



L'offerta di trasporto pubblico locale in Italia: analisi dei dati dell'Osservatorio Nazionale per le Politiche del Trasporto Pubblico Locale

Local public transport supply in Italy: analysis of data from the National Observatory for Local Public Transport Policies

Umberto PETRUCCELLI^(*)
Donato CIAMPA^(*)
Maurizio DIOMEDI^(*)
Saverio OLITA^(*)

Sommario - Quale valenza rivestono i dati raccolti dall'Osservatorio Nazionale sulle Politiche per il Trasporto Pubblico Locale?

Per rispondere a questa domanda si propongono di seguito alcune interessanti elaborazioni dei dati in questione. In particolare il lavoro qui presentato studia il modello del costo standard per il trasporto su gomma di cui al D.M. 157/2018, costruito dal MIT elaborando i dati dell'Osservatorio, e ne mette in luce le implicazioni per il mercato. Successivamente propone altre elaborazioni dei dati dell'Osservatorio per evidenziare le tendenze in atto ed alcuni legami statistici fra indicatori del trasporto pubblico locale e caratteristiche insediative delle aree servite. Infine costruisce un modello di stima delle percorrenze del trasporto pubblico extraurbano su gomma necessarie per ogni provincia.

1. Introduzione

L'Osservatorio Nazionale sulle Politiche per il Trasporto Pubblico Locale (di seguito Osservatorio) è nato nel 2011 [1] con l'obiettivo di "creare una banca dati e un sistema informativo pubblico correlati a quelli regionali e di assicurare la verifica dell'andamento del settore e del completamento del processo di riforma". All'Osservatorio sono stati attribuiti compiti istruttori rilevanti ai fini del riparto del "Fondo per il concorso finanziario dello Stato agli oneri del TPL" ("Fondo Nazionale Trasporti" – FNT) [2].

La disponibilità di dati relativi ai servizi di trasporto pubblico locale (TPL) dell'intero Paese rappresenta il presupposto per lo sviluppo di analisi e studi a supporto di politiche di miglioramento dell'efficienza ed efficacia dei

Summary - What are the data collected by the National Observatory on Local Public Transport Policies for?

To answer this question, some interesting elaborations of these data are proposed below. Particularly, this work studies the standard cost model for road transport as per Decree 157/2018, built by the Italian Ministry of Infrastructure and Transport by processing the Observatory data, and highlights its implications for the market. Subsequently, it proposes other processing of the Observatory data to highlight current trends and some statistical links between indicators of local public transport and settlement characteristics of the served areas. Finally, this work builds a model for estimating the mileage of road extra-urban public transit that is necessary for each area.

1. Introduction

The Italian National Observatory on Local Public Transport Policies (hereinafter Observatory) was born in 2011 [1] with the aim of "creating a database and a public information system related to regional ones and to ensure the verification of the progress of the sector and the completion of the reform process". The Observatory has been assigned important instruction tasks for the purpose of allocating the National Transport Fund" (FNT) [2] for the financial contribution of the State to the charges of local public transport (LPT).

The availability of data relating to local public transport services of the whole Country represents the prerequisite for the development of analyses and studies to support policies to improve the efficiency and effectiveness of the services in question. A very important milestone for the balanced man-

^(*) Università della Basilicata - Scuola di Ingegneria - Potenza - Italia.

^(*) University of Basilicata - School of Engineering - Potenza - Italy.

servizi in questione. Un traguardo molto importante per la equilibrata gestione del TPL è rappresentato dall'individuazione di un metodo per la ripartizione del FNT fra le regioni che possa superare il criterio storico ma anche criteri premiali correttivi, basati su parametri di efficienza ed efficacia sommari che non possono tener conto delle differenti caratteristiche insediative dei territori da servire. È da evidenziare che tale obiettivo ricade fra "compiti istruttori rilevanti ai fini del riparto del FNT" attribuiti all'Osservatorio dalla Legge istitutiva.

Una ripartizione corretta delle risorse del FNT dovrebbe essere il risultato del prodotto fra la quantità di trasporto pubblico necessario in ciascuna regione ed il costo standard dello specifico servizio. I riferimenti bibliografici che seguono trattano prima il tema della quantificazione dell'offerta di trasporto pubblico da sovvenzionare e successivamente quello della determinazione del costo standard.

Come evidenziato da CAMPBELL [3], il meccanismo di sovvenzione del trasporto pubblico si caratterizza per alcuni aspetti specifici, a ciascuno dei quali corrispondono diverse opzioni, come sintetizzato nella Tab. 1.

La sovvenzione è motivata da obiettivi di [4]:

- riduzione del costo medio raggiungibile con l'aumento della domanda in presenza di economie di scala, specialmente nel settore ferroviario;
- riequilibrio del mercato dei trasporti distorto per effetto delle maggiori esternalità prodotte dal trasporto privato;
- equità sociale perseguibile finanziando con risorse pubbliche servizi utilizzati prevalentemente da categorie a reddito basso.

In altre parole, secondo quanto addotto da ISEKI et al. [5], la sovvenzione permette al trasporto pubblico di tenere basse le tariffe e ciò riduce l'utilizzo del trasporto privato con conseguente contenimento dei flussi veicolari e quindi dei tempi di viaggio anche per coloro che continuano a servirsi del mezzo proprio. Inoltre il minore utilizzo dell'autovettura riduce l'inquinamento ed i consumi energetici e contrasta la dispersione urbana e la quantità di suolo necessario per la costruzione di nuove strade. D'altra parte i sussidi, permettendo di incrementare i servizi, contribuiscono a ridurre il costo medio per effetto dell'esistenza di economie di scala e di scopo. Un'ultima importante motivazione a sostegno della sovvenzione del trasporto pubblico è rappresentata dalla possibilità di utilizzarla come strumento per perseguire l'equità attraverso una redistribuzione del reddito a determinati gruppi di popolazione.

La sovvenzione, in termini generali, rappresenta un trasferimento di risorse dai contribuenti agli utenti del servizio e pertanto è fondamentale che questo trasferimento, oltre ad essere motivato da finalità di pubblico interesse, avvenga rispettando criteri di equità.

Nel mondo, il finanziamento dello Stato ai trasporti

agement of LPT is the identification of a method for the distribution of the FNT among the regions that can exceed the historical criterion but also remedial reward criteria based on summary efficiency and effectiveness parameters that cannot take into account the different settlement characteristics of the territories to be served. It should be noted that this target falls among "relevant instruction tasks for the purpose of allocating the FNT" attributed to the Observatory by the founding law.

A correct allocation of FNT resources should be the result of the product between the amount of public transport needed in each region and the standard unit cost of the specific service. The following bibliographical references deal first with the issue of quantifying the public transport supply to be subsidized and then with that of determining the standard cost.

As highlighted by CAMPBELL [3], the public transport subsidy mechanism can be characterized in some specific aspects, to each of which some options correspond, as listed in Tab. 1.

The subsidy targets are [4]:

- *reduce the average cost by increasing the demand, in the presence of scale economies, especially in the railway sector;*
- *rebalance the transport market distorted due to the greater externalities produced by private transport;*
- *pursue social equity by publicly financing of the services that are used mainly by low-income people.*

In other words, according to what ISEKI et al. [5], the subsidy allows public transport to keep fares low and this reduces the use of private transport with consequent containment of vehicle flows and therefore travel times also for those who continue to use their own means of transport. Furthermore, the lower use of the car reduces pollution and energy consumption and counteracts urban dispersion and the amount of soil necessary for the construction of new roads. On the other hand, by helping to increase services, subsidies help to reduce the average cost due to the existence of economies of scale and purpose. A last important reason in favour of the public transport subsidy is represented by the possibility of using it as a tool to pursue equity through a redistribution of income to certain population groups.

The subsidy, in general terms, is a transfer of funds from taxpayers to users of the service and therefore it is essential that this transfer, in addition to being motivated by purposes of public interest, takes place by respecting equity criteria.

In the world, the financing of the State for public transport operation is more frequent in the urban area than in the extra-urban one, being in the first case supported by the aim of reducing pollution and congestion of city traffic.

It is possible to use different sources of funding for public transport. LITMAN [6] has identified 18 possible alternatives to general taxation, assessed according to 8 criteria identified as potential revenue, predictability, sustainability,

pubblici si riscontra più frequentemente in ambito urbano piuttosto che in quello extraurbano, essendo supportato nel primo caso dall'obiettivo di ridurre l'inquinamento e la congestione del traffico cittadino.

È possibile utilizzare fonti diverse di finanziamento per il trasporto pubblico. LITMAN [6] ha individuato ben 18 possibili alternative alla fiscalità generale, valutati secondo 8 criteri individuati come il ricavo potenziale, la prevedibilità, la sostenibilità, l'equità orizzontale e verticale, l'impatto sulla mobilità, gli obiettivi di sviluppo strategico, l'accettabilità pubblica e la facilità di implementazione. L'analisi condotta nello studio citato porta ad auspicare l'utilizzo di queste fonti di finanziamento alternative per supportare adeguatamente il miglioramento del trasporto pubblico suddividendo gli oneri fra diversi settori.

NELSON et al. [7], basandosi sulla teoria dell'utilità hanno messo a punto un modello per stimare i benefici per gli utenti del sistema di trasporto pubblico e i benefici per gli utenti di auto private conseguenti alla riduzione della congestione causata dall'uso del trasporto pubblico, ed hanno rilevato che il valore del beneficio conseguente alla sovvenzione è ben maggiore del valore della stessa sovvenzione.

HENSHER ed HO [8] hanno suggerito di introdurre, nella determinazione della sovvenzione del trasporto pubblico su gomma, un meccanismo di incentivazione basato sul chilometraggio operativo delle imprese produttrici.

LU et al. [9] hanno analizzato i vantaggi e svantaggi di un sussidio esplicito, di uno occulto e di una sovvenzione completa ed hanno proposto un metodo di sovvenzione finanziaria collegato alla valutazione globale delle prestazioni.

Uno stato dell'arte delle problematiche del sovvenzionamento del trasporto urbano su gomma è stato sviluppato da SHI [10]. L'autore ha riscontrato nel meccanismo di sovvenzione del trasporto pubblico di Pechino quattro criticità ricorrenti in molti paesi nel mondo e cioè:

- La mancanza di una suddivisione fra la parte di sussidio destinata a coprire i disavanzi di esercizio e quella finalizzata a perseguire obiettivi di policy;
- la mancanza di un metodo definito e dettagliato di determinazione della sovvenzione che tenga conto delle

Tabella 1 – Table 1

Caratteristiche della sovvenzione per il trasporto pubblico.
Features of the grant for public transport.

Aspetti specifici della sovvenzione <i>Specific aspects of the subsidy</i>	Opzioni relative a ciascun aspetto <i>Options of each aspect</i>
Provenienza delle risorse <i>Origin of resources</i>	Tassazione generale, obbligazioni, fondo specifico trasporti o entrate generali, accise sui carburanti, tassa di possesso dei veicoli, tariffe di parcheggio, tasse su beni non necessari, ecc. <i>General taxation, bonds, specific transport fund or general revenue, excise duties on fuel, vehicle ownership tax, parking fees, taxes on unnecessary goods, etc.</i>
Criterio di quantificazione del sussidio <i>Criterion of subsidy quantification</i>	Fisso (in base a criteri non legati al raggiungimento di obiettivi di efficacia/efficienza) o con criteri premiali <i>Fixed (based on criteria not linked to the achievement of efficacy / efficiency objectives) or with reward criteria</i>
Vincoli di quantificazione del sussidio <i>Constraints of subsidy quantification</i>	Obiettivi minimi da raggiungere (necessità) o risorse massime disponibili (possibilità) <i>Minimum objectives to be achieved (necessity) or maximum available resources (possibility)</i>
Oggetto del sussidio <i>Object of the subsidy</i>	Area sovvenzionata o sistema di trasporto sovvenzionato <i>Subsidized area or subsidized transport system</i>
Obiettivo del sussidio <i>Target of the subsidy</i>	Sostegno alla quantità (percorrenze) o alla qualità (performance - passeggeri trasportati) <i>Support for quantity (mileage) or quality (performance - carried passengers)</i>
Finalità del sussidio <i>Purpose of the subsidy</i>	Sostegno ai servizi esistenti o istituzione di nuovi servizi (o potenziamento degli esistenti) <i>Support for present services or establishment of new services (or enhancement of existing ones)</i>
Settore operativo sussidiato <i>Subsidized operating sector</i>	Costi operativi, investimenti, promozione/informazione, pianificazione/ valutazione/ studi tecnici <i>Operating costs, investments, promotion / information, planning / evaluation / technical studies</i>
Beneficiario diretto del sussidio <i>Direct beneficiary of the subsidy</i>	Ditta che fornisce il servizio (attraverso il contributo di esercizio) o utente del servizio (attraverso biglietti gratis o scontati o buoni sconto, sovvenzioni dirette) o entrambi <i>Company providing the service (through the operating contribution) or user of the service (through free or discounted tickets or discount coupons, direct grants) or both</i>

horizontal and vertical equity, impact on mobility, strategic development targets, public acceptability and ease of implementation. The analysis carried out in the aforementioned study leads to the wish to use these alternative sources of financing to support the improvement of public transport by dividing the costs between different sectors.

NELSON et al. [7], based on utility theory, developed a model to estimate the benefits for users of the public transport system and the benefits for users of private cars resulting from a reduction of congestion caused by the use of public transport, and found that the benefit value of the subsidy is far greater than the value of the subsidy itself.

HENSHER and HO [8] suggested introducing an incentive mechanism based on the operating mileage of the supplier

necessità dell'area servita e premi l'efficienza dell'impresa produttrice;

- la provenienza della sovvenzione soltanto da fondi governativi e quindi dalla fiscalità generale che, oltre a comportare un onere notevole per lo Stato, grava notevolmente sui contribuenti che non utilizzano il trasporto pubblico;
- la mancanza di indicatori di valutazione scientifici precisi attraverso i quali determinare il costo unitario ragionevole del servizio e le percorrenze necessarie all'area da servire, in modo da poter calcolare l'importo della sovvenzione come prodotto dei due fattori.

L'influenza sull'offerta e sulla domanda di trasporto di variabili non tradizionali è stata indagata da ALBALADE e BEL [11]. Essi hanno messo a punto modelli aggregati di domanda e offerta, calibrati sia separatamente che congiuntamente, contenenti, oltre alle variabili consolidate nella letteratura sui trasporti, anche nuove variabili connesse a fattori istituzionali, geografici e sociali. I modelli costruiti evidenziano per esempio le conseguenze prodotte sull'offerta e sulla domanda, dal ruolo di capitale di uno Stato, dal livello di disuguaglianza del reddito personale e dal modello di esercizio del servizio (in-house o tramite ditte private) confermando l'importanza degli aspetti sociali ed istituzionali sul fenomeno studiato.

Un approccio recente nello stanziamento dei sussidi, tradizionalmente trascurato nell'ambito della pianificazione dei trasporti, è quello dell'equità, caratteristica direttamente influente sull'obiettivo della sostenibilità sociale. WELCH e MISHRA [12] hanno messo a punto un metodo per stimare l'equità raggiunta in una rete multimodale di trasporto pubblico basato su una misura di connettività stilizzata con un indice di Gini a diversi livelli come fermata, linea, zona e area. Secondo gli autori, lo strumento si presta ad essere utilizzato dalle agenzie di trasporto per misurare l'equa distribuzione del servizio fra le diverse aree e quindi distribuire le risorse di conseguenza. Naturalmente si assume che siano noti i costi di produzione affinché se ne possa poi tener conto nella quantificazione del sussidio da assegnare a ciascuna area.

BUENO CADENA et al. [13] rilevano che, nonostante la consuetudine diffusa di sovvenzionare il trasporto pubblico da parte degli stati centrali e degli enti locali, è quasi inesistente la letteratura sulla valutazione quantitativa del ritorno netto di queste politiche e della loro incidenza distributiva. Per contribuire a superare questo gap essi hanno sviluppato una metodologia pratica per stimare l'impatto della sovvenzione tariffaria sull'equità verticale. Gli autori hanno mostrato che le agevolazioni tariffarie rese possibili dalle sovvenzioni pubbliche sostengono la politica di redistribuzione a vantaggio della popolazione a basso reddito e pertanto favoriscono l'equità verticale.

Per quanto fin qui esaminato, si riscontra che, a fronte di un recente interesse della letteratura internazionale al tema della distribuzione di risorse per il trasporto pubblico fra aree o servizi sovvenzionati, esiste tuttavia una ge-

companies in determining the subsidy for public road transport.

Lu et al. [9] analysed the advantages and disadvantages of an explicit, hidden and full subsidy and proposed a financial support method linked to the overall performance assessment.

A state of the art of the problems of urban road transport subsidizing has been developed by SHI [10]. The author has found in the Beijing public transport subsidy mechanism four critical issues recurrent in many countries around the world, namely:

- the lack of a subdivision of the part of the subsidy intended to cover the operating deficits and the part aimed at pursuing policy targets;
- the lack of a defined and detailed method to quantify the subsidy taking into account the need for the area served and rewarding the efficiency of the producing company;
- the origin of the subsidy exclusively from government funds and therefore from general taxation which, in addition to behaving in a high burden for the State, significantly affects the taxpayers that do not use public transport;
- the lack of precise scientific evaluation indicators through which to determine the reasonable unit cost of the service and the mileage necessary for the area to be served, so as to be able to calculate the amount of the grant as a product of the two factors.

The influence on the transport supply and demand of non-traditional variables has been investigated by ALBALADE and BEL [11]. They have developed aggregate supply and demand models, calibrated both separately and jointly, containing, in addition to the variables known in the transport literature, also new variables related to institutional, geographical and social factors. The built models highlight, for example, the consequences produced, on supply and demand, by the role of State capital, the level of inequality of personal income and the type of service management (in-house or outsourcing providing). These models confirm the importance of social and institutional aspects on the studied phenomenon.

A recent approach in the allocation of subsidies, traditionally neglected in the field of transport planning, is that of equity, a characteristic directly influencing the target of social sustainability. WELCH and MISHRA [12] developed a method to estimate the equity achieved in a multimodal public transport network based on a connectivity measure stylized with a Gini index at different levels such as stop, line, district and area. According to the authors, the tool is suitable for use by transport agencies to measure the fair distribution of the service between the different areas and therefore distribute resources accordingly. Naturally it is assumed that the production costs are known so that they can then be taken into account in the quantification of the subsidy to be assigned to each area.

BUENO CADENA et al. [13] note that, despite the widespread practice of subsidizing public transport by cen-

nerale carenza di studi circa i metodi quantitativi utilizzati a questo scopo. Allo stesso tempo però si rileva l'importanza di perseguire obiettivi di equità sociale attraverso una distribuzione delle sovvenzioni che tenga conto dell'offerta di trasporto effettivamente necessaria e del reale costo di produzione in ciascuna area.

Il tema della determinazione del costo standard di un servizio di trasporto pubblico su gomma è stato sviluppato in letteratura negli ultimi vent'anni ed ha prodotto numerosi modelli che assumono come variabili uno o più dei principali driver di costo, fra cui quasi sempre la velocità commerciale, e considerano alcuni parametri specifici delle caratteristiche del servizio prodotto, rilevati su campioni di aziende o servizi. In particolare, fra i modelli più noti, si ricordano quello proposto da AVENALI et al. [14], che utilizza tre variabili indipendenti fra cui la velocità commerciale, calibrato mediante regressione su un data base di 45 aziende italiane, quello di PETRUCELLI e CARLEO [15] e [16] basato sulla determinazione di un indicatore di efficienza globale della produzione e quello di DELLA LUCIA et al. [17] che assume come unica variabile indipendente il tempo di servizio offerto al pubblico. Più recenti sono il modello di PETRUCELLI e RACINA [18] basato sulla determinazione del numero di conducenti necessari, e quelli più noti, elaborati qualche anno fa da ANAV [19] e ASSTRA [20] che assumono entrambi la velocità commerciale come variabile indipendente pur distinguendosi il primo per l'approccio top-down ed il secondo per l'approccio bottom-up. Di grande importanza, anche perché di uso obbligatorio, sono i modelli stabiliti dal D.M. 157/2018 [21] determinati dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti proprio elaborando i dati dell'Osservatorio. In particolare il modello per la stima del costo standard del TPL su gomma proposto dal Decreto è funzione della velocità commerciale, della quantità di servizio prodotto espresso in termini di percorrenze annue sviluppate e del costo di ammodernamento del materiale rotabile.

Obiettivo del presente lavoro è mostrare alcune possibilità di utilizzazione dei dati dell'Osservatorio attraverso elaborazioni finalizzate a:

- rilevare le tendenze in atto nei parametri complessivi del trasporto pubblico locale;
- ricavare possibili relazioni statistiche fra variabili dell'offerta di TPL e caratteristiche del territorio servito;
- costruire strumenti per orientare la ripartizione delle risorse del FNT nel rispetto del principio di equità, tenendo conto della quantità necessaria di servizio in ogni regione e del costo unitario.

