

---

## **CITY LOGISTICS: PIANIFICAZIONE SPAZIO – TEMPORALE DEL TRASPORTO MERCI IN AMBITO URBANO**

---

*Dezi G.*

*Dottorando - DISTART - Università di Bologna - [giampaolo.dezi@mail.ing.unibo.it](mailto:giampaolo.dezi@mail.ing.unibo.it)*

*Sangiorgi C.*

*Ricercatore - DISTART - Università di Bologna - [cesare.sangiorgi@mail.ing.unibo.it](mailto:cesare.sangiorgi@mail.ing.unibo.it)*

*Marinelli M.*

*PhD - DISTART - Università di Bologna - [margherita.marinelli@mail.ing.unibo.it](mailto:margherita.marinelli@mail.ing.unibo.it)*

### **SOMMARIO**

Molteplici studi, portati a termine di recente in Europa ed oltreoceano, hanno focalizzato l'attenzione sulle problematiche indotte dal trasporto merci in ambito urbano e contribuito ad identificarne possibili soluzioni (city logistics). Le aree urbane, dovrebbero idealmente essere luoghi ove abitare, svolgere attività economiche, sociali e ricreative. Esse possono vedere compromessa la loro predisposizione a tali scopi anche a causa del crescente traffico delle merci, il cui trasporto è effettuato principalmente su gomma, per via delle brevi distanze da coprire e delle carenze infrastrutturali. I veicoli commerciali, ad eccezione di quelli di ultima generazione, incidono negativamente sulla qualità dell'ambiente urbano, generando inquinamento atmosferico e acustico. La politica del "just in time", che prevede l'assenza di magazzini di stoccaggio delle merci, incrementa i movimenti commerciali. Nella presente memoria vengono trattati alcuni aspetti logistici di regolamentazione della sosta e degli accessi per i mezzi di trasporto merci, in grado di rendere più efficiente la distribuzione dei beni, mitigando le problematiche indotte dal traffico e, quindi, salvaguardando la qualità di vita nei centri cittadini.

### **ABSTRACT**

Many European and overseas studies have brought into focus the issues related with urban freight transport in order to find possible solutions (city logistic). Urban areas, instead of being living, commercial and resting places may have their functions jeopardized either due to the intense and short range road good's transport and to the infrastructural lacking. Commercial vehicles are detrimental for the urban environment, polluting with gasses and noises. The "just in time" policy of no warehousing enhance this kind of transportation. This paper describes some technical solutions for the management of stop and access for the goods transport vehicles in order to allow the on-time delivery as well as to mitigate the traffic induced issues towards citizens.

*Keywords: City logistics, Mobilità urbana, Trasporto merci, Piazzole c/s, Bologna.*

## 1. INDIRIZZI EUROPEI PER LA LOGISTICA NEI TRASPORTI

La Commissione Europea ha adottato una serie di orientamenti per la futura politica comunitaria dei trasporti, al fine di ridurre le conseguenze negative della mobilità in termini di consumo di energia e qualità dell'ambiente, anche alla luce del protocollo di Kyoto [1]. In tale contesto, oltre alle azioni previste dal Libro Bianco del 2001 [2] che individua sessanta misure per migliorare la qualità e l'efficienza del trasporto europeo entro il 2010 e spezzare la dipendenza tra crescita economica e aumento dei trasporti, sono risultati necessari altri strumenti fra cui, in particolare, un piano per la logistica del trasporto merci ed una riflessione su come cambiare la mobilità urbana delle persone. Come risposta a tale esigenza la CCE nel 2007 ha pubblicato il Libro Verde [3] che, aprendo un dibattito sulla politica dei trasporti urbani, mira a sviluppare sinergie più efficienti fra i trasporti stradali, marittimi, ferroviari e fluviali e ad integrare i vari modi di trasporto in catene logistiche. In particolare, si afferma l'importanza, per ogni politica di mobilità urbana, di considerare entrambe le principali componenti del trasporto: persone e merci; in altre parole le autorità locali devono considerare l'insieme della logistica urbana – merci e passeggeri – come un unico sistema logistico e che la distribuzione di merci entro il perimetro urbano deve essere maggiormente integrata nella politica locale e nell'assetto istituzionale.

Anche a livello nazionale ci si sta muovendo in tale direzione con il Piano Generale dei Trasporti e della Logistica [4], che sostiene come la politica degli investimenti nel comparto dei trasporti non debba essere affrontata solo in termini di potenziamento infrastrutturale, ma anche attraverso una pluralità di azioni orientate ad aumentare la prestazione complessiva dell'offerta dei servizi di trasporto, in termini di qualità, affidabilità, sicurezza, riduzione degli impatti e nuove regole per la soluzione dei conflitti.

## 2. CITY LOGISTICS

Alla luce degli orientamenti europei citati, la logistica si è affermata come strumento competitivo non solo per le imprese e per le attività commerciali ad esse collegate, ma anche per il territorio sul quale operano. In ambito urbano hanno assunto un ruolo di primaria importanza le problematiche riguardanti i livelli di congestione e le esternalità, che coinvolgono l'uomo e le sue attività economiche e sociali, causate principalmente dalla combinazione dell'utilizzo quasi esclusivo del trasporto su gomma per la consegna merci e, più a monte, dell'inefficienza del sistema distributivo cittadino. Di fatto, in Europa oltre il 75% della popolazione vive negli agglomerati urbani ove, pertanto, si localizzano le attività in grado di generare/attrarre i flussi di merci; a ciò consegue che il 20% dei flussi veicolari urbani è attribuibile al trasporto merci (autocarri > 3,5 t), percentuale che cresce se si assommano anche i furgoni di massa inferiore alle 3,5 t e le auto, sempre più adottate per lo smistamento capillare.

Pertanto, al fine di tutelare l'interesse collettivo, le pubbliche amministrazioni sono chiamate ad adottare misure capaci di conciliare due obiettivi contrastanti tra i quali esiste un potenziale *trade-off* (situazione in cui un guadagno rispetto ad un dato obiettivo implica necessariamente una perdita riguardo ad un altro): da una parte la necessità di garantire un sistema di distribuzione merci efficiente e capace di rispondere

alle richieste dei rivenditori che attuano la politica del *just in time*, dall'altra la volontà di porre delle limitazioni al traffico merci per minimizzarne l'impatto ambientale [5].

