



Verso sistemi di trasporto pubblico intelligenti e sostenibili migliorando il livello e la qualità del servizio

Smart and sustainable public transport systems through improving level and quality of service

Prof. María Eugenia LÓPEZ-LAMBAS^(*)
PhD. Ing. Rocío CASCAJO^(**)

1. Premessa

I bus vengono considerati sistemi lenti, di basso comfort e scarsa affidabilità, da lì la loro cattiva immagine. Nel contesto del progetto 3iBS (2012) sono stati analizzati alcuni esempi di soluzioni innovative e/oppure efficaci nei riguardo del Livello di Servizio (LoS) allo scopo di fornire a professionisti e autorità linee guide utili a rinforzare la competitività del bus nel contesto urbano.

L'identificazione di indicatori chiave riguardo a veicoli, infrastruttura ed esercizio è stata possibile attraverso l'analisi dei casi di studio di Barcellona (Spagna), Cagliari (Italia), Londra (Regno Unito), Parigi e Nantes (Francia). Il confronto incrociato tra i casi di studio è stata fatto per confrontare il livello di raggiungimento dei differenti obiettivi considerati. L'informazione acquisita sulle questioni normative, finanziarie e tecniche consentono l'identificazione di un set di fattori specifici che influiscono sull'implementazione di uno schema di trasporto di alta qualità e pone le basi per la elaborazione delle linee guide per la realizzazione di sistemi di bus intelligenti, innovativi e integrati, e l'identificazione delle principali barriere da affrontare.

Lista delle abbreviazioni

3iBS	Intelligent, innovative integrated, bus system;
AVL	Automatic Vehicle Location;
AVM	Automated Vehicle Management;
BHLS	Buses with a High Level of Service;
CNG	Compressed Natural Gas;

^(*) Prof. Associato di Trasporto, Dipartimento di Ingegneria Civile e Trasporto, Universidad Politécnica de Madrid,

^(**) Corresponding author. Ricercatrice, TRANST- Transport Research Centre - Universidad Politécnica de Madrid.

1. Preamble

Buses are considered a slow, low comfort and low reliability transport system, thus its negative and poor image. In the framework of the 3iBS project, several examples of innovative and/or effective solutions regarding the level of service were analysed aiming to provide operators, practitioners and policy makers with a set of Good Practice Guidelines to strengthen the competitiveness of the bus in the urban environment.

The identification of key indicators regarding vehicles, infrastructure and operation was possible through the analysis of a set of case studies -Barcelona, Cagliari, London, Paris and Nantes-. A cross comparison between the case studies was carried out for contrasting the level of achievement of the different criteria considered. The information provided on Regulatory, Financial and Technical issues allows the identification of a number of specific factors influencing the implementation of a high quality transport scheme, and set the basis for the elaboration of a set of Guidelines for the implementation of a smart and sustainable bus system, including the main barriers to be tackled.

List of abbreviations

3iBS	Intelligent, innovative integrated, bus system;
AVL	Automatic Vehicle Location;
AVM	Automated Vehicle Management;
BHLS	Buses with a High Level of Service;

^(*) Professor of Transport at Universidad Politécnica de Madrid, Civil Engineering & Transport Department.

^(**) Corresponding author. Senior Research Associate at TRANST- Transport Research Centre - Universidad Politécnica de Madrid.

CUNA	Commissione tecnica di UNificazione nell'Au-toveicolo;
EBSF	European Bus System of the Future;
EEV	Environmental Enhanced Vehicles;
IT	Information technology;
ITCS	Intermodal Transport Control System;
ITS	Intelligent Transport Systems;
LoS	Level of Service;
QoS	Quality of Service;
TVM	Trans Val de Marne>;
UITP	Union Internationale des Transports Publics.

CNG	Compressed Natural Gas;
EBSF	European Bus System of the Future;
EEV	Environmental Enhanced Vehicles;
IT	Information technology;
ITCS	Intermodal Transport Control System;
ITS	Intelligent Transport Systems;
LoS	Level of Service;
QoS	Quality of Service;
TVM	Trans Val de Marne;
UITP	International Association of Public Transport.

2. Introduzione: verso un sistema di bus intelligente, innovativo e integrato

Il trasporto urbano è il servizio di interesse generale con cui i consumatori dell'Unione Europea sono meno soddisfatti: il 13% dei cittadini dell'EU-25 ha difficile accesso al trasporto pubblico, mentre il 4% non ha accesso neanche minimamente [1]. Alta qualità e trasporto pubblico conveniente sono la spina dorsale di un sistema di trasporto pubblico sostenibile e la maniera migliore di affrontare la complessità dei sistemi di trasporto urbano è un approccio integrato [2].

Dall'altra parte, secondo la UITP (Unione Internazionale del Trasporto Pubblico) i sistemi urbani e regionali di trasporto in autobus rappresentano una media tra il 50% e il 60% di tutti i passeggeri del trasporto pubblico (30 miliardi per anno) nell'Unione Europea in confronto a 800 milioni di passeggeri che viaggiano in aereo. A livello mondiale, l'UITP stima che l'80% circa di tutti i passeggeri del trasporto pubblico sono trasportati in bus (progetto 3iBS) [3]. Aggiungiamoci che il bus è conveniente, flessibile, personalizzato ai bisogni degli utilizzatori finali in termini di capacità e velocità e non ha bisogno di infrastrutture pesanti.

Oltretutto, le sfide della mobilità aumentano nella società dell'invecchiamento progressivo, dove ci saranno sempre più individui che non potranno guidare né a usare il trasporto pubblico perché non sono abituati. In ogni caso, solo il trasporto pubblico sarà in grado di assicurare un modo di vita indipendente e l'inclusione sociale della grande maggioranza della società.

Inoltre, per migliorare l'efficienza e l'inter-modalità, servono le applicazioni ITS: non solo per meglio gestire la operazione e i servizi di passeggeri, ma anche per la distribuzione urbana delle merci [4].

Sistemi d'informazione, di biglietteria, localizzazione dei veicoli, etc. hanno un ruolo chiave per raggiungere la diversione modale dal veicolo privato al trasporto pubblico, superando le barriere alla mobilità continua (*seamless*), come la lentezza e l'inaffidabilità associate al trasporto pubblico.

2. Introduction: towards an intelligent, innovative and integrated bus system

Urban transport is the service of general interest which consumers in the European Union are least satisfied with: 13% EU-25 have difficult access to public transport while 4% have no access at all [1]. High quality and affordable public transport are the backbone of a sustainable urban transport system and the best way to deal with the complexity of urban transport systems is an integrated approach [2]. On the other hand, according to UITP urban and regional bus systems transport account in average for around 50 to 60% of all public transport passengers (30 billion per year) in the EU, compared to only 800 million passengers travelling by air. On a worldwide level, UITP estimates that around 80 % of all public transport passengers are carried by buses [3]. Add to that bus is cheap, flexible, tailored to the needs of end-customers both in terms of capacity and speed, and do not require heavy infrastructure.

Furthermore, mobility challenges increase as well in the ageing society, with an increasing amount of people who will not be able nor to drive their own car neither to use the public transport system since they are not used to. Only public transport will be able to ensure independent living and social inclusion of large parts of society. Besides, to improve efficiency and intermodality ITS applications are needed, not only for a better management of operation and new passenger's services, but for urban freight distribution as well [4]. IT solutions (information systems, ticketing systems, vehicle location systems, etc.) play a key role to achieve the modal shift from private to public transport, by removing barriers to seamless mobility, such as the slowness and unreliability of public transport.

In this context, the bus has proven to be a very efficient public transport mode, a cheap solution that could provide – under certain conditions, i.e. BHLS -, the same level of quality as trams [5], capable of coping with the EC's target of implementing sustainable urban mobility. The 3iBS project - Intelligent, innovative, integrated Bus System -, run between 2012 and 2015, and was conceived to continue striving for increased performance, accessibil-

In questo contesto il bus ha dimostrato di essere un modo di trasporto pubblico efficiente, una soluzione conveniente che può fornire, sotto le condizioni che lo qualificano come BHLS, lo stesso livello di qualità dei tram [5], capace di far fronte agli obiettivi dell'UE riguardo alla implementazione della mobilità urbana sostenibile. Il progetto 3iBS -*Intelligent, innovative, integrated Bus System*, si è sviluppato dal 2012 al 2015 con gli obiettivi di accrescere prestazioni, accessibilità ed efficienza dei sistemi di bus urbani [3]. Il risultati del progetto 3iBS, acquisiti attraverso l'analisi di alcuni casi di studio (Cagliari, Barcellona, Nantes, Parigi e Londra), sono descritti in questo articolo attraverso l'esperienza reale di operatori di trasporto pubblico e rappresentano un contributo per l'elaborazione di linee guida e raccomandazioni per incrementare il Livello o la Qualità del Servizio (LoS or QoS). A questo proposito si devono preventivamente differenziare questi concetti per poter meglio intendere cosa si deve migliorare, perché e come.

3. Livello di Servizio (LoS) e Qualità di Servizio (QoS)

Soluzioni di trasporto intelligente ed efficiente sono sempre più necessarie all'aumentare della domanda di trasporto e mobilità, pertanto i requisiti del sistema diventeranno sempre più complessi. Lo sviluppo del sistema di trasporto pubblico intelligente e sostenibile si trova tra le priorità dell'UE [6] e, in questo contesto, è fondamentale migliorare sia il livello, sia la qualità del servizio; e, in primo luogo, fornire una definizione chiara dei concetti utilizzati.

