Università
Ca'Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale
in Economia e Gestione delle Aziende

Tesi di Laurea

Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Nuove forme di sviluppo urbano e mobilità: tecnologie emergenti

Relatore
Ch. Prof. Andrea Stocchetti

Laureando
Mattia Bocchi
Matricola 815987

Anno Accademico
2012 / 2013

Indice

Introduzione **3**

1. L'ambiente urbano **7**
1.1 Il fenomeno urbanizzativo e le prospettive future 9
1.2 Urbanizzazione e città 13
1.3 Urbanizzazione, produttività e crescita 17
1.3.1 Urbanizzazione e congestione 24

2. Il trasporto urbano **27**
2.1 Il sistema di mobilità urbana 28
2.2 La mobilità nelle città: dati e previsioni 32
2.3 Le istituzioni internazionali e il trasporto urbano 36
2.3.1 Le Nazioni Unite 36
2.3.2 L'OECD 37
2.3.3 L'Unione Europea 38
2.4 L'automobilizzazione dei centri urbani 43
2.4.1 L'auto e la città 47
2.4.2 Dalla mobilità all'accessibilità 51

3. La nuova generazione di veicoli urbani **54**
3.1 La rivoluzione nel concetto di auto 56
3.1.1 Il trasporto intermodale di passeggeri in ambito urbano 59
3.1.2 I Neighborhood Electric Vehicles e i nuovi veicoli per la mobilità urbana 65
3.2 Il motore elettrico: veicoli ibridi, a batteria e a idrogeno 75
3.2.1 L'efficienza delle batterie 81
3.2.2 La rete intelligente di fornitura elettrica 83
3.3 I nuovi veicoli e le possibilità offerte dalla rete mobile 90
3.3.1 I sistemi di comunicazione e la sicurezza stradale 92
3.3.2 Rete ad hoc per i veicoli e accesso internet 95
3.3.3 Il concetto di guida autonoma nei nuovi veicoli 100
3.4 Un modello per l'utilizzo pubblico-privato degli USV 105

Conclusioni **111**

Bibliografia **117**

Siti consultati **126**

Introduzione

Lo scopo della presente tesi è quello di formulare un possibile scenario riguardante uno dei percorsi evolutivi che potrebbe intraprendere il sistema di trasporto urbano individuale. Partendo dall'analisi delle dinamiche globali concernenti l'aumento demografico e l'urbanizzazione della popolazione, la trattazione si occuperà di sviluppare un modello di trasporto alternativo all'attuale sistema, molto influenzato dall'automobile, intesa come mezzo primario per il godimento della mobilità personale in ambito urbano. In particolare, si cercherà di evidenziare alcune possibili innovazioni tecnologiche, economiche e sociali, che, in un futuro prossimo, potrebbero portare ad una rivoluzione sostanziale, non solo inerente la conduzione dei veicoli utilizzati per gli spostamenti in città, ma dell'intero sistema di trasporto urbano a livello globale.

Già dalla prima rivoluzione industriale, il posizionamento di fabbriche in particolari contesti geografici provocò l'accentramento della forza lavoro nei pressi degli stabilimenti produttivi e il progressivo spopolamento delle zone rurali. L'avvento della seconda rivoluzione industriale contribuì a una forte crescita economica, propiziata dall'utilizzo dell'energia elettrica, dei combustibili fossili e dei prodotti chimici nel processo di produzione industriale. Nell'arco degli ultimi due secoli le possibilità offerte dalla produzione industriale dei beni favorirono il quadruplicarsi della popolazione mondiale e l'aumento della durata della vita media umana.

I benefici economici, sociali, culturali derivati dalla rivoluzione industriale, furono possibili grazie al lavoro continuo e massacrante della nascente classe operaia, che, abbandonate le campagne, si addensava nelle città ed era assunta nelle fabbriche. I vantaggi derivanti dall'accentramento spaziale delle industrie nelle città erano molteplici: per i padroni delle fabbriche ciò significava disporre non solo di un'ampia forza lavoro, ma anche di poter sfruttare servizi quali, per esempio, le infrastrutture di comunicazione. Per i lavoratori, nel tempo, e grazie alle continue lotte di classe, si manifestò una serie di vantaggi derivanti dal vivere nelle città: assistenza sanitaria, educazione, tempo libero erano solo alcuni degli aspetti positivi dell'accentramento nelle città.

Tali vantaggi nel corso degli anni sono stati via via mitigati dall'aumento dei prezzi medi, dovuto all'accentramento della popolazione nelle aree urbane. Ciò ha dato vita al fenomeno del pendolarismo: i lavoratori, per sostenere costi inferiori di affitto per le abitazioni, sceglievano di vivere in aree urbane decentrate, tuttavia abbastanza vicine alle città, in modo da poter recarsi giornalmente nel centro finanziario e produttivo cittadino, oltre che

avvantaggiarsi dei servizi e delle possibilità culturali e sociali messe a disposizione dall'ambiente urbano. Negli anni tale fenomeno è aumentato fino a raggiungere considerevoli dimensioni. Il sistema di trasporto all'interno della città e tra la città e le aree urbane sta gradualmente diventando sempre più inefficace, dato il tasso di utilizzo della struttura viaria. Al tempo stesso le problematiche sociali, ambientali, sanitarie collegate all'utilizzo dell'automobile hanno evidenziato la necessità di un profondo rinnovamento nel concetto di mobilità personale in ambito urbano.

L'analisi del sistema automobilizzativo, che, fin dalla sua nascita, circa un secolo fa, ha dominato le strade dei paesi industrializzati, mette in luce le debolezze e le contraddizioni di un sistema non più sostenibile, o sostenibile a un prezzo economico e sociale elevato. L'emersione di nuove economie in paesi in via di sviluppo ha messo in luce ancora di più, negli ultimi anni, la necessità di un ripensamento concernente il sistema di trasporto personale, indicato da diversi osservatori, istituzionali e privati, come uno dei fattori fondamentali della presente situazione ambientale. Durante la trattazione seguente sarà dapprima analizzato il fenomeno di accentramento della popolazione nelle città. In seguito, una volta introdotto il problema del congestionamento fisico e ambientale, nel sistema di trasporto di persone, sarà posta attenzione sull'attuale sistema di mobilità, dominato dall'auto. Le attuali tecnologie sembrano però permettere una rivoluzione in tale ambito, una rivoluzione necessaria e più probabile di quanto sia possibile immaginare. Grandi passi in avanti nel campo dell'elettronica, dell'informatica, dell'energia, delle telecomunicazioni, sono stati compiuti negli ultimi anni; la rivoluzione digitale, guidata dall'affermazione e dalla diffusione capillare di internet, ha creato una nuova generazione di consumatori i cui valori, le cui ambizioni e la cui sensibilità si discosta nettamente dalle precedenti generazioni. La rivoluzione tecnologica e digitale 2.0 ha investito diverse industrie e settori, rivoltato le dinamiche sociali, permesso la condivisione di conoscenze a livello globale e rivoluzionato il mondo politico ed economico. In questo scenario l'auto appare oggi, a mio avviso, slegata dal contesto sociale, fattore che assume particolare rilevanza considerato il ruolo che riveste all'interno delle dinamiche umane. Sembrano esserci le condizioni favorevoli per gettare le basi di una nuova era: una rivoluzione del trasporto personale non sottintende solamente l'abbandono puro e semplice dell'auto, ma una riconfigurazione del concetto di mobilità individuale da un punto di vista politico, economico, industriale e sociale, a livello mondiale.

Nel capitolo §1 sarà data una prospettiva quantitativa al fenomeno dell'aumento demografico umano, che sta oggi caratterizzando diverse zone geografiche globali, concentrandosi, in

particolare, sulla densità abitativa nelle città. Il capitolo si concluderà con una breve analisi concernente le motivazioni economiche e sociali alla base dell'accentramento della popolazione. Nel capitolo §2 l'attenzione si focalizzerà sul sistema di trasporto, sulle sue caratteristiche attuali e le questioni generate dal suo funzionamento nei centri urbani. In particolare, negli ultimi paragrafi del capitolo, si dibatterà sul ruolo svolto dall'automobile nella configurazione del sistema di trasporto personale attuale. Nell'ultimo capitolo, l'attenzione sarà rivolta ai cambiamenti tecnologici, economici e sociali che hanno interessato, interessano e interesseranno in un prossimo futuro, il sistema di trasporto individuale.

1. L'ambiente urbano

Nell'attuale scenario mondiale, le principali economie emergenti (concentrate nel continente Asiatico, Sudamericano e in alcune zone di quello Africano) presentano tendenzialmente, oltre ad un forte incremento demografico generale, una maggiore concentrazione della popolazione negli ambienti urbani piuttosto che in quelli rurali. Al tempo stesso, anche nei paesi sviluppati, i tassi di urbanizzazione, seppure segnino livelli inferiori rispetto a quelli individuati nelle precedenti zone, registrano continui incrementi.

La spiegazione a questo fenomeno di accentramento di popolazione nelle zone urbane è teorizzato da parte della letteratura accademica facendo riferimento ai benefici derivanti dalle economie di agglomerazione e localizzazione delle imprese. Da un punto di vista di rendimento e di produttività, la concentrazione, non solo delle imprese ma anche dei lavoratori, in una medesima zona geografica assicura, a parità di risorse impiegate nel processo industriale e in quello agricolo, una produttività totale superiore. Non va dimenticato però come il sistema dei prezzi variabili si adegui velocemente alla maggiore produttività e liquidità generata in ambito urbano, riflettendosi in particolare sul prezzo degli affitti e del cibo. Il prezzo degli affitti, poiché la domanda di alloggi nelle vicinanze dei siti produttivi comporta un aumento dei prezzi degli immobili, mette in moto un processo di mercato che interessa tutti i locali abitativi della zona urbana. Al tempo stesso, avverrà una diminuzione della quota di lavoratori che in ambito rurale si occupa della coltivazione dei prodotti alimentari grezzi, con il conseguente aumento del prezzo dei prodotti alimentari lavorati. A ciò si aggiunga, inoltre, che l'individuazione di economie urbanizzative spesso non risulta chiara e dimostrabile, data la difficoltà a suddividere i benefici derivanti dalle economie agglomerative e localizzative da quelli derivanti da questo genere di economie. Una ragione immediata per giustificare il fenomeno accentrativo può essere individuata nella maggiore disponibilità di servizi (oltre che la minore difficoltà a fruirne) per gli abitanti di zone urbane rispetto a quelli insediati in zone rurali. La disponibilità e la raggiungibilità di luoghi in cui sia possibile usufruire di servizi sanitari, commerciali, educativi e per il tempo libero rendono le città degli ambienti residenziali più confortevoli rispetto ai più isolati e decentrati ambienti rurali.

La produttività e la profittabilità delle aziende rurali garantiscono comunque rendite significative, dunque, la motivazione sociale dell'efficienza della vita urbana appare ancora più importante di quella macroeconomica legata alle economie agglomerative. Il trade-off tra

i prezzi della vita urbana (in particolare degli affitti per gli alloggi) e il tempo necessario per raggiungere il posto di lavoro ha portato alla formazione del fenomeno del pendolarismo (i *commuter* impiegati in posti di lavoro inseriti nel tessuto urbano), soluzione che permette ai lavoratori, sulla base delle disponibilità economiche e del reddito percepito, di scegliere un alloggio il più consono possibile per raggiungere sia il posto di lavoro sia per godere dei servizi messi a disposizione dall'ambiente urbano. All'aumentare della popolazione urbana e della conseguente superficie destinata alle città, la soluzione, in termini di struttura urbana, che oggigiorno appare più praticabile è la progettazione di città multicentriche, cioè di agglomerati urbani formati da un insieme di centri minori che nel loro complesso identificano una realtà urbana più estesa.

Nella continuazione del capitolo, una volta analizzata la portata quantitativa del fenomeno, la sua futura evoluzione (§1.1) e il riflesso di quest'ultimo sui centri abitati (§1.2), approfondiremo, grazie ad alcuni contributi teorici, la relazione tra urbanizzazione, produttività e crescita economica (§1.3), ponendo particolare attenzione al contributo fornito dagli studi sulle economie di agglomerazione.

1.1 Il fenomeno urbanizzativo e le prospettive future

Le Nazioni Unite stimano che la popolazione urbana mondiale aumenterà fino a rappresentare il 72% della popolazione totale intorno al 2050, passando dai 3,6 miliardi del 2011 ai 6,3 previsti per tale data.

Le prospettive demografiche indicano uno spiccato aumento della popolazione urbana nelle aree meno sviluppate, la cui popolazione, si prevede, passerà dai 2,7 miliardi del 2011 ai 5,1 miliardi del 2050 (**Figura 1**). Durante lo stesso periodo, la popolazione rurale nelle stesse aree subirà una notevole diminuzione (considerando congiuntamente anche il generale aumento demografico ipotizzato) passando da 3,1 a 2,9 miliardi di abitanti. Per quanto riguarda invece le aree più sviluppate del pianeta, la popolazione urbana aumenterà ancora, seppur modestamente rispetto al passato e rispetto alla situazione prevista per le precedenti aree, passando da un miliardo di abitanti nel 2011 a 1,1 miliardi nel 2050.[1]

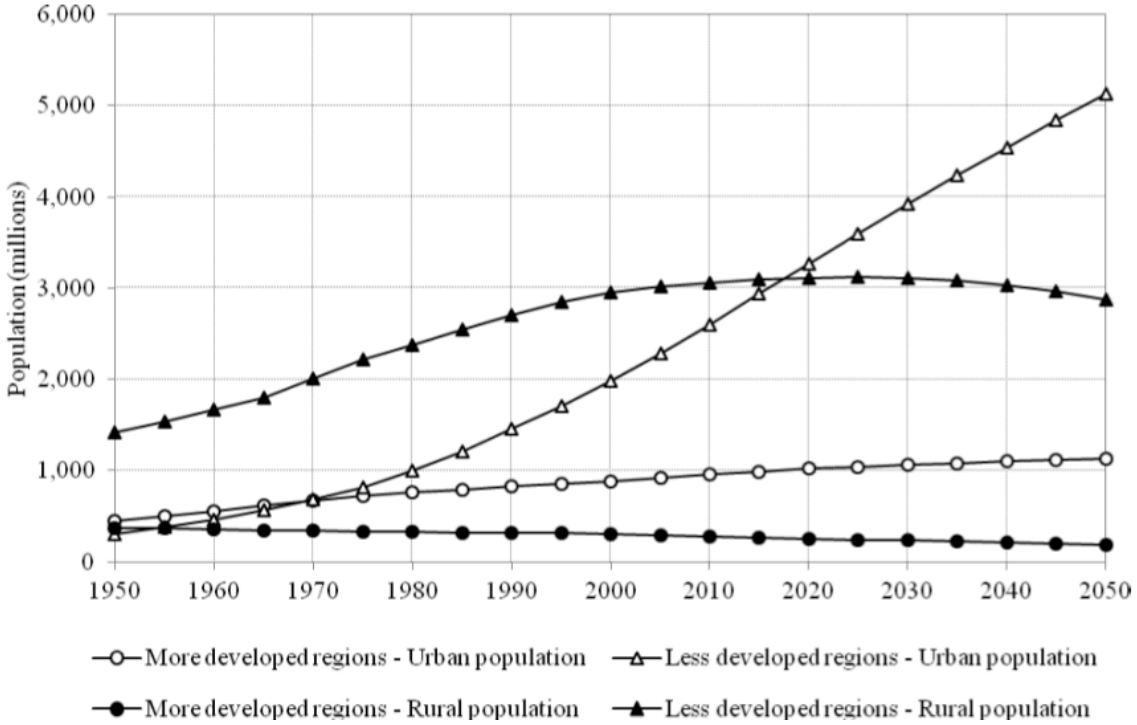

Fig. 1 - Popolazione urbana e rurale divisa tra aree maggiormente sviluppate e meno sviluppate; Fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. http://esa.un.org/unpd/wup/pdf/WUP2011_Highlights. pdf.

Si può affermare che il rapido e rilevante aumento della popolazione urbana, combinato con

[1] United Nations, DESA, *World Urbanization Prospects, the 2011 Revision: Highlights,* New York, 2012.

la pronunciata decelerazione nella crescita della popolazione rurale, produrrà un processo di urbanizzazione, che si tradurrà in un proporzionale aumento delle zone urbane nelle diverse aree geografiche. Globalmente, si prevede che il livello di urbanizzazione salirà dal 52% del 2011 fino al 67% nel 2050. Nello stesso periodo il tasso di urbanizzazione nelle regioni più sviluppate aumenterà dal 78% all'86% mentre in quelle meno sviluppate passerà dal 47% al 64% (**Tabella 1**).

Gruppi suddivisi per indice di sviluppo	*Percentuale popolazione urbana*				
	1950	*1970*	*2011*	*2030*	*2050*
Mondo	29,4	36,6	52,1	59,9	67,2
……Aree sviluppate	54,5	66,6	77,7	82,1	85,9
……Aree meno sviluppate	17,6	25,3	46,5	55,8	64,1

Tab. 1 – Percentuali di popolazione urbana per le diverse macro regioni nel periodo 1950 – 2050; Fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2012). World Urbanization Prospects, the 2011 Revision: Highlights. New York.

