MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale

AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE AMERIGO VESPUCCI

Opera

PROJECT REVIEW – PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE 2035

Titolo Documento Completo

PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE - MASTERPLAN

Livello di Progetto

PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE 2035 – MASTERPLAN (PSA)

LIV	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE COMPLETO FLR-MPL-PSA-GEN1-006-NA-RT_Rel Tec Acc Viab
PSA	03	Novembre 2024	N/A	TITOLO RIDOTTO Rel Tec Acc Viab

03	11/2024	Aggiornamento per recepimento osservazioni MASE	MC&P/ALEPH	D. Perri / C. Grouman	L. Tenerani
02	03/2024	Emissione per Procedura VIA-VAS	TAE	D. Perri	L. Tenerani
01	03/2023	Emissione per approvazione in linea tecnica di ENAC	TAE	D. Perri	L. Tenerani
00	10/2022	Emissione per Dibattito Pubblico	TAE	D. Perri	L. Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE		GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI
ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti		**DIRETTORE TECNICO** Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N° 631	**RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE** Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N° 631
POST HOLDER DI AREA	**POST HOLDER PROGETTAZIONE** Ing. Lorenzo Tenerani	**PROGETTISTA SPECIALISTICO ARCHITETTONICO** Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N° 1157	**SUPPORTO SPECIALISTICO** MC&P aei progetti manens Aleph Transport engineering
		PROGETTISTA SPECIALISTICO ARCHITETTONICO Arch. Celiana Grouman Ordine degli Architetti di Firenze N° 9750	
	POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito	**PROGETTISTA SPECIALISTICO IMPIANTI** Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze N° 4150	
		PROGETTISTA SPECIALISTICO INFRASTRUTTURE AIRSIDE Ing. Raffaello Sorrentino Ordine degli Ingegneri di Perugia N° A-2813	
	POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO/TERMINAL Geom. Luca Ermini	**PROGETTISTA SPECIALISTICO ARCHITETTONICO** Arch. Filippo Bosi Ordine degli Architetti di Firenze N° 9004	
		PROGETTISTA SPECIALISTICO INFRASTRUTTURE CIVILE Ing. Claudia Naldi Ordine degli Ingegneri di Firenze N° 7122	

È SEVERAMENTE VIETATA LA RIPRODUZIONE E/O LA CESSIONE A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELLA COMMITTENTE

Sommario

1 Premessa 3
2 Nota introduttiva 4
3 Stima della domanda 6
3.1 Proiezione del traffico passeggeri del 2035 6
3.2 Stima domanda di traffico e di sosta 7
4 Viabilità interna 11
4.1 Percorsi 15
4.2 Sosta 23
5 Modello di microsimulazione 25
5.1 Descrizione dello scenario 26
5.2 Rete di offerta 28
5.3 Domanda di traffico 28
5.4 Calibrazione del modello 29
5.5 Criteri di valutazione funzionali 30
5.6 Applicazione del modello 33
6 Conclusioni 38

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

1 Premessa

Il presente documento costituisce la relazione tecnica descrittiva dei sistemi di accesso, viabilità e multimodalità legati al funzionamento del Nuovo Terminal di Firenze, parte integrante della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale (o Masterplan) al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata ad un livello tecnico ritenuto congruo con le finalità della presente fase procedurale, comunque non inferiore a quello del progetto di fattibilità tecnica ed economica di cui all'art. 41 del D. Lgs. n. 36/2023.

Il citato approfondimento tecnico viene previsto ad integrazione della Sezione Generale della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 2035, predisposta in aderenza alle normative e/o regolamenti specifici del settore aeronautico, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di elaborare ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, ritenuti necessari ai fini del compiuto espletamento dei procedimenti amministrativi (di compatibilità ambientale e di autorizzazione) ai quali risulta per legge assoggettato lo strumento del Piano di Sviluppo Aeroportuale, così integrato in modo da rafforzarne la valenza e la funzione progettuale, strettamente interconnessa con quella pianificatoria e programmatica di investimento.

Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei documenti afferenti alla Sezione Generale del Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente analisi e comprensione della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale.

La citata Project Review costituisce la nuova formulazione tecnica delle previsioni progettuali e di investimento che ENAC prevede di attuare, nel medio-lungo periodo (orizzonte 2035, coerente con quello del Piano Nazionale degli Aeroporti in fase di aggiornamento), relativamente all'infrastruttura aeroportuale di Firenze, redatta dal Gestore aeroportuale di intesa con l'Ente regolatore in attuazione degli obblighi di miglioramento, ottimizzazione e sviluppo dell'aeroporto insiti nel contratto di concessione che lega lo stesso Gestore alle Istituzioni dello Stato (Ministero delle Infrastrutture e ENAC) per la gestione totale dell'infrastruttura aeroportuale (bene dello Stato).

Ne consegue che l'insieme documentale di cui la presente relazione costituisce parte integrante deve essere visto e analizzato nella propria autonomia e indipendenza sostanziale, per quanto inevitabilmente consequenziale rispetto al precedente Masterplan 2014-2029 col quale risultano ancora sussistenti più elementi di dialogo che, tuttavia, ci si pone l'obiettivo di non assurgere a valenza prodromica e a funzionalità

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

necessaria per una completa illustrazione, definizione e comprensione del nuovo Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035.

Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente tradotto e trasferito, all'interno della documentazione di cui al nuovo Masterplan 2035, quel prezioso bagaglio di esperienza e quell'insieme di utili risultanze derivanti dal dialogo costruttivo e dialettico che, nell'ultimo decennio, ha visto in più momenti la partecipazione di ENAC, del Gestore aeroportuale, degli Enti/Amministrazioni interessati, delle Istituzioni nazionali e regionali, dei vari stakeholders e della cittadinanza attiva intorno ai temi relativi al trasporto aereo, alla multimodalità della mobilità, al ruolo della rete aeroportuale territoriale toscana e al futuro dello scalo aeroportuale di Firenze, che ENAC vede sempre più strategico, integrato e funzionale alla rete nazionale ed europea dei trasporti.

2 Nota introduttiva

Il sistema di circolazione e sosta del nuovo terminal aeroportuale di Firenze è stato definito per rispondere al meglio alle esigenze di mobilità espresse dai futuri utenti; alla necessità di integrare le varie modalità di trasporto con particolare riferimento alla linea tramviaria L2.1 di progetto verso Sesto Fiorentino e la linea esistente T2 di connessione con il centro città, alle molteplici categorie di utenza (auto, taxi, NCC, bus, auto private e con passeggeri ecc.) e al relativo traffico pedonale che dovrà poter raggiungere le proprie destinazioni.

Lo studio di seguito presentato descrive il processo di aggiornamento della proposta progettuale e delle analisi trasportistiche condotte in fase di PFTE e prevede l'aggiornamento della stima della domanda, la revisione geometrica della rete viabilistica e delle aree dedicate alla sosta e al carico/scarico dei passeggeri, la verifica dei flussi pedonali in corrispondenza della linea tranviaria e dei sistemi di accesso ed uscita alle diverse aree del Terminal Arrivi e Partenze.

Il primo capitolo illustra dunque la stima della domanda a partire dai dati forniti da Toscana Aeroporti S.p.A, in particolare le previsioni di traffico passeggeri all'orizzonte temporale di riferimento e la ripartizione modale attesa, definita sulla base dei più recenti sondaggi effettuati ai passeggeri in aeroporto. Si descrive quindi il processo di stima della domanda veicolare e della domanda di sosta, in corrispondenza dell'ora di massima affluenza, evidenziando le ipotesi introdotte, i parametri utilizzati ed i risultati ottenuti.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Una volta quantificata la domanda di sosta per le diverse tipologie veicolare si è proceduto alla revisione geometrica delle aree di circolazione e sosta individuando le soluzioni in grado di superare le criticità riscontrate e di coniugare le esigenze di ciascuna categoria di utenza, auto private per pick-up/drop-off, taxi e NCC, trasporto pubblico. Nelle pagine a seguire si descrive nel dettaglio lo schema di circolazione, evidenziando la localizzazione di ogni area riservata alle diverse categorie veicolari e i rispettivi ingressi e uscite, la rete di circolazione pedonale principale e le possibili interazioni tra la viabilità, tram e passeggeri. Per una comprensione completa si rimanda alle planimetrie di progetto.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

3 Stima della domanda

3.1 Proiezione del traffico passeggeri del 2035

Di seguito si illustra la metodologia utilizzata per la stima della domanda di trasporto nell'ora di massima affluenza ai terminal degli arrivi e delle partenze, dando evidenza dei dati di partenza a disposizione, delle assunzioni e dei parametri trasportistici adottati per arrivare a quantificare i flussi in chiave multimodale, dunque il numero di veicoli e di passeggeri, di pedoni attesi in corrispondenza della finestra di picco considerata.

Per stimare la domanda del traffico passeggeri al 2035 si fa riferimento ai valori riportati nella Relazione di Dimensionamento del Terminal Passeggeri (elaborato FLR-MPL-PSA-TRM1-005-AE-RT_Rel Dim Terminal Fonte: TAE). In particolare, si fa riferimento ai valori di traffico di passeggeri in ora di punta (TPHP), calcolati utilizzando le metodologie IATA (International Air Transport Association) di *2nd Busiest Day* e *Design Hour Rate* stabilite nel Airport Development Reference Manual (12th Edition). Di seguito si presenta tabella dove sono riportati i valori di TPHP Totale, di Arrivi, e di Partenze per ogni scenario del Masterplan:

				Nuova Pista		
	Anno	***RATIO***	**2024**	**2028**	**2030**	**2035**
TPHP	**Totale Passeggeri (COM)**		**3,270,792**	**4,826,874**	**5,187,529**	**5,862,948**
	Totale TPHP	*0.003940*	1,425	2,103	2,260	2,554
	TPHP ARRIVI	*0.005138*	914	1,348	1,449	1,638
	TPHP PARTENZE	*0.004871*	896	1,322	1,420	1,605

Tabella 1: Totale passeggeri nell'ora di punta – Fonte TAE

Per stimare il numero di voli in partenza e in arrivo si è ipotizzato una capacità media di aeromobile di 154 passeggeri, con la applicazione di un *load factor* del 82% nel 2035. Questo risulta in un coefficiente di riempimento medio di circa 126 passeggeri per volo.

Quantificare il numero di voli nell'ora di punta è necessario per determinare il profilo orario dei passeggeri in arrivo e in partenza in quanto i passeggeri si muovono coerentemente con i propri piani di volo. La domanda oraria di passeggeri è stata distribuita all'interno dell'ora di analisi secondo i grafici riportati a seguire. La domanda di trasporto di dipendenti attuali e/o futuri non è considerata nel calcolo della domanda indotta dal momento che il personale non utilizzerà la rete viabilistica e il sistema di sosta di progetto ma continuerà a utilizzare le infrastrutture esistenti.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

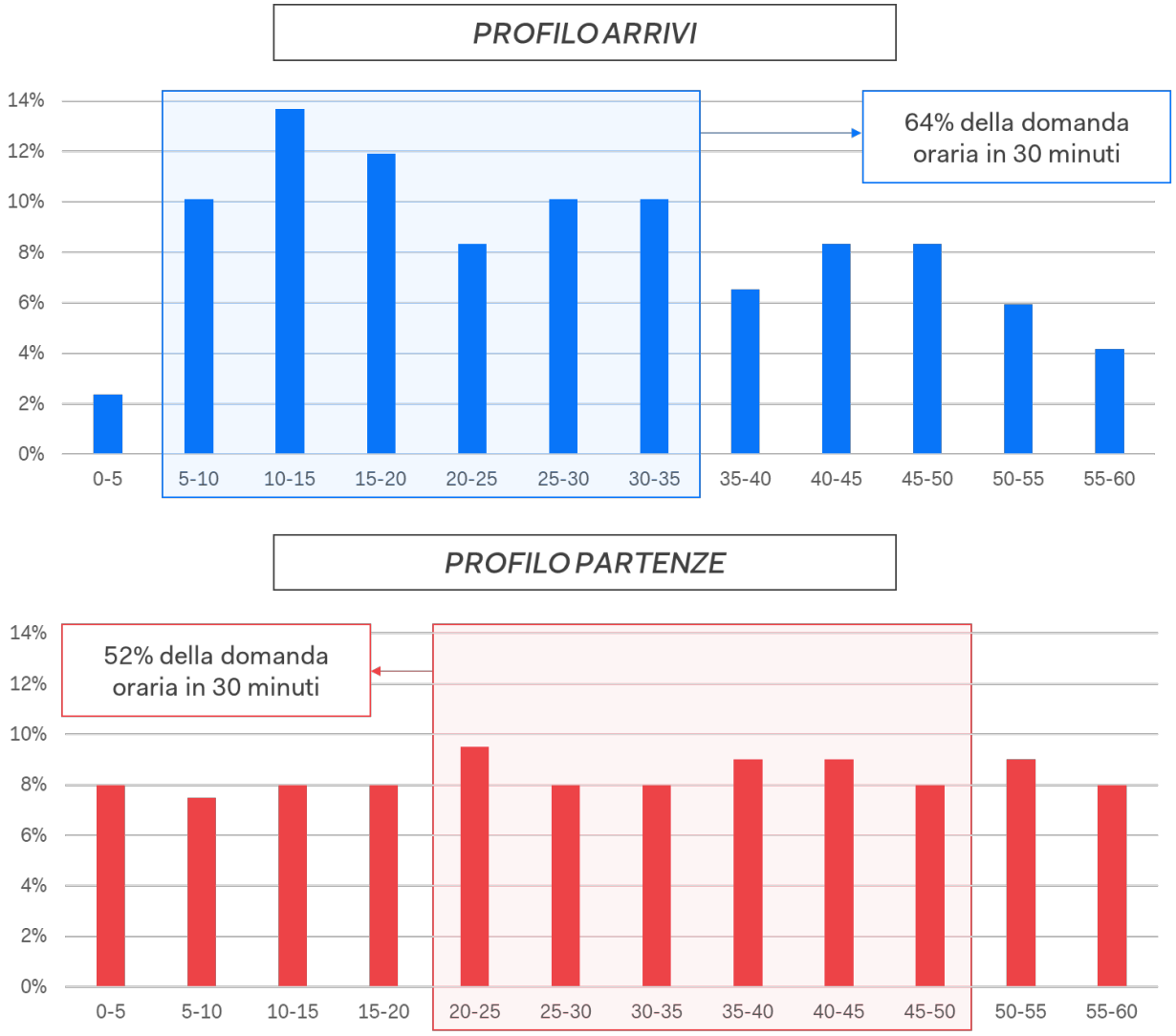


Figura 1: Profilo arrivi e partenze

3.2 Stima domanda di traffico e di sosta

Attraverso il processo analitico adottato è stato possibile quantificare i flussi di traffico attesi e dimensionare adeguatamente gli spazi di sosta.

