

CdP 2021-2025 – Allegato E
Misurazione del Traffico

1 IL SISTEMA PANAMA PER IL RILEVAMENTO DEL TRAFFICO VEICOLARE

ANAS ha realizzato e gestisce una rete di impianti per l'acquisizione di dati sul traffico veicolare stradale collegata ad un sistema centrale di monitoraggio ed analisi denominato PANAMA (acronimo per "Piattaforma ANAs per il Monitoraggio e l'Analisi"). Implementata per svolgere l'attività di censimento annuale della circolazione sulle strade statali ed autostrade in gestione ANAS S.p.A., la Piattaforma acquisisce dati sulla tipologia, velocità e presenza all'impianto dei veicoli in transito sulle sezioni di misura.

Dal punto di vista impiantistico la rete consta attualmente 1.610 impianti, di cui il 98% è stata implementata con la realizzazione della rete di sensori «nativa» del sistema (dotati alternativamente di tecnologia a microonde o a spire induttive ed alimentati da rete elettrica o pannelli fotovoltaici) ed è così ripartite:

- o il 30% con sensori a spire induttive annegate in pavimentazione
- o Il 70% con sensori sopra suolo con tecnologia a microonde
- o l'85% alimentati con energia fotovoltaica
- o il 50% dotati anche di marcatori di presenza all'impianto.

I sensori installati permettono di misurare l'istante di rilevamento, la lunghezza veicolo, la tipologia di veicolo distinguendolo tra 8+1 classi [moto, auto, auto con rimorchio, furgone, camion, autotreno, autoarticolato, autobus, non classificato], la direzione e la velocità di transito per ogni veicolo in transito sulla sezione, nonché la distanza temporale testa-testa o coda-coda tra il passaggio di due veicoli consecutivi.

Anas gestisce la manutenzione degli impianti esistenti e le nuove esigenze di impianti fissi, attraverso contratti per la fornitura e per la posa in opera di componenti per rilevamento del traffico. Tale sistema, è in continua evoluzione sia per l'integrazione di nuove tecnologie e fonti dati sia per seguire le variazioni di assetto della rete in competenza Anas.

Sotto l'aspetto di sistema, Panama dispone di protocolli di comunicazione aperti che permettono di ricevere dati da più tipologie di sensori, il suo database è stato integrato nel Data Lake Anas e dispone di specifici servizi per l'esposizione dei dati. Attraverso il database di Panama, Anas monitora mensilmente l'andamento del traffico sulla rete di competenza con la pubblicazione dell'Osservatorio del Traffico, che presenta le variazioni dell'Indice di Mobilità Rilevata su porzioni di rete e nel suo complesso. Sono inoltre pubblicati i valori del Traffico Giornaliero Medio Annuale (TGMA) ed elaborate trimestralmente ed annualmente per ogni sezione le schede con l'indicazione dei volumi di traffico medi in tutti i giorni della settimana, le medie di traffico leggero e pesante e le velocità medie suddivisi in tre fasce orarie e per senso di marcia, dell'andamento dei flussi orari medi (nelle 24h per tre tipologie di giorno)



Figura 1. La rete di impianti collegati al sistema Panama

Le informazioni raccolte attraverso la rete di sensori per il rilevamento del traffico veicolare vengono condivise annualmente con il modello di simulazione trasportistica denominato DSS (Decision Support System) di scala nazionale, che consente di calcolare il traffico veicolare sulla rete stradale e di valutare l'impatto sul sistema di trasporto stradale di nuove infrastrutture. Nello specifico le misure acquisite dalla rete di sensori vengono elaborate dal sistema Panama per fornire al DSS i valori del Traffico Giornaliero Medio Annuale (TGMA), suddiviso per direzione e per due classi di veicoli: i veicoli leggeri (costituiti da moto, auto, auto con rimorchio e furgoni) ed i veicoli pesanti (in cui sono raggruppati camion, autotreni, autoarticolati ed autobus).