In particolare, per la determinazione della quantità necessaria di servizio extraurbano su gomma si è calibrato un semplice modello dimostrativo che tiene conto di alcune caratteristiche insediative del territorio. Per contro, per la stima del costo unitario, ci si è limitati ad analizzare e discutere il modello messo a punto nel D.M. 157/2018, proprio avvalendosi dei dati dell'Osservatorio, con riferimento al TPL su gomma, poiché si è ritenuto superfluo

tral states and local authorities, literature on the quantitative assessment of the net return of these policies and their distributional impact is almost non-existent. To help overcome this gap, they developed a practical methodology for estimating the impact of the tariff subsidy on vertical equity. The authors have shown that the tariff relief made possible by public subsidies support the redistribution policy for the benefit of the low-income population and therefore favour vertical equity.

For what has been examined so far, it is found that, in the face of a recent interest in international literature in the topic of the distribution of funds for public transport between subsidized areas or services, there is however a general lack of studies on the quantitative methods used for this purpose. At the same time, however, the importance of pursuing social equity targets through a distribution of subsidies that takes into account the transport supply actually needed and the real production cost in each area is highlighted.

The issue of determining the standard cost of a road public transit service has been developed in the literature over the past twenty years and has produced numerous models that take one or more of the main cost drivers as variables, including almost always commercial speed and consider some specific parameters of the characteristics of the product service, detected on samples of companies or services. In particular, among the best known models are the one proposed by AVENALI et al. [14], which uses three independent variables including commercial speed, calibrated by regression on a database of 45 Italian companies, that of PETRUCELLI and CARLEO [15] and [16] based on the determination of an indicator of overall production efficiency and that of DELLA LUCIA et al. [17] which takes the service time offered to the public as the only independent variable. More recent are the model of PETRUCELLI and RACINA [18] based on the determination of the number of drivers needed, and the best known ones, developed a few years ago by ANAV [19] and ASSTRA [20] which both assume commercial speed as an independent variable even though distinguishing the former for the top-down approach and the latter for the bottom-up one. Very important, also because of mandatory use in Italy, are the models established by the Decree 157/2018 [21] determined by the Italian Ministry of Infrastructure and Transport precisely by processing the Observatory data. In particular, the model to assess the standard cost of road LPT proposed by the Decree is a function of the commercial speed, the quantity of service produced (in terms of annual mileage) and the cost of the rolling stock depreciation.

The aim of this work is to show some possible use of the Observatory data, through processing aimed at:

- *detecting current trends in the overall parameters of LPT;*
- *obtaining possible statistical relationships between variables of the LPT supply and characteristics of the served area;*
- *building tools to guide the distribution of FNT resources*

proporre elaborazioni alternative che, per la limitatezza dei dati a disposizione degli scriventi, avrebbero condotto certamente a risultati meno affidabili e completi di quelli prodotti dal Ministero.

Le elaborazioni qui proposte sono state per lo più limitate ai servizi extraurbani su gomma a causa del livello di aggregazione dei dati disponibili che non ha permesso di estendere le analisi all'ambito urbano, notoriamente più articolato.

Nel seguito del presente lavoro, il paragrafo 2 analizza l'andamento del costo standard del TPL su gomma, di cui al DM 157/2018, e sviluppa alcune considerazioni in proposito. Il paragrafo 3 spiega come sono stati costruiti i diversi data base utilizzati nelle analisi successive, a partire dai dati resi disponibili agli scriventi dall'Osservatorio. L'andamento disegnato nel tempo da alcune variabili del TPL ed i risultati delle regressioni condotte fra queste variabili sono discussi nel paragrafo 4, mentre il paragrafo 5 tratta della costruzione di un modello dimostrativo delle percorrenze per il TPL extraurbano su gomma basato sulle caratteristiche territoriali ed insediative. Infine, alcune considerazioni sul lavoro svolto sono raccolte nel paragrafo 6.

2. I costi standard secondo il D.M. 157/2018

Il Decreto MIT 157/2018 [21] definisce alcuni modelli per la determinazione del costo standard¹, costruiti (come enunciato dall'art. 1, comma 3) elaborando per regressione i dati di natura economica e trasportistica acquisiti dall'Osservatorio, verificati e debitamente certificati. I risultati, oltre ad avere forza di legge, lasciano prevedere una buona affidabilità perché costruiti su un data base molto esteso che è proprio quello dell'Osservatorio.

Pertanto, nel presente lavoro, si è tralasciato di sviluppare analisi statistiche sui dati economici finalizzate alla costruzione di modelli di costo standard che avrebbero rappresentato una riproposizione, probabilmente meno dettagliata ed affidabile, dei modelli definiti dal DM sopra citato. Si è invece ritenuto più proficuo presentare solo gli andamenti della funzione di costo del TPL su gomma definita dal Provvedimento, per evidenziarne i valori raggiunti in corrispondenza di grandezze significative delle variabili principali e le possibili conseguenze sul mercato del TPL regionale.

L'art. 6 del DM fornisce la formula (1) per il calcolo del costo standard del TPL su gomma, urbano ed extraurbano, che risulta essere funzione della velocità commerciale e della produzione espressa in termini di percorrenze complessivamente sviluppate dal servizio.

in compliance with the principle of equity, taking into account the necessary quantity of service in each region and the unit cost.

In particular, a simple demonstration model was calibrated to estimate the necessary amount of extra-urban road service which takes into account certain settlement features of the territory. On the other hand, to estimate the unit cost, we limited ourselves to analysing and discussing the model developed in the Ministerial Decree 157/2018, precisely using the data of the Observatory, with reference to road LPT, since it was deemed superfluous to propose alternative processing which, due to the limited data available to the writers, would certainly have led to less reliable and complete results than those provided by the Ministry.

The present processing were mostly limited to extra-urban road services due to the aggregation level of available data which did not allow the analysis to be extended to the urban area, notoriously more complex.

Below, section 2 analyses the trend of the standard cost for road LPT, pursuant to Italian Ministry Decree 157/2018, and develops some considerations in this regard. Section 3 explains how the different databases used in the analyses were built, starting from the data made available to the writers by the Observatory. The trend over time of some TPL variables and the results of the regressions made between these variables are discussed in section 4. Section 5 deals with the construction of a demonstration model of the mileage for the extra-urban road LPT based on the territorial and settlement characteristics. Finally, some remarks on this work are collected in section 6.

2. Standard costs according to Ministerial Decree 157/2018

The Decree 157/2018 [21] of the Italian Ministry of Infrastructure and Transport defined some models for the estimation of the standard cost,¹ built (as set out in Article 1, paragraph 3) by processing the economic and transport data acquired by the Observatory, verified and duly certificates. The results, in addition to having the force of the law, suggest a good reliability because they considered a very extensive database which is precisely that of the Observatory.

Therefore, in this work, we have neglected to develop statistical analyses on economic data aimed at the construction of standard cost models that would have represented a repeat, probably less detailed and reliable, of the models defined by the above mentioned Decree. On the other hand, it was considered more profitable to present only the trends of the road transport cost function defined by that law rule, to highlight the values reached at significant quantities of the main variables and the possible effects on the regional LPT market.

¹ Si definisce costo standard il costo di produzione calcolato per una impresa assolutamente efficiente, tenendo conto delle specificità dei prodotti e delle reali condizioni operative.

¹ Standard cost is defined as the cost of production calculated for an absolutely efficient company, considering the specific features of the products and the real operating conditions.

$$C = 14,07855 - 0,59230 V_c + 0,50837 V_1 (V_c - 17) + 0,06827 V_2 (V_c - 32) - 0,18583 K_1 Q + 0,01559 K_2 Q + 1,46083 \text{ AR} \quad (1)$$

Dove:

C = costo standard unitario in /bus-km

V_c = velocità commerciale da programma di esercizio in km/h, calcolata come indicato all'art. 2, punto "d" del DM²

Q = quantità di servizio in ML.bus-km

AR = ammodernamento del materiale rotabile, come definito all'art. 3, commi 8 e 9 del DM

$V_1 = 0$ se $V_c \leq 17$ km/h; $V_1 = 1$ se $V_c > 17$ km/h

$V_2 = 0$ se $V_c \leq 32$ km/h; $V_2 = 1$ se $V_c > 32$ km/h

$K_1 = 1$ se $Q \leq 4$ ML.bus-km; $K_1 = 0$ se $Q > 4$ ML.bus-km

$K_2 = 0$ se $Q \leq 4$ ML.bus-km; $K_2 = 1$ se $Q > 4$ ML.bus-km.

Il modello, come si evince dalla Fig. 1, presenta un andamento del costo standard decrescente linearmente al crescere della velocità commerciale con tre inclinazioni diverse delle rette rappresentative, a seconda dell'intervallo di velocità considerato. Nello specifico, il primo intervallo, compreso fra 12 e 17 km/h, è quello in cui il costo standard presenta la massima sensibilità alla velocità commerciale realizzando riduzioni di costo dell'ordine del 15% in conseguenza di un aumento della velocità pressappoco della stessa entità. Ciò sottolinea l'importanza, soprattutto in area urbana, di velocizzare la marcia dei bus attraverso la riduzione della congestione del traffico stradale al fine di ottenere sensibili economie nei costi di esercizio oltre che un contenimento delle emissioni conseguente ad un deflusso veicolare più regolare. Oltre i 17 km/h i diagrammi del costo standard riducono sensibilmente la propria pendenza e ulteriormente oltre i 32 km/h. Infatti, superata questa soglia, la velocizzazione del servizio ha conseguenze meno marcate sull'efficienza. In particolare si nota come l'aumento della velocità da 40 a 50 km/h (+25%) implica una riduzione del costo standard inferiore al 10%.

Il secondo gruppo di diagrammi della Fig. 1 evidenzia che, per ogni intervallo di velocità commerciale presa in considerazione, il costo standard presenta un andamento decrescente nell'intervallo di percorrenze compreso fra 0 e 4 ML.bus-km, crescente da 4 a 10 e costante oltre i 10

Art. 6 of the Ministerial Decree provides the formula (1) to calculate the standard cost of road urban and suburban LPT which is a function of commercial speed and also volume of production expressed in terms of overall mileage developed by the service.

$$C = 14,07855 - 0,59230 V_c + 0,50837 V_1 (V_c - 17) + 0,06827 V_2 (V_c - 32) - 0,18583 K_1 Q + 0,01559 K_2 Q + 1,46083 \text{ AR} \quad (1)$$

Where:

C = standard unit cost in /bus-km

V_c = commercial speed from the service operating program in km/h, computed according to the article 2 point "d" of the Decree²

Q = amount of the service in millions of bus x km per year (ML.bus-km/y)

AR = rolling stock depreciation, computed according to the article 3, points 8 and 9 of the Decree

$V_1 = 0$ if $V_c \leq 17$ km/h; $V_1 = 1$ if $V_c > 17$ km/h

$V_2 = 0$ if $V_c \leq 32$ km/h; $V_2 = 1$ if $V_c > 32$ km/h

$K_1 = 1$ if $Q \leq 4$ ML.bus-km; $K_1 = 0$ if $Q > 4$ ML.bus-km

$K_2 = 0$ if $Q \leq 4$ ML.bus-km; $K_2 = 1$ if $Q > 4$ ML.bus-km.

The model, as shown in Fig. 1, presents a trend in the standard cost decreasing linearly with the rise of commercial speed with three different slopes of the representative straight lines, depending on the speed range considered. Specifically, the first range, between 12 and 17 km/h, is the one in which the standard cost has the greatest sensitivity to commercial speed, realizing cost reductions of the order of 15% as a consequence of an increase in speed of approximately the same entity. This underlines the importance, especially in the urban area, of speeding up the movement of buses by reducing congestion of road traffic in order to obtain significant savings in operating costs as well as emissions restraint resulting from a more regular vehicle outflow. Over 17 km/h the standard cost diagrams significantly reduce their slope and further beyond 32 km/h. In fact, once this threshold is exceeded, the speeding up of the service has less marked consequences on efficiency. In particular, it is noted that the increase in speed from 40 to 50 km/h (+ 25%) involves a reduction in the standard cost of less than 10%.

The second group of diagrams in Fig. 1 shows that, for

² Come indicato dall'art. 2, punto "d" del DM 157/2018, la "velocità commerciale da programma di esercizio", che rappresenta la condizione operativa che caratterizza lo svolgimento del servizio, per i servizi di autolinea è calcolata quale lunghezza in chilometri delle corse in servizio al pubblico effettivamente realizzate rapportata alla somma puntuale dei tempi di percorrenza, dalla partenza della corsa in servizio al pubblico all'arrivo della medesima, previsti dal programma di esercizio delle medesime corse e dei relativi tempi di sosta al capolinea (o alla fermata) di fine corsa. Il tempo di ciascuna sosta è dettagliato dalla stessa Norma a cui si rimanda.

² As reported in article 2, point "d" of Ministerial Decree 157/2018, the "commercial speed from operating program", which represents the operating condition that characterizes the performance of the service, is calculated for bus service as the length in kilometers of the rides in public service, actually carried out, compared to the punctual sum of the travel times, from the start of the ride in public service to the arrival of the same one, foreseen by the operating program of the same races and the relative stop times at the terminus (or at the stop). The allowed time of each stop is detailed by the same Decree to which you are referred.

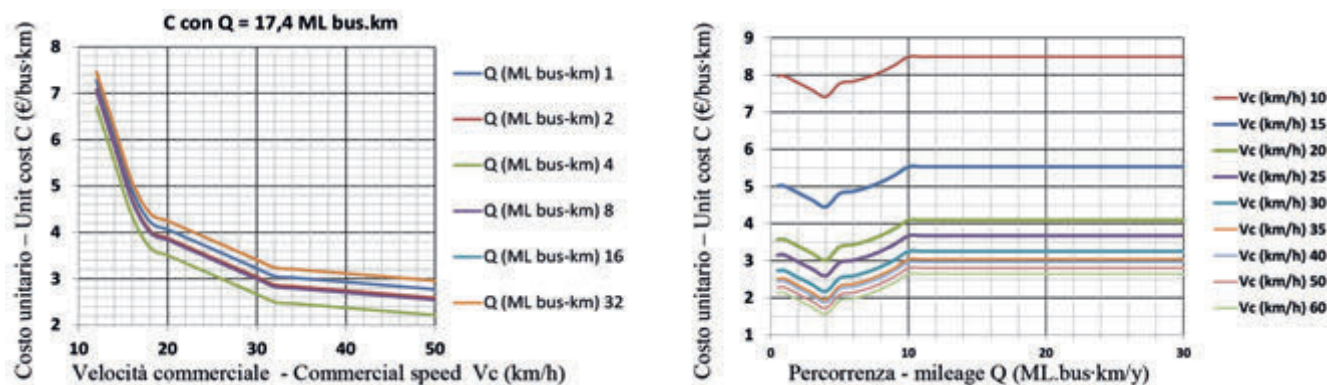


Figura 1 - Andamento del costo standard per il TPL su gomma, secondo il modello (1) al variare della velocità commerciale e delle percorrenze del servizio.

Figure 1 - Trend of the standard cost for road LPT, according to the model (1) as the service commercial speed and mileage amount vary.

ML.bus-km. Il costo standard varia da circa 1,60 /bus-km per $V_c = 60$ km/h e $Q = 4$ ML.bus-km, fino a circa 8,49 /bus-km per $V_c = 10$ km/h e $Q \geq 10$ ML.bus-km. In corrispondenza di una V_c di 40 km/h, tipica del TPL extraurbano nelle aree interne, il costo standard è compreso fra 1,88 e 2,96 /bus-km e pertanto, al variare della percorrenza (Q) complessivamente realizzata nell'anno, subisce un incremento che può raggiungere il 57%.

Ne consegue che, se una amministrazione appaltante divide i servizi in lotti da 4 ML.bus-km ciascuno, otterrà un costo a base d'asta minimo, se invece accorpa i servizi in lotti di dimensione uguale o maggiore di 10 ML.bus-km sarà costretta ad associare ad essi un maggior costo a base d'asta compreso fra il 14 % ed il 70% a seconda della velocità commerciale del servizio. D'altra parte è possibile che i ribassi sul prezzo a base d'asta offerti in sede di gara siano tanto meno sensibili quanto maggiore è la dimensione del lotto messo a gara, in quanto minore sarà presumibilmente il numero di concorrenti. Pertanto è difficile che il maggior costo standard a base d'asta riferito ad un lotto di dimensioni superiori alla soglia dei 4 ML.bus-km possa dar luogo, per effetto dei ribassi offerti dai concorrenti, ad un prezzo di aggiudicazione pari al costo standard di un lotto da 4 ML.bus-km. Comunque è da ritenere che la eventuale scelta delle amministrazioni di appaltare lotti di dimensioni ben maggiori dei 4 ML.bus-km andrebbe quanto meno motivata con analisi quantitative sull'efficacia e la qualità del servizio raggiungibile in presenza di lotti di gara più estesi. Al momento tuttavia non è possibile per gli scriventi conoscere la dimensione dei lotti messi a gara dopo l'entrata in vigore del D.M. in questione e quindi gli effetti del Provvedimento su questo aspetto, atteso che i dati raccolti vengono resi pubblici dall'Osservatorio con alcuni anni di ritardo rispetto al periodo a cui si riferiscono.

L'andamento del costo standard descritto dalla (1) solleva qualche perplessità circa l'idoneità del modello imposto dal MIT a riprodurre gli effettivi costi della produzione anche se i risultati sono in linea con l'andamento ad "U"

each commercial speed range taken into consideration, the standard cost has a decreasing trend in the range of mileage between 0 and 4 ML.bus-km, increasing from 4 to 10 and constant over 10 ML.bus-km. The standard cost varies from around 1.60/bus-km for $V_c = 60$ km/h and $Q = 4$ ML.bus-km, up to around 8.49/bus-km for $V_c = 10$ km/h and $Q \geq 10$ ML.bus-km. At a V_c of 40 km/h, typical of suburban LPT in internal areas, the standard cost is between 1.88 and 2.96 /bus-km and therefore, as the total mileage in the year (Q) varies, the standard cost undergoes an increase that can reach 57%.

It follows that, if a contracting authority divides the services into lots of 4 ML.bus-km each, it will obtain a minimum auction-based cost. If instead the authority combines the services into lots of a size equal to or greater than 10 ML.bus-km it will be forced to associate a higher auction-based cost of between 14% and 70% depending on the commercial speed of the service. On the other hand, it is possible that the discounts on the auction-based price offered during the tender are all the less sensitive the greater the size of the lot put out to tender, since the number of competitors will presumably be less. Therefore it is unlikely that the higher standard auction-based cost referring to a lot larger than the 4 ML.bus-km threshold could result, due to the discounts offered by competitors, at an award price equal to the standard cost of a lot of 4 ML.bus-km. However, it is to be considered that the possible choice of an authority to contract tender lots much larger than the 4 ML.bus-km should at least be motivated with quantitative analyses on the effectiveness and quality of the service achievable in the presence of larger tender lots. At the moment, however, it is not possible for writers to know the size of the lots tendered after the entry into force of the Ministerial Decree in question and therefore the effects of this Rule on this aspect, given that the data collected are made public by the Observatory with a few years of delay compared to the period to which they refer.

The trend of the standard cost described by (1) raises some doubts about the suitability of the model imposed by

della curva del costo in funzione delle percorrenze prodotte rilevato da alcuni studi condotti nel recente passato, quali quelli di ABRATE et. al. [22] e CAMBINI et al. [23]. Il modello in questione infatti, di tipo statistico descrittivo, è stato costruito sulla base dei costi riconosciuti alle aziende operanti nel settore, valori che potrebbero essere uguali al costo standard, cioè al costo di massima efficienza realizzato per i medesimi prodotti nelle specifiche condizioni di produzione, se il mercato del settore fosse perfetto. Purtroppo, ancora oggi il mercato del TPL soffre di alcuni importanti fattori distorsivi. In particolare i costi riconosciuti attualmente alle aziende affidatarie risentono ancora dell'applicazione del costo standard introdotto dalla L.151/1981 [24], che, come è noto, le regioni determinano all'epoca tenendo conto dei costi fino ad allora riconosciuti nei regimi concessori; questi costi erano di solito funzione della dimensione del servizio concesso, anche in conseguenza del maggiore potere contrattuale delle aziende più grandi. Il ritardato avvio delle gare di affidamento sancite dal D.Lgs. 422/97 [25] e il vuoto normativo sulla determinazione del costo standard protrattosi fino al 2018 hanno permesso fino ad oggi di riconoscere alle aziende affidatarie costi standard determinati ai sensi della L. 151/1981 che risultano crescenti in misura proporzionale alla percorrenza prodotta nell'intervallo fra 4 e 10 ML.bus-km e che quindi potrebbero non rispecchiare l'andamento degli effettivi costi di produzione al variare della quantità prodotta. Peraltro i prezzi di aggiudicazione sono certamente influenzati dalla struttura del settore produttivo composta ancora oggi da un gran numero di aziende di piccole dimensioni. Ciò può aver prodotto una partecipazione ben più numerosa alle gare per l'affidamento di lotti di piccole dimensioni, con immaginabili conseguenze sui ribassi d'asta offerti e quindi sui prezzi di aggiudicazione.

