

# **IMPIEGO DI FLOATING CAR DATA PER IL MONITORAGGIO SISTEMATICO DELLA MOBILITÀ INDIVIDUALE MOTORIZZATA**

MASSIMO MANCINI, MARIA PIA VALENTINI

ENEA – Dipartimento per le Tecnologie Energetiche  
Divisione Produzione Conversione e Uso efficiente dell'energia  
Unità Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo  
Centro Ricerche Casaccia, Roma



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

# IMPIEGO DI FLOATING CAR DATA PER IL MONITORAGGIO SISTEMATICO DELLA MOBILITÀ INDIVIDUALE MOTORIZZATA

MASSIMO MANCINI, MARIA PIA VALENTINI

ENEA – Dipartimento per le Tecnologie Energetiche  
Divisione Produzione Conversione e Uso efficiente dell'energia  
Unità Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

I Rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina  
<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia.

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

# **IMPIEGO DI FLOATING CAR DATA PER IL MONITORAGGIO SISTEMATICO DELLA MOBILITÀ INDIVIDUALE MOTORIZZATA**

MASSIMO MANCINI, MARIA PIA VALENTINI

## **Riassunto**

Il Rapporto presenta le metodologie ed i risultati dell'elaborazione di dati provenienti dalle Unità di Bordo (OBU) installate su alcuni veicoli stradali privati per scopi assicurativi. In particolare sono stati analizzati i dati raccolti dalla OCTOTELEMATICS S.p.A. nel mese di maggio 2011 all'interno della Provincia di Roma. Scopo dell'analisi è la ricostruzione, su base campionaria, dei comportamenti degli utenti della rete stradale, con particolare riferimento alle abitudini di sosta e di spostamento. Fine ultimo dello studio è la messa a punto di una metodologia che, senza ricorso ad onerose e non sempre attendibili interviste periodiche, permetta la creazione di un Osservatorio della Mobilità privata utile alle Amministrazioni Centrali e Locali nella definizione di politiche e misure di gestione della domanda di trasporto, determinante per il contenimento dei costi interni e delle esternalità negative.

**Parole chiave:** OBU-On-Board-Unit, FLC-Floating Car Data, Osservatorio della Mobilità Privata

## **Abstract**

*The report presents the methodology and results of processing data from the On-Board-Units (OBUs) installed on some private road vehicles for insurance purposes. In particular, we analyzed the data collected by OCTOTELEMATICS SpA in the month of May 2011 in the Province of Rome. The purpose of the analysis is the reconstruction, on statistical basis, of the private mobility, with particular reference to the habits of parking and movement. Ultimate goal of the study is the development of a methodology that, without resorting to expensive and not always reliable periodic interviews, allows the creation of an Observatory of Private Mobility helpful to central and local Administrations in developing policies and measures of transport demand management, crucial to contain both internal costs and negative externalities.*

**Key words:** OBU-On-Board-Unit, FLC-Floating Car Data, Private Mobility Observatory



## Sommario

1. Introduzione.....	7
2. Dati del rilevamento Octotelematics e loro sistematizzazione .....	11
3. Elaborazione dei dati .....	14
I. Analisi di insieme.....	14
II. Caratterizzazione delle soste .....	18
A. Classificazione temporale .....	18
B. Clusterizzazione spaziale delle soste individuali.....	23
C. Mappatura territoriale .....	29
III. Caratterizzazione degli spostamenti .....	31
D. Afferenza all'area di studio .....	31
E. Sistematicità .....	33
IV. Cluster Analysis del campione monitorato .....	36
F. Frequentazione dell'area di studio .....	37
G. Residenza e pendolarismo .....	42
H. Stili di mobilità .....	43
4. Sviluppi futuri.....	43
5. Remarks .....	46
6. Indice delle Figure .....	47
7. Bibliografia .....	48



# 1. Introduzione

Il lavoro descritto in questo articolo si inserisce in un progetto più ampio mirato all'elaborazione di una metodologia standardizzata per la realizzazione di Osservatori sistematici della mobilità privata a partire dai dati raccolti dalle On Board Unit (OBU) installate, per lo più a scopi assicurativi, su veicoli stradali.

Intendiamo per Osservatorio della Mobilità un'organizzazione stabile che, utilizzando un insieme strutturato di dati di monitoraggio, strumenti e procedure, fornisce con regolarità e continuità la stima di un insieme di grandezze (indicatori) che descrivono i principali aspetti della mobilità all'interno di una determinata area o per un determinato insieme di individui.

Un Osservatorio della Mobilità costituisce uno strumento di Supporto alle Decisioni (DSS) particolarmente orientato verso gli Amministratori Centrali e Locali affinché possano ponderare le proprie scelte in materia di pianificazione e gestione dei sistemi di trasporto (predisposizione di Piani Urbani del Traffico – PUT o della Mobilità – PUM e PUMS, Mobility Management di Area, realizzazione di nuove infrastrutture, limitazioni della circolazione privata, programmazione del servizio pubblico, localizzazione di aree di sosta, ecc.) e, più in generale, delle funzioni territoriali. Attraverso l'analisi dell'evoluzione dei fenomeni della mobilità è possibile inoltre valutare a posteriori l'efficacia dei provvedimenti intrapresi, correggendoli o potenziandoli. Infine la possibilità di comparare realtà territoriali di analoga struttura sulla base di indicatori standardizzati rappresenta uno stimolo nella sperimentazione di soluzioni diverse già validate altrove.

I dati rilevati dalle OBU (tipicamente la posizione e la relativa velocità istantanea, ad intervalli regolari sufficientemente ravvicinati) presentano numerosi pregi, ai fini di un utilizzo per osservazioni e analisi sulla mobilità:

- sono acquisiti per altre finalità e, quindi, a costo marginale nullo<sup>1</sup>;
- sono regolari e protratti nel tempo, così da consentire analisi di tendenza;
- sono diffusi sul territorio nazionale (ed extranazionale), anche se con intensità variabile

Secondo le rilevazioni dell'ANIA<sup>2</sup> a fine 2013 le OBU installate in Italia avevano raggiunto il già ragguardevole traguardo dei 2 milioni di unità [1] per arrivare ai 3 milioni di unità appena dodici mesi dopo (quasi un 8% del parco autoveicoli e veicoli merci circolante [2]). Le motivazioni di questo successo, sempre secondo ANIA, sarebbero da ricercarsi in: a) un contesto tecnologico particolarmente favorevole; b) le politiche di marketing delle Imprese di Assicurazione per favorire la riduzione dei costi di copertura dei sinistri e dei furti (e quindi dei premi); c) l'adesione delle Aziende, di trasporto e non, per la gestione delle proprie flotte. Proprio il mercato delle flotte aziendali sarebbe quello in maggiore espansione, addirittura a ritmi esponenziali, mentre la diffusione delle “scatole nere” (questa la denominazione più usuale delle OBU) a scopi assicurativi sarebbe in fase di rallentamento rispetto al passato.

E' da sottolineare tuttavia che nella fornitura standard, i dati provenienti dalle unità di bordo difettano di alcune informazioni importanti, come la tipologia e la destinazione d'uso del veicolo a cui sono riferiti<sup>3</sup> o il percorso stradale utilizzato da un punto di rilevamento al successivo<sup>4</sup>; inoltre, le rilevazioni non necessariamente garantiscono una significatività statistica sufficiente per poter

---

<sup>1</sup> I dati in questione sono tuttavia proprietari e, perciò, ceduti a prezzi di mercato e soggetti a norme di riservatezza

<sup>2</sup> ANIA- Associazione Nazionale fra le Imprese Assicuratrici, Novembre 2014

<sup>3</sup> Utilizzando i dati contenuti nella polizza, le Società di Assicurazione o loro intermediari potrebbero risalire alla tipologia del veicolo (categoria veicolare e standard emissivo) e della proprietà (privato o azienda), fornendo tali informazioni sempre senza specificare l'anagrafica del proprietario, in ottemperanza ai principi della privacy.

<sup>4</sup> La ricostruzione dei percorsi sulla rete stradale, essa richiede l'impiego di opportune procedure di c.d. map matching, che saranno approfondite in successive trattazioni

estrapolare i risultati dell'analisi comportamentale dal campione all'universo<sup>5</sup>. Infine, esse riguardano solo un segmento della mobilità, quella realizzata attraverso veicoli stradali di proprietà privata di uso per lo più individuale, senza poter fornire indicazioni circa l'impiego delle altre modalità di trasporto o dei servizi pubblici.

Allo stato attuale, peraltro, la domanda di mobilità veicolare privata, pur assorbendo una quota assolutamente preponderante degli spostamenti effettuati, soffre in maniera particolare di un'adeguata base di conoscenza, che si limita al traffico registrato sulle strade a pedaggio e su poche strade dotate di strumenti di rilevamento dei flussi (rete autostradale, rete ANAS, alcune sezioni della rete provinciale e comunale) [3]. Ben poco si sa della mobilità veicolare sulla rete stradale delle nostre città e i valori disponibili sono stime molto aggregate di percorrenza<sup>6</sup> [4] [5]. In tutti i casi, le rilevazioni di traffico non forniscono indicazioni sufficienti a delineare un quadro comportamentale completo della domanda. Per quest'ultimo aspetto è necessario ricorrere a onerose indagini campionarie come quella realizzata periodicamente dall'ISFORT<sup>7</sup> [6] sui comportamenti di mobilità degli italiani da cui è possibile desumere alcune grandezze indicative sul volume degli spostamenti e delle percorrenze e sull'uso delle diverse alternative di trasporto per cluster significativi di utenti. Le indagini sui comportamenti di mobilità realizzate dall'ISTAT in occasione dei censimenti soffrono di una frequenza di rilevamento troppo bassa (decennale), di alcune carenze nella raccolta delle informazioni e di ritardi nella pubblicazione dei risultati [7]. In alcuni casi si dispone anche dei risultati di indagini specifiche effettuate dalle varie amministrazioni principalmente per decidere della fattibilità tecnico-economica di alcuni interventi sull'offerta di trasporto; tali indagini tuttavia sono limitate nel tempo e nello spazio.

In questo quadro, pur con i loro limiti, i dati provenienti dalle unità di bordo installate sui veicoli stradali, opportunamente integrati ed elaborati, rappresentano un'opportunità veramente preziosa per approfondire, dettagliare ed estendere la conoscenza della mobilità stradale privata, nei suoi diversi aspetti e cioè:

- 1) comportamenti individuali ed aggregati della domanda
- 2) livelli di congestione della rete e composizione dei flussi di traffico
- 3) impatti energetico-ambientali dell'esercizio dei veicoli stradali

Per ciascuno di questi aspetti, attraverso opportuna elaborazione dei dati di base, è possibile estrarre un insieme molto ampio e variegato di grandezze significative, da definirsi in base alla finalizzazione specifica e a variabili di contesto quali il periodo di osservazione di cui si dispone e il relativo ambito territoriale.

I dati di monitoraggio, inoltre, rappresentano un input prezioso per la modellistica dei sistemi di trasporto che, attraverso l'impiego di strumenti matematici anche complessi, può accrescere la base di conoscenza disponibile, in una condizione molto favorevole alla validazione e calibrazione degli algoritmi.

---

<sup>5</sup> La questione della significatività del campione, di estrema rilevanza nell'impiego dei dati ai fini dell'estrapolazione dei risultati delle analisi all'universo, sarà affrontata nelle parti conclusive del presente lavoro.

<sup>6</sup> Per la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni e delle emissioni nocive del trasporto stradale l'ISPRA effettua alcune stime sui volumi di traffico delle diverse categorie di veicoli stradali (autovetture, moto, veicoli merci, bus e pullman), suddivisi per tipologia di strada (autostrade, strade extraurbane ordinarie e strade urbane); tali stime di traffico si basano principalmente sulla consistenza del parco veicolare stradale, sui valori di percorrenza media annuale delle diverse categorie veicolari e su una ripartizione media approssimativa di tali percorrenze fra le diverse tipologie di viabilità.

<sup>7</sup> Indagine effettuata con il sistema CATI (Computer-Assisted Telephone Interviewing) su un campione di circa 7.500 individui della popolazione italiana compresa fra 14 e 80 anni, stratificato per regione, per sesso e per classi di età. La mobilità degli individui viene rilevata nel corso di giornate feriali.

In generale, la fornitura dei dati del rilevamento mediante OBU può rispondere a due principali criteri di selezione:

- 1) su base spaziale, in cui sono forniti i dati di monitoraggio ricadenti in una determinata area territoriale (tipicamente rettangolare, delimitata dalle coordinate cartografiche dei quattro angoli);
- 2) per un sottoinsieme di veicoli, prescindendo da delimitazioni di carattere spaziale del monitoraggio.

Con i dati della prima tipologia si focalizza l'attenzione sui comportamenti di mobilità e sui conseguenti effetti (in termini di livello di utilizzo della rete, di consumi energetici e di emissioni inquinanti) all'interno di un'area di studio mentre con i dati della seconda tipologia si possono definire, nella loro completezza, i comportamenti di selezionati campioni di terminali, per analisi statistiche sull'entità e le modalità di utilizzo dei veicoli di determinate categorie di utenza.

Mentre la prima tipologia di analisi è di particolare interesse per gli amministratori locali della mobilità, la seconda costituisce interesse delle Amministrazioni Centrali e delle Istituzioni e Enti che, a diverso titolo, effettuano analisi sull'utilizzo dei veicoli stradali in relazione a diversi parametri quali la tipologia veicolare, l'ambito di percorrenza, ecc. (Ministero dei Trasporti, Ministero dell'Ambiente, ISPRA, ACI, UNIONE Petrolifera, Industria automobilistica, ecc.). Tali analisi, inoltre, risultano di particolare importanza ai fini della determinazione del livello di rappresentatività "dinamica" del campione Octotelematics rispetto all'universo del parco circolante<sup>8</sup>.

Per quanto appena esposto i potenziali fruitori dell'Osservatorio possono essere così individuati: Amministrazioni locali, Ministeri (Ambiente e Trasporti), Modellisti dei Sistemi di Trasporto e dei relativi impatti ambientali e territoriali, Economisti, Statistici, Industria automobilistica, Industria petrolifera, ACI, ecc.

Stante la possibilità di disporre dei dati di rilevamento con continuità temporale e in relazione a diversi contesti territoriali si rendono possibili le seguenti finalizzazioni dell'Osservatorio:

- 1) Caratterizzazione dello stato attuale della mobilità e dei relativi impatti (Osservazione una tantum)
- 2) Analisi di trend evolutivi (Osservazioni ripetute nel tempo con determinata cadenza)
- 3) Benchmark fra realtà diverse, utilizzando grandezze indicizzate rispetto a variabili socio-economiche e territoriali (Osservazioni contemporanee relative a un insieme di ambiti di medesima tipologia)

Il presente lavoro si focalizza su alcune procedure di sistematizzazione e elaborazione dei dati provenienti dalle unità di bordo dei veicoli (Floating Car Data – FCD) finalizzate all'analisi dei comportamenti della domanda all'interno di una determinata area di studio, rimandando a successive pubblicazioni la trattazione delle metodologie e degli strumenti messi a punto per le analisi relative al traffico veicolare a degli impatti energetici ed ambientali.

Le procedure in questione sono state definite in base alle caratteristiche dei dati rilevati dalla Octotelematics Italia S.r.l. con apparecchiature messe a punto dalla Meta System S.p.A. .

---

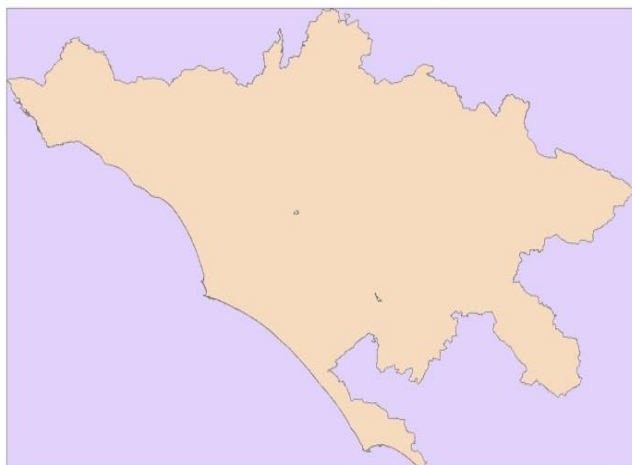
<sup>8</sup> L'impiego di un veicolo è condizionato da diversi fattori quali la cilindrata, l'età, l'anagrafica degli utenti, ecc. Purtroppo tali dinamiche non sono ad oggi completamente note e i dati OCTO potrebbero fornire un contributo sulla loro determinazione, pur nei limiti dettati dalla rappresentatività del campione rispetto all'universo.

Lo sviluppo delle procedure è partito dall'acquisizione di due sottoinsiemi dei dati del rilevamento OCTOTELEMATICS, il primo relativo al mese di marzo 2008 nel territorio della Provincia di Firenze ed il secondo relativo a maggio 2011 nella Provincia di Roma [8] [9] [10] [11].

L'attività ha richiesto l'impiego di più ambienti informatici. Per la sistematizzazione e l'archiviazione dei dati del monitoraggio veicolare è stato utilizzato SQL Server, all'interno del quale sono stati altresì sviluppati i codici per l'individuazione e l'eliminazione delle anomalie di rilevamento e per la creazione di tabelle contenenti sottoinsiemi di dati utili nella successiva fase di elaborazione in Matlab, utilizzato per la clusterizzazione delle soste e l'individuazione dei luoghi caratteristici della mobilità dei singoli veicoli; inoltre è stato impiegato ArcGis per la visualizzazione e l'interpretazione dei dati di input e di output contestualizzata sul territorio attraverso l'impiego di mappe tematiche (confini amministrativi, rete stradale, ecc.).

Nei paragrafi immediatamente seguenti saranno descritti i criteri delle attività di sistematizzazione ed elaborazione dei dati ed i risultati ottenuti dalla loro applicazione al caso di Roma.

L'area monitorata corrisponde al rettangolo che circonda la Provincia di Roma, delimitato dalle coordinate, espresse in gradi sessadecimali nel sistema di riferimento WGS84 :



- Latitudine Top 42.297
- Latitudine Bottom 41.408
- Longitudine Left 11.733
- Longitudine Right 13.297

Le dimensioni metriche approssimative del rettangolo sono 129 km di larghezza per 98 km di altezza.

L'area comprende per intero 190 Comuni, la maggior parte afferenti alla Provincia della Capitale, alcuni della provincia di Frosinone ed altri della provincia di Frosinone e de l'Aquila. Inoltre sono parzialmente ricompresi altri 42 Comuni laziali e abruzzesi.

## 2. Dati del rilevamento Octotelematics e loro sistematizzazione

Il rilevamento Octotelematics, che viene effettuato con un'acquisizione ogni 2.000 metri percorsi circa o, in determinate condizioni di circolazione (Traffic-Info Mode, su rete autostradale), ogni 30 secondi, riguarda le seguenti grandezze (dati *raw*), associate ad un certo veicolo (identificato attraverso un codice ID univoco diverso dalla targa di immatricolazione):

- Posizione
- Data/ora
- Velocità istantanea
- Stato del motore<sup>9</sup>
- Distanza della tratta percorsa dalla posizione precedentemente memorizzata
- Qualità del segnale GPS (assente, debole, buono)

Come già accennato in precedenza, non sono, invece, note le caratteristiche dei veicoli (categoria, cilindrata, classe emissiva, alimentazione, ecc.) né la loro destinazione d'uso (proprietà privata o aziendale, trasporto merci o persone, ecc.), per risalire alle quali si renderebbe necessaria, sia pure in forma riservata, un'associazione fra ID del veicolo e relativa targa, procedura, questa, che richiederebbe l'accesso a pagamento alle banche dati del Pubblico Registro Automobilistico<sup>10</sup>.

Nella procedura di elaborazione messa a punto, è stato strutturato un Database relazionale all'interno del quale l'insieme dei dati *raw* di rilevamento, associati al terminale di appartenenza univocamente identificato, sono stati archiviati in una specifica tabella con un loro proprio identificativo. Ai dati di partenza, utilizzando procedimenti relativamente semplici, sono state associate diverse altre informazioni indispensabili ai fini delle analisi sulla mobilità come:

- giorno della settimana associato alla data di rilevamento,
- ora locale (solare o legale) del rilevamento,
- coordinate metriche in sistemi di riferimento locali,
- velocità media dell'ultima tratta percorsa (dal punto precedente)<sup>11</sup>,
- area comunale di afferenza (e/o zona diversa in caso di altro zoning del territorio)<sup>12</sup>

I dati di rilevamento sono stati preliminarmente filtrati in relazione a possibili anomalie (sulla qualità del segnale, sulle distanze e/o gli intervalli temporali fra due punti consecutivi, ecc.), cercando di salvaguardare la consistenza del campione.