2 IL MODELLO TRASPORTISTICO DI SCALA NAZIONALE "DSS"

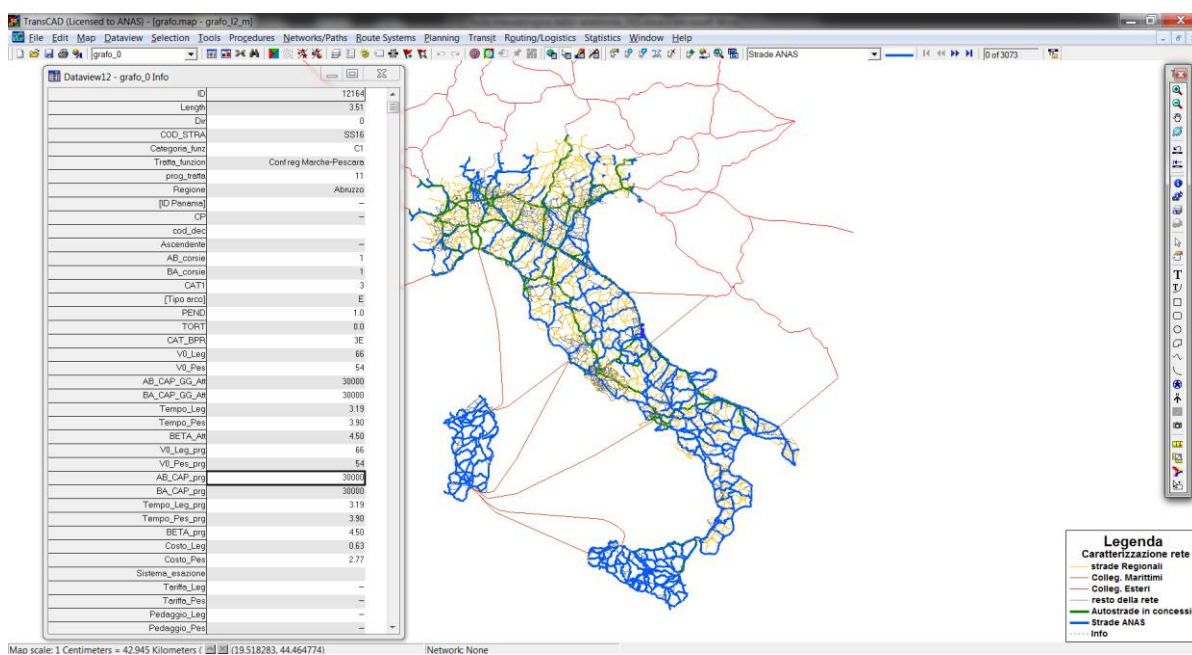
RAPPRESENTAZIONE DELL'OFFERTA E DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

Il Modello Trasportistico DSS di scala nazionale è implementato e continuamente aggiornato presso la Direzione Tecnica di Anas S.p.A..

L'offerta di trasporto implementata nel modello è rappresentativa di circa 85.454 Km infrastrutture bidirezionali, ad esclusione dei connettori stradali, così suddivise:

- Rete Autostradale in concessione: 5.946;
- Rete Autostradale e Raccordi Autostradali in gestione diretta, ad esclusione di svincoli e complanari: 1.294 Km circa;
- Rete in gestione diretta ANAS: 25.681 Km circa (ad esclusione di svincoli e tratti in complanare esistenti);
- Rete Regionale: 22.526 Km circa;
- Rete Estera: 11.740 Km circa;
- Collegamenti marittimi: 2.930 Km circa;
- Resto della rete: 15.337 Km circa.

Figura 1. Offerta del modello di traffico ANAS



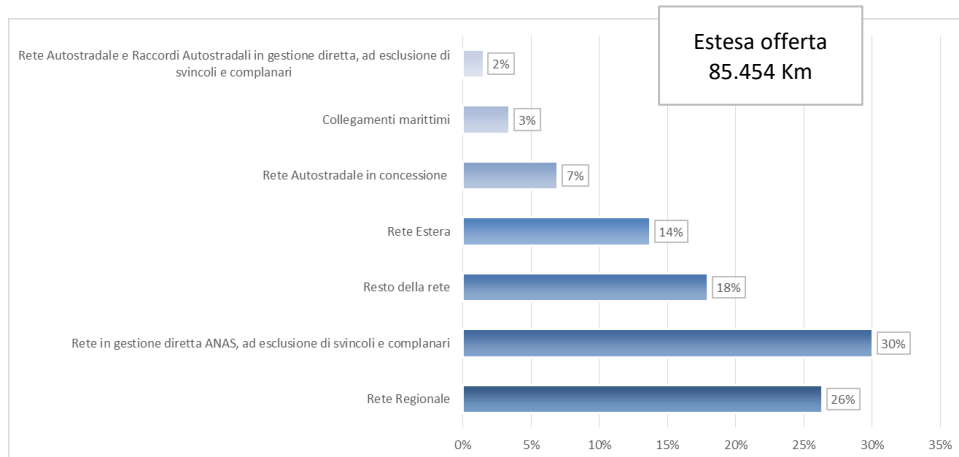


Figura 2. Composizione dell'offerta di traffico del modello ANAS

La domanda passeggeri e merci è distribuita tra 1.212 zone di traffico, di cui:

- 51 zone di traffico in cui sono suddivise le Aree metropolitane delle grandi città (Roma, Milano, Torino, Napoli e Palermo);
- 1.138 zone di traffico interne al resto del territorio nazionale;
- 23 zone di traffico esterne al territorio nazionale.



