GASPERI	2489	74%	100%	42%	67%		42%	C
PARK METRO	778	82%	83%	96%			82%	A

Tabella 7 – Riserve di capacità e LDS rotatorie in SDP

In modo grafico vengono quindi rappresentati i LDS complessivi della rotatoria rispetto alla rete di studio, come riportato in Figura 37.

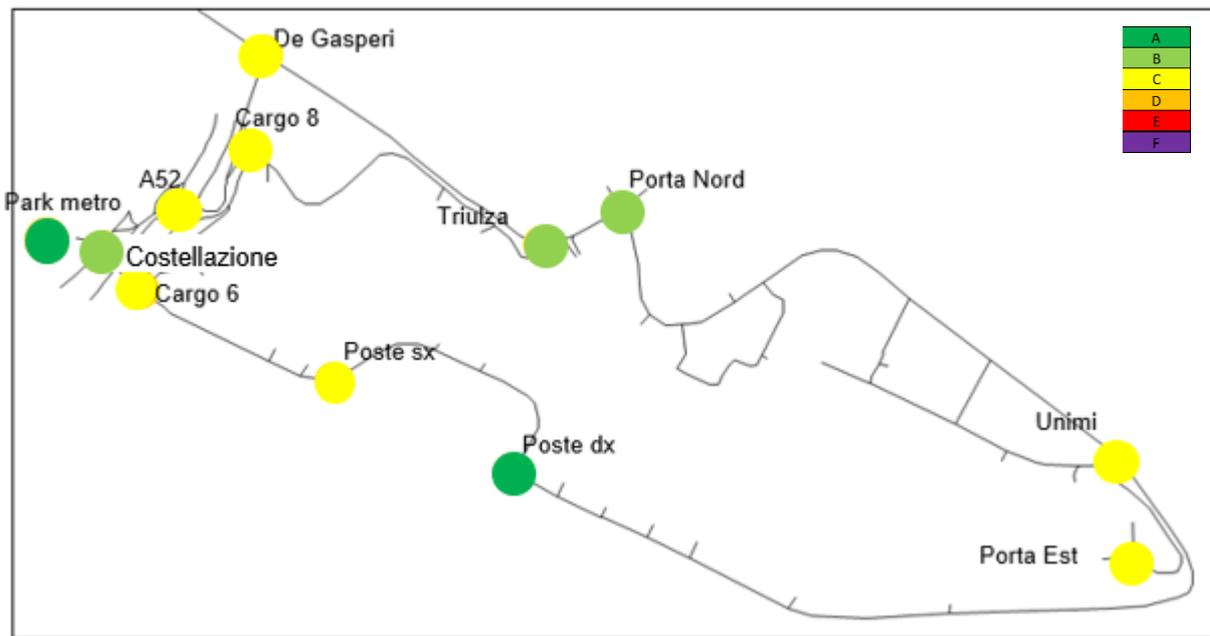


Figura 37 – LDS rotatorie in SDP: mappa di sintesi

In generale la capacità residua delle rotatorie è buona, con livelli di servizio che sono nel caso peggiore in C: è evidente come il forte potenziamento della porta Ovest riesca a garantire una buona fluidità di tutto il sistema MIND anche nel momento di realizzazione dell'orizzonte insediativo del T6.

3.3 Lo scenario di cantiere (SDC)

Nel presente paragrafo viene analizzato lo scenario di cantiere, con particolare riferimento al CANTIERE A52 NORD, corrispondente alle diverse fasi di realizzazione previste e con la domanda di traffico veicolare privato stimata per l'orizzonte temporale T4 nella fascia AM. Tale scenario viene complessivamente denominato Stato di Cantiere o SDC, ma si divide in fasi, come meglio descritto nel paragrafo 3.3.1.

3.3.1 Le fasi di cantiere SDC

Come già introdotto nel paragrafo 2.2.2, si è ipotizzato che la cantierizzazione dell'intervento si articoli in 4 fasi principali sintetizzabili in 3 periodi in quanto la fase 1 e la fase 4 hanno la stessa rilevanza trasportistica, con particolare riferimento alla realizzazione del potenziamento della Rampa Nord della A52, ovvero del CANTIERE A52 NORD, che rappresenta la situazione di massima criticità per la circolazione durante il potenziamento del nodo A52. Ai 3 periodi, per confronto, verrà aggiunta il periodo pre-intervento, sostanzialmente per verificare la differenza di performance tra lo stato precedente e quello di cantiere.