I dati resi disponibili dalla Octotelematics per il mese di maggio 2011 sul territorio della provincia di Roma constavano originariamente di 106.985.577 records, ciascuno corrispondente ad una posizione rilevata attraverso il GPS di bordo di uno dei 119.515 veicoli dotati di strumentazione presenti nell'area durante il periodo di analisi<sup>13</sup>.

Da un primo controllo, per 1.606 terminali (1.344 %) la distanza totale percorsa è risultata pari a zero. Evidentemente si tratta di terminali guasti e quindi essi sono stati eliminati (per un totale di 376.115 records).

Sono stati poi eliminati i record che presentavano una o più delle seguenti anomalie:

---

<sup>9</sup> Sono registrati tre possibili stati del motore: accensione (pannello 0), moto (pannello 1), spegnimento (pannello 2).

<sup>10</sup> Per il caso di studio non è stata predisposta l'associazione con la tipologia e la destinazione d'uso del veicolo

<sup>11</sup> Stimata a partire dai dati relativi a tempi di rilevazione e distanze percorsa fra due posizioni consecutive

<sup>12</sup> Per estrarre questa informazione è stato necessario predisporre della cartografia tematica digitalizzata e utilizzare funzioni GIS.

<sup>13</sup> Considerando solo l'insieme dei terminali che, sulla base di criteri di presenza all'interno dell'area di studio, possano essere attribuiti a residenti nell'area, il campione rappresenta il 2,2% del parco autoveicoli circolante della Provincia di Roma all'epoca del rilevamento.

- pannello 1 e qualità 1 (624.125 record).
- Sequenza pannello incongruente (diversa da 01 11 12 02 20): (8.201 record)
- Sequenza 02 con distanza nulla (5.022.370 record)
- Pannello 2 isolato all'inizio: o pannello 0 isolato alla fine (4153 record)

Inoltre sono stati eliminati i dati poco significativi ai fini delle analisi, ossia:

- Tutti i record afferenti a terminali con meno di 5 punti di rilevamento (2.673 record)
- Viaggi di distanza inferiore a 30 m e soste di durata inferiore a 30 secondi.

A seguito delle procedure di eliminazione dei dati inservibili, si è dato corso ad alcune verifiche di congruenza sui dati rimanenti, procedendo alle opportune correzioni secondo i criteri esposti di seguito:

- Se la distanza tra due punti consecutivi fosse risultata minore della distanza euclidea sarebbe stata posta pari a quest'ultima;
- Se la velocità media calcolata fra due rilevazioni consecutive fosse risultata superiore ad una soglia fissata (250 km/h) sarebbe stata posta pari a quest'ultima;
- Se la distanza fra due rilevazioni consecutive fosse risultata al di sotto di un valore minimo prefissato (30 m) sarebbe stata aggregata alla rilevazione successiva (
- Se la distanza o l'intervallo temporale fra una rilevazione e la successiva avesse superato valori massimi prestabiliti (3.000 m o 3.600 sec.) si sarebbe introdotto uno stato di perdita di segnale.

Dopo il filtraggio degli errori sono rimasti 116.700 veicoli (97.6%) e 95.757.935 rilevamenti (89.5%). La differenza fra queste due percentuali è dovuta al fatto che i veicoli per i quali si è verificato per una o più volte l'evento perdita di segnale non vengono eliminati dal database ma si codifica opportunamente l'anomalia, in modo che i dati possano essere eventualmente riconosciuti come incompleti prima di essere utilizzati.

Dall'insieme di tutti i punti di monitoraggio sono stati successivamente estratti quei punti corrispondenti ad una condizione particolare del veicolo, diversa dallo stato di moto "ordinario"; tali punti, utilizzando una dizione corrente, sono stati denominati POI (Point of Interest).

Ai fini delle analisi sulla mobilità sono di particolare significatività i punti terminali (Origini/Destinazioni) degli spostamenti, ovvero i punti in cui si verifica una sosta di una certa durata, oppure quelli di ingresso o di uscita a/da l'area di studio. Individuando questi particolari punti è possibile risalire alle caratteristiche spazio temporali degli spostamenti<sup>14</sup>, a livello di singolo veicolo o del complesso dei veicoli rilevati all'interno dell'area.

Nella definizione di ciascuna delle suddette tre categorie di POI sono state utilizzate diverse informazioni provenienti dal monitoraggio, quali lo stato del motore, la posizione rispetto ai confini dell'area di studio, la presenza del terminale all'interno dell'area di studio nei periodi precedenti o successivi al punto di rilevamento specifico, ecc..

Per definizione, un punto di ingresso:

- è caratterizzato da uno stato del motore di tipo "moto" e, contemporaneamente,
- è posizionato all'interno di una fascia d'intorno del confine dell'area di studio (funzione GIS)

Analogamente, per definizione un punto di uscita:

---

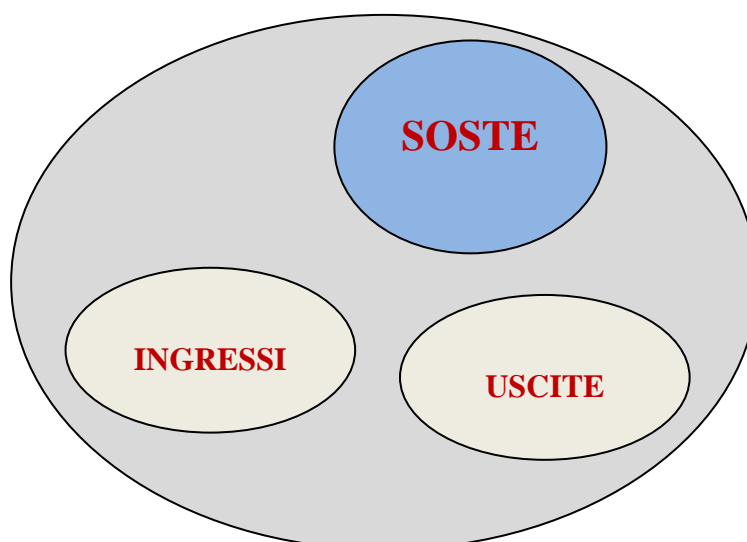
<sup>14</sup> Uno spostamento è descritto dalla sequenza dei punti di rilevamento compresi fra il POI Origine e il POI Destinazione

- è caratterizzato da uno stato del motore di tipo “moto” e contemporaneamente;
- è posizionato all’interno di una fascia d’intorno del confine dell’area di studio (funzione GIS);

Un punto di sosta, invece, corrisponde più banalmente ad uno stato di “spegnimento” del motore.

I punti di ingresso ed uscita a/da l’area di studio sono descritti da una posizione geografica ed un tempo (data-ora) di rilevamento ma non da una durata, grandezza che invece caratterizza le soste per le quali si individua un istante di inizio (corrispondente all’orario di rilevazione della posizione di spegnimento del motore), un istante di fine (corrispondente all’orario della successiva rilevazione di accensione del motore) e, quindi, una durata<sup>15</sup>. E’ stato stabilito un limite minimo di durata delle soste (30”) al di sotto del quale la sosta assume il significato di “fermata”, che non è associabile ad un’origine o a una destinazione di uno spostamento e, quindi, non interrompe la sequenza dello spostamento precedente per dare inizio ad un nuovo spostamento.

Tutti i POI individuati e classificati secondo i suddetti criteri sono stati archiviati in una specifica tabella del database, mantenendo l’associazione al terminale di riferimento. Lo schema seguente riassume la classificazione primaria dei Point of Interest (POI) attraverso una rappresentazione per insiemi.



**Figura 1: Classificazione dei principali Point of Interest (POI)**

Delle 11.664.451 posizioni utili del rilevamento di Roma, 10.913.325 sono state classificate come soste (93%) e 396.786 come accessi/egressi a/da l’area di studio (4%); il restante 3% sono anomalie di segnale non riconducibili a nessuna delle precedenti tipologie.

Dalla sequenza dei POI è stato desunto, per ogni terminale, l’insieme degli spostamenti effettuati nel periodo e nell’area di analisi. Per definizione, infatti, uno spostamento è costituito dalla sequenza ordinata dei punti di monitoraggio compresi fra due POI consecutivi i quali assumono il significato di Origine e Destinazione dello spostamento. Per gli scopi delle analisi di mobilità che prescindono dalla corrispondenza fra posizioni del veicolo e rete stradale (c.d. *map matching*), le informazioni di interesse sugli spostamenti sono la localizzazione delle soste iniziale e finale, la

<sup>15</sup> Si osservi che la posizione di una Sosta è data da una mediazione fra la posizione del punto di spegnimento e la posizione del punto di accensione che definiscono la sosta in questione; sebbene in linea teorica le due posizioni dovrebbero risultare perfettamente coincidenti, ciò non accade nella realtà a causa delle imprecisioni di rilevamento degli strumenti di localizzazione, specie nelle fasi transitorie di spegnimento ed accensione del motore e dei relativi apparecchi di bordo. Sono stati riscontrati diversi casi in cui lo scostamento fra i due valori risulta tale da inficiare l’impiego del dato.

durata complessiva del viaggio e la percorrenza totale; tali informazioni sono state archiviate in una specifica tabella del database, attribuendo ad ogni viaggio un identificativo univoco e mantenendo l'associazione con il terminale di pertinenza.

### 3. Elaborazione dei dati

I dati del rilevamento tramite OBU possono essere utilizzati sia per estrapolare indicatori aggregati di quantità e performance del traffico sia per analizzare specifiche situazioni o grandezze.

La prima di tali grandezze, di più immediata estrapolazione dal monitoraggio, è costituita dalle **Soste**, per le quali si possono condurre analisi di distribuzione nello spazio e nel tempo, a livello aggregato o individuale, dalle quali possono evincersi importanti informazioni circa la distribuzione spazio-temporale dei poli di generazione/attrazione della mobilità.

Successivamente si può focalizzare l'attenzione sugli **Spostamenti**, definiti nel precedente paragrafo; anche in questo caso è utile effettuare un'analisi di distribuzione spazio-temporale ma anche ricercare ulteriori elementi di qualificazione attraverso l'elaborazione delle informazioni contenute nel monitoraggio, quali l'afferenza all'area di studio, la lunghezza, la velocità media, ecc.

Infine il **Campione di Monitoraggio**, che può essere segmentato sulla base di parametri quali la destinazione d'uso del veicolo (passeggeri/merci, privato/aziendale, ecc.), lo standard emissivo e di consumo energetico del veicolo stesso<sup>16</sup>, le abitudini prevalenti di spostamento e di sosta, ecc. La tipizzazione dell'utenza è importante non solo per ottenere informazioni utili a ricostruire il quadro sulla mobilità ma anche per verificare la rappresentatività del campione rispetto all'universo.

Nei paragrafi dal I al IV sono descritti i criteri e le procedure messe a punto per le analisi sin qui richiamate.

#### I. Analisi di insieme

Le analisi di insieme si focalizzano su indicatori globali di quantità e di performance della mobilità che prescindono dalla caratterizzazione dell'Utenza, delle Soste e degli Spostamenti, di cui si parlerà in seguito. Tali sono, ad esempio, il numero di terminali attivi o i valori medi della percorrenza complessiva e della velocità media, mostrati nei due grafici sottostanti nella loro distribuzione settimanale media per il campione di studio rilevato nella Provincia di Roma.

---

<sup>16</sup> Si ribadisce che le informazioni relative al veicolo sono acquisibili a latere dei dati di monitoraggio, a titolo oneroso

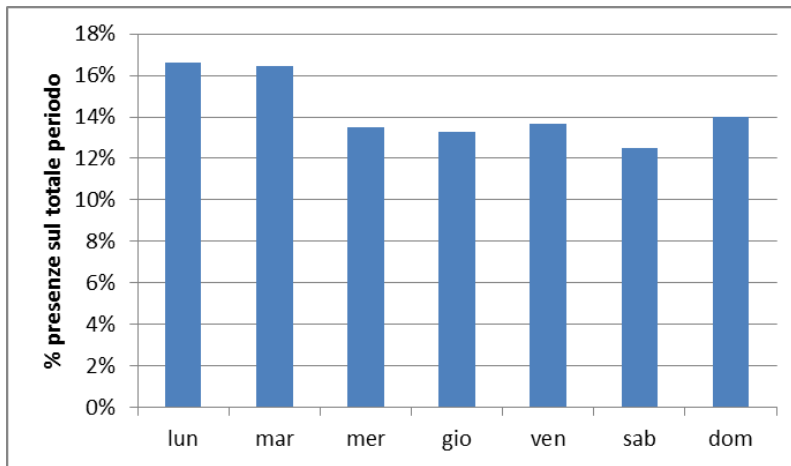


Figura 2: Distribuzione dei terminali attivi nella settimana media

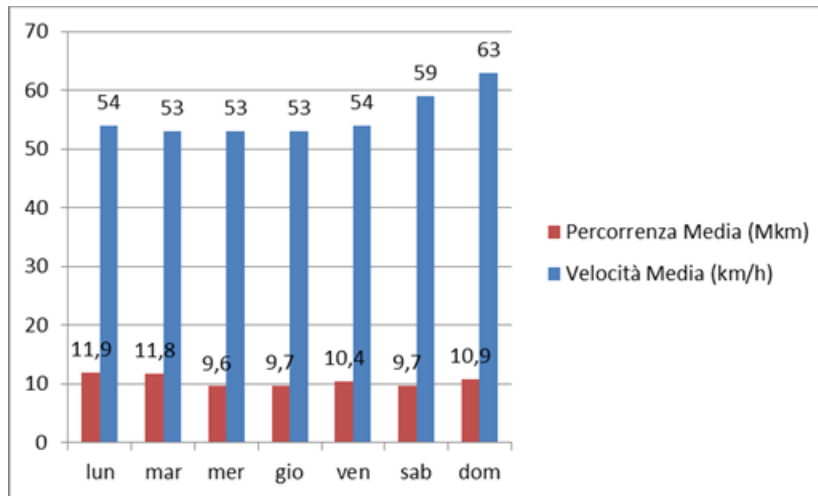
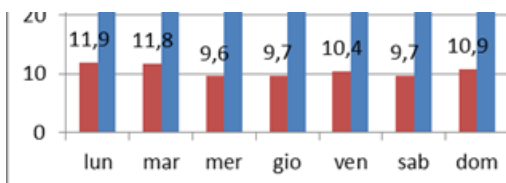


Figura 3: Percorrenze e velocità medie nella settimana media



terminali attivi di lunedì e martedì, soprattutto sabato sono caratterizzati da una minore presenza per le percorrenze complessive monitoraggio (

Figura 3) mentre per le velocità medie giornaliere si verifica un massimo durante la domenica, seguita dal sabato e poi dai giorni feriali, per i quali la velocità media è più o meno la medesima.

Interessante osservare che nonostante il valore di percorrenza elevato, è la domenica a far registrare il valore massimo di velocità; ciò si può spiegare facilmente osservando la distribuzione delle percorrenze durante l'arco della giornata nei diversi giorni della settimana (cfr. figg. seguenti).

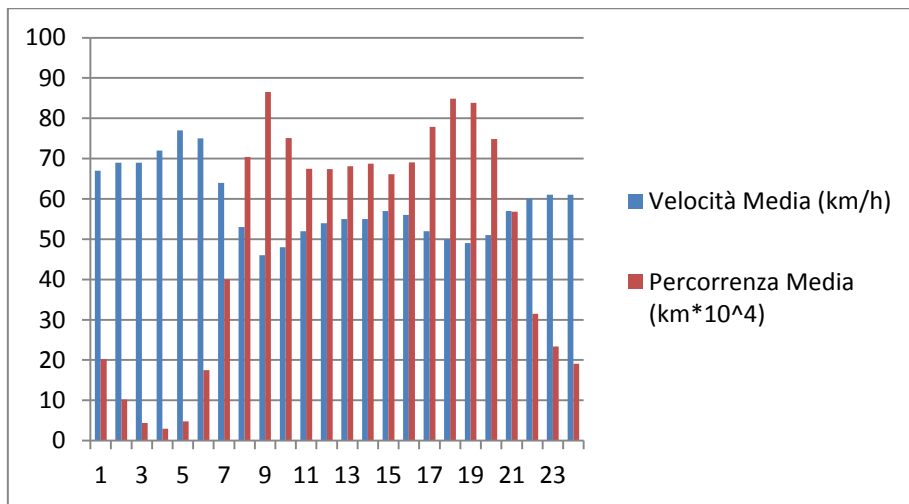


Figura 4: Percorrenze e velocità medie orarie di Lunedì

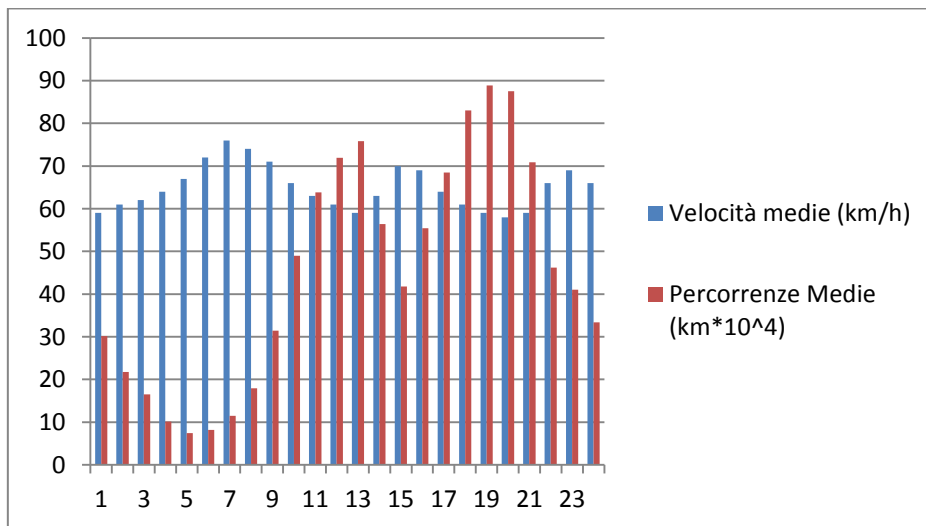


Figura 5: Percorrenze e velocità medie orarie di Domenica

Infatti di domenica mediamente le “morbide” sono molto più accentuate che durante le giornate feriali e in tali periodi il valore di velocità media si alza notevolmente, pesando positivamente sulla media giornaliera; inoltre anche durante la punta serale della domenica, tipicamente quella del rientro dalle gite del fine settimana, la velocità media si mantiene più elevata rispetto a quella delle punte di traffico dei giorni feriali; in questo caso gioca la diversa distribuzione spaziale del traffico, fra contesto urbano ed extraurbano.

Completamente diverso è il caso del Sabato, durante il quale le percorrenze orarie sia delle punte che delle morbide sono molto inferiori rispetto a quelle di un giorno feriale tipo, il che giustifica la maggiore velocità media giornaliera; invece il motivo per cui di sabato si circola più lentamente che di domenica è nuovamente da ricercarsi nella diversa distribuzione del traffico fra rete urbana e rete extraurbana.