Dunque il costo standard stabilito dal DM, qualora, come è possibile, non rispecchi i reali costi di produzione, potrà penalizzare le piccole imprese riducendone la capacità di investire e crescere. Su questo fenomeno avranno un peso rilevante le strategie messe in campo dagli enti appaltanti. Questi ultimi, infatti, potranno ridurre le dimensioni dei lotti da appaltare per contenere la spesa ed eventualmente per proteggere le imprese minori dalla concorrenza oppure aumentare la dimensione dei lotti per ottenere un servizio di maggiore qualità da imprese più grandi e soprattutto per ridurre il numero di contratti da gestire. D'altro canto l'appalto di lotti grandi, pur rappresentando un incentivo per le aziende a crescere fondendosi o consorziandosi, obbliga spesso quelle più piccole a sottostare ad accordi penalizzanti, imposti loro da quelle di maggiori dimensioni che hanno i requisiti per partecipare ad affidamenti con importi a base d'asta più elevati.

3. La selezione dei dati da elaborare

I dati resi disponibili dall'Osservatorio sono riferiti agli anni compresi fra il 2012 ed il 2015 e riguardano i servizi

Ministry to reproduce the actual production costs even if the results are in line with the "U" trend of the cost curve in function of the scored mileage, detected by some studies of the recent past, such as those of ABRATE et. al. [22] and CAMBINI et al. [23]. The model in question, in fact, of a descriptive statistical type, was built on the basis of the costs conceded to the companies operating in the sector. These values could be equal to the standard cost, that is the maximum efficiency cost realized for the same products in the specific production conditions, if the sector market was perfect. Unfortunately, the LPT market still suffers from some important distortion factors. In particular, the costs currently recognized to the foster companies are still affected by the application of the standard cost introduced in Italy by Law 151/1981 [24], cost that, as is known, the regions fixed at the time taking into account the costs hitherto conceded in the award by concession; these costs were usually a function of the size of the service granted, also as a consequence of the greater bargaining power of the larger companies. The delayed start in Italy of the tendering procedures enshrined in Legislative Decree 422/97 [25] and the regulatory vacuum on the determination of the standard cost which has lasted until 2018 have made it possible to recognize the contracting companies standard costs determined pursuant to Law 151/1981 which are increasing in proportion to the mileage produced in the range between 4 and 10 ML.bus km and which therefore may not reflect the trend of actual production costs as the quantity produced changes. Moreover, the hammer prices are certainly influenced by the structure of the production sector, still today in Italy made up by a large number of small companies. This may have produced a much larger participation in tenders for the award of small lots, with imaginable consequences on the auction reductions offered and therefore on the hammer prices.

Therefore the standard cost established by the Ministerial Decree, if, as is possible, does not reflect the real production costs, it will penalize small companies and reduce their opportunity of investment and growth. The strategies implemented by the contracting authorities will have a significant weight on this phenomenon. The authorities, in fact, could restrain the dimensions of the lots to be contracted to contain the expense and possibly to protect the smaller companies from the competition; contrariwise they could increase the size of the lots to obtain a higher quality service from the larger companies and above all to reduce the number of contracts to manage. On the other hand, the procurement of large lots, while representing an incentive for companies to grow by founding or becoming a consortium, often force smaller companies to submit to penalizing agreements, imposed on them by larger ones that have the qualifications to participate in the higher auction.

3. Selection of data to be processed

The data made available by the Observatory refer to the years between 2012 and 2015 and relate to the local public

di trasporto pubblico locale finanziati da regioni, province, comuni ed altri enti attraverso il FNT e realizzati con modalità gomma, ferro e per via d'acqua. Ciascuna riga fa riferimento ad un ente affidante e contiene i parametri del servizio di competenza. In particolare sono riportati, oltre le percorrenze annue espresse in bus.km per i servizi su gomma, in treni.km per quelli ferroviari e in corse miglio per quelli per via d'acqua, anche i passeggeri trasportati, gli addetti, i corrispettivi in conto esercizio, il canone di accesso e utilizzo infrastruttura, i corrispettivi del servizio di trasporto e quelli totali (comprensivi dei corrispettivi in conto esercizio e contr. CCNL) nonché i ricavi da traffico. La Tab. 2 riporta un estratto della banca dati dell'Osservatorio.

Il numero di righe presente nei fogli Excel relativi a ciascun anno varia leggermente (505 nel 2012, 477 nel 2013, 476 nel 2014 e 508 nel 2015). Il tipo di organizzazione delle informazioni rende la banca dati disomogenea in quanto congloba tutti i servizi senza distinzione di tipologia (urbano o extraurbano) e di ambito operativo (comunale, bacinale, provinciale o regionale). Peraltro l'assenza di informazione circa la tipologia di contratto (net o gross-cost) stipulato fra ente committente ed azienda esercente, rende poco significativo per analisi di dettaglio il valore del corrispettivo riconosciuto all'azienda. Pertanto la banca dati, così come fornita dall'Osservatorio, è stata utilizzata solo per rilevare le tendenze nel periodo di alcuni parametri globali.

Gli stessi andamenti sono stati poi rilevati anche su due data base parziali appositamente costruiti. Entrambi contengono le stesse variabili dell'esercizio fornite dall'Osservatorio ma prendono in considerazione i soli servizi extraurbani e fanno riferimento, il primo all'insieme del trasporto su ferro e su gomma (trascurando quello per via d'acqua), il secondo soltanto a quello su autolinea. La costruzione di questi due data-base ridotti ha richiesto alcuni accorgimenti volti ad individuare la tipologia e l'ambito operativo di ciascun servizio. Infatti, poiché queste caratteristiche non sono definite all'interno della banca dati dell'Osservatorio, è necessario dedurle dalla tipologia dell'ente committente. Dal momento che quasi sempre i comuni hanno competenza diretta solo sui servizi urbani e comunali, si è assunto con buona approssimazione che i servizi di TPL affidati dalle regioni e dalle province operino solo in ambito extraurbano e si sono eliminati perciò

transport services financed by regions, provinces, municipalities and other authorities through the FNT and carried out via road, railway and water. Each line refers to a contracting authority and contains the parameters of the competent service. In particular, in addition to the annual mileage expressed in bus.km for road services, in train.km for rail services and in ride mile for those by water, there are also the carried passengers, the employees, the compensation on operating account, the infrastructure access and use fee, the transport service compensation and the total compensation (including the compensation on operating account and that for charge from the work collective agreement) as well as traffic revenues. Tab. 2 shows an extract from the Observatory database.

The number of rows in the Excel sheets for each year varies slightly (505 in 2012, 477 in 2013, 476 in 2014 and 508 in 2015). The type of information organization makes the database inhomogeneous because the latter encompasses all the services without distinction of typology (urban or suburban) and operational (municipal, basin, provincial or regional). Moreover, the absence of information about the type of contract (net or gross-cost) stipulated between awarding authority and providing company makes the value of the compensation paid to the company insignificant for detailed analysis. Therefore the database, as provided by the Observatory, was used only to detect trends in the period of some global parameters.

The same trends were also investigated on two specially constructed partial databases. Both contain the same operating variables provided by the Observatory but take into account only the extra-urban services and refer, the first to the whole of rail and road transport (neglecting that by water), the second only to the one on road. The build of these two reduced data-bases required some measures aimed at identifying the type and operational area of each service. In fact, since these characteristics are not defined within the Observatory's database, it is necessary to deduce them from the type of the commissioning authority. Since the municipalities almost always have direct competence only on urban and municipal services, it has been assumed with good approximation that the LPT services entrusted by the regions and provinces operate only in the extra-urban area and therefore the services entrusted by municipalities and municipal agencies have been removed. The database resulting

Tabella 2 – Table 2

Estratto (tutte le colonne e tre righe a caso) della banca dati fornita dall'Osservatorio.
Extract from the Observatory database (all columns and three rows at random).

Regione Region	Ente committente Contracting Authority	Percorrenze Mileage (bus-km)	Percorrenze Mileage (train-km)	Percorrenze Mileage (ride-NM)	Passeggeri trasportati Passengers	Addetti Employers	Corrispettivi in conto esercizio Compensation on operating	Canone di uso infrastruttura Infrastructure use fee	Corrispettivi gestione infrastruttura Infrastructure management compensation	Corrispettivi del servizio Service compensation	Corrispettivi totali Total compensation	Ricavi da traffico totali Total traffic revenues
CAMPANIA	PROVINCIA CASERTA	8.334.843,00	0,00	0,00	9.040.775	497		0,00	0,00	16.972.963,19	16.972.963,19	4.839.882,52
CAMPANIA	PROVINCIA SALERNO	22.234.648,14	0,00	0,00	19.736.365	1.027		25.820,00	0,00	41.617.048,24	41.642.868,24	16.214.203,42
CAMPANIA	REGIONE CAMPANIA	13.507.833,80	15.549.431,16	281.791,00	102.034.437	4.435	19.667.000,00	39.660.709,87	89.819.431,00	214.590.975,56	344.071.116,43	88.584.652,94

i servizi affidati dai comuni e da agenzie di ambito comunale. Il data base risultante da questa prima scrematura contiene solo servizi extraurbani affidati da regioni e province. Poiché l'ambito operativo di un servizio commissionato da un ente è da intendersi esteso al proprio territorio di competenza, l'esistenza di servizi extraurbani affidati da ciascuna provincia e contemporaneamente di un servizio analogo affidato dalla regione in cui le stesse province ricadono non consente di assumere che quest'ultimo sia distribuito in parti uguali o secondo un preciso criterio fra i territori di tutte le province della stessa regione. Ciò rende impossibile quantificare con precisione le percorrenze offerte in ciascuna provincia. Pertanto, sono stati successivamente rimossi quei servizi commissionati da regioni e da province ad esse appartenenti, presenti contemporaneamente nel data base.

Infine per ottenere il data base dei soli servizi extraurbani su gomma si sono cancellate le righe relative a tutti gli enti committenti che dispongono anche di servizi su ferro, dal momento che questi ultimi presentano caratteristiche difficilmente assimilabili a quelli su gomma. L'operazione è stata ripetuta per ognuno dei fogli di calcolo relativi a ciascun anno reso disponibile dall'Osservatorio.

Lo studio delle relazioni fra le variabili di esercizio del trasporto su gomma e quelle insediative ha richiesto la creazione di un data base dei valori medi ottenuto facendo la media dei valori espressi ogni anno da ciascun indicatore, in modo da eliminare le fluttuazioni generalmente non connesse a variazioni delle caratteristiche del territorio. Pertanto il data base ottenuto è quello dei valori medi negli anni 2012-2014, limitato alle province o regioni che hanno competenza soltanto su autolinee. Non è stato possibile prendere in considerazione anche il 2015 perché i valori di alcuni indicatori riferiti all'anno in questione sono risultati inattendibili³. Il data base ottenuto, comprendente 31 servizi affidati da province, è stato integrato con alcune variabili dell'esercizio derivate da quelle principali presenti nella banca dati dell'Osservatorio e con altre descrittive del territorio. Le variabili considerate, suddivise in originarie e derivate, sono riportate in Tab. 3. La Tab. 4 presenta un estratto del data base utilizzato per le elaborazioni.

In sintesi, dalla banca dati fornita dall'Osservatorio si sono estratti dei data base ridotti, finalizzati a sviluppare differenti elaborazioni; l'ultimo è stato integrato con le caratteristiche insediative delle aree servite. Il diagramma a blocchi di Fig. 2 chiarisce il contenuto dei diversi data base e l'utilizzo di ciascuno nelle elaborazioni.

from this first skimming contains only extra-urban services entrusted by regions and provinces.

Since the operational area of a service commissioned by an authority is to be understood as extended to its own area of competence, the existence of extra-urban services entrusted by each province and at the same time a similar service entrusted by the region in which the same provinces fall does not allow assume that the latter is distributed in equal parts or according to a precise criterion among the territories of all the provinces of the same region. This makes it impossible to accurately quantify the mileage supplied in each province. Therefore, those services commissioned by regions and provinces belonging to them, present simultaneously in the database, were removed.

Finally, in order to obtain the database of only extra-urban road services, the lines relating to all the commissioning bodies that also have rail services have been deleted, since the latter have characteristics that are difficult to assimilate with those on road. The same operation was repeated for each of the spreadsheets of each year made available by the Observatory.

The study of the relationships between the road transport operating variables and the settlement ones required the creation of a database of average values obtained by averaging the values expressed each year by each indicator, so as to cut out fluctuations generally not connected to changes in the characteristics of the territory. Therefore the obtained database is that of the average values in the years 2012-2014, limited to the provinces or regions that have competence only on bus lines. 2015 could not be taken into consideration because the values of some indicators referring to the year in question were unreliable³. The extract database, comprising 31 services entrusted by provinces, was integrated with some operating variables derived from the main ones present in the Observatory's database and with other ones descriptive of the territory. The variables considered, divided into original and derived, are shown in Tab. 3. Tab. 4 presents an extract of the database used for the processing.

In summary, reduced databases have been extracted from the database provided by the Observatory, aimed at developing different processing; the last one was integrated with the settlement characteristics of the areas served. The block diagram of Fig. 2 clarifies the content of the different databases and the use of each in the processing.

³ In particolare i dati non verosimili sono:

- le percorrenze complessive dei servizi su gomma che nel 2015 fanno rilevare una contrazione del 21% rispetto al 2014, a fronte di variazioni negli anni precedenti inferiori al + - 2%;
- le percorrenze dei servizi per via d'acqua nel 2015 risultano incrementate di ben il 554% rispetto all'anno precedente;
- i corrispettivi in conto esercizio per tutti i servizi che crescono dal 2014 al 2015 del 154%.

³ In particular, the unlikely data are:

- the total mileage of road transport services which in 2015 shows a decrease of 21% compared to 2014, against variations in previous years of less than + - 2%;
- the mileage of services on water in 2015, increased by 554% compared to the previous year;
- the compensation on operating account for all services that increased by 154% from 2014 to 2015.

Tabella 3 – Table 3

Variabili semplici e composte comprese nel data base utilizzato per le regressioni.
Main and derived variables included in the database used for the regressions.

Riferimento Reference	Variabili originarie Main variables	Variabili derivate Derived variables
Territorio Territory	Superficie Surface	
	Altitudine Altitude	Media dell'altitudine dei comuni Average altitude of municipalities
		Deviazione standard dell'altitudine dei comuni Standard deviation of altitude of municipalities
		Media x deviazione standard dell'altitudine dei comuni Average x standard deviation of the altitude of municipalities
	Popolazione Population (inhabitants)	Densità insediativa (popolazione / superficie) Settlement density (population / surface)
	Numero di comuni Number of municipalities	Popolazione comunale media (popolazione / numero di comuni) Average population of municipalities (population / number of municipalities)
	PIL complessivo Overall GDP	PIL pro capite (PIL complessivo / popolazione) Per capita GDP (overall GDP / population)
Trasporto pubblico locale su gomma Road local public transit	Percorrenze offerte Supplied mileage	Densità di offerta (percorrenze / superficie) Supply density (mileage / surface)
		Dotazione di servizio pro capite (percorrenze / popolazione) Per capita service supply (mileage / population)
	Passeggeri trasportati Carried passengers	Offerta venduta (passeggeri / percorrenze offerte) Sold supply (passengers / supplied mileage)
	Addetti Employees	Produttività degli addetti (percorrenze / addetti) Employee productivity (mileage / employees)
	Ricavi da traffico Traffic revenue	Ricavo per unità di prodotto (ricavi / percorrenze) Revenue per product unit (revenue / mileage)
		Ricavo per unità di superficie (ricavi / superficie) Revenue per unit area (revenue / surface)
		Ricavo per passeggero trasportato (ricavi / passeggeri trasportati) Revenue per carried passenger (revenue / passengers)
	Corrispettivi totali Total compensation	Costo per unità di prodotto [(ricavi + corrispettivi totali) / percorrenze] Cost per unit of product [(revenue + total compensation) / mileage]
		Coefficiente di esercizio [ricavi / (ricavi + corrispettivi totali)] Operating factor [revenue / (revenue + total compensation)]

4. Risultati delle analisi

4.1. Le tendenze emerse

I diagrammi di Fig. 3 riportano le differenze percentuali rispetto al 2012 dei parametri dell'esercizio. Le variazioni vanno lette in funzione delle percorrenze complessivamente sviluppate perché i parametri esaminati sono funzione di queste ultime. Pertanto, tenendo conto delle perplessità già manifestate a proposito di alcuni dati forniti dall'Osservatorio, è opportuno limitare la lettura delle variazioni agli anni che vanno dal 2012 al 2014 e, solo relativamente al numero di addetti, non considerare il dato del 2012.

Dagli andamenti rilevati con riferimento alla banca dati completa (TPL urbano ed extraurbano, su gomma,

4. Results of processing

4.1. Recorded trends

The diagrams in Fig. 3 show the percentage differences compared to 2012 of the operating parameters. The variations must be read related to the overall developed mileage, because the parameters examined are a function of the latter. Therefore, taking into account the concerns already expressed regarding some data provided by the Observatory, it is appropriate to limit the reading of the changes to the years from 2012 to 2014 and, only for the number of employees, not to consider the 2012 value.

The progresses recorded with reference to the complete database (urban and suburban LPT, by road, rail and water)

Tabella 4 parte I – Table 4 part I

Estratto (la prima colonna con le successive 12 e tre righe a caso) del data base dei soli servizi extraurbani su gomma con valori medi dei parametri del servizio calcolati nell'intervallo 2012-2014.

Extract (the first column with the next 12 and three rows at random) of the database of only extra-urban road services with average values of the service parameters calculated.

Denominazione dell'ente committente <i>Name of awarding authority</i>	Superficie <i>Surface</i>	Media altit. dei comuni <i>Average altitude of municipalities</i>	Dev Std. altit. dei comuni <i>Dev. Std altitude of municipalities</i>	Media x dev Std. altit. comuni <i>Avg x dev. Std altitude of municipalities</i>	Popolazione residente <i>Resident population</i>	Densità insediativa <i>Settlement density</i>	Numero di comuni <i>Number of municipalities</i>	PIL pro capite <i>Per capita GDP</i>	Popolaz. comunale media <i>Avg. population of municipalities</i>	Percorrenza offerta <i>Supplied mileage</i>	Dotaz. di servizio pro capite <i>Per capita service supply</i>	Densità di offerta <i>Supply density</i>
U.d.M. - U.O.M.	(kmq)	(m)	(m)	(m ²)	pop.	pop./km ²	N°	Euro/pop.	pop./municip.	(bus-km)	bus-km/pop.	(bus-km/km ²)
Provincia Savona	1.546	248	211	52.328	281.893	182	69	27.033	4.085	9.100.540	32,3	5.885
Provincia Brescia	4.786	313	288	90.144	1.249.177	261	205	30.233	6.094	20.244.733	16,2	4.230
Provincia Como	1.279	405	195	78.975	592.683	463	148	26.833	4.005	10.246.027	17,3	8.011

Tabella 4 parte II – Table 4 part II

Estratto (la prima colonna e le altre, dalla 14a in poi, nonché tre righe a caso) del data base dei soli servizi extraurbani su gomma con valori medi dei parametri del servizio calcolati nell'intervallo 2012-2014.

Extract (the first column and the others, from the 14th onwards, as well as three rows at random) of the database of extra-urban road services only with average values of the service parameters calculated in the 2012-2014 interval.