La ripartizione modale dei passeggeri è stata fornita da TAE, stimata sulla base di una indagine campionaria ai passeggeri tramite campagna di sondaggi realizzata nel 2022/2023 e riportata nel grafico sottostante.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

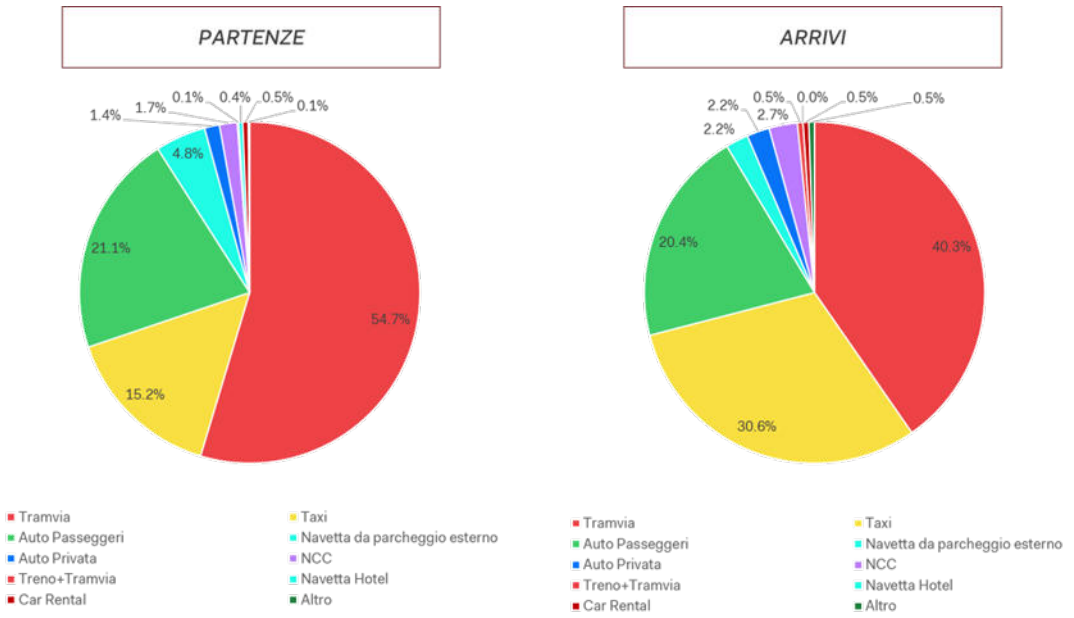


Figura 2: Ripartizione modale attesa scenario 2035 – fonte Toscana Aeroporti s.r.l.

Partendo dalla ripartizione sopra riportata, sono stati applicate alcune modifiche minori. In particolare sono state aggregate le modalità di spostamento similari – *Tramvia* con *Treno+Tramvia* a costituire unitamente la quota di trasporto pubblico, mentre *Navetta da parcheggi es*terni e *Navetta Hotel* vanno a costituire la quota di Bus-Navette. Inoltre, dal momento in cui è presumibile che la quota delle auto private (che corrisponde alla quota di passeggeri che si prevede utilizzeranno i parcheggi di lungo termine) debba essere la stessa sia per gli utenti in arrivo sia per i passeggeri in partenza, in via conservativa viene preso il tasso modale più alto ed applicato ai flussi di entrambe le direzioni.

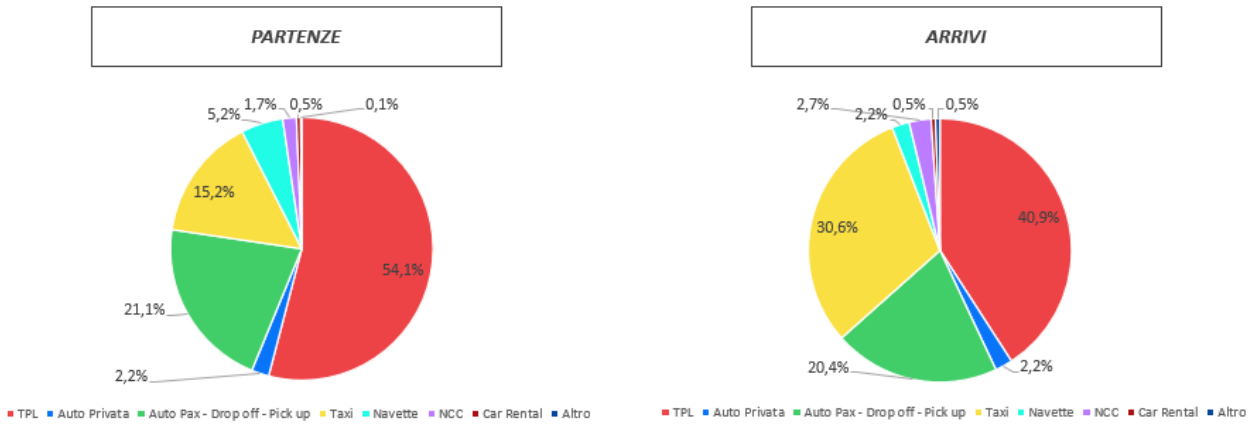


Figura 3: Ripartizione modale attesa scenario 2035 – ottimizzazione Systematica

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Con l'obiettivo di quantificare numericamente i veicoli per ogni zona all'interno della rete aeroportuale, è stato applicato un coefficiente di occupazione veicolare per ciascuna modalità di trasporto. In questo caso il coefficiente di occupazione è da intendere come numero di utenti aeroportuali per veicolo:

- Auto Privata: 2 pp/veh
- Auto accompagnati: 1,5 pp/veh
- Taxi: 1,5 pp/veh
- VIP/NCC: 1,5 pp/veh
- Bus-Navette: 5 pp/veh
- Car rental: 2 pp/veh (non incluso nella rete di progetto)

Nella seguente tabella è riportato il numero di veicoli che circolano nella rete nell'ora di punta, diretti o provenienti da uno dei due terminal, sono esculi i dipendenti e gli utenti del car rental.

TERMINAL	**IN (*veicoli/h*)**	**OUT (*veicoli/h*)**
Arrivi	580	594
Partenze	547	517

Tabella 2: Stima del traffico veicolare atteso nell'ora di punta considerata

Come già anticipato, nella stima della domanda non è inclusa la quota relativa ai dipendenti aeroportuali esistenti e/o futuri in quanto avranno un'area di sosta dedicata.

Anche il Rental Car non rientra nel numero di veicoli riportati in tabella 2 perché l'area di parcheggio ad esso dedicata, seppur interna all'area di progetto, è collocata in posizione strategica per far sì che tali auto non si immettano nella circolazione dell'aerostazione.

Una volta quantificato il traffico veicolare l'attività analitica si è concentrata nel determinare la domanda di sosta. Per ogni categoria veicolare è stato stabilito un tempo medio di sosta e determinato quindi il fattore di turnazione di ogni stallo. Partendo dal numero di veicoli atteso, è stato possibile calcolare gli stalli richiesti per il *drop off* e il *pick up* dei passeggeri. Anche l'Auto privata non rientra in questi conteggi perché fa riferimento agli utenti che lasciano il veicolo in sosta in uno dei due parcheggi, a lungo o a breve termine, il cui dimensionamento è stato determinato dai progettisti ed assunto quale dato di input nel presente studio. La componente delle auto VIP non è inserita nella tabella perché nei sondaggi sulla ripartizione modale

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

effettati nel 2022 non è riportata la componente VIP. Si stima comunque che gli utenti VIP siano una piccola percentuale rispetto al volume di traffico totale e ad essi vengono dedicati diversi stalli all'interno del layout di progetto inserito.

	Tasso di Occupazione	Veicoli	Tempo di Sosta	Turnover	Stalli richiesti
Drop-off Partenze	1,5	282	3	20	15
Pick up Arrivi	1,5	218	5	12	19
Taxi Drop-off	1,5	202	2	30	7
Taxi Pick-up	1,5	326	1,5	12	8
NCC Drop-off	1,5	22	20	3	8
NCC Pick-up	1,5	29	20	3	10
Bus-Navette Drop-off	5	21	10	6	4
Bus-Navette Pick-up	5	7	10	6	2

Tabella 3: Stima del numero di stalli richiesto per ogni componente veicolare.

Qui si riportano le categorie veicolari prese in considerazione per i diversi ambiti:

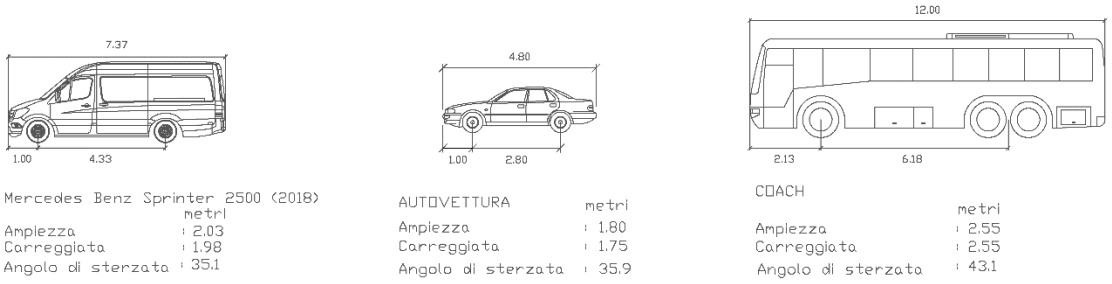


Figura 4: Tipologie veicolari utilizzate per le verifiche di ingombro geometrico

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

4 Viabilità interna

Come illustrato nell'immagine e successivamente dettagliato nei paragrafi a seguire, la rete viabilistica di progetto rifunzionalizza e ridisegna la viabilità esistente fronte terminal e propone una nuova organizzazione delle aeree esterne all'edificio al fine di incrementare la dotazione di sosta e migliorarne la funzionalità. Inoltre si prevede di realizzare due diversi sistemi di accesso per la zona Arrivi e Partenze al fine di rendere l'orientamento veicolare più chiaro e i relativi flussi indipendenti.

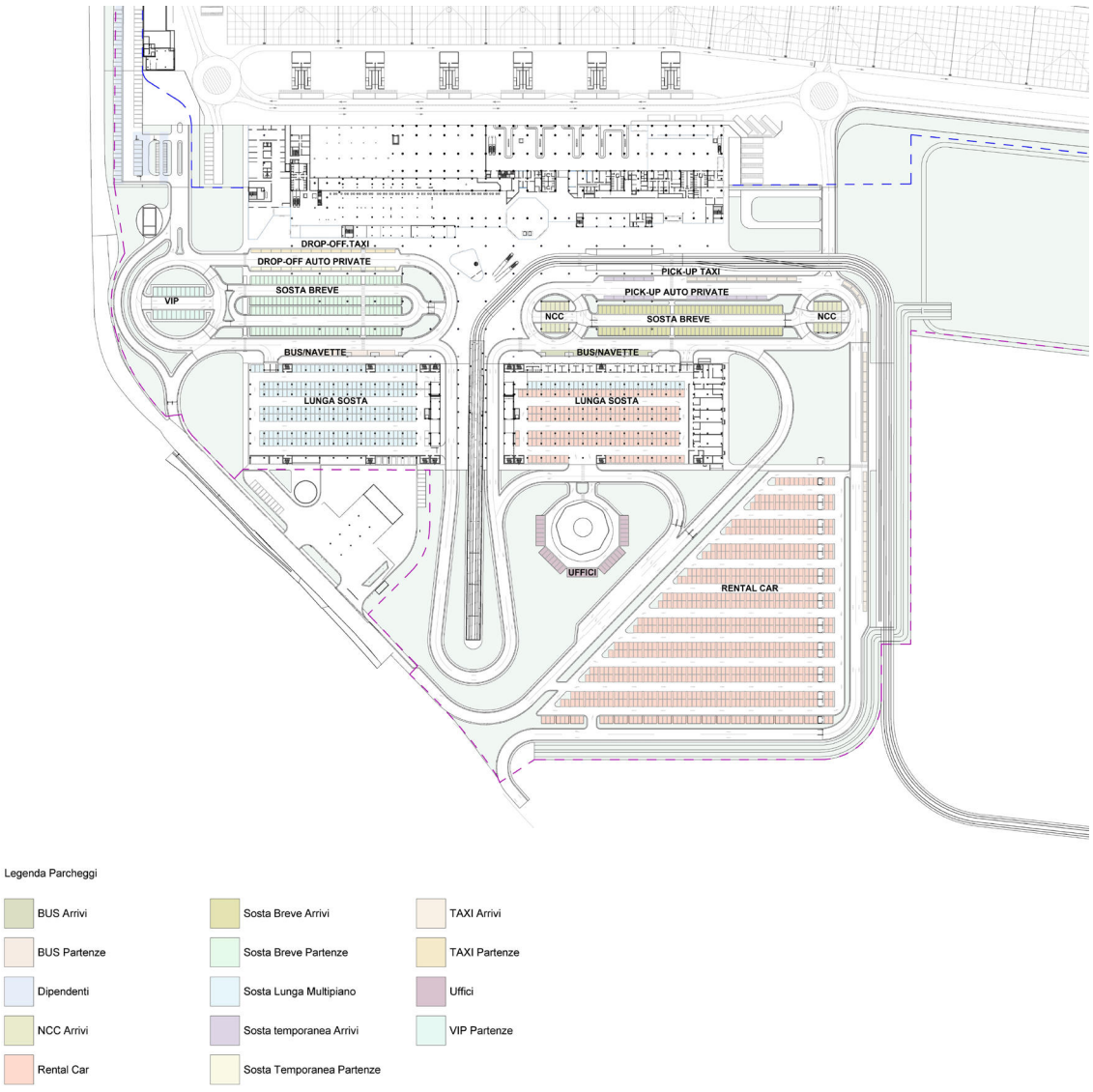


Figura 5: Schema planimetrico aree di sosta di progetto

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

La Nuova stazione di transito delle linee Tramviarie si localizza in posizione baricentrica tra il nuovo ampliamento del terminal passeggeri che si estenderà verso Ovest ed il parcheggio multipiano che si configura come un'espansione dell'attuale Parcheggio Sosta lunga anch'esso verso Ovest. Lo schema di viabilità proposto è stato sviluppato prendendo come asse di simmetria l'attuale linea tramviaria diretta verso Firenze.