In dettaglio, quindi, le fasi di cantiere che vengono approfondite sono le 4 seguenti, tutte con la domanda di mobilità riferita all'orizzonte T4 nella fascia AM e con lo schema viabilistico all'orizzonte T4, salvo diversa indicazione:

- SDC0, ovvero la fase pre-inizio cantiere, senza alcuna variazione;
- SDC1, ovvero la fase 1 e 4 del CANTIERE A52 NORD, che prevede la chiusura della corsia di emergenza lungo la Rampa Nord della A52. La chiusura della corsia di emergenza è prevista per alcuni periodi anche nelle fasi 2 e 3 del cantiere, ma è sempre riconducibile alle risultanze modellistiche di questo scenario SDC1.
- SDC2, ovvero la fase 2 del CANTIERE A52 NORD, che prevede la chiusura della Rampa Nord della A52, con il reindirizzamento dei veicoli che nello scenario SDC0 transitavano sulla Rampa Nord secondo le indicazioni di cui al paragrafo 3.1.3.
- SDC3, ovvero la fase 3 del CANTIERE A52 NORD, che prevede la chiusura della Rampa Nord della A52 e il restringimento delle corsie della carreggiata Nord, con il reindirizzamento dei veicoli che nello scenario SDC0 transitavano sulla Rampa Nord secondo le indicazioni di cui al paragrafo 3.1.3.

Tali 4 scenari verranno analizzati dettagliatamente nei successivi paragrafi.

3.3.2 La domanda e l'offerta di mobilità SDC

La domanda di mobilità è quella stimata nello STUDIO MIND, cui si rimanda, per l'orizzonte temporale T4, relativamente alla fascia della mattina AM, al netto delle modifiche di percorso previste negli scenari SDC2 e SDC3. Si tratta complessivamente di circa 20.000 veicoli circolanti nella rete di studio micro.

La rete viaria di riferimento è quella riportata in Figura 20, cui si rimanda, prima dell'intervento di potenziamento del nodo A52 in corrispondenza della porta Ovest di MIND e le relative fasi di cantiere per lo scenario SDC0. Nello scenario SDC1 si assiste solo ad una riduzione di velocità e quindi di capacità della Rampa Nord, nello scenario SDC2 si assiste alla completa chiusura della Rampa Nord e infine nello scenario SDC3 si assiste, oltre che alla chiusura della Rampa Nord, ad una riduzione di velocità e quindi di capacità della carreggiata Nord dell'A52. Lo schema di definizione di ogni fase di cantiere è riportato nelle figure del paragrafo 2.2.2.

3.3.3 Le analisi micro SDC

La domanda di mobilità è stata assegnata alla rete di studio, ottenendo i flussi mostrati nella Figura 38 (SDC0 ed SDC1, in breve SDC0/1), Figura 39 (SDC2 ed SDC3, in breve SDC2/3), sempre in termini di veicoli equivalenti. Si noti come i flussogrammi degli scenari SDC0/1 siano i medesimi in quanto si verifica solo una diminuzione di velocità in corrispondenza del cantiere. La stessa cosa vale anche per gli scenari SDC2/3. Tali riduzioni di velocità non comportano variazioni di scelte di percorso nell'ambito della rete di studio.