Denominazione dell'ente committente <i>Name of awarding authority</i>	Passeggeri trasportati <i>Carried passengers</i>	Passeggeri trasportati <i>Carried passengers</i>	Addetti <i>Employees</i>	Produttività degli addetti <i>Employee productivity</i>	Corrispettivi totali <i>Total compensation</i>	Corrispettivo per unità di prodotto <i>Compensation per product unit</i>	Ricavi da traffico totali <i>Total traffic revenue</i>	Ricavo per unità di prodotto <i>Revenue per product unit</i>	Costo per unità di prodotto <i>Cost per product unit</i>	Ricavo per unità di popolazione <i>Revenue per pop. unit</i>	Ricavo per unità di superficie <i>Revenue per surface unit</i>	Ricavo per passeggero <i>Revenue per passenger</i>	Coefficiente di esercizio <i>Operating factor</i>
U.d.M. - U.O.M.	(pass./anno)	(pass./bus-km)	N°	bus-km/employees	(Euro)	(Euro/bus-km)	(Euro)	(Euro/bus-km)	(Euro/bus-km)	Euro/pop.	(Euro/km ²)	Euro/pass.	
Provincia Savona	9.331.475	1,03	405	22.490	19.017.929	2,09	7.779.567	0,86	2,94	27,60	5.031	0,83	0,29
Provincia Brescia	19.632.541	0,97	554	36.522	36.848.931	1,82	22.798.975	1,13	2,95	18,25	4.764	1,16	0,38
Provincia Como	12.006.169	1,17	412	24.854	22.674.880	2,21	12.246.864	1,20	3,41	20,66	9.575	1,02	0,35

ferro e per via d'acqua) si evince che l'unica tendenza chiara nel periodo considerato è rappresentata dall'aumento dei ricavi cresciuti del 6,8% dal 2012 al 2015. Tuttavia questo andamento trova motivazione essenzialmente negli aumenti tariffari (peraltro in linea con l'inflazione calcolata dall'Istat) e non nell'aumento dei passeggeri trasportati che negli anni esaminati non fa rilevare un andamento monotono e comunque presenta variazioni in più o in meno di un diverso ordine di grandezza (1%). Anche la

show that the only clear trend in this period is the increase in revenues, which grew by 6.8% from 2012 to 2015. However, this trend is mainly due to the tariff increases (more over in line with the inflation calculated by Italian Central Institute of Statistics - Istat) and not to the increase in passengers which in these years does not show a monotonous trend and in any case shows variations in more or less of a different magnitude (1%). Also the change of the employees over the years does not draw a definite trend.

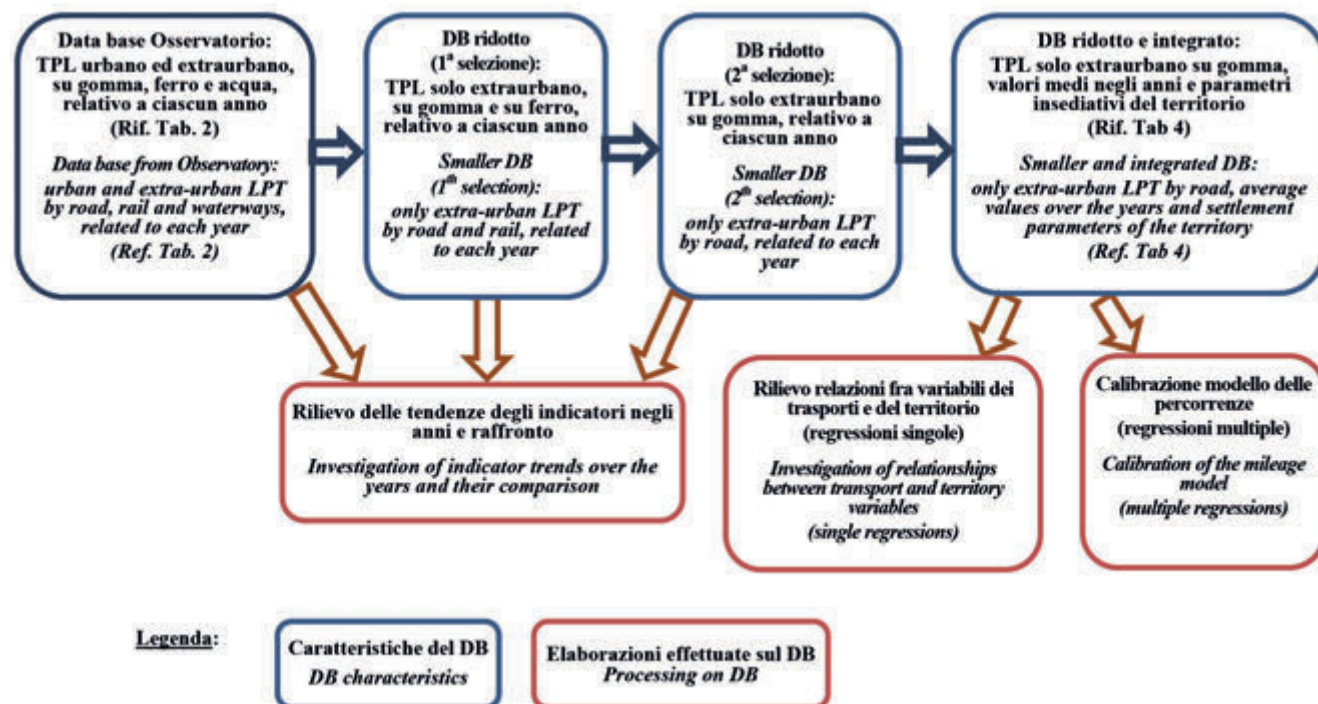


Figura 2 - Schema a blocchi dei data base utilizzati e delle elaborazioni sviluppate.
Figure 2 - Block diagram of the databases used and the developed processing.

variazione degli addetti negli anni non disegna un andamento definito.

L'evoluzione disegnata dai soli servizi extraurbani su gomma e su ferro (Fig. 4) ha confermato solo in parte gli andamenti rilevati sull'insieme urbano ed extraurbano di tutti i modi di trasporto. In particolare, si rileva una sostanziale invarianza delle percorrenze dei servizi extraurbani su gomma dal 2012 al 2013 e una flessione del -4% nel 2014, mentre quelli ferroviari prodotti nello stesso ambito subiscono una riduzione più marcata (circa il 5% nel 2013 e il 7% nel 2014 rispetto al 2012). In sintesi quindi i servizi su gomma si riducono nel complesso (Fig. 3) ed anche nel solo ambito extraurbano (Fig. 4)

The evolution designed only by road and rail extra-urban services (Fig. 4) has only partially confirmed the trends observed on the whole urban and extra-urban of all transport modes. In particular, there is a substantial invariance in the mileage of extra-urban road services from 2012 to 2013 and a decrease of -4% in 2014, while the railways produced in the same area undergo a more marked reduction (around 5% in 2013 and 7% in 2014 compared to 2012). In summary, therefore, road services are reduced overall (Fig. 3) and also in the only extra-urban area (Fig. 4); conversely railway services decrease in the extra-urban area (Fig. 4) but grow overall (Fig. 3), indicating an overall moving of a part of LPT resources from road to rail which, however, favours ur-

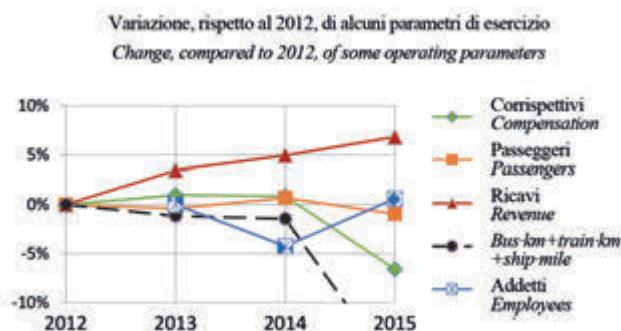
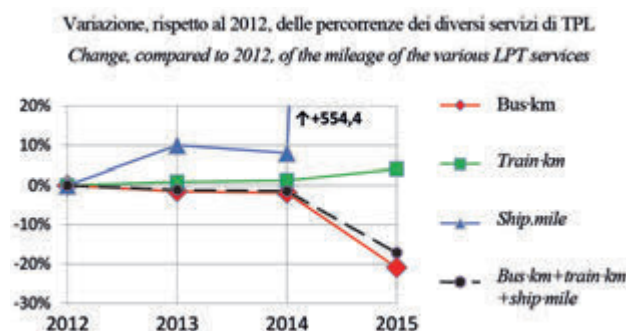


Figura 3 - Andamento, rispetto al 2012, delle percorrenze dei diversi modi e di alcuni parametri dell'esercizio con riferimento alla banca dati originale completa (trasporto urbano ed extraurbano, su gomma, ferro e via d'acqua).
Figure 3 - Trend, compared to 2012, of the mileage for different modes and of some operating parameters with reference to the complete original database (urban and suburban transport, by road, rail and water).

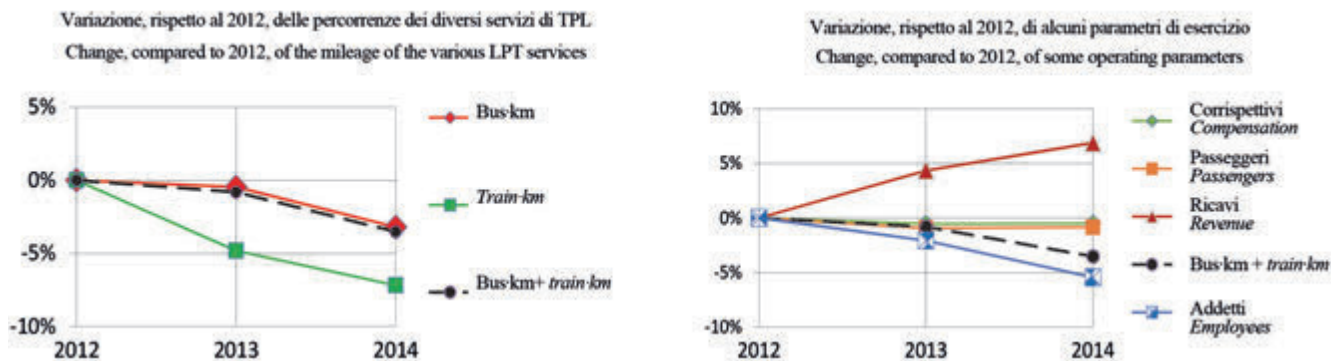


Figura 4 - Andamento, rispetto al 2012, delle percorrenze dell'offerta del TPL su strada e su ferrovia e di alcuni parametri dell'esercizio rilevato sul data base relativo ai soli servizi extraurbani su gomma e su ferro.
Figure 4 - Trend, compared to 2012 and related only to road and rail extra-urban TPL services, of the supplied mileages and some operating parameters.

mentre quelli ferroviari diminuiscono in ambito extraurbano (Figg. 3-4) ma crescono nel complesso (Fig. 3) denotando uno spostamento complessivo di una parte delle risorse del TPL dalla gomma al ferro che tuttavia privilegia i servizi ferroviari urbani a discapito di quelli extraurbani. Comunque l'aumento dell'insieme delle percorrenze ferroviarie urbane ed extraurbane e di quelle per via d'acqua (Fig. 3) spiega la complessiva riduzione dei servizi necessaria per finanziare, a parità di risorse impiegate, servizi più costosi quali quelli su ferro e per via d'acqua.

Sempre con riferimento ai soli servizi extraurbani su gomma e ferro, l'andamento di alcuni parametri di esercizio mette in luce una sostanziale invarianza, rispetto al 2012, dei passeggeri trasportati e dei corrispettivi a fronte di una tendenza alla crescita dei ricavi ed alla riduzione delle percorrenze complessive (bus + treni) e degli addetti. In particolare questi ultimi nel 2013 e 2014 fanno registrare una diminuzione rispettivamente del -2,1% e del -5,4%, più sensibile di quella delle percorrenze che resta limitata a -0,8% e -3,5% rispettivamente, denotando un incremento di produttività del personale. Allo stesso tempo i ricavi crescono del 4,3% nel 2013 e del 6,9% nel 2014 e ciò, in corrispondenza di una sostanziale invarianza dei passeggeri trasportati, è evidentemente da imputarsi ad aumenti tariffari.

La Fig. 5, che riporta le variazioni percentuali rispetto al 2012 di alcuni parametri dell'esercizio relativo ai soli servizi extraurbani su gomma, conferma alcuni degli andamenti mostrati dal complesso dei servizi extraurbani su gomma e ferro. In particolare si rileva anche per la gomma una tendenza all'aumento dei ricavi, sebbene più

ban railway services at the expense of extra-urban ones. However, the increase in the mileage of whole urban and extra-urban by rail and water services (Fig. 3) explains the overall reduction in services which was necessary to finance, by the same funds, more expensive services such as those on rail and waterway.

Again with reference only to extra-urban on road and rail services, the performance of some operating parameters highlights a substantial invariance, compared to 2012, of passengers and of compensation due to a trend towards a growth of revenue and a reduction of total mileage (bus + trains) and employees. In particular, the latter, in 2013 and 2014, register a reduction of -2.1% and -5.4%, more sensitive than that of the mileage which remains limited to -0.8% and -3.5% respectively, denoting an increase in staff productivity. At the same time, revenues grew by 4.3% in 2013 and

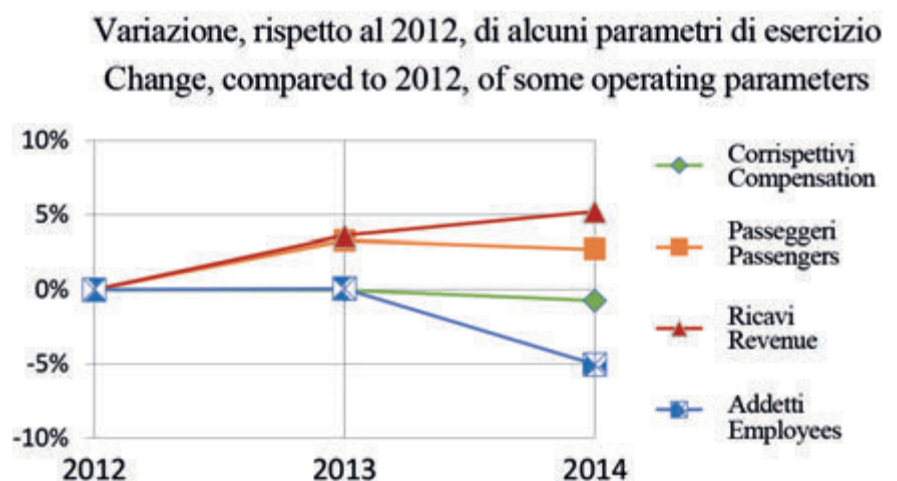


Figura 5 - Variazioni rispetto al 2012 di alcuni parametri dell'esercizio rilevato sul data base relativo ai soli servizi extraurbani su gomma (appaltati dagli enti che hanno competenza solo sul trasporto stradale).

Figure 5 - Changes, compared to 2012, in some operating parameters recorded on the database related only to extra-urban road services (entrusted by the authorities that have competence only for road transport).

contenuta di quella rilevata sul complesso extraurbano gomma + ferro (il 5% dal 2012 al 2014, contro il 7%) ma anche un leggero aumento dei passeggeri trasportati (+3,6% dal 2012 al 2013) e una sostanziale invarianza degli stessi dal 2013 al 2014. I corrispettivi totali sono pressoché costanti in valore assoluto nel periodo considerato. Il corrispettivo unitario, sostanzialmente invariato dal 2012 al 2013, pari a circa 1,87 Euro/bus-km, raggiunge 1,91 Euro/bus-km nel 2014 realizzando quindi un aumento del 2% in linea con il tasso di inflazione.

Qualora gli andamenti accennati venissero confermati negli anni successivi, si configurerebbe la tendenza al potenziamento dei servizi su ferro limitatamente all'ambito urbano a discapito di quelli extraurbani e di tutti quelli su gomma sia urbani che extraurbani. Questo indirizzo, in assoluto condivisibile perché in linea con l'obiettivo di ridurre le esternalità prodotte dal sistema dei trasporti soprattutto nelle città, desta più di qualche preoccupazione circa il mantenimento dei livelli di accessibilità in ambito regionale. Infatti, se questo potenziamento dei servizi ferroviari urbani dovesse avvenire (come lascia prevedere lo stato della finanza pubblica) senza un incremento sensibile delle risorse messe in campo, c'è il rischio di una rilevante contrazione dei servizi extraurbani, in particolare di quelli a scarsa domanda che garantiscono i collegamenti con i territori a bassa densità insediativa. Non meno grave sarebbe la riduzione dei servizi extraurbani su gomma che rappresentano l'unica offerta di trasporto efficace nelle regioni in cui le infrastrutture ferroviarie presentano uno sviluppo limitato e standard obsoleti.

4.2. Le relazioni fra le variabili

Si sono messe in relazione a coppie, tra loro e con le caratteristiche del territorio, alcune variabili dell'esercizio legate alla quantità, all'efficienza e all'efficacia dei servizi di TPL extraurbani su gomma per evidenziare l'esistenza di possibili legami statistici. È da sottolineare che le relazioni fra territorio e trasporti si presentano generalmente complesse ed articolate e pertanto la correlazione fra due sole variabili, ancorché significativa e talvolta intuitiva, presenta sempre un R^2 sensibilmente inferiore ad 1 perché di solito "disturbata" da numerose altre variabili. Di conseguenza, le soglie di qualità per i valori di R^2 sono state così individuate:

- ✓ $R^2 \geq 0,60$ → relazione forte
- ✓ $0,30 \leq R^2 < 0,60$ → relazione media
- ✓ $0,10 \leq R^2 < 0,30$ → relazione debole
- ✓ $R^2 < 0,10$ → relazione non significativa

I risultati sintetici di tutte le regressioni sono riportati in forma matriciale nella Tab. 5.

Successivamente sono discussi soltanto i risultati più importanti emersi dalle regressioni, suddivisi in base alla variabile indipendente considerata di volta in volta.

by 6.9% in 2014 and this, in correspondence with a substantial invariance of the carried passengers, is evident to be attributed to fares increase.

Fig. 5, which shows the percentage changes compared to 2012 of some operating parameters related only to extra-urban road services, confirms some of the trends shown by the complex of extra-urban road and rail services. In particular, there is, also for road, a tendency to increase revenues, although it is more restrained than that found for the whole extra-urban road + rail (5% from 2012 to 2014, against 7%) but also a slight increase in passengers transported (+ 3.6% from 2012 to 2013) and a substantial invariance between 2013 and 2014. Total compensation is almost constant in absolute value in the period in question. The unit compensation, substantially unchanged from 2012 to 2013 and roughly equal to 1.87 Euro/bus km, reaches 1.91 Euro/bus km in 2014, thus achieving a 2% increase in line with the inflation rate.

If the aforementioned trends were confirmed in the following years, there would be a tendency to strengthen the rail services limited to the urban area to the detriment of the extra-urban ones and all those on the road both urban and extra-urban. This address, which is absolutely acceptable because it is in line with the aim of reducing the externalities produced by the transport system, especially in cities, raises more than any concern about maintaining accessibility levels in the regional context. In fact, if this strengthening of urban railway services should take place without a significant increase in the funds deployed (as the state of public finance suggests), there is a risk of a significant contraction in extra-urban services, in particular those with poor demand that guarantee connections with low settlement density territories. No less worrying would be the reduction in extra-urban road services since the latter represent the only effective transport offer in regions where railway infrastructure has limited development and obsolete standards.

4.2. Relationships between variables

Some operating variables related to the quantity, efficiency and effectiveness of the extra-urban LPT road service were been in pairs, with each other and with the characteristics of the territory, to highlight possible statistical links. It should be emphasized that the relations between the territory and transport are generally complex and therefore the correlation between only two variables, although significant and sometimes intuitive, always has a correlation coefficient (R^2) significantly lower than 1 because it is usually "disturbed" by numerous other variables. Consequently, the quality thresholds for the R^2 values have been set as follows:

- ✓ $R^2 \geq 0,60$ → strong relationship
- ✓ $0,30 \leq R^2 < 0,60$ → medium intensity relationship
- ✓ $0,10 \leq R^2 < 0,30$ → weak relationship
- ✓ $R^2 < 0,10$ → non-significant relationship.