Infatti, anche se il concetto di Alto Livello di Servizio è stato usato diffusamente nella letteratura negli ultimi anni [7] [8] [9] [10], ancora il concetto di LoS non è chiaramente definito. Secondo alcuni autori il livello di servizio di trasporto pubblico viene riferito a convenienza, comfort e sicurezza del viaggio percepita dall'utente [11] [12] [13]. Le classificazioni di LoS, tipicamente da A (migliore) a F (peggiore), vengono usate abbondantemente nella pianificazione del trasporto per valutare i problemi e le possibili soluzioni. Questi sistemi di rating possono essere usati per identificare problemi, fissare indicatori di prestazione e obiettivi, valutare soluzioni potenziali, confrontare posizioni e tracciare le tendenze. Possono, inoltre, essere usati anche per modellizzare la domanda di viaggio e identificare i tipi di miglioramenti che potrebbero aumentare il numero di passeggeri del trasporto pubblico [14].

Secondo la definizione proposta dalla COST Action TU 603-Buses with High Level of Service [9], il Livello di Servizio misura la quantità di servizio secondo quanto è stato pianificato (frequenza, capacità, periodo di servizio, ecc.). Altri autori dichiarano che il trasporto pubblico è basato sulla combinazione di diverse esperienze, fra le quali i tempi di accesso, attesa e trasporto [15].

Talvolta, il concetto di LoS si scambia con quello di QoS. Infatti, in the *Transit Capacity Quality of Service Manual* (TCQSM) [11], il QoS viene definito come "la presta-

ity and efficiency of the urban bus systems [3]. Based on the results of the analysis of five case studies (Cagliari, Barcelona, Nantes, Paris and London), this paper describes the real experience of Public Transport operators and, then, their contribution to the elaboration of a set of guidelines and recommendations to be applied in order to improve either the Level or the Quality of Service. To this end, a differentiation between LoS (Level of Service) and QoS (Quality of Service) must be made first, since only in that way it is possible to realize what, why and how the improvements should be made.

3. Level of service (LoS) vs Quality of service (QoS)

Smart and efficient transport solutions are needed as transport demand rises further and requirements on the transport system will become more complex. The development of smart and sustainable public transport system is one of the main research priorities of the European Union [6]. In this framework, it is essential to improve both the level and the quality of service; but, to do so a clear definition of each concept is needed, as stated before.

Indeed, although the notion of High Level of Service has been frequently used in the literature in the last years [7, 8, 9 and 10], the concept of LoS it is not clear defined. For some authors transit level of service refers to the convenience, comfort and security of transit travel as experienced by users [11, 12 and 13]. LoS ratings, typically from A (best) to F (worst), are widely used in transport planning to evaluate problems and potential solutions. Such ratings systems can be used to identify problems, establish performance indicators and targets, evaluate potential solutions, compare locations, and track trends. They can also be used for travel demand modelling, to identify the types of improvements that could increase transit ridership [14]. According to the definition provided by the COST Action TU 603 -Buses with High Level of Service- [9], the Level of Service measures the quantity of the service as it is planned (frequency, capacity, operating span, etc.). Other authors state that the transit LoS is based on a combination of the access experience, the waiting experience, and the ride experience [15].

Sometimes, the concept of LoS is interchanged with quality of service (QoS). In the *Transit Capacity Quality of Service Manual -TCQSM-* [11], QoS is defined as the overall measured or perceived performance of transit service from the passenger's point of view. Transit quality of service measures reflects two important aspects of transit service: (1) the degree to which transit service is available to given locations and (2) the comfort and convenience of the service provided to passengers. Quality of service measures differ from both traditional highway service quality measures -which are more vehicle-oriented than person-oriented-, and from the numerous utilization and economic performance measures routinely

zione complessiva del servizio di trasporto misurato o percepito dal punto di vista del passeggero". Misurare la qualità del trasporto pubblico riflette due aspetti importanti del servizio di trasporto pubblico: (1) fino a che grado il servizio è disponibile in certe località; (2) il comfort e la convenienza del servizio fornito ai passeggeri. Le unità di misura della Qualità di Servizio sono molto diverse di quelle per misurare, ad esempio, il servizio sulle autostrade, più orientate verso i veicoli che verso le persone, e delle numerose unità di prestazione economica regolarmente raccolte dai gestori di servizi di trasporto pubblico, che tendono a riflettere il punto di vista degli operatori stessi.

In sintesi, la QoS si focalizza su aspetti del servizio che influiscono direttamente su come i passeggeri percepiscono la qualità di uno specifico. Altri autori dichiarano invece che la qualità di un sistema di trasporto pubblico dipende da fattori multipli, come quelli che riguardano il comfort e la sicurezza dentro del veicolo, il tempo di percorrenza e la convenienza ed esistenza di infrastrutture e servizi accessori [16].

In accordo con le definizioni precedenti, nel progetto 3iBS, e particolarmente in questo articolo, Livello di Servizio si riferisce alla quantità di servizi offerti, interazione tra veicolo, infrastruttura, esercizio ed elementi di ITS, mentre Qualità di Servizio si riferisce al punto di vista dei passeggeri e misura i gaps tra i servizi pianificati e i servizi forniti. Poiché tali concetti si differenziano significativamente, essi sono analizzati separatamente e se ne ricer-

collected by the transit industry, which tend to reflect the transit operator's point-of-view. In short, QoS focuses on those aspects of transit service that directly influence how passengers perceive the quality of a particular transit trip. Other author supports the idea that the quality of a public transport system is covered by many factors, such as considerations relative to comfort and safety within the vehicle, the time taken to cover the routes and the convenience and existence of any supporting infrastructure [16].

Following the above definitions, within the 3iBS project, and in this paper particularly, Level of Service refers to the quantity of services offered -interaction between vehicle, infrastructure, operation and IT elements-, while Quality of Service refers to the passenger's point of view and measures the gaps between the planned services and the actual provided services. As the two concepts differ from each other, they are analysed separately and enhanced for improving the ridership of the public transport system.

In this context, a number of bus services in different European urban areas are analysed through an ad-hoc qualification [17]. Several criteria for characterising both LoS and QoS are defined, and their definitions are presented in tables 1 and 2.

4. Analysis of study cases

The innovative and/or effective solutions analysed

TABELLA 1 – TABLE 1

Criteria per la qualifica del LoS
Criteria for LoS qualification

Componenti Sistema bus <i>Bus System component</i>	Criterio <i>Criterion</i>	Unità / Definizione <i>Units / Definition</i>
Veicoli <i>Vehicles</i>	Età media del parco <i>Average age of the fleet</i>	Anni <i>Years</i>
	Fattore di carico di passeggeri <i>Passenger load factor</i>	Passeggeri-km/posti-km (%) <i>Passenger-km/places-km (%)</i>
Infrastrutture <i>Infrastructure</i>	Corsie esclusive <i>Dedicated lanes</i>	Lunghezza (km) di corsie esclusive di categoria A, B e C <i>Length (km) of dedicated lanes of Category A, B and C</i>
Operazione <i>Operation</i>	ITCS <i>ITCS, Intermodal Transport Control System</i>	Presenza di ITCS per la rete di bus Y/N/parziale <i>Existence of ITCS for the bus network Y/N/partial</i>
	Precedenza ai semafori <i>Priority at traffic signals</i>	Y/N/ parziale <i>Y/N/partial</i>
	Velocità commerciale media nelle ore di punta <i>Average commercial speed in peak hour</i>	Distanza tra capolinea divisa per il tempo del percorso, incluso il tempo delle fermate (km/h) <i>Distance between endpoints divided by the time taken, including the time taken for halts (km/h)</i>
	Frequenza nelle ore di punta <i>Average peak headway</i>	Tempo medio tra 2 bus che passano per lo stesso posto nella stessa direzione o in una rotta nella ora di punta (minuti) <i>Average time between two buses passing the same point travelling in the same direction on a given route during peak hour (minutes)</i>

ca il miglioramento in favore dell'utenza del sistema di trasporto pubblico.

In tale contesto sono stati analizzati, attraverso una qualificazione *ad-hoc* [17], alcuni servizi di bus di diversi aree urbane europee. Nelle tabelle 1 e 2 si mostrano numerosi criteri per caratterizzare LoS e QoS.

within the 3iBS project have been selected among five European bus systems: Cagliari (Italy), Barcelona (Spain), Nantes and Paris (France), and London (UK). Here we present the main characteristics of each study case [17] and a cross-comparison of the analysis of the level and quality of service.