Figura 3. Zonizzazione

LA PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE DELLA DOMANDA SU RETE

La procedura di assegnazione utilizzata per la calibrazione del modello di rete, e per le analisi dei traffici che insistono sulle infrastrutture stradali implementate nel modello, è la MMA-Assignment, ovvero l'assegnazione multimodale e multiclasse che consente di assegnare simultaneamente più matrici a diverse porzioni di rete tenendo quindi in considerazione più tipologie di utenti o veicoli e differenti reti.

I coefficienti di equivalenza utilizzati nell'assegnazione multimodale sono i seguenti:

- 1.0 veicoli equivalenti per i veicoli leggeri (passeggeri);
- 2.5 veicoli equivalenti per i veicoli pesanti (merci).

La tecnica di assegnazione utilizzata è all'Equilibrio Stocastico dell'Utente (SUE), in modo da tenere conto dei vincoli di capacità degli archi appartenenti alla rete funzione delle caratteristiche funzionali e geometriche degli stessi.

La procedura che effettua l'assegnazione alla rete stradale della domanda merci e passeggeri determina i valori delle seguenti variabili:

- gli attributi del modo trasporto sulla base delle caratteristiche tecniche e funzionali della rete stradale nei periodi di riferimento;
- i flussi di traffico (numero dei veicoli) prodotti sulla rete stradale dalla suddetta domanda;
- i livelli di servizio della rete espressi dalle caratteristiche prestazionali degli archi (tempi, velocità, costi, criticità = rapporto flussi/capacità).

Il caricamento della rete viene simulato come attribuzione di quote omogenee di domanda agli archi del grafo stradale, in base ai percorsi utilizzati per recarsi dalle origini alle destinazioni degli spostamenti.

La simulazione della scelta dei percorsi consiste, secondo i criteri della teoria dell'utilità casuale, nella minimizzazione del costo generalizzato del trasporto percepito dal viaggiatore nell'effettuare lo spostamento a fronte dei limiti relativi sia alla sua percezione dello stato della rete stradale che alla conoscenza e discretizzazione del suo comportamento.

L'assegnazione di ogni quota di domanda è riconducibile ad un caricamento stocastico della rete fra le possibili scelte dell'autista ed i flussi di traffico generati nel corso della medesima assegnazione.

Le caratteristiche funzionali della rete considerate nel modello di assegnazione sono le seguenti:

- lunghezza (Km) del singolo arco;
- tempo di percorrenza a flusso nullo dell'arco;
- capacità di deflusso dell'arco.

I parametri utilizzati per il calcolo del costo generalizzato del trasporto sono i seguenti:

- costo chilometrico del trasporto (legato ad ogni singolo arco della rete e funzione dell'estensione chilometrica dello stesso);
- valore monetario del tempo (VOT);
- il costo del pedaggio (ove esistente).

Il tempo di percorrenza dell'arco, che determina il Valore Monetario del Tempo VOT, è funzione sia delle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura (velocità a flusso libero, capacità della strada) sia del flusso che vi transita in quanto al crescere dei flussi cresce anche il condizionamento tra i veicoli e può essere determinato attraverso funzioni sperimentali.

Ad ogni arco corrisponde una legge di deflusso, nel modello è utilizzata una funzione sperimentale del tipo BPR, la cui espressione generale è:

$$t^{BPR}(q)=t_0 \left[1 + \alpha \cdot \left(\frac{q}{n \cdot C} \right)^\beta \right]$$

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo t_0 per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso q , dalla capacità nC dell'arco stesso (in cui n rappresenta il numero di corsie e C la capacità di una corsia) e da due parametri α e β che derivano da calibrazione.

Il valore del tempo di viaggio (Value Of Time, VOT) è considerato dalla letteratura di settore funzione di molteplici fattori quali il salario, il tipo di attività fatta nel tempo risparmiato, l'utilità associata a quest'attività e a quella associata al tempo di viaggio. Tali fattori, oltre a variare per ogni individuo, variano anche in funzione del tipo di spostamento, della motivazione dello spostamento e della fase del viaggio.