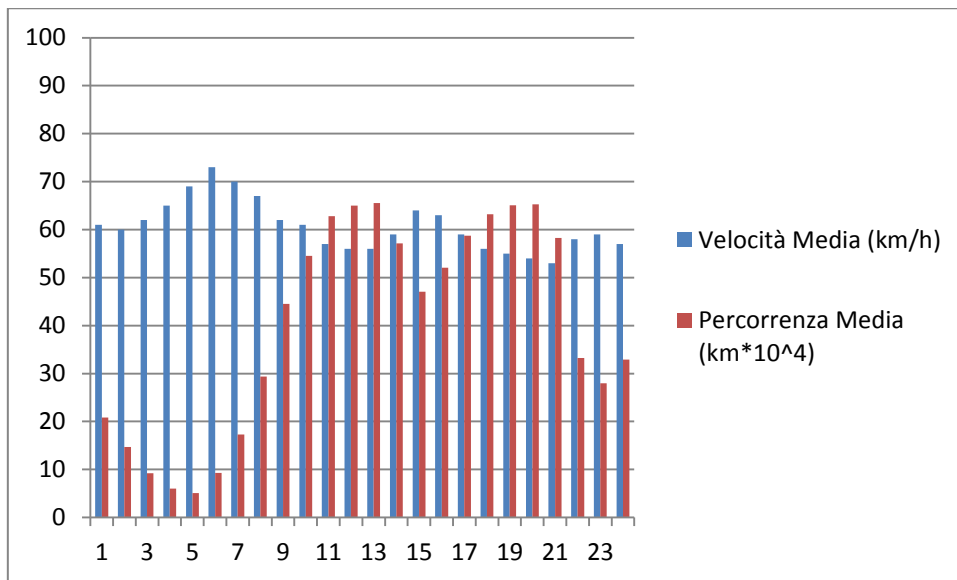


Figura 6: Percorrenze e velocità medie orarie di Sabato

Le statistiche di base sul raggio della mobilità (cfr fig. seguente)<sup>17</sup> evidenziano che la maggior parte degli spostamenti non supera i 10 km (77% circa) ed un altro 12% circa ricopre distanze fra i 10 e i 20 km; in sostanza quasi un 90% dei viaggi si concentra nel raggio di 20 km.

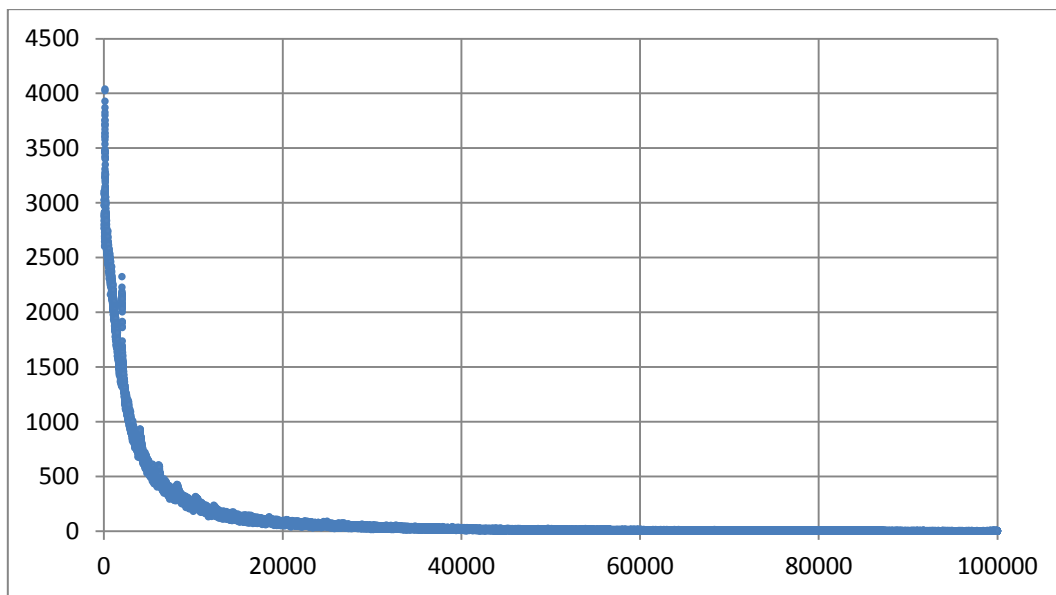


Figura 7: Distribuzione degli spostamenti per Distanza (m)

Analisi aggregate come quelle appena esposte possono coadiuvare gli amministratori nelle scelte strategiche di gestione della domanda, per esempio volte ad agevolare una migliore distribuzione del traffico nell’arco della giornata o sul territorio o l’uso della “mobilità ciclo pedonale per gli spostamenti di minore lunghezza; inoltre possono essere utili nel benchmark di realtà diverse o nella valutazione aggregata ex post delle misure intraprese.

<sup>17</sup> Le discontinuità locali nel grafico sono dovute alle modalità di rilevamento

## II. Caratterizzazione delle soste

Per caratterizzazione delle soste intendiamo l'extrapolazione di alcune informazioni implicite rispetto a quelle già contenute nei dati del monitoraggio Octotelematics (ossia posizione dei punti iniziale e finale, durata e collocazione temporale della sosta).

La disposizione spazio-temporale delle soste all'interno dell'area di studio rappresenta la base conoscitiva per realizzare tale caratterizzazione.

### A. Classificazione temporale

La classificazione delle soste adottata in questa sede utilizza criteri di durata e collocazione temporale dei periodi di inattività dei veicoli; i criteri di classificazione prescelti sono funzionali sia ad un'analisi macroscopica dei comportamenti di mobilità sia alla caratterizzazione dei cluster spaziali delle soste individuali, come specificato nel seguito.

La prima macro-suddivisione distingue sulla base dell'afferenza ai giorni calendario: sono denominate "SosteGiorno" le soste il cui periodo sia completamente interno ad un'unica data calendario mentre quelle che interessano più di una data sono denominate SosteNotte (in quanto a cavallo della Mezzanotte, una o più volte); fra queste seconde, quelle la cui durata superi le 24 h sono denominate SosteOltre24h. Tale suddivisione, oltre a fornire prime grossolane informazioni sulla ripartizione fra le soste effettuate per lo svolgimento di attività diurne e quelle effettuate per lo svolgimento di attività notturne (in primis il riposo notturno), è funzionale alla definizione di clusterizzazioni di maggior dettaglio, come sarà meglio specificato nel seguito.

Dall'analisi del caso di studio si evince che le SosteGiorno sono molto più numerose delle SosteNotte (85% vs 15%) ma queste seconde presentano una durata complessiva più che doppia rispetto alle prime; infatti mediamente una SostaNotte dura più di 20 ore contro le 1,5 ore di una SostaGiorno.

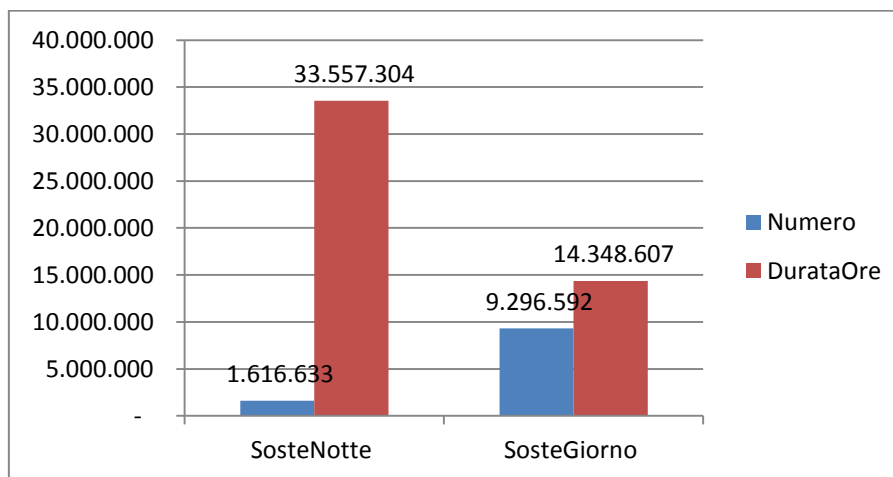


Figura 8: Distribuzione delle soste per il caso di studio in base al criterio Calendario

Per approfondire la cluster analysis è stato effettuato uno studio della disposizione delle singole soste in funzione dell'ora di inizio sosta e della durata della stessa. La seguente figura riporta tale rappresentazione per due giornate feriali del monitoraggio nella provincia di Roma, essendo state distinte le Soste Giorno (in rosso) dalle Soste Notte (in blu).

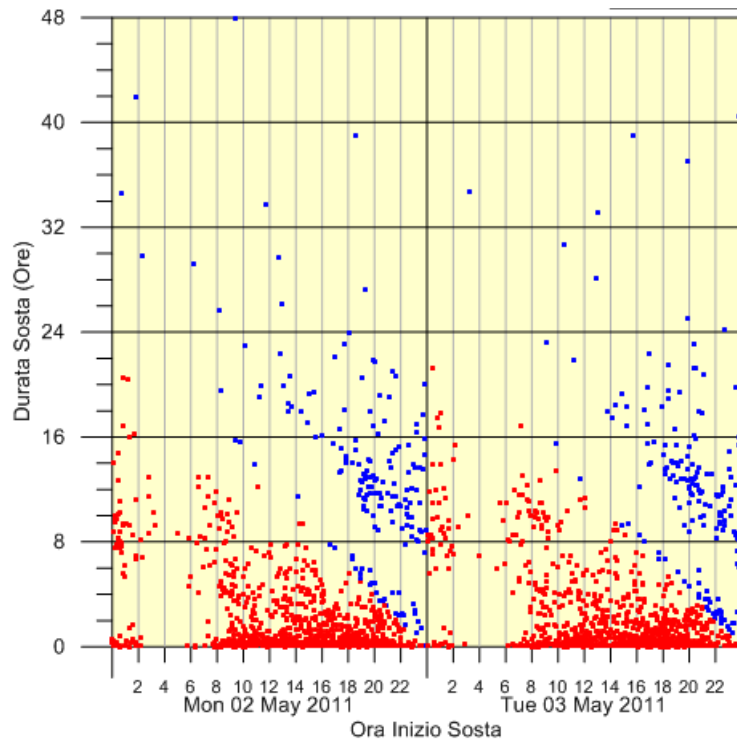


Figura 9: Scattergram delle soste nell'area di studio in base a orario di inizio e durata

Il grafico mette bene in evidenza la presenza di due grandi insiemi di soste, che si ripetono ciclicamente nell'arco delle 24 ore, abbastanza nettamente demarcati da bordi lineari a formare precise figure geometriche:

- nel primo caso il triangolo delimitato inferiormente dall'asse delle x fra i valori delle 6 del mattino e le 3 della notte seguente, a sinistra della retta verticale di equazione  $x=[24(i-1)+6]$  sino al valore di  $y = 16$  e a destra dalle retta a  $-45^\circ$  di equazione  $(x+y)=[24(i-1)+3]$ , dove  $i$  rappresenta l'ordinale del ciclo giornaliero considerato;
- nel secondo caso dal triangolo delimitato a sinistra dalla retta a  $135^\circ$   $(x+y)=[24(i-1)+5]$ , a destra dalla retta verticale  $x=24i$  e aperto superiormente, cui si giustappone lungo il lato destro verticale un rettangolo delimitato inferiormente dalla retta  $y = 5$  e a destra dalla retta verticale di equazione  $x=24i+3$ .

All'interno del primo insieme si possono riconoscere ulteriori elementi di discriminazione:

- un addensamento in corrispondenza delle durate più basse;
- una cesura nella distribuzione degli orari di inizio sosta in corrispondenza delle 17.

Tali osservazioni danno sostanzialmente ragione alla macro classificazione fra SosteGiorno e SosteNotte, fornendo ulteriori elementi di conoscenza della declinazione del fenomeno sosta all'interno dell'area di studio, in base ai quali è possibile definire i seguenti cluster di sosta:

1. SosteSonno, ovvero:
  - tutte le soste di durata superiore alle 24h (SosteOltre24h);
  - le SosteGiorno (non a cavallo della mezzanotte) di durata superiore alle 5 h il cui orario di inizio sia compreso fra le 00 e le 5.00;
  - le SosteNotte (a cavallo della mezzanotte) di durata superiore alle 5 h e il cui orario di inizio sia maggiore o al più uguale alle 5.00 del mattino del giorno  $i$ -esimo e l'orario di fine sia maggiore o al più uguale alle 5.00 del mattino del giorno  $(i+1)$ -esimo.

2. SosteAttivitàDiurna, ovvero tutte le SosteGiorno di durata compresa fra le 3 e le 16 ore e orario di inizio compreso fra le 6.00 e le 17.00;
3. SosteBreviDiurne, ovvero con orario di inizio fra le 6 e le 17 e durata inferiore alle 3 ore;
4. SosteSerali, ovvero tutte le SosteGiorno con orario di inizio compreso fra le 17.00 e le 24.00 del giorno  $i$ -esimo e le SosteNotte con Orario di inizio compreso fra le 17 e le 24 del giorno  $i$ -esimo o le 00 e le 3 del giorno  $(i+1)$ -esimo e Orario di fine sosta fra le 0 e le 3 del giorno  $(i+1)$ -esimo.

Le Soste che non rientrano in nessuna delle tre precedenti definizioni sono denominate "SosteAltro".

La figura successiva illustra la classificazione delle soste sulla base dei criteri *Calendario e Motivazione* utilizzando una rappresentazione per insiemi.

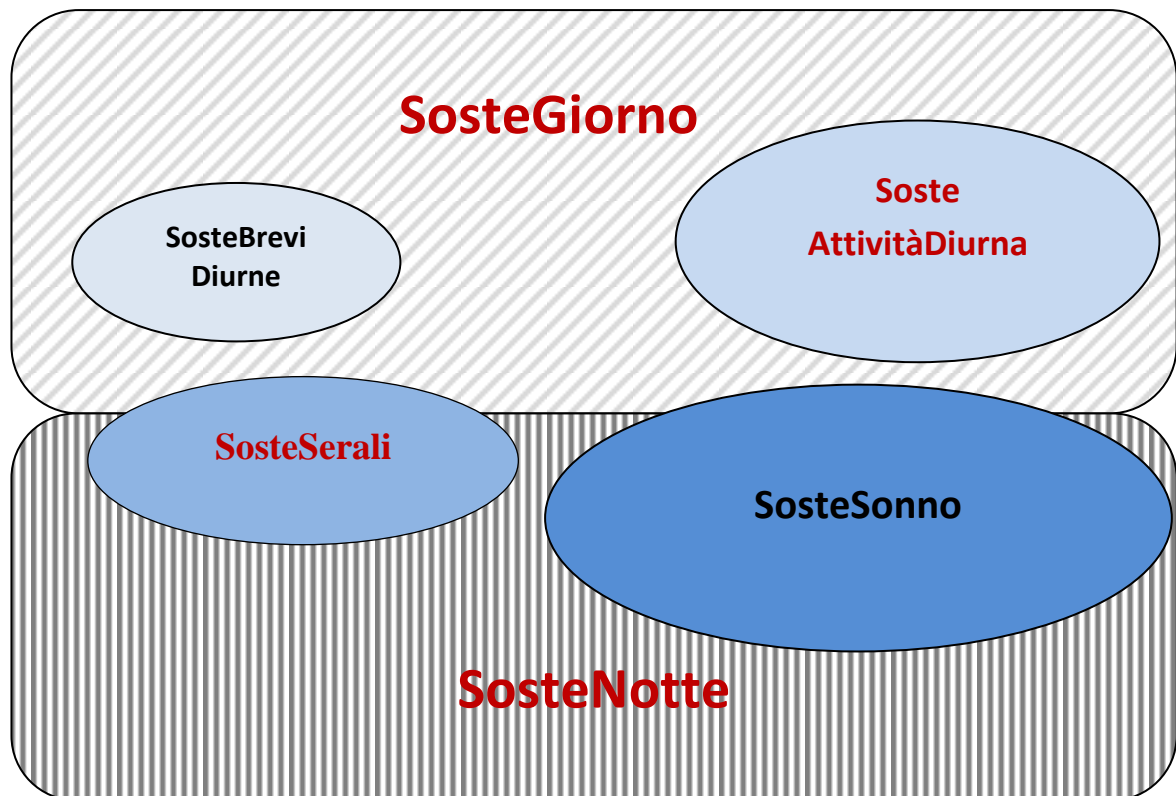


Figura 10: Classificazione delle Soste su base temporale

Si osservi che una SostaAttivitàDiurna o una SostaBreveDiurna sono sicuramente ricomprese all'interno di un'unica data calendario (SosteGiorno) mentre le SosteSonno e le SosteSerali possono ricadere sia fra le SosteGiorno (quando la Sosta comincia dopo la mezzanotte) che fra le SosteNotte (in tutti gli altri casi).

La figura seguente ripropone il precedente scattergram avendo evidenziato i cluster di sosta risultanti dall'applicazione dei criteri precedentemente esposti

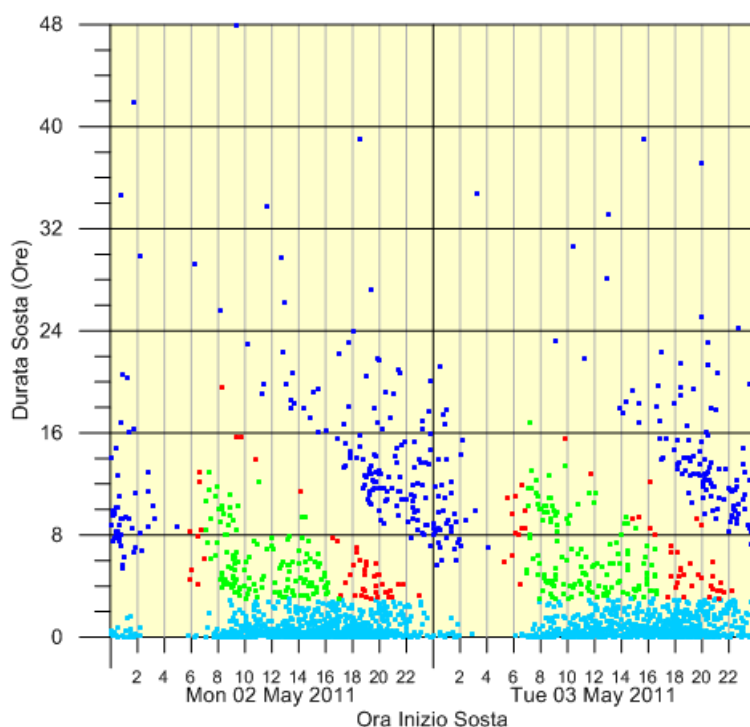


Figura 11: Classificazione delle soste in base al criterio Motivazione

I due grafici in basso illustrano la composizione del numero e della durata delle soste in base al criterio *motivazione* per il caso di studio.

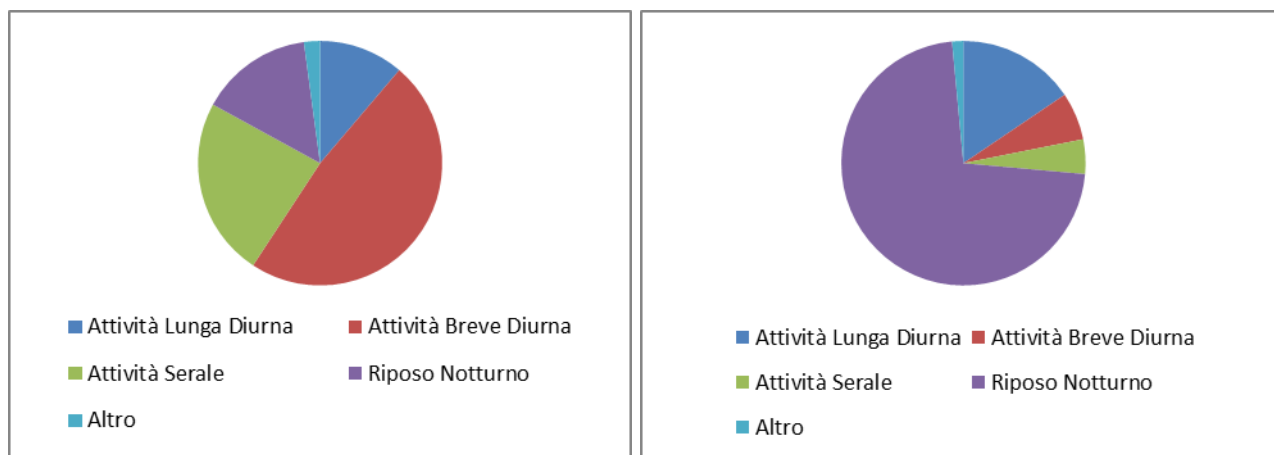


Figura 12: Composizione del numero e dei tempi di sosta in base alla motivazione della sosta

Le SosteBreviDiurne rappresentano la classe di motivazione più numerosa, seguite dalle SosteSerali, dalle SosteSonno e dalle SosteAttivitàDiurna. Se però si guarda alle durate complessive, sono le SosteSonno a prevalere, seguite da quelle per AttivitàDiurna, dalle SosteBreviDiurne, da quelle Serali ed infine da quelle non riconducibili a nessuna specifica motivazione (SosteAltro).

Nell'arco della settimana, mediamente la distribuzione dei tempi di sosta sulla base della presunta motivazione della sosta è quella riportata nel grafico seguente<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Convenzionalmente, l'attribuzione della sosta ad una certa giornata è stata effettuata in base alla collocazione dell'ora di inizio sosta.