TABELLA 2 – TABLE 2

Criteri per la qualifica del QoS
Criteria for QoS qualification

Componenti Sistema bus <i>Bus System component</i>	Criterio <i>Criterion</i>	Unità / Definizione <i>Units / Definition</i>
Veicoli <i>Vehicles</i>	Emissioni <i>Vehicle emissions</i>	% di bus nel parco EEV (CNG, Elettrici), Euro V, Euro IV, Euro II and Euro III riguardo al totale del parco <i>% of buses in the fleet of EEV (CNG, Electric), Euro V, Euro IV, Euro II and Euro III with respect to the total fleet</i>
	Consumo di energia per passeggero <i>Energy consumption per passenger</i>	Quantità di energia (termica o elettrica) consumati dai bus della linea in un anno per passeggero trasportato (MJ/pax) <i>Amount of energy (litres of fuel or electric energy) consumed by the buses operating on the line in a year per passenger carried (MJ/pax)</i>
	Accessibilità ai veicoli <i>Accessibility to vehicles</i>	% di bus adattati agli utenti con necessità speciali (pianale ribassato, rampe, acustica, guida visiva) <i>% of buses adapted to users with special needs (low floor, ramp, acoustics, visual guidance)</i>
Infrastruttura <i>Infrastructure</i>	Integrazione urbana <i>Urban integration</i>	Livello di integrazione della linea di bus nella città (barriere, disegno delle fermate secondo la struttura urbana, miglioramento dello spazio tra facciate, ecc.) <i>Level of integration of the bus line within the city (no barriers, design of bus stops according to the urban layout, enhancement of space between "façade", etc.)</i>
	Livello di comfort delle fermate bus <i>Level of comfort of bus stops</i>	Posti, pensiline, ambiente sicuro e pulito <i>Existence of seats, shelter, secure and clean environment</i>
	Qualità delle banchine <i>Quality of docking</i>	Gap orizzontale, misurato come la distanza orizzontale (in cm) tra il marciapiede e il veicolo <i>Existence of seats, shelter, secure and clean environment</i>
Esercizio <i>Operation</i>	Informazione fornita ai passeggeri <i>Information provided to passengers</i>	Orari, tariffe, connessioni, percorsi e prossimo bus in arrivo (tempo reale o informazione statistica, a bordo, ecc.) <i>The information includes schedules, fares, connections, routes and next bus arrival (real time or static information, on-board, etc.)</i>
	Sicurezza: livello di incidenti <i>Safety: level of accidents</i>	Numero annuale di incidenti per 100.000 km percorsi <i>Number of accidents per 100,000 km travelled (per year)</i>
	Qualità del viaggio <i>Ride quality</i>	Guida confortevole e sicura <i>Considering the smooth and safe driving</i>
	Immagine del sistema bus <i>Image of the bus system</i>	Esistenza di un logo del sistema (<i>branding</i>), colore specifico (per bus e corsie dedicate) e disegno (di bus e stazioni), campagne di marketing <i>Existence of a logo for the system (branding), specific colour (buses and dedicated lanes) and design (of buses and stations), marketing campaign</i>
	Servizio di biglietteria <i>Ticketing services</i>	Facilità di acquisto del biglietto /pagamento e validazione (tessera intelligente con/senza contatto), biglietto integrato per tutti i modi di trasporto pubblico <i>Easiness of ticket purchase/payment and validation (contactless smart card, or not), integrated ticket for all public transport modes</i>

4. Analisi dei casi di studio

Le soluzioni innovative e/o effettive analizzate nel progetto 3iBS sono state scelte tra cinque sistemi di bus europei: Cagliari (Italia), Barcellona (Spagna), Nantes e Parigi (Francia) e Londra (Regno Unito). In questo articolo si presentano le caratteristiche principali di ognuno di loro [17] insieme a un confronto incrociato del livello e della qualità del servizio.

4.1. Cagliari (Italia)

Cagliari è il capoluogo dell'isola italiana della Sardegna. Ha una popolazione di 150.000 abitanti circa, mentre nell'area metropolitana ne abitano più di 480.000. Il caso di studio coinvolge il rinnovamento del parco bus del Consorzio Trasporti e Mobilità (CTM), la compagnia di trasporto pubblico della città di Cagliari, e lo sviluppo di una procedura per misurare la regolarità della Linea 1, la più importante della rete bus del Consorzio, con 13 km di lunghezza.

L'antico parco bus è stato sostituito da veicoli equipaggiati con tecnologia avanzata (motori EURO5/EEV, cambio di velocità automatico di nuova generazione, aria condizionata integrale, sistema informazione multimediale a bordo pienamente integrato con la sala di controllo dove si trova l'AVM, sistema di sorveglianza a bordo) (fig. 1). Il numero di bus sostituiti è stato di 171 e il costo totale del progetto di 35 milioni di Euro circa.

La misura della regolarità per la Linea 1 è basata su una metodologia per gestire i dati grezzi forniti dall'AVL per misurare la componente regolarità del LoS in ogni fermata e intervallo di tempo; i risultati vengono rappresentati in cruscotti e grafici semplici da leggere.

4.2. Barcellona (Spagna)

Barcellona è la seconda città della Spagna, con una popolazione 1.6 milioni circa e 5 milioni nell'area metropolitana. Il caso di studio tratta della ristrutturazione della rete di bus per farne un sistema semplice da utilizzare, efficace ed efficiente e ridurre il tempo medio di viaggio. La nuova rete (fig. 2) consiste di 28 percorsi ortogonali e diagonali le cui caratteristiche principali sono: massima connettività, alta frequenza delle linee, percorso unico per corridoio, 400 m di distanza media tra fermate, 90% dei viaggi garantiti con al massimo un unico scambio. Il progetto è coperto al 100% da finanziamento pubblico e il budget totale è stato di 8 milioni di Euro. Il sistema è stato implementato gradualmente. La prima fase, Ottobre 2012, includeva 5 percorsi e nuova attrezzatura



Fig. 1 – Bus a Cagliari.
Fig. 1 – Vehicle in the Cagliari bus system.

4.1. Cagliari (Italy)

Cagliari is the capital of the Italian island of Sardinia. It has nearly 150,000 inhabitants, while its metropolitan area has more than 480,000 inhabitants. The Cagliari's study case involves the bus fleet renewal of CTM, Consorzio Trasporti e Mobilità, the municipal bus transit company, and the development of a method to measure the regularity of the Line 1 -the most important line within the CTM's bus network, with 13 km length-. The old bus fleet was replaced with vehicles characterized by advanced features and equipment (EURO5/EEV engines, new-generation automatic gearbox, integral air conditioning, on-board multimedia information system fully integrated with the AVM control room, on-board video surveillance system) (fig. 1). The number of buses replaced was 171, and the total cost of the project was about 35 Million Euro. Regarding the measurement of regularity for the bus line 1, it consists in a methodology to handle AVL (Automatic Vehicle Location) raw data for measuring the LoS of bus regularity at each bus stop and time inter-

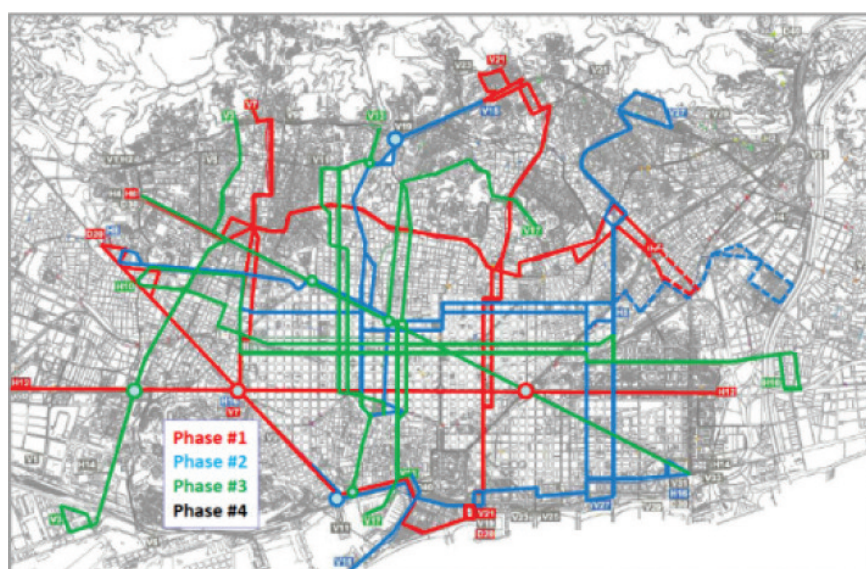


Fig.2 - La rete ortogonale a Barcellona.
Fig. 2 – Orthogonal bus network in Barcelona.

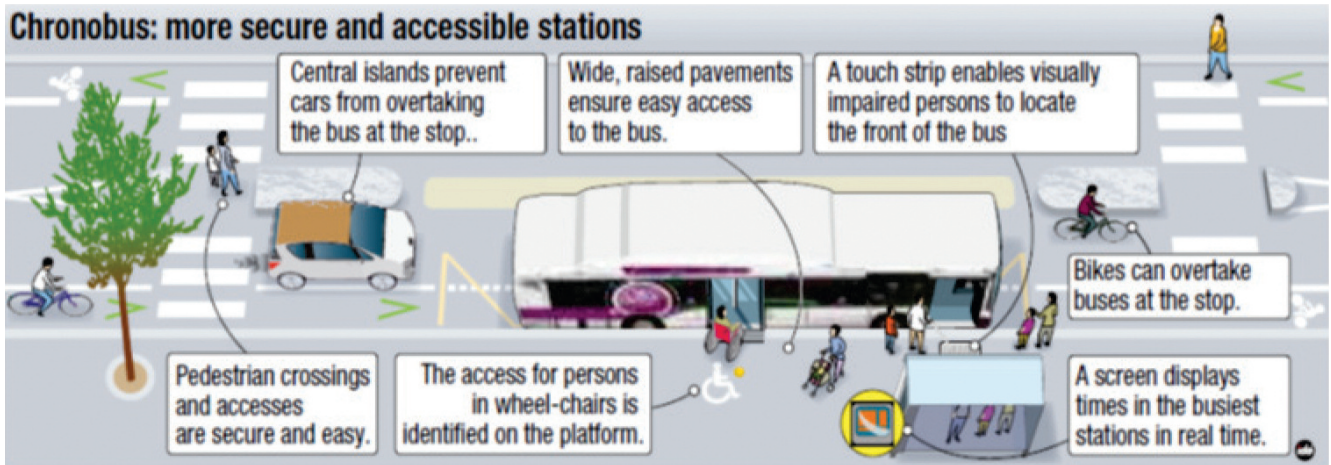


Fig. 3 - Costrizioni al traffico automobilistico per liberare l'itinerario del bus e garantire il rispetto della programmazione.
Fig. 3 - Constraints on car traffic to free up the route and ensure Schedule, Nantes.

nelle fermate bus (informazione in tempo reale e biglietteria automatica) e materiale rotabile (bus standard CNG, bus articolati CNG, e bus ibridi bi-articolati).