In tale contesto si è recentemente diffuso in Europa un nuovo filone di ricerca che, applicando i concetti della logistica aziendale alla distribuzione delle merci in ambito urbano, cerca di superare tale *trade-off*. Si tratta della *city logistics* (*logistik city* secondo la terminologia di origine tedesca), o "logistica dei flussi urbani", che mira a gestire il traffico merci razionalizzandolo, mantenendo come obiettivo primario il raggiungimento dell'efficacia e dell'efficienza, dove per efficacia si intende il saper soddisfare le esigenze dei clienti garantendo "la disponibilità del prodotto giusto nella quantità e condizione giuste, nel luogo e nel momento giusti", mentre per efficienza si intende il raggiungimento dell'efficacia senza gravare sulla popolazione e sull'ambiente con costi non monetizzabili causati da congestione e inquinamento [5]. In altre parole, la *city logistics* individua soluzioni atte a regolare l'accesso, la circolazione e la sosta dei veicoli commerciali ai centri urbani, senza attuare politiche di restrizione nocive alla prosperità economica e sociale degli stessi e foriere di delocalizzazione delle attività economiche e della popolazione [6].

### **3. TRAFFICO MERCI A BOLOGNA**

#### **3.1 Mercibo<sub>2</sub>**

Il capoluogo emiliano è dotato di un nuovo strumento per la distribuzione e raccolta delle merci in ambito urbano denominato Mercibo<sub>2</sub>. Con tale Piano, approvato nel marzo 2006, il Comune di Bologna intende incentivare i processi di riorganizzazione della logistica e della distribuzione urbana delle merci, allo scopo di ridurre i km percorsi a parità di servizio, anche tramite l'utilizzo di veicoli meno inquinanti. Il piano contiene aspetti innovativi riguardanti la gestione degli accessi alla zona a traffico limitato (ZTL) ed altri legati al corretto impiego degli spazi di sosta tramite l'ottimizzazione delle piazzole di carico/scarico merci [7].

La riorganizzazione della distribuzione delle merci intende quindi ridurre l'elevato numero di veicoli abilitati al conto proprio, che occupano improduttivamente spazi pubblici già carenti, a fronte di un modesto contributo alla distribuzione delle merci. I dati più significativi relativi al grado di saturazione dei veicoli sono infatti i seguenti:

- il 67% dei veicoli che entrano in ZTL impegnano meno del 25% della capacità;
- il 12% dei veicoli che entrano in ZTL impegnano più del 50% della capacità;
- alla sostanziale parità di accessi in ZTL, tra conto terzi e conto proprio, corrisponde un rapporto 2:1 nelle consegne.

Esistono quindi margini di miglioramento nell'attività di distribuzione nella ZTL da ricercare in un migliore impiego degli spazi di sosta, un maggior grado di riempimento dei veicoli e nel trasferimento di quote di mercato dal conto proprio al conto terzi.

#### **3.2 Traffico merci in ZTL: dati significativi e indagini pregresse**

L'indagine realizzata dal Comune di Bologna si è focalizzata solo sulle categorie di veicoli adibiti al trasporto merci (*furgoni* < 3,5t < *autofurgoni* < 7,5t < *autocarri*). Per quantificare il numero dei veicoli merci che quotidianamente entrano nel centro storico,

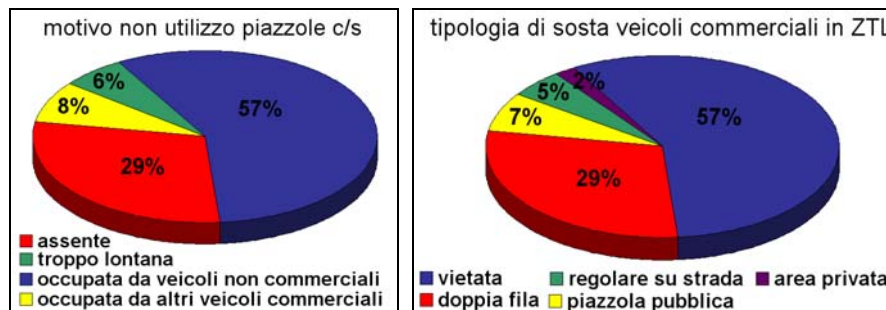
si è fatto riferimento alla campagna di conteggi del 2004 effettuata sui 9 varchi in ingresso alla ZTL durante i giorni feriali del periodo invernale. L'analisi ha coperto tutto l'intervallo diurno in cui sono in vigore le limitazioni di accesso (07.00 – 20.00).

I veicoli commerciali che ogni giorno entrano in ZTL sono approssimativamente 1900, di cui 841 in conto proprio e 941 in conto terzi, per un totale di circa 29.300 consegne (21.150 all'interno della ZTL). In media, ad ogni consegna corrispondono 0,17 prelievi, fatta eccezione per i vettori che non effettuano prelievi. Al comparabile numero dei veicoli del conto terzi rispetto a quelli del conto proprio che accedono alla ZTL, corrisponde quasi il doppio del numero di consegne e prelievi effettuati dall'autotrasporto professionale (15.000 operazioni: 12.600 consegne e 2.500 prelievi) rispetto alle 8.800 operazioni (7.700 consegne e 1.100 prelievi) del conto proprio. Tali dati evidenziano come il conto proprio sia meno organizzato ed efficiente rispetto al conto terzi che può contare su collaudati sistemi informativi e telematici per lo smistamento ed il controllo della merce durante tutto il processo distributivo [8].

Il Piano MercìBO<sub>2</sub> afferma che, per soddisfare la domanda di sosta generata dalle attività di distribuzione, sarebbero necessarie almeno 1.100 piazzole dedicate al carico/scarico (c/s), contro le circa 500 effettivamente presenti nel centro storico.

Analizzando poi nel dettaglio alcuni dati del Piano riguardanti le operazioni di carico/scarico emerge che il tempo medio per ogni operazione di c/s è di 14 minuti e che il 27% delle operazioni giornaliere (5.700), si svolgono nell'area denominata "T" (zona interdetta alla quasi totalità dei veicoli formata dalle vie Indipendenza – Rizzoli - U. Bassi) rappresentata in grigio in Figura 3.

La Figura 1, infine, riporta i dati relativi alle cause di mancato impiego delle piazzole di c/s ed alle pratiche di sosta riscontrate per i veicoli commerciali in ZTL.



**Figura 1: Causa non utilizzo piazzole c/s e tipo di sosta dei veicoli commerciali**

### 3.3 Emissioni prodotte in ZTL

Le tipologie di contrassegni per i veicoli commerciali presenti a Bologna sono state suddivise in ECO (per tutti i mezzi a metano e gpl, nonché per i veicoli a norma Euro) e NON ECO (tutti gli altri veicoli). Per le emissioni di inquinanti in atmosfera, è stato effettuato un calcolo esemplificativo delle quantità di CO e di polveri emesse nel centro storico dai veicoli merci. Utilizzando i parametri di emissione unitaria per veicolo, risultano prodotti nell'arco diurno i seguenti quantitativi di inquinanti: 48.308 grammi/giorno di CO (13.285 kg/anno) e 1.512 grammi/giorno (416 kg/anno) di PST

(Particelle Sospese Totali). La soglia indicata dalla normativa vigente per il particolato fine (PM<sub>10</sub>), pari a 50 µg/m<sup>3</sup> per non più di 35 giorni l'anno, è stata superata nella città di Bologna, già in data 06/05/08.