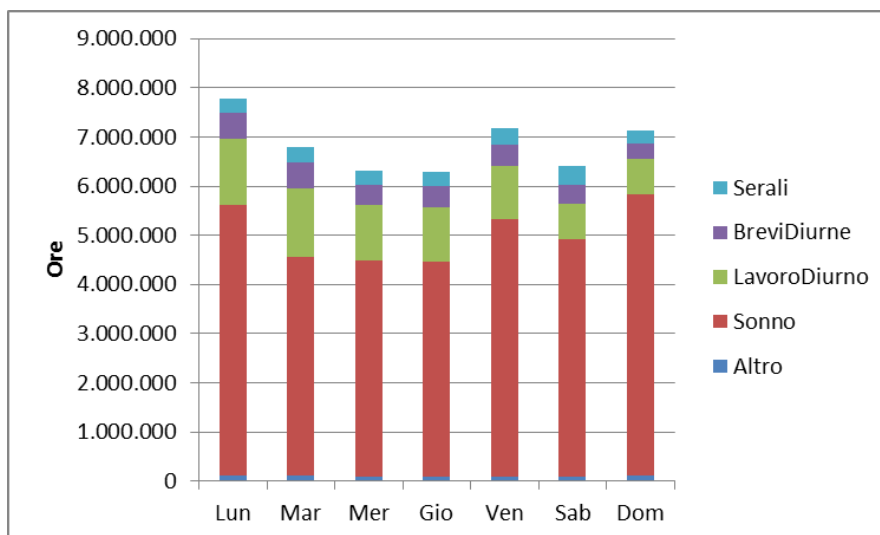


Figura 13: Composizione media della durata delle soste nella settimana per Motivazione

La distribuzione dei tempi di sosta in base alla motivazione della Sosta è conseguente alla definizione dei vari tipi di sosta, che comporta valori di durata media molti diversi fra loro, come ben evidenziato dal grafico seguente. Le Soste per riposo notturno presentano valori di durata media intorno alle 14 ore<sup>19</sup> mentre quelle per attività lavorative diurne durano mediamente intorno alle 6 ore, seguite dalle soste non riconducibili ad alcuna motivazione specifica (poco meno di 4 ore mediamente; al di sotto dell'ora la durata media delle soste brevi diurne e serali.

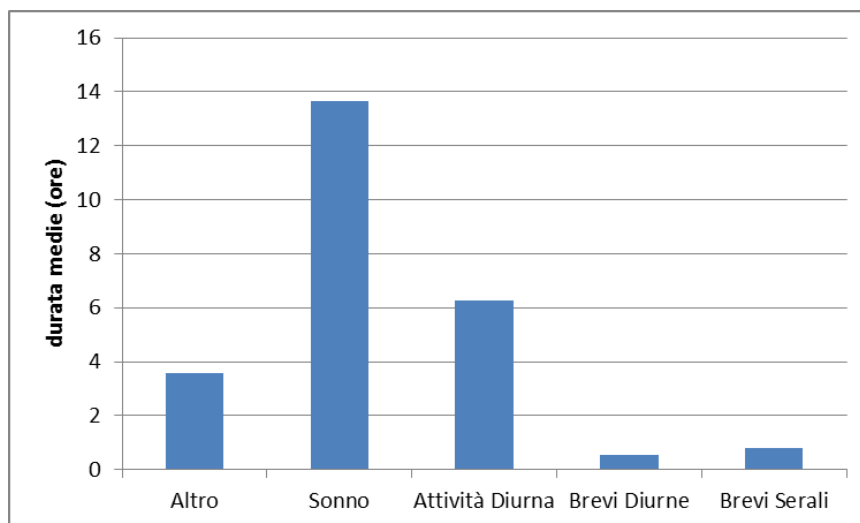


Figura 14: Durata media delle soste in base a Motivazione

Questi risultati, ad esempio, possono coadiuvare gli Amministratori nella collocazione delle colonnine di ricarica di veicoli elettrici o nella definizione della tariffazione della sosta.

Nei due grafici seguenti è rappresentata la sequenza temporale delle soste per un sottoinsieme casuale del campione veicolare con un sufficiente periodo di permanenza all'interno dell'area di studio su un arco di due giorni calendario. Viene confermata la prevalenza della durata delle soste per riposo notturno, seguita da quella per attività di lavoro o di studio e, poi, dalle soste brevi, la cui maggiore numerosità va a compensare in parte la minore durata media.

<sup>19</sup> Si rammenta che in questa categoria rientrano le soste che superano le 24 ore di durata le quali, in realtà, sono riconducibili ad una permanenza verosimilmente *multipurpose*

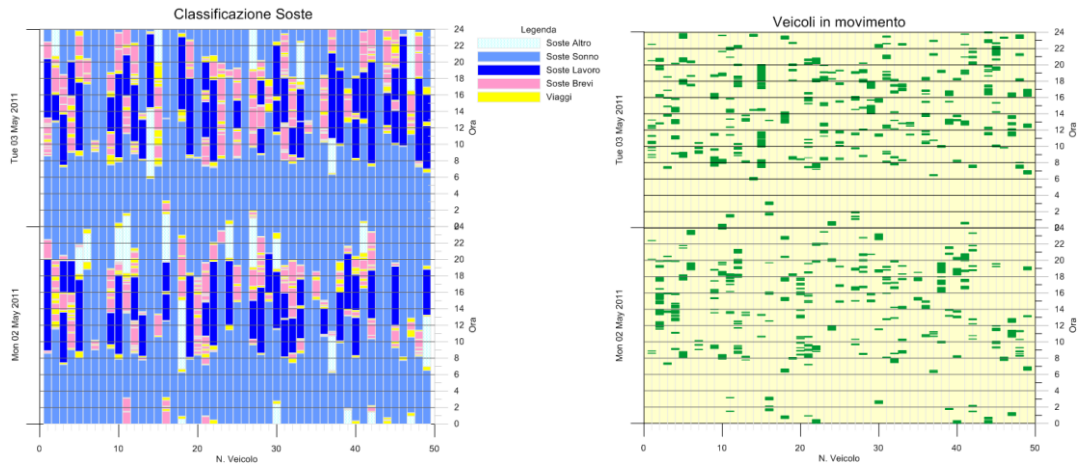


Figura 15: Sequenza temporale delle soste per un sottocampione di veicoli su due giorni di rilevamento

Interessante è anche la scarsa rilevanza dei tempi di viaggio rispetto ai tempi di sosta, messa in evidenza dalla seconda immagine, complementare alla prima. I veicoli sono in movimento solo per una frazione molto limitata di tempo; nel complesso, su un tempo totale di viaggio dei terminali nell'area di studio pari a circa 3 milioni di ore si registra un tempo di sosta pari a circa 48 milioni di ore, con un rapporto di 6 a 94 (cfr. figura seguente).

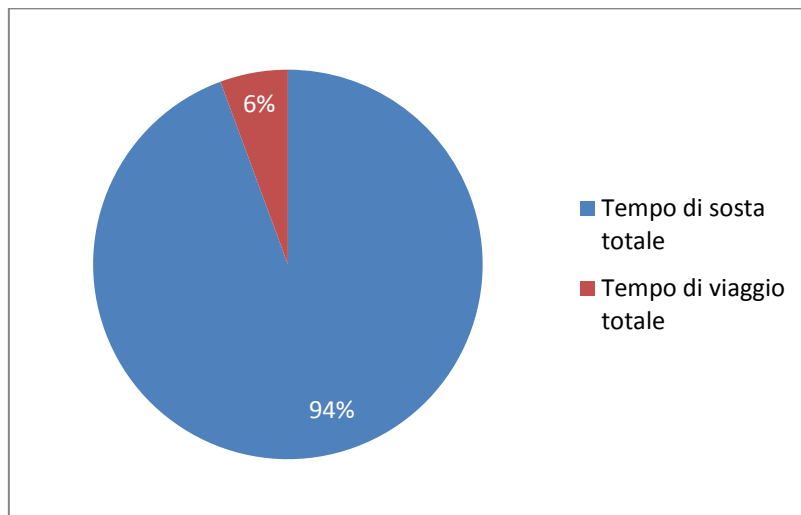


Figura 16: Rapporto fra tempi di viaggio e tempi di sosta

Tale informazione, ad esempio, avalla l'utilità di politiche in favore della condivisione della proprietà dei veicoli (car sharing), che favorirebbero un impiego più intensivo, produttivo e di minor impatto sulle esigenze di sosta in determinate aree urbane. D'altro canto, si verifica anche che l'impiego "attivo" dei veicoli (veicoli in moto) spesso si sovrappone temporalmente, suggerendo così che la condivisione della proprietà, per essere funzionale, richiede grande disponibilità e flessibilità dell'offerta.

## B. Clusterizzazione spaziale delle soste individuali

Il livello di dettaglio dei dati da Floating Cars consente di effettuare analisi a livello di singolo terminale. Può essere utile, ad esempio, individuare eventuali nuclei di aggregazione spaziale delle soste di ciascun veicolo rilevato all'interno dell'area per risalire alla più probabile localizzazione e qualificazione dei luoghi che rappresentano le origini e le destinazioni di spostamenti

sistematicamente realizzati. A livello aggregato, ciò consente di risalire alle linee di desiderio più significative all'interno di un'area e quindi, in ultima analisi, alle matrici Origine Destinazione disaggregate per orario e scopo dello spostamento. Le matrici Origine/Destinazione rappresentano la rappresentazione sintetica più efficace della mobilità all'interno di un'area, a prescindere da loro impiego all'interno di procedure di simulazione del traffico.

La procedura presentata di seguito mira appunto a questo risultato. Essa prevede:

1. la clusterizzazione spaziale delle soste di ciascun veicolo (ricerca dei nuclei di aggregazione spaziale delle soste);
2. una classificazione dei cluster delle soste individuali in base della caratterizzazione temporale delle soste relative, secondo i criteri fissati in precedenza.

La numerosissima casistica comportamentale dei veicoli pone problemi di approccio metodologico all'operazione di clusterizzazione delle soste individuali.

I metodi di clusterizzazione spaziale possono essere raggruppati in tre principali categorie [13]:

Clustering partitivo – è un metodo iterativo in cui gli elementi vengono raggruppati in base alla distanza da un punto rappresentativo del cluster (centroide o medoide), dopo aver prefissato a priori il numero di gruppi. A partire da una soluzione iniziale, gli elementi vengono riallocati iterativamente in modo da migliorare la qualità della clusterizzazione fino ad una soluzione soddisfacente. L'algoritmo più conosciuto è il metodo k-means..

Clustering gerarchico – i clusters ottenuti sono annidati ed organizzati secondo una struttura gerarchica ad albero. Può essere di tipo agglomerativo (bottom-up) o divisivo (top-down). Nel primo caso si parte da una situazione in cui ogni elemento costituisce un cluster e si procede accorpendo gradualmente i clusters due a due. Nel tipo divisivo tutti gli elementi formano inizialmente un singolo cluster che viene ricorsivamente suddiviso in sotto-clusters. Il risultato finale viene rappresentato mediante un grafico detto dendrogramma.

Clustering density-based – i clusters corrispondono a regioni ad alta densità di punti separate da regioni a bassa densità. È il metodo più idoneo quando i clusters hanno forma irregolare, sono presenti rumori o outliers ed il dataset è di grosse dimensioni. Il raggruppamento avviene analizzando l'intorno di ogni punto dell'insieme. In particolare, viene considerata la densità di punti in un intorno di raggio fissato. Il più noto algoritmo di questa categoria è il DBSCAN: Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (Ester et al., 1996) [14].

Nel nostro caso non conosciamo a priori il numero di clusters, che varia da individuo a individuo in base al numero e al tipo di attività che svolge nell'arco della giornata, pertanto il clustering partitivo non è adatto, anche perché i clusters ottenuti presentano forma convessa, che non sempre corrisponde alla forma delle aree dove l'individuo parcheggia ripetutamente. Il clustering gerarchico, d'altro canto, comporta la difficoltà di individuare un criterio per interrompere al momento giusto il processo di suddivisione in modo da ottenere il numero di clusters ottimale. Si è quindi scelto come metodo più idoneo per il nostro tipo di analisi l'algoritmo DBSCAN. Una delle caratteristiche di questo metodo è che classifica come "rumore" i punti isolati e li elimina dai clusters. Nel caso dello studio delle soste possono essere presenti, così come riscontrato effettivamente nel caso di studio, molti punti isolati, che corrispondono a luoghi visitati sporadicamente.

Come programma per l'elaborazione è stata usata la funzione `dbscan.m` [15] implementata nel linguaggio matlab da M. Daszykowski [16]. L'algoritmo richiede in input due parametri: `Eps` (raggio massimo del vicinato) e `MinPts` (numero minimo di punti che devono essere presenti in un raggio `Eps`). Si comincia con un punto casuale e si controlla il suo `Eps`-vicinato (cerchio di raggio

Eps). Se contiene un numero maggiore o uguale a MinPts viene creato un nuovo cluster, il punto iniziale ed i suoi vicini sono aggiunti al cluster ed il punto viene marcato come visitato. L'algoritmo quindi ripete in maniera ricorsiva il processo di controllo per tutti i vicini. Quando il numero dei vicini è minore di MinPts il punto è marcato come rumore, ma non scartato, in quanto potrebbe appartenere all'Eps-vicinato di un altro punto. Questo processo continua fino a quando il cluster viene completato. Si passa quindi al successivo punto non ancora visitato ed il processo continua fino a quando tutti i punti risultano o assegnati ad un cluster o marcati come rumore.

La ricerca dei cluster delle soste è stata effettuata solo sui terminali Residenti<sup>20</sup> che presentino un numero minimo di soste pari a tre.

Una volta individuati i principali cluster spaziali di sosta di un terminale, essi sono caratterizzati sulla base della presenza prevalente delle diverse classi temporali di sosta descritte nel precedente paragrafo procedendo secondo i passi di seguito elencati.

1. Ricerca della prima abitazione, se esistente, sulla base della massima durata complessiva delle SosteSonno, ponendo un limite inferiore, pari a 0,33, al rapporto fra la durata complessiva delle sostesonno e la durata complessiva di tutte le soste nel cluster; la ricerca è estesa a tutti i cluster precedentemente individuati
2. Eliminazione del cluster "PrimaAbitazione" dall'insieme della successiva ricerca
3. Ricerca della seconda abitazione, se esistente, sulla base della massima durata complessiva delle SosteSonno, ponendo un limite inferiore, pari a 0,33, al rapporto fra la durata complessiva delle sostesonno e la durata complessiva di tutte le soste nel cluster;
4. Eliminazione del cluster "SecondaAbitazione" dall'insieme della successiva ricerca
5. Ricerca del luogo di lavoro diurno sulla base della massima durata complessiva delle SosteLavoroDiurno, ponendo un limite inferiore, pari a 0,50, al rapporto fra la durata complessiva delle soste lavoro e la durata complessiva di tutte le soste nel cluster;
6. Ricerca dei luoghi di Attività Breve Diurna sulla base dell'incidenza percentuale (> 50%) della durata delle soste relative nei diversi cluster;
7. Ricerca dei luoghi di Attività Serale sulla base dell'incidenza percentuale (> 50%) della durata delle soste relative nei diversi cluster;
8. Tutti i cluster non precedentemente classificati vengono classificati come "Altro"; si tratta in ogni caso di luoghi sistematicamente frequentati dall'utente, anche se per essi non è possibile definire la qualifica.

Nelle due seguenti figure sono rappresentati i dati di input ed i risultati della clusterizzazione per un terminale del monitoraggio di Firenze che presentava, inizialmente, 229 soste per l'intera durata del mese di monitoraggio. Di tali soste iniziali, solo circa la metà (122) sono risultate di tipo sistematico e, quindi, suscettibili di appartenere ad un insieme significativo di soste. I cluster più attendibili sono risultati essere in numero di tre di cui uno corrispondente all'abitazione, uno al luogo di lavoro e il terzo ad un luogo di sosta breve per quanto sistematica. Facendo corrispondere i luoghi con il baricentro dei rispettivi cluster, la distanza euclidea fra abitazione e luogo di lavoro è risultata essere pari a poco meno di 4 km

---

<sup>20</sup> Riguardo ai criteri utilizzati per individuare i Terminali "Residenti" si veda il paragrafo dedicato alla clusterizzazione del Campione

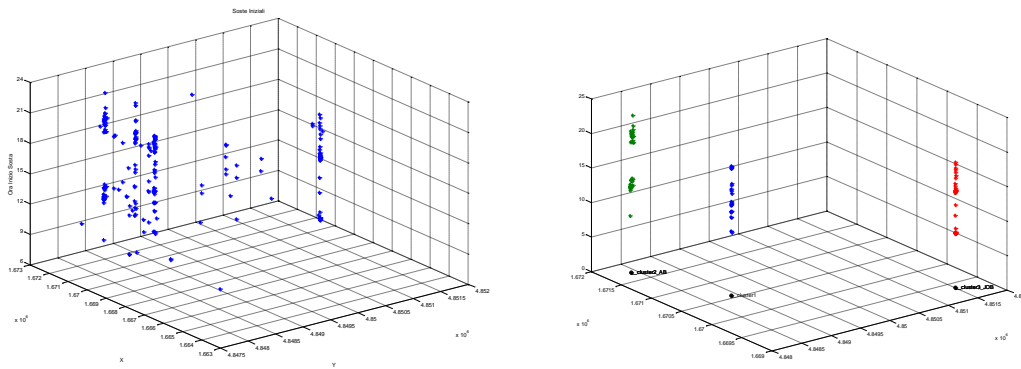


Figura 17: Risultato della procedura di clusterizzazione spaziale delle soste per un terminale del monitoraggio

In tutta l'area della provincia di Roma, per l'insieme dei veicoli "residenti", sono stati individuati 153.198 cluster di soste sistematiche suddivisi nelle tipologie precedentemente individuate secondo i valori contenuti nel grafico seguente.

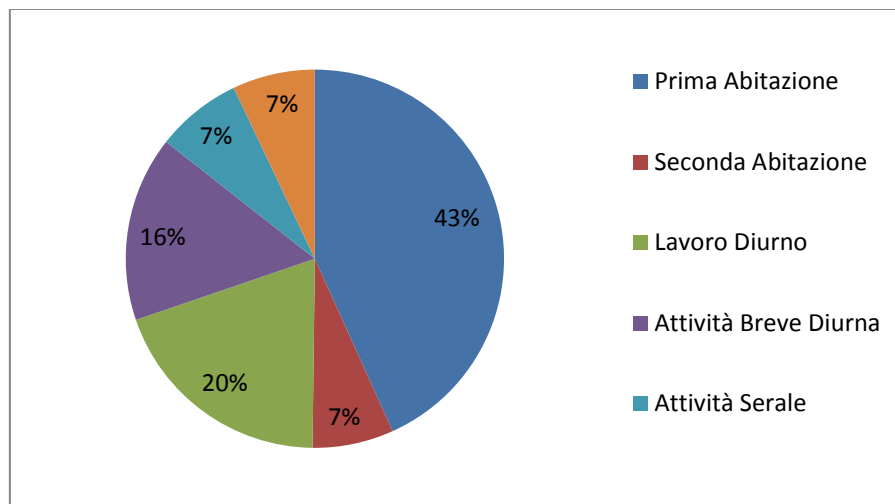


Figura 18: Composizione dei cluster delle soste sistematiche secondo la classificazione adottata

Si osserva una netta prevalenza dei cluster afferenti alle abitazioni: fra prima e seconda abitazione essi rappresentano la metà di tutti i cluster delle soste sistematiche. Un altro 20% è dato dai cluster per attività impiegatizia diurna e un 15% dagli insiemi di soste per lo svolgimento di attività diurne di breve durata che, in parte, possono essere lavorative anch'esse; il restante 14% dei cluster attiene ad attività serali o altre attività sistematiche non meglio identificate.

Soffermandoci invece sulla durata delle soste sistematiche, si osserva che la gran parte è allocata in corrispondenza della prima abitazione, per un 83% circa; per un altro 10% dei tempi complessivi di sosta sistematica, i veicoli sono fermi in corrispondenza dei luoghi di lavoro impiegatizio diurno; il rimanente 7% dei tempi di sosta si divide fra le altre tipologie di luoghi individuate.