4.3. Nantes (Francia)

Nantes è la città più grande all'ovest di Francia. Il territorio di Nantes Metropole (24 municipalità) ha 600,000 abitanti su un'area di 524.6 km². Il caso di studio è la rete strutturale cosiddetta Chronobus, parte di una strategia ambiziosa per lo sviluppo del trasporto pubblico e i modi "dolci", a basso impatto ecologico, e il miglioramento dell'accessibilità per le persone a mobilità ridotta. Il progetto è cominciato nel 2012, e consiste in 7 linee nuove (su un totale di 10), che sono state implementate in diversi contesti urbani e con parecchi costrizioni. L'investimento fatto da Nantes Métropole è stato di 70,1 milioni di euro, con parte di finanziamento europeo, dello stato francese, la contea e la regione.

A causa dell'approccio pragmatico, le costrizioni collegate all'integrazione urbana (fig. 3) sono diventate un sistema di trasporto che consente di integrare numerose innovazioni.

A differenza del tram o della rete di bus espressi, le corsie dedicate sono soltanto uno dei tanti strumenti. L'arrivo dei Chronobus ha comportato la riorganizzazione complessiva della rete.

4.4. Parigi (Francia)

Parigi, è la capitale e la città più popolata della Francia. Si trova al nord del paese, con una popolazione di 2,25 milioni di abitanti, sebbene l'area metropolitana (la regione Île-de-France) sia tra i più grandi centri di popolazione dell'Europa: 12.29 milioni di abitanti. Il caso di studio è la linea Trans Val de Marne (TVM) (fig. 4), nel sud-est della città, che fornisce interessanti soluzioni per i viaggi trasversali.

val; then, results are represented by easy-to-read control dashboards and graphs.

4.2. Barcelona (Spain)

Barcelona is the Spanish's second largest city, with a population of 1.6 million, reaching 5 million people living in its metropolitan area. The study case has to deal with the restructuration of the bus network, in order to have a more understandable, effective and efficient bus network, and also to reduce the average travelling time. The new bus (fig. 2) network consists in 28 orthogonal and diagonal routes, and it presents the following main features: maximum connectivity, serve-demand oriented route system, high frequency routes, only one route per corridor, average distance between stops of about 400 m, 90% of journeys made with 0-1 transfers. The project has been financed wholly from public resources, with a total budget of 8 Million Euro. It will be implemented gradually, in different phases. The first phase was implemented in October 2012, including 5 routes and new furniture in the bus stops (real time information and ticketing machines) and rolling stock (CNG standard bus, CNG articulated bus and hybrid bi-articulated bus).



Fig. 4 – Fermata bus e bus articolato della linea TVM, Parigi.
Fig. 4 - Bus stop and articulated bus in the TVM line, Paris.

Anche se tratta di una linea di bus, con una lunghezza complessiva di 19,6 km, TMV appartiene a la rete strutturale e quindi ha lo stesso periodo di servizio del livello superiore (Metro). Grazie alle corsie dedicate (95% dell'estensione) e alla priorità nelle intersezioni, la velocità commerciale raggiunge un valore di 22,5 km/h.

4.5. Londra (UK)

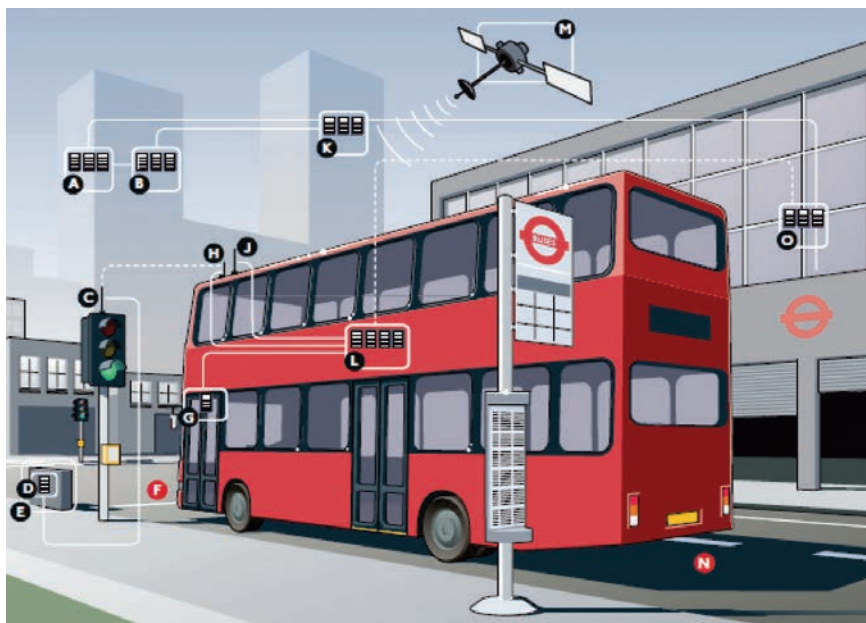
L'area urbana di Londra è la seconda dell'UE per popolazione: 9,79 milioni abitanti. La rete di bus a Londra è tra le più grandi al mondo, operando 24 h 24, con 8.500 bus circa, più di 700 itinerari e 1.500 fermate approssimativamente. Il caso di studio è il cosiddetto sistema iBUS (fig. 5), un innovativo sistema GPS potenziato per migliorare la gestione del parco bus e fornire priorità nei semafori. iBUS utilizza un nuovo sistema di rilevamento virtuale e consente ridurre il tempo di sosta grazie all'introduzione di tariffe fisse, sistemi di prepagamento e bus snodati con 3 sportelli per l'imbarco. L'iBus fornisce ai passeggeri informazione in tempo reale (arrivo e tempo di attesa), somministrando un servizio più affidabile e consistente.

4.6. Confronto incrociato tra i casi di studio

L'analisi di L0S e QoS in ogni caso di studio è stato fatto attraverso una metodologia messa a punto nel quadro del progetto 3iBS [17]. Si tratta di un metodo qualitativo, in cui i criteri identificati nelle Tabelle 1 e 2 sono etichettati in verde, giallo o rosso a seconda dei vari livelli raggiunti. Se l'etichetta è verde, il criterio ha un ottimo comportamento; quando invece è rossa, il peggiore e, quindi sono necessarie azioni per migliorarne la qualifica (un esempio è riportato in fig. 6).

Ogni colore ha un valore da 1 a 3 (1 rosso, 2 giallo e 3 verde). Il confronto incrociato tra i casi di studio consente di confrontare il livello di raggiungimento dei differenti criteri considerati nei cinque sistemi di bus analizzati.

Il Livello di Servizio è stimato alto in quasi tutti i casi di studio, prevalentemente riguardo all'età del parco (meno di 5 anni), alla presenza di ITCS, la priorità ai semafori e la velocità commerciale superiore a 13 km/h, tranne a Barcellona (fig. 7). Parigi è, comunque, il caso di studio con migliori prestazioni su tutti gli indicatori. Il fattore di carico dei passeggeri e la lunghezza delle corsie dedicate, sono due punti da migliorare in tutti i sistemi.



(Fonte Source: Transport for London, 2006)

Fig. 5- Sistema iBus di Londra.

Fig. 5 - iBus system in London.

4.3. Nantes (France)

Nantes is considered the largest city in western France. The territory of Nantes Metropole (covering 24 municipalities) has 600,000 inhabitants in an area of 524.6 km². The Nantes' study case consists in the Chronobus structuring network. It is part of an ambitious strategy aiming to develop public transport and soft modes, as well as to improve accessibility for people with reduced mobility. The project was started in 2012, and it consists of 7 new lines (out of a total of 10 lines), which have been implemented in different urban contexts and with different level of constraints. Nantes Metropolis is investing 70.1 Million Euro in creating the first 7 Chronobus lines with the aid of Europe, the French State, the County and the Region. Thanks to a pragmatic approach, the constraints linked with urban (fig. 3) integration have resulted in a transport system integrating numerous innovations. Unlike the tram or Busway networks, the dedicated bus lanes are just one tool among many others. The arrival of the Chronobuses meant a reorganisation of the network.