## **4. OTTIMIZZAZIONE DELL'ESERCIZIO LOGISTICO**

### **4.1 Introduzione**

Alla luce di quanto descritto della realtà bolognese nei paragrafi precedenti, il DISTART Strade dell'Università di Bologna ha recentemente condotto uno studio investigativo al fine di mettere a punto una metodologia di analisi e progettazione funzionale del piano di sosta per carico/scarico delle merci all'interno di un'area urbana di medie dimensioni, come quella bolognese.

Lo studio ha previsto diverse fasi che, a partire dalla quantificazione e localizzazione degli stalli di sosta presenti nel centro storico e dalla loro caratterizzazione in termini di impiego, attraverso un'analisi dettagliata delle aree e dei fronti serviti in relazione ai tempi di sosta, hanno condotto alla definizione di criteri di ottimizzazione nel processo di ubicazione e fruizione degli stalli medesimi.

### **4.2 Acquisizione dei dati e rilievo sul campo**

Lo studio del quadro logistico esistente nel capoluogo emiliano non può prescindere dalla acquisizione di informazioni, dati e supporti grafici coi quali analizzare lo stato di fatto in termini di accessi di veicoli commerciali al centro storico e del numero, ubicazione e impiego degli stalli di sosta.

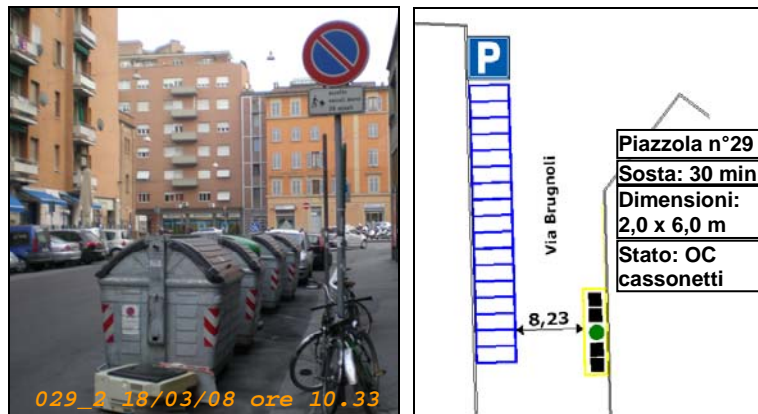
In generale, le informazioni da acquisire sono molteplici e, talvolta, la loro disponibilità effettiva è legata all'esistenza di piani programmatici specifici e di strumenti informatici in grado di divulgarli. Il Comune di Bologna è in tal senso dotato di un sistema informativo territoriale denominato CityTrekWeb [9], una sorta di cartografia tematica del territorio comunale on-line ove sono riportate, tra l'altro le aree di sosta, i passi carrai, i sensi di marcia delle strade ed i numeri civici degli edifici.

L'indagine è partita dall'analisi dei dati di traffico commerciale relativi agli accessi di veicoli alle 9 porte telematiche del centro cittadino. I dati di traffico, disaggregabili anche in funzione della tipologia di permesso circolatorio, sono stati raffrontati alla finestra temporale resa effettivamente disponibile per le operazioni commerciali dalla segnaletica verticale. Sulla base degli accessi, dei tempi e del numero delle operazioni di c/s si è stabilito di procedere al rilievo dell'impiego degli stalli in un lasso temporale di 30 minuti - dalle 10:30 alle 11:00 - di due giorni feriali medi del mese di marzo u.s.

Ai fini dello studio alcuni operatori hanno contemporaneamente verificato e fotografato l'effettiva esistenza, l'ubicazione e le dimensioni della piazzola, il suo impiego, la presenza e le prescrizioni della segnaletica verticale, la presenza e lo stato della segnaletica orizzontale, l'adiacenza di più stalli a formare una piazzola e la localizzazione della piazzola in ZTL o meno. I dati raccolti sono stati riordinati in forma tabellare e contestualmente restituiti su planimetria allo scopo di agevolare la successiva fase di analisi. La Tabella 1 e la Figura 2 restituiscono un esempio del database creato.

**Tabella 1: Database piazzole: ubicazione, impiego e segnaletica**

PIAZZOLA n°	UBICAZIONE Via/Viale/Piazza	STALLI		TIPO IMPIEGO	TIPO SEGNALETICA		STATO SEGNALETICA		RILIEVO		in ZTL
		n°	n°		tempo	contrassegno	verticale	orizzontale	data	ora	
00001	Saragozza	71	2	L	20'	DS	ottimo	buono	18/03/08	10.31	si
00002	P.ta Saragozza	6	2	OC ill	20'	DS	ottimo	buono	18/03/08	10.33	no
00003	Sant'Isaia	68	1	OC ill	20'	DS	buono	insuff.	18/03/08	10.38	si
00004	Sant'Isaia	40	1	OC ill	20'	DS	buono	suffic.	18/03/08	10.40	si
00005	Frassinago	3	1	L	20'	DS	ottimo	buono	18/03/08	10.44	si



**Figura 2 : Esempio di piazzola di sosta per c/s riservata a cassonetti**

#### 4.3 Analisi dei dati raccolti

La fase di analisi dei dati raccolti ha lo scopo di descrivere, attraverso l'impiego di parametri sintetici, lo stato di fatto relativo all'esercizio logistico del centro. Dal rilievo condotto si è constatato che il numero degli stalli presenti entro il centro storico è pari a 415, organizzati in 175 piazzole di varie dimensioni. Il dato medio nei periodi di indagine descrive il seguente quadro di utilizzo:

- 48 stalli riservati a poste, hotel, cassonetti, fittoni, bancarelle, etc (R);
- 213 stalli occupati da veicoli non autorizzati alla sosta (OC ill.);
- 154 stalli liberi od occupati da veicoli autorizzati alla sosta (L).