Tabella 5 – Table 5

Risultati delle regressioni fra le variabili calcolate sui valori medi nell'intervallo 2012-2014 del data base limitato ai soli ambiti provvisti soltanto di servizi extraurbani su gomma: tipo di curva di migliore interpolazione e relativo coefficiente di correlazione

Results of the regressions between the variables calculated on the average values in the 2012-2014 interval of the database limited to the areas provided only with extra-urban road services: type of curve of best interpolation and related correlation coefficient

			Variabili del trasporto pubblico su gomma Road public transit variables								
	<div>X Y→ ↓</div>	Offerta (percorrenze) Supply (mileage)	Densità di offerta (percorrenza /superficie) Supply density (mileage / surface)	Dotazione di servizio pro capite (perc./pop) Per capita service supply (mileage/ inhab.)	Offerta venduta (passegg./percorr.) Supply sold (passengers/mileage)	Produttività addetti (percorr./addetti) Employee productivity (mileage/employees)	Ricavo per unità di prodotto Revenue per unit of product	Ricavo per unità di superficie Revenue per unit of surface	Ricavo per passeggeri trasportati Revenue per carried passenger	Costo per unità di prodotto Cost per unit of product	Coefficiente di esercizio (ricavi/costi) Operating factor (revenue/cost)
Variabili del territorio Territory variables	Media dell'altitudine dei comuni Average altitude of municipalities	P2 0,08	P2 0,05	P2 0,19	P2 0,14	P2 0,07	Ex 0,08	Ex 0,08	P2 0,04	P2 0,05	P2 0,08
	Deviazione standard dell'altitudine dei comuni Standard deviation of altitude of municipalities	P2 0,08	Lg 0,13	P2 0,19	Lg 0,02	Lg 0,04	P2 0,14	Lg 0,13	P2 0,09	P2 0,03	P2 0,16
	Media x deviazione standard dell'altitudine Average x standard deviation of altitude	P2 0,12	Ex 0,14	P2 0,19	P2 0,03	Lg 0,06	P2 0,06	Ex 0,11	P2 0,04	P2 0,03	P2 0,06
	Superficie Surface	P2 0,43	Pz 0,38	P2 0,02	Lg 0,20	P2 0,20	P2 0,15	Pz 0,41	Ex 0,03	Pz 0,19	P2 0,07
	Popolazione Inhabitants	P2 0,47	P2 0,06	Pz 0,30	P2 0,05	< 0,01	P2 0,01	P2 0,06	P2 0,03	P2 0,01	P2 0,03
	Densità insediativa (popolazione / supeficie) Settlement density (inhabitants / surface)	Ex 0,04	P2 0,89	Lg 0,27	Lg 0,35	Lg 0,13	Pz 0,21	P2 0,89	Pz 0,09	Pz 0,18	Pz 0,14
	Numero di comuni Number of municipalities	P2 0,39	< 0,01	P2 0,04	P2 <0,01	P2 0,05	Pz 0,02	Pz <0,01	P2 0,08	P2 0,02	Pz 0,05
	Popolazione comunale media Average municipal inhabitants	P2 0,07	P2 0,11	Ex 0,34	Lg 0,06	P2 0,01	P2 < 0,01	P2 0,09	Lg 0,16	< 0,01	P2 0,01
	Deviazione standard della popolazione comunale Standard deviation of municipal inhabitants	PZ 0,16	P2 0,09	Ex 0,26	P2 0,02	< 0,01	< 0,01	P2 0,08	Lg 0,09	< 0,01	P2 0,02
	Media x Dev. Standard della popolazione comunale Average x standard deviation of municipal inhabitants	Pz 0,09	P2 0,06	Ex 0,31	Pz 0,04	P2 <0,01	P2 <0,01	P2 0,05	Lg 0,14	P2 <0,01	P2 0,02
	Prodotto interno lordo (PIL) pro capite Per capita gross domestic product (GDP)	P2 0,10	Pz 0,10	P2 0,24	P2 0,08	Pz 0,02	P2 0,32	Pz 0,21	P2 0,14	Ex 0,05	P2 0,45

Tipo di relazione: Ex = esponenziale; Li = lineare; Lg = logaritmica; Pn = polinomiale di grado n; Pz = potenza
Relationship type: Ex = exponential; Li = linear; Lg = logarithmic; Pn = polynomial of n degree; Pz = power

■ = Relazione forte – strong relationship ($R^2 \geq 0,60$); ■ = relazione media – medium intensity relationship ($0,30 \leq R^2 < 0,60$);
■ = Relazione debole – weak relationship ($0,10 \leq R^2 < 0,30$); ■ = relazione non significativa – non-significant relationship ($R^2 < 0,10$).

La densità insediativa

Le relazioni più forti (coefficiente di correlazione $R^2 = 0,89$) sono risultate quelle fra la densità insediativa, da un lato, e la densità di offerta ed il ricavo per unità di superficie dall'altra (Figg. 6-7). Dette relazioni, pur risultando scontate in quanto conseguenza dell'intuitivo rapporto di

The summary results of all regressions are reported in matrix form in Tab. 5.

Subsequently, only the most important results emerging from the regressions are discussed, divided according to the independent variable considered from time to time.

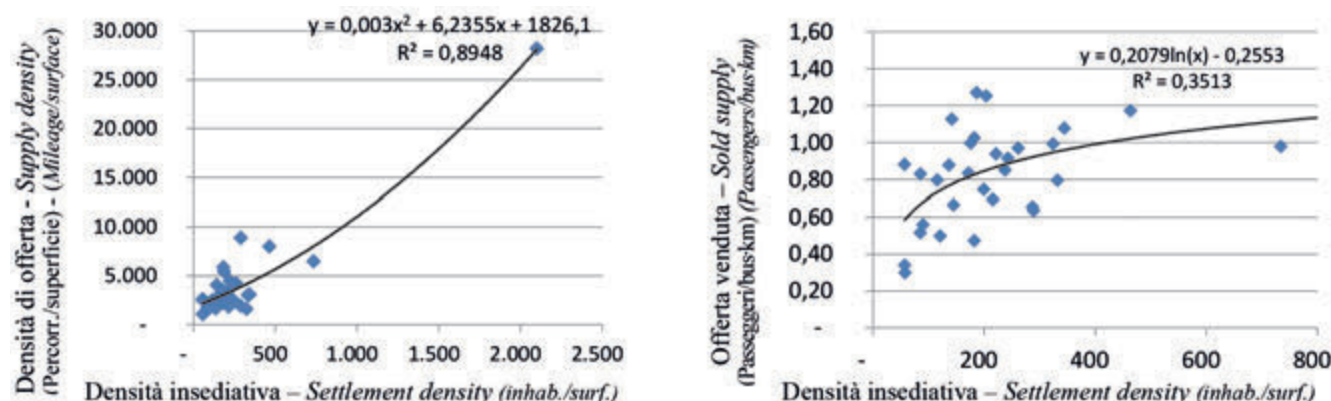


Figura 6 - Effetti della densità insediativa sulla densità di offerta (percorrenze/superficie) e sull'offerta venduta (passeggeri/percorrenze).

Figure 6 - Effects of settlement density on the supply density (mileage/surface) and on the sold supply (passengers/mileage).

causa-effetto fra popolazione insediata, quantità di servizio necessario e conseguenti ricavi da traffico realizzati, rappresentano tuttavia una riprova di quanto i residenti nelle aree scarsamente insediate siano ancora oggi penalizzati in termini di disponibilità di servizi di trasporto pubblico e quindi di accessibilità.

Comprensibile, e peraltro attesa, è la discreta relazione ($R^2 = 0,35$) riscontrata fra offerta venduta (passeggeri/percorrenza) e densità insediativa (abitanti/superficie), (secondo diagramma di Fig. 6). Ne consegue che al crescere della popolazione insediata per unità di superficie aumenta il numero di passeggeri trasportati per unità di percorrenza offerta e di conseguenza la possibilità di incremento dei ricavi, a riprova della maggiore facilità che generalmente incontra il trasporto pubblico a soddisfare le esigenze della domanda nelle aree con densità insediative elevate. Emerge chiaramente l'inadeguatezza del fattore di carico e del coefficiente di esercizio come indicatori di efficacia sui cui basare i meccanismi premiali di distribuzione del FNT fra le regioni. Infatti, come è noto, i meccanismi premiali, per rispondere anche a criteri di equità, devono essere applicati a concorrenti che presentano le stesse condizioni di partenza e le stesse possibilità di raggiungere i valori obiettivo fissati. Pertanto i criteri di attribuzione di risorse del FNT direttamente proporzionali all'efficacia dei servizi possono risultare equi solo se applicati a territori che presentano le stesse caratteristiche e perciò innanzitutto la stessa densità insediativa. In assenza di questo presupposto, i meccanismi premiali dell'efficacia realizzano un paradosso cioè quello di sovvenzionare in maggiore misura i territori che, grazie a condizioni insediative e/o economiche più favorevoli, possono contare su ricavi da traffico più elevati.

Una debole relazione ($R^2 = 0,21$) rappresentata da una funzione crescente meno che linearmente, del tipo $[y = a \cdot x^b]$, si riscontra fra i ricavi per unità di percorrenza e la densità insediativa (il relativo diagramma è stato omesso per brevità). Questo risultato è in linea con quanto ci si poteva attendere, poiché è presumibile che una densità in-

Settlement density

The strongest relationships (correlation coefficient $R^2 = 0.89$) were those between the settlement density, on the one hand, and the supply density and the revenue per unit area on the other (Figs. 6 and 7). These reports, while being taken for granted as a consequence of the intuitive cause-and-effect relationship between the population, the amount of service needed and the resulting traffic revenues, nevertheless represent a proof of how much the residents in the sparsely settled areas are still today penalized in terms of availability of public transport services and therefore accessibility.

The discrete relationship ($R^2 = 0.35$) recorded between the supply sold (passengers/mileage) and the settlement density (inhabitants/surface) is understandable, and expected, (according to the diagram in Fig. 6). It follows that as the population per surface unit increases, the number of passengers transported per unit of supply mileage increases and consequently the possibility of rising revenue, reflecting the greater ease that public transport generally finds to meet demand needs in areas with high settlement density. The inadequacy of the load factor and the operating factor (revenue/cost) clearly emerges as efficacy indicators on which to base the reward mechanisms of distribution of the FNT among the regions. In fact, as is known, the reward mechanisms, to also meet equity criteria, must be applied to competitors who have the same starting conditions and the same possibilities to achieve the set target values. Therefore, the criteria for allocating FNT resources directly proportional to the effectiveness of the services can be fair only if applied to territories that have the same characteristics and therefore first and foremost the same settlement density. In the absence of this assumption, the reward mechanisms of effectiveness create a paradox that is to subsidize to a greater extent the territories which, thanks to more favourable settlement and/or economic conditions, can count on higher traffic revenue.

A weak relationship ($R^2 = 0.21$), represented by a function less than linearly increasing, of the type $[y = a \cdot x^b]$, is

sediativa più elevata contribuisca ad aumentare il numero di potenziali utenti e quindi dei ricavi. Tuttavia il coefficiente di determinazione basso, che evidentemente non dà certezza della relazione trovata, è probabilmente causato anche dall'azione di disturbo prodotta dal parametro "tariffe" sul fenomeno rilevato. Infatti i ricavi dipendono anche da questo parametro che assume valori sensibilmente diversi da una regione all'altra.

Appena accennata ($R^2 = 0,18$) la relazione statistica fra il costo unitario del servizio e la densità insediativa (Fig. 7). Naturalmente anche in questo caso il basso coefficiente di correlazione trova probabilmente una causa importante nella differenziazione delle tariffe fra le Regioni. Infatti il costo di ciascun servizio è stato assunto, in questo studio (nell'ipotesi di vigenza di contratti net-cost), come somma dei corrispettivi totali e dei ricavi da traffico. È presumibile che, qualora si potessero sterilizzare i ricavi rispetto alle tariffe, si raggiungerebbero coefficienti di correlazione più elevati.

L'altitudine

Le curve di Fig. 8 dimostrano nell'insieme una influenza debole e contrastante dell'altitudine sulla dotazione di servizio pro-capite (percorrenze/popolazione). Infatti, in presenza di differenze contenute delle quote dei centri presenti, l'aumento della deviazione standard dell'altitudine fa crescere le percorrenze ma quando la deviazione standard supera un valore soglia, la ulteriore crescita si accompagna ad una contrazione dell'offerta. Lo stesso andamento con analogo valore di R^2 presenta la regressione (non riportata nelle figure per brevità) fra la medesima variabile dipendente ed il prodotto della media per la deviazione standard dell'altitudine. Quest'ultima variabile riveste un importante significato fisico in quanto permette di tener conto contemporaneamente di due aspetti dell'altitudine che influenzano in modo differente la lunghezza e gli standard dei collegamenti stradali, e che sono rappre-

found between revenue per mileage unit and settlement density (the related diagram has been omitted for brevity). This result is in line with what could be expected, since it is presumed that a higher settlement density will contribute to increase the number of potential users and therefore of revenue. However, the low determination coefficient, which obviously does not give certainty of the relationship found, is probably also caused by the disturbing action produced by the "fares" parameter on the phenomenon detected. In fact, revenue also depends on this parameter which is significantly different from one region to another.

The statistical relationship between the service unit cost and the settlement density is hardly noticeable ($R^2 = 0.18$) (Fig. 7). Naturally, in this case too, the low correlation coefficient probably finds an important cause in the differentiation of tariffs between the Regions. In fact, the cost of each service was assumed, in this study (in the hypothesis of net-cost contracts), as the sum of the total compensation and traffic revenue. It is presumed that, if revenue could be sterilized with respect to fares, higher correlation coefficients would be reached.

Altitude

The curves of Fig. 8 overall demonstrate a weak and contrasting influence of altitude on Per capita service supply (mileage / inhabitants). In fact, in presence of differences between the elevation of the centres, the rise of the standard deviation of the altitude increases the mileage but when the standard deviation exceeds a limit value, the rise is accompanied by a contraction in the supply. The regression by the same dependent variable and the "product of the average for the standard deviation of the altitude" (not shown in the Figs for brevity) draws the same trend with a similar value of R^2 . The latter independent variable has an important physical significance since it lets to simultaneously take into account two aspects of the altitude which influence the length and standards of road connections dif-

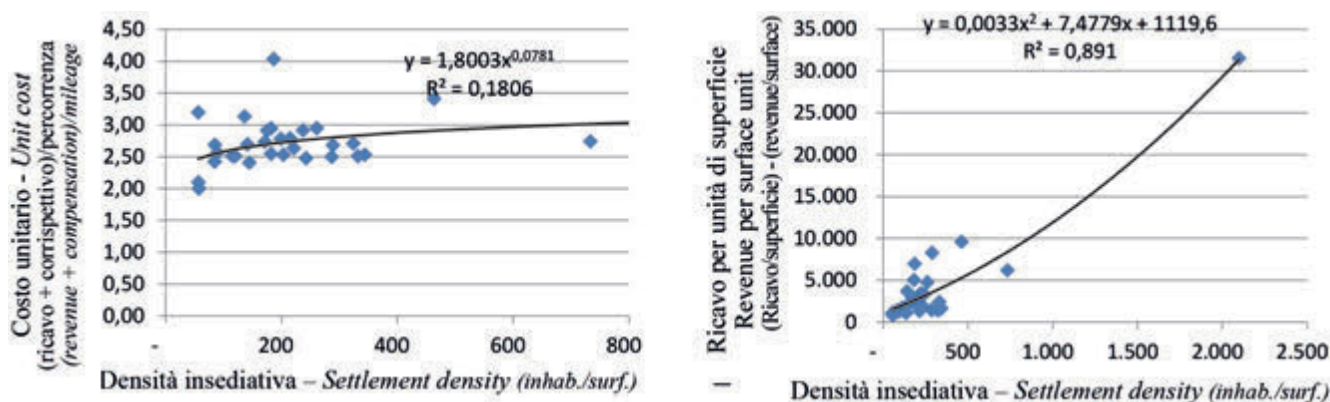


Figura 7 - Andamento del costo unitario del servizio (ricavi + corrispettivi) e del ricavo per unità di superficie al variare della densità insediativa.

Figure 7 - Performance of the service unit cost (revenue + compensation) and of the revenue per unit surface as the settlement density changes.

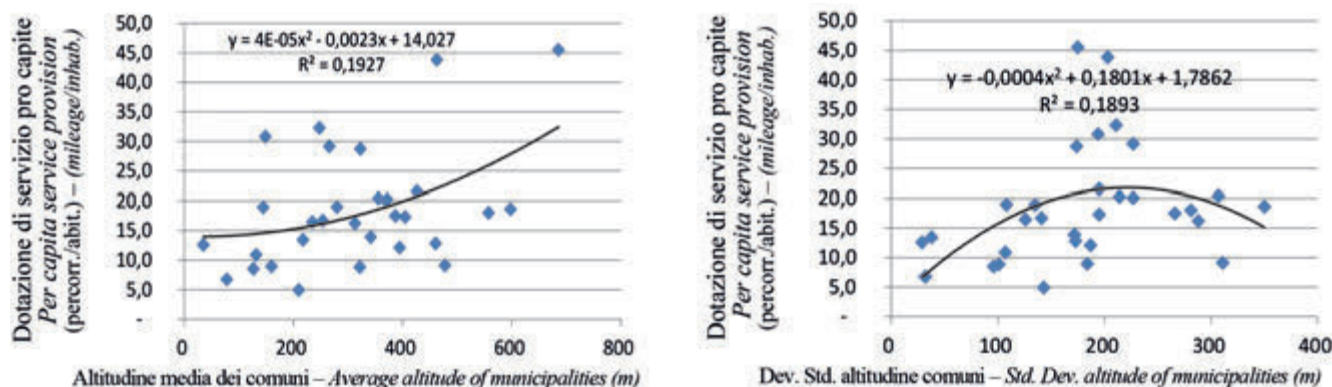


Figura 8 - Incidenza dell'altitudine (come media e deviazione standard della quota dei centri comunali) sulla dotazione di servizio pro-capite (percorrenze/popolazione).

Figure 8 - Effect of altitude (as the average and standard deviation of the municipal centres elevation) on the per capita service supply (distances / population).

sentati dalla quota media e dalla variazione di tale caratteristica nell'ambito del territorio esaminato. Infatti il valore della quota media è maggiormente rappresentativo dei dislivelli da superare nei collegamenti esterni verso altri territori con differente valore di questo parametro rispetto al territorio esaminato, mentre la deviazione standard è una dimensione dei dislivelli da superare nei collegamenti interni. L'andamento di quest'ultima relazione, che evidenzia prima un aumento e successivamente una riduzione della dotazione di servizio pro-capite al crescere della variabile composta "media per deviazione standard dell'altitudine", trova una probabile spiegazione nella nota dinamica evolutiva della popolazione all'interno dei territori montuosi. In sostanza, finché la quota media e i dislivelli interni al territorio presentano valori non elevati, la tendenza al trasferimento della popolazione verso i comuni a quota minore (che di solito presentano anche dimensioni maggiori) si mantiene contenuta e ciò fa emergere l'esigenza di un aumento della quantità di servizi di TPL pro-capite al crescere della quota media e dei dislivelli. Quando invece i dislivelli all'interno del territorio considerato diventano elevati, le difficoltà di collegamento e le scarse opportunità offerte dai comuni più piccoli a quota maggiore intensificano il trasferimento della popolazione verso le valli determinando una sorta di abbandono delle aree a quota maggiore con conseguente riduzione della dotazione di servizi di TPL pro capite media. Gli stessi andamenti, sebbene con coefficienti di correlazione ancora più bassi e quindi non significativi, si rilevano per la densità di offerta (percorrenze/superficie) in funzione delle stesse variabili derivate dall'altitudine.

Il numero di comuni e la popolazione comunale media

Interessante, anche se solo di intensità media, la correlazione fra la dimensione insediativa media dei comuni ricadenti nell'area servita (popolazione / numero dei comuni) e la dotazione di servizio pro-capite (percorrenze / abitanti) ($R^2 = 0,34$) riportata in Fig. 9 che evidenzia come

ferently, and which are represented by the average altitude and by the variation of this characteristic in the examined territory. In fact, the value of the average altitude is substantially representative of the differences in height to be overcome in the external connections toward other territories with different average altitude, while the standard deviation is a dimension of the differences in height to be overcome in the internal connections. The non-monotonous trend of the per capita service supply related to the growth of the compound variable "average for standard deviation of the altitude" is probably explained in the known evolutionary dynamics of the inhabitants in the mountainous territories. Basically, until the average altitude and the differences in level within the territory have not high values, the phenomenon of population transfer towards the municipalities at smaller elevation (municipalities that usually also has larger dimensions) remains limited and this produces the need for an increase in the per capita amount of LPT services as the average and differences of elevation grow. When, on the other hand, the differences in elevation within the considered territory become higher, the difficulties of connection and the limited opportunities offered by the smaller municipalities intensify the population transfer toward the valleys, causing a sort of abandonment of the more elevated areas, resulting in an overall decrease of per capita LPT services. Similar trends, although with even lower and therefore insignificant correlation coefficients, are found for the supply density (mileage / surface) as a function of the same variables derived from the altitude.