4.4. Paris (France)

Paris is the capital and most populous city of France. Situated on the Seine River, in the north of the country, the city of Paris has a population of 2.25 million inhabitants, but its metropolitan area (the Île-de-France region) is one of the largest population centres in Europe, with 12.29 million inhabitants. The Parisian study case entails the Trans Val de Marne (TVM) line (fig. 4), which operates in the southeaster suburbs of Paris providing an attrac-

NAME	TVM	DEMAND (2012)	15.486.014
LOCATION	Paris	SERVICE COVERAGE	4:40-01:10
LENGTH OF BUS LINE	19,6 km (1 line)	TYPOLOGY OF BUS LINE	Device / tangents routes connecting the suburbs without going into the center
NUMBER OF BUSES	45 agora (41 at peak hours + 4 rolling stock)	NUMBER OF STATIONS IN THE LINE	31
MAP OF THE LINE/PHOTOS/VEHICLES			
			
VEHICLES			
Emissions' level:	Euro V	Euro VI	
Fuel type used:	Standard Diesel		
Vehicle capacity (seating+standing):	153 (45 seating + 108 standing)		
Vehicle length:	17.98 m (articulated)		
Type of guidance (if exist):	It doesn't exist		
INDICATORS WHICH CHARACTERIZE THE LEVEL OF SERVICE			
Vehicles			
Infrastructure			
Operation			 
INDICATORS WHICH CHARACTERIZE THE QUALITY OF SERVICE			
Vehicles			
Infrastructure			
Operation			  

Fig. 6 – Esempio di scheda per il caso di studio a Parigi.
Fig. 6 - Example of fiche developed for Paris study case.

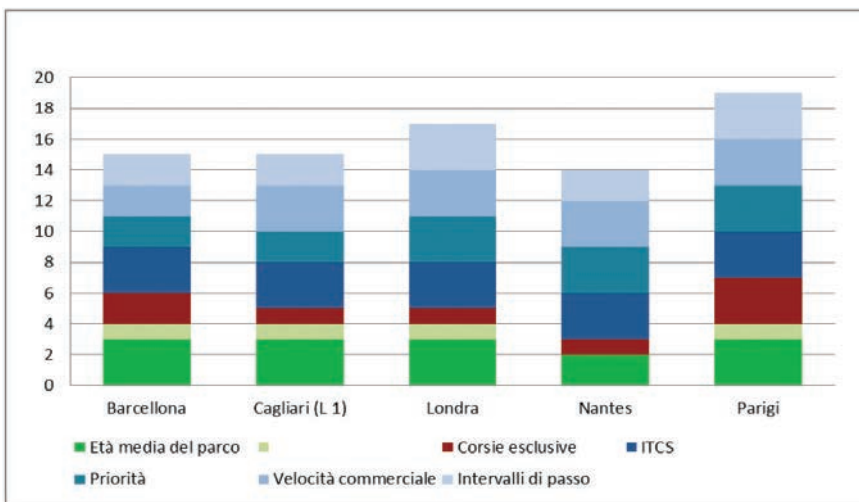


Fig. 7 - Rating del LoS per criterio e casi di studio.
Fig. 7 - Level of Service ratings per criterion and study case.

tive solution for cross-type trips. Although it is a bus line, with a total length of 19.6 km, this TMV line belongs to the structuring network with the same schedule span than the upper level (metro). Thanks to the dedicated lane (95% of the lane) and the priority at intersections, its commercial speed reaches the value of 22.5 km/h.

4.5. London (UK)

London's urban area is the second-largest in the EU with a population of 9.79 million inhabitants. The London's bus network is one of the largest in the world, running 24 hours a day, with approximately 8,500 buses, more than 700 bus routes and around 19,500 bus stops. The study case consists in the iBUS (fig. 5), system (an innovative GPS-enhanced Automated Vehicle Location system) for improving bus fleet management and giving buses priority at traffic signals. iBUS uses virtual instead of previous bus detector, and it allows a reduction in dwell time thanks to the introduction of flat fares, pre-pay systems and bendy-buses with three doors for boarding. The iBUS provides passenger with real time information (bus arrival and waiting times) delivering a more reliable and consistent service.

4.6. Cross-comparison of the study cases

The analysis of the LoS and QoS of each study case has been done through a methodology produced within the 3iBS project [17]. It consists in a qualitative procedure in which the criteria identified in tables 1 and 2 are labelled with green, yellow or red label, according to different levels established. When the label is green, the criterion has the best performance, while red is the worst and, then, so improvements/measures are needed to upgrade the qualification (see fig. 6, as an example). Then, each colour has been given a value from 1 to 3 (1 if red, 2 if yellow and 3 when green). The cross-comparison among the study cases allows contrasting the level of achievement of the different criteria considered in the five bus systems.

Anche se la Qualità di Servizio è accettabile in quasi tutti i casi (fig. 8), si sottolinea Barcellona, che evidenzia il rating più alto. Inoltre soltanto Londra mostra punteggi sotto 3 in banchine, immagine e biglietteria.

Da sottolineare il livello d'informazione raggiunto da i cinque sistemi, che non è un fatto sorprendente dato che la fornitura d'informazione in tempo reale è uno dei attributi più apprezzati dai passeggeri [18]. I dati mostrano risultati interessanti che potrebbero essere sviluppati in una futura ricerca.

5. Risultati principali: le linee guide

L'analisi dei casi di studi consente l'elaborazione di un set di linee guide classificate secondo 3 ambiti: normativo, finanziario e tecnico. Si è aggiunta una quarta categoria (*Altri*) per aggregare le raccomandazioni che non corrispondono esattamente a nessuno dei 3, in quanto una decisione presa in un ambito può coinvolgerne un altro (ad esempio, una misura che riguarda la inter-modalità può influenzare gli ambiti tecnico e normativo o il ridisegno della rete bus deve essere preceduta da una procedura di pianificazione urbana). Successivamente si sono identificate le numerose barriere.

Tuttavia, a causa della mancanza di dati e della eterogeneità dei casi di studi, il documento è stato migliorato con informazioni aggiuntive da altre fonti rigorose, tra cui i rapporti delle autorità di trasporto, i progetti europei di ricerca e sviluppo, ecc. Quindi, i fondamenti per costruire le linee guide e le raccomandazioni sono stati insieme l'informazione fornita dai casi di studio ed un esame approfondito della letteratura esistente.

Si sottolinea, comunque, che l'obiettivo ultimo di que-

The Level of Service shows good performance in almost all study cases, mostly regarding the age of the fleet (lower than 5 years old), existence of ITCS in the bus network, priority at traffic signals and commercial speed higher than 13 km/h, except in Barcelona (fig. 7). Paris is, however, the study case which shows a better trend for all performance indicators. The passenger load factor and the length of dedicated lanes need to be improved in all the bus systems presented. The study cases present an acceptable Quality of Service (fig. 8), highlighting the case of Barcelona, which has the highest rating of the quality of service. Only London scores below 3 in quality of docking, image and ticketing services. It is remarkable the level of information achieved in the five systems, which is not surprising as the provision of real time information to passengers is one of the most valued attributes by passenger [18].

5. Main results: the Guidelines

The analysis of the study cases above allowed the elaboration of a set of guidelines, classified according to three domains: regulatory, financial and technical. A fourth category (Other) was added to group those recommendations not properly corresponding to the 3 identified domains, since decisions affecting one may involve another (some intermodality measures may affect regulatory and technical fields; or redesigning a bus network must be preceded by a land use process). A number of barriers were also identified.

Nevertheless, due to the lack of data and the heterogeneity of the case studies, the document was improved by additional information from other reputable sources,

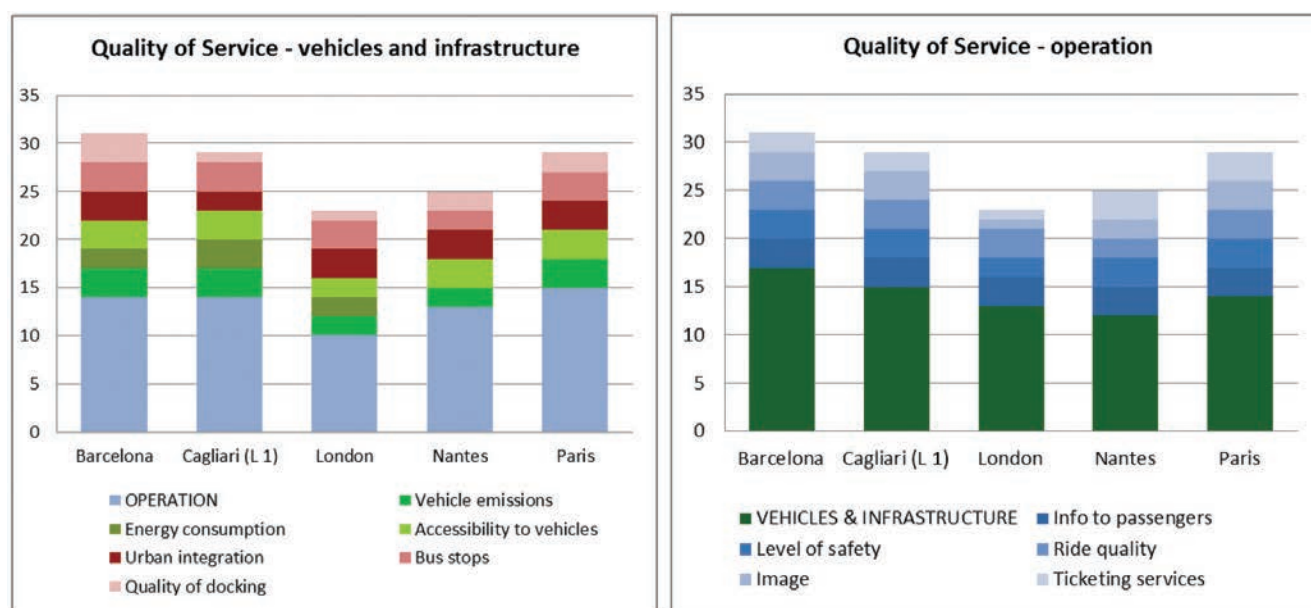


Fig. 8 – Rating della QoS per criterio e casi di studio.
Fig. 8 - Quality of Service ratings per criterion and study case.

ste linee guide è soprattutto quello di imparare dalle esperienze e successi di altrui, senza bisogno di inventare nuovamente l'acqua calda!