Escludendo dall'analisi i primi, di fatto inutilizzabili ai fini del c/s, il numero degli stalli risulta pari a 367 dei quali il 58% illegalmente occupato all'atto dei rilievi. Tale dato è in accordo con il risultato dell'indagine del Comune di Bologna svolta nel 2004, secondo cui il 57% degli stalli disponibili era occupato impropriamente da veicoli non autorizzati. In termini numerici è agevole, alla luce dei dati, calcolare una serie di rapporti che descrivano sinteticamente il quadro di impiego delle piazzole esistenti. I rapporti calcolati confrontano il numero delle piazzole totali con quelle di queste risultate libere, occupate, libere o parzialmente occupate ed occupate o parzialmente occupate. A tal fine si è attribuito alle piazzole libere od occupate da veicoli autorizzati - anche parzialmente - il termine libere ed alle piazzole occupate da veicoli non autorizzati il termine occupate. Idem per le parzialmente occupate da veicoli non autorizzati. I numeri calcolati rendono conto di come, nella mezz'ora di punta del giorno feriale medio, si configuri l'effettivo scenario logistico della città felsinea,

derivante oltre che dal traffico commerciale, dal numero, dal tipo e dall'ubicazione delle piazzole e dagli orari di accesso consentito ai mezzi commerciali. Considerando la singola piazzola come fulcro dell'attività distributiva a servizio di una porzione di centro storico, è possibile approssimare l'area di influenza della piazzola stessa ad un cerchio. La stima delle dimensioni dell'area circolare servita dalla singola piazzola si basa su un processo iterativo approssimato volto a riprodurre, in termini di rapporti areali, gli stessi valori calcolati dai rapporti numerici di impiego ottenuti in precedenza. A partire da un raggio di influenza di tentativo di 70 m – mutuato da questionari ed interviste *ad hoc* - si distribuiscono i cerchi centrandonli nelle piazzole; il calcolo prosegue misurando i rapporti areali corrispondenti a quelli numerici tenendo in conto che l'ubicazione delle piazzole può comportare la sovrapposizione dei cerchi ad esse corrispondenti. Il raggio di influenza ottimale è quello per il quale si minimizzano gli scarti medi rispetto ai corrispondenti rapporti numerici.

Per il caso bolognese si è ottenuto un raggio ottimale di 50 m, cui corrispondono scarti medi contenuti nel 5,5%. Adottando tale raggio è poi possibile calcolare il dato complessivo che rapporta l'area coperta dalla totalità delle piazzole con l'intera superficie del centro storico. Analogamente è possibile suddividere il centro storico in zone e discretizzare i calcoli per le stesse. La Figura 3 riporta schematicamente i diversi rapporti calcolati nel complesso.



**Figura 3: Occupazione spaziale delle piazzole con r = 50 m e relativi rapporti**

#### 4.4 Studio di ottimizzazione degli spazi di sosta

L'esercizio logistico di un'area urbana può ritenersi ottimizzato nel momento in cui, per un dato scenario della conformazione territoriale, dei traffici commerciali e dell'assetto circolatorio, si verifica il soddisfacimento della domanda di sosta e la razionalizzazione delle operazioni di consegna/ritiro, nel rispetto della sicurezza stradale, delle regole della circolazione e dell'ambiente in senso lato.

Analizzato il quadro logistico esistente nell'area urbana in esame è possibile esprimere un giudizio complessivo di funzionalità, basandosi sui valori dei parametri sintetici descritti nel paragrafo precedente. Il giudizio può essere formulato per l'esercizio logistico del centro storico nel suo insieme o suddividendolo in zone. Per operare in tal senso è opportuno stabilire le condizioni ottimali oggettive che possono essere perseguite per la logistica dell'area alla luce della conformazione territoriale, dei traffici commerciali e dell'assetto circolatorio, ben sapendo che il processo di

ottimizzazione non può che essere, per via dei numerosi parametri implicati e della loro reciproca interrelazione, di tipo iterativo. Va da sé che, ad esempio, la ricollocazione od il ridimensionamento degli stalli possa modificare i flussi commerciali di una zona generando, di fatto, un nuovo scenario logistico.

Si può dunque operare a partire dallo stato di fatto ottimizzando, nell'ordine:

- le dimensioni dei singoli stalli in relazione alla tipologia dei veicoli commerciali;
- il numero degli stalli necessari a servizio di una zona e dell'intera area in esame in ragione dei flussi commerciali esistenti;
- l'ubicazione dei medesimi al fine di massimizzare gli esercizi commerciali serviti e minimizzare i percorsi dei veicoli nella zona, nel rispetto della sicurezza e del CdS.

#### 4.4.1 Ottimizzazione della dimensione della piazzola a singolo stallo

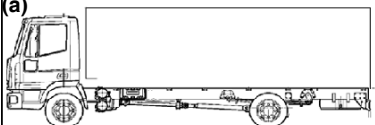
Le tipologie di veicoli commerciali comunemente impiegate per il trasporto merci nelle realtà urbane si differenziano soprattutto per ingombri esterni e massa a pieno carico. In generale, è possibile raggruppare i veicoli circolanti nelle seguenti classi:

- furgoni (massa max: asse ant. = 1,3 ÷ 1,6 t; asse post.: 1,7 ÷ 1,9 t);
- autofurgoni (massa max: asse ant. = 1,8 ÷ 2,0 t; asse post.: 2,2 ÷ 2,4 t);
- autocarri (massa max: asse ant. = 3,1 ÷ 3,3 t; asse post.: 4,4 ÷ 4,8 t).

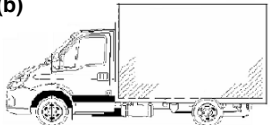
**Tabella 2: Tipologie di veicoli commerciali: caratteristiche dimensionali**

TIPO	MASSA [t]	LUNGHEZZA MEDIA [mm]	LARGHEZZA MEDIA [mm]
Autocarro (a)	> 7,5	6900	2500
Autofurgone (b)	3,5 < t < 7,5	5900	2200
Furgone (c)	< 3,5	5400	2000


**(a)**



**(b)**



**(c)**



La Tabella 2 riporta i valori medi delle dimensioni ottenute dall'analisi delle schede tecniche dei veicoli prodotti da diverse case automobilistiche. La scelta della tipologia di veicolo con la quale effettuare un'attività di c/s all'interno di un centro storico è legata, *in primis*, alla tipologia di esercizi commerciali interessati dalle operazioni di c/s ed all'accessibilità del reticolo urbano. Quest'ultima, subordinata alle dimensioni delle sezioni stradali ed ai raggi di curvatura è, talvolta, condizionata da limitazioni sul tonnellaggio dei veicoli in ingresso ai varchi del centro storico.

La Tabella 3 riassume, per la città di Bologna, gli ingressi nella ZTL del centro storico suddividendoli in funzione della tipologia di veicolo e di contrassegno commerciale. La colonna dei totali mostra come, in termini percentuali, il 76% dei veicoli in ingresso nel giorno feriale medio sia costituito da furgoni. In linea teorica il dimensionamento di uno stallo a servizio di uno o più esercizi commerciali di un'area è subordinato alle dimensioni del veicolo più grande che effettua le operazioni di c/s.

Per tale motivo si dovrebbero, in generale, predisporre almeno 3 tipologie di stallo la cui ubicazione, realizzata secondo i criteri del paragrafo seguente, dovrebbe essere vincolata alla localizzazione degli esercizi commerciali stessi.