Questa simmetria genera due accessi indipendenti, rispettivamente a Ovest per le partenze ed Est per gli arrivi, i quali garantiscono così la molteplicità di percorsi interni e un'adeguata flessibilità al sistema. Questo schema fa sì che non vi siano mai incroci semaforici tra flussi carrabili e tramvia. Gli attraversamenti pedonali sono invece gestiti a precedenza.

Le aree di sosta e di carico e scarico dei passeggeri sono state dimensionate in funzione della domanda di traffico precedentemente stimata; la segnaletica indirizzerà gli utenti alle diverse aree di progetto consentendo di ottimizzare gli spostamenti interni, limitare i punti di conflitto tra le diverse modalità di trasporto, gestire la complessità delle relazioni che dovranno essere soddisfatte.

Di seguito si riportano alcuni dettagli della planimetria di progetto da cui emerge il dimensionamento geometrico dei principali elementi.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

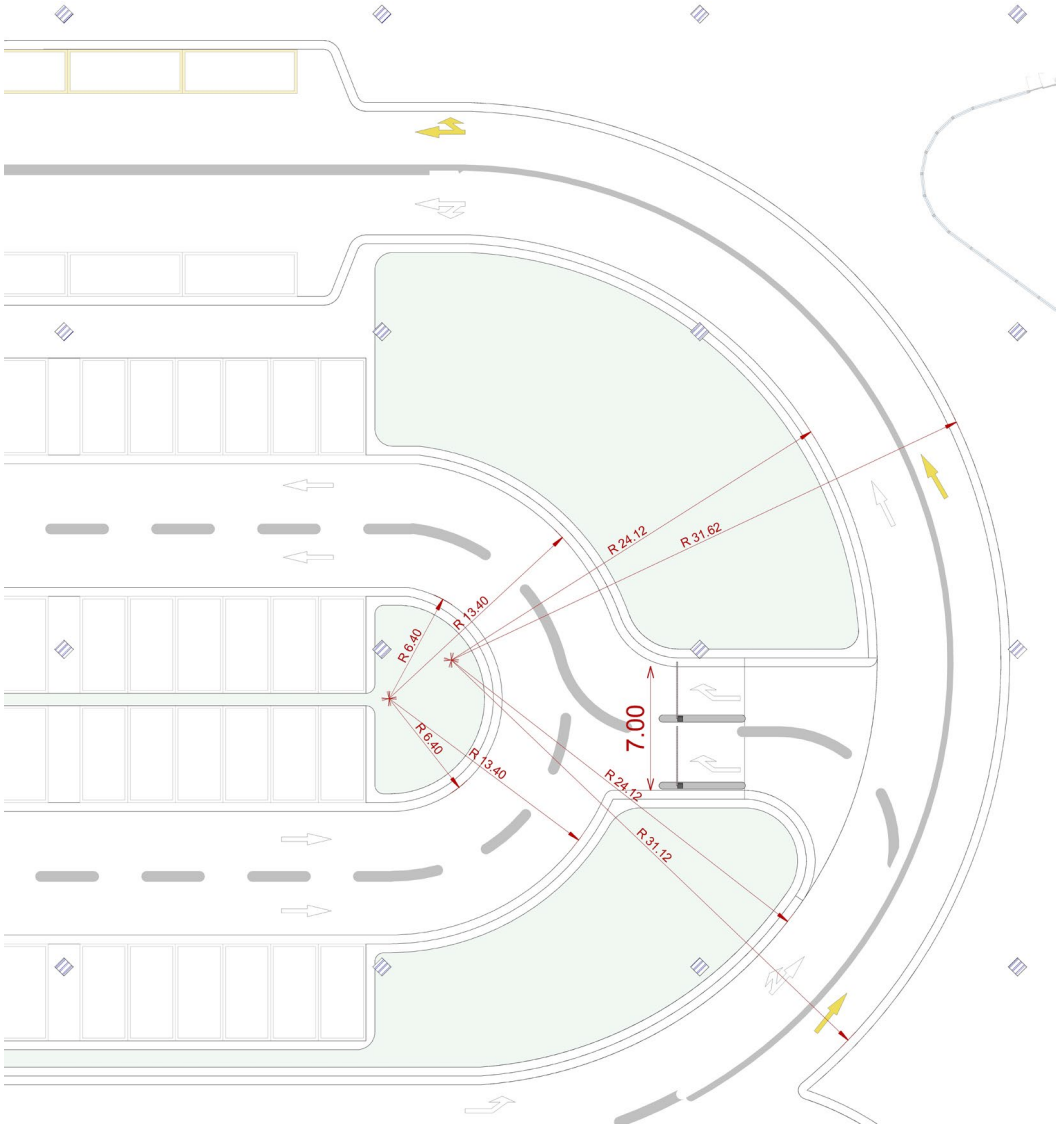


Figura 6: Esempio di nodo veicolare di progetto

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

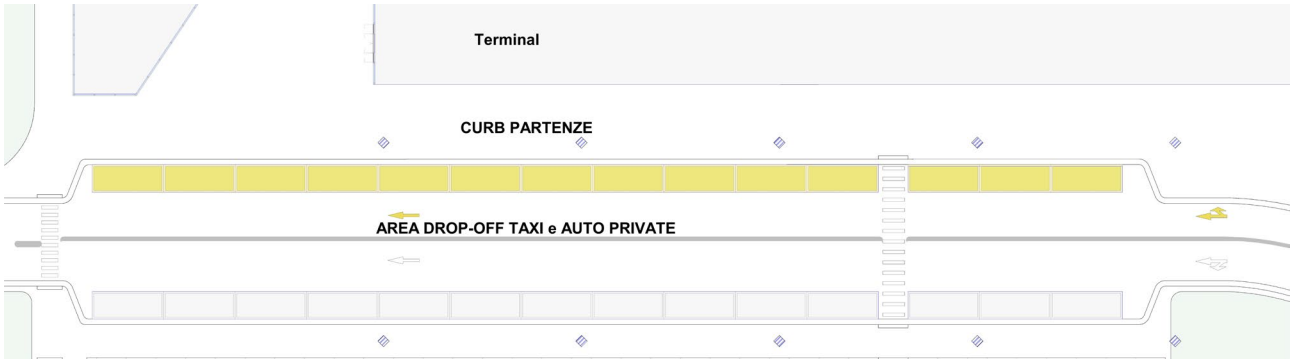


Figura 7: Focus viabilità fronte Terminal lato partenze

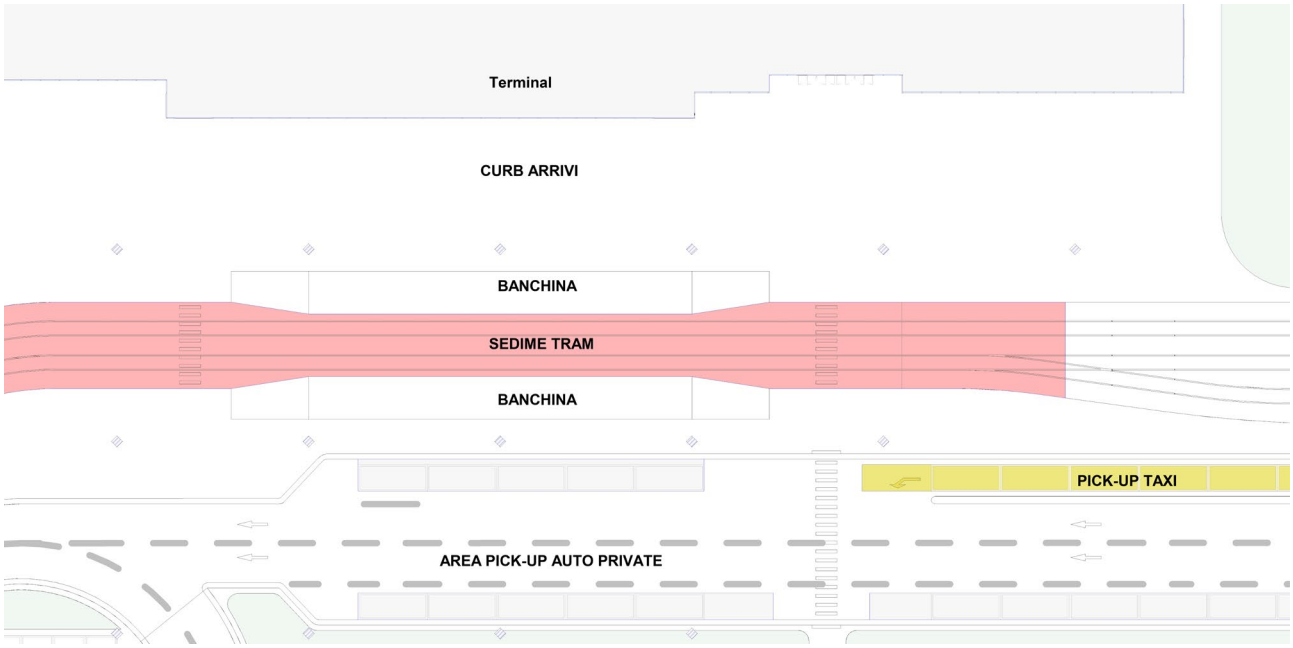


Figura 8: Focus viabilità fronte Terminal lato arrivi

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

4.1 Percorsi

Di seguito si illustrano gli schemi di progetto viabilistico e della sosta.



Figura 9: Sistema di circolazione

La rete viabilistica di progetto prevede un duplice accesso di cui quello posizionato ad Ovest dedicato all'Area Partenze mentre quello ad Est è dedicato all'Area Arrivi. Tutta la viabilità interna sarà a senso unico e sarà compatibile con il tracciato Tramviario. Infatti non sono previste interferenze e intersezioni sia con la linea tramviaria T2 verso Firenze centro, sia la futura linea T2.2 verso Sesto Fiorentino il che consente di evitare interruzioni semaforiche presenti nella precedente versione di progetto.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

La fermata della nuova linea tranviaria si configura come una unica stazione di transito comune alle due linee con rispettive banchine dedicate su ogni lato. In contrapposizione al doppio ingresso, il sistema viabilistico è dotato di una unica uscita comune per arrivi e partenze che si innesta sul Viale Luder.

Un asse viario interno, parallelo alla linea Tramviaria esistente T2, consentirà sia di correggere il proprio itinerario in caso di errore sia di spostarsi dall'area di sosta partenze a quella arrivi senza dover immettersi nuovamente nella circolazione esterna favorendo quindi la viabilità interna per i mezzi di servizio quali Taxi, NCC e vari altri.

Per garantire la corretta organizzazione dei percorsi e fruizione degli spazi sarà necessario che nelle intersezioni interne sia adottato un sistema di segnaletica chiaro e facilmente interpretabile in modo da guidare l'utenza in maniera efficace verso la propria area di destinazione.

Inoltre, va sottolineato che la rete viaria dovrà essere dotata di sistemi accesso e controllo che impediscano la sosta laddove non consentita, garantendo fluidità e adeguata capacità alla circolazione veicolare. Analogamente le aree destinate alla sosta e alle attività di drop – off e Pick- up dovranno essere gestite in modo tale che l'utenza sia forzata al rispetto delle tempistiche di stazionamento previste, soprattutto nelle aree antistanti i terminal.

Nelle immagini a seguire si evidenziano i percorsi di ogni categoria veicolare, bus, NCC, taxi, auto private e auto con passeggero.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Per i mezzi NCC sono previsti due spazi di sosta distinti collocati entrambi fronte terminal lato arrivi in corrispondenza delle rotatorie e facilmente raggiungibili con un percorso coperto.

I bus/navette trovano invece le proprie zone di sosta lungo le facciate del parcheggio multipiano antistanti il terminal, anch'esse divise tra arrivi e partenze.