Ai fini di una corretta rappresentazione modellistica è stato stimato il VOT per classe di utente, e quindi per i veicoli leggeri e per i veicoli pesanti.

La stima del VOT per i veicoli leggeri è stata determinata a partire dai valori proposti in letteratura, dall'analisi delle informazioni sulle motivazioni di viaggio ottenute attraverso le varie indagini O/D realizzate nel corso degli anni sulle motivazioni del viaggio, dall'analisi di statistiche Istat relative a retribuzioni orarie medie annue e occupati per settore.

Per la stima del VOT dei mezzi pesanti, la letteratura di settore suggerisce di considerare il costo orario dell'autista, in quanto, in questo caso, il tempo di viaggio coincide con il tempo di lavoro. Possono, quindi, essere trascurati altri elementi di valutazione, quali il valore della merce e dell'unità di carico, che incidono nella fase decisionale di scelta modale che precede la scelta del percorso.

Nel modello di assegnazione i valori del tempo applicati sono pari a 0,2 euro/minuto (12 euro/ora) per i veicoli leggeri e a 0,5 euro/minuto (30 euro/ora) per i veicoli pesanti. Il VOT dei veicoli leggeri è determinato dal Valore Monetario del Tempo della persona (10€/h) e dal coefficiente di riempimento medio del veicolo, stimato in 1,34 persone/veicolo.

In merito al costo monetario di esercizio si ritiene che le principali componenti di costo che influenzano le scelte di itinerario degli utenti dei veicoli leggeri siano:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici.

Per la stima di tali componenti è stata utilizzata la metodologia dell'Automobile Club di Italia (Aci), che comprende le spese sostenute per l'uso del veicolo (carburante, pneumatici, manutenzione e riparazioni, tassa automobilistica, assicurazione R.C.A.) più, per i settori lavorativi interessati, le quote di ammortamento del capitale utilizzato per l'acquisto.

Per il calcolo del costo medio di esercizio sono stati utilizzati inoltre i dati Aci sulla consistenza del parco auto circolante in Italia relativamente al 2012.

Il valore medio del costo chilometrico per la classe veicoli leggeri scaturito dall'analisi ed utilizzato nel modello è risultato pari a 0,18 euro/km.

Per la classe veicolare dei mezzi pesanti le componenti di costo di esercizio considerate che influenzano le scelte di itinerario sono:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici;
- costo personale.

Il calcolo del Costo Chilometrico Medio per i veicoli pesanti è calcolato partendo dalle tabelle dei costi minimi di esercizio in funzione della massa complessiva del veicolo e delle distanze di percorrenza (Aprile 2014) pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In base alla tabella precedente, alla consistenza del parco veicolare dei mezzi pesanti distinto per portata utile (Fonte ACI – Anno 2011), e dai dati di Tonnellate/Km trasportate in Italia distinto per classi di percorrenza (Fonte Conto Nazionale dei Trasporti – Anno 2015), è stato calcolato Il valore medio del costo chilometrico per un veicolo pesante, risultato pari a 0,79 euro/km.

L'offerta di trasporto implementata, unitamente alla domanda di trasporto ad essa associata, consente di determinare i flussi di traffico di media e lunga percorrenza che si attestano sulle infra-strutture stradali simulate.

3 CALIBRAZIONE E RAPPRESENTAZIONE ANNUALE DELLA MOBILITÀ SU RETE

Annualmente le matrici di domanda passeggeri e merci vengono sottoposte ad una procedura di calibrazione sulla base dei dati acquisiti dal sistema Panama e dei dati pubblicati dalle autostrade in concessione con l'obiettivo di minimizzare gli scarti tra i volumi stimati dal modello e quelli rilevati dalle postazioni di misura.

- Nell'anno 2022 sono state utilizzate sul territorio nazionale:
- 1.118 sezioni di conteggio bidirezionale su strade in gestione diretta di Anas (Fonte: Censimento permanente Anas);
- 89 sezioni su tronchi funzionali delle autostrade in concessione (Fonte AISCAT 2022).

Inoltre, per evitare fenomeni di distorsione eccessiva delle matrici, sono state considerate 1.500 sezioni di controllo fittizio delle matrici ai connettori stradali.

La calibrazione fa riferimento alla domanda giornaliera, quindi al Traffico Giornaliero Medio Annuo emerso dai conteggi al 2022.