Le **Figure 2** e **3** mostrano nel dettaglio l'andamento percentuale e quantitativo del fenomeno. Partendo dai dati storici sulla popolazione urbana e rurale nel 1950 e arrivando alle prospettive future per l'anno 2050, i grafici dimostrano l'effetto combinato di due fenomeni di portata globalmente rilevante: da una parte un aumento complessivo e sensibile della popolazione totale, dall'altra un accentramento di tale popolazione verso le città e gli agglomerati urbani.

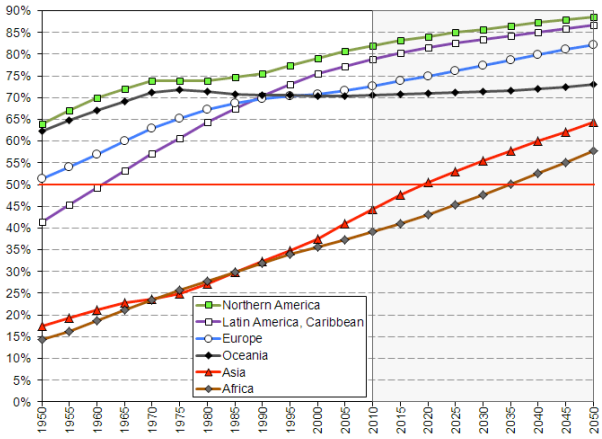

Fig. 2 – Percentuale di popolazione urbana nelle principali macro aree geografiche tra il 1950 e il 2050; Fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. http://esa.un.org/unpd/wup/pdf/WUP2011_Highlights. pdf.

L'America settentrionale presenta i tassi di urbanizzazione più alti: nel 2010 l'82% della popolazione totale viveva in zone urbane, mentre nel 1950 la percentuale, riguardante lo stesso anno, era solamente del 64%. Le proiezioni presentate prevedono un successivo aumento di tali percentuali entro il 2050 per tutte le macro regioni, in particolare nell'area Asiatica (+20%) e Africana (+18%).

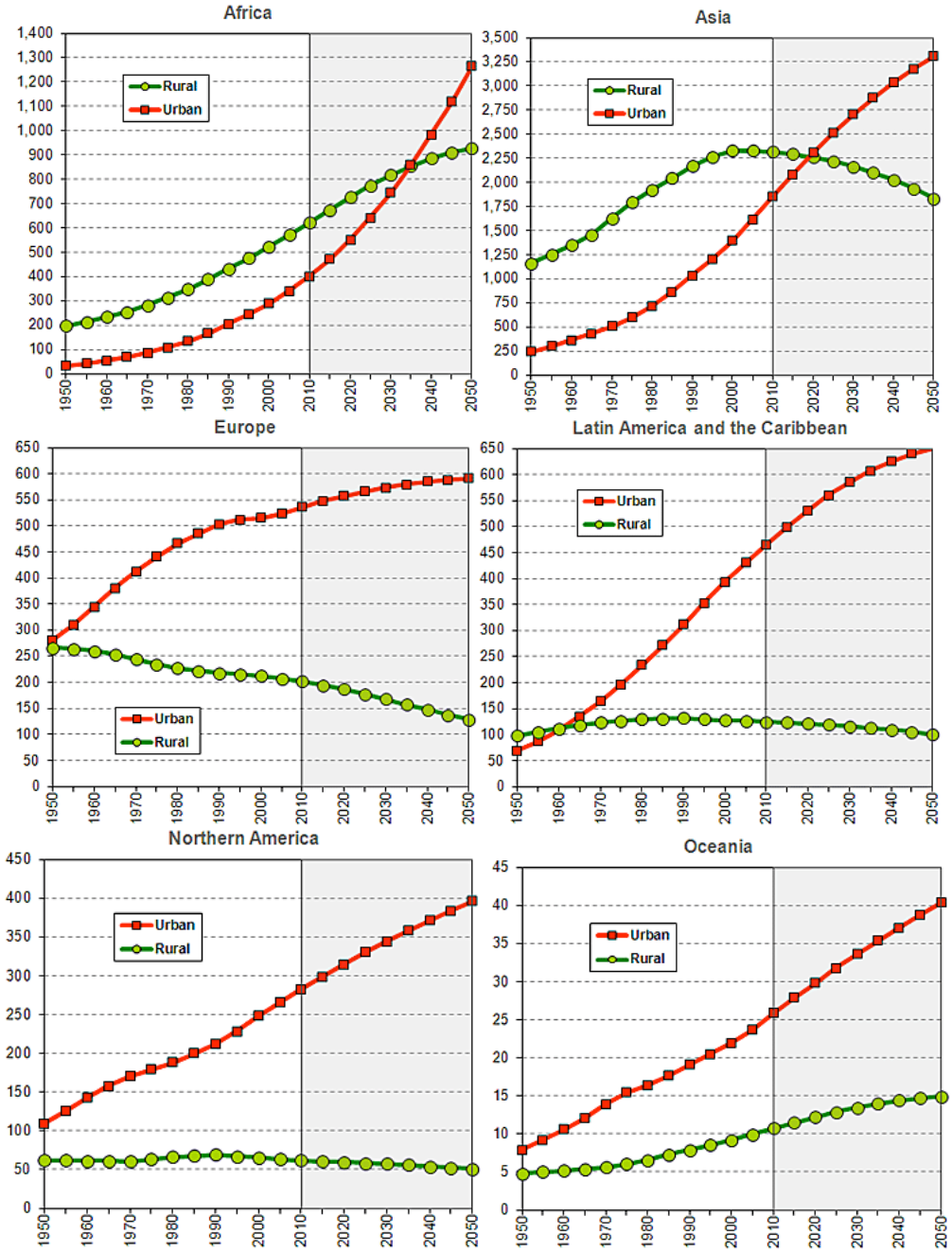

Fig. 3 – popolazione urbana e rurale nelle diverse macro regioni tra il 1950 e il 2050 (milioni); Fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. http://esa.un.org/unpd/wup/pdf/WUP2011_Highlights. pdf.

La **Figura 3** mette in luce, inoltre, l'aumento demografico a cui è presumibile si assisterà nei prossimi anni. Andando a osservare la distribuzione geografica di tale aumento si nota che le zone maggiormente interessate saranno quelle delle aree meno sviluppate nonostante si registreranno aumenti in tutte le aree. Inoltre, i grafici mostrano come l'espansione interesserà principalmente (se non esclusivamente, come nel caso della zona Africana) la popolazione urbana.

1.2 Urbanizzazione e città

L'urbanizzazione della popolazione, come visto nel precedente paragrafo, è un fenomeno che, date le sue proporzioni, dev'essere considerato come una delle priorità da affrontare per i governi nazionali e le istituzioni internazionali. La diffusione di tale processo è stata tanto importante quanta rapida: nel 1900 solamente il 15% della popolazione viveva nelle città. Il XX secolo ha mutato questa situazione, poiché il ritmo di crescita della popolazione urbana è continuato ad aumentare significativamente dal 1950. Sessant'anni dopo, si stima che più della metà della popolazione mondiale viva in città.[2]

L'analisi globale del processo urbanizzativo, seppure fornisca una visione completa della grandezza del fenomeno, manca di porre l'accento su come tale processo si sviluppi *qualitativamente* tra aree sviluppate e meno sviluppate: preso atto dell'aspetto quantitativo dell'urbanizzazione, diviene riduttivo generalizzare le condizioni, le risorse necessarie, le soluzioni e le problematiche che possono essere riscontrate nei vari centri di agglomerazione urbana. Data l'attuale situazione di globalizzazione della società, della cultura e dell'economia, alla variabile *'sviluppo'*, per poter meglio descrivere le varie sfumature del fenomeno, andrebbe aggiunta una seconda caratteristica che meglio circoscriva la situazione. Una variabile descrittiva, utile a rendere più accurata l'analisi del processo, è ad esempio, la dimensione dei centri urbani presenti nelle diverse macro aree geografiche. Dividendo i centri urbani sulla base della loro popolosità è inoltre possibile analizzare la distribuzione storica di questi ultimi e la loro numerosità nel corso dei prossimi decenni (**Figura 4**).

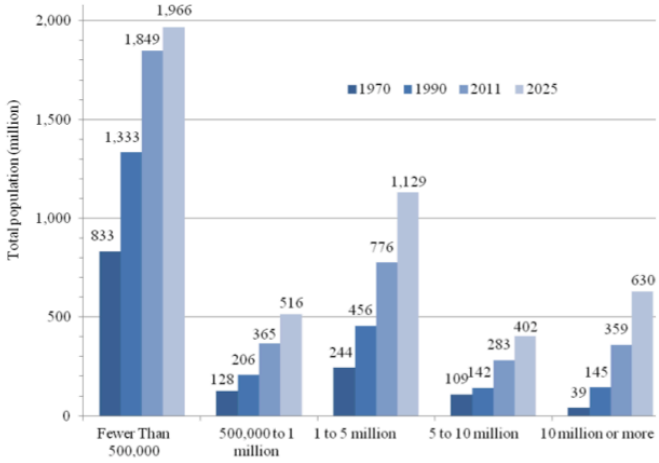

Fig. 4 – Popolazione totale in milioni di abitanti suddivisa secondo la densità abitativa delle città; Fonte: UN, 2012, *Ibid*.

[2] M. Spence, P. C. Annez, R. M. Buckley, *Urbanization and Growth*, World Bank Publications, 2009.

La **Tabella 2** riassume la distribuzione della popolazione urbana, non soltanto sulla base dell'appartenenza ad aree più o meno sviluppate, ma anche sulla dimensione dei centri urbani in termini di residenti.

Centri urbani per numero di residenti e area di sviluppo		***Popolazione (in milioni)***			***Distribuzione percentuale***		
		1970	*2011*	*2025*	*1970*	*2011*	*2025*
Aree sviluppate	Più di 10 milioni	39	105	136	5,9	10,9	13,1
	Tra 5 e 10 milioni	48	54	81	7,1	5,6	7,8
	Tra 1 e 5 milioni	124	210	229	18,5	21,7	21,9
	Tra 500.000 e 1 milione	66	87	111	9,9	9,0	10,7
	Meno di 500.000	393	509	485	58,5	52,8	46,5
Aree meno sviluppate	Più di 10 milioni	0	255	494	0,0	9,5	13,7
	Tra 5 e 10 milioni	61	229	321	8,9	8,6	8,9
	Tra 1 e 5 milioni	120	567	900	17,6	21,2	25,0
	Tra 500.000 e 1 milione	61	278	405	9,0	10,4	11,2
	Meno di 500.000	440	1339	1480	64,6	50,2	41,1

Tab. 2 – distribuzione della popolazione mondiale secondo area di sviluppo e residenza in città suddivise in base alla popolosità; Fonte: UN, 2012, *Ibid*.

Il 67% della popolazione urbana in Europa vive in città che ospitano meno di 500.000 residenti, mentre soltanto il 9,6% vive in città con più di 5 milioni di residenti. Anche in Africa la distribuzione è simile, con il 57% di popolazione concentrata nei piccoli centri e soltanto il 9% nelle grandi città, nonostante i precedenti dati prevedano comunque un imponente aumento dei livelli di urbanizzazione proprio per il continente Africano (**Figura 3**), rendendo inoltre più difficoltosa una stima veritiera di come la popolazione andrà a stabilirsi e distribuirsi tra le diverse città. Per quanto riguarda il continente Nord Americano, l'America Latina e l'Asia, la situazione riguardante la concentrazione della popolazione è differente, con una maggiore propensione della popolazione a stabilirsi in città densamente abitate: un residente su 5 vive in un grande agglomerato urbano, mentre i piccoli centri che presentano meno di 500.000 abitanti accentrano rispettivamente il 32% della popolazione

totale in Nord America, il 49% in Asia e il 47% in America Latina.[3]

La visione dei dati permette di formulare una considerazione teorica sulla natura dell'urbanizzazione. Le tendenze abitative passate e presenti, infatti, indicano come la popolazione urbana è influenzata da due fenomeni:

- L'aumento demografico totale della popolazione,
- Il rapporto tra popolazione rurale e urbana, analizzando i relativi tassi percentuali di crescita o decrescita.

L'eterogeneità del processo di agglomerazione residenziale verso le città, però, non è definita, qualitativamente, soltanto dalle cause demografiche sopra individuate. I dati proposti hanno messo in luce come, non solo il grado di sviluppo e la posizione geografica influiscano sulla tipologia e la portata del fenomeno, ma anche la grandezza dei centri urbani (in termini di popolazione residente) sia una discriminante importante per comprendere l'eterogeneità dell'urbanizzazione.

Una definizione univoca del processo urbanizzativo, che possa essere spesa per tutte le diverse situazioni venutesi a creare, è, quindi, utopistica, data la varietà dei casi caratteristici, delle condizioni precedenti e dei risultati. Se però appare difficile inquadrare teoricamente il fenomeno, tra i singoli governi e istituzioni nazionali, è invece diffusa la preoccupazione per le problematiche che tale fenomeno costringerà ad affrontare, soprattutto in futuro.

Confrontando le opportunità e le sfide associate all'urbanizzazione, la maggior parte dei governi mondiali ha indicato nella distribuzione spaziale della popolazione uno dei fattori di maggiore preoccupazione. Nel 2009, un questionario sottoposto dal Dipartimento degli Affari Economici e Sociali delle Nazioni Unite (DESA) ai singoli governi nazionali (**Tabella 3**), ha rilevato che l'83% degli organi governativi di 195 paesi nel mondo, ha espresso forte preoccupazione a riguardo della distribuzione della popolazione all'interno del territorio nazionale, indicando la migrazione tra ambiente rurale e urbano e la migrazione tra diverse aree urbane, tra le principali fonti di preoccupazione.[4]

Le istituzioni nazionali e gli organi di governo appaiono dunque molto preoccupati per il futuro del fenomeno urbanizzativo: da un lato, comportando notevoli vantaggi, spesso oramai dati per scontati, si rende desiderabile, al fine di garantire migliori condizioni di vita e servizi

[3] UN, 2012, *ibid*.

[4] United Nations, DESA, *World Population Policies 2009*, New York, 2010.

essenziali alla popolazione, ma, dall'altro lato, una cattiva gestione o non curanza verso le problematiche che esso genera, comporta notevoli negatività relative al vivere comune.

	Necessità di miglioramenti sostanziali	*Necessità di miglioramenti secondari*	*Soddisfazione per l'attuale disposizione*	*Totale*	*Necessità di miglioramenti sostanziali*	*Necessità di miglioramenti secondari*	*Soddisfazione per l'attuale disposizione*	*Totale*
	Numero di paesi				***Percentuali***			
Mondo	99	62	34	195	51	32	17	100
……Aree sviluppate	14	21	14	49	29	43	29	100
……Aree meno sviluppate	85	41	20	146	58	28	14	100

Tab. 3 – Opinioni dei governi nazionali sulla distribuzione interna della popolazione; Fonte: UN DESA, 2010, *ibid*.

1.3 Urbanizzazione, produttività e crescita

H. Tisdale definisce l'urbanizzazione come un processo di concentrazione della popolazione e individua due principali modi attraverso cui il processo si esprime: la moltiplicazione dei punti in cui tale concentrazione avviene e l'incremento della concentrazione in un determinato punto[5]. Rimanendo in linea con la definizione precedente, l'autore vede la città come il naturale punto di agglomerazione, di accentramento della popolazione:

> "Nessuna meraviglia verso i miracoli della moderna tecnologia, nessuno smarrimento per la complessità della moderna vita urbana, nessun senso d'impotenza di fronte alla persistenza degli attuali problemi sociali dovrebbe essere ammessa senza trascurare questo fatto [i.e. Il processo di concentrazione della popolazione nelle città]. Qualsiasi definizione di urbanizzazione che trascenda il concetto di città, è una definizione di qualcos'altro, poiché l'urbanizzazione deve culminare nel concetto di città".[6]

Se dunque, l'urbanizzazione è, teoricamente, il processo che porta la popolazione ad accentrarsi in specifici punti di agglomerazione definiti dalle città, è naturale chiedersi quali siano le motivazioni che guidano e governano tale fenomeno e quali siano le conseguenze causate dalla migrazione verso le aree urbane.