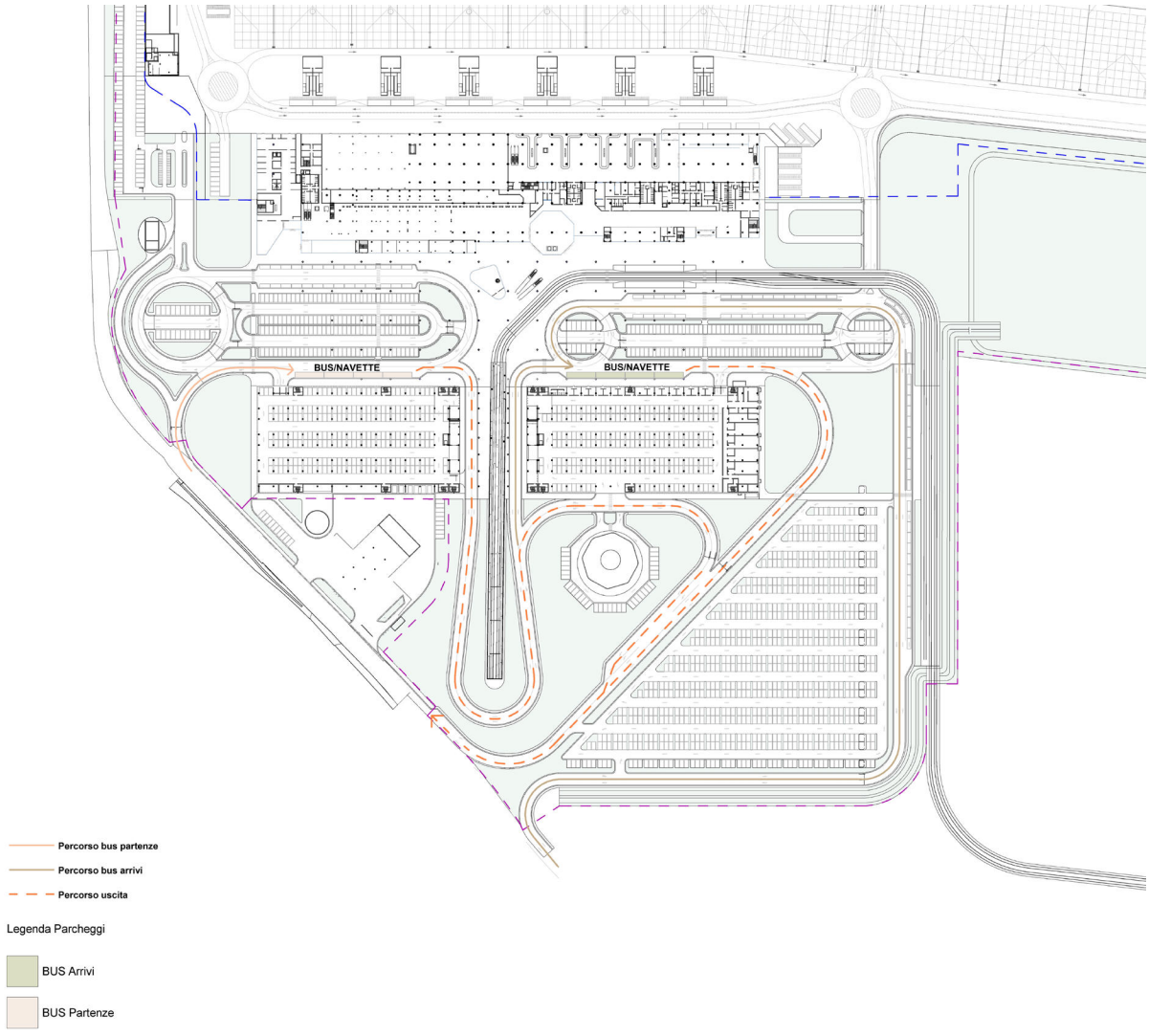


Figura 10: Percorsi per l'area bus/navette

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com



Figura 11: Percorsi per l'area NCC

La zona dedicata al pick-up dei taxi è collocata in un'area sul fronte del terminal arrivi direttamente prospicente le porte di uscita della nuova aerostazione. I taxi avranno una corsia dedicata di accodamento parallela alla line 2.2 della Tramvia con un accumulo di circa 45 unità. Alcuni taxi raggiungeranno la zona dedicata arrivando direttamente dall'ingresso Arrivi mentre altri saranno già all'interno del sistema di circolazione e provenienti dalla zona Partenze dove hanno effettuato il drop off del passeggero. Così come i taxi, anche gli NCC e le auto seguiranno lo stesso percorso avendo però aree dedicate in zone diverse.

Le aree dedicate al Drop Off per partenze e Pick Up per arrivi sono suddivise in base alle diverse tipologie di trasporto.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com



Figura 12: Sistema di circolazione per taxi

Per le aree di sosta dedicate ad auto private sono presenti differenti tipologie di parcheggio. In particolare zone a raso per sosta breve e un parcheggio multipiano per sosta a lungo termine. Le aree dedicate alla sosta breve sono entrambe collocate in diretta prossimità dei fronti Arrivi e Partenze del Terminal.

Tra il terminal e il Viale Luder, a Sud dell'area di intervento, vi è il parcheggio multipiano, dedicato alla sosta lunga che si sviluppa parzialmente sull'attuale impronta del Parcheggio e simmetricamente si estende sul versante opposto secondo l'asse della Tramvia esistente. Il parcheggio si sviluppa su diversi piani e i due blocchi separati dalla tramvia sono collegati tra di loro a partire dal secondo piano.

Ne risulta che il piano terra e il primo piano di questo volume sono divisi in due blocchi situati ad Est e ad Ovest della linea T2 esistente della Tramvia; come accennato tali blocchi si uniscono poi in un unico corpo al secondo e terzo piano.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

L'Ingresso al multipiano è previsto dalla zona partenze mentre l'uscita sarà nella zona arrivi. Entrando quindi al piano terra nel blocco del parcheggio antistante le Partenze, un sistema di rampe consente di salire fino al terzo piano; mentre per l'uscita è previsto un sistema di rampe che, come quelle di salita, collegano tutti i piani e permettono l'uscita al piano terra nel blocco antistante gli Arrivi.

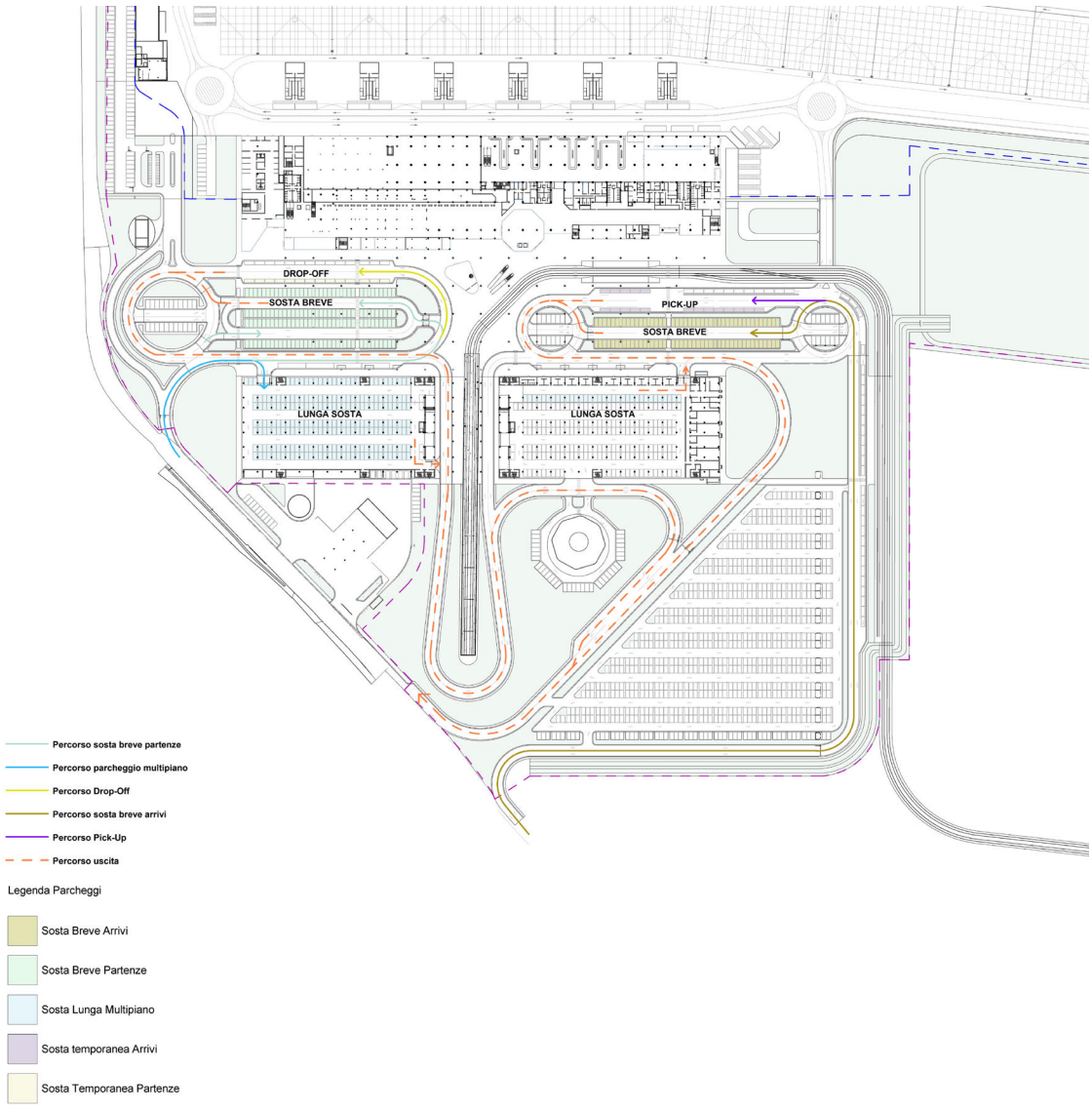


Figura 13: Percorsi in entrata e uscita ai parcheggi

Infine, a Sud-Est dell'area di intervento, tra Viale Luder e i binari della futura tramvia, vi è una zona dedicata al parcheggio Rent a Car, il cui accesso avviene dall'ingresso riservato agli arrivi, mentre l'uscita è la stessa degli altri flussi. Così facendo, le auto del servizio di autonoleggio non si uniscono agli altri flussi e non necessitano di transitare nelle aree più trafficate fronte terminal. Soltanto una parte degli stalli, riservati al

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

servizio Prime, saranno collocati all'interno del parcheggio multipiano, nel blocco Est a piano terra. Il loro percorso quindi sarà dall'ingresso partenze, ma avranno un accesso al multipiano riservato sul fronte Sud, mantenendo la propria viabilità separata da quella delle auto private.

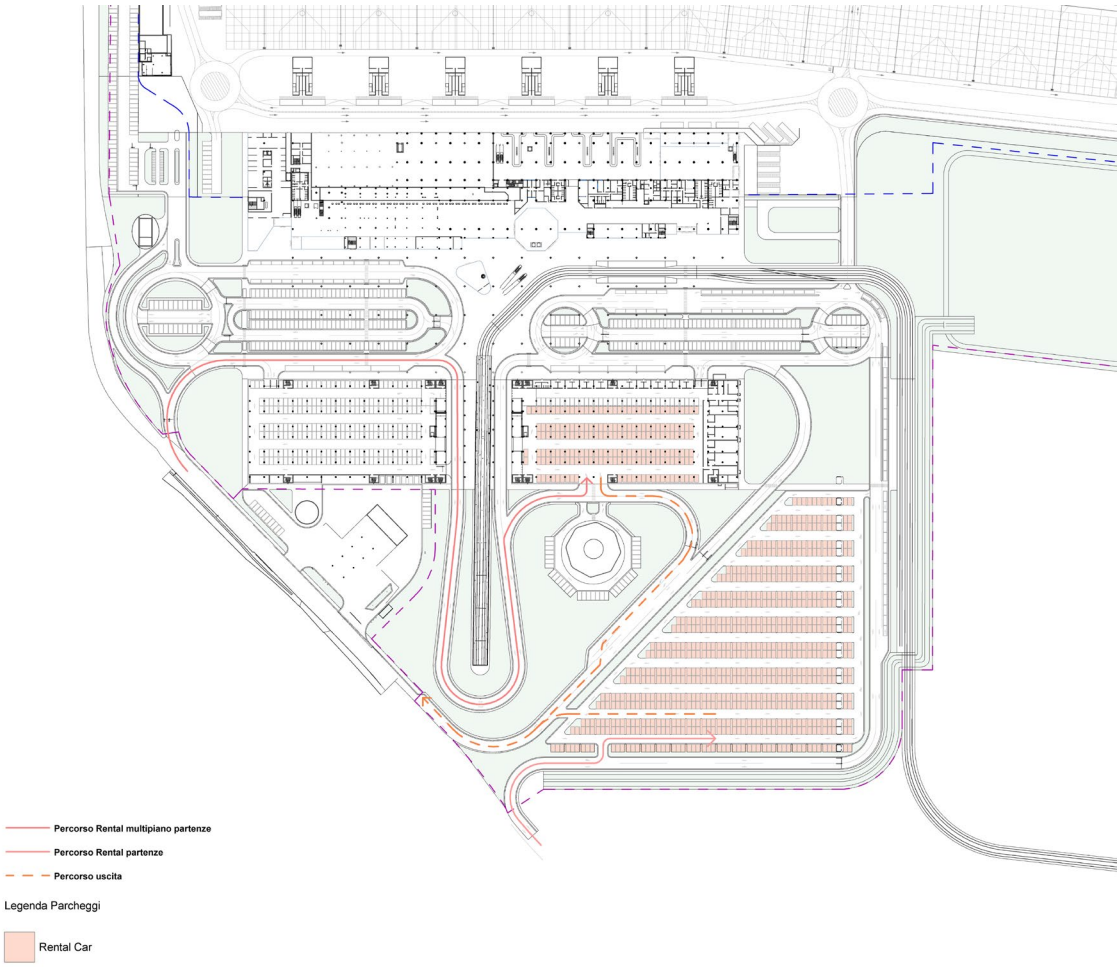


Figura 14: Sistema di circolazione per rental car

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

La viabilità interna così strutturata garantisce un'elevata accessibilità pedonale a ciascuna area. I percorsi pedonali connettono in maniera adeguata e sicura l'area arrivi e l'area partenze secondo tutte le modalità di trasporto previste. Gli attraversamenti pedonali contribuiscono a creare interconnettività garantendo distanziamenti adeguati con i punti viabilistici più critici e preservando la sicurezza degli utenti.