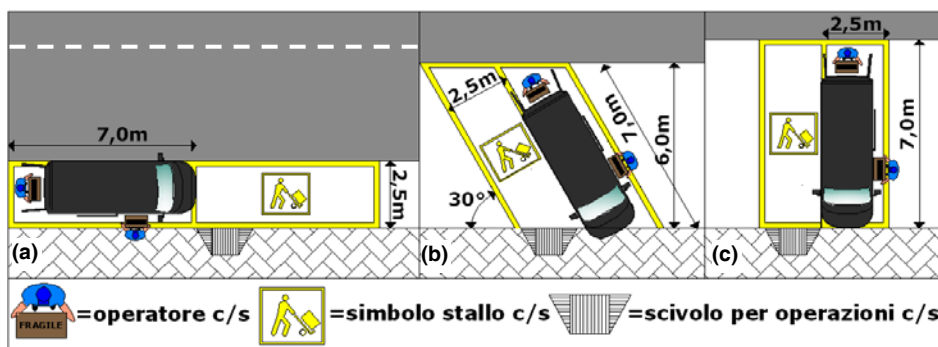


**Tabella 3: Ingressi per tipologia di contrassegno e di veicolo**

TIPO	A	DSG	DSV	F	TOTALE	
Autocarri	2	54	89	1	146	8%
Autofurgoni	0	137	163	17	317	16%
Furgoni	37	650	689	92	1468	76%
<b>TOTALE</b>	<b>39</b>	<b>841</b>	<b>941</b>	<b>110</b>	<b>1931</b>	<b>100%</b>

Sulla base di quanto finora descritto, è possibile studiare i limiti minimi dimensionali per uno stallone in grado di accogliere la sosta di un furgone consentendo all'operatore una corretta ed agevole esecuzione delle manovre di parcheggio e di c/s. Comunemente, un furgone è dotato di porte scorrevoli laterali e di portelli posteriori: nel primo caso l'apertura comporta uno scostamento dalle dimensioni di Tabella 1 di  $0,2 \div 0,3$  m, nel secondo, l'apertura a perni del portello ha un raggio pari alle dimensioni dello stesso ( $0,8 \div 0,9$  m) e spazza un angolo solitamente compreso tra i  $90^\circ$  ed i  $180^\circ$ . Inoltre, ai fini delle operazioni di c/s da eseguirsi sui 3 lati del veicolo, occorre considerare spazi aggiuntivi che tengano conto delle dimensioni medie dei colli, dei dispositivi di c/s e delle attività compiute dall'operatore. Tramite interviste a campione tali spazi sono stati stimati in  $0,5 \div 0,6$  m nel caso di apertura laterale e nell'ordine di  $0,7 \div 0,8$  m per l'apertura posteriore.

La Figura 4 schematizza le dimensioni attribuibili allo stallone tipo per furgone secondo quanto detto in precedenza. In particolare, si individua una lunghezza complessiva pari a 7,0 m ed una larghezza di 2,5 m. L'occupazione dello stallone da parte del veicolo potrà essere realizzata in funzione della tipologia di stallone (parallelo, a pettine, a spina), della disposizione dei colli all'interno del veicolo e degli spazi ed elementi adiacenti lo stallone. Un esempio è costituito da scivoli opportunamente predisposti nel marciapiede in corrispondenza dello stallone.



**Figura 4: Esempi di stalloni tipo parallelo (a), a spina (b), a pettine (c)**

Il caso di Bologna vede stalloni delle dimensioni medie di  $2,0 \times 6,0$  m, corrispondenti alle dimensioni di uno stallone standard per la sosta parallela di autovetture incrementata di 1,0 m nel senso della lunghezza. Dal confronto di questo dato con il dimensionamento di cui sopra si evince come vi sia un forte deficit di funzionalità nelle dimensioni degli stalloni bolognesi che, non solo limita la manovra di parcheggio e le operazioni di c/s, ma induce alla occupazione illegale di spazi stradali esterni allo stallone.

Le dimensioni attuali, dettate da carenza di spazi adibiti alla sosta ordinaria, comportano altresì un incremento dei tempi delle operazioni di c/s ed uno scadimento delle condizioni di sicurezza e del L.d.S. stradale.

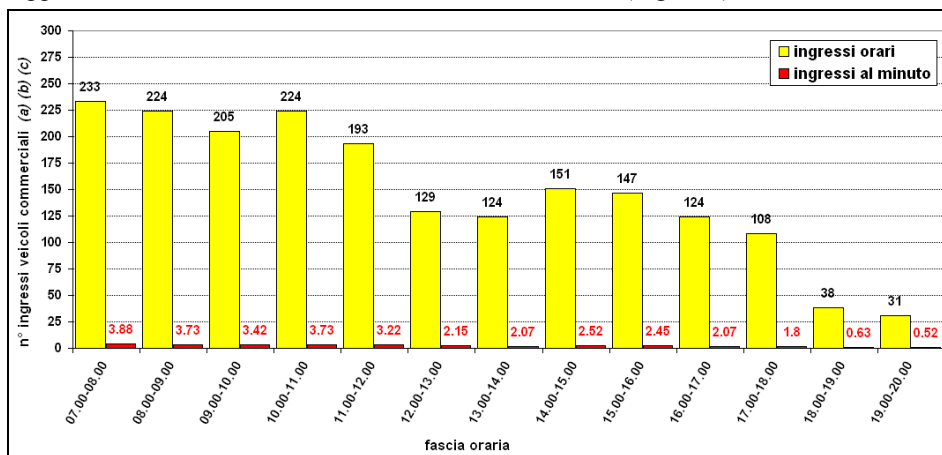
#### 4.4.2 Ottimizzazione del numero degli stalli totali e per zona

Il processo di ottimizzazione deve prevedere la stima del numero di stalli necessari alla sosta per c/s di tutti i veicoli commerciali presenti nell'area in esame, nell'unità temporale adottata. Si intuisce come il numero di stalli stimato sia dipendente dalla domanda di sosta correlabile ai flussi commerciali in ingresso/uscita dall'area di studio.

L'ottimizzazione del numero di stalli può essere condotta per una zona omogenea, sia essa un'area urbana definita da un contorno geografico e/o amministrativo, sia essa una porzione urbana identificabile tramite lo studio della conformazione territoriale e della rete viaria nel suo assetto circolatorio.

Identificata l'area omogenea da studiare, per il calcolo ottimizzato del numero degli stalli è opportuno avere a disposizione alcuni dati ricavabili principalmente da rilievi di traffico ed indagini a campione, tenendo conto della fascia oraria in cui è consentito l'accesso all'area. Le indagini di traffico restituiscono comunemente i flussi orari in ingresso/uscita dei veicoli commerciali. Le interviste a campione consentono di stimare il numero medio delle operazioni di c/s ( $n_{c/s}$ ) realizzate nell'area da un veicolo commerciale entrato ed il tempo medio ( $t_{c/s}$ ) necessario per realizzare un'operazione di c/s, comprensivo del tempo di spostamento impiegato per il raggiungere lo stallone.