Le origini del moderno mondo economico possono essere ricercate nella transizione da una società tradizionalmente dedita all'agricoltura a una società caratterizzata da una crescita basata sulle opportunità di accumulazione del capitale fisico e umano.[7] Le società rurali antecedenti alla rivoluzione industriale presentavano tassi di produttività pro capite notevolmente inferiori rispetto ai medesimi tassi riscontrabili nelle società industriali (come l'Inghilterra della prima rivoluzione industriale). Al crescere del tasso di urbanizzazione e all'aumentare della popolazione urbana rispetto a quella rurale, la produttività pro capite, riscontrabile nelle aree di città, raggiungeva risultati sempre maggiori, mantenendo tassi di crescita costantemente positivi. Le città divengono, dunque, zone molto produttive mettendo in moto un'ingente domanda d'investimenti in infrastrutture e alloggi: contemporaneamente al fervore economico, che pervade le zone di agglomerazione della popolazione, agli organi di governo sono poste numerose sfide nella gestione delle città per permettere a tali agglomerati di funzionare al meglio e, al tempo stesso, per costruire una struttura urbana che sia la più

---

[5] H. Tisdale, *The Process of Urbanization*, Social Forces, Vol.20, pp. 311 - 316, 1942.

[6] H. Tisdale, 1942, op. cit.

[7] R. E. Lucas Jr, *Life Earnings and Rural-Urban Migration*, Journal of Political Economy, Vol. 112, No. S1, Papers in Honor of Sherwin Rosen: A Supplement to Volume 112, pp. S29-S59, 2004.

efficiente possibile.[8] La transizione da un'economia agricola a una industriale, in perpetua crescita, diviene un processo irreversibile che ogni società moderna compie una e una sola volta.[9]

Innumerevoli esempi empirici sono proposti dalla letteratura per porre l'accento sulla relazione tra urbanizzazione, produttività e crescita economica. E. Glaeser, basandosi su dati del 2008 per 181 paesi, calcola una correlazione dello 0,7 tra il logaritmo del Prodotto Interno Lordo (PIL) pro-capite e l'urbanizzazione.[10] Da una stima fornita dalle Nazioni Unite, l'80% circa della produzione lorda mondiale è generato nelle aree urbane.[11] Quasi tutti i paesi nel mondo presentano, o hanno presentato, almeno un livello minimo di urbanizzazione del 50% prima di garantire il raggiungimento dello stato di paese a medio reddito; mentre i paesi definiti ad alto reddito presentano tutti livelli di urbanizzazione compresi tra il 70 e l'80%.[12]

Poiché l'integrazione di mercato, portata dalla globalizzazione, ha dissolto le barriere economiche tra i diversi stati, i confini nazionali non provvedono più a definire compiutamente le unità di analisi. Al tempo stesso, le città, e più genericamente gli agglomerati urbani, possono essere considerati le principali realtà in cui le innovazioni tecnologiche e sociali prendono forma. Le città divengono i tasselli del nuovo tessuto economico-geografico alla base dello sviluppo, rendendo ragionevole l'idea che la crescita economica si localizzi in esse.[13]

L'idea che la crescita sia avvantaggiata dall'agglomerazione e dall'interazione di diversi attori concentrati spazialmente, era stata già proposta da Alfred Marshall. La localizzazione in un medesimo territorio dei soggetti preposti alla produzione industriale di beni e servizi, nella visione Marshalliana, favorisce il verificarsi di alcune economie esterne alla singola impresa ma interne a determinati agglomerati d'imprese, comunemente conosciuti come distretti. La concentrazione spaziale di numerosi attori determina condizioni di efficienza superiori nel sistema produttivo complessivo, grazie al manifestarsi di vantaggi scaturiti dalle economie esterne di agglomerazione.[14] Tali vantaggi possono essere suddivisi in tre categorie:

---

[8] H. G. Overman, A. J. Venables, *Cities in the Developing World*, Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, Discussion Paper No.695, 2005.
[9] R. E. Lucas Jr, 2004, op.cit.
[10] E. Glaser, *Cities, Productivity and Quality of Life*, Science, Vol. 333.6042, pp. 592 – 594, 2011.
[11] UN DESA, 2012, ibid.
[12] M. Spence et al., 2009, op. cit.
[13] M. Fujita, J. F. Thisse, *Economics of Agglomeration*, Journal of the Japanese and International Economies, Vol.10, pp. 339 – 378, 1996.
[14] L. Ferrucci, *Distretti Industriali e Economie Esterne Marshalliane: dall'Approccio Strutturalista ad una Visione Evoluzionistica*, Università di Padova, 1999.

- La riduzione dei costi di produzione, tramite lo sviluppo di economie di scala conseguite singolarmente dalle imprese.
- La riduzione dei costi di transizione, poiché gli input produttivi, quali, ad esempio, il lavoro, sono più facilmente reperibili e specializzati, e, al tempo stesso, il mercato di consumatori è prossimo alle imprese produttive, permettendo una riduzione dei costi necessari per raggiungerlo.
- Il manifestarsi di dinamiche innovative incrementali (alla cui base si trovano gli *spillover* di conoscenza), permesse dalla prossimità reciproca tra soggetti diversi che, formalmente e informalmente, condividono visioni, idee, progetti e conoscenze su di un medesimo argomento comune, attivando la curiosità e la ricerca di nuove soluzioni economiche e industriali di processo o di prodotto.

Mantenendo l'idea che le città siano i punti di concentrazione all'interno dei quali il processo urbanizzativo concentra la popolazione, è possibile estendere il medesimo concetto anche ad altre entità quali le imprese, essendo esse collegate all'attività produttiva economica, necessaria per il sostentamento dei singoli e delle comunità. Le economie di agglomerazione proposte da Marshall, diventano, in tale scenario, economie urbanizzative. Le città e il processo urbanizzativo diventano il motore della crescita di una società, permettendo il verificarsi di una serie di esternalità positive che influenzano lo sviluppo industriale e sociale. Tale concezione rileva dunque l'esistenza di economie urbanizzative che, percorrendo il solco delle teorie di agglomerazione Marshalliane, mettono in luce i benefici e i vantaggi microeconomici sottintesi durante lo sviluppo delle aree urbane.
La letteratura accademica, recentemente, ha studiato l'effetto delle economie di urbanizzazione ed ha messo in luce i vantaggi derivanti dall'accentramento della popolazione nelle città.

> "Le economie urbanizzative sono comunemente classificate come quelle nascenti dalle interazioni di mercato, dal collegamento tra fornitori di beni finali e semilavorati, dall'emersione di *spillover* tecnologici, ricalcando i tre principali esempi proposti da Marshall nella sua discussione sulle fonti di agglomerazione".[15]

G. Duranton e D. Puga propongono una rivisitazione dei concetti espressi da Marshall;

[15] G. Duranton, D. Puga, *Micro-Foundations of Urban Agglomeration Economies*, Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 4, pp. 2063 – 2117, 2004.

suddivisi i possibili input analizzabili nelle categorie di *forza lavoro*, *beni intermedi* e *idee*, gli autori ripresentano i tre esempi della trattazione Marshalliana, andando a indagare i meccanismi microeconomici validi per tutte e tre le categorie, rilevabili nelle economie di urbanizzazione. All'interno delle città i benefici derivanti da economie esterne urbanizzative sono dunque:

- Economie di Condivisione (*Sharing*); le città favoriscono la condivisione di diversi beni pubblici, mercati e infrastrutture tra un'ampia clientela definita dalla popolazione urbana. Utilizzando un esempio utile per il seguito della trattazione, si consideri l'infrastruttura viaria per il trasporto su ruote di persone e merci. Essa è un'infrastruttura costosa, che implica diversi costi fissi e di manutenzione; una comunità abbastanza numerosa potrà usufruire comunque dei benefici derivanti dal sistema viario, sostenendo solamente una piccola parte dei costi necessari.
- Economie di Accoppiamento (*Matching*); derivate dalle economie sui costi di transizione, favoriscono la disponibilità di possibilità sia dal lato della domanda, sia dal lato dell'offerta, poiché, aumentando il numero degli agenti che provano ad accoppiarsi, migliorerà la qualità attesa derivante da ogni accoppiamento. Ad esempio le imprese che richiedono l'assunzione di nuovo personale avranno un bacino di scelta superiore nelle città; inoltre la forza lavoro nelle aree urbane tenderà a competere reciprocamente per potersi assicurare le migliori posizioni lavorative, fornendo personale sempre più qualificato alle imprese. Tale effetto viene definito da S. S. Rosenthal e W. C. Strange *Urban Rat Race*[16], proprio a sottolineare il fervore con cui i lavoratori competono tra loro (sia in termini di qualifiche e competenze professionali, sia in termini di monte ore mensile) per ottenere i migliori risultati. Gli autori mettono in luce proprio la relazione tra il tasso lavorativo medio degli impiegati e il tasso di urbanizzazione di diverse città.
- Economie di Apprendimento (*Learning*); l'apprendimento non è un'attività solitaria che prende forma in uno spazio vuoto; al contrario esso richiede il confronto con gli altri e interazioni faccia a faccia. Le città, concentrando molte persone nel medesimo luogo, possono facilitare l'apprendimento: le opportunità offerte in tal senso dalle città

[16] S. S. Rosenthal, W. C. Strange, *Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies*, Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 4, 2119 - 2171, 2004.

forniscono una forte giustificazione alla loro esistenza.[17]

J. Jacobs mette in luce come l'ambiente fornito dalle città aumenta le possibilità per la generazione di nuove idee e conoscenze.[18] Inoltre i vantaggi delle città nell'apprendimento non riguardano solamente le tecnologie all'avanguardia, ma anche l'acquisizione di abilità e la creazione, diffusione e accumulazione di conoscenze incrementali.[19]

Alle tre principali tipologie di vantaggi urbanizzativi sopra elencati, J. M. Quingley aggiunge una quarta categoria di benefici derivanti da delle economie da lui definite '*statistiche*'.

> "Un insieme di potenziali economie e di risparmi di costo […] sorge dall'applicazione della legge dei grandi numeri alle fluttuazioni economiche. Per esempio, poiché le fluttuazioni nell'utilizzo di *input* produttivi non sono correlate tra le imprese, il tasso di occupazione può essere stabilizzato, dal momento che, mentre alcune imprese non assumono, altre lo faranno. Allo stesso modo, poiché le fluttuazioni nelle vendite di *output* non sono correlate tra i diversi acquirenti, le imprese avranno bisogno di inventari ridotti, dal momento che alcuni consumatori compreranno mentre altri no. Tutto ciò rappresenta un netto risparmio per tutte le imprese e per il sistema economico nel suo insieme".[20]

La correlazione di cui J. M. Quingley scrive si riferisce alla perfetta libertà decisionale lasciata ai singoli soggetti; nella visione proposta dall'autore, ogni singolo attore non è vincolato dalle scelte degli altri attori presenti nel medesimo territorio, ma beneficia comunque delle economie esterne sviluppate in tali aree.

La letteratura sulle economie urbanizzative cita altri benefici derivanti dall'ambiente urbano e dalle possibilità offerte dalle città, ricordiamo ad esempio:

- La valenza delle città come incubatrici (*nursery city*) d'imprese: grandi agglomerati urbani, che possono fornire una moltitudine di input specifici, si presentano come un ambiente ideale per una neo-nata impresa, poiché mettono a disposizione la soluzione a qualunque necessità. In un secondo tempo, una volta affinato il processo produttivo

[17] G. Duranton, D. Puga, 2004, op. cit.
[18] J. Jacobs, *The Economy of Cities*, Random House, New York, 1969.
[19] R. E. Lucas Jr, *On the Mechanics of Economic Development*, Journal of Monetary Economics, Vol. 22, No. 1, pp. 3 – 42, 1988.
[20] J. M. Quingley, *Urban Diversity and Economic Growth*, The Journal of Economic Perspective, Vol.12, No. 2, pp. 127 – 138, 1998.

e specificato il modello di business, le imprese possono spostarsi in città più piccole, adatte al tipo di produzione scelto.[21]

- Trasporti più economici e la prossimità con clienti e fornitori, riducono sensibilmente i costi e creano una relazione più immediata con i mercati.[22]
- Le imprese possono rispondere prontamente alle sollecitazioni di mercato, data la vicinanza spaziale e temporale con lo stesso.[23]

Bisogna però rilevare come non tutta la letteratura sia concorde nel riconoscere l'effettiva efficacia delle economie urbanizzative, adducendo come motivazione la difficoltà a scindere e individuare chiaramente tra i benefici derivanti da questo genere di economie urbanizzative e tra quelli derivanti dalle più comuni economie agglomerative e di localizzazione. S. Barrios et al., ad esempio, sviluppando un modello econometrico, basato su dati EUROSTAT relativi a tre paesi (Belgio, Irlanda e Portogallo), dimostrano gli effettivi benefici, derivanti dalle economie agglomerative, per alcuni determinati settori, ma registrano la mancanza di una correlazione tra la densità abitativa geografica e la presenza di economie di tipo urbanizzativo, simili a quelle descritte in precedenza.[24] Anche J. V. Henderson e J. C. Davis[25] prima e D. E. Bloom et al.[26] dopo, nonostante mettano in evidenza i benefici derivanti da una concentrazione produttiva in un medesimo territorio, e per particolari settori, non individuano evidenze a supporto dell'esistenza di economie urbanizzative tanto forti da poter essere chiaramente distinte, poiché la relazione tra densità abitativa e crescita economica non è dimostrata dai dati in loro possesso.

Data la mancanza di certezze, relative agli effettivi vantaggi derivanti dall'urbanizzazione, piuttosto che dalla semplice agglomerazione, è naturale chiedersi se sia effettivamente e unicamente la maggiore produttività industriale delle città a spingere l'accentramento della popolazione. Non va dimenticato inoltre come in un mercato aperto il sistema dei prezzi adegui i livelli di spesa, sulla base della domanda. E' di conseguenza naturale quindi che in

---

[21] G. Duranton, D. Puga, *Nursery Cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products*, American Economic Review, pp. 1454 – 1477, 2001.

[22] D. E. Bloom, D. Cunning, G. Fink, *Urbanization and the Wealth of Nations,* Science, Vol. 319, No. 5864, pp. 772 – 775, 2008.

[23] D. E. Bloom et al. , 2008, op. cit.

[24] S. Barrios et al., *Agglomeration Economies and Location of Industries: A Comparison of three small European Countries*, MPRA Paper No. 5074, 2007.

[25] J. V. Henderson, J. C. Davies, *Evidence on the Political Economy of the Urbanization Process*, Journal of Urban Economics, Vol. 53, No. 1, pp. 98 – 125, 2003.

[26] D. E. Bloom et al., 2008, op. cit.

un'area urbana, caratterizzata da una densa struttura abitativa, non solo i rendimenti siano superiori, data la produttività industriale, ma anche i prezzi siano significativamente più alti rispetto alle zone rurali. Se è vero che l'ambiente urbano, favorito dall'accentramento delle imprese, assicura maggiori produttività, è anche vero che ad accentrarsi sono anche i lavoratori che, spinti dalla possibilità di percepire stipendi più alti, abbandonano il lavoro agricolo a favore di quello industriale. Al tempo stesso però i prezzi, data l'aumentata domanda di beni e servizi proveniente dal centro urbano, aumenteranno. Ciò si dimostra particolarmente vero per due specifiche tipologie di beni, come dimostrato dalla letteratura accademica: il cibo e l'alloggio.

1) Per quanto riguarda il cibo si consideri come i residenti cittadini siano dipendenti unicamente dal proprio salario per l'acquisto di beni alimentari (non producono cioè prodotti che possono essere consumati direttamente dal nucleo familiare) come per l'acquisto di tutti gli altri beni necessari come l'affitto della casa, il carburante, la sanità, l'educazione ecc. Questa profonda confidenza verso l'afflusso costante di salario, rende gli abitanti dei centri urbani maggiormente esposti a crisi finanziarie e di prezzo.[27]

2) L'alloggio diviene il punto focale nelle scelte di vita della popolazione urbana; secondo il modello AMM (Alonso, Mills, Muth) esso, infatti, è il prodotto di un trade-off tra il costo da sostenere, in termini di tempo e denaro, per raggiungere il luogo di lavoro (identificato con il centro finanziario della città) e il costo dell'alloggio.[28] Essendo questa scelta fortemente condizionata dalle disponibilità economiche dei residenti urbani, chi sceglierà di percepire maggiori introiti, sacrificherà il suo tempo muovendosi dall'esterno all'interno della città mentre chi deciderà di sacrificare parte dei suoi guadagni per avvicinare l'alloggio al luogo di lavoro, avrà maggior tempo a disposizione.[29]

---

[27] M. T. Ruel et al., *The Food, Fuel, and Financial Crises Affect the Urban and Rural Poor Disproportionately: a Review of the Evidence*, The Journal of Nutrition, Vol. *140, No*. 1, pp. 170S - 176S, 2010.

[28] F. C. Lai, J. F. Tsai, *Simplified Alonso-Mills-Muth Model with a Monopoly Vendor*, Journal of Urban Economics, Vol. 63, No. 2, pp. 536 – 543, 2008.

[29] K. S. So et al., *The Effects of Housing Prices, Wages, and Commuting Time on Joint Residential and Job Location Choices*, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 83, No. 4, pp. 1036 – 1048, 2001.

Gli spostamenti tra distretto produttivo e alloggio (pendolarismo), sommati agli spostamenti intra-urbani dei residenti, se non ben governati rischiano di allungare i tempi di percorrenza intra-cittadini con conseguenze molto gravi (come si vedrà in seguito nel capitolo §2).