Number of municipalities and average municipal population

Interesting, even if only of medium intensity, is the correlation between the average settlement size of the municipalities in the served area (population/number of municipalities) and the per capita service supply (mileage/inhabitants) ($R^2 = 0.34$) shown in Fig. 9 which highlights how the

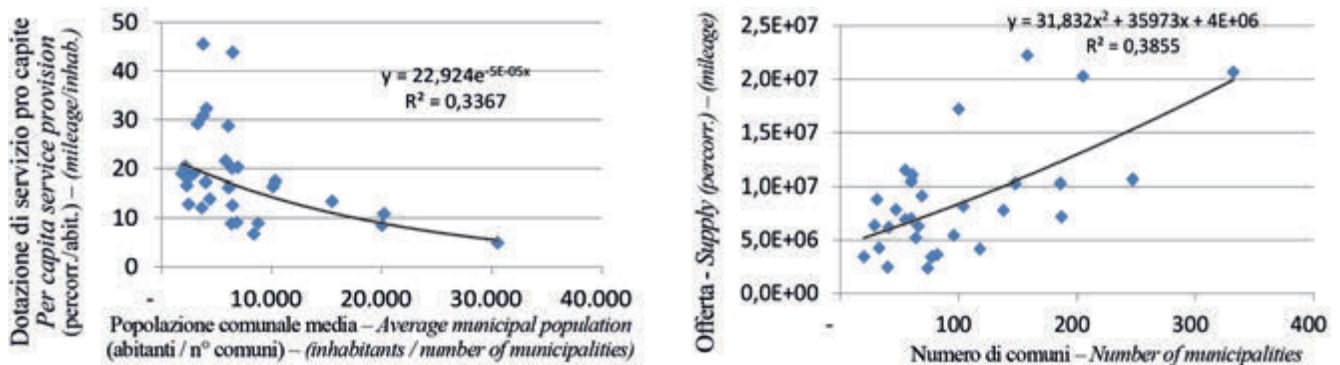


Figura 9 - Effetto della tipologia insediativa (popolazione comunale media e numero di comuni) rispettivamente sulla dotazione di servizio pro-capite (percorrenze / popolazione) e sull'offerta complessiva (percorrenze).

Figure 9 - Effect of the settlement typology (average municipal population and number of municipalities) respectively on the per capita service provision (mileage/inhabitants) and on the overall service supply (mileage).

la dimensione insediativa dei comuni giochi a sfavore della dotazione pro-capite. Ciò è conseguenza della maggiore efficacia del trasporto pubblico nel servire una domanda più concentrata che permette di contenere la dotazione pro-capite di TPL nei territori con centri di dimensione maggiore senza ripercussioni negative sul numero di collegamenti offerti. Più significativa ($R^2=0,39$) la relazione, con andamento crescente più che linearmente, fra il numero di comuni presenti nell'area servita e la percorrenza complessivamente offerta (secondo diagramma di Fig. 9) che mostra l'importanza del numero di comuni dell'area sulla quantità di servizio necessario.

settlement dimension of the municipalities plays against the per capita supply. This is a consequence of the greater effectiveness of public transport in serving a more concentrated demand which allows to reduce the per capita supply of LPT in areas with larger centres, without negative repercussions on the number of supplied connections. More significant ($R^2 = 0.39$) the relationship, with an increasing trend more than linearly, between the number of municipalities in the area served and the overall of mileage (according to the diagram in Fig. 9) which shows the importance of the number of municipalities of the area on the amount of service needed.

Il prodotto interno lordo

Debole ma significativa è la relazione fra prodotto interno lordo pro-capite e dotazione di servizio pro-capite (percorrenze/popolazione) (Fig. 10). Questa relazione, di tipo parabolico, denota un vantaggio attribuito alle aree con valori intermedi del PIL pro-capite e dimostra che l'attuale ripartizione delle risorse nazionali per il TPL non persegue di fatto obiettivi di perequazione. Infatti, se così fosse, l'andamento di questa relazione dovrebbe essere decrescente perché la distribuzione delle risorse del FNT dovrebbe privilegiare le Regioni con PIL pro-capite minore che, per effetto di una minore disponibilità di risorse, hanno più difficoltà ad assicurare i servizi di TPL necessari. Ne consegue che, ad oggi, i cittadini residenti in diverse Regioni non possono disporre dei medesimi livelli minimi di accessibilità interna al proprio territorio prodotta dal TPL. Peraltro il diverso PIL pro-capite influisce anche sulla capacità degli utenti di contribuire al servizio pagando ta-

Gross domestic product

Weak but significant is the relationship between per capita gross domestic product and per capita service provision (mileage/inhabitants) (Fig. 10). This parabolic rela-

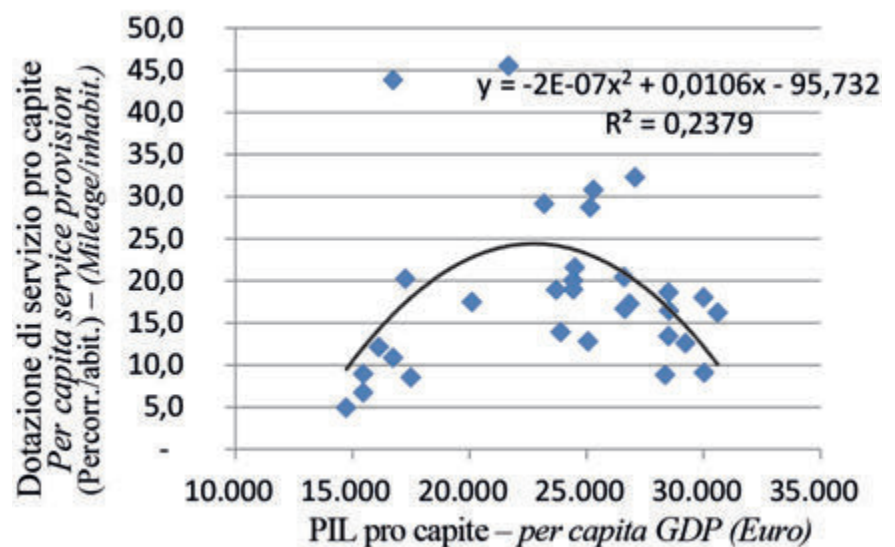


Figura 10 - Incidenza del PIL pro-capite sulla dotazione pro-capite di servizio.

Figure 10 - Impact of per capita GDP on per capita service provision.

riffe più elevate e quindi di consentire il raggiungimento di maggiori ricavi per unità di prodotto (relazione con $R^2 = 0,32$) e valori più elevati del coefficiente di esercizio ($R^2 = 0,45$), secondo le curve di Fig. 11. Ciò rafforza quanto detto in precedenza sulla iniquità dei meccanismi premiali di ripartizione del Fondo Nazionale Trasporti (FNT) basati essenzialmente sul coefficiente di riempimento e sul coefficiente di esercizio.

Variabili di esercizio messe in relazione tra loro

Piuttosto sfumata ($R^2 = 0,22$) risulta la relazione dell'offerta venduta (passeggeri/percorrenze) con la densità di servizio (percorrenza/superficie), a conferma della minore incidenza di quest'ultima variabile rispetto alla densità insediativa sui parametri che caratterizzano il servizio di TPL. La relazione in questione è riprodotta in Fig. 12.

La percorrenza rapportata al numero di addetti, che come è noto rappresenta una misura della produttività media degli addetti e quindi dell'efficienza produttiva, è

relationship denotes an advantage attributed to the areas with intermediate values of per capita GDP and shows that the current distribution of national resources for LPT does not pursue de facto equalization targets. In fact, if this were the case, the progress of this relationship should be decreasing because the distribution of the resources of the FNT should privilege the regions with lower per capita GDP which, due to a lower availability of resources, have more difficulties in ensuring the needed services of TPL. It follows that, to date, citizens residing in different regions cannot have the same minimum levels of internal accessibility to their territory produced by LPT. Moreover, the different per capita GDP also affects the ability of users to contribute to the service by paying higher fares and therefore to allow the achievement of higher revenues per unit of product (relationship with $R^2 = 0.32$) and higher values of the operating factor ($R^2 = 0.45$), according to the curves of Fig. 11. This reinforces what has been said previously on the inequity of the reward mechanisms of the Italian National Transportation Fund (FNT) based essentially on the load factor and the operating factor.

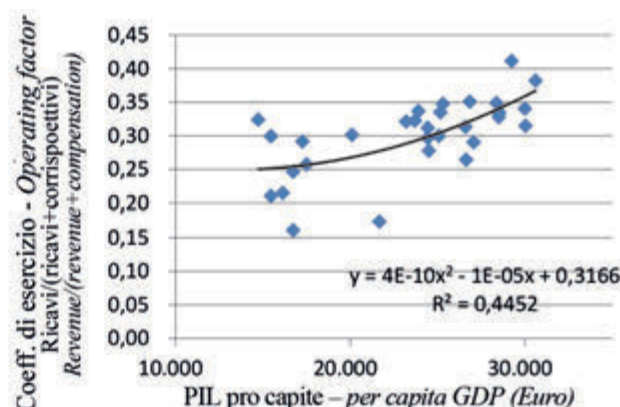
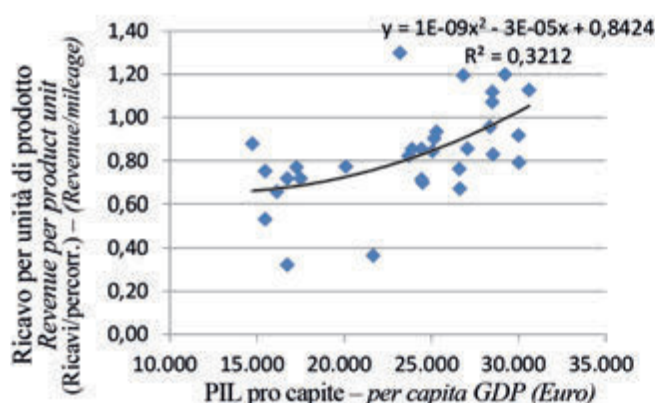


Figura 11 - Incidenza del PIL pro-capite sul ricavo per unità di prodotto e sul coefficiente di esercizio.
Figure 11 - Impact of per capita GDP on revenue per product unit and on the operating factor.

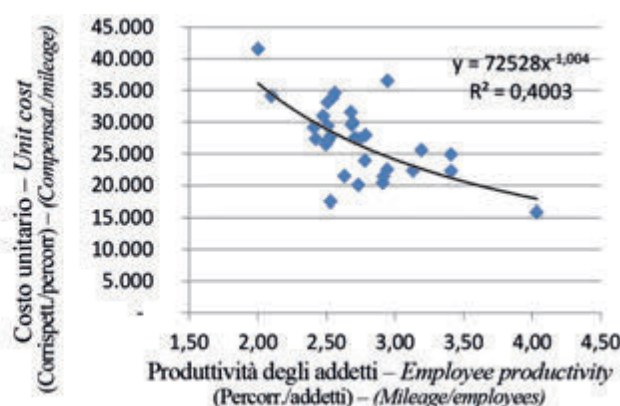
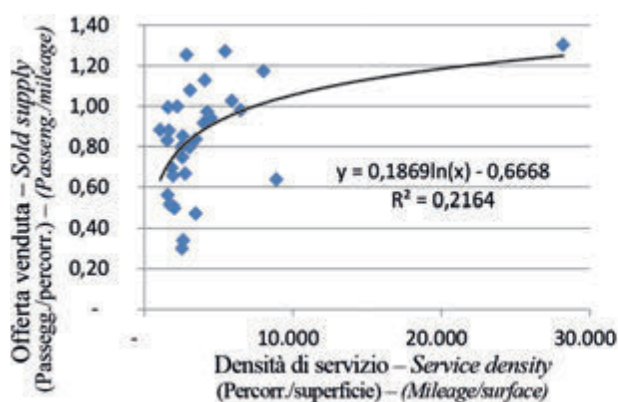


Figura 12 - Andamento dell'offerta venduta in funzione della densità di servizio, e del costo unitario del servizio in funzione della produttività specifica degli addetti.

Figure 12 - Trend of the sold supply as a function of the service density, and trend of the service unit cost as a function of the employee productivity.

stata posta in relazione anche con la densità di servizio (percorrenze/superficie) senza che emergessero relazioni statistiche fra le variabili considerate ($R^2 = 0,1$). Per contro si è rilevata una certa tendenza (con valori di $R^2 = 0,40$) alla diminuzione del costo unitario del servizio (assunto come la somma dei corrispettivi totali e dei ricavi rapportata alle percorrenze sviluppate) con il crescere della produttività (percorrenze/addetti) (Fig. 12), che conferma l'importanza di quest'ultimo parametro fra i driver di costo.

5. Un modello per la determinazione del fabbisogno standard

È ormai generalmente condiviso il principio che la ripartizione fra le regioni delle risorse statali per garantire qualsiasi servizio pubblico debba basarsi sul prodotto fra il fabbisogno standard ed il costo standard unitario del servizio così da garantire a tutti i cittadini gli stessi livelli essenziali di prestazioni ed efficientare la spesa nel settore. Con riferimento al trasporto pubblico locale, il MIT ha elaborato le metodologie e i parametri per calcolare il costo standard (D.M. 157/2018, trattato in precedenza) ma non ha ancora fatto altrettanto per la determinazione del fabbisogno standard.

Per contribuire a superare i limiti dei meccanismi di ripartizione in vigore si è costruito un modello statistico per la determinazione del fabbisogno standard di servizio di trasporto pubblico extraurbano su gomma che, pur basandosi su dati storici, cioè sulle percorrenze offerte registrate dall'Osservatorio, ne assume la validità complessiva in termini di fabbisogno di servizio e le mette in relazione con le caratteristiche del territorio, evitando tuttavia di portare in conto fattori legati all'efficacia o all'efficienza del servizio. Questi ultimi fattori infatti, sono condizionati dalle caratteristiche insediative ed economiche dell'area servita e quindi tendono a penalizzare i territori che presentano una domanda di mobilità debole e diffusa ed una capacità contributiva ridotta.

La procedura di costruzione del modello di fabbisogno standard si articola nei seguenti passi:

- Selezione delle variabili esplicative (indipendenti) e della variabile (dipendente), descrittiva del fenomeno analizzato;
- verifica della esistenza di una relazione significativa fra la variabile dipendente e ciascuna delle variabili indipendenti attraverso l'utilizzo del test F a due campioni per varianze;
- determinazione dei coefficienti del modello attraverso una regressione multipla delle variabili considerate e valutazione dei parametri della regressione con particolare attenzione al coefficiente di correlazione R^2 ;
- verifica di eventuale collinearità fra le variabili esplicative attraverso la determinazione del VIF (Variance inflation factor).

Il data base utilizzato è riferito al TPL extraurbano su

Operating variables related to each other

The relationship between the sold supply (passengers/mileage) and the service density (mileage/surface) is rather nuanced ($R^2 = 0.22$), confirming the lower incidence of the latter variable compared to the settlement density on the parameters that characterize the LPT service. The relationship in question is depicted in Fig. 12.

The mileage compared to the number of employees, which as is known represents a measure of the average productivity of the employees and therefore of the production efficiency, was also related to the service density (mileage/surface) without any statistical relationships between these variables emerging ($R^2 = 0,1$). On the other hand, there was a certain tendency (with values of $R^2 = 0.40$) to decrease the unit cost of the service (taken as the sum of the total compensation and the revenue, divided for the produced mileage) with the increase in productivity (mileage/employees) (Fig. 12), which confirms the importance of this latter parameter among the cost drivers.

5. Model to estimate the standard requirement

The principle is generally accepted that the allocation among the regions of the State funds to subsidize any public service must be based on the product between the standard requirement and the standard unit cost of the service so as to guarantee all citizens the same essential levels of performance and make the public spending more efficient. With reference to local public transport, the Italian Ministry of Infrastructures and Transport (MIT) has developed methodologies and parameters to calculate the standard cost (Ministerial Decree 157/2018, treated previously) but has not yet done the same to estimate the standard requirement.

In order to help overcome the limits of the distribution mechanisms in force, a demo statistical model has been built to estimate the standard requirement for road public transit services. This model assumes that the supplied mileages recorded by the Observatory are the service needs of each area and relates them to the characteristics of the territory, leaving out factors that concern the service effectiveness or efficiency. In fact, the latter factors are conditioned by the settlement and economic characteristics of the area served and therefore tend to penalize the territories that have a weak and widespread demand for mobility and a reduced contribution capacity.

The procedure to build the standard requirement model is divided into the following steps:

- *Select the explanatory variables (independent) and descriptive of the analysed phenomenon variable (dependent);*
- *verify the existence of a significant relationship between the dependent variable and each of the independent variables by the two-sample F test for variances;*
- *determine the model coefficients through a multiple regression of the considered variables and evaluation of*

gomma disposto da 31 province che non gestiscono servizi con modalità diverse dalla gomma e contempla, per ogni variabile in esso considerata, la media dei valori relativi agli anni 2012, 2013 e 2014.

La variabile dipendente è rappresentata dalle percorrenze espresse in bus km/anno mentre le variabili indipendenti, attraverso le quali si vuole spiegare il fenomeno delle percorrenze prodotte dal servizio, sono state selezionate sulla base delle regressioni singole sviluppate fra ciascuna variabile relativa al territorio e le percorrenze (Tab. 5). Le variabili selezionate sono in linea di principio in grado di influire sulle percorrenze, dal momento che queste ultime sono notoriamente proporzionali alla estensione del territorio da servire ed alla popolazione insediata, oltre che all'altitudine media e alla differenza di altitudine dei centri da collegare, parametri che influiscono sulla lunghezza dei percorsi necessari per realizzare i collegamenti. Inoltre la numerosità dei comuni aumenta il numero di connessioni necessarie e quindi le percorrenze complessivamente prodotte, così come la differenza fra le dimensioni insediative dei comuni ne aumenta la interdipendenza funzionale che influisce sulla domanda di trasporto e quindi sulla necessità di corse. Come già accennato in precedenza, si è deliberatamente evitato di considerare il prodotto interno lordo, il numero di addetti al servizio, i passeggeri trasportati, i corrispettivi pagati ed i ricavi da traffico, proprio perché si vuole che il modello costruito possa rappresentare la quantità di servizio resa necessaria dalle sole caratteristiche insediative del territorio, indipendentemente dalla sua capacità contributiva o dalla efficienza ed efficacia dei servizi di TPL erogati.

Per verificare la significatività di ciascuna variabile selezionata è stato condotto un test F che mette in luce la probabile esistenza di una relazione tra la variabile dipendente e ciascuna variabile esplicativa (indipendente) attraverso il confronto delle varianze di due campioni rappresentati dai valori assunti nel data base dalle due variabili. Questo test prevede la verifica dell'ipotesi nulla consistente nell'uguaglianza a 0 del coefficiente di regressione, il che implica l'inesistenza di qualsiasi relazione tra variabile dipendente ed indipendente. Se l'ipotesi 0 non è verificata ne consegue invece che può esistere una relazione fra le variabili messe a confronto. Il test utilizza la statistica F avente una distribuzione di Fisher con p ed $n-p-1$ gradi di libertà, dove n è la numerosità del campione e p è il numero di variabili esplicative del modello che nel confronto di varianze vale zero perché ciascuna variabile è presa singolarmente nel calcolo della varianza; infine è $F = (X/m) / (Y/n)$, dove X e Y sono variabili aleatorie indipendenti con rispettive distribuzioni chi quadrato con m ed n gradi di libertà. Il valore trovato di F va confrontato con F_U che è il valore critico sulla coda di destra di una distribuzione di Fisher con p e $(n-p-1)$ gradi di libertà e con un livello di significatività α pari a 0,05. F_U rappresenta quindi il valore della distribuzione F di Fisher per cui la probabilità di trovare valori mag-

the parameters of the regression with particular attention to the correlation coefficient R^2 ;

- *verify any collinearity among the explanatory variables through the determination of the VIF (Variance inflation factor).*

The data base used refers to the extra-urban road LPT arranged by 31 provinces that do not manage services with methods other than road and, for each variable considered in it, it contemplates the average of the values for the years 2012, 2013 and 2014.

The dependent variable is the mileages expressed by bus km/year while the independent variables, through which we want to explain the phenomenon of mileage produced by the service, have been selected on the results of the single regressions developed between each variable relative to the territory and the mileage (Tab. 5). The selected variables are in principle able to influence the mileage, since the latter are notoriously proportional to the surface of the territory to be served and to the population settled, as well as the average altitude and the difference in altitude of the centres to be connected, parameters influencing the length of the paths needed for the connections. Furthermore, the number of municipalities increases the number of needed connections and therefore the overall produced mileages, as well as the difference between the settlement dimensions of the municipalities increases their functional interdependence which affects the demand for transport and therefore the need for rides. As previously mentioned, we have deliberately avoided considering the gross domestic product, the number of employees in the service, the passengers carried, the acknowledged compensations and the traffic revenues, precisely because we want the built model to represent the quantity of service made necessary only by the settlement characteristics of the territory, regardless of its contribution capacity or the efficiency and effectiveness of the provided LPT services.

To verify the significance of each selected variable, an F test was conducted, which highlights the probable existence of a relationship between the dependent variable and each explanatory variable (independent), by comparing the variances of two samples that are the values of the two variables within the database. This test checks the null hypothesis consisting in the regression coefficient equal to 0, which implies the absence of any relationship between dependent and independent variables. If hypothesis 0 is not verified, it follows that there may be a relationship between the variables compared. The test uses the F statistic having a Fisher distribution with p and $np-1$ degrees of freedom, where n is the sample size and p is the number of explanatory variables of the model which in the comparison of variances is zero because each variable is taken individually in the calculation of variance. Finally it is $F = (X/m) / (Y/n)$, where X and Y are independent random variables with respective square distributions with m and n degrees of freedom. The found value of F must be compared with F_U which is the critical value on the right queue of a Fisher distribution with p and $(n-p-1)$ degrees of freedom and with a significance level α equal

giori o uguali ad esso risulta pari al 5%. La regione di accettazione dell'ipotesi 0 è quella in cui è $(F < F_U)$, quella di rifiuto corrisponde a $(F > F_U)$. Perciò la variabile è significativa se risulta $F > F_U$, cioè se l'ipotesi 0 è da scartare.