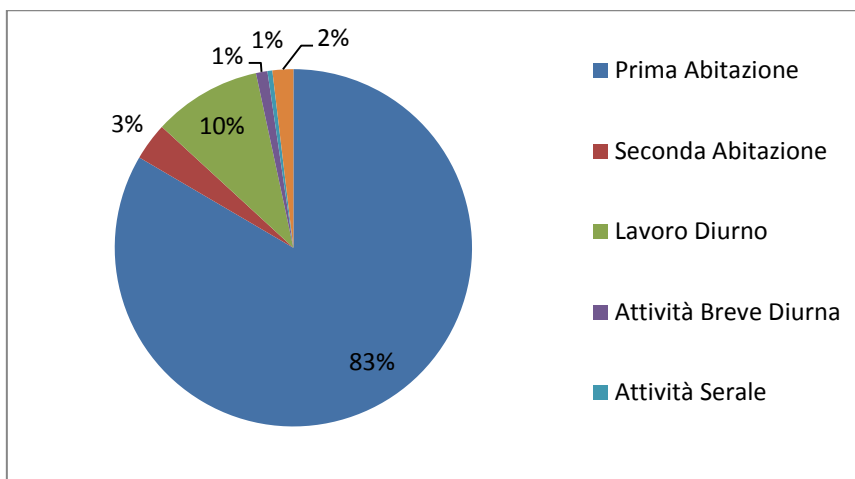


Figura 19: Ripartizione dei tempi di sosta in funzione del tipo di luogo di afferenza

Nel complesso, i tempi di sosta per attività sistematiche rappresentano un 80% dei tempi di sosta totali nell'area di studio (soste > 30'')

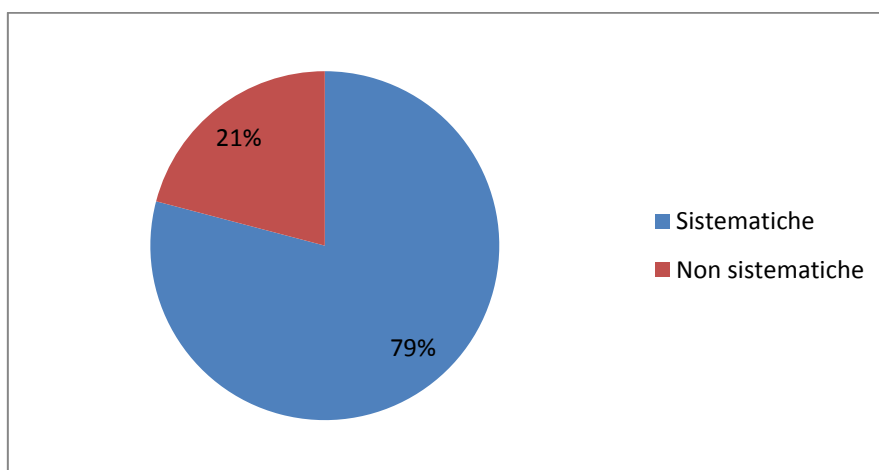


Figura 20: Ripartizione dei tempi di sosta fra attività sistematiche e non

Nel dettaglio delle singole tipologie di cluster si verificano le composizioni medie dei tempi di sosta complessivi illustrate nei grafici seguenti. Naturalmente, i cluster classificati come "Altro", presentano una composizione dei tempi di sosta molto più indistinta rispetto ai cluster per i quali è possibile individuare una tipizzazione precisa, per i quali esiste sempre una tipologia di sosta la cui durata supera il 70% della durata di sosta complessiva del cluster.

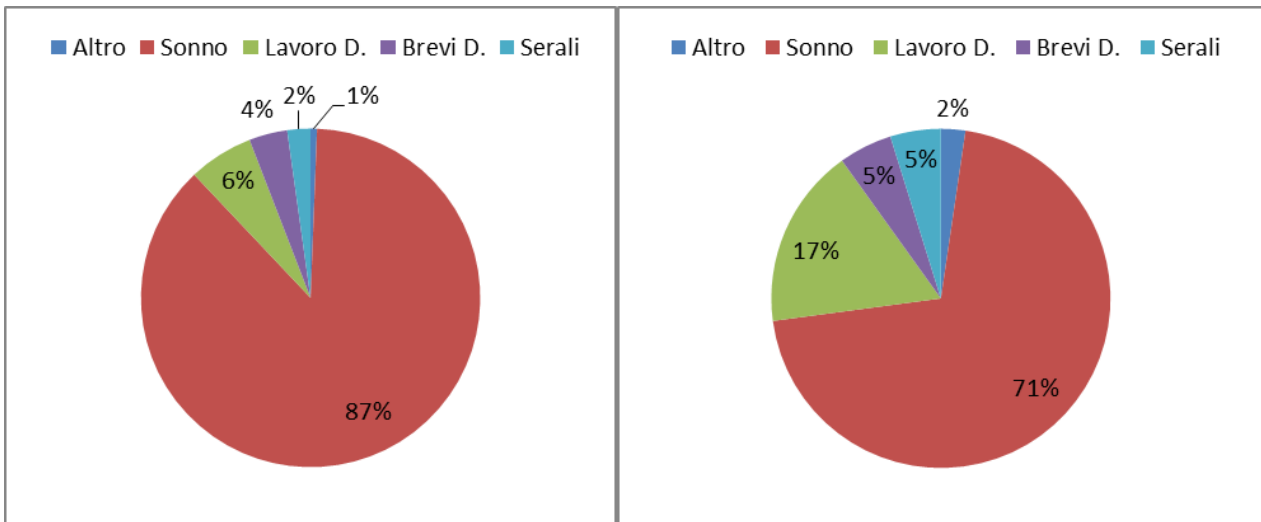


Figura 21: Composizione media dei cluster Prima e Seconda Abitazione per durata delle tipologie di sosta

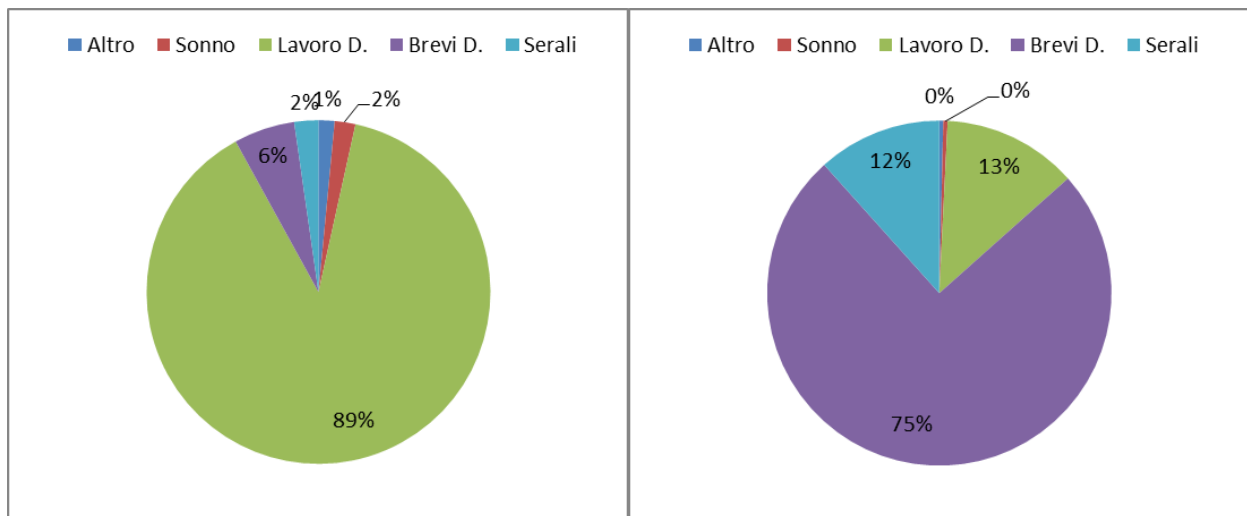


Figura 22: Composizione media dei cluster Lavoro Diurno e Attività Breve Diurna per durata delle tipologie di sosta

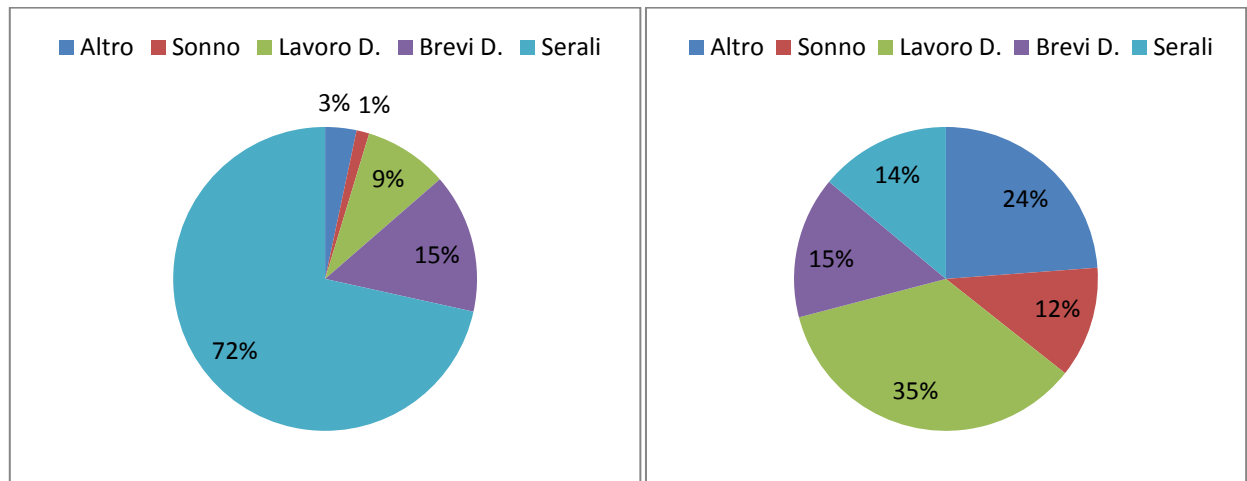


Figura 23: Composizione media dei cluster Attività\_Serali e Altro per durata delle diverse tipologie di sosta

### C. Mappatura territoriale

Utilizzando gli strumenti GIS, è possibile collocare territorialmente i POI di diversa tipologia e individuare le aree di maggiore concentrazione nei diversi periodi della giornata. A livello di area ciò consente, ad esempio, di aiutare l'individuazione i poli di generazione/attrazione della domanda nei diversi orari del giorno, per i diversi giorni della settimana e per i diversi periodi dell'anno, e di quantificarne il potere generativo/attrattivo.

Si osservi, ad esempio, la rappresentazione su cartografia GIS della densità delle soste Lavoro dei terminali monitorati da Octotelematics durante il periodo dalle 7:15 alle 20:00 in un'area circoscritta del quartiere EUR (vedi figg. segg.) di Roma. Le zone di maggiore densità indicano chiaramente la presenza di strutture in cui si concentrano attività lavorative, strutture che, utilizzando gli strumenti della rilevazione, possono essere singolarmente identificate. La sequenza delle immagini consente di cogliere la dinamica temporale degli arrivi e delle partenze dei veicoli campione. Interessante, nell'ultima immagine, l'evidenza di una struttura attrattiva singolare rispetto al contesto, capace di attirare domanda sino a sera inoltrata: ad un'analisi più approfondita, infatti, risulta la presenza di un centro commerciale.

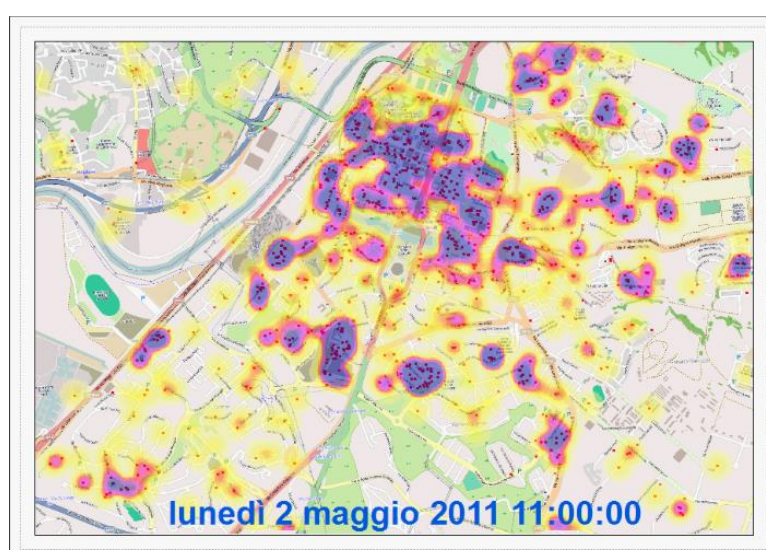
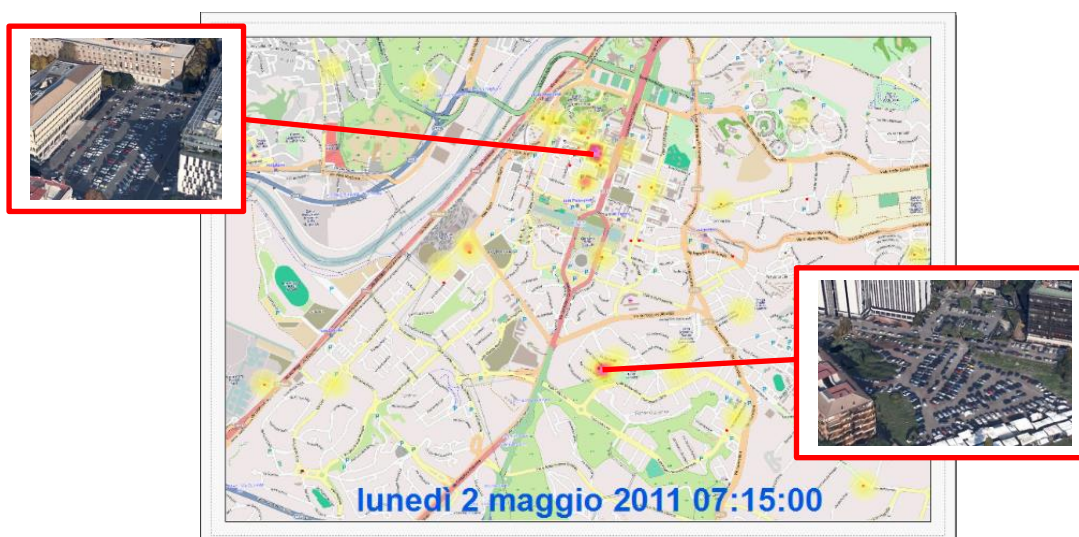




Figura 24: Mappe di densità delle soste Lavoro a cadenza oraria

Sempre utilizzando le funzionalità dei GIS, è possibile analizzare anche la distribuzione dei luoghi caratteristici della mobilità individuati attraverso la cluster analysis precedentemente descritta.

Nelle figure seguenti sono riportate, ad esempio, le mappe di densità dei centroidi dei cluster delle soste in corrispondenza della Prima e della Seconda Abitazione e dei luoghi di lavoro (o di parcheggio di scambio) per i Residenti della Provincia di Roma .

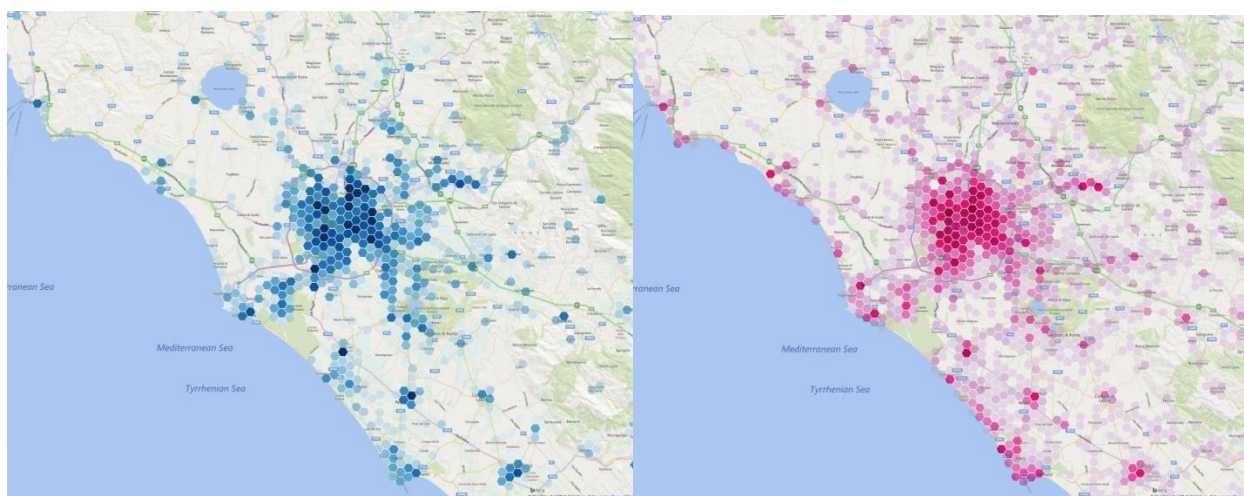


Figura 25: Mappe di densità dei cluster di Prima e Seconda Abitazione dei Residenti nella Provincia di Roma<sup>21</sup>

Si osservi come le Seconde Abitazioni tendano ad essere più disperse rispetto alle Prime, anche se per entrambe la massima concentrazione si verifica nella zona all'interno del GRA della Capitale: Le Seconde Abitazioni infatti non necessariamente corrispondono con una proprietà utilizzata nei week end ma spesso sono da intendersi come un luogo di pernottamento frequente, diverso dalla prima abitazione.

<sup>21</sup> I valori di fondo scala delle due mappe sono diversi fra loro, per la Seconda Abitazione essendo più basso che nel caso della Prima Abitazione

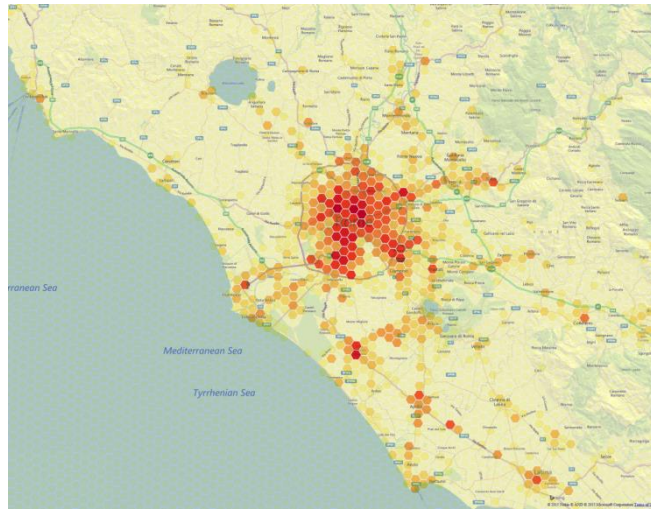


Figura 26: Mappe di densità dei luoghi di Lavoro dei Residenti nella Provincia di Roma

### III. Caratterizzazione degli spostamenti

Per caratterizzazione degli spostamenti intendiamo l'estrapolazione di alcune informazioni aggiuntive rispetto a quelle già implicitamente contenute nei dati del monitoraggio Octotelematics (posizione dei punti iniziale e finale, percorrenza, durata e collocazione temporale dello spostamento).

#### D. Afferenza all'area di studio

Una prima interessante informazione sugli spostamenti è la loro afferenza all'area di studio, considerato che, in linea di principio, uno spostamento può risultare completamente interno all'area di studio oppure di attraversamento dell'area stessa ovvero ancora di penetrazione/uscita a/da l'area. Distinguere fra queste tipologie di spostamento aiuta a comprendere l'incidenza di fenomeni molto rilevanti quali il pendolarismo o il traffico di attraversamento.

Utilizzando la macroclassificazione dei POI descritta nel Cap. 2 (soste e fermate, ingressi e uscite) si può con relativa facilità attribuire ad ogni spostamento monitorato nell'area una delle quattro tipologie di afferenza possibili

Più specificatamente, uno spostamento sarà da considerarsi:

- interno se entrambi i punti terminali si configurano come delle soste e, come tali, sono interne all'area di studio;
- di attraversamento se il punto di Origine è un ingresso e il punto di Destinazione è un'uscita;
- di penetrazione se l'Origine è un ingresso e la Destinazione è una Sosta
- di uscita se l'Origine è una Sosta e la Destinazione è un egresso

Gli spostamenti interni sono gli unici noti nella loro completezza e su di essi è possibile effettuare analisi circostanziate e conclusive. Gli spostamenti di altra tipologia, invece, sono noti solo per la quota parte che si svolge all'interno dell'area di rilevamento; tuttavia, l'insieme delle penetrazioni e delle uscite a/dall'area di studio quantifica e qualifica (almeno in parte) il pendolarismo mentre l'insieme degli attraversamenti quantifica l'incidenza del traffico di attraversamento.