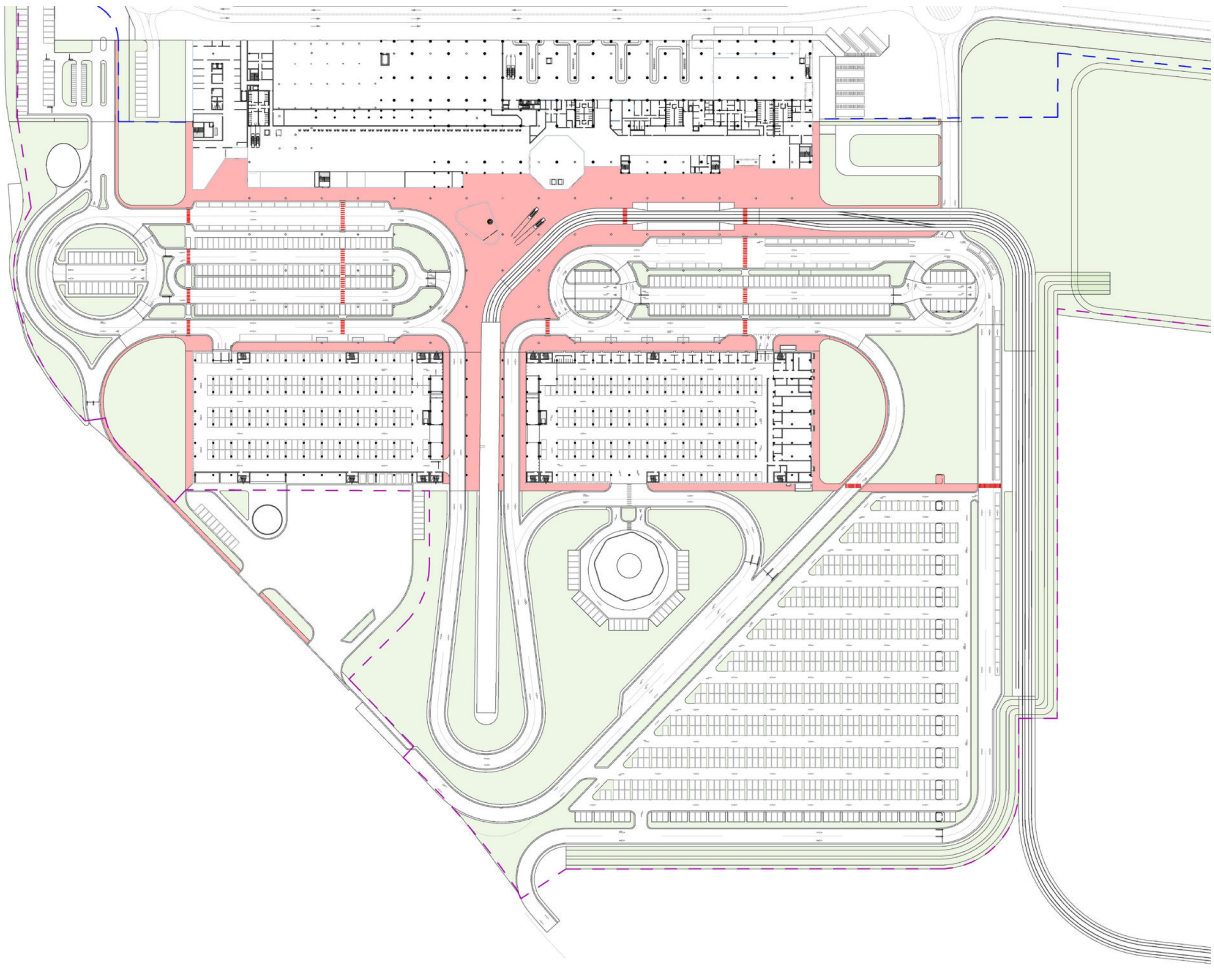


Figura 15: Circolazione pedonale

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

4.2 Sosta

Nello schema successivo si evidenziano le diverse zone riservate a pick up e drop off per ogni categoria veicolare (auto private, auto con passeggeri, NCC, bus/navetta, taxi). Ogni servizio ha un'area dedicata che potrà essere adeguatamente segnalata all'utenza ed a elevata accessibilità pedonale. L'organizzazione di queste aree deriva dallo studio della stima della domanda di sosta.

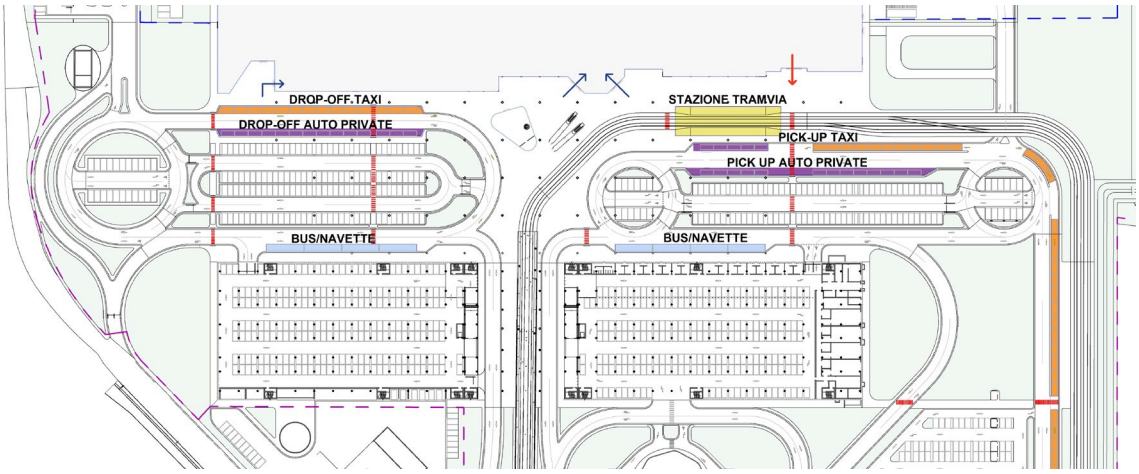


Figura 16: Aree drop off e pick up

Davanti all'ingresso principale del terminal lato arrivi, appena dietro la stazione delle linee tramviarie, vi è una corsia dedicata al pick up taxi, la quale conta 11 stalli, ai quali se ne aggiungono ulteriori nella corsia di accodamento, fino ad arrivare ad un totale di 45 spazi di sosta; la posizione di quest'area fa sì che il passeggero non abbia ulteriori attraversamenti stradali da percorrere. In prossimità di questa vi è un'area dedicata al pick up passeggeri per auto private con 20 stalli, dimensionata ipotizzando un tempo di sosta di 5 minuti.

Di seguito sono riportati gli elementi principali dell'area arrivi:

1. Ingresso indipendente su Viale Luder;
2. Stalli di sosta e zona dedicata per pick up taxi;
3. Stalli di sosta e zona dedicata pick up auto private;
4. Corsia di accumulo taxi;
5. Area pedonale coperta, tra tramvia e terminal lato arrivi, per l'attesa dei taxi.

Allo stesso modo, anche lato partenze, sempre fronte terminal, il drop-off dei taxi avviene attraverso una corsia dedicata che permette l'accodamento di 14 auto. Parallela a questa si trova anche da questo lato una

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

corsia dedicata al drop-off passeggeri per auto private, contando 14 posti auto. La vicinanza di queste corsie al terminal permette al passeggero di muoversi verso l'ingresso in sicurezza.

Come precedentemente citato, per gli NCC sono riservate due aree di sosta in corrispondenza delle rotatorie fronte terminal lato arrivi, entrambe con 12 stalli.

Lungo la facciata Nord del parcheggio multipiano, sempre sotto la copertura, si trovano i parcheggi riservati ai bus/navette, anche questi divisi tra partenze e arrivi, così come è divisa la relativa viabilità e i relativi accessi all'area. In entrambe le aree sono riservati 4 stalli.

Di seguito sono riportati gli elementi principali dell'area partenze:

1. Ingresso indipendente su Viale Luder;
2. Stalli di sosta e zona dedicata drop-off taxi;
3. Stalli di sosta e zona dedicata drop-off auto private;
4. Area pedonale coperta per l'attesa dei taxi.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

5 Modello di microsimulazione

Con lo scopo di analizzare la rete stradale interna all'area di intervento aeroportuale si è scelto di utilizzare un modello di microsimulazione, dal momento che le dinamiche di deflusso sono principalmente legate all'interazione dei veicoli tra di loro, che percorrono traiettorie in conflitto, e con la strada e le intersezioni, in particolare con la loro diversa capacità di ricezione (regolate da precedenza/stop, semaforizzate o con rotatoria). I modelli di tipo macro, infatti, permettono di valutare l'utilizzo della capacità delle arterie stradali e le direttrici utilizzate nelle scelte di percorso per le diverse relazioni Origine-Destinazione, ma non permettono di indagare gli effetti di interazioni di tipo micro tra singoli veicoli. Invece, attraverso la calibrazione di parametri comportamentali delle diverse categorie di utenza e dei coefficienti alla base del funzionamento dei modelli di scelta, è possibile ricostruire con affidabilità le dinamiche di interazione tra le correnti veicolari e di formazione degli accodamenti e di analizzare le prestazioni delle intersezioni.

Il modello ha quindi lo scopo di:

- verificare il livello di servizio degli archi stradali e delle intersezioni, noti i parametri descrittivi dei fenomeni di accodamento;
- controllare le conseguenze di scelte progettuali puntuali, in particolare in corrispondenza dei nodi, sulle performance generali della rete e su quelle specifiche nei pressi dei nodi stessi.

Il software di microsimulazione assegna la domanda all'offerta di trasporto tramite un modello di assegnazione dinamico, che tiene conto quindi dell'evoluzione temporale del sistema di offerta simulato. Più precisamente, il processo si basa sull'ottenimento di una soluzione stocastica al problema, dal momento che l'evoluzione temporale del sistema non è univocamente determinabile, ma dipende da vari fattori, tra cui il comportamento degli utenti. Per questo motivo la microsimulazione integra diversi modelli matematici per descrivere i comportamenti dei singoli veicoli nelle situazioni di:

- accodamento al veicolo precedente (Car Following);
- cambio di corsia (Lane Changing);
- accettazione del tempo di attesa (Gap acceptance).

Il modello Car Following regola il comportamento di un veicolo in funzione del comportamento del veicolo che lo precede, oltre che ai parametri caratteristici della propria categoria veicolare (quali velocità massima raggiungibile, accelerazione, tempo di reazione, ecc.) e delle caratteristiche delle sezioni stesse (velocità massima).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Il modello Lane Changing descrive il comportamento del veicolo nell'atto del cambio di corsia. Ogni sezione del grafo è suddivisa in tre zone, tra le quali varia il comportamento del veicolo rispetto al desiderio di cambiare corsia.

Il modello Gap acceptance regola il comportamento del veicolo all'atto di compiere una qualsiasi manovra (immissioni, ingresso in un'intersezione, ecc..) in cui sia presente almeno un punto di conflitto con altri veicoli. Ad ogni categoria di veicolo è associato un tempo di attesa accettato, il quale viene confrontato con i gap temporali tra il passaggio di due veicoli della corrente "avversa". Nel caso in cui il gap temporale superi tale valore, il veicolo in attesa può immettersi anche in condizioni di non sicurezza.

La fase di calibrazione del modello di microsimulazione comporta la regolazione di questi parametri, al fine di riprodurre le reali condizioni di deflusso della rete. La calibrazione di tali parametri comporta la scelta del loro valore medio e della loro varianza per le diverse categorie di utenti e i vari archi del grafo stradale: le diverse simulazione del medesimo scenario non restituiscono gli stessi risultati puntuali in termini di tempi di percorrenza e flusso, perché la scelta del percorso del singolo veicolo dipende dall'evoluzione temporale dello scenario, che a sua volta –come già anticipato- cambia al variare di tali parametri.

5.1 Descrizione dello scenario

L'analisi di tipo micro è condotta per la viabilità interna che si articola come riportato di seguito. Il progetto prevede una riorganizzazione e ottimizzazione della rete viabilistica esistente davanti al terminal, con l'obiettivo di migliorare l'accessibilità e la fluidità del traffico. Inoltre, viene proposta una nuova configurazione delle aree esterne all'edificio, mirata ad aumentare la disponibilità di spazi per la sosta, al fine di soddisfare le crescenti esigenze di parcheggio e fermata dei veicoli. Si riporta di seguito una sintesi della sistemazione della sosta e della viabilità di ingresso e uscita.

Il modello costruito sul software di microsimulazione è riportato in Figura 18.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