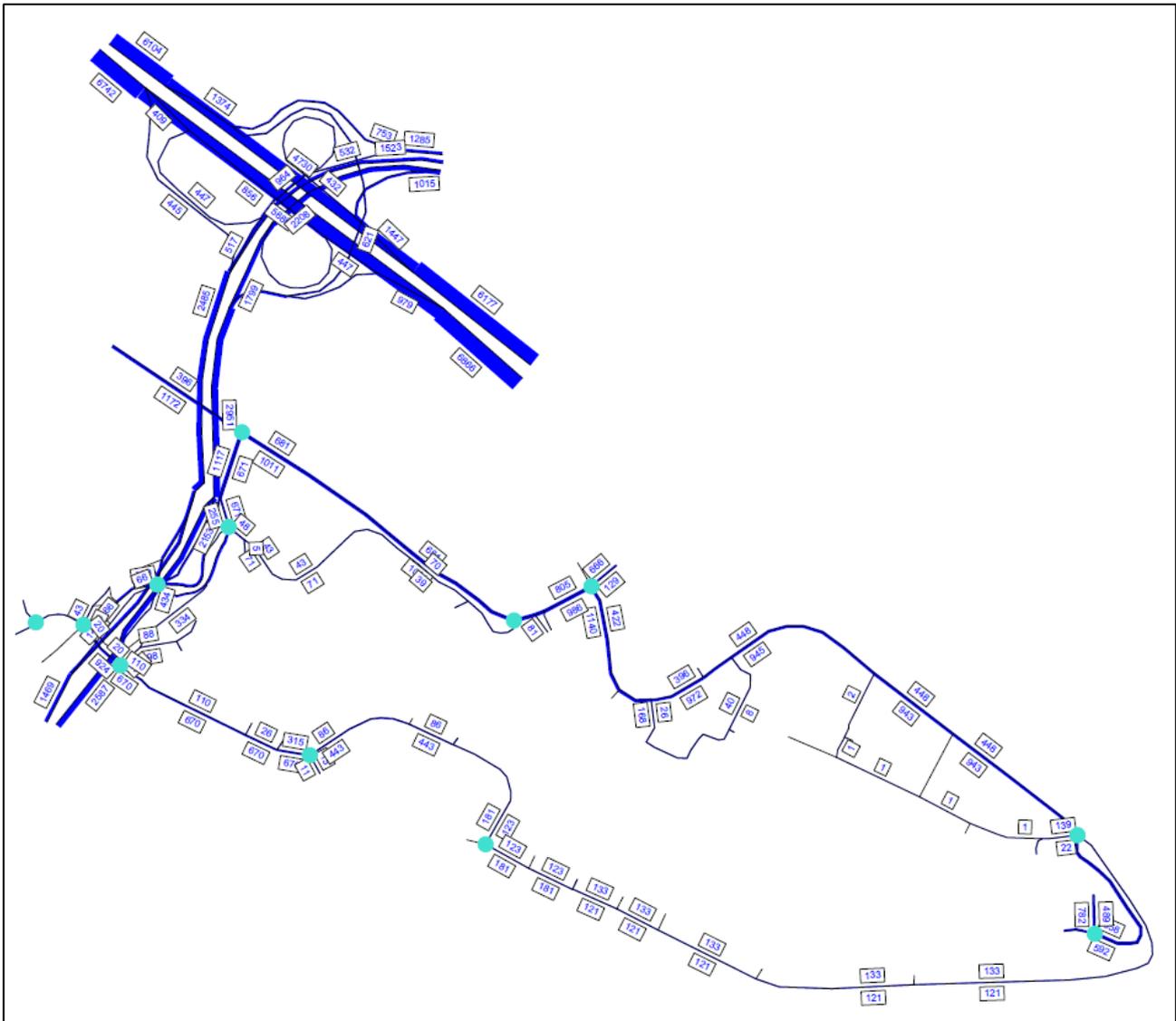


Figura 38 – Flussogramma SDC0/1 (veicoli/equivalenti)