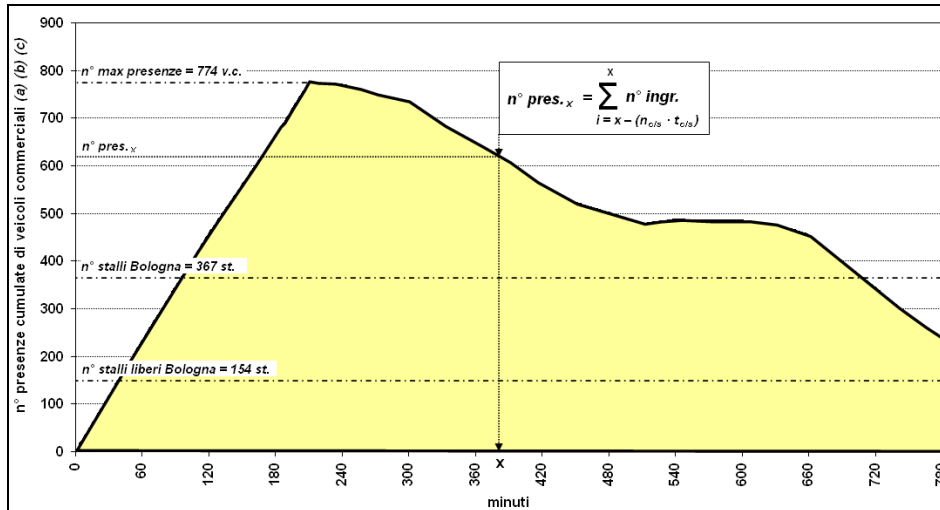
La Regione Emilia-Romagna [8] ha condotto un rilievo del n° di ingressi commerciali del giorno feriale medio ai varchi telematici del centro storico di Bologna rappresentandolo nelle fasce orarie dalle 07.00 alle 20.00 (Figura 5).



**Figura 5: Ingressi ai varchi telematici del centro storico di Bologna**

Inoltre, il medesimo studio ha fornito i dati relativi a  $n_{c/s}$  e  $t_{c/s}$ , rispettivamente pari a 15 operazioni di c/s ed a 14 minuti. Sulla base dei dati descritti è possibile calcolare nell'unità di tempo prestabilita (minuto,  $\frac{1}{4}$  ora,  $\frac{1}{2}$  ora, ora) il numero di presenze di veicoli commerciali cumulativo degli ingressi verificatisi nell'intervallo temporale precedente di durata pari a  $n_{c/s} \cdot t_{c/s}$ . Tale intervallo esprime l'arco temporale medio nel quale un veicolo commerciale entrante effettua  $n_{c/s}$  operazioni di c/s, ognuna della

durata  $t_{c/s}$ . Il grafico di Figura 6 rappresenta la curva di presenze cumulative degli ingressi al centro storico di Bologna, ottenuta discretizzando al minuto il dato orario rilevato.



**Figura 6: n° veicoli commerciali presenti nel centro storico di Bologna**

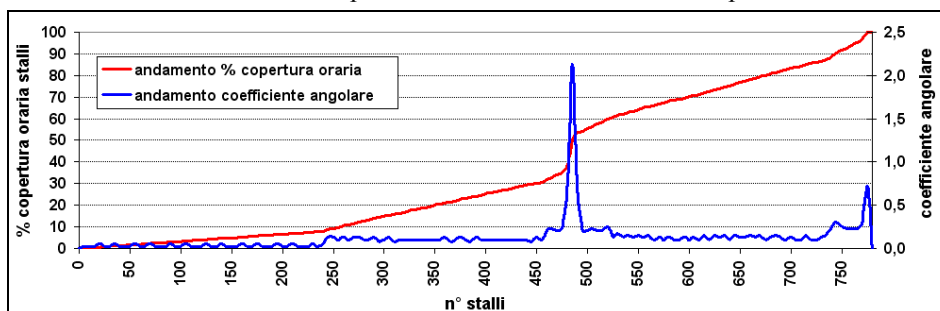
L'espressione riportata nel grafico di Figura 6 calcola il n° di presenze al minuto  $x$ .

Da tale grafico è possibile identificare un trend crescente dovuto all'accumulo dei veicoli che effettuano le consegne/prelievi nelle prime ore del mattino e permangono nel centro storico per un tempo pari a  $n_{c/s} \cdot t_{c/s}$ . Si osservi come l'entità di  $n_{c/s}$  e  $t_{c/s}$  influisca in modo considerevole sulle dimensioni dell'intervallo di permanenza dei veicoli e, conseguentemente, sull'andamento del grafico. L'identificazione del valore massimo del n° di presenze commerciali costituisce già di per sé il n° di stalli necessario a soddisfare la domanda di sosta in tutta la finestra temporale di accesso nel giorno feriale medio. L'opportunità di dimensionare il n° degli stalli con il valore massimo dipende dalla disponibilità delle potenziali aree di sosta presenti nella zona omogenea. Il processo di ottimizzazione può convenientemente prevedere il soddisfacimento di una sola parte della domanda di sosta.

Le curve di Figura 7, ottenute dal grafico di Figura 6 raffrontando il n° di stalli alla corrispondente percentuale di tempo in cui la domanda è soddisfatta, permettono di identificare, per il caso di Bologna, il n° degli stalli al quale corrisponde un netto incremento di copertura oraria per un dato incremento di stalli. Tale numero è, in questo caso, quantificabile in 485 unità equivalenti al 49,6% di copertura oraria. Confrontando il dato con la realtà bolognese, che dispone di 367 stalli (21,4% di copertura oraria) potenzialmente utilizzabili e di 154 (5% di copertura oraria) effettivamente disponibili, ci si rende conto di come la situazione attuale sia poco rispondente alle esigenze del traffico commerciale che quotidianamente interessa il centro storico.

Si fa osservare come un ridotto n° di stalli non corrisponda ad un reale abbattimento dei traffici commerciali, che vengono comunque attuati dagli operatori a scapito, talvolta, della sicurezza e dell'efficienza circolatoria.

L'esempio di Bologna evidenzia come la scelta del numero di stalli necessari sia, per quanto legato alle valutazioni socio-economiche dell'amministrazione, dipendente dall'andamento della curva della % di copertura oraria; si può indicativamente scegliere un valore minimo di stalli corrispondenti ad almeno il 50% della copertura oraria.



**Figura 7: Andamento % copertura oraria degli stalli**

#### 4.4.3 Ottimizzazione dell'ubicazione degli stalli

Ottimizzate le dimensioni dello stallo e calcolato il numero di stalli necessario per la zona omogenea in esame, è possibile attuare il processo di ottimizzazione in termini di ubicazione. In linea generale, tale processo richiede che il progettista abbia a disposizione oltre alle informazioni relative alla conformazione del territorio ed all'assetto circolatorio, anche quelle relative alla:

- 1) localizzazione e classificazione (filiera, dimensioni, ecc.) degli esercizi commerciali presenti nella zona di interesse;
- 2) distanza massima percorribile  $D_{mp}$  a partire dallo stallo, comprensiva delle impedenze (attraversamenti pedonali, pendenze, barriere architettoniche), dall'operatore c/s medio, per effettuare una operazione di consegna/prelievo.