Nel caso della Provincia di Roma la stragrande maggioranza degli spostamenti (97%) è interna ai confini del territorio, il restante 3% si distribuisce soprattutto fra gli spostamenti di penetrazione/uscita, lasciando una quota del tutto trascurabile agli spostamenti di attraversamento.

Ragionando in termini di percorrenze, tuttavia, la composizione si modifica sensibilmente, come evidenziato dalla figura sottostante.

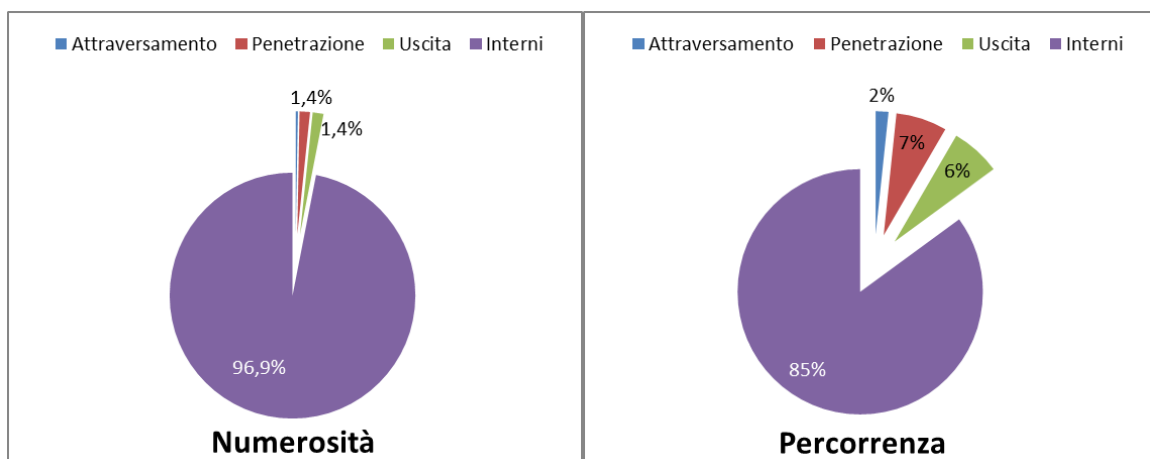


Figura 27: Composizione degli spostamenti nella Provincia di Roma per afferenza territoriale

Cresce la rilevanza della mobilità da e verso l'area di studio e di attraversamento, grazie al fatto che i relativi spostamenti presentano percorrenze medie più elevate di quelle degli spostamenti interni (fig. seguente). Questi ultimi, oltre ad essere mediamente più corti, sono anche più lenti degli altri, a causa del fatto che questa categoria di spostamenti si concentra soprattutto sulla rete più strettamente urbana

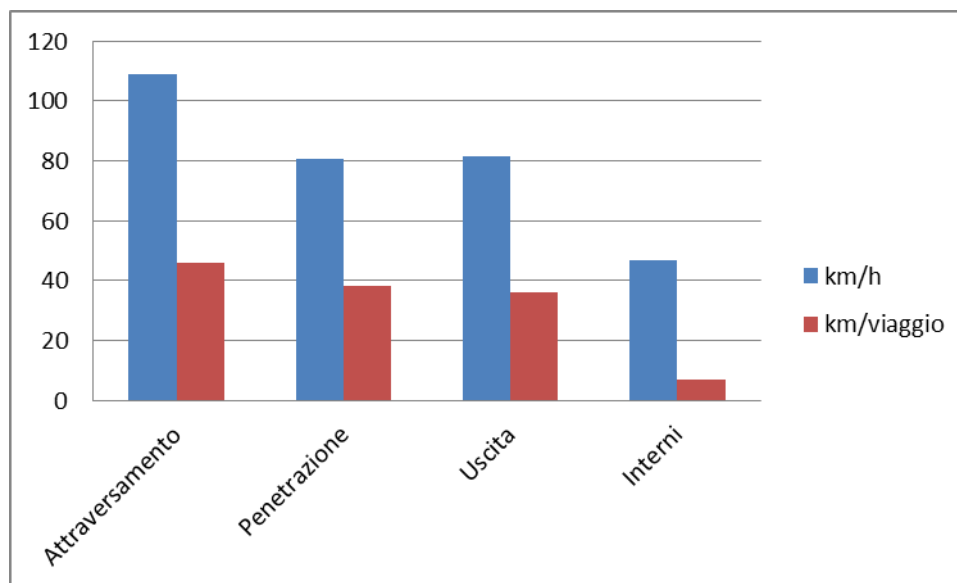


Figura 28: Caratteristiche degli spostamenti nella Provincia di Roma in base all'afferenza territoriale

Nell'arco della settimana, mediamente si riscontra la composizione degli spostamenti illustrate nei due grafici sottostanti, che confermano la prevalenza degli spostamenti interni all'area di studio per tutti i giorni della settimana in termini sia di numerosità che di percorrenza; in questo secondo caso, tuttavia, le altre tipologie di spostamento acquistano una maggiore rilevanza, per quanto appena visto riguardo alle percorrenze medie.

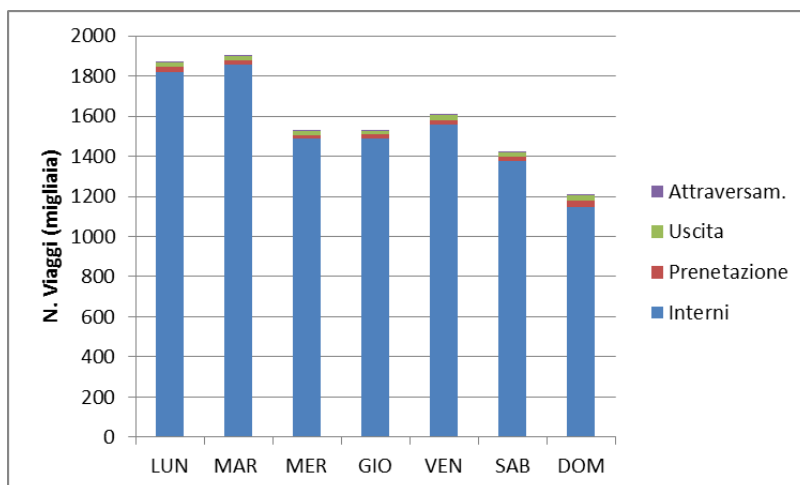


Figura 29: Composizione del numero di spostamenti nella Provincia di Roma per afferenza territoriale e giorno della settimana

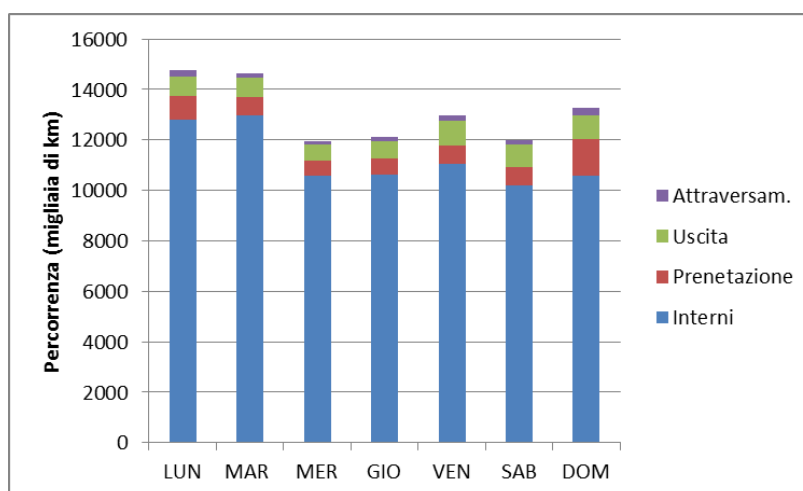


Figura 30: Composizione delle percorrenze nella Provincia di Roma per afferenza territoriale dello spostamento e giorno della settimana

### E. Sistematicità

Una seconda rilevante caratteristica degli spostamenti è relativa alla sistematicità. Uno spostamento da A verso B si definisce sistematico quando viene reiterato a frequenza pressoché regolare nelle medesime fasce orarie. Riconoscere il carattere di sistematicità o meno degli spostamenti è molto importante nelle analisi sulla domanda di mobilità in quanto gli spostamenti “sistematici” possono essere gestiti più facilmente di quelli “erratici” .

Il concetto di sistematicità applicato alla mobilità, per quanto intuitivo, per essere tradotto in termini operativi deve superare le imprescindibili mutevolezze di contingenza. In altre parole, per essere considerato sistematico, uno spostamento non necessariamente deve ripetersi identicamente nel tempo e nello spazio; per esempio, chi si reca regolarmente sullo stesso luogo di lavoro non necessariamente lo fa partendo ed arrivando precisamente alla stessa ora e/o seguendo sempre il medesimo itinerario; tuttavia questo insieme di spostamenti “simili” fra loro rientra a pieno titolo fra quelli definiti come sistematici. Se ne deduce che, per le applicazioni in discorso, la sistematicità è da intendersi in senso ampio e deve rifarsi a logiche di tipo “fuzzy”, ponendo qualche difficoltà metodologica e procedurale. Questo scoglio può essere superato, appunto, concentrando l’attenzione sui luoghi che generano o attraggono quote significative degli spostamenti di ciascun

individuo tipicamente di origine e destinazione degli spostamenti, come abbiamo descritto nel precedente paragrafo.

Una volta che, attraverso le procedure precedentemente illustrate, tutte le soste di ogni terminale siano state qualificate rispetto alla natura del luogo di generazione/attrazione di afferenza, diventa pressoché banale classificare tutti gli spostamenti di ogni terminale di conseguenza.

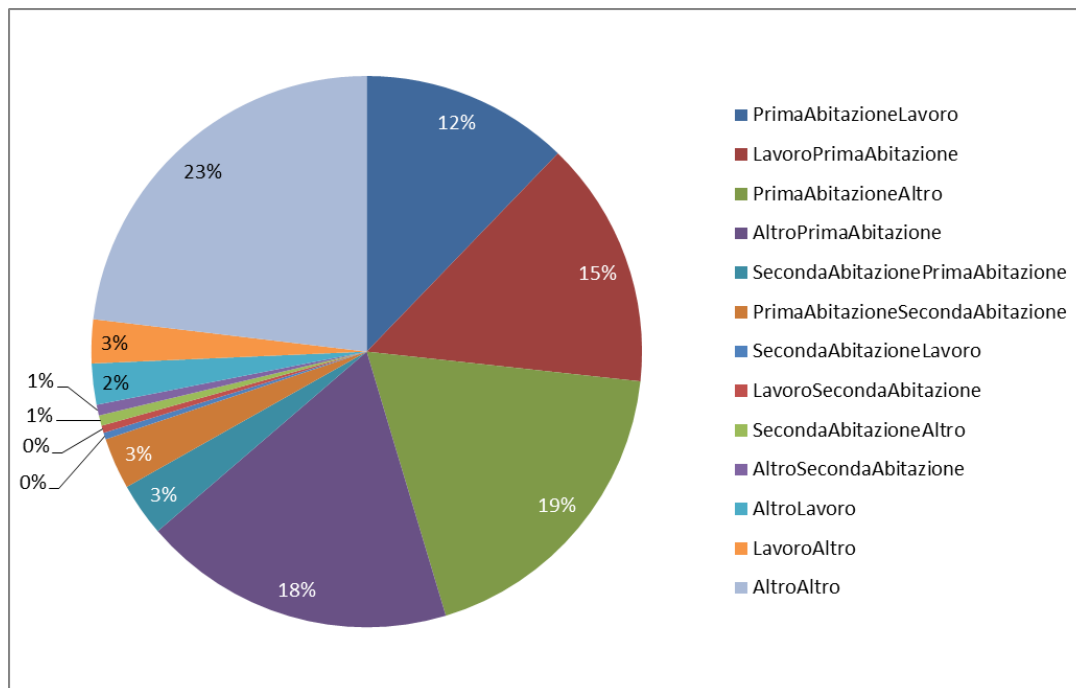
In pratica, ad esempio, se la sosta iniziale è stata riconosciuta come sosta afferente all’abitazione principale e quella finale come sosta afferente al luogo di lavoro abituale, lo spostamento relativo sarà classificato come “casa-lavoro”; fra una sosta di tipo “abitazione” e una sosta di tipo “altro” lo spostamento sarà di tipo “casa-altro” e così via, fino ad esaurire tutte le combinazioni di spostamento sistematico individuabili, riassunte all’interno della seguente rappresentazione matriciale dove, per semplicità, in “Altro” sono ricompresi i luoghi di Sosta Breve Diurna, Sosta Serale e SostaAltro (Tabella 1).

**Tabella 1: Classificazione degli spostamenti in base alla tipologia dei luoghi di Origine/Destinazione**

	<b>I abitazione</b>	<b>II abitazione</b>	<b>Lavoro</b>	<b>Altro</b>
<b>I abitazione</b>	-	I abitaz. – II abitaz.	I abitaz. - Lavoro	I abitaz. - Altro
<b>II abitazione</b>	II abitaz. – I abitaz.	-	II abitaz. - Lavoro	II abitaz. - Altro
<b>Lavoro</b>	Lavoro – I abitaz.	Lavoro – II abitaz.	-	Lavoro - Altro
<b>Altro</b>	Altro – I abitaz.	Altro – II abitaz.	Altro – Lavoro	-

Tutti gli spostamenti non riconducibili ad alcuna delle precedenti tipologie possono essere definiti come “erratici”; attraverso questa procedura “per esclusione” si determina, quindi, anche la fondamentale distinzione fra mobilità sistematica e mobilità erratica.

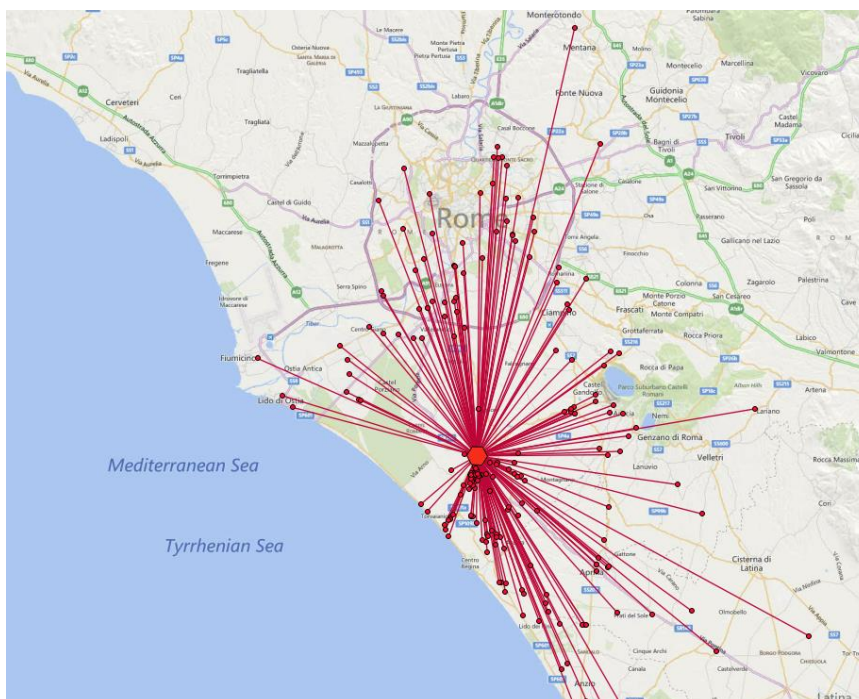
Per l’insieme dei Residenti, ai quali è riconducibile il 90% di tutti gli spostamenti registrati nell’area di monitoraggio, si verifica che la quota di spostamenti sistematici rappresenta circa il 30% del totale, con una composizione che vede la prevalenza della mobilità da e per i luogo di residenza (Prima e Seconda Abitazione) seguita dagli spostamenti fra luoghi destinate ad attività diverse dall’abitazione e del Lavoro (attività brevi diurne, attività serali, altre attività sistematiche non meglio identificabili).



**Figura 31: Composizione degli spostamenti sistematici dei Residenti nella provincia di Roma**

Si riscontra una certa simmetria fra le “andate” ed i “ritorni” anche se non mancano differenze che testimoniano una certa abitudine a realizzare abitualmente spostamenti concatenati, più difficili da ricondurre al mezzo pubblico se non attraverso misure molto mirate che richiedono un approfondimento sulla localizzazione dei poli generatori/attrattori della domanda sistematica per dimensionare l’offerta dei servizi collettivi.

L’analisi sugli spostamenti sistematici può focalizzarsi su un sottoinsieme di veicoli i cui cluster di una certa tipologia si concentri all’interno di una determinata zona territoriale. Per esempio, nella figura seguente, sono mostrate le linee di desiderio per gli spostamenti casa-lavoro del sottoinsieme di veicoli il baricentro dei cui cluster lavoro ricada all’interno di una zona che è possibile individuare come un’area industriale nei dintorni di Pomezia.



**Figura 32: Linee di desiderio Lavoro - Abitazione per i Terminali le cui soste per lavoro si concentrano in un'area industriale di Pomezia**

Per un sottoinsieme così fatto possono essere desunti grandezze statistiche significative nello studio della mobilità sistemata, così come esemplificato nel successivo prospetto.

**Tabella 2: Analisi statistica degli spostamenti Casa-Lavoro dei Terminali con sede di Lavoro in un'area industriale di Pomezia**

N medio di viaggi nel mese di monitoraggio	13,5
Durata media del viaggio	0,35 ore
Distanza media	15 km
Orario prevalente di partenza da Casa	
Orario prevalente di Partenza dal Lavoro	

Analisi di tale genere sono propedeutiche alla ricostruzione delle matrici Origine-Destinazione degli spostamenti sistemati per fasce orarie significative.

#### **IV. Cluster Analysis del campione monitorato**

La clusterizzazione dei terminali risulta particolarmente utile in operazioni di benchmark fra diverse aree di studio, fornendo una misura relativa di fenomeni di rilievo quali turismo, pendolarismo, ecc.. Inoltre consente di effettuare analisi differenziate per diversi cluster di utenza.

Uno dei criteri più immediati per la caratterizzazione del campione attiene alle caratteristiche del veicolo (destinazione d'uso, standard emissivi e di consumo energetico, ecc.); abbiamo già avuto modo di osservare, tuttavia, che tali informazioni non fanno parte della fornitura di base di Octotelematics cui si fa riferimento in questa trattazione, motivo per cui si trascurerà di descrivere più nel dettaglio i criteri di classificazione dell'utenza sulla base del veicolo, pur sottolineando l'importanza di questa analisi, soprattutto ai fini della verifica di significatività del campione e delle stime di impatto energetico e ambientale della mobilità. Peraltro, molte altre elaborazioni relative

all'utenza monitorata sono possibili utilizzando i dati di base del monitoraggio Octotelematics, come si cercherà di dimostrare nel seguito.

#### F. Frequentazione dell'area di studio

La più immediata classificazione dei terminali rilevati si fonda semplicemente sul livello di presenza "attiva"<sup>22</sup> dei singoli terminali all'interno dell'area di studio nel periodo di monitoraggio. Quanto più un veicolo risulta essere presente ed attivo nell'area di studio tanto più è probabile che si tratti del veicolo di un residente nell'area stessa oppure riconducibile ad un frequentatore abituale per motivi, ad esempio, di lavoro o di studio. Tuttavia non è semplice stabilire i criteri per discriminare fra Residenti/Frequentatori\_abituale e Frequentatori\_occasionali, in quanto siamo in presenza di fenomeni comportamentali che rispondono a logiche di tipo fuzzy. Per fissare le soglie di demarcazione più significative fra diversi sottoinsiemi è necessario analizzare il fenomeno nella sua reale espressione. Le curve di frequenza, in generale, rappresentano uno strumento molto valido nella determinazione di soglie di discriminazione fra diversi sottoinsiemi di fenomeni fuzzy (cluster analysis).