Verificata la significatività di ciascuna delle variabili selezionate si è calcolata la regressione multipla rilevando l'approssimazione ad 1 del coefficiente di correlazione R^2 .

Successivamente si è verificata la non collinearità delle variabili indipendenti attraverso il VIF (Variance inflation factor). Come è noto, il VIF è espresso dalla relazione

$$VIF = \frac{[(\text{errore standard})^2 \cdot (\text{osservazioni} - 1) \cdot (\text{deviazione standard})^2]}{(\text{errore standard complessivo})^2} \quad (2)$$

Il $VIF < 5$, calcolato per ciascuna variabile, indica che questa non è correlata alle altre quindi può essere utilizzata nel modello, mentre un valore del $VIF > 5$ indica la presenza di collinearità e quindi la possibilità di eliminare la variabile in questione perché sovrabbondante.

In prima battuta si sono prese in considerazione le cinque variabili indipendenti di seguito elencate scelte fra quelle che hanno raggiunto un R^2 più elevato o comunque significativo nella regressione singola con la variabile dipendente "percorrenze" (si veda Tab. 5):

- S = superficie della provincia in km^2
- MDA = media per deviazione standard dell'altitudine dei comuni compresi nella provincia
- R = popolazione residente
- N = numero di comuni ricadenti nel territorio
- DP = deviazione standard della popolazione dei comuni.

Il data base utilizzato per il primo tentativo è riportato in Tab. 6.

La Tab. 7 riporta i valori ottenuti dal test F che dimostra la significatività di tutte le variabili individuate, essendo risultato sempre $F > F_{\text{critico}}$, cioè $F > F_U$.

La regressione multipla operata fra le variabili indipendenti e la variabile dipendente "percorrenze" è di tipo lineare ed ha fornito i valori di Tab. 8. I risultati del test t evidenziano l'elevata significatività delle variabili S e R; quest'ultima condiziona anche indirettamente le percorrenze dal momento che influisce sulla domanda e

to 0.05. F_U therefore represents the value of Fisher's F distribution so that the probability of finding values greater than or equal to it is 5%. The acceptance region of hypothesis 0 is the one in which it is $(F < F_U)$, the rejection region corresponds to $(F > F_U)$. Therefore the variable is significant if it is $F > F_U$, i.e. if hypothesis 0 is to be discarded.

Once verified the significance of each of the selected variables, the multiple regression was calculated and the approximation to 1 of the correlation coefficient R^2 was detected.

Subsequently, the non-collinearity of the independent variables was checked through the VIF (Variance inflation factor). As is known, the VIF is expressed by the factor

Tabella 6 – Table 6

Data base utilizzato nel primo tentativo di costruzione del modello delle percorrenze.
Data base used in the first try to build the mileage model.

Denominazione dell'ente committente Name of awarding authority	Superficie (km^2) Surface (km^2)	Media x dev.st altitudine Avg x Std.Dev altitude	Popolazione Inhabitants	N° comuni # municipalities	Dev.Std. pop comunale Std.Dev. municipal pop.	Percorrenza (bus/km/anno) Mileage (buskm/year)
Provincia Matera	3.479	93.989	200.415	31	10.661	8.782.080
Provincia Potenza	6.594	120.000	377.125	100	7.079	17.166.902
Provincia Benevento	2.080	73.865	284.105	78	6.964	3.438.808
Provincia Caserta	2.651	29.440	912.273	104	11.186	8.147.008
Provincia Salerno	4.954	79.608	1.097.271	158	14.014	22.205.250
Provincia Imperia	1.155	60.382	215.498	66	8.730	6.276.192
Provincia Savona	1.546	52.328	281.893	69	8.066	9.100.540
Provincia Brescia	4.786	90.144	1.249.177	205	13.732	20.244.733
Provincia Como	1.279	78.975	592.683	148	7.506	10.246.027
Provincia Lodi	783	28.906	226.212	60	5.916	6.959.457
Provincia Mantova	2.341	1.015	411.606	64	6.757	5.180.100
Provincia Monza e B.	405	8.284	851.166	55	17.812	11.430.355
Provincia Pavia	2.969	19.575	541.239	186	7.231	10.235.730
Provincia Sondrio	3.196	209.300	181.465	77	3.017	3.375.803
Provincia Varese	1.198	32.522	878.948	138	10.900	7.760.447
Provincia Ancona	1.963	29.610	476.212	47	16.560	7.832.821
Provincia Ascoli Piceno	1.228	83.990	210.958	33	11.224	4.229.467
Provincia Fermo	863	58.824	175.469	40	7.400	2.438.145
Provincia Macerata	2.779	83.265	320.446	55	8.471	6.906.465
Provincia Pesaro e Urb.	2.568	56.202	363.452	60	14.121	10.434.809
Provincia Alessandria	3.559	35.814	429.526	187	7.624	7.156.220
Provincia Asti	1.510	30.240	218.513	118	6.875	4.142.135
Provincia Biella	913	79.753	181.981	74	5.092	2.331.882
Provincia Cuneo	6.895	156.798	589.282	247	5.245	10.606.936
Provincia Torino	6.827	148.658	2.266.806	332	49.504	20.632.962
Provincia Vercelli	2.082	109.292	176.786	82	5.342	3.607.785
Provincia Bari	3.863	30.030	1.251.855	41	47.656	6.160.029
Provincia Brindisi	1.861	12.192	400.763	20	18.634	3.413.092
Provincia Foggia	7.008	102.942	629.879	61	21.702	11.000.866
Provincia Lecce	2.799	2.496	803.488	96	10.120	5.411.937
Provincia Taranto	2.467	14.124	585.915	29	35.659	6.364.385

Tabella 7 – Table 7

Risultati del test F su ciascuna variabile indipendente.
Results of the F test on each independent variable.

	Percorrenza Mileage	Superficie Surface [S]
Media – Average	8490947,361	2858,147
Varianza- Variance	2,782E+13	3,645E+06
Osservazioni – Sample	31,000	31,000
gdl – dof	30,000	30,000
F	7,634E+06	
P(F<=f) una coda - one tail	0,000	1,841

	Percorrenza Mileage	M x D.S altit. Av.x St.D.[MDA]
Media – Average	8490947,361	64923,000
Varianza- Variance	2,782E+13	2,422E+09
Osservazioni – Sample	31,000	31,000
gdl – dof	30,000	30,000
F	11487,013	
P(F<=f) una coda - one tail	0,000	1,841

	Percorrenza Mileage	Popolazione Inhabitants [R]
Media – Average	8490947,361	560722,731
Varianza- Variance	2,782E+13	2,022E+11
Osservazioni – Sample	31,000	31,000
gdl – dof	30,000	30,000
F	137,597	
P(F<=f) una coda - one tail	0,000	1,841

	Percorrenza Mileage	N° comuni # municipal.[N]
Media – Average	8490947,361	98,742
Varianza- Variance	2,782E+13	5120,665
Osservazioni – Sample	31,000	31,000
gdl – dof	30,000	30,000
F	5,434E+09	
P(F<=f) una coda - one tail	7,301E-139	1,841

	Percorrenza Mileage	Dv.St. pop comunale St.Dv.municipal. inhab. [DP]
Media – Average	8490947,361	13251,613
Varianza- Variance	2,782E+13	1,294E+08
Osservazioni – Sample	31,000	31,000
gdl – dof	30,000	30,000
F	215031,461	
P(F<=f) una coda - one tail	7,9808E-73	1,841

quindi sulla capacità richiesta al servizio. Per contro si rileva l'ininfluenza, nel modello della percorrenza fin qui costruito, delle variabili MDA ed N e quindi l'opportunità di eliminarle. Ciò nonostante si è preferito mantenerle nei successivi affinamenti del modello, sia perché nelle regressioni singole precedentemente sviluppate ciascuna (in particolare N) ha mostrato di essere correlata alla percorrenza, sia perché entrambe hanno già superato il test di significatività di Fisher. Inoltre a supporto della decisione di conservarle è valsa la considerazione che le stesse rappresentano caratteristiche insediative del territorio che intuitivamente e notoriamente influiscono sullo sviluppo delle percorrenze necessarie per soddisfare le esigenze minime di TPL.

Si sono ottenuti un ottimo valore di R^2 (0,88) e un VIF sempre inferiore a 5 tranne che per la variabile R, popolazione (VIF = 5,93). Ciò denota una possibile collinearità della popolazione con un'altra variabile, presumibilmente la deviazione standard della popolazione comunale (DP), che è dipendente dalla popolazione totale. Si è scelto di eliminare DP e di conservare R che raggiunge un valore decisamente più elevato nel test t di Student dimostrando una maggiore significatività.

Pertanto le variabili indipendenti considerate nel secondo tentativo sono solo quattro e cioè:

- S = superficie della provincia in km²
- MDA = media per deviazione standard dell'altitudine dei comuni
- R = popolazione residente

$$VIF = [(standard\ error)^2 \cdot (observations - 1) \cdot (standard\ deviation)^2] / (total\ standard\ error) \quad (2)$$

The VIF <5, calculated for each variable, indicates that this is not related to the others therefore it can be used in the model, while a VIF value > 5 indicates the presence of collinearity and therefore the possibility of eliminating the variable in question because it is abundant.

Firstly, the five independent variables listed below were taken into consideration, chosen from those that reached a higher or however a significant R^2 value in the single regression with the dependent variable "mileage" (see Tab. 5):

- S = surface of the province in km²
- MDA = average for standard deviation of the altitude of the municipalities included in the province
- R = inhabitants
- N = number of municipalities included in the province
- DP = Standard deviation of the municipalities population.

The database used for the first try is shown in Tab. 6.

Tab. 7 shows the values obtained from the F test which demonstrates the significance of all the variables identified, since $F > F_{critic}$, that is $F > F_U$, was always the result.

The multiple regression performed between the independent variables and the dependent variable "mileage" is linear and provided the values of Tab. 8. The results of the t test highlight the high significance of the variables S and R; the latter also indirectly affects the mileage since it affects the demand and therefore the capacity required for the service. Con-

Tabella 8 – Table 8

Risultati della regressione - 1° tentativo: cinque variabili.
Regression results - 1st try: five variables.

Statistica della regressione – Regression statistics

R multiplo – Multiple R	0,94319982
R ²	0,8896259
R ² corretto - Correct R ²	0,83418373
Errore std. – Std. error	3609885,64
Osservazioni - Sample	31

Analisi Varianza - Variance Analysis

	gdl – dof	SQ	MQ	F	Significatività Significance F
Regressione - Regression	5	2,7309E+15	5,462E+14	41,91250084	2,30134E-11
Residuo - Residue	26	3,3881E+14	1,303E+13		
Totale - Total	31	3,0697E+15			

	Coeff.	Err. Std Std. Err.	Stat t	Val.di signif. Signif. Value	Dev Std. Std. Dev.	VIF
Intercetta - Intercepts	0	#N/D	#N/D	#N/D		
S	1286,3406	508,597932	2,5291896	0,017836369	1909,064441	2,170325
MDA	8,23204929	16,4494557	0,5004451	0,620971605	49215,33669	1,508823
R	8,53923278	3,56933	2,3923909	0,024257042	449676,3978	5,930727
N	4617,18039	16195,708	0,2850867	0,777836404	71,55881858	3,09215
DP	-116,803215	101,838727	-1,146943	0,261850701	11375,04196	3,089344

- N = numero di comuni.

Il data base utilizzato al secondo tentativo è lo stesso riportato in Tab. 5 ma senza la colonna “Deviazione standard della popolazione comunale”. I valori del test di significatività F rimangono invariati, rispetto al primo tentativo, per le variabili rimanenti, mentre l’R² della regressione scende leggermente (da 0,889 a 0,884) e i valori del VIF si mantengono <5 per tutte e quattro le variabili (Tab. 9). Il test t denota questa volta una scarsa significatività soltanto della variabile MDA che tuttavia viene conservata per le stesse motivazioni addotte precedentemente.

Il modello lineare ricavato da questa regressione è espresso dalla (3).

$$P = 1147,994 S + 5,376 MDA + 5,189 R + 15309,331 N \quad (3)$$

Per migliorare le performance del modello e cioè aumentare l’R² si è passati a sviluppare una regressione non lineare fra le stesse quattro variabili considerate nel secondo tentativo. Per fare ciò si sono utilizzate le funzioni di migliore interpolazione ricavate dalle regressioni singole fra ciascuna delle variabili indipendenti in questione e la variabile dipendente “percordanze” (si veda la Tab. 5) discusse nel capitolo precedente. In particolare le funzioni

versely, the irrelevance of the MDA and N variables in the model developed so far has been noted and therefore the opportunity to eliminate them. Nonetheless, we preferred to keep them in the subsequent refinements of the model, both because, in the single regressions previously developed, each (in particular N) showed to be related to the mileage, and because both have already passed the Fisher significance test. Furthermore, in support of the decision to preserve them, the consideration that they represent settlement characteristics of the territory that intuitively and notoriously influence the mileage necessary to meet the minimum needs of LPT was worthy.

An excellent R² value (0.88) and a VIF always lower than 5 were obtained except for the variable R, inhabitants (VIF = 5.93). This denotes a possible collinearity of inhabitants with another variable, presumably the standard deviation of the municipal population (DP), which is dependent on the total population. It was decided to eliminate DP and to keep R which reaches a decidedly higher value in the Student’s t test demonstrating greater significance.

Therefore the independent variables considered in the second try are only four, namely:

- S = province surface (km²)
- MDA = average for standard deviation of municipalities altitude

Tabella 9 – Table 9

Risultati della regressione - 2° tentativo: quattro variabili
Regression results - 2nd try: four variables

Statistica della regressione – Regression statistics

R multiplo – Multiple R	0,9402348
R ²	0,88404148
R ² corretto – Correct R ²	0,83412017
Errore std. – Std. error	3630914,03
Osservazioni – Sample	31

Analisi Varianza – Variance Analysis

	gdl – dof	SQ	MQ	F	Significatività Significance F
Regressione – Regression	4	2,7137E+15	6,784E+14	51,46047278	5,56582E-12
Residuo – Residue	27	3,5596E+14	1,318E+13		
Totale – Total	31	3,0697E+15			

	Coeff.	Err. Std Std. Err.	Stat t	Val.di signif. Signif. Value	Dev Std. Std. Dev.	VIF
Intercetta – Intercepts	0	#N/D	#N/D	#N/D		
S	1147,99393	496,965373	2,3100079	0,028768069	1909,064441	2,048249
MDA	5,37560111	16,3545468	0,3286915	0,744924685	49215,33669	1,474237
R	5,18874088	2,0629211	2,5152396	0,018151637	449676,3978	1,95819
N	15309,3305	13320,8489	1,1492759	0,260521497	71,55881858	2,067662

utilizzate, ottenute dalla regressione singola ponendo l'intercetta a 0, sono:

- Per la superficie:
 $f(S) = -0,199 \cdot S^2 + 3640,7 \cdot S$ (4)
- Per la media x dev. std. dell'altitudine:
 $f(MDA) = -0,0008 \cdot MDA^2 + 200,27 \cdot MDA$ (5)
- Per la popolazione:
 $f(R) = -4 \cdot E^{-6} \cdot R^2 + 18,138 \cdot R$ (6)
- Per il numero di comuni della provincia:
 $f(N) = -156,89 \cdot N^2 + 104002 \cdot N$ (7)

Si è quindi sviluppata la regressione lineare multipla fra i valori calcolati attraverso le quattro funzioni. I risultati della regressione con il VIF sono in Tab. 10. Si rileva che il coefficiente di correlazione R² è cresciuto (da 0,88 con le variabili originarie a 0,90 con le funzioni non lineari delle stesse variabili) ed è aumentata di conseguenza la capacità del modello di riprodurre la realtà. Il test t di Student denota che la variabile più significativa è R dal momento che quest'ultima, a differenza delle altre variabili, raggiunge un valore di significatività sensibilmente inferiore a 0,05. Tuttavia è bene ricordare che il valore soglia di significatività, rappresentativo del rischio di errore di rifiutare l'ipotesi nulla, non deve essere necessariamente fissato a 0,05 come generalmente avviene. In-

- R = Inhabitants
- N = number of municipalities.

The data base used on the second try is the same shown in Tab. 5 but without the column "Standard deviation of the municipal inhabitants". The values of the significance test F is unchanged, with respect to the first try, for the remaining variables, while the R² of the regression drops slightly (from 0.889 to 0.884) and the VIF values are kept <5 for all four variables (Tab. 9). This time, the t test denotes a low significance only of the MDA variable which, however, we kept for the same reasons given previously.

The linear model arisen from this regression is expressed by (3).

$$P = 1147,994 S + 5,376 MDA + 5,189 R + 15309,331 N \quad (3)$$

To improve the model's performance, i.e. increase the R², a non-linear regression was developed with the same four variables considered in the second attempt. To do this we used the best interpolation functions obtained from the single regressions between each of the independent variables in question and the dependent variable "mileage" (see Tab. 5) discussed in the previous section. In particular, the used functions, obtained by single regression by setting the intercept to 0, are:

Tabella 10 – Table 10

Risultati della regressione - 3° tentativo con variabili funzione non lineare delle variabili principali.
Regression results – 3rd try with variables that are nonlinear function of the main variables.

Statistica della regressione – Regression statistics	
R multiplo – Multiple R	0,94923497
R ²	0,90104703
R ² corretto – Correct R ²	0,85301522
Errore std. – Std. error	3354123,51
Osservazioni – Sample	31

Analisi Varianza – Variance Analysis

	gdl	dof	SQ	MQ	F	Significatività Significance F
Regressione – Regression	4		2,7659E+15	6,915E+14	61,46422602	7,14442E-13
Residuo – Residue	27		3,0375E+14	1,125E+13		
Totale – Total	31		3,0697E+15			

	Coeff.	Err. Std Std. Err.	Stat t	Val.di signif. Signif. Value	Dev Std. Std. Dev.	VIF
Intercetta – Intercepts	0	#N/D	#N/D	#N/D		
f(S)	0,21573089	0,19539463	1,1040779	0,279302215	4127404,708	1,734373
f(MDA)	0,23591083	0,15659026	1,5065485	0,143537922	3879599,339	0,984162
f(R)	0,49047648	0,15932105	3,0785416	0,004735237	4731450,717	1,515298
f(N)	0,15696369	0,18258304	0,8596839	0,3975324	4156090,939	1,535515

fatti, in presenza di fenomeni complessi che risentono dell'effetto di numerose variabili secondarie e/o nelle analisi su campioni di dimensioni limitate, è possibile nonché consigliabile accettare un rischio più elevato di non rifiutare l'ipotesi nulla, fissando una soglia di significatività superiore a 0,05. Pertanto le variabili S, MDA e N non sono da scartare sebbene presentino valori di significatività superiore alla soglia di 0,05 comunemente accettata.

I risultati evidenziano, tra l'altro, l'efficacia della regressione effettuata su funzioni non lineari delle stesse variabili utilizzate nelle regressioni precedenti.

Il modello ricavato, con quattro variabili non lineari, è espresso dalla (8), con la simbologia precedentemente definita e f(S), f(MDA), f(R) e f(N) le funzioni date dalle (4), (5), (6) e (7).

$$P = 0,2157 f(S) + 0,2359 f(MDA) + 0,4905 f(R) + 0,1570 f(N) \quad (8)$$

Le variabili indipendenti del modello sono tutte direttamente proporzionali alla variabile dipendente in quanto presentano coefficienti di calibrazione positivi. Tuttavia poiché non si tratta di variabili semplici ma di funzioni di queste ultime, l'incidenza sulla percorrenza di ciascuna caratteristica del territorio considerata va rilevata attraverso le funzioni (4), (5), (6) e (7), tutte polinomiali del 2° ordine definite con intercetta 0. Dette funzioni han-

- For the surface:

$$f(S) = -0,199 S^2 + 3640,7 \cdot S \quad (4)$$

- For the average x standard deviation of altitude:

$$f(MDA) = -0,0008 \cdot MDA^2 + 200,27 \cdot MDA \quad (5)$$

- For the inhabitants:

$$f(R) = -4 E^{-6} \cdot R^2 + 18,138 \cdot R \quad (6)$$

- For the number of municipalities:

$$f(N) = -156,89 \cdot N^2 + 104002 \cdot N \quad (7)$$

Multiple linear regression was then developed between the values calculated through the four functions. The results of this regression with the VIF are in Tab. 10. We note that the correlation coefficient R² has grown (from 0.88 with the original variables to 0.90 with the non-linear functions of the same variables) and consequently the ability of the model to reproduce the current. Student's t test shows that the most significant variable is R since the latter, unlike the other variables, reaches a significance value considerably lower than 0.05. However, it is good to remember that the significance threshold value, representative of the risk of error of rejecting the null hypothesis, does not necessarily have to be set at 0.05 as generally occurs. In fact, in the presence of complex phenomena that are affected by many secondary variables and / or in the analysis on small samples, it is possible and advisable to accept a higher risk of not rejecting the null hypothesis, setting a significance threshold higher

no in comune un coefficiente negativo del termine quadratico anche se questo coefficiente si presenta in valore assoluto di gran lunga inferiore al coefficiente positivo del termine alla 1^a potenza. Ciò denota funzioni crescenti sempre più lentamente all'aumentare del valore della variabile indipendente (concavità della curva verso il basso). In sintesi tutte le variabili indipendenti considerate influenzano positivamente la variabile dipendente "percorrenze" sebbene in modo non lineare e ciascuna con differente peso.