1.3.1 Urbanizzazione e congestione

I numerosi vantaggi e le forti economie fornite dall'agglomerazione della popolazione in aree urbane, qualificano le città come luoghi geografici di produttività e crescita economica. I fenomeni migratori futuri evidenziati nel par. §1.1 e §1.2 vengono dunque giustificati dai notevoli benefici individuati e spiegati dalla letteratura sulle economie di urbanizzazione.

Nella realtà dei fatti però l'accentramento verso le aree urbane, soprattutto secondo i tassi di crescita prospettati, sembra aprire una discussione sulle problematiche e le diseconomie collegate con l'urbanizzazione.

Si può stabilire immediatamente l'esistenza di un trade-off tra i benefici derivanti dalle economie di agglomerazione e la congestione abitativa, che non solo provoca diseconomie sensibili, ma potrebbe perfino impedire il godimento di beni e servizi disponibili all'interno delle città. La situazione in cui occorre la massima utilità totale determinerà la soluzione del trade-off. Il numero di persone che una città può accogliere e sostenere, quindi, è vincolato al raggiungimento di un punto di massima utilità (**Figura 5**).[30]

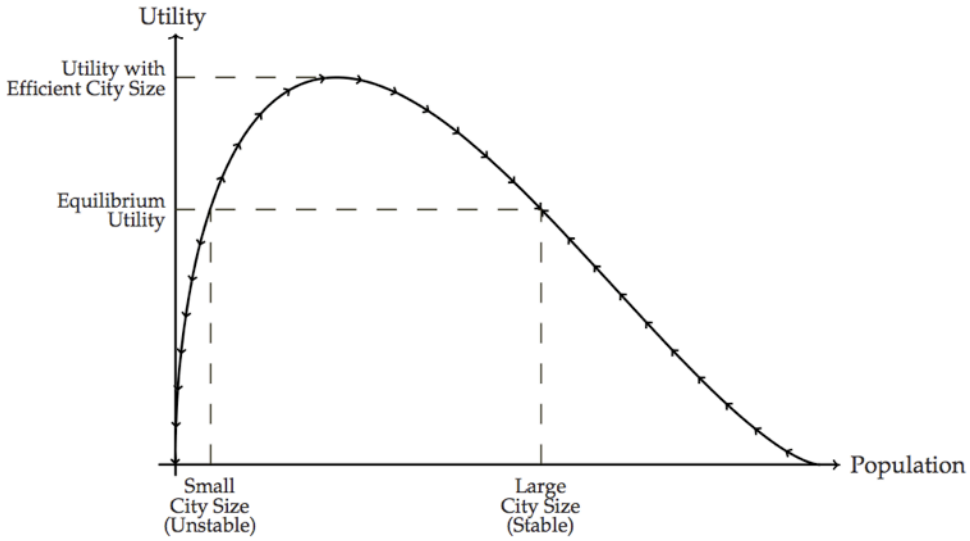

Fig. 5 – Utilità in funzione della dimensione (residenziale) della città; Fonte: G. Duranton, D. Puga, 2003, op. cit.

[30] G. Duranton, D. Puga, 2003, op. cit.

Una possibile soluzione al problema è data dalla possibilità di pianificare città multicentriche, che soddisfino le esigenze sociali delle famiglie e che al tempo stesso garantiscano accettabili livelli di pendolarismo, al fine di evitare diseconomie derivanti dall'intasamento dei centri città causati da un eccessivo flusso di veicoli provenienti sia dall'esterno che dall'interno. Purtroppo il verificarsi di fenomeni come il previsto aumento demografico e lo spostamento della popolazione verso le zone urbane, minano le capacità dei governi e delle autorità nazionali di pianificare un graduale passaggio e un'attenta pianificazione davanti a questa tipologia di struttura urbana. Davanti a queste eventualità, H. Tisdale propone l'unica soluzione che nel corso della storia umana ha sempre portato a superare eventi eccezionali riguardanti la distribuzione e l'aumento della popolazione:

> "Poiché la popolazione aumenta, la tendenza alla moltiplicazione, fino al raggiungimento del limite imposto dalla disponibilità di cibo, è una delle caratteristiche dell'essere umano e di ogni altra forma di vita. […] L'obiettivo immediato dell'uomo è raggiungere la vita e la soddisfazione per se stesso e per le persone a lui care. Naturalmente egli ricerca la via più facile più efficace per raggiungere tale scopo. Mai intraprende coscientemente la strada più difficile. Il risultato è la tecnologia. L'urbanizzazione è talmente legata indissolubilmente alla tecnologia da permettere di affermare che la tecnologia sia il sine qua non dell'urbanizzazione."[31]

La tecnologia, dunque, nell'ambiente urbano, assume un ruolo ancor più importante: le problematiche urbanizzative trovano risoluzione nell'innovazione tecnologica che permette di superare i limiti imposti dal precedente trade-off.

Nel cap. §2 concentreremo l'attenzione su uno specifico aspetto concernente le città, e cioè le infrastrutture e i mezzi per il trasporto urbano di persone, oltre che le problematiche derivanti dalla loro gestione. In particolare si analizzerà l'influenza dell'automobile come veicolo che ha profondamente caratterizzato la mobilità urbana per tutto il XX secolo.

[31] H. Tisdale, 1942, op. cit.

2. Il trasporto urbano

L'aumento demografico e l'accentramento nelle aree urbane della popolazione hanno posto l'interrogativo su come gestire in un prossimo futuro la questione dei flussi giornalieri interni alle città. I residenti e i pendolari che, sulla base dei loro rispettivi salari e delle scelte di alloggio, devono raggiungere i luoghi di produzione di beni e servizi situati nelle città, producono un flusso di veicoli, utilizzati per tali spostamenti. Nell'eventualità di una mancanza di un piano urbano che razionalizzi gli spostamenti tramite un rinnovamento della struttura urbana, i disagi nascenti da questa situazione possono essere svariati.

La mobilità personale all'interno delle città è, fin dall'avvento dei primi veicoli a motore, uno degli aspetti che maggiormente ha influenzato le dinamiche e la vita sociale urbana. In tale ambiente, l'automobile è stata la protagonista indiscussa dalla sua invenzione fino ai giorni nostri. Oggi però il suo ruolo è messo in discussione: la globalizzazione dei mercati e della cultura, l'avvento di internet, la crisi ecologica mondiale, hanno messo in luce l'inadeguatezza dell'auto nel rinnovarsi di fronte al mutato scenario globale. La rivoluzione 2.0 ha investito tutti i settori industriali e, oramai, tutti gli aspetti del vivere quotidiano; solamente l'automobile sembra finora resistere a questa fortissima spinta innovativa, aiutata dalla resistenza al cambiamento dei suoi utilizzatori e produttori.

L'analisi è complessa ma un dato è certo, le previsioni riguardanti lo sviluppo del trasporto privato all'interno delle città, sia nelle aree sviluppate sia in quelle in via di sviluppo, mettono in luce la necessità di ripensare profondamente gli schemi di trasporto urbano e, dunque, a considerare necessario un cambiamento radicale nel concetto di mobilità personale.

Nei primi due paragrafi del capitolo sarà analizzato il trasporto nelle città attraverso una visione sistemica del problema, corredando la trattazione con delle previsioni quantitative relative al fenomeno e alle sue conseguenze (§2.1 e §2.2). Nel par. §2.3 approfondiremo la posizione di alcuni importanti organi internazionali sul tema, per comprendere come il trasporto urbano viene considerato dalle istituzioni; mentre nell'ultimo paragrafo si parlerà del fenomeno automobilizzativo e della necessità di cambiare l'attuale situazione, evolvendo la concezione di mobilità dei residenti urbani.

2.1 Il sistema di mobilità urbana

Un elemento ritenuto necessario per lo sviluppo e la crescita è un accesso efficiente e conveniente al mondo del lavoro, all'educazione e ai servizi di base per i residenti dei centri urbani. D'altro canto però, le condizioni di mobilità offerte all'interno delle aree urbane vanno via via deteriorandosi a causa dell'urbanizzazione della popolazione e della motorizzazione del trasporto individuale. Ogni anno, il numero di nuovi veicoli, utilizzati per gli spostamenti personali, che entrano a far parte del sistema di trasporto urbano, sorpassa la costruzione di nuove strade e infrastrutture, aggravando il problema del traffico nelle città.[32]

L'invenzione dei veicoli a motore ha garantito un livello di mobilità senza precedenti, aumentando enormemente il benessere sociale ed economico della popolazione mondiale. L'utilizzo dei veicoli è stato per decenni sottovalutato in termini di prezzo richiesto ai suoi utenti, permettendo alle persone di guidare di più, senza sostenere un giusto costo che contenesse l'utilizzo dei mezzi privati.[33]

L'immatricolazione di nuovi veicoli cresce rapidamente a livello globale sulla base dell'aumento demografico di popolazione, di un maggiore benessere economico diffuso, di una più sviluppata penetrazione di mercato, e, per i paesi in via di sviluppo, probabilmente, sulla base anche di un'immagine maggiormente persuasiva di un modo di vivere internazionale in cui l'automobile diviene un elemento essenziale. Proprio per questo, nella maggior parte dei paesi in via di sviluppo, il numero di veicoli a motore sta aumentando anche del 10% annuo.[34]

P. W. Newman propone di partire ad analizzare le problematiche urbane considerando la città come un sistema, più precisamente un ecosistema: al suo interno le risorse e le energie immesse diventano gli input necessari per raggiungere l'output 'vivibilità' (*livability*). Al contempo, il processo genera anche degli output indesiderati, identificati come rifiuti del processo (**Figura 1**).[35] L'autore individua il trasporto all'interno degli agglomerati urbani come una delle dinamiche caratterizzanti e prioritarie al funzionamento generale del sistema.

---

[32] M. Cuellar, et al., *Transport on a Human Scale,* World Bank Report No. 50462, www.worldbank.org, 2009.

[33] E. W. Johnson, *Avoiding the Collision of Cities and Cars: Urban Transportation Policy for the Twenty-First Century*, Bulletin of the American Academy of Arts and Science, Vol.47, No .2 pp. 5 – 11, 1993.

[34] R. Gakenheimer, *Urban Mobility in the Developing World*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 33, No.7, pp. 671 – 689, 1999.

[35] P. W. Newman, *Sustainability and Cities: Extending the Metabolism Model*, Landscape and Urban Planning, Vol. 44, No. 4, pp. 219 – 226, 1999.

Ciò è dovuto al fatto che tale dinamica richiede una notevole quantità di input di vario tipo e si risolve nella produzione di differenti output sia positivi, in termini di accrescimento della vivibilità, sia negativi, in termini di generazione di rifiuti.

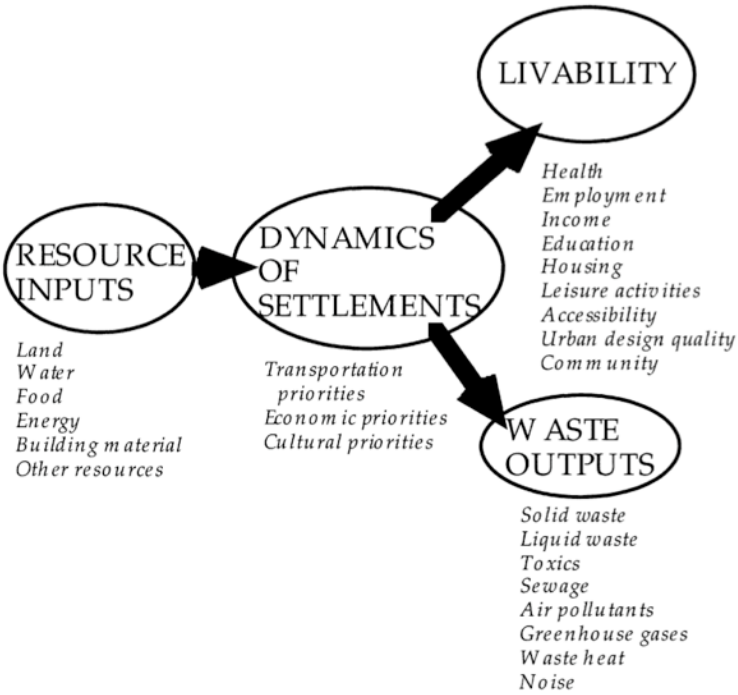

Fig. 1 - Modello del sistema degli insediamenti umani; P. W. Newman, 1999, op. cit.

Tra gli input necessari possiamo individuare:

- Il capitale umano, calcolato sulla base del tempo necessario a effettuare gli spostamenti all'interno dell'area urbana,
- L'energia necessaria per il funzionamento dei veicoli,
- I capitali pubblici utilizzati per la costruzione e il mantenimento dell'infrastruttura viaria,
- I capitali privati investiti per finanziare la mobilità personale,
- La quantità di suolo pubblico occupato dalla rete viaria.

Per quanto riguarda invece gli output generati dal processo, P. W. Newman afferma che le città, sono più di un mero meccanismo che processa input e genera risorse, poiché esse creano opportunità, indentificate con la vivibilità, fruibile dai residenti degli agglomerati

urbani.[36] Nell'ambito del trasporto tale vivibilità si traduce nella possibilità di usufruire di un dato ammontare di mobilità personale, determinato dagli input individuali e collettivi alla base del processo di trasporto. Tale mobilità, seguendo il ragionamento e le variabili esemplificate in **Figura 1**, avrà un riflesso sul reddito e l'impiego (permettendo l'accesso a lavori maggiormente remunerati), la salute (consentendo il raggiungimento di luoghi preposti all'attività sanitaria), l'abitabilità (facilitando gli spostamenti dei residenti tra zone residenziali e zone produttive o commerciali), l'interazione sociale e il senso di comunità (garantendo la raggiungibilità di luoghi per lo svago e il tempo libero).

D'altro canto, un eccessivo congestionamento di mezzi privati nelle aree urbane può determinare l'impossibilità di usufruire dei vantaggi derivanti dalla mobilità personale. Il collegamento tra densità, in termini di veicoli concentrati spazialmente, e movimento, in termini di mobilità dei veicoli stessi e, quindi, dei loro utilizzatori, è da intendersi come un principio universale che definisce l'attività urbana. Il fondamento a tale principio si trova nella costante di Marchetti. Tale costante spiega come le città, nelle diverse epoche storiche, hanno funzionato in conformità a un budget orario, stabilito dai residenti per gli spostamenti intra-urbani, di circa un'ora al giorno. L'evidenza empirica di tale costante è, ad esempio, la sua valenza comprovata per ben sei secoli di vita in diverse città del Regno Unito.[37]

Questa costante spiega, infatti, come mai, nel corso della storia, le città pedonali avevano un diametro tra i 5 e gli 8 chilometri, le città dotate di forme di transito non motorizzate un diametro tra i 20 e i 30 chilometri e le città che prevedevano spostamenti in automobile un diametro che poteva allargarsi tra i 50 e i 60 chilometri. A causa della differenza di velocità tra il camminare, la locomozione con mezzi non motorizzati e il viaggiare in automobile, tali città, prescindendo dalla loro grandezza effettiva, avevano un diametro percorribile in circa un'ora.[38]

Oggi, mediamente, una persona dedica circa 1,1 ore della sua giornata agli spostamenti;[39] ciò significa che il limite indicato dalla costante di Marchetti è stato raggiunto.

Se dunque il picco di mobilità individuale giornaliera è stato in media raggiunto, il budget orario destinato agli spostamenti, non può essere ulteriormente incrementato. Però, mentre

---

[36] Newman, 1999, op. cit.

[37] P. W. Newman, J. R. Kenworthy, *Urban Design to Reduce Automobile Dependance*, Opolis, Vol. 2, No. 1, pp. 35 – 52, 2006.

[38] P. W. Newman, J. R. Kenworthy, 2006, op. cit.

[39] A. Schafer, D. G. Victor, *The Future Mobility of World Population*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 34, No. 3, pp. 175 – 205, 2000.

esistono forti evidenze che suggeriscono il raggiungimento del picco orario individuale per il trasporto, la crescita complessiva della mobilità personale, nelle aree urbane, è destinata ad aumentare, essendo essa connessa con la crescita demografica e l'urbanizzazione della popolazione. Anche se la mobilità individuale rimane statica, dunque, l'uso di veicoli (e il congestionamento) continuerà a crescere nelle città, semplicemente a causa dell'aumento della popolazione urbana.[40] La popolazione mondiale nel 2000 percorreva 23 miliardi di chilometri annui totali, nel 2050 tale distanza aggregata sarà di circa 105 miliardi.[41]

[40] J. Kent, *Secured by Automobility: Why does the Private Car Continue to Dominate Transport Practices?*, PhD. Thesis, Doctor of Philosophy, University of the New South Wales, 2013.
[41] A. Schafer, D. G. Victor, 2000, op. cit.