Per esempio, nel caso di Roma, la curva di frequenza dei giorni di presenza dei terminali rilevati all'interno dell'area mostra elevate percentuali in corrispondenza dei due limiti, inferiore e superiore, del periodo temporale analizzato (31 giornate del mese di Maggio 2011). In altre parole, una quota significativa di terminali è solo molto sporadicamente presente all'interno dell'area (circa il 20% di essi risulta attivamente presente solo per una o due giornate sul periodo di 31 giorni) e, d'altro canto, una percentuale comunque rilevante (10% circa) è sempre attivamente presente. La restante parte di terminali mostra valori di presenza da 3 a 30 giorni con percentuali variabili fra 1,5 e 6%, con un andamento parabolico alquanto continuo, che non aiuta a definire ulteriori discriminanti significative. In pratica, attraverso l'analisi del numero di giorni di presenza nel mese si riescono a distinguere tre grandi categorie comportamentali:

- |                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| • occasionale (1/2 giorni su 31)  | 20% |
| • permanente (31 giorni/31)       | 10% |
| • discontinua (3-30 giorni su 31) | 70% |

La media pesata delle giornate di presenza per l'intero campione risulta intorno a 17 mentre escludendo la popolazione di veicoli con presenza sporadica (1-2 giorni/mese) il valore sale a circa 21 giornate su 31. Nel complesso, quindi, nella Provincia di Roma la mobilità privata è data da un insieme di utenti che frequentano con una certa assiduità l'area, con limitati apporti di mobilità occasionale.

---

<sup>22</sup> Il rilevamento della presenza di un terminale nell'area di monitoraggio è subordinato allo stato del motore; un veicolo continuamente spento, sebbene presente nell'area di monitoraggio, non viene rilevato e quindi risulta assente benché fisicamente presente.

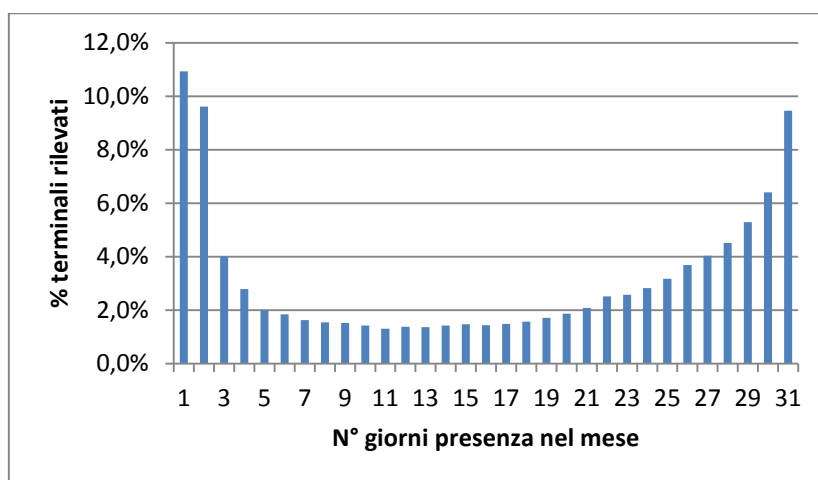


Figura 33: Frequenza dei giorni di presenza dei terminali per il caso di studio

Per operare ulteriori distinzioni si può verificare la durata del periodo all'interno del quale ogni veicolo è risultato essere presente, e cioè dell'intervallo di tempo occorrente fra il primo e l'ultimo giorno di presenza. Questa distinzione in base alla durata del periodo di presenza è utile a estrapolare quell'insieme di utenti che non solo sono stati presenti nell'area di studio per un numero di giorni significativo rispetto al periodo di monitoraggio ma che anche hanno distribuito queste loro presenze su un arco di tempo rilevante rispetto alla durata del monitoraggio; questo, infatti, è un comportamento tipico di coloro che risiedono nell'area di studio oppure la frequentano per lavoro o studio. Diverso, per esempio, dal comportamento di chi si sia trovato a frequentare l'area di studio per un motivo contingente (affari, turismo, ecc.) anche se per un numero di giornate non esiguo.

In linea teorica, è possibile comporre il dato sul n° di giorni di presenza e sulla durata del periodo di presenza in quattro macro combinazioni, corrispondenti ad altrettanti caratteri dell'utenza, come mostrato nello schema seguente.

	<b>Bassa Durata Periodo</b>	<b>Alta Durata periodo</b>
<b>Basso N° di giornate</b>	Occasionali	Ripetuti
<b>Alto N° di giornate</b>	Mirati	Abituali

Si tratta ora di stabilire la demarcazione fra "Alto" e "Basso".

La curva di frequenza delle durate del periodo di presenza dei terminali mostra, per il caso della Provincia di Roma, anche in questo caso una concentrazione dei valori ai due limiti inferiore e superiore del range di analisi (da 1 a 31 giornate). Ovviamente, l'elevata incidenza di soggiorni di una sola giornata sono da ricondursi esattamente alle molte presenze di un solo giorno già evidenziate nella precedente analisi; anche le durate di 31 giorni sono riconducibili alle frequentazioni quotidiane, anche se non completamente: infatti, durate di 31 giorni possono essere legate a frequentazioni più sporadiche, come dimostra il fatto che l'incidenza di questo valore di durata del periodo di presenza sale al 30%, rispetto al 10% di incidenza delle presenze di stesso valore; in altre parole esistono diversi utenti che frequentano l'area di studio con frequenza almeno mensile, se non superiore (settimanale, giornaliera, ecc.).

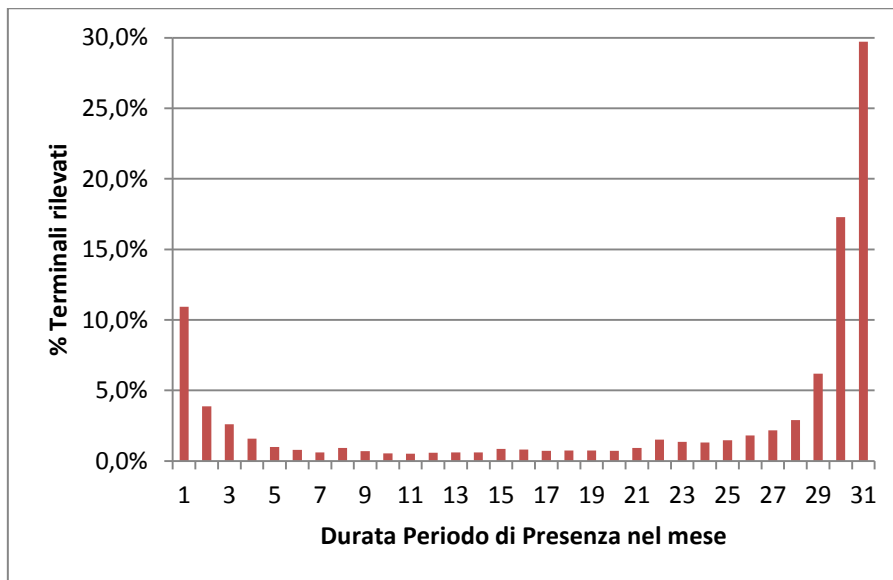


Figura 34: Frequenza delle durate dei periodi di presenza dei terminali per il caso di studio

Combinando l'analisi sulla durata del periodo con quella sul numero di giorni di presenza (vedi fig. seguente), si verifica che la saturazione è elevata non solo per durate limitate del periodo di presenza, come è logico attendersi, ma anche per durate significative del periodo di presenza (da 30 a 32 giornate su 32, avendo conteggiato anche la data del 1 giugno, ricompresa nel periodo di monitoraggio se si fa riferimento all'ora locale e non al fuso orario UTC ).

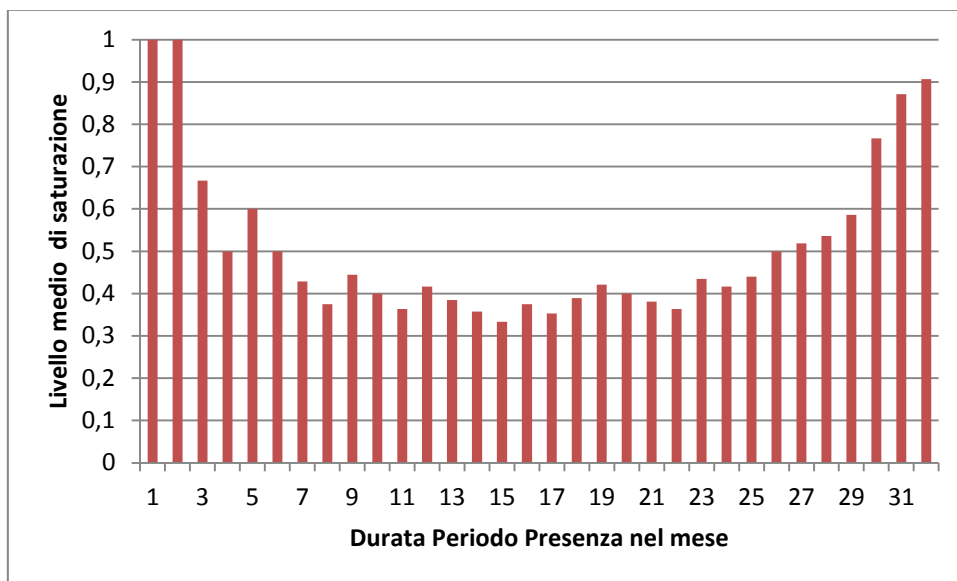


Figura 35: Livello medio di saturazione per durata del periodo di presenza

Mediamente il livello di saturazione è elevato, pari a circa 56%, ovvero i veicoli sono attivi almeno un giorno su due del periodo di presenza; si verifica altresì in molti casi che la durata del periodo di presenza coincida con il numero di giorni di presenza (saturazione pari a 1), come è possibile osservare nel grafico successivo.

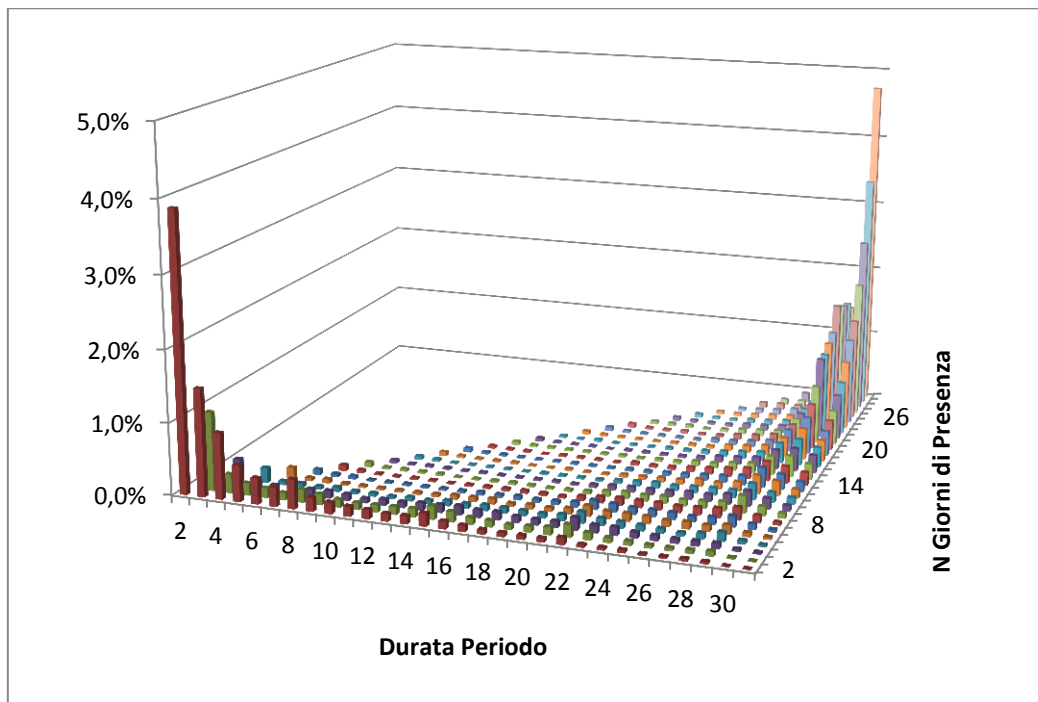


Figura 36: Combinazione Durata Periodo – N° giorni di presenza

La combinazione dei valori di presenza e di durata del periodo di presenza conferma l'esistenza di due importanti cluster molto netti: gli utenti del tutto occasionali (1 o 2 giorni di presenza nel mese) e gli utenti molto assidui (da 29 a 32 giorni di durata del periodo di presenza e altrettanti di presenza) mentre risulta più difficile individuare altri cluster. Per questi si introducono criteri esogeni di demarcazione, sulla base della conoscenza empirica dei fenomeni comportamentali, come esplicitato di seguito.

Considerando le possibili motivazioni di soggiorno nell'area che non siano per residenza, quella per vacanza o turismo risulta fornire il limite superiore della durata del periodo per utenti che potremmo denominare "Mirati": infatti i soggiorni per turismo più lunghi, tranne casi eccezionali, coprono l'arco di una intera settimana più un weekend, per una durata complessiva di nove giorni, comprendendo anche il giorno di arrivo e quello di partenza. Utilizzando questo ulteriore limite, si ottiene la demarcazione fra cluster di utenza riportata nella seguente tabella.

		N° Giorni di Presenza nel mese			
		1-2	3-9	10-28	29-31
Durata Periodo	1-2	Occasionali (O)	n.p.	n.p.	n.p.
	3-9	Mirati (M)			n.p.
	10-28	Ripetuti (R)			n.p.
	29-31				Abituali (A)

Nel caso di Roma, gli "Abituali" rappresentano la percentuale prevalente in assoluto (64%) delle presenze rilevate durante il monitoraggio mentre i frequentatori "Occasionali" risultano essere un 15% circa del totale; il restante 21% si divide fra "Mirati" (8%) e "Ripetuti" (11%). Il grafico seguente dettaglia la composizione media del campione per giorno della settimana, mostrando una netta riduzione della quota degli Abituali durante il weekend, già a partire dal venerdì; ciò si deve all'aumento di afflusso delle altre categorie di utenza, soprattutto dei "Ripetuti" e degli "Occasionali"; in pratica i "Ripetuti" e gli Occasionali sembrano frequentare l'area di studio

soprattutto durante i weekend, gli uni probabilmente per motivi familiari gli altri per turismo e diporto o anche solo di passaggio.

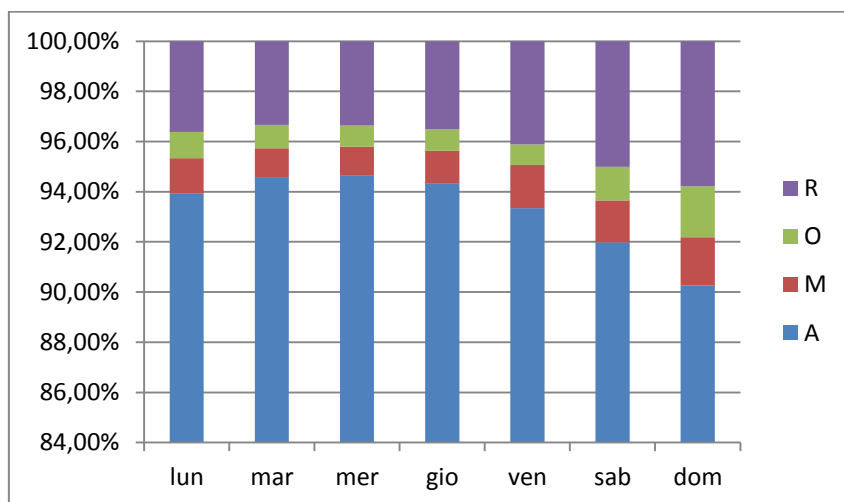


Figura 37: Composizione dell'utenza in base al criterio "presenza" nei giorni della settimana media

A titolo d'esempio, si riporta il grafico seguente contenente alcune grandezze medie di mobilità in funzione del cluster di presenza.

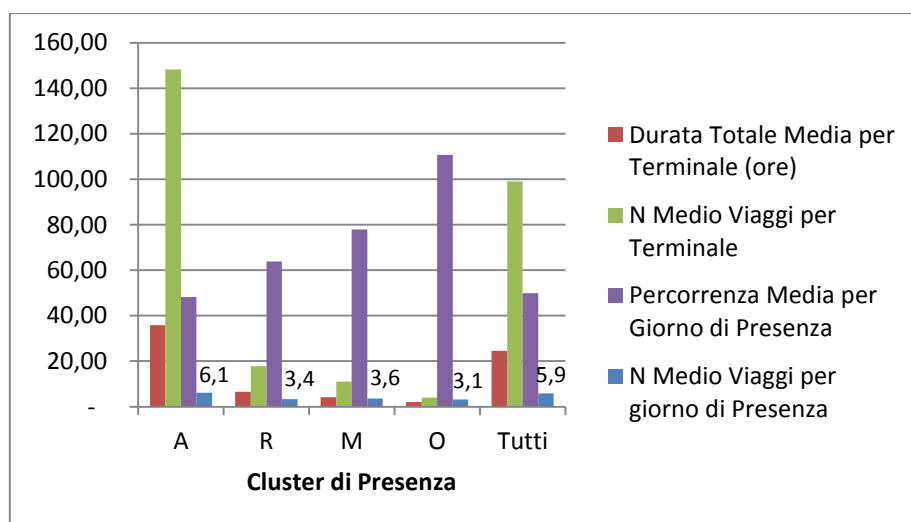


Figura 38: Grandezze medie di mobilità per cluster di presenza dei terminali

Come era da attendersi, la mobilità totale nel periodo (Percorrenza, tempo speso in viaggio, n. di viaggi) diminuisce man mano che si riduce il numero medio dei giorni di presenza; viceversa, aumenta la percorrenza giornaliera media; in altre parole, più la presenza ha carattere di occasionalità più la mobilità effettuata all'interno dell'area di studio è intensiva.

Questo si riflette nelle caratteristiche medie del viaggio (vedi grafico sottostante), che aumenta di lunghezza e di durata ma anche di velocità media, a significare che l'utenza più occasionale si muove all'interno di una sottorete stradale (extraurbana) complessivamente più efficiente di quella utilizzata dall'utenza abituale (urbana).

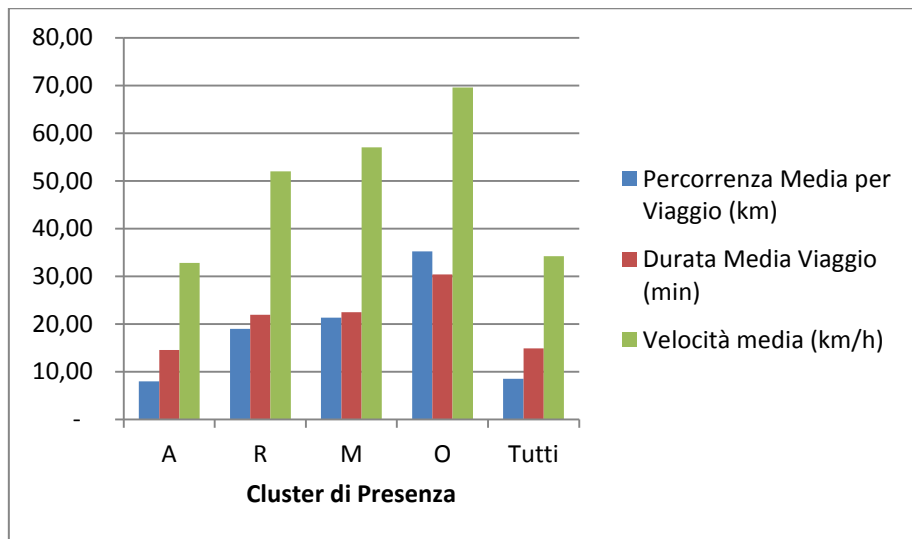


Figura 39: Caratteristiche degli spostamenti per cluster di presenza dei terminali

La variazione di velocità media all'interno dei diversi cluster è veramente notevole, passando dai 32 km/h per gli spostamenti degli utenti abituali ai circa 70 km/h della mobilità degli utenti più occasionali. Nel complesso, la velocità media si aggira intorno ai 34 km/h.

### G. Residenza e pendolarismo

E' possibile approfondire l'analisi sui cluster di utenza utilizzando anche la classificazione temporale delle soste descritta in precedenza. Ad esempio, all'interno dell'insieme dei terminali Abituè si individuano i terminali Residenti definiti in relazione durata complessiva delle soste per riposo notturno (SosteSonno) rispetto alla durata del periodo di permanenza; si assume che se tale rapporto risulta  $>33\%$ , il terminale possa essere considerato Residente; tutti gli Abituè che non corrispondano al suddetto criterio sono definiti AbituèNonResidenti.