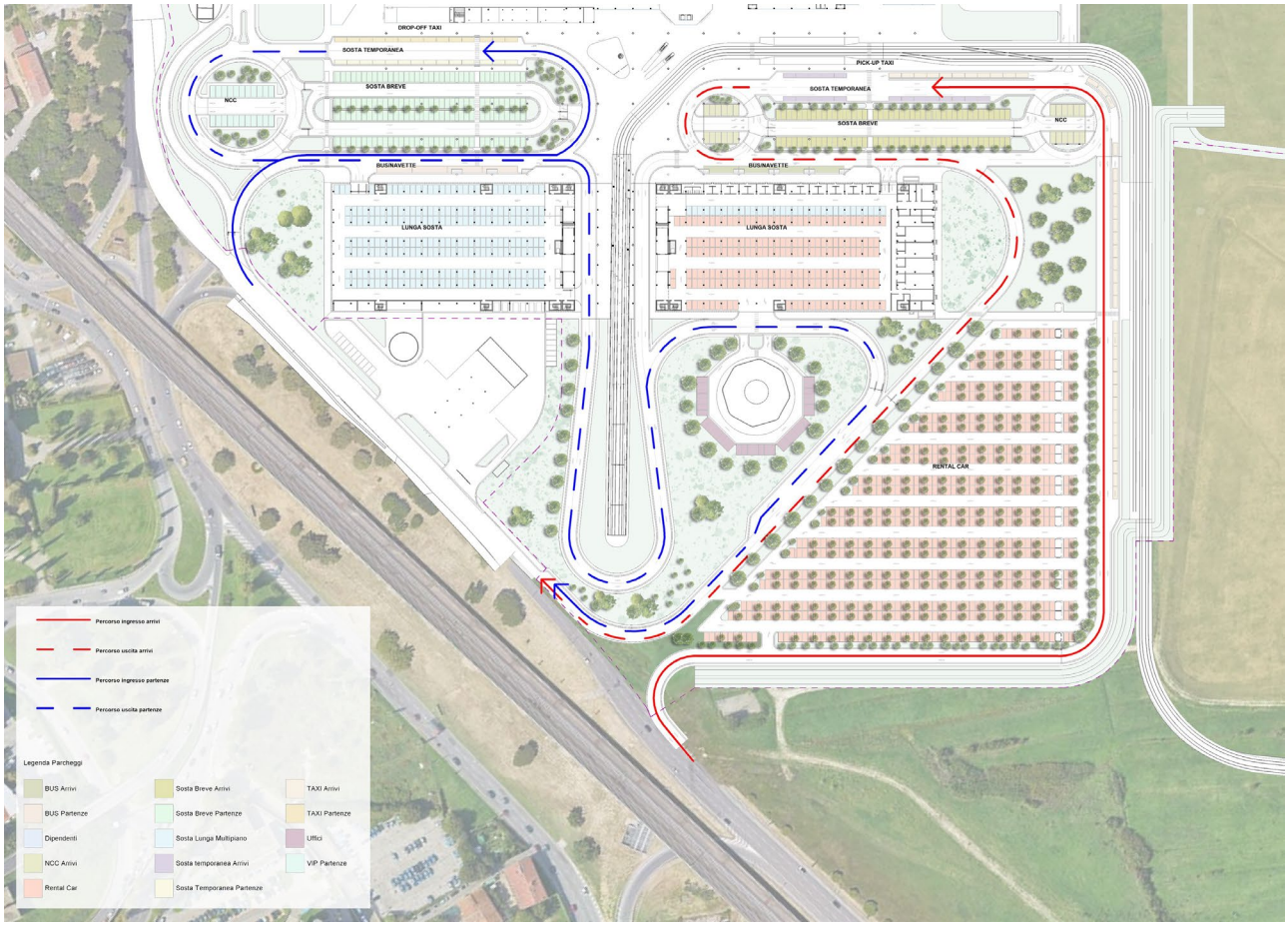


Figura 17: Schema della viabilità e della sosta

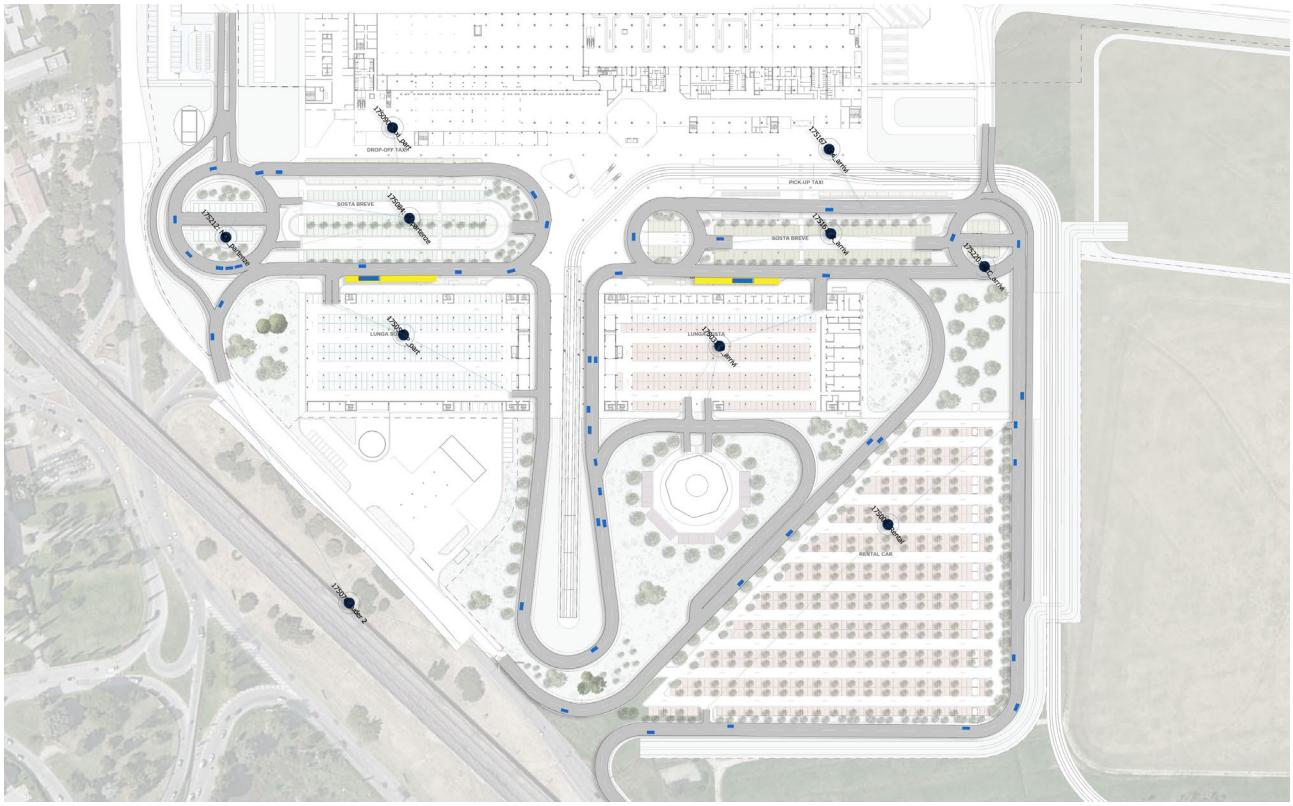


Figura 18: Estensione del modello su Aimsun

5.2 Rete di offerta

Il grafo estratto per la rappresentazione del sistema attuale della viabilità è costituito dalla viabilità interna di progetto a cui sono collegati i due centroidi esterni, rappresentanti l'accesso all'infrastruttura su/da via Giovanni Luder.

Ciascun arco è stato caratterizzato dalle caratteristiche funzionali e geometriche quali larghezza, numero corsie, capacità nominale, velocità massima e dalle regole di circolazione. Il dimensionamento è coerente con il progetto.

La presenza di parcheggi con percorsi specifici è difficilmente rappresentabile nel modello, per questo ogni parcheggio è stato identificato mediante un centroide da cui generare o attrarre i veicoli.

5.3 Domanda di traffico

La domanda di traffico è stata ricostruita a partire dal ritaglio del modello di macrosimulazione.

I veicoli presenti nella simulazione sono suddivisi in tre categorie, ognuna delle quali definita da elementi caratteristici quali, per citarne alcuni, la lunghezza media, l'accelerazione e la decelerazione medie, la velocità massima desiderabile, il tempo di reazione. Le categorie di veicoli considerate sono:

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

- auto;
- taxi;
- NCC (Noleggio con Conducente).

Inoltre, il modello simula la presenza di bus shuttle le cui fermate sono state inserite coerentemente con il progetto, considerando il passaggio di 7 bus al terminal partenze e 21 a quello degli arrivi.

La simulazione considera un periodo temporale di analisi in cui si raggiungono le condizioni maggiormente critiche per il sistema. Per la componente del traffico il carico veicolare maggiore si riscontra durante l'ora di punta del mattino del giorno feriale medio, cioè **8:00 – 9:00.**

Si riporta di seguito una sintesi della matrice utilizzata nel modello.

2035		
Veicoli	**Arrivals**	**Departures**
car	18	22
rentals	4	5
Taxi	326	203
Pick Up / Drop Off	217	281
NCC	29	23
Bus Shuttle	7	21

Tabella 4: Matrice di traffico

5.4 Calibrazione del modello

Il modello è stato calibrato sulla base del comportamento degli utenti nell'ora di punta della mattina per ricreare i fenomeni osservati sulla rete.

Per ciascuna delle tre classi di utenza considerate è stato impostato un range per i parametri di accelerazione, velocità massima desiderata, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni non semaforizzate, tempo di reazione in corrispondenza delle intersezioni semaforizzate, aggressività, ecc. Con particolare riferimento al profilo comportamentale degli utenti, si sottolinea come la calibrazione del modello abbia richiesto l'implementazione di profili di automobilisti aggressivi, con una bassa soglia di attesa in corrispondenza delle intersezioni e un'alta predisposizione al cambio corsia non prudente (80%): questi valori garantiscono una buona riproduzione delle dinamiche reali e sono tipici dei contesti altamente congestionati e frequentati da utenti abituali.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

5.5 Criteri di valutazione funzionali

Il software di microsimulazione assegna la domanda all'offerta di trasporto tramite un modello di assegnazione dinamico, che tiene conto quindi dell'evoluzione temporale del sistema di offerta simulato. Più precisamente, il processo si basa sull'ottenimento di una soluzione stocastica al problema, dal momento che l'evoluzione temporale del sistema non è univocamente determinabile, ma dipende da vari fattori, tra cui il comportamento degli utenti. Vengono quindi effettuate diverse simulazioni del medesimo scenario, che non restituiscono gli stessi risultati puntuali in termini di tempi di percorrenza e flusso, perché la scelta del percorso del singolo veicolo dipende dall'evoluzione temporale dello scenario: questa, a sua volta, cambia al variare dei parametri comportamentali dell'utente, contraddistinti anch'essi da una variabilità casuale all'interno di *range* definiti.

L'analisi delle prestazioni dello scenario simulato è possibile tramite i seguenti indicatori:

- macroindicatori trasportistici:
  - tempo di percorrenza complessivo della simulazione [veic*h];
  - percorrenza complessiva della simulazione [veic*km];
  - velocità media della simulazione [km/h];
- indicatori relativi alle sezioni:
  - Flusso veicolare [flusso espresso in veicoli equivalenti];
  - Livello di Servizio – LoS calcolato lungo gli archi di interesse secondo Highway Capacity Manual
  - Densità [PCU/km/corsia]
- indicatori relativi ai nodi:
  - Livello di Servizio – LoS calcolato per i nodi secondo Highway Capacity Manual
  - Tempo medio di attesa [s].

Il livello di servizio (Level of Service – LoS) è un indicatore sintetico definito dall'Highway Capacity Manual tipicamente utilizzato in studi di traffico che potrebbero interessare una particolare arteria stradale. Il LoS esprime il buono o cattivo funzionamento di un elemento stradale (arco, intersezione non semaforizzata, intersezione semaforizzata, rotatoria). I livelli di servizio sono sei, identificati con una lettera da A ad F, e ordinati secondo il peggioramento progressivo delle condizioni di deflusso (A indica la circolazione a flusso libero, F indica la marcia stop and go ovvero la presenza di accodamenti).

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

L'utilizzo di questo indicatore permette di visualizzare in modo semplice uno stato di congestione dovuto -ad esempio- alla presenza di un'intersezione o ad una situazione di rallentamento di un tratto stradale urbano utilizzato come tronco di scambio tra diverse traiettorie, anche in condizioni di saturazione (vale a dire del rapporto flusso/capacità) bassa. La saturazione, infatti, non permette di valutare in modo esaustivo le condizioni di deflusso, dal momento che è legata alla capacità teorica di un arco senza considerare la sistemazione dei nodi estremi dello stesso o il suo utilizzo da parte degli utenti nelle loro traiettorie.



Figura 19: Condizioni di deflusso e relativi livelli di servizio

Il manuale HCM indica i parametri specifici da cui dipende il livello di servizio, sulla base della tipologia dell'elemento studiato. Ad esempio, il livello di servizio per gli archi di scorrimento extraurbano dipende dalla densità veicolare, espressa in veicoli/miglio/corsia; le strade urbane invece dipendono dalla velocità espressa come aliquota percentuale della velocità di flusso libero (Level of Efficiency). Indipendentemente dal parametro scelto, un rapporto superiore a 1 tra flusso circolante Q e capacità dell'asta C, esprime una condizione di congestione e, di conseguenza, il livello di servizio non può che essere F.

La valutazione funzionale delle intersezioni, sempre in accordo con il Manuale HCM, è invece funzione del tempo medio di attesa (delay time) espresso in secondi/veicolo e registrato sulle corsie di entrata. Il Livello

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

di Servizio per le intersezioni a raso non semaforizzate è così individuato rispetto ai seguenti intervalli indicati in Tabella 5.

Delay time non semaforizzate (s/veic)	Delay time semaforizzate (s/veic)	LOS
≤10	≤10	A
10 ÷ 15	10 ÷ 20	B
15 ÷ 25	20 ÷ 35	C
25 ÷ 35	35 ÷ 55	D
35 ÷ 50	55 ÷ 80	E
> 50	> 80	F

Tabella 5: Classi di attribuzione del LOS per approcci a intersezioni non semaforizzate e semaforizzate (fonte: HCM)

La metodologia HCM permette di calcolare il LoS degli archi urbani tramite l'indicatore Level of Efficiency (percentuale della velocità media simulata rispetto alla velocità massima di deflusso libero) e il LoS degli archi extraurbani secondo due parametri: la densità veicolare e la velocità massima dell'arco. Gli intervalli di riferimento sono riportati nelle successive tabelle.

LoE (% della Vmax)	LOS
> 85 %	A
85 % ÷ 67 %	B
67 % ÷ 50 %	C
50 % ÷ 40 %	D
40 % ÷ 30 %	E
≤ 30 %	F

Tabella 6: Classi di attribuzione del LoS per archi di tipo "urban" (fonte HCM)

Density (PCU/miglia/corsia)	Vmax (miglia/h)	LOS
≤11	-	A
11 ÷ 18	-	B
18 ÷ 26	-	C
26 ÷ 35	-	D
35 ÷ 40	60	E
35 ÷ 41	55	
35 ÷ 43	50	
35 ÷ 45	45	
> 40	60	F

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

> 41	55	
> 43	50	
> 45	45	

Tabella 7: Classi di attribuzione del LoS per archi di tipo "multilane highways" (fonte HCM)

5.6 Applicazione del modello

La microsimulazione permette di studiare l'interazione tra i veicoli simulando tempi di attesa e lunghezza di eventuali code.; inoltre il software Aimsun Next permette la visione cronologica dell'ora di simulazione.

I flussi veicolari ottenuti dalla simulazione dello scenario in esame sono riportati nella seguente elaborazione grafica (Figura 20). Lo spessore delle barre è proporzionale al flusso assegnato e il colore indica il livello di utilizzo della rete.

Dalla figura si evince un elevato flusso veicolare sia nel tratto in ingresso verso il terminal delle partenze, che nel tratto di uscita su viale Luder. Questo accade perché i flussi in uscita da entrambi i terminal si concentrano nello stesso percorso, utilizzando la medesima viabilità di uscita.