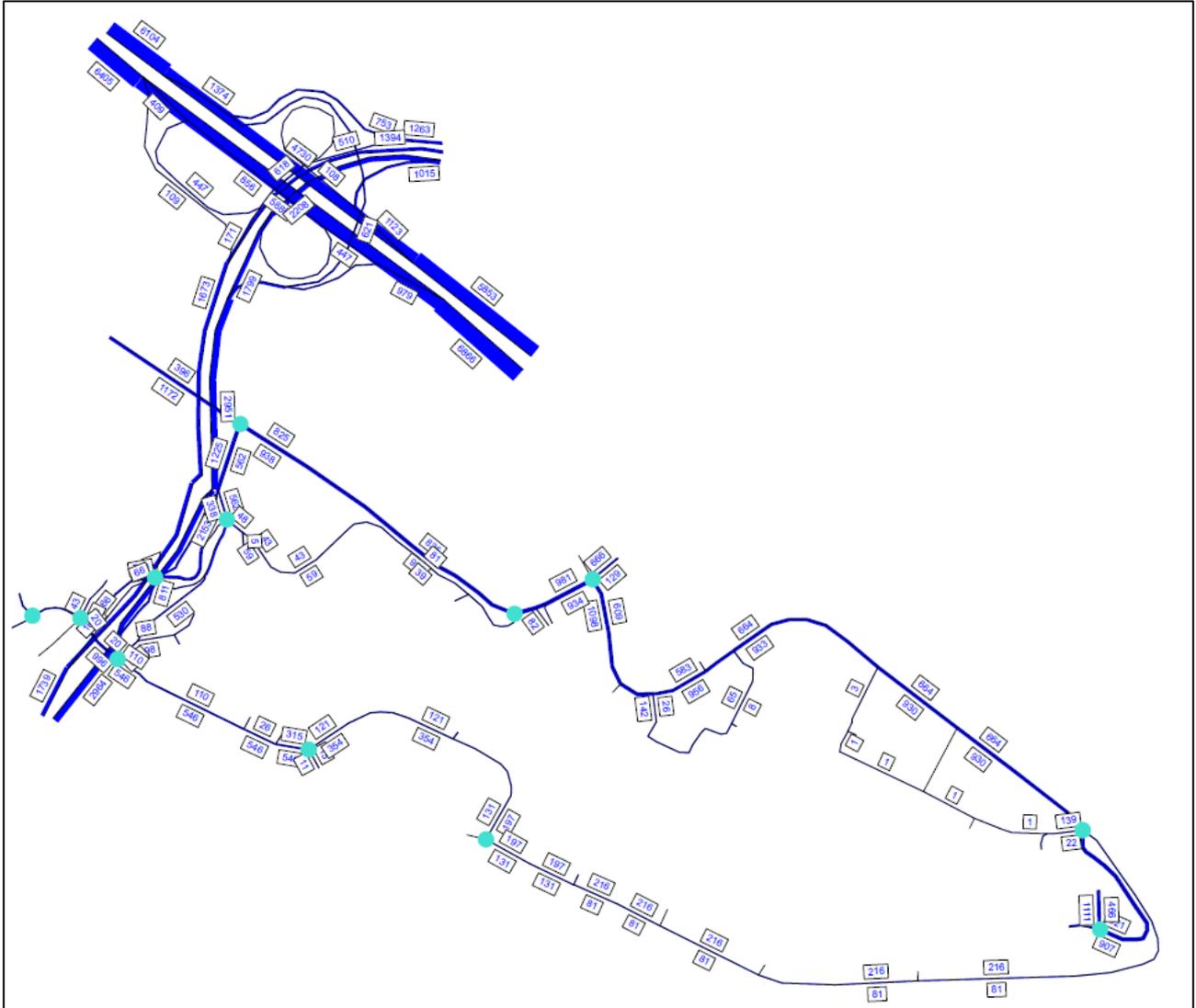


Figura 39 – Flussogramma SDC2/3 (veicoli/equivalenti)

Le performance generali della rete sono espresse dagli indicatori riportati nella successiva tabella.

PERFORMANCES		SDC0	SDC1	SDC2	SDC3
PARAMETRO					
Veicoli entrati nella rete	%	100%	100%	100%	100%
Matrice totale dei veicoli	veicoli	19567	19567	19810	19810
Veicoli nella rete a fine simulazione	veicoli	599	595	581	590
Distanza totale percorsa	km	34037	34035	35160	35153
Velocità media	km/h	57.63	57.45	54.86	54.22
Tempo totale nella rete	ore	591	592	641	648
Tempo medio per veicolo perso	secondi	12.6	12.6	21.7	23.1
Numero medio di fermate per veicolo	fermate	0.1	0.1	0.3	0.4

Tabella 8 – Indicatori di performance in SDC

Nei 4 scenari di cantiere, a livello di domanda di traffico si hanno delle leggere variazioni in relazione al reindirizzamento dei percorsi dovuti alla chiusura della rampa nord, mentre a livello di performances si assiste ad una riduzione di circa il 5-6% della velocità per gli scenari SDC2/3 rispetto allo SDC0.

Tali variazioni sono spiegabili in base al miglioramento della fluidità della A52 in relazione alla mancanza dei veicoli destinati a MIND dalla rampa Nord, in parte contrastato dalla situazione sulla restante parte della rete dove si assiste ad un leggero peggioramento dovuto al cambio dei percorsi.

In generale il livello di fluidità complessivo della rete è comunque accettabile, anche tenendo conto che si tratta di fasi di cantiere.

3.3.4 Le analisi puntuali SDC

Le analisi di tipo puntuale fanno riferimento a due categorie di elementi stradali. In primo luogo, vengono analizzati i livelli di servizio sulle rampe autostradali della A52, ottenuti mediante metodologia HCM dal confronto tra il flusso e la capacità oraria, stimata in misura di 1.900 veicoli equivalenti all'ora per corsia.

Nella Tabella sottostante (SDC0/1) e nella Tabella 10 (SDC2/3) vengono riportati i valori di riferimento, in termini di livello di servizio, delle rampe autostradali di interesse. Si noti come i livelli di servizio degli scenari SDC0/1 siano i medesimi in quanto si verifica solo una diminuzione di velocità in corrispondenza del cantiere. La stessa cosa vale anche per gli scenari SDC2/3. Tali riduzioni di velocità non comportano variazioni di scelte di percorso nell'ambito della rete di studio.