2.2 La mobilità nelle città: dati e previsioni

Entro il 2050, il sistema globale di trasporto dovrà far fronte alle esigenze di 9 miliardi di persone, rispetto ai 6,5 miliardi di oggi.[42] La densità abitativa elevata, nelle città, causerà un congestionamento maggiore del traffico urbano, rendendo difficoltoso e costoso l'utilizzo dei mezzi privati di trasporto. La velocità di spostamento nelle ore di punta diminuirà, in alcune città Asiatiche, fino a raggiungere i 10 chilometri orari (km/h). Globalmente, i tempi di percorrenza medi aumenteranno notevolmente, mentre le destinazioni raggiungibili in un determinato tempo diminuiranno.[43]

Nel 2010, la quantità di veicoli leggeri per il trasporto di persone ha raggiunto gli 841 milioni di unità, il doppio rispetto al 1975. Le previsioni mostrano un successivo aumento di queste quantità, in particolare nei paesi in via di sviluppo (**Figura 2**).[44]

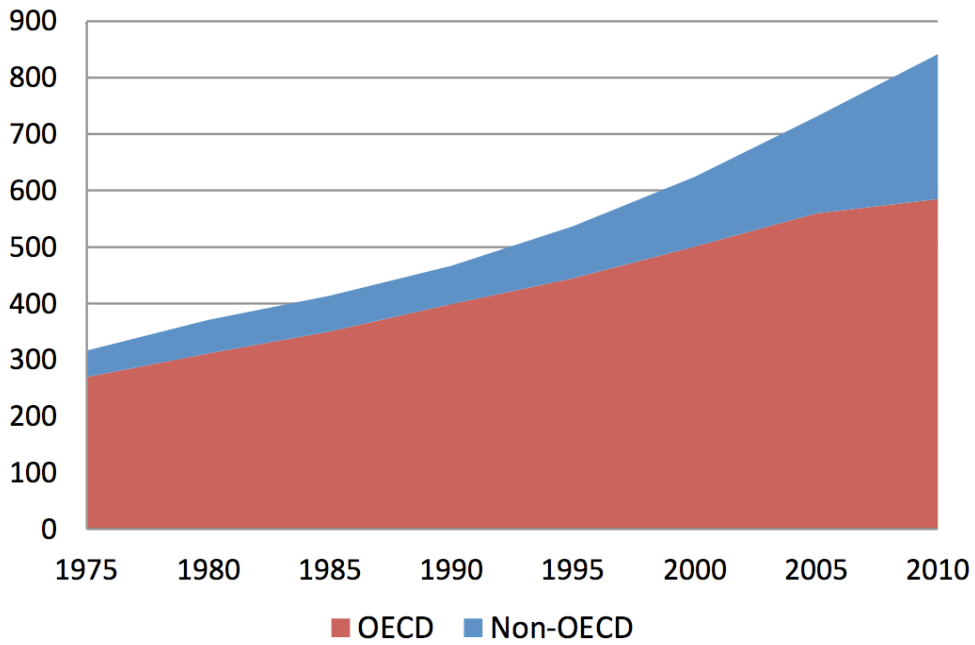

Fig. 2 - Quantità di veicoli leggeri (in milioni) per il trasporto personale tra paesi dell'OECD ed extra-OECD tra il 1975 e il 2010; OECD, 2012, ibid.

Il trasporto urbano rappresenta oggi il 64% della mobilità totale e ci sia aspetta che per il 2050 il suo apporto totale sia triplicato, con enormi conseguenze sociali, economiche e ambientali.[45]

---

[42] OECD, International Transportation Forum, *Transport Outlook 2012*, Parigi, 2012.
[43] R. Gakenheimer, 1999, op. cit.
[44] OECD, 2012, ibid.
[45] W. Lerner, F. J. Van Audenhove, *The Future of Urban Mobility: Towards Networked, Multimodal Cities in 2050*, Public Transport International – English Edition, Vol. 62, No. 2, 2012.

Da un punto di vista sociale si calcola che nel 2050 il cittadino medio spenderà 106 ore annue congestionato nel traffico urbano, una quantità di ore triplicata rispetto al 1990 (**Figura 3**).

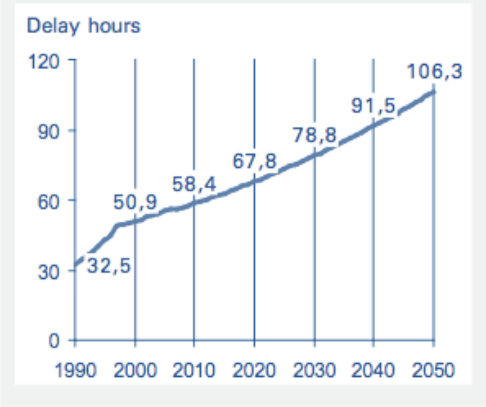

Fig. 3 – Ore annue di ritardo causate dalla congestione del traffico urbano tra il 1990 e il 2050; W. Lerner et al., op. cit.

Un altro grosso danno sociale è causato dalla presenza eccessiva di traffico e di infrastrutture viarie cittadine: questi fattori precludono la vivibilità del centro urbano a pedoni e ciclisti, e, più in generale, danneggiano chi non è munito di un veicolo proprio.[46]

Da un punto di vista economico, gli investimenti delle pubbliche amministrazioni, necessari per il mantenimento e il funzionamento della rete di trasporto urbano, triplicheranno, su scala globale, da qui al 2050, raggiungendo gli 829 miliardi di Euro annui (**Figura 4**).

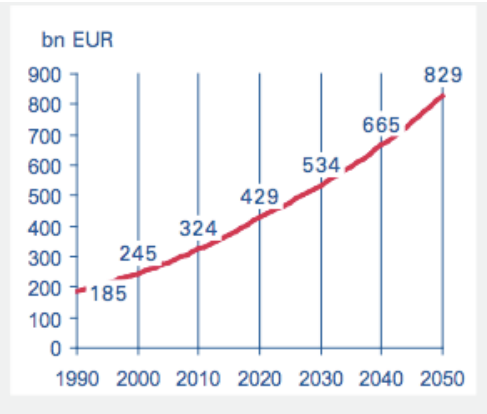

Fig. 4 – Spesa pubblica globale per il trasporto urbano; W. Lerner et al., op. cit.

Inoltre, a causa della congestione del traffico, dei ritardi nella mobilità, delle necessarie opere di manutenzione atte a rimediare al sovra-sfruttamento delle reti viarie urbane, si calcola che, ad esempio, una città come Bangkok perda il 35% del prodotto urbano lordo solamente per

[46] P. W. Newman, J. R. Kenwhorty, 2006, op. cit.

tale motivo.[47]

Negli ultimi anni è stato senza dubbio il fattore ambientale che più ha contribuito ad aprire una discussione sul trasporto urbano. Si stima che per il 2050, sarà necessario il 17,3% delle bio-capacità del pianeta per mantenere attiva la sola mobilità urbana globale, 5 volte tanto le bio-capacità necessarie nel 1990 (**Figura 5**).

Si calcola che nelle sole aree urbane di new York, Los Angeles e Dallas i veicoli leggeri hanno pesato tra il 28% e il 37% sul picco di Ozono nell'atmosfera registrato per la prima volta negli anni '80.[48]

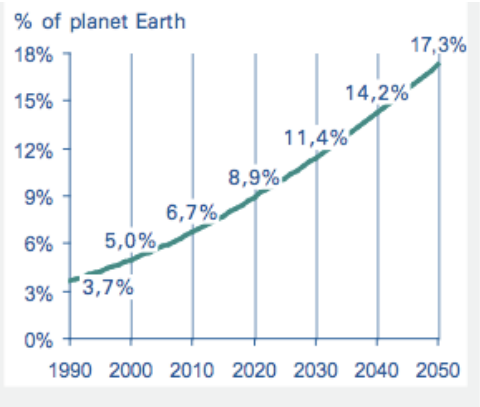

Fig. 5 – Percentuale delle bio-capacità del pianeta necessarie per sostenere la mobilità urbana tra il 1990 e il 2050;
W. Lerner et al., op. cit.

Il trasporto si distingue, quindi, come uno degli aspetti centrali per lo sviluppo urbano e globale: l'impatto che esso ha a livello locale e globale, sull'ambiente, la qualità della vita e le performance economiche, sono sempre più causa di dibattito da parte delle maggiori istituzioni nazionali e internazionali. Nonostante questo, la disponibilità di misure quantitative, quali il consumo energetico, i livelli di CO_2, le emissioni, la congestione del traffico ecc., è rara a livello globale.[49]

Non esiste, infatti, un database sovranazionale che metta a disposizione, sistematicamente delle misure e delle statistiche mondiali relative a tali aspetti, specificatamente per l'ambito urbano. Il semplice possesso di un veicolo, unico dato reperibile, non presuppone la descrizione del problema: è l'utilizzo, non il possesso, di un veicolo che quantifica l'impatto

[47] R. Gakenheimer, 1999, op. cit.
[48] E. W. Johnoson, 1993, op. cit.
[49] L. Bertolini, F. Le Clercq, *Urban Development without more Mobility by Car? Lessons from Amsterdam, a Multimodal Urban Region*, Environment and Planning A, Vol. 35, No. 4, pp. 575 – 590, 2003.

della congestione del traffico, delle emissioni nocive o dell'utilizzo di carburante.[50]
In questo scenario l'unica misura veramente accettabile è la distanza (in chilometri) percorsi per veicolo (VKT – *Vehicle Kilometers Traveled*).[51] Negli ultimi anni diverse ricerche e studi, basati su tale misura, sono state portate avanti da differenti organismi, tra cui:

- il Texas Transport Institute (TTI) che utilizza i VKT per descrivere la situazione della congestione urbana negli USA, redigendo un annuale report sulla situazione e che, inoltre, ha sviluppato un indice di congestione, basato sull'analisi dei VKT percorsi in differenti aree degli Stati Uniti.[52]
- il Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (BITRE) che fornisce puntuali dati e informazioni sui VKT nel territorio Australiano.[53]

Nel prossimo paragrafo sarà invece approfondito come le principali istituzioni internazionali abbiano risposto alle problematiche messe in luce dall'attuale situazione del trasporto urbano e come esse intendono agire per arginare, controllare e superare le questioni circa la mobilità nelle città.

[50] J. R. Kenwhorty, F. B. Laube, *Patterns of Automobile Dependence in Cities: an International Overview of Key Physical and Economic Dimensions with some Implications for Urban Policy*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 33, No. 7, pp. 691 – 723, 1999.
[51] L. Bertolini, F, Le Clercq, 2003, op. cit.
[52] Texas A&M Transportation Institute - http://tti.tamu.edu/
[53] Australian Government, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics - http://www.bitre.gov.au/

2.3 Le istituzioni internazionali e il trasporto urbano

Costatata la mancanza di un database globale inerente le statistiche sulla mobilità urbana e appurata anche la mancanza di una visione comune sulle misure e sui dati da valutare (nonostante, come visto in precedenza, i VKT appaiano il miglior indicatore disponibile), è necessario comprendere come le principali istituzioni internazionali stiano affrontando la crescente richiesta per un cambiamento di rotta nella mobilità nelle città.

Data l'ampiezza del fenomeno e l'ineluttabile necessità di sviluppare una nuova strategia globale sul tema del trasporto nell'ambito urbano, saranno ora analizzate le politiche, le iniziative e i progetti messi in atto da tre differenti istituzioni internazionali, al fine di capire le pratiche utilizzate, le ricerche in atto e gli obiettivi individuati.

2.3.1 Le Nazioni Unite

Le nazioni Unite hanno istituito un'agenzia, l'UN-Habitat, il cui compito specifico, affidato dall'Assemblea Generale tramite mandato, è quello di promuovere lo sviluppo sostenibile delle città e degli agglomerati urbani, in un'ottica ambientale e sociale.[54] L'agenzia, fondata nel 1997, è nata per sviluppare i temi affrontati per la prima volta nel 1978 durante il meeting delle Nazioni Unite a Vancouver chiamato Habitat I.[55] Nel 1978 i due terzi della popolazione mondiale erano ancora dediti a una vita rurale; i cambiamenti demografici e l'urbanizzazione hanno posto l'accento sull'importanza dei temi inerenti la città e la necessità da parte delle istituzioni di valutare, analizzare e regolare le questioni inerenti l'ambiente cittadino.

La strategia dell'agenzia si focalizza sulla gestione delle criticità urbane da un punto di vista di pianificazione e management di tali aspetti, per evitare problemi sociali, povertà e impoverimento dell'ambiente naturale. I 6 punti cardine della strategia UN-habitat sono[56]:

- La sensibilizzazione verso i temi, il monitoraggio delle tendenze e lo sviluppo di partnership con 4 soggetti chiave della strategia: giovani, società civile, settore privato e governi,
- Sviluppo di politiche e progetti inclusivi e partecipativi, che coinvolgano direttamente le autorità e i residenti delle aree urbane interessate,

[54] United Nations, UN-Habitat, Our Mission; http://www.unhabitat.org/
[55] UN, UN-Habitat, History; http://www.unhabitat.org/
[56] UN, UN-Habitat, Strategy; http://www.unhabitat.org/

- Accesso alla terra e alle abitazioni, per combattere la formazione delle baraccopoli e di quartieri-ghetto,
- Implementazione di migliori infrastrutture e servizi per i residenti,
- Rinforzo del sistema per i contributi finanziari dati agli agglomerati urbani,
- Eccellenza nella gestione e nel management.

La Strategia dell'agenzia è chiaramente orientata verso i paesi in via di sviluppo: l'obiettivo è applicare progetti e innovazioni, inerenti la vivibilità nelle città, verso agglomerati ancora in fase di forte sviluppo, tramite piani d'azione e gestione specializzata delle risorse. per quanto riguarda il tema del trasporto urbano, UN-Habitat ha pubblicato alcuni report concentrati sul management della mobilità per le città in paesi in via di sviluppo.[57]
L'agenzia ha promosso recentemente la World Urban Campaign[58], una piattaforma di partnership e partecipazione per le città mondiali, al fine di portare l'attenzione delle maggiori istituzioni globali sui temi concernenti gli agglomerati urbani.

2.3.2 L'OECD

L'Organizzazione per la Collaborazione e lo Sviluppo Economico (*Organization for Economic Co-Operation and Development,* OECD), fin dalla sua fondazione, ha considerato la città e il trasporto urbano come una delle aree di maggiore interesse e discussione. Uno specifico organo all'interno dell'organizzazione è stato preposto, fin dalla sua fondazione, all'analisi e alla ricerca di soluzioni inerenti la mobilità nelle città. Dal 2007 tale organo è l'*International Transport Forum* (ITF), conosciuto in precedenza, per quasi cinquant'anni, come *European Conference of Ministers of Transports* (ECMT).
L'ITF è un'organizzazione internazionale, di cui fanno parte 54 stati membri, che agisce comportandosi come una commissione di esperti (*Think Tank*) il cui compito è di coadiuvare le principali istituzioni nazionali e internazionali nell'analisi e nell'elaborazione delle strategie più adatte sul tema del trasporto. L'obiettivo dell'organizzazione è di definire un'agenda politica globale sul tema del trasporto, in modo da far sì che esso possa contribuire

[57] Tra i report più rilevanti si cita UN-Habitat, *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements*, Earthscan, London, 2009, sulle pratiche riguardanti la gestione delle risorse scarse nelle città in via di sviluppo, e UN-Habitat, *People and Mobility*, Nairobi, 2011, per la promozione di opzioni di trasporto non-motorizzato.
[58] World Urban Campaign, Better City, Better Life -http://www.worldurbancampaign.org/

allo sviluppo economico, alla protezione dell'ambiente, alla coesione sociale e alla preservazione della vita e del benessere umano.[59]
Il lavoro dell'ITF si basa su tre pilastri fondamentali:

- Predisporre Summit annuali. Essi sono le piattaforme privilegiate per la discussione globale sul tema delle necessarie strategie di trasporto. Durante i Summit, i ministri dei 54 paesi membri partecipano ai dibattiti organizzati dall'ITF insieme alle figure di riferimento del mondo economico, della società civile e del mondo accademico.
- Lavorare come una commissione di esperti, nel senso che le ricerche prodotte dalle commissioni ITF devono sempre presentare analisi imparziali e super-partes di altissima qualità.
- Agire come un'organizzazione internazionale. Dalle radici Europee dell'ECMT, l'ITF ha continuato a gestire il sistema di licenze multilaterali per il trasporto internazionale su strada nel continente Europeo.