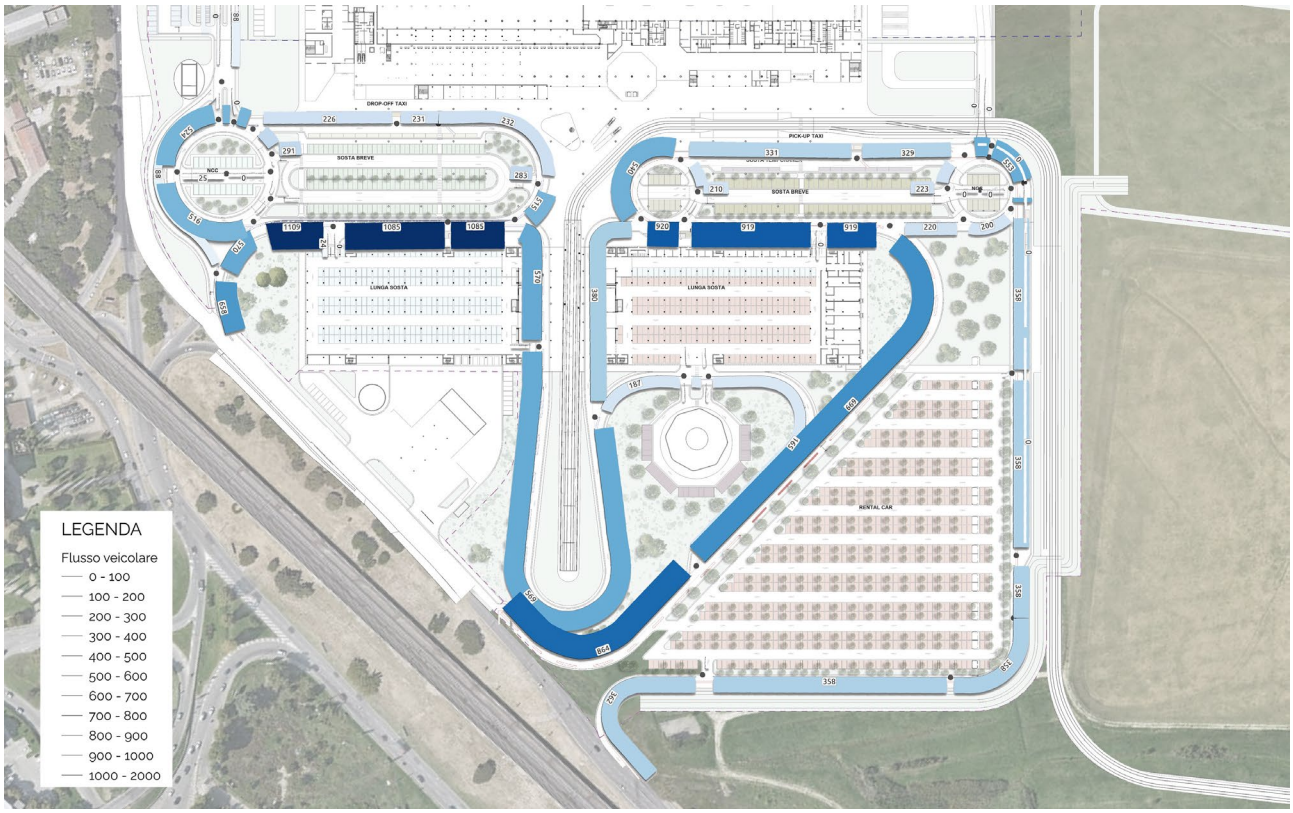


Figura 20: Flusso veicolare espresso in veicoli equivalenti

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Di seguito è riportato il *Livello di Servizio (LoS)*, calcolato come da metodologia esposta precedentemente: gli archi di approccio alle intersezioni in funzione del tempo medio di attesa e i restanti archi urbani mediante il Level of Efficiency ovvero il rapporto tra la velocità media simulata e la velocità di deflusso libro.
L'analisi non evidenzia particolari criticità, infatti lungo tutto il tracciato si stima un ottimo LOS.

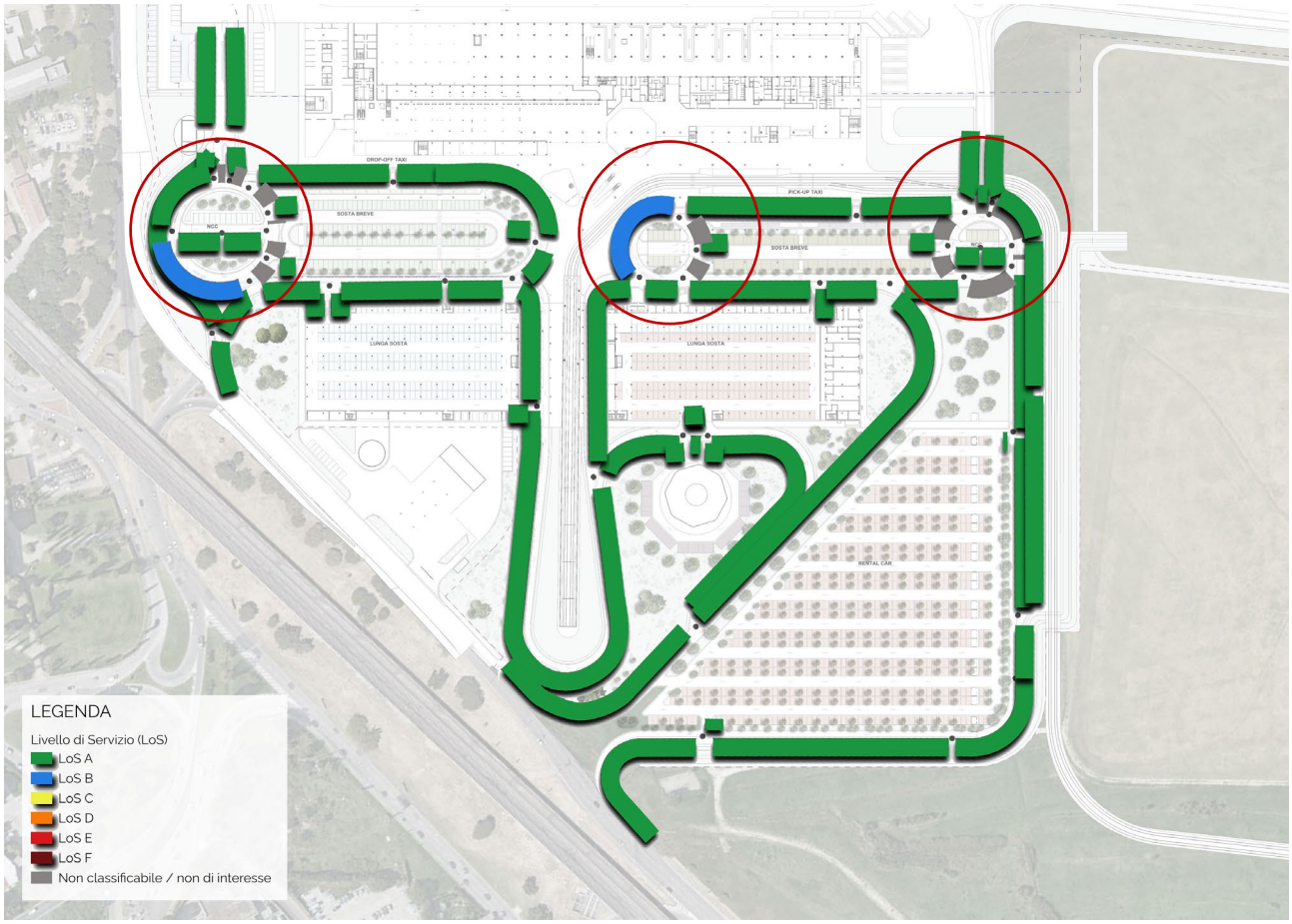


Figura 21: Livello di Servizio

Per l'intersezione in prossimità del terminal delle partenze il Livello di Servizio è influenzato della presenza del segnale di precedenza per chi è all'interno; nonostante gli accodamenti che si formano e un tempo di attesa medio di 12 s, si stima un buon LOS pari a B. Sugli altri archi di ingresso le prestazioni sono ottime.

Si osserva, inoltre, dall'immagine che il livello di servizio medio dei due nodi in prossimità del terminal degli arrivi è ottimo e tutte le manovre rispondono con un LOS A ad esclusione di una manovra con LOS B. Nelle due intersezioni, quindi, non si generano fenomeni di congestione o eccessivi accodamenti. In termini di tempo di attesa medio l'unica manovra che supera gli 11 s è quella con LOS B.

Un parametro utile allo studio della prestazione della rete è la velocità media, riportata graficamente in Figura 22, da cui emergono lungo gli archi del tracciato velocità medie comprese tra 30 e 45 km/h. I valori

tendono ad aumentare in prossimità dei due archi gli individuati delle intersezioni. A causa di eventuali accodamenti le velocità tendono a diminuire, infatti nell'intersezione al terminal delle partenze assestandosi tra i 10-20 km/h; in prossimità degli arrivi tra i 20-30 km/h.

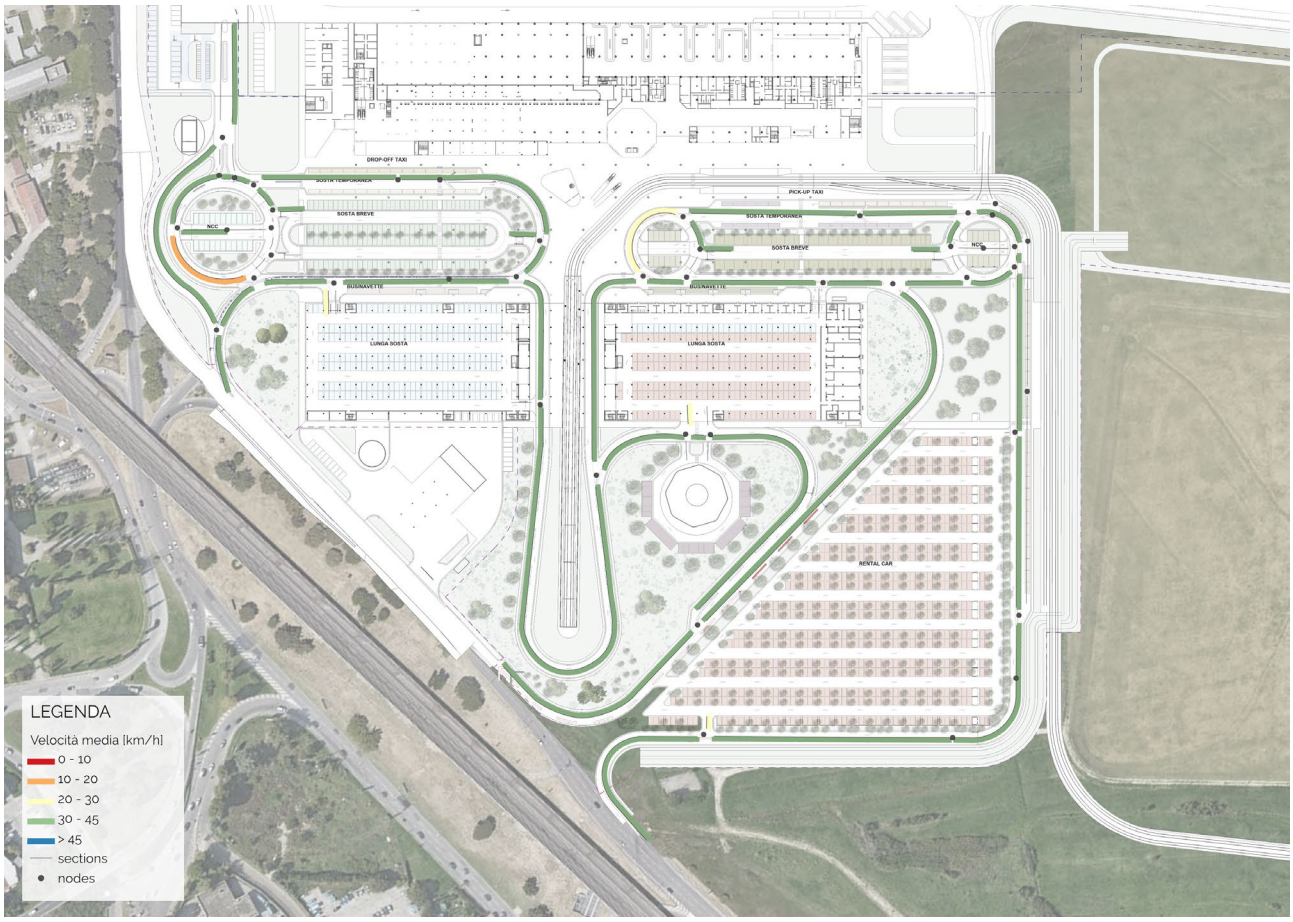


Figura 22: Velocità media [km/h]

Per un ulteriore approfondimento si è deciso di analizzare le velocità medie distinguendo le tre diverse categorie di veicoli, da cui si osserva che i valori non differiscono tra loro in modo evidente.

Indicatore	auto	taxi	NCC
Tempi di percorrenza [veic*h]	16.6	13.9	1.4
Percorrenze [veic*km]	636.9	531.1	56.1
Velocità media [km/h]	38.4	38.3	39.8

Tabella 8: Macroindicatori distinti per categoria

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Si riporta di seguito la percentuale di ritardo rispetto alla condizione di flusso libero con cui si conferma la situazione già descritta con gli altri parametri. I due segmenti di approccio alle intersezioni stimano un ritardo maggiore del 100%; per gli altri segmenti il ritardo varia ma si attesta al di sotto del 40%. È ragionevole come risultato in quanto i ritardi per gli archi di approccio definiscono il LOS, che ad esclusione di quei due è sempre A. Si osserva, inoltre, che nel tratto di confluenza tra i flussi in uscita dalle partenze e quelli dall'arrivo il ritardo sia compreso tra il 20 e il 40%.