L'applicazione del modello funzione lineare delle quattro variabili in gioco (3) e di quello funzione non lineare delle stesse variabili (8) ha restituito percorrenze con un errore medio complessivo rispettivamente di circa -5% e +4% diversamente distribuito fra gli elementi del campione, comprovando in prima battuta la superiorità del secondo che peraltro rispetto al primo presenta un coefficiente di correlazione più elevato (0,90 contro 0,88). Tuttavia la varianza delle differenze percentuali fra valore calcolato e valore osservato su ciascun elemento del campione risulta inferiore per il modello funzione lineare delle variabili (0,17) rispetto a quello non lineare (0,25). Da ciò si evince che la maggiore capacità predittiva complessiva del modello non lineare (8) si sconta con differenze più sensibili dei valori calcolati rispetto a quelli rilevati e pertanto il modello lineare (3) potrebbe risultare preferibile in applicazioni che non contemplino meccanismi correttivi di compensazione o soglie di salvaguardia.

6. Considerazioni finali

Il lavoro qui presentato mostra alcune delle possibilità di utilizzo, per finalità di studio e di policy, dei dati raccolti dall'Osservatorio Nazionale per le Politiche del Trasporto Pubblico Locale. Infatti, oltre a regressioni che hanno interessato le caratteristiche insediative delle aree servite e quelle del servizio di TPL erogato sviluppate allo scopo di individuare possibili relazioni fra queste variabili, si è studiato l'andamento della funzione di costo standard per i servizi su gomma stabilita dal D.M. 157/2018, costruita dal MIT sulla base dei dati dell'Osservatorio. Quest'ultima analisi ha permesso di riflettere circa gli effetti delle dimensioni dei lotti di appalto e delle velocità commerciali sul costo standard del servizio. Infine si è costruito un modello esemplificativo in grado di stimare la quantità di servizio, espressa in termini di percorrenze, necessaria a soddisfare le esigenze minime di trasporto pubblico locale extraurbano su gomma di un ambito prevalentemente provinciale, sulla base delle caratteristiche insediative del territorio, nell'ipotesi di sostanziale assenza di infrastrutture ferroviarie idonee.

L'andamento del costo standard descritto dal modello imposto dal D.M. 157/2018 rende evidente la convenienza per le stazioni appaltanti a definire lotti di gara il più possibile prossimi alla percorrenza complessiva di 4 milioni

than 0.05. Therefore the variables *S*, *MDA* and *N* are not to be discarded although they present values of significance above the commonly accepted threshold of 0.05.

The results underline, among other things, the effectiveness of the regression performed on non-linear functions of the same variables used in the previous regressions.

The model obtained, with four nonlinear variables, is expressed by (8), with the previously defined symbols and $f(S)$, $f(MDA)$, $f(R)$ and $f(N)$ the functions given by (4), (5), (6) and (7).

$$P = 0,2157 f(S) + 0,2359 f(MDA) + 0,4905 f(R) + 0,1570 f(N) \quad (8)$$

The independent variables of the model are all directly proportional to the dependent variable as they have positive calibration coefficients. However, since these are not simple variables but their functions, the impact on the mileage of each characteristic of the territory must be detected through the functions (4), (5), (6) and (7), all polynomials of the 2nd order defined with intercept 0. These functions have in common a negative coefficient of the quadratic term even if this coefficient is, in absolute value, far lower than the positive coefficient of the term at 1st power. This denotes functions increasing more and more slowly as the value of the independent variable increases (downward concavity of the curve). In summary, all the considered independent variables positively influence the dependent variable "mileage" although in a non-linear way and each with a different weight.

The application of the model which is linear function of the four involved variables (3), and of the model which is non-linear function of the same variables (8) returned mileages with an average overall error of approximately -5% and +4% respectively, distributed differently among the elements of the sample. It proves, in the first instance, the superiority of the second model which, moreover, compared to the first has an higher correlation coefficient (0.90 versus 0.88). However, the variance of the percentage differences between the calculated value and the value observed on each element of the sample is less for the linear function model of the variables (0.17) than for the non-linear model (0.25). From this we can deduce that the greater overall predictive capacity of the non-linear model (8) suffers with more sensitive differences in the calculated values related to those detected and therefore the linear model (3) could be preferable in applications that do not include corrective compensation mechanisms or safeguard thresholds.

6. Final remarks

This work shows some exploitations, for study and policy purposes, of the data collected by the Italian National Observatory for Local Public Transport Policies. In fact, it primarily analysed the trend of the standard cost function for road services established by the DM 157/2018 [21], built by Italian Ministry of Infrastructure and Transport (MIT) on the basis of the Observatory data, to think about the effects of the size of the tender lots and commercial speeds on the standard cost of the supplied service. Moreover this

di bus km/anno in modo da raggiungere il minimo costo a base di gara. Peraltro non è certo che l'andamento del costo definito dal modello del DM, se pure rappresentativo dei costi fino ad oggi riconosciuti alle aziende appaltatrici, rispecchi i reali costi e non risenta di politiche attuate nel recente passato volte a riconoscere costi crescenti con la dimensione aziendale e/o con il servizio affidato.

Il modello delle percorrenze successivamente costruito dà per scontato che le percorrenze fornite dall'Osservatorio e riferite a ciascun servizio nel periodo 2012-2014 siano sufficientemente rappresentative delle effettive necessità delle aree in cui i servizi sono offerti. Ciò evidentemente non significa assumere che il rapporto fra domanda e offerta sia lo stesso per tutti i servizi compresi nella banca dati (il che implicherebbe il raggiungimento dello stesso coefficiente di riempimento medio che invece varia sensibilmente da un servizio all'altro e soprattutto da una provincia all'altra) ma che la percorrenza attualmente prodotta in ogni ambito sia sufficiente a soddisfare le esigenze minime di mobilità dell'area. Ciò è prossimo al vero dal momento che generalmente le regioni hanno sempre cercato di rispondere alle necessità di trasporto pubblico dei cittadini anche integrando i trasferimenti dallo Stato con risorse a carico dei propri bilanci. Il modello delle percorrenze in funzione delle caratteristiche insediative del territorio si pone come esempio di strumento di supporto alla determinazione della quantità di servizio di trasporto pubblico locale su gomma da finanziare alle diverse regioni e province attraverso il Fondo Nazionale Trasporti. Si auspica pertanto che presto possa stabilirsi una ripartizione del FNT basata sul prodotto fra fabbisogno standard e costo standard unitario. Ciò rappresenta il solo modo per garantire in tutto il Paese gli stessi livelli essenziali di prestazioni anche nel settore del trasporto pubblico locale. Nella scelta delle variabili rappresentative dell'insediamento del territorio utilizzate nel modello delle percorrenze si sono privilegiate variabili i cui valori sono di facile determinazione e non tengono conto di fattori connessi alla capacità contributiva degli enti locali e dei cittadini.

Obiettivo immediato della ricerca del settore potrebbe essere l'affinamento sia del modello di costo proposto dal MIT sia di quello delle percorrenze qui costruito. Il primo andrebbe ricalibrato utilizzando anche parametri di costi rilevati direttamente presso le aziende produttrici, così da ridurre le possibili distorsioni nei costi raccolti dall'Osservatorio alle quali si è accennato in precedenza. Il perfezionamento del modello delle percorrenze, qui costruito con finalità esemplificative, può essere ottenuto prendendo in considerazione anche altre variabili tra cui quelle descrittive dell'offerta infrastrutturale e quelle relative all'indice di motorizzazione e alle caratteristiche specifiche della popolazione (p.es. età e condizione lavorativa, ecc.). Le infrastrutture in particolare, oltre ad influire indirettamente sul costo standard dei servizi attraverso la velocità commerciale rappresentano un fattore

study developed regressions among parameters of the supplied LPT service and settlement characteristics of served areas in order to identify possible relationships between these variables. Finally, it built a demo model based on the characteristics of the territory, suitable to estimate the quantity of service, expressed in terms of mileage, necessary to meet the minimum needs of road local extra-urban public transit in a predominantly provincial context, in the hypothesis of substantial absence of suitable railway infrastructure.

The trend of the standard cost outlined by the model imposed by the Ministerial Decree (DM) 157/2018 makes clear the convenience for the contracting authorities to define tender lots as close as possible to the total mileage of 4 million bus km/year in order to reach the minimum tender-based cost. Moreover, it is not certain that the trend of the cost defined by the DM model, even if representative of the costs hitherto recognized to the contracting companies, reflects the real costs and is not affected by policies implemented in the recent past aimed at recognizing increasing costs with the company size and / or with the entrusted service.

The model of mileages built here assumes that the mileages collected by the Observatory and referred to each service in the period 2012-2014 are sufficiently representative of the actual needs of the areas in which the services are supplied. This obviously does not mean assuming that the relationship between supply and demand is the same for all the services included in the database (which would imply the achievement of the same average load factor which instead varies significantly from one service to another and especially from one province to the other) but that the mileage currently produced in each area is sufficient to meet the minimum mobility needs of the area. This is true since the regions have generally always tried to respond to citizens' public transport needs also by integrating State funds with resources from their own budgets. The model of mileages, that is function of the territory characteristics, is an example of a support tool to estimate the quantity of road local public transit services to be financed to the regions and provinces through the National Transport Fund (FNT). It is therefore hoped that a distribution of the FNT based on the product between standard requirements and standard unit cost will soon be established. This represents the only way to guarantee the same essential levels of performance throughout the Country also in the local public transport sector. In the choice of the representative variables of the territory settlement to use in the mileages model, we preferred variables whose values are easy to survey and do not take into account factors related to the contribution capacity of local authorities and citizens.

The immediate goal of the sector research could be the refinement of both the cost model proposed by MIT and that of the mileage built here. The first one should be recalibrated also using cost parameters collected directly from the transit companies, so as to reduce the possible distortions in the costs collected by the Observatory which were previously mentioned. The improvement of the mileage model, built here for illustrative purposes, can be obtained by taking into

indicativo non solo delle potenzialità dell'offerta di trasporto ma anche della domanda, atteso che generalmente le aree più infrastrutturate esprimono una maggiore domanda di trasporto.

Il presente lavoro è limitato dal livello di aggregazione con cui l'Osservatorio ha reso disponibile agli scriventi i dati raccolti. In particolare la suddivisione per stazione appaltante presenta un importante limite consistente nella mancanza di riferimenti precisi all'ambito di erogazione dei servizi. Infatti, poiché può accadere che una provincia affidi servizi che non coprono l'intero territorio di propria competenza oppure che, nell'ambito di una provincia, il trasporto pubblico locale sia di competenza in parte dell'amministrazione provinciale ed in parte di quella regionale, ne consegue che non è possibile risalire con certezza a tutti i servizi erogati sul territorio considerato. L'individuazione esatta dell'area amministrativa in cui ciascun servizio viene offerto e la disponibilità dei dati dell'esercizio separati per modalità di trasporto (gomma, ferro, acqua) e per tipo di servizio (almeno fra urbano ed extraurbano) consentirebbero di ricostruire l'intera offerta di trasporto pubblico locale presente in ciascun ambito amministrativo, spesso realizzata per sovrapposizione di servizi di competenza di enti diversi. Quindi, conoscendo gli addetti, i corrispettivi ed i ricavi riferiti a ciascuno specifico servizio di trasporto, si potrebbero mettere in relazione i valori assunti da queste variabili, tra loro e con indicatori di efficacia e di efficienza nonché rapportarli alle caratteristiche territoriali, insediative, produttive o infrastrutturali di ciascuna area servita. Queste elaborazioni consentirebbero anche di rilevare l'incidenza di ciascuna caratteristica del territorio sui parametri dell'offerta, nonché in generale di evidenziare situazioni che si discostano eccessivamente dai valori medi e porle sotto attenzione. Infine, per rendere più significative le analisi di efficienza, sarebbe necessario avere informazioni dettagliate sulle tariffe applicate e sulla tipologia dei contratti di servizio stipulati con le aziende esercenti.

Dunque si auspica che in futuro l'Osservatorio voglia integrare i dati raccolti e renderli disponibili anche agli studiosi con un maggiore livello di disaggregazione secondo quanto sopra evidenziato, così da consentire di sviluppare analisi più approfondite e mirate sui servizi affidati. Inoltre l'utilizzo di dati riferiti ad un numero maggiore di anni renderà più significativi i risultati ottenuti.

consideration also other variables including the descriptive ones of the infrastructure supply and those relating to the motorization factor and the specific characteristics of the population (e.g. age and working conditions, etc.). Infrastructure in particular, in addition to indirectly affect the standard cost of services through commercial speed, is an explanatory factor not only of the transport supply performances but also of the demand, given that generally the more infrastructured areas express a greater demand for transport.

This work is limited due to the level of aggregation with which the Observatory has made the collected data available to the writers. In particular, the splitting by contracting station has an important limitation consisting in the lack of precise references to the area of service supply. In fact, since it may happen that a province entrusts services that do not cover its entire territory or that local public transport provided within a province is the responsibility for a part of the provincial and part of the regional authority. Therefore, it is not possible to go back with certainty to all the services provided in the territory in question. The exact identification of the administrative area in which each service is offered and the availability of data for the year differentiated by transport mode (road, rail, water) and by type of service (at least between urban and extra-urban) would allow to reconstruct the entire offer of local public transport present in each administrative area, often created by overlapping services entrusted by different authority. Therefore, knowing the employees, the compensations and the revenues referring to each specific transport service, we could relate these variables to each other and with indicators of effectiveness and efficiency as well as relating them to the territorial, settlement, production and infrastructural features of each served area. These calculations would also allow to detect the impact of each feature of the territory on the supply parameters, as well as in general to highlight situations that deviate excessively from the average values and put them under attention. Finally, to make the efficiency analyses more significant, it would be necessary to have detailed information on the fares and on the type of service contract made with the operating companies.

Therefore we hope that in the future the Observatory would like to integrate the collected data and make it available also to scholars with a higher level of disaggregation according to the above, so as to allow to develop more in-depth and targeted analyses on the entrusted services. Furthermore, the use of data referring to a greater number of years will make the results more significant.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Repubblica Italiana, Legge 24 Dicembre 2007, n. 244, art.1, comma 300.
- [2] Repubblica Italiana, Legge 7 Agosto 2012, n.135 (conversione con modificazione del Decreto Legge 6 Luglio 2012, n.195), art. 16 bis.
- [3] CAMPBELL E.W., (1976), "*Urban transportation finance*". Transportation Research Records 589. Transportation Research Board, Washington D.C.
- [4] UBBELS B., NIJKAMP P., VERHOEF E., POTTER S., ENOCH M., (2001), "*Alternative Ways of Funding Public Transport - A Case Study Assessment*". European Journal of Transport and Infrastructure Research, n. 1, 73-89.
- [5] ISEKI H., TAYLOR B.D., (2001), "*The Demographics of Public Transit Subsidies: A Case Study of Los Angeles*". 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, November.
- [6] LITMAN T., (2014), Evaluating Public Transportation Local Funding Options. Journal of Public Transportation, 17 (1): 43-74.
- [7] NELSON P., BAGLINO A., HARRINGTON W., SAFIROVA E., LIPMAN A., (2006), "*Transit in Washington, D.C.: Current Benefits and Optimal Level of Provision*". Journal of Urban Economics, 62, 2, 231-251.
- [8] HENSHER, D.A., HO C., KNOWLES L., (2016), "*Efficient Contracting and Incentive Agreements Between Regulators and Bus Operators: The influence of risk preferences of contracting agents on contract choice*". Transportation Research Part A, 87, 22-40.
- [9] LU Y., LIU X.X., FAN H.J., (2014), "*Research on Subsidy Mechanism of Beijing Public Transport Enterprises*", Journal of Wuhan University of Technology: Social Science Edition, 5, 816-823.
- [10] SHI H., (2016), "*Research on Subsidy Mechanism of Urban Ground Bus in Beijing*". Proceedings of the Fourth International Conference on Economic and Business Management (FEBM 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 106, 38-40.
- [11] ALBALATE D., BEL G., (2009), "*What shapes local public transportation in Europe? - economics, mobility, institutions, and geography*". Florence School of Regulation - Robert Schuman Centre for Advanced Studies - European University Institute, San Domenico di Fiesole (FI).
- [12] WELCH T.F., MISHRA S., (2013), "*A Measure of Equity for Public Transit Connectivity*". Journal of Transport Geography, 33, 29-41.
- [13] BUENO CADENA P.C., VASSALLO J.M., HERRAIZ I., LORO M., (2016), "*Social and distributional effects of public transport fares and subsidy policies - Case of Madrid, Spain*". Transportation Research Records, 2544, 1, 47-54.
- [14] AVENALI A., BOITANI A., CATALANO G., D'ALFONSO T., MATTEUCCI G., (2014), "Un modello per la determinazione del costo standard nei servizi di trasporto pubblico locale su autobus in Italia", Economia e politica industriale, n. 4, 181-213.
- [15] PETRUCELLI U., CARLEO S., (2017), "*Cost models for local road transit*", Public Transport, n.9 (3), 527-548.
- [16] PETRUCELLI U., CARLEO S., (2016), "Un metodo per la stima del costo del trasporto pubblico su gomma/*A methodology to assess the road public transit cost*", Ingegneria Ferroviaria, 11, 837-858.
- [17] DELLA LUCIA L., MENEGUZZER C., ZOTTIS G., (2018), "Un approccio semplificato al calcolo del costo standard nel Trasporto Pubblico Locale/*A simplified approach to the determination of standard cost in Local Public Transport*". Ingegneria Ferroviaria, 11, 883- 898.
- [18] PETRUCELLI U., RACINA A., (2019), "Stima del numero di conducenti come strumento di efficientamento dei servizi di trasporto pubblico/*Assessment of the number of drivers as a tool for improving the efficiency of public transit services*", Ingegneria Ferroviaria, 4, 295-315.
- [19] ANAV, La Sapienza University, (2013), La determinazione del costo standard nei servizi di trasporto pubblico locale su autobus: aspetti metodologici e prime esperienze applicative. Residenza di Ripetta, Roma, <http://www.filt.veneto.cgil.it/sites/default/files/2014%201%2017%20COSTI%20STANDARD%20TPL.pdf>.
- [20] ASSTRA, (2013), Un modello di calcolo del costo standard per il trasporto pubblico locale e regionale automobilistico. Audizione presso la IX Commissione trasporti, poste e telecomunicazioni della Camera dei Deputati, Roma, <https://www.camera.it/temiap/temi17/Asstra%20%20percorsi%20di%20sviluppo%20per%20il%20trasporto%20pubblico%20locale.pdf>.

- [21] Repubblica Italiana - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto n. 157 del 28 Marzo 2018, “Definizione dei costi standard dei servizi di trasporto pubblico locale e regionale e dei criteri di aggiornamento e applicazione”.
 - [22] ABRATE G., ERBETTA F., FRAQUELLI G., VANNONI D., (2014), “*Cost function estimation of multi-service firms. Evidence from the passenger transport industry*”. Carlo Alberto Notebooks, n. 380, <http://www.carloalberto.org/assets/working-papers/no.380.pdf>.
 - [23] CAMBINI C., PIACENZA M., VANNONI D., (2007), “*Restructuring Public Transit Systems: Evidence on Cost Properties from Medium and Large-Sized Companies*”. Review of Industrial Organization, 31, 183-203.
 - [24] Repubblica Italiana, Legge 10 Aprile 1981, n. 151, “Legge quadro per l’ordinamento, la ristrutturazione ed il potenziamento dei trasporti pubblici locali”.
 - [25] Repubblica Italiana, Decreto Legislativo 19 Novembre 1997, n.422, “Conferimento alle regioni ed agli altri enti locali di funzioni e compiti in materia di trasporto pubblico locale, a norma dell’articolo 4, comma 4, della Legge 15 Marzo 1997, n. 5.
-