Inoltre, è opportuno conoscere la localizzazione degli spazi della zona che possano essere impiegati per l'ubicazione degli stalli nel rispetto della sicurezza stradale e delle regole del C.d.S.

Per la collocazione degli stalli necessari è possibile attuare un metodo di ubicazione che preveda l'attribuzione a ciascun esercizio commerciale di un peso attrattore/generatore in termini di operazioni c/s, restituendo così una rappresentazione sintetica della densità commerciale della zona. Tale peso può essere espresso, ad esempio, con un numero di esercizi commerciali equivalenti ( $N_{ECE}$ ) col quale descrivere la capacità logistica di esercizi commerciali diversi.

Il processo di ubicazione degli stalli necessari ha inizio collocandoli in corrispondenza delle zone a maggiore densità commerciale ed il criterio di ubicazione richiede la massimizzazione di  $N_{ECE}$  che può essere servito dall'operatore in sosta nello stallo attuando spostamenti di lunghezza  $D_{mp}$ . Questo metodo può essere affinato stabilendo un  $N_{ECE}$  oltre il quale si rende necessario ubicare in prossimità o in adiacenza a quello già ubicato – a formare una piazzola – uno o più stalli aggiuntivi che con esso condividano uno o più percorsi di c/s.

Nel caso in cui il progettista non sia in possesso delle informazioni relative ai punti 1) e 2) è necessario attuare un processo di ubicazione semplificato, basato principalmente sulla conoscenza della conformazione territoriale dell'edificio e

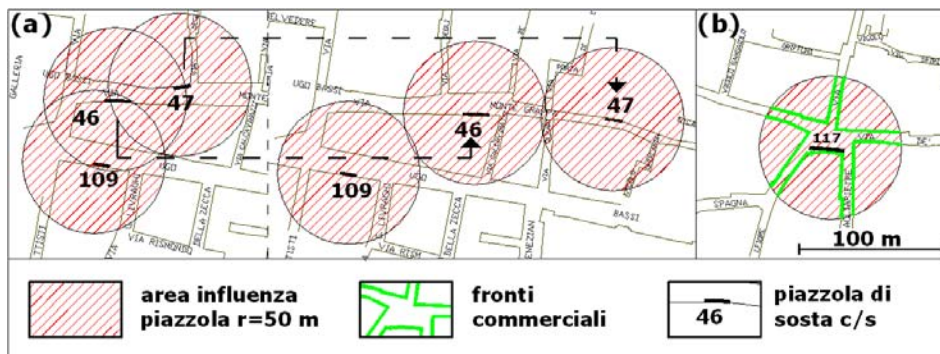
dell'assetto circolatorio della rete stradale. Tale metodo risente inevitabilmente della carenza di dati relativi agli esercizi commerciali e, pertanto, può necessitare di controlli di calibrazione sistematici sul campo.

I rilievi e l'analisi dei dati raccolti per il caso di Bologna, come descritto nel paragrafo 3 restituiscono, in ultimo, il valore del raggio di influenza della singola piazzola (50 m). Tale raggio è, in qualche modo, rappresentativo della distanza massima che gli operatori commerciali sono disposti a percorrere.

Nell'ipotesi in cui lo studio di ottimizzazione sia attuato su una realtà urbana esistente è plausibile che il progettista sia comunque a conoscenza di una localizzazione di massima delle aree commerciali nella zona; può sapere, ad esempio, su quali strade si addensano gli esercizi e quali di questi abbiano richiesto all'amministrazione la realizzazione di uno o più stalli nelle vicinanze. Secondo il metodo semplificato la collocazione degli stalli può iniziare con la disposizione di quelli richiesti.

Successivamente, gli stalli rimanenti possono essere ubicati a coprire l'intera area commerciale, ipotizzando una distribuzione omogenea dei fronti commerciali, secondo i seguenti criteri (Figura 8):

- a) minimizzazione della sovrapposizione delle aree di influenza degli stalli;
- b) massimizzazione del fronte edificato coperto dal cerchio centrato nello stallo.



**Figura 8: Esempi di minimizzazione della sovrapposizione delle aree di influenza (a) e di massimizzazione dei fronti commerciali (b)**

Gli eventuali stalli necessari rimanenti possono essere convenientemente ubicati laddove è più densa la richiesta creando, nel caso, piazzole.

L'applicazione del metodo semplificato al caso bolognese ha prodotto una ricollocazione di 23 delle 175 (di cui 38 riservate) piazzole esistenti nel rispetto delle richieste sulle quali, con ogni probabilità, si è basata la localizzazione delle piazzole attuata dall'amministrazione comunale. Si è coperto così il 26,67% dell'area totale del centro, contro il 24,48% coperto dalla dislocazione iniziale, registrando un incremento complessivo del 9,76%. Per completare il processo di ubicazione degli stalli nel centro storico di Bologna si dovrebbe, infine, prevedere la collocazione di ulteriori 118 stalli a soddisfare il numero di stalli ottimizzato calcolato come in precedenza (485).

La dislocazione delle piazzole esistente nel centro felsineo appare scadente: il fatto stesso che lo scarso numero di stalli non sia sfruttato appieno nella mezz'ora di punta indica che essi, oltre ad essere di piccole dimensioni e pochi, possano essere anche mal collocati. Le situazioni di sosta irregolare riscontrate ne sono una conferma.

I metodi di ottimizzazione dell'ubicazione degli stalli qui presentati non possono prescindere dalla valutazione dell'accessibilità agli stalli stessi nell'assetto circolatorio della zona. Tale aspetto è identificabile nel rispetto del criterio di minimizzazione dei percorsi di trasferimento in ingresso ed uscita dalla zona e tra gli stalli ubicati nella medesima. Ad esso è legato il tema delle esternalità prodotte dai veicoli circolanti intese come contributo alla congestione ed alle emissioni inquinanti. In tale ottica, per affinare ulteriormente le scelte ubicative è opportuno individuare ed incentivare, con opportuna segnaletica, l'utilizzo di quei percorsi che snelliscano la circolazione dei veicoli commerciali tra gli stalli. Ciò può comportare lievi modifiche alle ottimizzazioni ubicative precedenti. In ultimo, si sottolinea come qualsiasi metodo di ubicazione degli stalli debba fondarsi sui principi del mantenimento delle condizioni di sicurezza, della qualità della circolazione ed, in breve, delle regole del Codice della Strada, oltre che del buon senso.

#### 4.5 Attuazione e verifica dello studio

A conclusione dello studio volto ad ottimizzare gli spazi di sosta ed il loro impiego in una zona urbana omogenea esistente, è auspicabile il passaggio alle fasi di attuazione e di verifica degli interventi progettuali stabiliti.