Nel caso di Roma, si contano 66.395 terminali "Residenti", riconducibili ad un 57% del totale delle presenze rilevate durante il monitoraggio e a un 88% del sottoinsieme dei terminali Abituè; solo un 12% degli Abituè non risiedono nell'area di studio e sono da ricondursi per lo più a fenomeni di pendolarismo verso l'area di studio.

Fra i Residenti, inoltre, ponendo delle condizioni sulla frequenza delle uscite dall'area di studio, sono identificabili gli individui che possono essere considerati pendolari regolari verso l'esterno dell'area di studio (PendolariFROM). Ad esempio, se il numero di giorni in cui un Terminale Residente effettua almeno un'uscita con rientro nello stesso giorno è superiore al 50% del numero totale di giorni di presenza del terminale nell'area di studio, esso può essere considerato un individuo che realizza mobilità pendolare verso l'esterno dell'area di studio. Nel caso della Provincia di Roma si verifica che il numero di terminali che corrispondono ai criteri di PendolariFrom sono solo 721, una percentuale molto esigua (1%) dell'insieme dei Residenti; d'altro canto le caratteristiche dell'area di studio, comprendente l'intero territorio provinciale della Capitale, non si prestano ad una mobilità in uscita, quanto piuttosto a spostamenti interni, di attraversamento o di ingresso nell'area.

Analogamente, fra gli AbituèNonResidenti sono definiti PendolariTO gli individui per cui il n° di giorni in cui il terminale effettua almeno un'uscita con rientro in una data successiva sia uguale o superiore al 15% del n° di giorni di presenza del terminale e comunque non inferiore a 3. I Terminali corrispondenti ai criteri di PendolariTo sono 2515, circa un 42% dell'insieme degli AbituèNonResidenti.

## H. Stili di mobilità

Un altro criterio di clusterizzazione dei terminali può riferirsi allo “stile di mobilità”, ovvero alle caratteristiche generali degli spostamenti degli individui.

Incrociando le informazioni sul numero medio di spostamenti per giorno di presenza e la lunghezza media di ogni spostamento possiamo distinguere almeno quattro tipologie di utenti:

1. coloro che effettuano pochi spostamenti e per lo più di breve raggio
2. coloro che realizzano pochi spostamenti ma di lungo raggio
3. coloro che realizzano numerosi spostamenti ma di breve raggio
4. coloro che effettuano molti spostamenti e di lunga percorrenza

Il seguente prospetto riassume le combinazioni considerate, attribuendo ad esse una denominazione evocativa dello stile di mobilità individuato.

	Molti spostamenti	Pochi Spostamenti
Viaggi per lo più brevi	Irrequieti	Tranquilli
Viaggi per lo più Lunghi	Girovaghi	Decisi

Stabilendo convenzionalmente che la demarcazione fra mobilità di breve raggio e mobilità di lungo raggio sia posta in corrispondenza dei 10 km e che il limite fra pochi e molti spostamenti giornalieri sia 2, per il caso di Roma la composizione di utenti riportata nel seguente grafico.

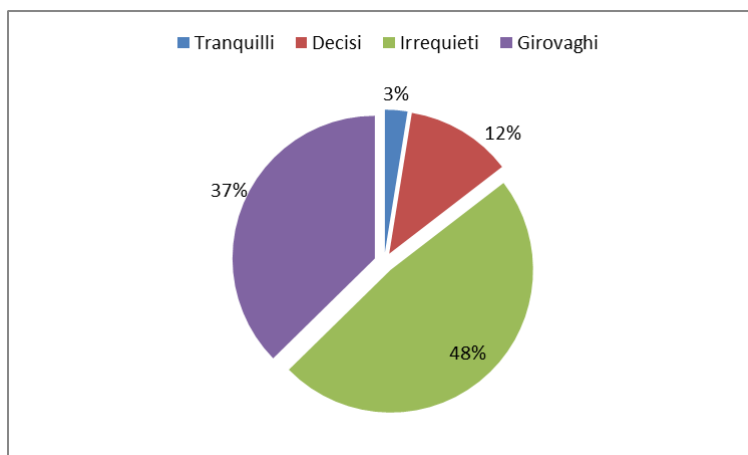


Figura 40: Composizione del campione di veicoli in base allo stile di mobilità

La maggioranza relativa degli utenti rientra nella categoria degli Irrequieti, ovvero effettua numerosi spostamenti di breve raggio; segue percentualmente il gruppo dei Girovaghi, sempre con numerosi spostamenti ma di più lunga percorrenza; una percentuale decisamente minore è data dagli utenti della classe Decisi, che si muovono poche volte al giorno ma per fare spostamenti mediamente superiori ai dieci chilometri; buoni ultimi i Tranquilli, coloro cioè che si spostano poche volte e per spostamenti brevi.

## 4. Sviluppi futuri

Come anticipato nell'introduzione, le procedure messe a punto sono finalizzate a costruire la base di conoscenza per la stima di un insieme organico ed esauriente di indicatori in grado di fornire

informazioni significative e sintetiche sullo stato e sulle tendenze della mobilità veicolare privata in una certa area territoriale (l'”Osservatorio”).

L'estremo dettaglio del monitoraggio tramite OBU consente una molteplicità di combinazioni ed aggregazioni dei dati, motivo per cui è importante, nella selezione degli indicatori, soffermarsi su quelli di maggiore significatività, stabilendo sin dall'inizio quali siano gli aspetti di maggiore interesse per il caso di specie.

La seguente tabella riassume una prima proposta di indicatori di interesse generale, specificando l'aspetto che ciascun indicatore (o gruppo di indicatori) mette in evidenza e le eventuali informazioni aggiuntive - rispetto ai dati del monitoraggio mediante OBU - necessarie per effettuarne la stima.

<b>Indicatore</b>	<b>Aspetto evidenziato</b>	<b>Note Metodologiche</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidenza percentuale delle diverse categorie di utenza nell'area di studio</li> <li>• Incidenza percentuale delle microcategorie veicolari Copert sul campione rilevato</li> <li>• Incidenza percentuale delle diverse destinazioni d'uso dei terminali</li> </ul>	Caratterizzazione dell'utenza dell'area di studio	Rif. Par . IV  Necessari dati sulle caratteristiche dei veicoli
<ul style="list-style-type: none"> <li>• N. terminali attivi per giorno settimanale medio</li> <li>• N. Viaggi totali per giorno settimanale medio</li> <li>• Percorrenza complessiva per giorno settimanale medio e range di velocità</li> <li>• Tempo medio di viaggio</li> <li>• Velocità media per giorno settimanale medio e per ora del giorno</li> </ul>	Macro caratterizzazione della mobilità nella settimana media	Necessaria definizione dei range di velocità media
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo di attività/terminale_attivo per giorno settimanale medio</li> <li>• Percorrenza media/terminale_attivo per giorno settimanale medio</li> <li>• N. viaggi/terminale_attivo per giorno settimanale medio</li> </ul>	Intensità di utilizzazione dei veicoli nella settimana media	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percorrenza complessiva media e n. medio viaggi per giorno settimanale e per spostamenti interni, di attraversam. di penetrazione/uscita</li> </ul>	Incidenza della mobilità di attraversamento e del pendolarismo nella settimana media	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percorrenza complessiva media e n. medio viaggi per giorno settimanale e per qualificazione dei luoghi di generazione/attrazione dello spostamento</li> </ul>	Caratterizzazione della mobilità nella settimana media in relazione alla motivazione e sistematicità del viaggio	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione dei viaggi per classi di distanza e per giorno settimanale medio</li> </ul>	Raggio della mobilità nella settimana media	Necessaria definizione dei range di distanza dei viaggi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione dei viaggi per classi di</li> </ul>	Tempi di viaggio nella	Necessaria definizione dei

durata e per giorno settimanale medio	settimana media	range di durata dei viaggi
• Distribuzione dei viaggi per fascia oraria di inizio e per giorno settimanale medio	Distribuzione oraria della mobilità nella settimana media	Necessaria definizione delle fasce orarie di inizio dei viaggi
• Distribuzione oraria dei viaggi per fascia oraria di inizio e classe di durata	Distribuzione oraria della mobilità	Necessaria definizione delle fasce orarie di inizio e durata dei viaggi
• Distribuzione oraria dei viaggi per fascia oraria di inizio e classe di velocità media	Livelli di congestione nell'arco della giornata	Necessaria definizione delle fasce orarie di inizio e velocità media dei viaggi
• Distribuzione dei viaggi per motivazione e per giorno settimanale medio	Motivazioni della mobilità nella settimana media	Necessaria classificazione spostamenti (Rif. par III)
• Distribuzione dei viaggi per luogo di generazione/attrazione e classe di distanza/durata	Caratterizzazione dei viaggi	Necessaria classificazione spostamenti (Rif. par III)
• Distribuzione dei viaggi per numero di soste intermedie (0, 1, > 1) e per giorno settimanale medio	Segmentazione dei viaggi nella settimana media	Necessario definire il concetto di sosta intermedia
• Velocità media di viaggio per classi di afferenza	Caratterizzazione mobilità per classi di afferenza del viaggio	
• Tempo medio di viaggio per motivazione • Velocità media di viaggio per motivazione	Caratterizzazione mobilità per motivazione del viaggio	
• Distribuzione delle percorrenze per ambito territoriale attraversato (metropolitano, urbano, rurale, industriale)	Valutazione dei livelli di danno ambientale in funzione della sensibilità territoriale	Necessarie carte tematiche idonee e procedure di segmentazione viaggi
• Distribuzione delle percorrenze nella settimana media per range di velocità media e per microcategoria veicolare secondo classificazione COPERT	Valutazione aggregata dei livelli di congestione, consumi ed emissioni in atmosfera	Necessaria definizione dei range di velocità media Necessaria caratterizzazione COPERT dei terminali
• Distribuzione delle soste nella settimana media secondo la classificazione temporale adottata		Necessaria classificazione soste (rif. par II)
• Distribuzione territoriale delle soste nella settimana media in relazione a classificazioni funzionali delle aree		Necessaria zonizzazione funzionale del territorio

Si osservi che la settimana media può essere riferita a diversi periodi temporali di analisi, tipicamente il mese calendario e l'anno solare, motivo per cui il numero degli indicatori suggeriti si moltiplica in relazione ai periodi di analisi scelti.

Inoltre molte delle grandezze suggerite possono essere utilmente rapportate alle caratteristiche socio-economiche e trasportistiche dell'aria di studio, avendo ricondotto lo studio campionario

all'universo attraverso opportune elaborazioni statistiche; ad esempio potrebbe essere interessante stimare le percorrenze in relazione all'estensione della rete stradale, per cogliere il grado di saturazione dell'infrastruttura nel suo complesso; oppure il numero medio di spostamenti per abitante, come indicatore globale di mobilità, ecc. ecc.

Solo la verifica su casi concreti darà la possibilità di consolidare l'insieme degli indicatori più validi per amministrare al meglio il comparto della mobilità privata, nei suoi diversi ambiti, locale, regionale, nazionale.

E' comunque fondamentale creare le condizioni affinché le potenzialità di questi dati possano essere messe a disposizione di chi li può utilizzare a beneficio dell'intera collettività.

## 5. Remarks

Una delle questioni da dover affrontare prima di mettere a punto le procedure di elaborazione dei dati di mobilità provenienti dalle Unità di Bordo dei veicoli attiene alla rappresentatività del campione.

Anche se è in continua crescita la quota di veicoli dotati di "black-box", motivo per cui aumenta la significatività dei risultati delle elaborazioni, è assolutamente imprescindibile esaminare in che misura il campione sia rappresentativo dell'universo che si vuole analizzare.

Per prima cosa è da osservare che, per le peculiarità del fenomeno "mobilità", nel caso di analisi riferite ad un'area circoscritta, risulta problematico persino individuare l'universo di riferimento, in quanto non è dato sapere a priori quali e quanti soggetti si muovono all'interno del territorio in un dato periodo di tempo, considerata la permeabilità da e verso l'esterno; i dati disponibili, tuttavia, consentono di individuare, come è stato evidenziato nel corso della trattazione, l'area di residenza degli utenti dei terminali e quindi di confrontare la numerosità dei vari sottoinsiemi di terminali con quella dei veicoli "immatricolati" all'interno della stessa zona<sup>23</sup>. Disponendo dei dati sul campione veicolare completi delle informazioni su tipologia, dell'età e tipo di proprietà è possibile accertare, per quanto non esaustivamente, la rappresentatività del campione rispetto al suo universo.

In linea generale è da attendersi che il campione monitorato presenti alcune differenze rispetto all'universo di riferimento. Spesso, infatti, sono i veicoli nuovi ad essere dotati di Unità di Bordo Octotelematics, nonché quelli di proprietà Aziendale; sussistono elevate probabilità, quindi, che il campione monitorato non sia sufficientemente rappresentativo delle classi veicolari più vecchie e che esalti i comportamenti tipici della auto Aziendali (ivi compresi i taxi) rispetto a quelle ad uso individuale. In generale si può dire che va usata una certa cautela ed opportuni accorgimenti per riportare i risultati delle elaborazioni dei dati di monitoraggio all'universo di analisi.

Inoltre, la robustezza delle stime dipenderà dalla durata del periodo di rilevamento che, d'altro canto, deve essere opportunamente cadenzato per poter garantire l'aggiornamento regolare delle stime ed un'analisi delle linee di tendenza.

---

<sup>23</sup> Se si accetta di assimilare il concetto di residenza dell'utente a quello di area di immatricolazione del veicolo

## 6. Indice delle Figure

Figura 1: Classificazione dei principali Point of Interest (POI).....	13
Figura 2: Distribuzione dei terminali attivi nella settimana media.....	15
Figura 3: Percorrenze e velocità medie nella settimana media.....	15
Figura 4: Percorrenze e velocità medie orarie di Lunedì.....	16
Figura 5: Percorrenze e velocità medie orarie di Domenica.....	16
Figura 6: Percorrenze e velocità medie orarie di Sabato.....	17
Figura 7: Distribuzione degli spostamenti per Distanza (m).....	17
Figura 8: Distribuzione delle soste per il caso di studio in base al criterio Calendario.....	18
Figura 9: Scattergram delle soste nell'area di studio in base a orario di inizio e durata.....	19
Figura 10: Classificazione delle Soste su base temporale.....	20
Figura 11: Classificazione delle soste in base al criterio Motivazione.....	21
Figura 12: Composizione del numero e dei tempi di sosta in base alla motivazione della sosta.....	21
Figura 13: Composizione media della durata delle soste nella settimana per Motivazione.....	22
Figura 14: Durata media delle soste in base a Motivazione.....	22
Figura 15: Sequenza temporale delle soste per un sottocampione di veicoli su due giorni di rilevamento.....	23
Figura 16: Rapporto fra tempi di viaggio e tempi di sosta.....	23
Figura 17: Risultato della procedura di clusterizzazione spaziale delle soste per un terminale del monitoraggio.....	26
Figura 18: Composizione dei cluster delle soste sistematiche secondo la classificazione adottata.....	26
Figura 19: Ripartizione dei tempi di sosta in funzione del tipo di luogo di afferenza.....	27
Figura 20: Ripartizione dei tempi di sosta fra attività sistematiche e non.....	27
Figura 21: Composizione media dei cluster Prima e Seconda Abitazione per durata delle tipologie di sosta.....	28
Figura 22: Composizione media dei cluster Lavoro Diurno e Attività Breve Diurna per durata delle tipologie di sosta.....	28
Figura 23: Composizione media dei cluster Attività_Serali e Altro per durata delle diverse tipologie di sosta.....	28
Figura 24: Mappe di densità delle soste Lavoro a cadenza oraria.....	30
Figura 25: Mappe di densità dei cluster di Prima e Seconda Abitazione dei Residenti nella Provincia di Roma.....	30
Figura 26: Mappe di densità dei luoghi di Lavoro dei Residenti nella Provincia di Roma.....	31
Figura 27: Composizione degli spostamenti nella Provincia di Roma per afferenza territoriale.....	32
Figura 28: Caratteristiche degli spostamenti nella Provincia di Roma in base all'afferenza territoriale.....	32
Figura 29: Composizione del numero di spostamenti nella Provincia di Roma per afferenza territoriale e giorno della settimana.....	33
Figura 30: Composizione delle percorrenze nella Provincia di Roma per afferenza territoriale dello spostamento e giorno della settimana.....	33
Figura 31: Composizione degli spostamenti sistematici dei Residenti nella provincia di Roma.....	35
Figura 32: Linee di desiderio Lavoro - Abitazione per i Terminali le cui soste per lavoro si concentrano in un'area industriale di Pomezia.....	36
Figura 33: Frequenza dei giorni di presenza dei terminali per il caso di studio.....	38
Figura 34: Frequenza delle durate dei periodi di presenza dei terminali per il caso di studio.....	39
Figura 35: Livello medio di saturazione per durata del periodo di presenza.....	39
Figura 36: Combinazione Durata Periodo – N° giorni di presenza.....	40
Figura 37: Composizione dell'utenza in base al criterio "presenza" nei giorni della settimana media.....	41
Figura 38: Grandezze medie di mobilità per cluster di presenza dei terminali.....	41

Figura 39: Caratteristiche degli spostamenti per cluster di presenza dei terminali .....	42
Figura 40: Composizione del campione di veicoli in base allo stile di mobilità .....	43

## 7. Bibliografia

- [1] ANIA, Associazione Italiana fra le Imprese Assicuratrici, ‘Scatole Nere, l’Italia leader nel mondo’, [www.ania.it](http://www.ania.it), febbraio 2014
- [2] ACI, Automobil Club Italia, Annuario Statistico 2014, [www.aci.it](http://www.aci.it)
- [3] AISCAT, Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori, Informazioni mensili e semestrali, edd. vv. [www.aiscat.it](http://www.aiscat.it)
- [4] ISPRA, Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale, ‘Analisi dei dati italiani del Trasporto su Strada, 2000 2005 2007’, ISBN 978-88-448-0412-1, aprile 2009 [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)
- [5] ISPRA, Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale, ‘Trasporto su Strada, Inventario Nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale’, Rapporto 124/2010, [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)
- [6] ISFORT, Istituto Superiore di Formazione e Ricerca sui Trasporti, ‘La domanda di mobilità degli Italiani’, edd. vv., [www.isfort.it](http://www.isfort.it)
- [7] ISTAT, Censimenti Generali della Popolazione e delle Abitazioni, edd. vv., [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [8] Pugliese F., Montesano G., Valenti G., ‘Urban Traffic Analysis from a Large Scale Floating Car Data System’, Urban Transport XV. Urban Transport and the Environment, 2009, pp 3-11
- [9] Mitrovich S., Montesano G., Pugliese F., Mancini M., Valenti G. ‘Using GPS data from a sample of private cars for modelling the urban traffic’, 12th WCTR, July 11-15, 2010 – Lisbon, Portugal
- [10] Giuli G., Mancini M., Zampetti P., ‘Analisi della mobilità mediante dati GPS registrati a bordo di autoveicoli privati’, MobilityLab N. 39 – pp.26-33, Maggio/Giugno 2011
- [11] Giuli G., Mancini M., Zampetti P., ‘Metodi di analisi dinamica della mobilità mediante elaborazione di dati GPS’, ENEA-RT-2010-41
- [12] Joe Grengs, Xiaoguang Wang, Lidia Kostyniuk, ‘Using GPS data to understand driving behavior’; The Journal of Urban Technology. Vol. 15, issue 2 (Aug. 2008), p. 33-53.
- [13] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar, ‘Introduction To Data Mining’, Addison Wesley, ISBN-13: 9780321321367.
- [14] Ester, M., Hans-Peter, K., Jörg, S., Xing, X., 1996. ‘A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise’, Proceedings of 2nd International Conference on KDD, AAAI Press.
- [15] <http://chemometria.us.edu.pl/download/DBSCAN.M>
- [16] M. Daszykowski, B. Walczak, D. L. Massart, ‘Looking for Natural Patterns in Data. Part 1: Density Based Approach’, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 56 (2001) 83-92.

Edito dall'ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma

*[www.enea.it](http://www.enea.it)*

Pervenuto il 10.11.2015

Stampato presso il Laboratorio Tecnografico  
ENEA - C.R. Frascati

Finito di stampare nel mese di novembre 2015