Rampa	Direzione	Flusso	Capacità	Saturazione	LDS
NORD	Verso MIND	1082	1900	0.57	C
	Da MIND	798	1900	0.42	B
SUD	Verso MIND	434	1900	0.23	A
	Da MIND	66	1900	0.03	A

Tabella 9 – LDS rampe autostradali in SDC0/1

Rampa	Direzione	Flusso	Capacità	Saturazione	LDS
NORD	Verso MIND	-	-	-	-
	Da MIND	815	1900	0.43	B
SUD	Verso MIND	812	1900	0.43	B
	Da MIND	66	1900	0.03	A

Tabella 10 – LDS rampe autostradali in SDC2/3

Nelle tabelle sottostanti vengono riportati i valori di riferimento, in termini di riserva di capacità, di ciascun ramo entrante nelle rotatorie presenti nell'area di studio per gli scenari di cantiere. Viene quindi calcolato il valore minimo di riserva di capacità su tutti i rami di ciascuna rotatoria, per poi derivarne il livello di servizio complessivo.

ROTATORIA	MATRICE	Braccio A	Braccio B	Braccio C	Braccio D	Braccio E	MIN	LOS
A52	2648	66%	53%	-	83%		53%	B
CARGO8	2285	96%	93%	63%			63%	B
COSTELLAZIONE	1264	73%	98%	87%	100%	99%	73%	A
CARGO6	1033	95%	-	62%			62%	B
POSTE_SX	769	95%	70%	100%	99%		70%	A
POSTE_DX	304	95%	93%	100%			93%	A
PORTA_EST	1853	72%	41%	91%			41%	C
UNIMI	1665	93%	59%	98%	79%		59%	B
PORTA_NORD	2058	87%	61%	100%	65%		61%	B
TRIULZA	1925	65%	62%	93%			62%	B
DE_GASPERI	2494	69%	100%	34%	71%		34%	C
PARK METRO	498	89%	91%	96%			89%	A

Tabella 11 – Riserve di capacità e LDS rotatorie in SDC0/1

ROTATORIA	MATRICE	Braccio A	Braccio B	Braccio C	Braccio D	Braccio E	MIN	LOS
A52	2000	61%	-	-	76%		61%	B
CARGO8	2221	96%	91%	67%			67%	A
COSTELLAZIONE	1302	80%	98%	72%	100%	99%	72%	A
CARGO6	1105	94%	-	59%			59%	B
POSTE_SX	680	94%	75%	100%	99%		75%	A
POSTE_DX	328	92%	95%	100%			92%	A
PORTA_EST	2144	73%	18%	89%			18%	D
UNIMI	1926	94%	61%	98%	68%		61%	B
PORTA_NORD	2192	81%	55%	100%	67%		55%	B
TRIULZA	2028	57%	63%	93%			57%	B
DE_GASPERI	2529	64%	100%	27%	75%		27%	C
PARK METRO	813	90%	71%	95%			71%	A

Tabella 12 – Riserve di capacità e LDS rotatorie in SDC2/3

In modo grafico vengono quindi rappresentati i LDS complessivi della rotatoria rispetto alla rete di studio, come riportato in Figura 40 (SDC0/1), Figura 41 (SDC2/3).