5.1. Ambito normativo (N)

Le questioni normative includono il sistema di contrattazione (caso di Madrid), il processo di monitoraggio dei servizi forniti (iBUS a Londra), il cosiddetto contratto-programma tra l'autorità di trasporto e gli operatori per sviluppare sistemi di gestione della qualità (Barcellona), e la procedura di gara di qualità (Stoccolma). L'analisi mostra che il panorama europeo è molto diversificato e, quindi, sarebbe molto apprezzabile un set europeo di linee guide generali in cui venissero raccomandate le procedure per l'implementazione pratica.

- *Un quadro normativo comune*

Durante l'esecuzione del progetto 3iBS, la variabilità del quadro normativo in Europa è stata la questione più osservata. Infatti, si nota che le specificazioni per le gare vengono riferite al livello nazionale (ad esempio gli standard CUNA in Italia), mentre i bandi per l'acquisto dei bus sono conformi agli standard europei. Normalmente, i fabbricanti stranieri non conoscono e non hanno fatto test secondo standard nazionali specifici. Pertanto sarebbe molto utile il riferimento a un quadro normativo unico fra tutti i paesi dell'Unione Europea, sia per stabilire i requisiti di gara, sia per l'acquisto dei bus e i relativi test.

- *Veicoli ed infrastrutture devono essere integrati nel contesto della città*

È fondamentale l'integrazione della rete di bus nell'area urbana, sia il veicolo sia l'infrastruttura. Quando questo accade, la valorizzazione dell'area urbana è possibile, il che è essenziale anche per avere successo riguardo all'incremento del numero di passeggeri.

- *Forte sostegno politico*

L'appoggio dei rappresentanti politici per l'implementazione (oppure il miglioramento) di un sistema bus è fondamentale, particolarmente nel caso di strategie controverse, cioè particolarmente restrittive per gli utenti dell'autovettura privata, come corsie dedicate, strategie di prezzi, ecc. E' quindi importante cercare di raggiungere un clima d'accordo tra tutti gli stakeholder per stabilirne le caratteristiche fondamentali.

- *Integrazione nel sistema di trasporto pubblico (intermodalità)*

Il trasporto pubblico può aggiungere un valore reale alla città se si integra in un contesto più ampio, poiché i viaggi non cominciano dall'ingresso nella stazione e non finiscono quando se ne esce [19]. È quindi fondamentale la buona connessione tra i modi, non solo ferroviari (tram, metro, treni pendolari), ma anche bicicletta, taxi, percorsi pedonali, ecc. Un sistema di Bus ad Alto Livello di Servizio dovrebbe essere parte della rete portante integrata (come un tram o una linea di metro), sottolineando

such as transport authorities reports, European R+D projects, etc. So first-hand information from the case studies together with an in depth review of the existing literature are the basis of this compilation of guidelines and recommendations.

Finally, note that the ultimate aim of these guidelines is more on learning from other's experiences and success: there is no need for reinventing the wheel over and over.

5.1. The regulatory domain (R)

The regulatory issues include the procurement system (Madrid), the monitoring process of the services provided (London buses), the programme contract between the transport authorities and the operators to develop quality management methods (Barcelona), and the quality tendering procedure (Stockholm). The analysis shows that the European scene is quite diverse, so a common set of European-wide guidelines recommending procedures for practical implementation would be extremely valuable.

- *A common regulatory framework*

During the execution of the 3iBS project, the variability of the regulatory framework in Europe was the issue more frequently observed. Indeed, tender specifications refer to regulations applicable at national level (i.e. CUNA standards in Italy) while tenders for the purchase of buses comply with European standards. Usually foreign manufacturers do not know and do not have conducted the tests according to specific national standards. So, it would be useful to refer to a single regulatory framework for all European countries, both in the tender specification and for the purchase of buses and related tests.

- *Vehicles and infrastructures must be integrated within the city context*

It is essential the integration of the bus network into the urban area, in both aspects the vehicle and the infrastructure. If it happens, a strong enhancement of the urban area is possible, and it is also a key issue for achieving ridership success (R,T).

- *Strong politician support*

The support from politicians in the implementation (or upgrading) of a bus system is a key issue, particularly in the case of controversial strategies, i.e., those especially restrictive to car users, such as dedicated lanes, pricing, etc. It is important that a climate of agreement on the basis features of the public transport system be sought from all involved stakeholders.

- *Integration within the public transport system (intermodality)*

Public transport can add real value to the city by being better integrated within its wider context since customers' trips don't begin when they enter the station and don't end

ne fortemente l'inter-modalità. La fornitura di informazioni ai passeggeri (via web, cellulare, oppure presso fermate e stazioni) può anche contribuire a raggiungere gli obiettivi di un sistema intermodale.

5.2. Ambito finanziario (F)

Le questioni finanziarie si concentrano sul lungo termine: permanenza e modalità di finanziamento del sistema in un quadro stabile e solido. Alcuni tra i casi di studio forniscono innovativi e creativi sistemi per finanziare il parco bus.

- *Tariffe integrate (compresi i parcheggi di scambio e i parcheggi bici)*

L'integrazione tariffaria è chiave per il successo di ogni sistema di trasporto pubblico. È un modo di percepire il sistema nel suo insieme. Inoltre, una struttura di tariffe interessante e un sistema di bigliettazione semplice sono auspicati dai passeggeri. Infatti questa misura appartiene ai 3 ambiti, che ne sono tutti coinvolti.

- *Schemi di leasing*

Questo sistema di acquisto consente l'acquisizione di un parco moderno ad un costo minimo e in un periodo di tempo ragionevole: gli operatori possono sfruttare il bus come se fosse di proprietà e restituirlo alla fine del contratto nelle condizioni accordate.

- *Acquisto noleggio a tasso fisso (Hire purchase fixed rate)*

Questo sistema consente di comprare un bus con pagamenti costanti e regolari durante tutta la vigenza del contratto. I pagamenti possono essere programmati in corrispondenza con i flussi di cassa dell'operatore, e, purché i termini e le condizioni del contratto siano rispettati, la proprietà viene trasferita all'acquirente.

5.3. Ambito tecnico (T)

I fattori tecnici che influiscono sul Livello di Servizio dipendono da molte variabili secondo il contesto, dato che non tutte le soluzioni sono possibili in qualsiasi contesto: le tariffe e la biglietteria integrata, i sistemi d'informazione, la priorità al bus, ecc., possono porre problemi di trasferibilità. Tra gli altri, questo ambito può coprire:

- *Ripensamento del disegno della rete*

La rete bus ortogonale a Barcellona prova che una riorganizzazione della rete può migliorare sostanzialmente sia la prestazione dei servizi, sia i costi di operazione. Il nuovo disegno contribuisce a ridurre la necessità di viaggiare in una rete radiale tramite un sistema di linee orbitali che collegano direttamente i poli d'attrazione, esistenti e pianificati, fuori del centro città. Si basa su poche linee con pochi trasferimenti, alte frequenze e poche fermate, in linea con l'organizzazione gerarchica della rete bus, ciò che dipenderà dalle caratteristiche locali e dagli obiettivi da raggiungere.

when they leave [19]. It is very important a good connexion between modes which includes not only with rail modes: tram, metro, suburban railways, but also with bikes, taxi, pedestrian routes, etc. A bus systems with a high level of service should be a part of the integrated structuring network (like a tram or a metro line), with a strong emphasis on intermodality. The provision of information to passengers (via web, mobile, or at stops/stations) can also contribute to achieve an intermodal system. (R,T).

5.2. The financial domain (F)

The financial issues focus on the long term, permanence and ways of financing for funding the system within a stable and solid framework. Some of the case studies provide with innovative and creative systems for financing the urban bus fleet.

- *Integrated fares (including park and rides or bike parks).*

Tariff integration is the key to success for any public transport system. It is a way to perceive the public transport system as a whole. Moreover, attractive fare structures and an easy ticketing system should be desirable for a better use by passengers. Indeed, this measure belongs to the 3 domains, since the financial, the technical and the regulatory framework are involved.

- *Leasing schemes*

This purchasing system allows the acquisition of an upgraded fleet at minimum cost and within a reasonable timeframe: the operators have the use of the bus as if it were owned and return it at the end of the contract, to the pre-agreed conditions.

- *Hire Purchase Fixed Rate*

This scheme allows purchasing a bus with regular constant payments throughout the contract term. The payments can be timed to fit with the cash flow of the operator, and after the final instalment, provided that the terms and conditions of the agreement have been met, the ownership is transferred to the purchaser.

5.3. The technical domain (T)

The technical factors influencing the level of service depend on many variables according to the context, since not any solution is suitable in every context: fares and ticketing integration, information systems, bus priority, etc., may present problems of transferability. Among others, this domain could cover:

- *Rethinking the network design*

The orthogonal network bus in Barcelona proves that a plain reorganization of the bus network can improve significantly the performance of the services, as well as the operating costs. The new design will contribute to reduce

- *Informazione ai passeggeri in tempo reale accessibile ovunque*

I passeggeri devono essere bene informati, sempre e dovunque. Questa informazione in tempo reale dovrebbe essere fornita a bordo, nelle fermate e nelle stazioni, via web e anche cellulare (SMS, Bluetooth). L'informazione ai passeggeri può anche essere usata per fare pubblicità, il che costituisce una fonte aggiuntiva di ricavi. I video possono fornire intrattenimento (notizie e informazione generale), aumentando in conseguenza l'attrattiva del servizio. L'informazione offerta all'utente può migliorarsi offrendo notizie su inter-modalità in tempo reale, cioè bus, treni e tutti gli altri modi di trasporto.