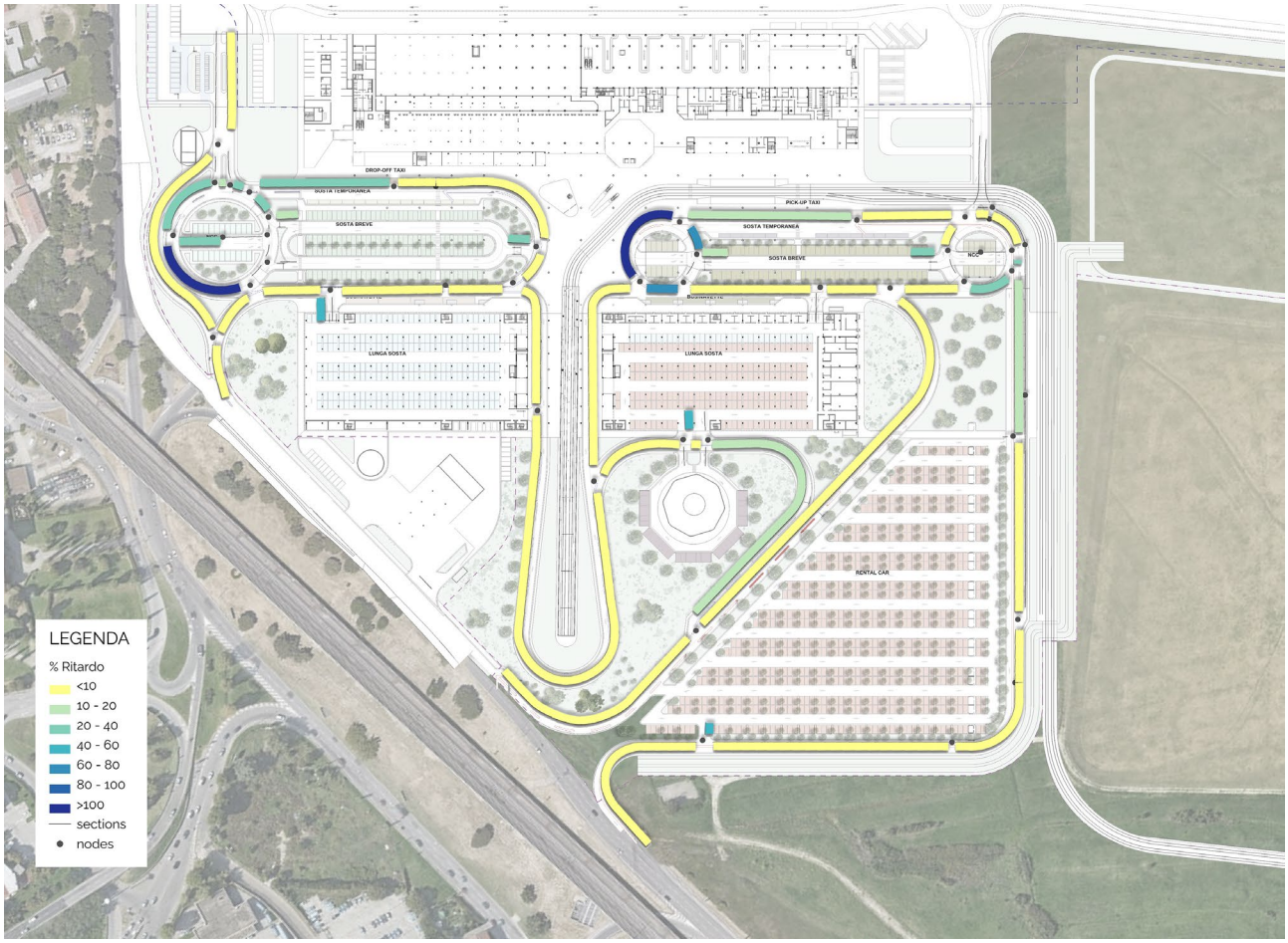


Figura 23: Percentuale di ritardo rispetto alla condizione di flusso libero

La densità (PCU/km) è calcolata per corsia, non per sezione. Poiché una sezione può contenere due o più corsie, tieni presente l'impatto del numero di corsie sul valore di output. Ad esempio, un singolo veicolo in una sezione lunga un chilometro con tre corsie restituirebbe un valore di densità di 0,33.

Dalla Figura 24 è evidente una densità compresa tra 20-40 veic/km per corsia, si tratta comunque di un numero contenuto di veicoli non implicando ulteriori problematiche di deflusso rispetto a quanto analizzato in precedenza.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

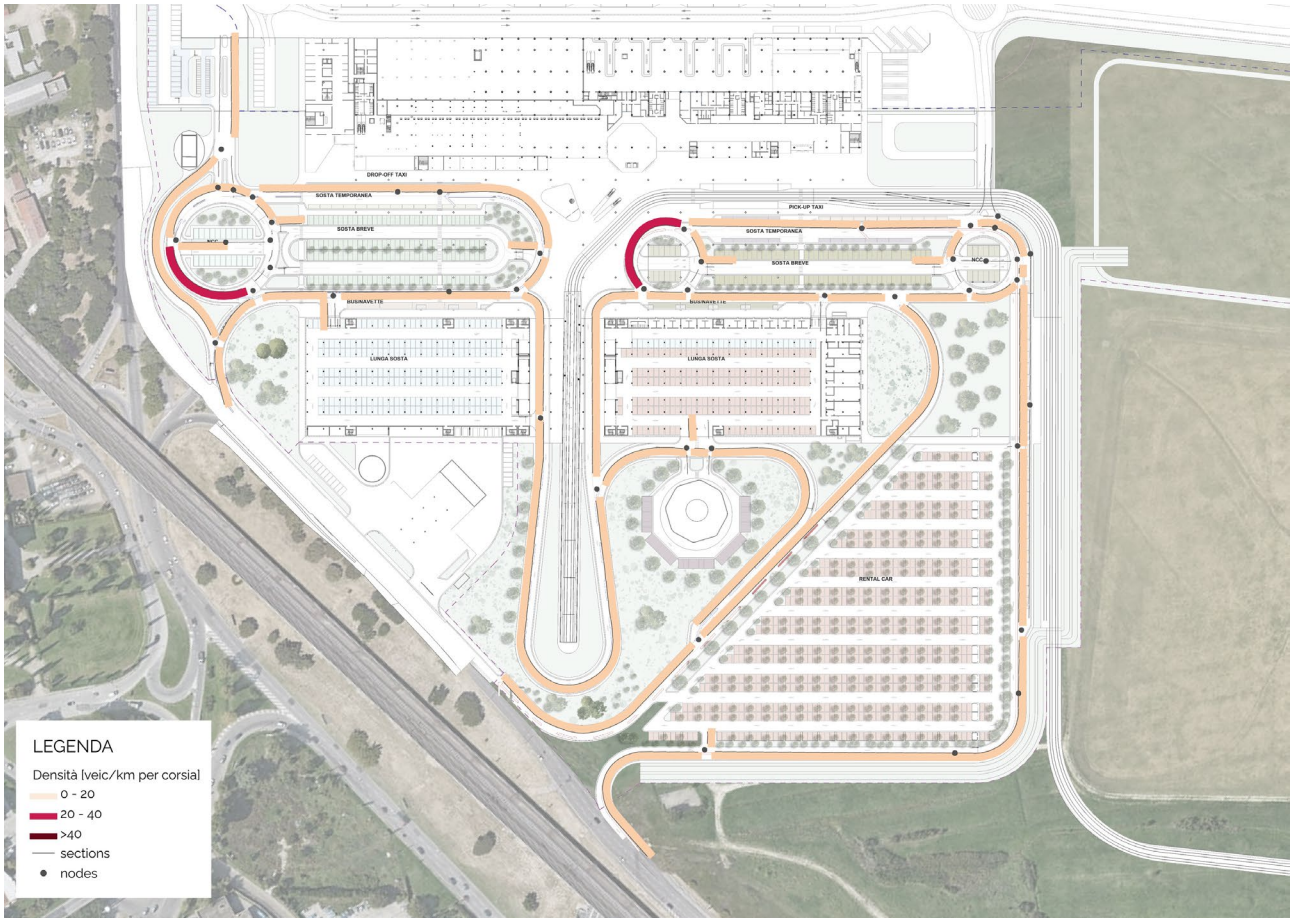


Figura 24: Densità [veic/km per corsia]

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

6 Conclusioni

L'obiettivo del presente studio è quello di definire degli schemi di circolazione interni tali da ottimizzare l'accessibilità all'infrastruttura aeroportuale, con particolare attenzione all'interazione tra le diverse modalità di trasporto pubblico, privato e pedonale. Lo scopo fondamentale dello studio è stato quello di garantire dei percorsi funzionali e fruibili per tutte le categorie veicolari, diretti, sicuri e facilmente comprensibili per le diverse categorie di utenza.

L'analisi si articola in tre attività analitiche interconnesse e sequenziali: stima della domanda, reperimento della sosta e definizione dello schema di circolazione.

La stima della domanda prende avvio dai dati forniti da Toscana Aeroporti S.p.A. in termini di previsioni di traffico all'orizzonte di progetto 2035 e di ripartizione modale attesa, con particolare attenzione allo spostamento modale previsto verso il trasporto pubblico locale, grazie all'attuazione della linea tramviaria di progetto. Successivamente, per ciascuna categoria veicolare, è stata stimata una domanda di sosta per le ore di punta giornaliere attraverso opportuni parametri di occupazione veicolare e turnazione accordati e validati da TAE.

Il passaggio analitico successivo è stato quello di revisionare ed aggiornare i percorsi di circolazione e le aree di sosta per ciascuna modalità di traffico prevista, attenzionando il corretto dimensionamento degli spazi di stazionamento per le attività di drop- off e pick-up e il livello di accessibilità da e per i terminali delle partenze e degli arrivi e la relazione tra le diverse modalità di trasporto.

Nonostante l'implementazione della nuova linea di trasporto pubblico su ferro mitighi il traffico veicolare atteso, la nuova viabilità interna non intercetta mai la linea tranviaria, così da poter eliminare ogni nodo critico. Tutte le aree riservate e le corsie di drop off e pick up, con differenti tempi di sosta, offrono un adeguato livello di funzionalità e gli stalli predisposti sono sufficienti per soddisfare la domanda. Infine, i percorsi pedonali connettono in maniera adeguata l'area arrivi e l'area partenze garantendo un sufficiente livello di confort agli utenti.

Tuttavia, si evidenzia come questa analisi non sia in grado di prevedere e replicare comportamenti alla guida non conformi alla segnaletica stradale che potrebbero influenzare la rete interna ed esterna all'aeroporto.

Pertanto, per evitare manovre illecite e incertezze alla guida nella scelta dei percorsi, si suggerisce di adottare un buon sistema di wayfinding, così come un sistema di controllo e ticketing in ingresso all'area aeroportuale e un sistema di tariffazione della sosta che regolamenti il corretto utilizzo dell'infrastruttura.

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Indice delle figure

FIGURA 1: PROFILO ARRIVI E PARTENZE 7
FIGURA 2: RIPARTIZIONE MODALE ATTESA SCENARIO 2035 – FONTE TOSCANA AEROPORTI S.R.L. 8
FIGURA 3: RIPARTIZIONE MODALE ATTESA SCENARIO 2035 – OTTIMIZZAZIONE SYSTEMATICA 8
FIGURA 4: TIPOLOGIE VEICOLARI UTILIZZATE PER LE VERIFICHE DI INGOMBRO GEOMETRICO 10
FIGURA 5: SCHEMA PLANIMETRICO AREE DI SOSTA DI PROGETTO 11
FIGURA 6: ESEMPIO DI NODO VEICOLARE DI PROGETTO 13
FIGURA 7: FOCUS VIABILITÀ FRONTE TERMINAL LATO PARTENZE 14
FIGURA 8: FOCUS VIABILITÀ FRONTE TERMINAL LATO ARRIVI 14
FIGURA 9: SISTEMA DI CIRCOLAZIONE 15
FIGURA 10: PERCORSI PER L'AREA BUS/NAVETTE 17
FIGURA 11: PERCORSI PER L'AREA NCC 18
FIGURA 12: SISTEMA DI CIRCOLAZIONE PER TAXI 19
FIGURA 13: PERCORSI IN ENTRATA E USCITA AI PARCHEGGI 20
FIGURA 14: SISTEMA DI CIRCOLAZIONE PER RENTAL CAR 21
FIGURA 15: CIRCOLAZIONE PEDONALE 22
FIGURA 16: AREE DROP OFF E PICK UP 23
FIGURA 17: SCHEMA DELLA VIABILITÀ E DELLA SOSTA 27
FIGURA 18: ESTENSIONE DEL MODELLO SU AIMSUN 28
FIGURA 19: CONDIZIONI DI DEFLUSSO E RELATIVI LIVELLI DI SERVIZIO 31
FIGURA 20: FLUSSO VEICOLARE ESPRESSO IN VEICOLI EQUIVALENTI 33
FIGURA 21: LIVELLO DI SERVIZIO 34
FIGURA 22: VELOCITÀ MEDIA [KM/H] 35
FIGURA 23: PERCENTUALE DI RITARDO RISPETTO ALLA CONDIZIONE DI FLUSSO LIBERO 36
FIGURA 24: DENSITÀ [VEIC/KM PER CORSIA] 37

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com

Indice delle tabelle

TABELLA 1: TOTALE PASSEGGERI NELL'ORA DI PUNTA – FONTE TAE 6
TABELLA 2: STIMA DEL TRAFFICO VEICOLARE ATTESO NELL'ORA DI PUNTA CONSIDERATA 9
TABELLA 3: STIMA DEL NUMERO DI STALLI RICHIESTO PER OGNI COMPONENTE VEICOLARE. 10
TABELLA 4: MATRICE DI TRAFFICO 29
TABELLA 5: CLASSI DI ATTRIBUZIONE DEL LOS PER APPROCCI A INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE E SEMAFORIZZATE (FONTE: HCM) 32
TABELLA 6: CLASSI DI ATTRIBUZIONE DEL LOS PER ARCHI DI TIPO "URBAN" (FONTE HCM) 32
TABELLA 7: CLASSI DI ATTRIBUZIONE DEL LOS PER ARCHI DI TIPO "MULTILANE HIGHWAYS" (FONTE HCM) 33
TABELLA 8: MACROINDICATORI DISTINTI PER CATEGORIA 35

Toscana Aeroporti Engineering S.r.l.
Via del Termine, 11 – 50127 Firenze – tel.: 055.3061300 – fax: 055.3061355 – www.toscana-aeroporti.com