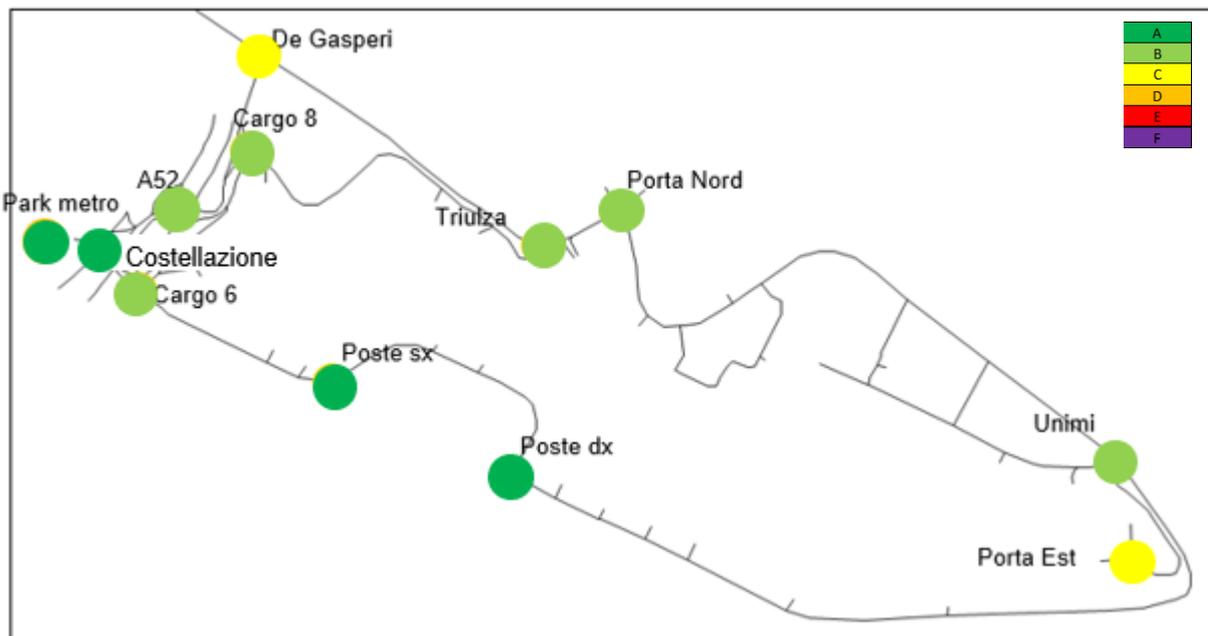


Figura 40 – LDS rotatorie in SDC0/1: mappa di sintesi

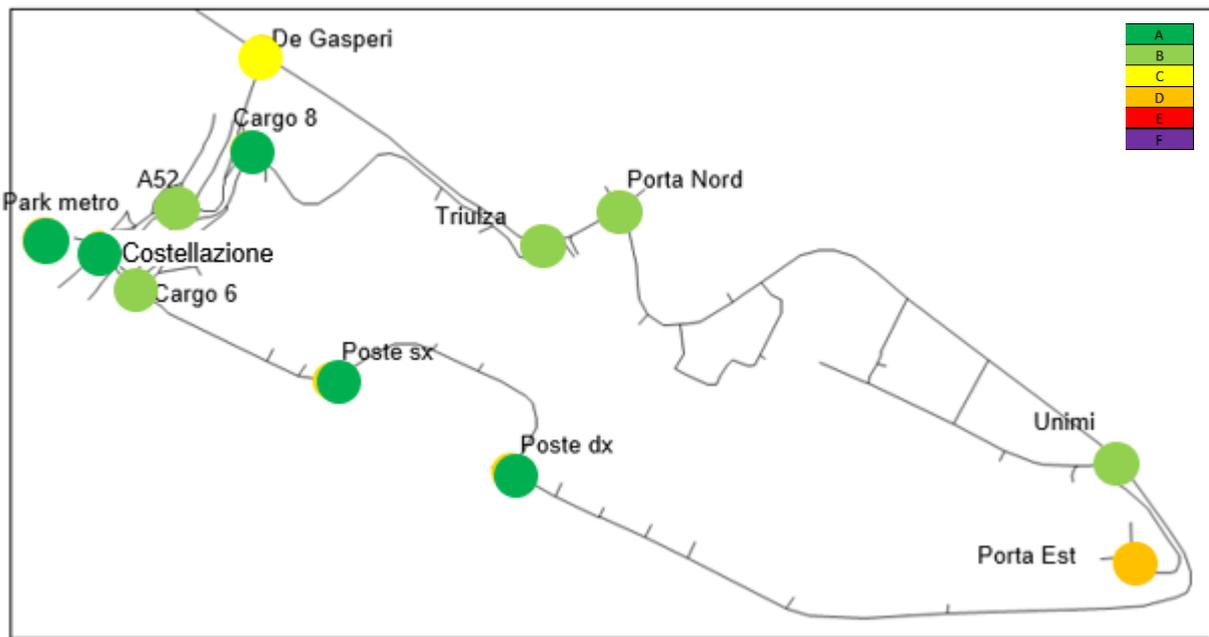


Figura 41 – LDS rotatorie in SDC2/3: mappa di sintesi

In generale è possibile osservare come le fasi di cantiere SDC0/1 abbiamo una distribuzione dei flussi tale da garantire dei LDS al massimo in C, mentre la non fruibilità della rampa Nord negli scenari SDC2/3 portano ad un aggravio sulle performances degli altri accessi, principalmente su porta Est (LDS D). Va ricordato che tale aggravio è per un periodo limitato di tempo, ovvero quello necessario al completamento delle fasi di cantiere 2 e 3.

Considerando che lo scenario di cantiere SDC2/3 ha un reindirizzamento dei veicoli sulla rotatoria di porta sud di FieraMilano, per completezza di analisi, si è indagato anche l'impatto di tale deviazione su questa rotatoria. Lo scenario di riferimento, cui si è aggiunto l'incremento derivato dai veicoli MIND, è stato ricostruito a partire dai dati Floating Car Data (dati FCD), come anticipato nel paragrafo 3.1.4.2.

Alla luce di quanto detto sono riportate le verifiche Girabase della rotatoria di porta sud, da cui si desume un aggravio in termini di performances, pur restando in un LDS C.