- *Potenziamento della impostazione delle fermate bus/stazioni*

Secondo il progetto EBSF [20], la stazione bus è uno degli elementi con alto potenziale per migliorare l'attrattiva del bus. Il disegno e l'impostazione della stazione dovrebbero fornire sicurezza negli spostamenti pedonali, banchine e piattaforme ampie e commisurate a servire la domanda, ingresso diretto per i bus, accesso per tutti gli utenti, compresi quelli con necessità speciali, e impianti per fornire completa informazione.

- *Priorità alla circolazione dei bus*

La priorità dovrebbe essere riservata ai semafori, con corsie dedicate, diritto di precedenza per i bus alle intersezioni, per facilitare la partenza dalle fermate, ecc.

- *Veicoli rispettosi dell'ambiente*

I sistemi di propulsione dei bus dovrebbero essere rispettosi dell'ambiente, riducendo l'inquinamento atmosferico, i gas serra (CO₂ principalmente) e il rumore. Le normative europee rinforzano queste caratteristiche attraverso la Direttiva 2009/33 per la promozione di veicoli puliti nello spazio europeo. Ciò richiede la valutazione dell'impatto ambientale nel corso delle gare (che appartiene all'ambito normativo), compresi il monitoraggio dei costi esterni dovuti agli inquinanti, CO₂ e benzina durante l'intero tempo di esercizio dei bus.

- *Bus accessibili a tutti gli utenti*

Il sistema di bus di alta qualità deve essere accessibile a tutti, a prescindere del suo livello di disabilità o necessità. Quindi è molto importante investire in veicoli accessibili (a pianale ribassato, che forniscano informazioni in formato audiovisuale e abbastanza spaziosi per sedie a rotelle e carrozzine), in banchine di alta qualità in fermate e stazioni accessibili e capaci di fornire a tutti le informazioni necessarie.

5.4. Altri

- *Immagine del sistema*

L'immagine negativa dei bus, dovuta alla congestione, all'irregolarità, alla carenza di comfort, al design obsoleto,

the need to travel on a radial network by means of new orbital lines that link directly attraction poles, existing and newly planned, outside the city centre. It is based on few lines with few transfers, high frequencies and few stops, and is in line with the hierarchical organization of the bus network, what will depend on the local characteristics and the objectives to be improved.

- *Real time information to passengers, accessible everywhere*

Passengers have to be well informed every time and everywhere. Real time information should be provided on-board the vehicle, at bus stops/stations, via web and also mobile phone (SMS, Bluetooth). On-board passenger information can be used to display and announce advertisements, which is a potential source for additional revenues. Video displays on-board may provide entertainment (news and general information), thus giving attractiveness to the service. The information offered to the user can be improved by providing multimodal - real time- passenger information, including buses and other transport modes.

- *Enhancement of the layout of bus stops/stations*

According to the EBSF [20] project, the bus station is one of the components of the "bus system" with a high potential for improving the attractiveness of the bus. The design and layout of a station should provide high safety for pedestrian crossings, enough bays according to the demand, a straight entrance for the buses, a sufficient width of platform according to the demand and the access for all users (included those with special needs), and full information equipment.

- *Priority for bus operation*

The prioritization should be at traffic lights, dedicated lanes, right of way for buses at crossroads or for easy bus stop departure, etc.

- *Environmental friendly vehicles*

Bus propulsion systems should be "environmentally friendly" by minimizing air pollution, greenhouse gases (CO₂ mainly) and noise. European regulations enforce this feature, especially through Directive 2009/33 for the promotion of clean vehicles in the European space. This requires an environmental impact appraisal of bids (which is part of the regulatory domain), including monitored costs of pollutants, CO₂ and fuel, during the whole operating time of the buses.

- *Accessible buses for all users*

A high quality bus system must be accessible to everyone, regardless of their disabilities or needs. Thus, it is very important to invest in accessible rolling stock (low floor vehicles that provide information in audio-visual format, and enough space for wheel-chairs or prams), in high quality docking at all doors, accessible bus stops/stations and information available for everyone.

deve essere migliorata con una immagine moderna, confortevole, semplice da usare e accessibile per attrarre nuovi utenti. Questo si può fare attraverso delle politiche di marchio dello stesso sistema, delle stazioni, delle peculiarità lungo il percorso, ecc. Come già evidenziato in PROCEED [21], la buona e positiva immagine dei sistemi di bus urbano tra i cittadini è un fattore chiave per il successo. Dunque, un servizio di bus urbano ha bisogno di campagne di marketing continue e forti, un sistema di marchio ben disegnato per entrare e rimanere nella mente degli utenti potenziali.

- *Strategia globale per promuovere il bus*

È necessario definire una politica globale riguardo a tutti i modi di trasporti, nel contesto di una strategia dove i bus vengono identificati chiaramente come il modo da promuovere.

La tabella 3 mostra in sintesi le principali raccomandazioni per implementare un sistema di bus intelligente e sostenibile secondo gli ambiti precedentemente menzionati. Quando una raccomandazione è stata già implementata nel caso di studio compare il simbolo “√”. Da notare che la lista non pretende di essere esaustiva, ma qualche volta la carenza di informazioni può portare a trarre conclusioni inesatte.

6. Principali ostacoli per l'implementazione di uno schema 3iBS di successo

I principali ostacoli identificati per l'implementazione di un sistema di trasporto pubblico di alta qualità, sono stati i seguenti:

- Opposizione alle misure di priorità (corsie dedicate, priorità nei semafori): ogni Autorità oppure operatore deve affrontare questo problema. E' necessaria una visione politica comune sull'importanza del trasporto pubblico e coraggio per renderla possibile.
- Soppressione di parcheggi e limitazioni al traffico quando si implementa una corsia dedicata sono misure molto controverse, inizialmente di scarsa accettazione. Sovente la città deve trattare con gli interessi confliggenti dei suoi cittadini e politici ed è molto difficile raggiungere il consenso tra tanti coinvolti.
- Contesto urbano difficile (particolarmente nel centro città).
- Vendita di biglietti sul bus: la vendita dei biglietti dagli autisti può ridurre i benefici delle misure di priorità. Comunque, ci sono delle persone non familiarizzate con le macchine distributrici automatiche, che preferiscono invece comprare il biglietto a bordo. Questa si dimostra essere una grossa barriera da rimuovere.
- Normalmente l'Autorità di trasporto non sono responsabili delle politiche di intervento su strade e traffico. Ma, per sviluppare strategie integrate a favore del trasporto sostenibile, la pianificazione del territorio dovrebbe rientrare anch'essa tra le sue competenze o, al-

5.4. Others

- Image of the system

The negative image that buses have due to congestion, irregularity, discomfort and outdated designs must be improved to a modern image, comfortable, easy to use and accessible service to attract new customers. It can be done by branding of the system itself, stations, features all along the route, etc. As it is stated in PROCEED [21], a good and positive image of the urban bus system among all citizens is a major factor in delivering success. Thus, an urban bus service needs continuous marketing and strong, well-designed 'branding' to enter and remain in the minds of potential users.

- A global policy for promoting the bus

It is necessary the definition of a global policy concerning all transport modes where buses are clearly identified as a mode to promote.

Table 3 shows a summary with the main recommendations for the implementation of a smart and sustainable bus system according to the domains. If the recommendation has been implemented already in the study case a √ appears. Please, note that this is not an exhaustive list since the lack of information may have led to less accurate conclusions.

6. Main barriers for the implementation of a successful 3iBS scheme

The main barriers identified to implement a high quality public transport system, were as follows:

- *The struggle for priority measures (dedicated lanes, priority at traffic lights): every authority or operator is confronted with this problem. A common political vision on the importance of PT and courage to make it concrete is needed.*
- *Car places suppression and flow restriction when building a dedicated lane are controversial measures of low public acceptance at least in the beginning. Even more, many times the city has to deal with conflicting interests of its citizens and its politicians. It is always difficult to reach a consensus among all the involved.*
- *Difficult urban context (especially in city centres).*
- *Tickets sold on buses: selling ticket by drivers can reduce the benefits of any priority measure. However, there are many people not familiarised with the vending machines who prefer to buy the ticket on-board. This is an important barrier to be solved.*
- *Usually, Transport Authorities are not responsible for both road and traffic policies; even land use planning should be one of the responsibilities attached to the Transport Authorities to develop integrated strategies*

TABELLA 3 – TABLE 3

Raccomandazioni per l'implementazione di un sistema di bus intelligente e sostenibile, sulla base di ambiti e città dove sono stati implementati

Recommendations for the implementation of a smart and sustainable Bus System according to their domains and cities in which they have been implemented