Uno dei temi principali di cui si occupa l'ITF è la mobilità urbana[60], fornendo statistiche e analisi specialistiche, oltre che report annuali sull'argomento. Il report 2012 ha focalizzato la sua attenzione sul congestionamento globale delle città e le sue conseguenze, ponendo particolare attenzione alle dinamiche del traffico urbano nei paesi in via di sviluppo.[61]

2.3.3 L'Unione Europea

La Commissione Europea riconosce che negli ultimi anni sono state poste nuove sfide alle istituzioni governative relative al cambiamento climatico, alle politiche energetiche, alle legislazioni sul controllo delle emissioni inquinanti, al problema della congestione cronica.
Tutte queste sfide sono profondamente collegate con le città e la qualità della vita garantita ai residenti urbani. La Commissione negli ultimi anni si è impegnata a migliorare la situazione attuale, promuovendo una mobilità urbana sostenibile e incrementando l'utilizzo di veicoli puliti ed efficienti.[62] Più del 70% della popolazione in Europa vive oggi in centri urbani di più

[59] OECD, International Transport Forum; http:// www.internationaltransportforum.org/
[60] OECD, International Transport Forum; http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/urban/
[61] OECD 2012, Ibid.
[62] Commissione Europea, Clean and Urban Transport; http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/

di 10.000 abitanti, usufruendo comunemente delle medesime infrastrutture di trasporto viario. La mobilità urbana in Europa conta per circa il 40% sul totale delle emissioni di CO_2 e per il 70% sulle emissioni di altri inquinanti derivanti dal sistema di trasporto.[63] La Commissione affronta il problema della mobilità urbana cercando di conciliare contemporaneamente due esigenze fondamentali: da un lato garantire un naturale e prospero sviluppo economico, dall'altro, tutelare la qualità della vita dei propri cittadini riducendo la congestione del traffico, gli incidenti e l'inquinamento. Solamente la congestione del traffico nelle aree urbane costa annualmente all'Unione circa 100 miliardi di Euro, contando per quasi l'1% del PIL Europeo.[64] In Europa, un incidente stradale mortale su tre avviene in aree urbane e a farne le spese sono, nella maggioranza dei casi, gli utenti della strada più vulnerabili: i pedoni e i ciclisti.[65] D'altro canto, però, non va dimenticato come circa l'85% del PIL Europeo si generi nelle città e che ciò è possibile anche grazie alla garanzia di una mobilità personale efficiente e di un'infrastruttura viaria adeguata. I tempi sono d'altronde abbastanza maturi per richiedere un cambiamento: 9 cittadini Europei su 10 ritengono che qualcosa andrebbe fatto per migliorare l'efficacia del trasporto urbano.[66] La mobilità nelle aree urbane è indicata, infatti, come uno dei facilitatori della crescita economica, oltre che dello sviluppo sostenibile dell'Unione. Proprio per questi motivi la Commissione, negli ultimi anni, ha focalizzato la sua attenzione sul tema: tra il 1995 e il 1998 sono state promosse le prime iniziative, chiamate "*Citizen' Network*", al fine di individuare le iniziative necessarie e collezionare una raccolta di *Best Practices* da utilizzare a livello Europeo.

Negli anni successivi, la pubblicazione del "Libro Bianco dei Trasporti"[67], nel 2001, ha dato l'input necessario perché si cominciasse a studiare un'agenda ufficiale che prendesse in considerazione specificatamente il tema della mobilità urbana.

Il risultato è stato la composizione del "Libro Verde, verso una Nuova Cultura della Mobilità Urbana"[68], edito nel 2007: l'idea guida del documento era di presentare azioni di policy, proposte concrete e iniziative strutturate sul tema della sostenibilità del trasporto urbano, integrandole in una strategia politica condivisa con le autorità locali.

---

[63] Commissione Europea, Urban Mobility; http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/

[64] Commissione Europea, *Libro Verde, Verso una Nuova Cultura della mobilità urbana*, Bruxelles, 2007.

[65] Commisione Europea, 2007, ibid.

[66] Commissione Europea, Action Plan on Urban Mobility, Bruxelles, 2009.

[67] Commissione Europea, *Libro Bianco, La Politica Europea dei Trasporti fino al 2010: Il momento delle scelte,* Bruxelles, 2001.

[68] Commisione Europea, 2007, ibid.

Le principali sfide individuate dal Libro Verde sono:

- un traffico scorrevole nelle città, poiché la congestione del traffico comporta negatività sociali, economiche, sanitarie, ambientali e inerenti al degrado edilizio. Nel Libro Verde la Commissione evidenzia come questo sia un problema di difficile soluzione, data la complessità del fenomeno. Tra le azioni proposte si suggerisce alle autorità locali di promuovere gli spostamenti in bicicletta e a piedi all'interno delle aree urbane, e di mettere in atto campagne per l'ottimizzazione dell'automobile privata, attraverso forme di *car-sharing* e *car-pooling*, imponendo tariffe sulle zone di parcheggio, promuovendo la co-modalità, o trasporto intermodale, nella mobilità (cioè l'alternanza e la coordinazione nell'utilizzo di diversi mezzi di trasporto per raggiungere una determinata meta).
- un ambiente urbano più pulito, attraverso la riduzione delle emissioni di CO_2 e di altri inquinanti atmosferici. Le autorità locali stentano a rispettare i parametri prescritti per la qualità dell'aria, quali, ad esempio, la quantità di particelle di azoto e ossidi nell'ambiente. La Commissione suggerisce di focalizzare lo sforzo sulle nuove tecnologie offerte dall'innovazione energetica, incoraggiando l'utilizzo di biocarburanti, dell'idrogeno e delle pile a combustibile, e, al tempo stesso, ponendo restrizioni e tariffe sull'utilizzo dei combustibili fossili. Dal punto di vista pratico, è consigliato l'utilizzo alle amministrazioni locali di appalti pubblici ecologici (che favoriscano l'immissione nel mercato di veicoli puliti a basso consumo energetico) e di appalti ecologici congiunti (migliorando le prestazioni dei parchi veicoli pubblici organizzando commesse di veicoli puliti e offrendo incentivi economici a operatori privati).
- un sistema di mobilità urbana più intelligente, capace in futuro di gestire più efficacemente i flussi di persone e merci all'interno dell'Unione, tramite un'attenzione più mirata verso i dati sul traffico, le informazioni sulla mobilità e l'integrazione di un controllo dinamico dei veicoli e dei conducenti. Tale obiettivo è raggiungibile con l'implementazione di sistemi di trasporto intelligenti (STI) che permettono una mappatura puntuale degli spostamenti in ambito urbano. Si calcola

che un più efficace utilizzo delle infrastrutture stradali, permesso dagli STI, possa incrementare del 20-30% la capacità complessiva del sistema viario.[69]

- un trasporto urbano accessibile a tutti i cittadini, siano essi disabili, anziani, bambini o residenti con possibilità di mobilità ridotta. Essendo la mobilità personale uno dei presupposti per l'indipendenza individuale, devono essere studiate soluzioni che permettano spostamenti co-modali a tutte le fasce della popolazione, migliorando le prestazioni dei mezzi pubblici, le competenze degli operatori (programmi mirati di formazione), gli hub di cambio e le infrastrutture.
- un trasporto urbano sicuro, che garantisca l'incolumità di tutti i residenti delle zone urbane, minimizzando il rischio personale di pedoni, ciclisti e utenti dei veicoli pubblici e privati. Ciò implica necessariamente un buon funzionamento e mantenimento dell'infrastruttura viaria e di trasporto, che permetta di sconfiggere il senso di insicurezza collegato alla mobilità urbana (il rischio di rimanere vittime di un incidente sulle strade dell'Unione è 6 volte superiore per ciclisti e pedoni piuttosto che per gli automobilisti). Occorre dunque sensibilizzare i guidatori con programmi di 'Guida Sicura' e concentrare investimenti al fine di migliorare la sicurezza dei veicoli, tramite lo sviluppo di nuove tecnologie utili, ad esempio, a migliorare la visione notturna, evitare gli scontri, avvertire il conducente in caso di sonnolenza ecc.

Le sfide esposte dalla Commissione nel Libro Verde avevano il compito di stimolare i cittadini dell'unione e le istituzioni locali a dare il loro contributo sul tema della mobilità urbana. I risultati sono stati considerati più che positivi e hanno portato nel 2009 alla pubblicazione di un "*Action Plan on Urban Mobility*".[70] Il piano propone azioni pratiche, a breve e medio termine, che possono essere lanciate progressivamente dai governi nazionali e dalle amministrazioni locali per rispondere alle questioni sollevate dalla mobilità urbana, utilizzando un approccio integrato fornito dall'Unione Europea.
Le azioni proposte nel Piano d'Azione sono divise sotto sei temi principali che ricalcano operativamente le soluzioni alle problematiche messe in luce nel Libro Verde. I temi elencati, nello specifico, sono:

[69] Commisione Europea, 2007, ibid.
[70] Commissione Europea, 2009, ibid.

- Promuovere politiche integrate per affrontare la complessità del sistema urbano di trasporto,
- Spostare il focus dell'analisi sulle esigenze dei cittadini,
- Rendere più eco-sostenibile il trasporto urbano,
- Aumentare i fondi Europei messi a disposizione delle amministrazioni locali per interventi inerenti la mobilità urbana,
- Condividere esperienze e conoscenze tra i soggetti facenti parte dell'Unione Europea,
- Ottimizzare la mobilità urbana.

Oltre all'applicazione di questo Piano d'Azione, la Commissione Europea ha lanciato in questi ultimi anni una serie d'iniziative mirate a migliorare il trasporto di persone nelle città tramite la condivisione di statistiche e *best practice*, creando piattaforme di confronto sui temi principali, orientando l'azione locale verso le direttive e la strategia comunitaria.
Tra le principali iniziative e progetti, in questo momento operanti, si ricordano:

- Eltis[71], il portale web istituito dall'Unione che raggruppa progetti, *case studies*, novità, storie e informazioni pratiche sulla mobilità personale urbana in diversi contesti Europei.
- CIVITAS[72], un'iniziativa dell'Unione Europea per l'introduzione di innovazioni e pratiche nell'ambito della mobilità in alcune città laboratorio in tutta Europa.
- Il programma '*Smart Cities and Communities European Innovation Partnership*'[73], lanciato dalla Commissione nel 2012, propone di focalizzare le risorse per supportare l'avvento di tecnologie energetiche, di trasporto e nel campo della comunicazione nelle aree urbane.

[71] ELTIS, The Urban Mobility Portal - http://www.eltis.org/
[72] CIVITAS, Cleaner and Better Transport in Cities - http://www.civitas-initiative.eu/
[73] Commissione Europea, Technology and Innovation, Iniziative; http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/smart_cities_en.htm

2.4 L'automobilizzazione dei centri urbani

L'interesse delle istituzioni verso il trasporto urbano è motivato dall'urgenza di nuove misure e dall'ampiezza delle previsioni urbanizzative. Nell'affrontare il tema della mobilità personale, tutti gli organismi internazionali pongono un particolare accento sulla necessità di uscire da un modello di trasporto individuale dominato dall'automobile.

Ad esempio UN-Habitat ritiene che solamente attraverso l'educazione della popolazione verso forme di trasporto, pubbliche e private, alternative all'utilizzo dell'automobile, si possa incrementare la vivibilità e la crescita delle città: d'altro canto solamente un declino esponenziale dell'uso dell'automobile potrebbe diminuire del 50% circa i VKT globali.[74]

L'ITF focalizza l'attenzione verso le politiche necessarie a ridurre l'utilizzo dell'auto e attraverso l'integrazione di diverse modalità di trasporto alternativo[75], tema quest'ultimo sviluppato anche recentemente nel recente seminario tenuto in collaborazione con il *Korea Transport Institute* (KOTI).[76]

La Commissione Europea, con la stesura del Sesto Programma d'Azione per l'Ambiente (tale programma mira a definire le priorità e gli obiettivi dell'Unione in termini di tutela dell'ambiente fino all'anno 2020)[77], ha individuato nell'eccessivo utilizzo dell'automobile una delle principali cause alla base dei problemi di trasporto privato e pubblico all'interno delle città. Alcune delle misure proposte riguardavano ad esempio la necessità di mutare il comportamento dei residenti, scoraggiando e promovendo forme di trasporto alternative all'automobile.[78]

M. Sheller e J. Urry fanno notare che, nonostante la diffusione e il sovra-utilizzo nelle città, l'automobile è raramente considerata e discussa dalla letteratura sulla globalizzazione, a prescindere dal fatto che durante il XX secolo sono state prodotte più di un miliardo di auto e che in questo momento ben 500 milioni di esse stiano viaggiando sulla rete viaria globale.[79] Un quarto del territorio urbano di Londra e quasi la metà di quello di Los Angeles sono occupati da ambienti collegati all'automobile ("*car-only environments*"). Questi ambienti

---

[74] UN, UN-Habitat, 2009, ibid.
[75] OECD, ITF, 2012, ibid.
[76] OECD, International Transport Forum - http://www.internationaltransportforum.org/
[77] Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni sul Sesto programma di azione per l'ambiente della Comunità europea "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta"- Sesto programma di azione per l'ambiente.
[78] Decisione No. 1600/2002/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 22 Luglio 2002.
[79] M. Sheller, J. Urry, *The City and the Car*, International Journal of Urban and Regional Research, Vol.24, No. 4, pp. 737-757, 2000.

sono spazi di pura mobilità, in cui il conducente dell'automobile è isolato dall'esterno, dal contesto urbano, come se esso risiedesse all'interno dell'auto.[80]

D. Gartman ritiene che il XX secolo sia stato l'era dell'automobile e vede tre principali fasi susseguirsi nel definire il concetto di automobile, ognuna delle quali non è isolata dalla precedente, ma, piuttosto, un'evoluzione.

Nella prima fase la macchina ha agito come un simbolo di potere e benessere, servendo a distinguere le classi privilegiate da quelle meno abbienti. L'autore individua temporalmente tale fase con il periodo tra la fine del XIX secolo e i primi decenni del XX secolo. In tale periodo l'automobile era un oggetto di lusso, creato da artigiani; il design era futuristico e futurista, era posta importanza alla linea e alla forma dell'abitacolo e della carrozzeria, gli interni erano studiati per fornire comodità e lusso. Nella sua forma seguente, quando oramai la divisione in classi era superata e la Ford T era entrata nel mercato, l'auto acquisisce una sembianza di democrazia tra ceti sociali, attraverso la massificazione dei consumi. L'auto diviene anzi proprio uno dei beni più simbolici e importanti per definire tale massificazione. La personalizzazione dell'automobile rispecchiava questa larga diffusione e la necessità da parte dei consumatori di esprimere la propria individualità. Nella sua fase evolutiva finale, l'auto viene a rappresentare il modo di vivere delle comunità, mentre, al tempo stesso, si fa portatrice di un consumismo post-moderno basato sulla possibilità di libera scelta.

La concezione ingegneristica, il design e l'identità dell'auto, durante le tre diverse fasi, si sono modificati per meglio aderire alla cultura, alla visione e alle aspettative che la società ha riposto in essa.[81]

Le città globali contemporanee, e la città in generale, rimangono radicate e definite dall'automobile molto più che dalle più recenti tecnologie, tanto che si può parlare di automobilizzazione (*automobility*) delle città e della società urbana.[82] L'automobilizzazione è una delle principali istituzioni socio-tecniche attraverso le quali la modernità è organizzata,[83] ma è anche la definizione per la mobilità personale basata sull'auto,[84] più specificatamente è il complesso amalgama tra il mezzo di trasporto per eccellenza del XX secolo, le pratiche e i meccanismi sociali e il modo di abitare l'auto come una capsula mobile privata. Questo

---

[80] M. Sheller, J. Urry, 2000, op. cit.
[81] D. Gartman, *Three Ages of the Automobile: The Cultural Logics of the Car*, Theory Culture & Society, Vol. 21, No. 4 – 5, pp. 169 – 195, 2004.
[82] M. Sheller, J. Urry, 2000, op. cit.
[83] S. Böhm et al., *Impossibilities of Automobility*, Blackwell Publiching, 2006.
[84] J. Kent, 2013, op. cit.

fenomeno ha ridefinito il concetto di cittadinanza attraverso la mobilizzazione della società civile. L'urbanizzazione e l'automobilizzazione sono, congiuntamente, le caratteristiche moderne che più hanno influenzato la cultura della città.[85]
Urry ritiene che l'automobile sia:[86]

- La quintessenza dell'oggetto fabbricato, prodotto dal principale settore industriale e dalle aziende simbolo del capitalismo del XX secolo (Ford, GM, Rolls-Royce, Mercedes, Toyota, Volkswagen ecc.), l'industria dalla quale il Fordismo e il post-Fordismo sono nati.
- Il principale oggetto di consumo individuale dopo l'abitazione: esso provvede uno status al suo possessore attraverso valori-simbolo (quali la velocità, la sicurezza. il desiderio sessuale, la libertà, la famiglia, la mascolinità); è un oggetto che può facilmente essere reso antropomorfo, dandogli un nome, attribuendogli caratteristiche di ribellione ecc.
- Uno straordinario meccanismo complesso, costituito da interconnessioni tecniche e sociali con altre industrie (componentistica e accessori, petro-energetico e distributivo, di infrastruttura viaria e manutenzione, edile, di marketing e della pubblicità, del design e dell'ingegneria ecc.).
- La forma di trasporto "*quasi-privata*" (definita così da Urry) dominante a livello globale che subordina a essa tutte le forme pubbliche di mobilità come la bicicletta, il treno e tutte le altre, e che vincola il lavoro, la vita familiare, il tempo libero.
- La cultura dominante che impone cosa costituisca il vivere bene, cosa sia necessario per un'appropriata mobilità in città, badando a fornire spunti simbolici e figurativi.
- La più importante causa di consumo di risorse ambientali, data la quantità di materiali, lo spazio fisico, l'energia, necessari per la costruzione e il mantenimento delle automobili, delle strade, degli ambienti dominati dall'auto, oltre al fatto che essa va ad aprire una serie di questioni riguardanti la qualità dell'aria, la salute, la quantità di ozono nell'atmosfera, l'inquinamento ecc.