SCENARIO	MATRICE	Braccio A	Braccio B	Braccio C	Braccio D	Braccio E	Braccio F	MIN	LOS
SDP-SDC0/1	1722	85%	46%	85%	99%	85%	-	46%	C
SDC 2/3	2100	85%	27%	78%	98%	78%	-	27%	C

Tabella 13 – Riserve di capacità e LDS rotatoria fiera in SDP ed SDC2/3

3.4 Il confronto tra scenari

Nel presente capitolo si vuole operare un confronto tra le diverse verifiche modellistiche svolte, a livello di scenario di progetto (SDP) e di cantiere (SDC). L'obiettivo principale di questo confronto è verificare che in tutte le situazioni analizzate non si presentino criticità della circolazione rilevanti, che di fatto possano portare a situazioni di congestione e blocco in grado di riverberarsi anche sul sistema autostradale.

L'obiettivo secondario è quello di verificare il livello di fluidità della situazione a valle del potenziamento del nodo A52, che costituisce il punto di arrivo del progetto in esame.

L'ultimo obiettivo è quello di verificare l'entità del peggioramento di performances durante le fasi di cantiere, rispetto alla situazione pregressa.

3.4.1 Le analisi micro

Le performance generali della rete sono espresse dagli indicatori riportati nella successiva tabella, relativamente allo scenario SDP e ai 4 scenari SDC.

PERFORMANCES		SDP	SDC0	SDC1	SDC2	SDC3
PARAMETRO						
Veicoli entrati nella rete	%	100%	100%	100%	100%	100%
Matrice totale dei veicoli	veicoli	21554	19567	19567	19810	19810
Veicoli nella rete a fine simulazione	veicoli	714	599	595	581	590
Distanza totale percorsa	km	38140	34037	34035	35160	35153
Velocità media	km/h	55.32	57.63	57.45	54.86	54.22
Tempo totale nella rete	ore	689	591	592	641	648
Tempo medio per veicolo perso	secondi	13.9	12.6	12.6	21.7	23.1
Numero medio di fermate per veicolo	fermate	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4

Tabella 14 – Confronto indicatori di performance in SDP e in SDC

La minor domanda di mobilità, nello scenario SDC0 rispetto allo SDP, porta ad un lieve aumento della velocità media. Negli altri scenari di cantiere le performances si riducono progressivamente, risultando inferiori anche rispetto allo scenario SDP, dove oltre all'incremento significativo della domanda si assiste ad un potenziamento dell'offerta di trasporto. In generale non viene compromessa la tenuta della rete, tutelando in particolare il sistema autostradale.

3.4.2 Le analisi puntuali

Le analisi di tipo puntuale fanno riferimento a due categorie di elementi stradali. In primo luogo, vengono analizzati i livelli di servizio sulle rampe autostradali della A52, ottenuti mediante metodologia HCM dal confronto tra il flusso e la capacità oraria, stimata in misura di 1.900 veicoli equivalenti all'ora per corsia.

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori di riferimento, in termini di livello di servizio, delle rampe autostradali di interesse, per lo scenario SDP e in tutte e 4 le fasi SDC.

Rampa	Direzione	SDP	SDC0/1	SDC2/3
NORD	Verso MIND	B	C	-
	Da MIND	B	B	B
SUD	Verso MIND	B	A	B
	Da MIND	A	A	A

Tabella 15 – LDS rampe autostradali in SDP e in SDC

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori di riferimento, in termini di riserva di capacità, del valore minimo su tutti i rami di ciascuna rotatoria, per poi derivarne il livello di servizio complessivo, per lo scenario SDP e in tutte e 4 le fasi SDC.

ROTATORIA	SDP		SDC0/1		SDC2/3	
	MIN	LDS	MIN	LDS	MIN	LDS
A52	46%	C	53%	B	61%	B
CARGO8	44%	C	63%	B	67%	A
COSTELLAZIONE	53%	B	73%	A	72%	A
CARGO6	33%	C	62%	B	59%	B
POSTE_SX	39%	C	70%	A	75%	A
POSTE_DX	75%	A	93%	A	92%	A
PORTA_EST	37%	C	41%	C	18%	D
UNIMI	46%	C	59%	B	61%	B
PORTA_NORD	47%	B	61%	B	55%	B
TRIULZA	56%	B	62%	B	57%	B
DE_GASPERI	42%	C	34%	C	27%	C
PARK METRO	82%	A	89%	A	71%	A

Tabella 16 –Riserva di capacità minima e LDS rotatorie in SDP e in SDC

In generale le capacità residue sono buone considerando che si tratta di scenari di cantiere, in quanto anche in presenza di un livello D, non si hanno difficoltà che portano a blocchi o congestioni nella rete.