Le immagini successive mostrano i risultati della calibrazione, riportando il confronto tra veicoli conteggiati dalle postazioni di rilievo permanente ANAS e quelli simulati da modello.

I risultati evidenziano la buona approssimazione restituita dal modello di domanda/offerta rispetto ai risultati dei conteggi.

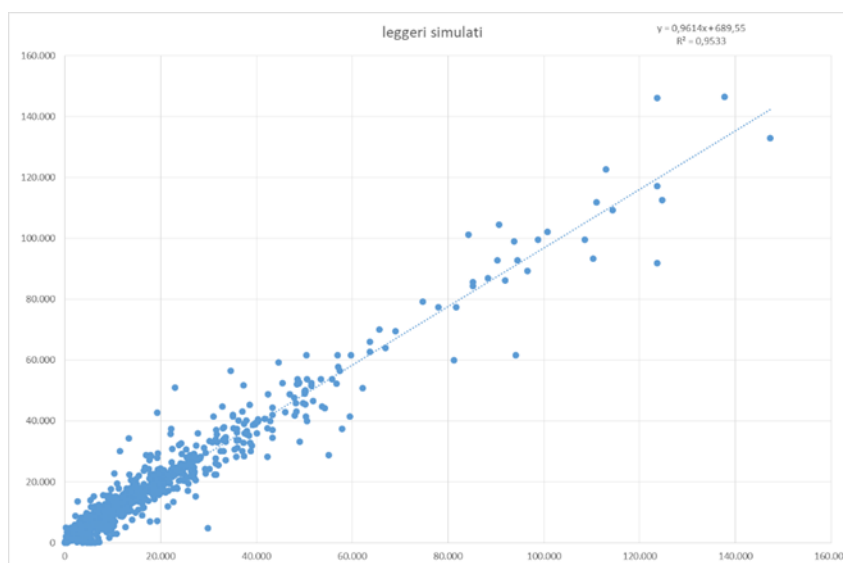


Figura 4. Scatter veicoli leggeri conteggiati/ veicoli leggeri simulati

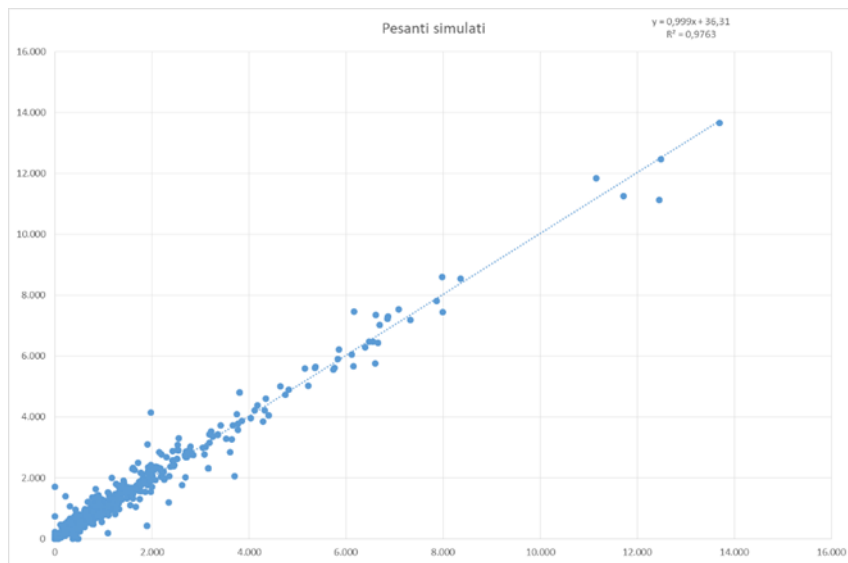


Figura 5. Scatter veicoli pesanti conteggiati/ veicoli pesanti simulati

Si deve tenere presente che le matrici di domanda ottenute dalla calibrazione sono da ritenersi significative degli spostamenti tra le zone di un giorno feriale medio, all'anno di riferimento 2022.

A valle di questo processo di acquisizione, validazione e consolidamento dei dati, attraverso il DSS vengono generati i valori di Traffico Giornaliero Medio Annuo e le Percorrenze giornaliere (veicoli*Km) di veicoli Leggeri e Pesanti su ciascuna tratta funzionale in gestione Anas S.p.A..