Anche altri autori (ad esempio S. Böhm et al.), riconoscendo l'importanza e il peso ricoperti dall'automobilizzazione nella cultura moderna e nell'ambiente urbano, considerano il

[85] M. Sheller, J. Urry, 2000, op. cit.
[86] J. Urry, *Inhabiting the Car*, The Sociological Review, Vol. 54, No. S1, pp. 17 – 31, 2006.

fenomeno come sistemico: esso non è solo l'esperienza del conducente dell'automobile, ma è anche l'insieme delle rappresentazioni attraverso cui l'automobile è compresa e venduta, sottintendendo l'utilizzo delle necessarie risorse energetiche e materiali e, in ultimo la generazione di forti conseguenze ambientali. Per la nozione di sistema è anzi ancor più importante considerare il totale degli investimenti necessari per l'utilizzo personale e, contemporaneamente, di massa dell'automobile.[87]

All'interno del sistema 'città', paragonato, nel suo funzionamento, da P. W. Newman a un sistema biologico (vd. par. §2.1), nell'ultimo secolo, si insinua un secondo sistema, quello dell'automobilizzazione, favorito dal fenomeno urbanizzativo e dagli aspetti sociali e di mercato individuati da D. Gartman. Inoltre, S. Böhm et al. consigliano di andare anche oltre al concetto di sistema, per definire l'automobilizzazione, preferendo parlare piuttosto di un 'regime': ciò permette di enfatizzare la sistematicità del fenomeno ma anche mettere in evidenza le relazioni che rendono possibile tale sistema.[88]

Se ciò sembra essere provato, M. Sheller e J. Urry rimarcano anche l'aspetto benefico che ha prodotto l'evolversi del concetto di automobile e la sua diffusione tra le diverse classi sociali. Essi, infatti, affermano che:

> "L'automobilizzazione (per certi versi) è una fonte di libertà: la 'Libertà della strada' La sua flessibilità permette ai conducenti di viaggiare alla velocità che preferiscono, in qualunque momento, in ogni direzione, attraverso una complessa infrastruttura viaria che collega insieme la maggior parte delle case, dei luoghi di lavoro e degli spazi per il tempo libero." "L'auto, perciò, estende le possibilità umane, rendendo le persone capaci di fare quello che preferiscono. Molto di quello che la gente è solita definire come 'vita sociale' non potrebbe essere goduto senza la flessibilità permessa dall'automobile e la sua disponibilità 24 ore al giorno. Con l'auto si può partire tardi, perdere coincidenze, viaggiare fuori da schemi di tempo. Le persone trovano piacere nel viaggiare quando vogliono, lungo strade che decidono loro, scoprendo posti inaspettati, fermandosi per brevi spazi di tempo."[89]

La contrapposizione tra le utilità derivate dal sistema dell'auto e le negatività insite nell'automobilizzazione non può non considerare il ruolo preponderante dell'auto, soprattutto nell'ambiente urbano, luogo dove tale scontro appare più aspro e marcato. Alla base del dibattito non c'è semplicemente il futuro dell'auto, ma il futuro dell'intera cultura dell'auto (e

[87] S. Böhm et al., 2006, op. cit.
[88] S. Böhm et al., 2006, op. cit.
[89] M. Sheller, J. Urry, 2000, op. cit.

più in generale dell'intero sistema di trasporto urbano), caratterizzata come 'società dell'automobile e dell'automobilizzazione'.[90]

Nel prossimo paragrafo, dunque, si analizzeranno le ragioni alla base della diffusione capillare dell'automobile nella società urbana e le problematiche connesse all'utilizzo esagerato di questo veicolo.

2.4.1 L'auto e la città

L'uso dell'automobile è da sempre accettato dai residenti urbani come il sistema più semplice ed efficace (in termini di tempo) per trasportare persone nello spazio.[91] Inoltre, la sensazione di libertà che l'auto induce nel conducente (vd. par. §2.4) è ampliata dalla possibilità di decidere l'orario più comodo per partire, il tragitto di maggior gradimento e il numero di soste da effettuare a piacere, lungo il percorso. M. Jensen individua diverse tipologie di conducenti, sulla base delle motivazioni che li spingono a guidare un'automobile: il "Conducente per passione" (*Passionate Drivers*) guida per lo status sociale e per il senso di potere insito nel guidare una determinata auto, oltre che per il comfort e il divertimento che gli procura il guidare un'auto, il "Conducente nella quotidianità" (*Everyday Drivers*) preferisce focalizzarsi sugli aspetti 'razionali' che motivano l'utilizzo dell'auto, come, ad esempio, il risparmio in termini di tempo e di costo (cosa che invece, seppur comunemente percepita dai conducenti, non si rivela esatta, come si vedrà nel seguito della trattazione), il "Conducente da tempo libero" che utilizza l'auto non perché la ritenga il miglior mezzo di trasporto, ma in mancanza di adeguate soluzioni alternative, date, ad esempio, dall'efficienza di un trasporto pubblico ben organizzato.[92] Inoltre l'auto ricopre altri ruoli:

- Come visto in precedenza (M. Sheller, J. Urry, 2000), è sinonimo di libertà e anche di democrazia e uguaglianza: la mobilità nel moderno mondo cittadino è un capitale e l'automobile è collegata a una serie di prerequisiti dati per scontati per raggiungere l'inclusione sociale, ad esempio sul posto di lavoro.[93]

---

[90] M. Sheller, Automotive Emotions: Feeling the Car, Theory Culture & Society, Vol. 21, No.4 – 5, pp. 221 – 242, 2004.
[91] J. Kent, 2013, op. cit.
[92] M. Jensen, Passion and Heart in Trasport – A Sociological Analysis on Trasport Behaviour, Transport Policy, Vol. 6, No. 1, pp. 19 – 33, 1999.
[93] T. Gurley, D. Bruce, *The Effects of Car Access on Employment Outcomes for Welfare Recipients*, Journal of Urban Economics, Vol. 58, No. 2, pp. 250 – 272, 2005.

- L'industria dell'auto è collegata ad altri settori industriali, per esempio nel campo dell'innovazione dei materiali; in questo modo si favorisce lo sviluppo di conoscenze e tecnologie trasversali a più imprese operanti in ambiti differenti.[94]
- Le marche e i modelli di automobili diventano delle vere e proprie icone per intere nazioni, ammirate e personalizzate dai consumatori, diventano strumento per un atto di passaggio (come può esserlo ad esempio il conseguimento della licenza di guida) o luoghi simbolici (in cui rituali, come le vacanze di famiglia, la prima uscita di due innamorati, il viaggio alla fine dell'anno scolastico, s'identificano).[95]

La preponderanza come mezzo privilegiato di mobilità personale, che l'automobile si è guadagnata dalla sua invenzione a oggi, ha posto in secondo piano per molto tempo i differenti problemi legati al suo utilizzo. Negli ultimi decenni, però, a seguito di ricerche di carattere sociale, ambientale, sanitario ed economico, l'auto è stata sempre più messa in discussione durante il dibattito interno alla società civile. I problemi che maggiormente sono stati attribuiti all'utilizzo, o meglio al sovra-utilizzo, dell'automobile sono:

- Lo stress personale dei conducenti e quello collettivo della comunità; l'auto influisce in vari modi sulla salute dei conducenti, per esempio rendendoli ansiosi e nervosi.
  M. Sheller ritiene che l'automobile in città, o più in generale in spazi ridotti, assuma un preciso significato di potenza: la necessità di utilizzare automobili potenti, spaziose e ingiustificatamente pesanti per il traffico urbano (come ad esempio i SUV) riflette il desiderio di protezione dall'ambiente esterno e dalle altre auto, al fine di sconfiggere il nervosismo e l'ansietà derivanti dalla mobilità urbana.[96] L'inquinamento acustico e la paura di essere vittime di un incidente, disturba la salute mentale anche dei pedoni e dei ciclisti; le strade sono considerate esclusivo appannaggio delle automobili e dei loro conducenti. Inoltre, è provato che la frustrazione derivante dal rimanere nel traffico per troppo tempo e per periodi prolungati comporta un crescente senso di frustrazione e l'aumento medio della pressione sanguigna.[97]

---

[94] K. Brockhoff, *R&D Cooperation between Firms: A Perceived Transaction Cost Perspective*, Management Science, Vol. 38, No. 4, pp. 514 – 524, 1992.
[95] J. Kent, 2013, op. cit.
[96] M. Sheller, 2004, op. cit.
[97] J. Kent, 2013, op. cit.

L'auto produce stress collettivo poiché favorisce l'idea Webberiana di comunità senza propinquità: la prossimità spaziale diviene irrilevante per lo sviluppo di una comunità, poiché l'incontro delle persone non è facilitato dalla vicinanza fisica ma dalla coincidenza degli appuntamenti e dei tempi stabiliti.[98]

- L'auto è collegata al concetto di alimentazione e cibo sano. Infatti, il denso sorgere nelle città di luoghi come ristoranti *fast food*, *drive in* e *take away,* sottintende la necessità di essere automuniti per usufruire pienamente dell'offerta alimentare proposta. Inoltre, la possibilità di mobilità data dalle auto, ha comportato una più selettiva richiesta di beni alimentari: i negozi di quartiere sono gradualmente sostituiti dai grandi supermercati e ipermercati, posti in zone decentralizzate, raggiungibili efficacemente solamente attraverso l'utilizzo di un mezzo di trasporto motorizzato personale.
- I conducenti, o i possessori di un'automobile, sono facilitati nel condurre stili di vita all'insegna dell'inattività fisica. Malattie come il diabete di tipo II, malattie cardiovascolari, la depressione e alcune tipologie di tumore, spesso associate a disturbi come l'obesità e il sovrappeso dovuti a una vita esageratamente sedentaria, sono oggi collegate all'utilizzo di un'auto in maniera rilevante, non soltanto aumentando i tempi d'inattività durante la guida, ma privando i conducenti dell'attività che avrebbero potuto godere usufruendo di mezzi alternativi come la bicicletta. Alcuni studi hanno trovato una forte relazione tra l'utilizzo orario dell'auto e l'obesità: L. D. Frank et al. quantificano che ogni ora al giorno passata in un'automobile, aumenta del 6% la possibilità di obesità.[99]
- Gli incidenti mortali che coinvolgono auto all'interno delle città sono proporzionati alla densità abitativa e al possesso dell'auto.[100] Inoltre, non sono disponibili fonti riguardanti gli incidenti che hanno provocato seri danni fisici permanenti, ma essi possono essere facilmente supposti come correlati ai medesimi fattori degli incidenti mortali. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) include, tra le problematiche sanitarie, anche gli effetti psicologici a lungo termine

[98] M. Webber, 1963 in J. Kent, 2013, op. cit.
[99] L. D. Frank et al., *Obesity Relationships with Community Design, Physical Activity and Time Spent in Cars*, American Journal of Preventive Medicine, Vol. 27, No. 2, pp. 87 – 96, 2004.
[100] R. C. Harruff, A. Avery, A. S. Alter-Pandya, *Analysis of Circumstances and Injuries in 217 Pedestrian Traffic Fatalities*, Accident Analysis & prevention, Vol. 30, No. 1, pp. 11 – 20, 1998.

derivanti da un incidente, tra le patologie legate all'automobile e calcola che il 25% dei sopravvissuti a gravi incidenti stradali presenta questa tipologia di disagio.[101]

- L'automobile è fonte di libertà (come dimostrato nel paragrafo §2.4) ma al tempo stesso è un mezzo che crea forti ineguaglianze sociali. L'ineguaglianza implica il diverso accesso al lavoro, ai servizi, alle scuole, all'assistenza sanitaria e ad altre risorse tra chi è automunito e chi non lo è. La privazione di queste possibilità comporta un inevitabile disagio sociale, dato dal fatto che, per chi non è possessore di un'auto, mancano dei presupposti per affrontare la moderna vita urbana.[102]
- Le emissioni delle automobili a combustibili fossili contribuiscono all'inquinamento atmosferico attraverso l'aumento delle concentrazioni a terra di particolati, diossido di nitrogeno, e monossido di carbonio. Tali aumenti possono avere effetti negativi non solo sul sistema respiratorio, ma anche su quello cardiovascolare.[103] Inoltre, studi accademici recenti escludono che i miglioramenti nelle emissioni, apportati dai convertitori catalitici e dai motori Diesel, siano sufficienti a risolvere la negatività dell'automobile sull'atmosfera.[104]
- Al precedente problema sanitario, si aggiunga che la combustione fossile nelle automobili genera anche diossido di carbonio, non nocivo per l'organismo umano a concentrazioni minime, ma il più inquinante agente atmosferico per quanto riguarda l'effetto serra (*Greenhouse Gasses*, GHG), fenomeno alla base del cambiamento climatico globale.[105]
- L'automobile ha un costo sociale pagato dalla collettività. Questo costo è profondamente correlato all'eccessivo uso dell'auto da parte dei residenti delle zone urbane, poiché le negatività derivanti dal congestionamento del traffico provocano problemi all'infrastruttura viaria richiedendo che siano le autorità locali a intervenire per ovviare il problema, spendendo, per la manutenzione, fondi pubblici che sarebbero potuti essere investiti diversamente.

---

[101] World Health Organization (WHO), *Transport, Environment and Health*, Copenaghen, 2000.
[102] S. R. Lucas, *Effectively Maintained Inequality: Education Transitions, Track Mobility, and Social Background Effects*, American Journal of Sociology, Vol. 106, No. 6, pp. 1642 – 1690, 2001.
[103] WHO, 2000, ibid.
[104] M. Moldovan et al., *Environmental Risk of Particulate and Soluble Platinum Group Elements Released from Gasoline and Diesel Engine Catalytic Converters*, Science of the Total Environment, Vol. 296, No. 1, pp. 199 – 208, 2002.
[105] D. Banister, *Cities, Mobility and Climate Change*, Journal of Transport Geography, Vol. 19, No. 6, pp. 1538 – 1546, 2011.

L'ultimo punto di questo elenco, data la sua importanza e criticità, sarà maggiormente approfondito nel prossimo paragrafo (§2.4.2).

2.4.2 Dalla mobilità all'accessibilità

La congestione del traffico avviene nel momento in cui la domanda aggregata di mobilità posta all'infrastruttura di trasporto urbano supera l'offerta definita dalla capacità totale che l'infrastruttura stessa può sopportare.[106] Questo sovra-utilizzo comporta un costo collettivo, sostenuto dalla comunità dei residenti, in termini di manutenzione dell'infrastruttura (i cittadini di Melbourne e Sidney pagano 570AUS$ ognuno ogni anno, per le manutenzioni necessarie generate dalla congestione del traffico)[107], di tempo sprecato (**figura 3**, par. §2.2) e di spese monetarie o mancati ricavi (calcolati in 640$ l'anno per i conducenti Statunitensi)[108].
Intuitivamente anche le precedenti problematiche, derivanti dall'eccessivo uso dell'automobile, potrebbero essere, senza dubbio, meno influenti se la densità di automobili nelle zone urbane non conducesse alla congestione del traffico cittadino. In buona misura, quindi, si può affermare che l'eccessivo utilizzo dell'auto, e l'automobilizzazione della società urbana, invece che favorire la mobilità personale, vadano a minare la possibilità dei residenti di usufruire e godere pienamente dell'utilizzo dell'automobile privata.
Eppure la mobilità personale nelle città è legata indissolubilmente all'utilizzo dell'auto, come messo in luce nel par. §2.4.
In conseguenza di ciò, due effetti sono evidenti:[109]

- La congestione del traffico riduce la mobilità dei singoli conducenti, che d'altro canto non abbandonano la macchina proprio perché è socialmente riconosciuta come il mezzo più idoneo ed efficace per la mobilità urbana.
- La mobilità si riduce anche per gli utilizzatori dei mezzi pubblici, poiché essi utilizzano le medesime strade delle auto. Inoltre la possibilità di ritardi dei mezzi pubblici, causata dalla congestione, scoraggia gli utilizzatori, spingendoli verso

[106] A. A. Walters, *The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion*, Econometrica, Vol. 29, No. 4, pp. 676 – 699, 1961.
[107] R. Cervero, *Paradigm Shift: from Automobility to Accessability Planning*, Urban Futures Journal, Vol. 22, pp. 9 – 20, 1997.
[108] R. Arnott, K. Small, *The Economics of Traffic Congestion*, American Scientist, Vol. 82, No. 5, pp. 446 – 455, 2004.
[109] R. Gakenheimer, 1999, op. cit.

l'utilizzo dell'automobile.