4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio trasportistico condotto è stato predisposto a supporto del Piano di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) del potenziamento del nodo A52 in corrispondenza della porta Ovest di MIND, funzionale ad un corretto smaltimento della domanda di mobilità privata conseguente allo sviluppo di MIND.

Si prevede la realizzazione del potenziamento del nodo A52 prima dell'orizzonte temporale T6 di MIND, corrispondente al 1/1/2026, che vede un forte incremento del traffico indotto da tale insediamento a fronte della crescita rilevante delle funzioni insediate. Tale scelta è fatta in ottica cautelativa in quanto lo scenario T4 è quello considerato di riferimento per la fase di cantiere del potenziamento del nodo A52 mentre lo scenario T5 sarebbe quello da considerare per l'entrata in esercizio dell'opera in oggetto, ma per maggior cautela si è optato per verificare la tenuta trasportistica della rete all'orizzonte insediativo successivo del T6.

Lo studio parte dalla descrizione dell'intervento di potenziamento del nodo A52, che prevede principalmente un aumento capacitivo delle rampe dello svincolo di Mazzo di Rho dirette verso MIND, in particolare di quella proveniente da Nord. Sempre per la provenienza Nord è previsto l'ampliamento del numero di corsie della carreggiata principale, nonché un potenziamento della rotatoria A52 di attestazione delle rampe, che prevede principalmente un ramo di bypass per l'itinerario da rampa Nord verso Piazza Costellazione. Per l'intervento viene anche proposta una prima ipotesi di cantierizzazione, da affinare in sede di progettazione definitiva ed esecutiva, utile a verificare eventuali situazioni di criticità per la circolazione in sede di realizzazione del progetto.

Partendo dai risultati dello studio trasportistico relativo all'intero progetto MIND, qui denominato STUDIO MIND e concentrando l'attenzione sugli orizzonti temporali T4 (ante operam) e T6 (post operam), in particolare per la fascia oraria della mattina (AM), massimo carico per il nodo A52, sono state condotte diverse simulazioni. Gli scenari analizzati sono quello di progetto, denominato Stato di Progetto o SDP, con domanda di mobilità associata all'orizzonte T6, e quello di cantiere, denominato Stato di Cantiere o SDC, con domanda di mobilità associata all'orizzonte T4: lo scenario SDC si suddivide ulteriormente in 4 fasi, comprendendo anche la situazione pre-cantiere.

Per ciascun scenario è stata effettuata sia una simulazione micromodellistica che verifiche puntuali su rampe e rotatorie dell'area di studio, al fine di verificare i livelli di performance della rete in generale e dei principali nodi in particolare.

Tali risultanze indicano innanzitutto come tutti gli scenari analizzati non presentano livelli di criticità per la circolazione in grado di creare situazioni di congestione o blocco sulla rete in generale e sulla viabilità autostradale in particolare. Infatti, si può osservare che tutta la domanda di mobilità riesce ad entrare nella rete di studio nell'ora di riferimento, con una diminuzione dell'ordine del 5% delle velocità di percorrenza, variazione ritenuta del tutto ammissibile con uno scenario di cantiere.

Inoltre, analizzando in specifico lo scenario SDP, si può vedere, come già emergeva dallo STUDIO MIND, come nell'orizzonte T6 a progetto completato, il sistema conservi ampi margini di capacità, in grado di assorbire senza criticità anche gli ulteriori sviluppi MIND successivi al T6. A comprova si può notare come le riserve capacitive e i LDS permettano un incremento della domanda.

Infine, analizzando i diversi scenari SDC si può osservare come la riduzione di performance trasportistiche dovuta alla presenza del cantiere non sia così gravosa, conservando livelli di fluidità accettabili. Si può infatti rilevare che pur in presenza di una diminuzione delle performances di rete, non si hanno situazioni di blocco o congestione.

Si tenga conto che per le fasi di chiusura della Rampa Nord (l'unica che verrebbe temporaneamente chiusa per un periodo molto limitato di tempo e tendenzialmente in solo periodo notturno), a scopo cautelativo, si è mantenuto lo stesso livello di domanda, senza prevedere cambi di scelta modale, modifiche di orario di partenza o rinunce agli spostamenti, ma limitandosi a scelte di percorsi alternativi per il relativo spostamento.

Si ritiene pertanto che il progetto di potenziamento del nodo A52 così come qui descritto, comporti sostanzialmente solo benefici dal punto di vista trasportistico, suggerendone quindi la realizzazione.