Raccomandazioni - Recommendations	Ambiti - Domains				Casi di Studio - Study cases				
	T	A	N	F	B	C	L	N	P
Ripensamento del disegno della rete <i>Rethink the network design</i>	√				√			√	√
Informazione in tempo reale ai passeggeri e accessibile ovunque <i>Real time information to passengers and accessible everywhere</i>	√				√	√	√	√	√
Miglioramento del layout di fermate e stazioni <i>Layout of bus stops/stations should be enhanced</i>	√				√			√	√
Priorità alla circolazione del bus <i>Provide priority to bus operation</i>	√							√	√
Veicoli rispettosi dell'ambiente <i>Environmental friendly vehicle</i>	√	√	√	√	√	√			√
Quadro di normative comune <i>A common regulatory framework</i>			√						
Veicoli ed infrastrutture integrati nel contesto urbano <i>Vehicles and infrastructures integrated within the city context</i>	√		√		√		√	√	√
Immagine del sistema <i>Image of the system</i>		√			√			√	√
Politica integrale per la promozione del bus <i>Global policy for promoting the bus</i>		√							
Meccanismi di finanziamento <i>Financing mechanisms</i>				√		√			
Forte supporto politico <i>Strong politician support</i>			√						
Integrazione nel sistema di trasporto pubblico (intermodalità) <i>Integration within the public transport system (intermodality)</i>	√		√					√	
Autorità unica responsabile dell'esercizio del bus e della rete stradale <i>A single authority responsible for bus operation and road network</i>			√						
Accessibilità a tutti gli utenti <i>Accessible to all users</i>	√				√			√	√
Tariffe integrate (inclusi park&ride e park&bike) <i>Integrated fares (including park and rides or bike parks)</i>	√	√	√	√				√	
Misure "push and pull" <i>Implementation of "push" and "pull" measures</i>	√		√						
Estese linee guide europee <i>European-wide guidelines</i>			√						

Legenda: T: Tecnico; A: Altri; N: Normativo; F: Finanziario; B=Barcellona; C=Cagliari; L=Londra; N=Nantes; P=Parigi.
 Legend: T: Technical; A: Other; N: Regulatory; F: Financial; B=Barcelona; C=Cagliari; L=London; N=Nantes; P=Paris.

meno, tutti i diversi responsabili dovrebbero lavorare in stretta collaborazione.

- Mancanza di finanziamenti. Negli ultimi anni, la crisi economica ha portato una riduzione drastica del finanziamento dei sistemi pubblici, tra cui il trasporto pubblico. Tale riduzione è stata più grossa nei paesi mediterranei, che sono stati maggiormente colpiti dalla crisi. Occorre trovare dei meccanismi di finanziamento innovativi, lontani dei tradizionali programmi di sovvenzione.

in favour of sustainable transportation. At least, all of them should work in close cooperation.

- *Lack of funding. Within the last years, the economic crisis has produced a reduction in the funding of public systems. One of them is the public transport, where has been a reduction in the subsidies perceived. It has been more pronounced in the Mediterranean Countries, where the crisis has been worst. It is necessary to find out innovative financing mechanisms far away from the traditional subsidies schemes.*

7. Conclusioni

La strategia globale de l'UITP per il settore del trasporto pubblico punta, tra l'altro, verso l'incremento dell'efficienza e della competitività. Infatti, una indagine condotta tra imprenditori, leader dei movimenti civici e altri esperti mondiali in affari urbani, mostra che il 61% degli intervistati pensano che rinforzare gli investimenti in trasporto pubblico e strade farebbe diventare le città globalmente più competitiva di qualsiasi altro investimento, quasi due volte la quota dell'istruzione e la educazione, e cinque volte più i servizi di salute e l'accesso all'assistenza [22]. I pianificatori di trasporto e i decisori politici dovrebbero cominciare da qui al momento di (ri)pensare i sistemi di trasporto.

I passeggeri dei bus non valutano i servizi tanto per la quantità di servizio, come viene assunto tradizionalmente, ma secondo molti altri criteri. Disponibilità, frequenza, velocità, accessibilità, sicurezza, integrazione, informazione, prezzo, ecc. sono tutti fattori che influiscono sul LoS e sul QoS. Questo significa che la qualità e il livello di servizio sono due facce della stessa medaglia e quindi, non si può avere uno senza l'altro. Infatti, tutti i casi di studio analizzati nel progetto 3iBS provano quanto LoS e QoS siano intrecciati, essendo l'organizzazione della rete (legata alla gerarchizzazione) e le misure di priorità, quelle più effettive per migliorare il LoS.

Inoltre, i casi di studio presentati mostrano che c'è ancora spazio per sviluppare e migliorare il bus come un modo di trasporto moderno e efficiente, pure in un contesto di restrizioni economici. Infatti la crisi economica ha fermato la costruzione di nuove infrastrutture, compresi parecchi tratti di ferrovia, in quasi tutte le città europee.

Insomma, come disse il sindaco di Bogotá: *una città avanzata non è quella dove i poveri usano la macchina, ma quella dove i ricchi usano il trasporto pubblico*. Magari queste linee guide possano essere utili a tale fine!

7. Conclusions

The UITP global strategy for the Public Transport sector aims to increase among others the efficiency and the competitiveness. Indeed, a survey carried out among business and civic leaders, and other experts in urban affairs around the world, showed that 61% of the interviews felt that improving public transport/roads would make their city more globally competitive than any public investment, nearly twice the share of schooling and education, and five times health care facilities and access to care [22]. Transport planners and decision makers should start from this when (re)thinking the transport system.

But passengers not always value the bus services for the amount of use, as is traditionally assumed, but in many other ways. Availability, frequency of service, travel speed, boarding speed, safety and security, integration, information, price, etc., are all factors influencing both LoS and QoS. This means that quality and level of service are the two sides of the same coin, since passengers perceive different aspects of quality in terms of level of service and, hence, you cannot have one without the other. Indeed, all the case studies analysed in the 3iBS project prove how LoS and QoS are intertwined, being the reorganization of the network (linked to hierarchization) and priority solutions the most effective measures to improve LoS.

Furthermore, the case studies presented show that there is room enough to develop and improve the bus as a modern and efficient transport mode, even more in a context of economic constraints. In fact, the economic crisis has stopped the construction of new infrastructures in most European cities, where even a number of rail sections have closed.

At the end, as the former Mayor of Bogotá stated "an advanced city is not one where even the poor use cars, but rather one where even the rich use public transport". May these recommendations be useful to that purpose.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] COM (2007) 551 final. Green Paper. Towards a new culture for urban mobility, Brussels, 25.9.2007.
- [2] COM (2009) 490 final. Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 30.09.2009.
- [3] 3iBS (2012). Intelligent, innovative, integrated bus system. VII Framework Programme. EC. <http://www.3ibs.eu>
- [4] COM (2008) 886 final. Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe, Brussels, 16.12.2008.
- [5] López-LAMBAS M.E., and VALDÉS C. (2013), "BHLS, Bus, Tram: thesis, antithesis, synthesis", *Ingegneria Ferroviaria* 6, 569-585.
- [6] European Union (2012). Innovating for a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union.

- [7] BABILOTTE C., RAMBAUD F. (ed) (2005), "*Bus à haut niveau de service, Concept et recommandations*", Ouvrage collectif, Certu, Gart, Inrets, UTP, Certu, Lyon, France, 111 p., 2005.
- [8] RABUEL S. (ed.), (2009), "*Bus with a high level of service: choosing and implementing the right system Certu*", Lyon, France.
- [9] COST Action TU 603. Buses with High Level of Service – Results and trends from 30 EU cities. (2011).
- [10] HIDALGO D. & GUTIÉRREZ L. (2012), "*BRT and BHLS around the world: explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding*", Research in Transportation Economics <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.018> (article in press).
- [11] Kittleson & Associates (2013), "*Transit Capacity and Quality of Service Manual*" – Third Edition, TCRP Web Document 165, Transit Cooperative Research Program, TRB (www.trb.org); at http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_165fm.pdf.
- [12] LITMAN T. (2007), "*Evaluating Rail Transit Benefits: A Comment*", Transport Policy, 14 (1), 94-97.
- [13] ELIA A. and PARKS K. (2013), "*HCM Urban Streets Methodology: Bicyclist, Pedestrian, and Transit Passenger*", TRB Webinar; at <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/webinars/131031.pdf>.
- [14] LITMAN T. (2014), "*Transit Evaluation. Determining the Value of Public Transit Service*", Retrieved 4th February, 2015, from: <http://www.vtpi.org/tadm/tadm62.htm>.
- [15] DOWLING R., FLANNERY A., LANDIS B., PETRITSCH T., ROUPHAIL N., & RYUS P. (2008), "*Multimodal level of service for urban streets*", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2071(1), 1-7.
- [16] Molinero A., Sanchez L. (1997), "*Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración*", Publicaciones UAEM.
- [17] DELGADO et al. (2014), "*3iBS Deliverable 14.1 – Analysis of Study Cases of Level of Service*", Internal Document.
- [18] MONZON A, HERNANDEZ S, CASCAJO R. (2013), "*Quality of bus services performance: benefits of real time passenger information systems*", Transp Telecommun 14(2):155–166.
- [19] EMBARQ. From here to there: a creative guide to making public transport the way to go. Retrieved 19th February, 2015, from: <http://www.embarq.org/sites/default/files/From-Here-to-There-EMBARQ.pdf>
- [20] EBSF (2008) European bus system of the future project. VII Framework Programme. EC, from <http://www.ebsf.eu>
- [21] PROCEED – Principles of successful high quality public transport operation and development (2009). Deliverable 4: Guidelines for European High Quality Public Transport in small and medium sized cities. Retrieved 19th February, 2015, from: http://www.fgm.at/proceed/Docs/PROCEED_Guidelines_EN.pdf
- [22] CERVERO R. and DAI D. (2014), "*BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments*", Transport Policy 36, 127-138.