L'applicazione di tale procedura con i dati dell'anno 2022 ha stimato che complessivamente sull'intera rete gestita da Anas vengono percorsi 91,5 miliardi di chilometri all'anno:

- 84,1 miliardi di chilometri annui sono percorsi da veicoli passeggeri (pari a circa 104,3 miliardi di passeggeri*Km);
- 7,3 miliardi di chilometri annui sono percorsi da veicoli merci (pari a circa 57,8 miliardi di tonnellate*Km).

Nelle analisi si sono considerati 1,24 passeggeri/veicolo passeggeri e 8 tonnellate/veicolo merci.

Si evidenzia una elevata incidenza delle percorrenze sulle Strade Extraurbane Secondarie (una corsia per senso di marcia) da parte sia dei veicoli leggeri (passeggeri), 67%, sia dei veicoli pesanti, 68%; solo il 32% delle percorrenze è effettuato sulla rete primaria di Anas (Autostrade, Raccordi Autostradali ed Extraurbane Principali di Tipo B) che insieme costituiscono il 13% dell'intera rete gestita.

Strade ANAS	Lunghezza (Km)	Percorrenze Giornaliere Medie - ANNO 2022		Percorrenze ANNUE Medie - ANNO 2022		
		V*Km Leggeri	V*Km Pesanti	V*Km Leggeri (milioni Km)	V*Km Pesanti (milioni Km)	V*Km TOTALI (milioni Km)
Autostrade e Raccordi	1.574,481	36.273.779	3.105.353	13.240	1.133	14.373
Extraurbane Principali (Tipo B)	2.066,472	39.415.100	3.319.289	14.387	1.212	15.598
TOTALE Extraurbane Secondarie (Tipo C)	23.087,446	154.729.442	13.748.548	56.476	5.018	61.494
Altre categorie funzionali	174,301	109.168	4.605	40	2	42
Totale Rete ANAS	26.902,70	230.527.488	20.177.796	84.143	7.365	91.507

Tabella 1. Percorrenze giornaliere e annue medie – anno 2022

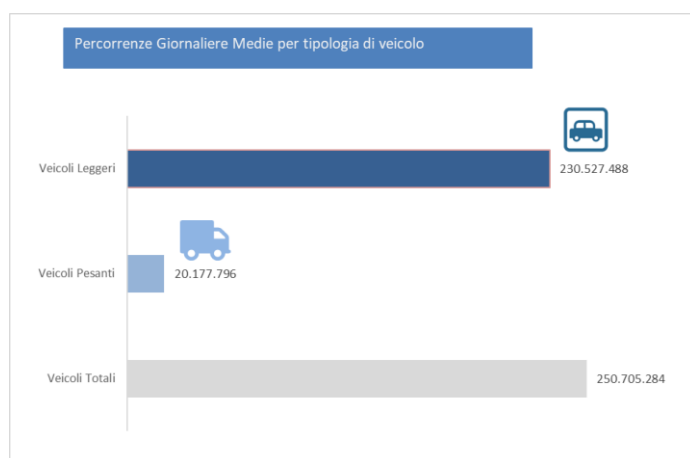


Figura 6. Percorrenze giornaliere medie – anno 2022

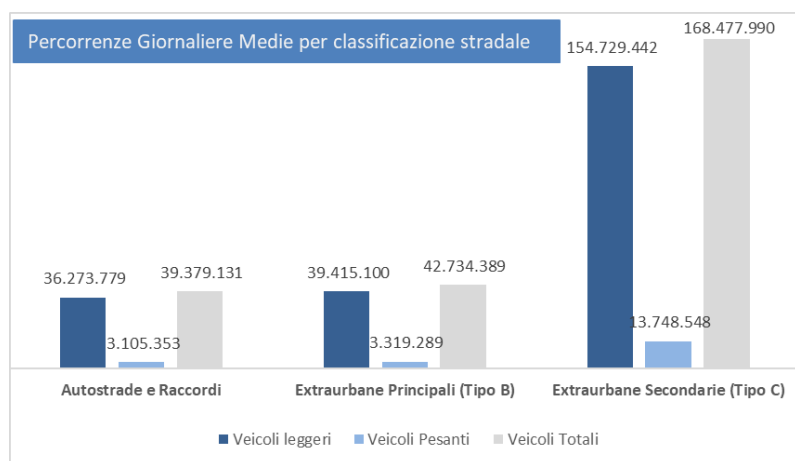


Figura 7. Percorrenze giornaliere medie per classificazione stradale – anno 2022

Il Traffico Giornaliero Medio Annuo stimato sulla rete ANAS è pari a circa 9.332 veicoli giorno (8.571 veicoli passeggeri e 750 veicoli merci).