Alla luce del quadro logistico emerso nelle fasi di acquisizione, rilievo ed analisi dei dati, possono essere dunque realizzati i dimensionamenti e le ubicazioni degli stalli necessari alla zona così come ottenuti dallo studio di ottimizzazione del paragrafo 4.4.

Il nuovo scenario, per come progettato, può indurre una modifica delle componenti di flusso commerciale in ingresso alla zona, oltre che variazioni in ordine ai rapporti numerici di occupazione degli stalli, al numero medio di operazioni di c/s concluse da ogni veicolo commerciale ( $n_{c/s}$ ) ed al tempo medio dell'operazione ( $t_{c/s}$ ).

A distanza di un intervallo temporale prefissato nel quale si ammetta essere avvenuto il riequilibrio dell'esercizio distributivo è possibile, quindi, effettuare una indagine di verifica con la quale stabilire se, ed in quali termini, le variazioni degli spazi di sosta abbiano comportato un'alterazione positiva dello scenario logistico complessivo.

L'indagine di verifica può convenientemente sfruttare i dati dei varchi telematici (se presenti), delle interviste a campione sul numero e sui tempi delle operazioni di c/s e dell'impiego delle aree di sosta, con i quali risalire, nell'ordine: alla valutazione del n° di presenze di veicoli commerciali, all'intervallo temporale di picco, alla % di copertura oraria della domanda di sosta, ai rapporti numerici di impiego, ai corrispondenti rapporti areali da cui, infine, ricalcolare il raggio di influenza approssimato per singolo stallo.

Indipendentemente dai trend economici per i quali, nel periodo di verifica, non si ammettono mutazioni sostanziali, si ritiene possibile un raffronto tra i parametri oggettivi calcolati e quelli pregressi, considerando i flussi commerciali in ingresso e la loro distribuzione giornaliera come pesi ponderali del confronto.

Affinamenti successivi sul numero e sull'ubicazione degli stalli basata su criteri sopra esposti potrà portare, a parità di traffici economici, ad un'ottimizzazione dell'intero esercizio logistico della zona per la quale, si ricorda, si sono considerati inalterati la conformazione territoriale, ma soprattutto l'assetto circolatorio e gli accessi (fasce orarie e veicoli ammessi).

## 5. SVILUPPI FUTURI E CONCLUSIONI

Nell'intento di mettere a punto un processo di ottimizzazione dell'esercizio logistico che soddisfi i principi alla base della *city logistics*, è auspicabile poter disporre di strumenti di gestione coi quali intervenire modificando i piani di regolamentazione della sosta, non solo nelle dimensioni, nel numero e nell'ubicazione degli stalli, ma anche, per quanto possibile, nella conformazione territoriale delle infrastrutture e nell'assetto circolatorio, con particolare riferimento alla regolamentazione degli accessi e dei percorsi commerciali.

L'applicazioni di tecnologie innovative a tali concetti – di cui alcune già impiegate nella città di Bologna – sta indirizzando verso la messa a punto di sistemi integrati di gestione della logistica basati sul rilievo in tempo reale dell'intensità e del tipo di traffici commerciali in ingresso ed uscita (varchi telematici), sul rilievo dell'impiego degli stalli di sosta (telecamere on-site), sulla misurazione delle masse dei veicoli (WIM), fino alla possibilità di gestire telematicamente gli accessi al centro, al fine di ottimizzare le presenze commerciali al numero degli stalli c/s effettivamente disponibili.

Step di sviluppo successivi potranno prevedere la realizzazione di HUB merci adiacenti alla zona omogenea in esame, coi quali passare ad un quadro logistico ulteriormente razionalizzato ed, al limite automatizzato, al pari delle più moderne realtà industriali: idee come le condotte sotterranee di trasporto merci (CargoCap, Tubexpress, ecc.) sono già allo studio in diversi centri di ricerca mondiali.

Per l'ottimizzazione logistica del centro storico bolognese ci si prefiggono ulteriori fasi di indagine condotte tramite rilievi ed interviste sul campo, volte principalmente alla localizzazione e classificazione degli esercizi commerciali, alla quantificazione delle distanze percorse dagli operatori ed alla zonizzazione del centro storico in sottozone caratterizzate da percorsi commerciali basati ai varchi di ingresso/uscita. Si intende anche proporre metodi coi quali scoraggiare l'uso improprio degli stalli di sosta c/s, che adottino, ad esempio, pavimentazioni e/o segnaletiche speciali o anche dissuasori mobili. In ultimo, si ritiene utile fornire ai tecnici un criterio su cui basare le operazioni di manutenzione delle segnaletiche, soprattutto orizzontali, che tengano conto della valutazione visiva condotta all'atto dei rilievi e di possibili indagini strumentali basate sulla normativa specifica di riferimento (UNI EN 1436: 2007).

In conclusione, la *city logistics* si propone come strumento ad alto potenziale per la gestione dei flussi commerciali di una zona urbana e periurbana. Gli obiettivi di razionalizzazione dei piani di accesso e sosta per i veicoli commerciali a servizio di aree storiche vulnerabili, non possono prescindere dalla riduzione delle esternalità che questi generano verso le persone e l'ambiente. Per contro, la localizzazione delle attività commerciali nelle aree dei centri storici richiama flussi vitali da e verso l'esterno. Anche città di medie dimensioni come Bologna possono risentire significativamente della compresenza nel centro di alcune centinaia di veicoli in cerca di sosta. Il risultato è rappresentato da congestioni, perditempo, mancate consegne/ritiri ed inquinamenti che un'opportuna gestione logistica degli accessi e delle soste potrebbero mitigare ed, al limite, annullare.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] United Nations; (1998); “Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change”; Kyoto.
- [2] CCE, Commissione delle Comunità Europee; (2001); “Libro bianco. La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte”; Bruxelles.
- [3] CCE, Commissione delle Comunità Europee; (2007) “Libro verde. Verso una cultura della mobilità urbana”; Bruxelles.
- [4] Ministero dei Trasporti e della Navigazione; (2001); “Piano Generale dei Trasporti e della Logistica”; Roma.
- [5] E. Maggi; (2001); “Un approccio innovativo per la gestione del trasporto merci in ambito urbano”; Working Paper; Dipartimento di architettura e pianificazione Politecnico di Milano.
- [6] U. Schäffeler, J. Wichser; (2003); “Trasporto urbano di merci e logistica della città”; Portal, Materiale didattico sui trasporti.
- [7] Comune di Bologna, Mobilità Urbana; (2005); “MerciBO<sub>2</sub>: Piano per la distribuzione merci in città”; Bologna.
- [8] Regione Emilia-Romagna, Assessorato Mobilità e Trasporti; (2005); “Logistica urbana a Bologna: elementi per un progetto”; Quaderni del Servizio Pianificazione dei Trasporti e Logistica n°8.
- [9] City Trek Web; Comune di Bologna; <http://urp.comune.bologna.it>.