Quel che si viene dunque a creare è un circolo improduttivo le cui complesse dinamiche sottintendono ragioni economiche, sociali e culturali profondamente radicate nelle società urbane. Qual è la soluzione?
L. Bertolini e F. Le Clercq propongono un cambiamento di mentalità dei conducenti: dall'idea di mobilità all'interno delle città a una di accessibilità. Al posto di una generica mobilità (che comporta tutte le problematiche viste in precedenza, primo tra tutte la congestione del traffico), l'accessibilità permette il godimento di attività disgiunte, dislocate in diverse zone all'interno della città, con l'unico limite imposto dal tempo a disposizione.
Questa concezione permette ai residenti di non rinunciare ai benefici classici ricercati nella mobilità (partecipare alle attività d'interesse siano esse lavoro o tempo libero, mantenere una libertà di scelta e movimento all'interno della città, minimizzare la spesa di tempo e denaro necessario per gli spostamenti).[110]
L'obiettivo è un sistema di trasporto individuale caratterizzato da:

- il minor numero possibile di VKT giornalieri,
- un'efficienza energetica dei mezzi, il più possibile pulita e rivolta al rispetto dell'ambiente e dell'atmosfera,
- una riduzione, in termini di spazio e di costi di manutenzione, dell'infrastruttura viaria.

E' chiaro che l'accessibilità non preveda più l'utilizzo dell'automobile: è richiesta un'innovazione nel trasporto urbano che consenta di fruire di questa evoluzione nel concetto di mobilità personale. Come vedremo nei prossimi capitoli, nonostante l'auto sia il simbolo di mobilità per eccellenza nel XX secolo, il mercato ha già proposto un concetto di veicolo molto utile per avere accessibilità nei centri urbani. L'attenzione, infatti, sarà focalizzata sui cosiddetti *Personal Mobility Vehicle* (PMV).

[110] L. Bertolini, F. Le Clercq, 2003, op. cit.

3. La nuova generazione di veicoli urbani

L'utilizzo dell'auto, e la sua capillare diffusione all'interno dei centri urbani, hanno rimodellato la struttura delle città, condizionando la disposizione spaziale di edifici anche di valore storico, la quantità di terreno edificabile riconvertito ai bisogni e al sostentamento del sistema-auto, la subordinazione all'automobile dei mezzi pubblici, della bicicletta e dell'andare a piedi, la costruzione di strade a scorrimento veloce multicorsia sempre più in prossimità dei centri urbani. In compenso il presunto vantaggio dell'auto, in termini di comodità, salute ed economicità, si è radicato profondamente nella mente dei conducenti nonostante i dati e le situazioni quotidiane (illustrate nel capitolo §2) dovrebbero provvedere a sfatare completamente queste convinzioni. La necessità di una rivoluzione nel concetto di automobile e di mobilità personale è sempre più pressante; d'altro canto le tecnologie a disposizione, le ricerche scientifiche in corso e l'influenza del web 2.0 sulla mentalità di consumo e di informazione dei cittadini, fanno ben sperare nell'individuare come sempre più prossima tale rivoluzione.

In Giappone la disaffezione dei giovani verso l'auto denota un profondo cambiamento culturale: l'auto non è più considerata uno status symbol per i giovani Giapponesi, dato il suo eccessivo costo d'acquisto e di mantenimento in termini monetari e di tempo e la disponibilità di alternative che garantiscono ugualmente una eccellente accessibilità urbana. In generale, la consapevolezza delle nuove generazioni verso le nuove tecnologie, il loro funzionamento e gli effetti che esse generano, diventerà in futuro, uno dei fattori decisivi per decretare il successo o il fallimento dei prodotti e delle imprese. L'auto necessita di un profondo rinnovamento, di una vera e propria rivoluzione, simile a quella che ha investito il mondo della telefonia, portando all'avvento degli smartphone; la nuova generazione di veicoli per la mobilità personale dovrà ripetere quanto successo in tutti gli altri settori industriali e cioè un passaggio da una tecnologia analogica a una digitale basata sulla dematerializzazione dell'hardware e un potenziamento del software, dalla connessione con il web, dall'utilizzo di tecnologie green efficaci ed efficienti, dal ripensamento dell'infrastruttura di trasporto.

I benefici auspicati dipenderanno senza dubbio dalla misura in cui questa nuova visione dell'auto sarà accettata e messa in pratica nella vita quotidiana dai consumatori-conducenti, quanto sarà favorita e stimolata dalle istituzioni governative nazionali e sovranazionali, quanto sarà sviluppata dall'industria dell'auto e dai nuovi entranti nel mercato.

La strada prospettata rivela molteplici sfide individuali e collettive. Al tempo stesso, l'attuale situazione sembra invece presagire la necessità di risposte rapide. D'altro canto, osservando attentamente lo scenario, alcune realtà industriali, accademiche e governative, hanno già messo in atto un processo innovativo che potrà probabilmente condurre la rivoluzione dell'auto nei prossimi anni.

Nel paragrafo §3.1 si delineeranno chiaramente i contenuti, gli obiettivi e gli strumenti utilizzabili per mettere in atto il passaggio all'auto 2.0, concentrandosi specificatamente sul nuovo modello di mobilità personale in ambito urbano. Nei paragrafi successivi (§3.2, §3.3, §3.4), invece, alcuni aspetti strategici dei nuovi veicoli verranno maggiormente approfonditi.

3.1 La rivoluzione nel concetto di auto

L'automobile ha assicurato per alcuni decenni dopo la sua invenzione e la sua diffusione, livelli di mobilità, interni ed esterni alle città, senza precedenti nella storia.

W. J. Mitchell riconosce infatti che:

> "Per un secolo, l'auto ha assicurato una conveniente scelta per la mobilità in città – luoghi in cui la maggior parte delle persone vivono, lavorano, si divertono e portano avanti le loro vite sociali e culturali. Essa ha permesso di accedere a tutte le diverse attività che la città ha da offrire, fornendo notevoli benefici e permettendo la crescita di economie quale quella Americana e molte altre. D'altro canto l'auto oggi richiede una radicale reinvenzione."[111]

Sebbene negli ultimi anni l'industria dell'automobile stia apportando importanti modifiche ai modelli in produzione tramite un aggiornamento di alcune tecnologie riguardanti il mondo dell'automobile, tali veicoli rimangono i maggiori responsabili dei numerosi effetti negativi esposti nel capitolo §2: dall'inquinamento atmosferico al riscaldamento globale, dai problemi di salute dei conducenti al rischio di incidenti mortali, dalla congestione delle strade ai problemi di parcheggio, etc.

Le nuove auto continuano a consumare una quantità di risorse troppo grande in rapporto agli effettivi benefici derivati ai loro conducenti: l'inefficienza dell'auto e del sistema di automobilizzazione è supportata anche dalla crescente necessità di ovviare ai problemi di spazio e tempo consumando sempre maggiori risorse per supportare tale sistema, ad esempio incrementando il numero di corsie delle strade o il numero delle aree di parcheggio.

Tale strategia ha ottenuto negli anni solamente il mascheramento del problema ma non la sua soluzione. Una strategia maggiormente promettente sembra essere quella di ripensare il sistema di mobilità urbana partendo dalle sue fondamenta, al fine di garantire un'efficienza dei veicoli adeguata in ambito urbano.

D. Sturges si chiede, retoricamente, che convenienza possa esserci nel guidare un veicolo di grosse dimensioni, studiato per compiere lunghi tragitti su percorsi accidentati, per percorrere meno di due miglia, poiché il 40% degli spostamenti urbani non supera tale soglia.[112]

---

[111] W. J. Mitchell, *Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century*, MIT Press, 2010.

[112] D. Sturges, *Let's Split*, XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students, Vol. 17, No. 4, pp. 30 – 34, 2011.

L'autore afferma:

> "A volte penso a un Venture Capitalist della Silicon Valley, solitario nella sua Lexus, imbottigliato nel traffico, che sta guidando per andare a investire in una nuova compagnia di auto elettriche. La sua auto è vuota all'80%, com'è solito essere per il nostro sistema di trasporto, poiché essa opera con un'efficienza di carico del 20% (qualunque compagnia aerea, a tali livelli di inefficienza, potrebbe rimanere nel mercato per non più di una settimana)." "Mentre [il Venture Capitalist] si ritrova nelle vicinanze del più grande distretto innovativo nel campo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, sembra inconsapevolmente lontano dal capire come, a pochi passi da lui, ci si stia apprestando a mutare radicalmente il sistema di trasporto personale".[113]

D. Sturges, ironicamente mette in luce l'inutilità e l'inefficienza delle attuali automobili in un ambiente densamente abitato e concentrato come lo sono le città moderne.

Lasciando da parte facili ironie, immaginiamo, invece, una verosimile situazione attuale di mobilità in un centro urbano europeo, densamente abitato, congestionato dal traffico delle automobili. La maggior parte dei conducenti è pendolare, seduti da soli nella loro macchina, eseguono ogni giorno il tragitto tra il luogo di lavoro e la propria abitazione due volte al giorno. Ognuno di loro paga un'assicurazione annuale e una tassa di circolazione, a questo si aggiunga probabili successive tasse per circolare all'interno del centro urbano. Si tenga conto inoltre del costo del carburante: ipotizzando un veicolo alimentato a gasolio, dotato delle più moderne tecnologie per minimizzare il consumo di carburante e l'emissione di sostanze nocive (ad esempio un sistema Start-Stop), il conducente sosterrà ugualmente un elevato costo per il funzionamento dell'auto, rimanendo comunque imbottigliato nel traffico. Ad altre tipologie di veicoli non è riservata sorte migliore. I pedoni e i conducenti di biciclette e ciclomotori, subiscono tutti notevoli disagi: la qualità dell'aria è pessima, la possibilità di essere vittime di un incidente è più alta del dovuto, i tempi di percorrenza si allungano ugualmente dato il notevole numero di auto che rende difficile anche solo attraversare a piedi la strada. La situazione descritta può essere valida per tutte le maggiori città europee e Occidentali. nel momento in cui si volesse prendere in considerazione la situazione di alcune megalopoli, in forte espansione demografica, nei paesi in via di sviluppo, lo scenario sarebbe ancora meno invitante.

L'auto è davvero il mezzo più conveniente per portare a termine brevi spostamenti urbani? Dalle evidenze messe in luce in precedenza e dall'esperienza personale di tutti i giorni la

[113] D. Sturges, 2011, op. cit.

risposta non può che essere negativa. Una tipica automobile di oggi è più larga e più pesante di quanto sia necessario a garantire un sufficiente livello di mobilità personale all'interno della città. Essa peso 20 volte più del suo conducente, può percorrere fino a 300 miglia senza fare rifornimento e può raggiungere una velocità superiore alle 100 miglia orarie. Richiede, inoltre, circa 10 metri quadrati di suolo urbano pubblico per rimanere parcheggiata il 90% del tempo.[114] Nonostante questo, nel 2009, l'86,1% dei lavoratori Americani si recava al lavoro in auto, e di questi il 76,1% lo faceva da solo (**Figura 1**). Solamente il 5% utilizzava i mezzi pubblici e un'esigua minoranza si recava sul luogo di lavoro a piedi (3%).[115]

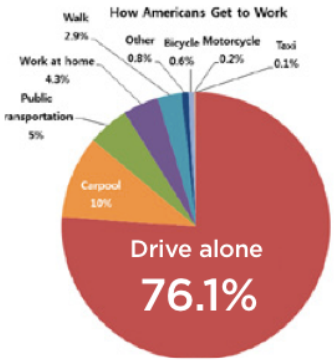

Fig. 1 – Mezzi di trasporto utilizzati negli Stati Uniti per raggiungere il posto di lavoro - U.S. Census Bureau, American Community Survey, 2009.

Sebbene il costo del carburante aumenti costantemente, i conducenti mantengono le loro abitudini, preferendo sostenere continui e ingenti costi per il mantenimento della loro auto per rimanere comodamente seduti in mezzo al traffico da soli. Questa considerazione mette in luce la disponibilità delle persone a pagare prezzi elevati pur di non dover prendere in considerazione le negatività legate all'utilizzo dei mezzi pubblici, come, ad esempio, il sovraffollamento di questi ultimi, i tempi d'attesa e di percorrenza, la rigidità delle tabelle di arrivo e partenza. Inoltre, ognuno sembra sempre più geloso del proprio spazio personale.[116]
Una nuova generazione di veicoli, ideati, studiati, progettati e prodotti secondo le necessità e le sfide poste nell'ambiente urbano dai residenti e dagli altri attori coinvolti, pare essere la soluzione più adeguata. Il loro scopo sarà di garantire una libera e privata circolazione delle persone all'interno della città, favorendo la piena accessibilità alle opportunità fornite dall'ambiente cittadino, coniugandola a un nuovo sistema di viabilità urbano che, tenendo

[114] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[115] U.S. Census Bureau, American Community Survey 2009 - http://www.census.gov/
[116] Y. Kim, *Quart: Urban Micro Commuter*, Doctoral dissertation, Umeå University, 2013.

conto della situazione e delle negatività attuali, proponga un nuovo sistema di mobilità.
Per ottenere i risultati auspicati e mettere in atto una vera e propria rivoluzione per quanto riguarda la mobilità urbana, si vedrà come sia necessario dirigere gli sforzi secondo una duplice direttiva. Infatti, non solo è necessario concepire, progettare e commercializzare una nuova tipologia di veicoli, maggiormente adatti alle sfide cittadine, ma anche promuovere una nuova visione della mobilità urbana basata su un'idea di efficienza negli spostamenti delle persone che sono portate a muoversi all'interno del tessuto urbano. Nel paragrafo §3.1.1 si analizzerà questa nuova concezione e le sue implicazioni, mentre nel paragrafo successivo (§3.1.2) si analizzeranno gli attuali veicoli che il mercato offre e la direzione verso cui è auspicabile muoversi per mettere in atto la rivoluzione 2.0 dell'auto e del sistema urbano di mobilità personale.

3.1.1 Il trasporto intermodale di passeggeri in ambito urbano

Nella stesura del *Libro Bianco sui Trasporti* del 2001, la Commissione Europea, nello sviluppo di una strategia di trasporto integrata, pose particolare attenzione all'intermodalità, individuandola come uno dei fattori chiave per ridurre l'impatto del trasporto di persone nelle città. In particolare, nel documento si affermava che:

> "Nel settore del trasporto passeggeri, è possibile migliorare notevolmente le condizioni di viaggio e rendere più agevole il passaggio da un modo all'altro, che presenta attualmente notevoli difficoltà. Il viaggiatore è, infatti, ancora troppo spesso scoraggiato dall'usare vari modi di trasporto per completare uno stesso viaggio. Risulta infatti ancora difficile ottenere informazioni e ordinare il biglietto, se il tragitto è spezzettato fra più società o effettuato con vari mezzi di trasporto; il passaggio da un modo all'altro è inoltre reso complicato da infrastrutture inadatte (ad esempio la mancanza di parcheggi per automobili o biciclette)".[117]

La Commissione Europea individuava nel 2001 la necessità di focalizzarsi su tre aspetti chiave per lo sviluppo del trasporto intermodale:

- La creazione di biglietterie integrate che avrebbero permesso l'acquisto dei biglietti rendendo rapido ed efficace il passaggio da una modalità di trasporto ad un'altra.

[117] Commissione Europea, *Libro Bianco, La Politica Europea dei Trasporti fino al 2010: Il momento delle scelte,* Bruxelles, 2001.

- La gestione integrata di eventuali bagagli.
- La continuità degli spostamenti, intendendo il tragitto da compiere come un unico flusso continuo e non un insieme di singoli spostamenti più brevi, non collegati l'uno all'altro.[118]

Intermodalità, quindi, come la capacità, da parte delle autorità e delle istituzioni, di garantire l'utilizzo e il godimento efficiente di diverse modalità di trasporto, al fine di effettuare un determinato tragitto. L'integrabilità tra le varie forme di trasporto diventa il fattore decisivo per il successo di una strategia intermodale che preveda e proponga tempi di rapidi e costi contenuti per il passaggio da una tipologia di veicolo all'altro.
L'idea fondamentale è la disposizione, all'interno del tessuto cittadino, di punti di snodo, di adeguate dimensioni, ben connessi con la rete stradale e ferroviaria, al fine di minimizzare gli inconvenienti (in termini di tempo e denaro) richiesti per il trasferimento da un mezzo di trasporto a un altro.[119] Ad esempio una volta raggiunta la macro zona di destinazione ed essere scesi nel terminal scelto, gli utilizzatori potranno decidere se completare il tragitto a piedi, data la vicinanza della destinazione, o, nei casi in cui il punto di arrivo sia ancora lontano, prendere un ulteriore mezzo pubblico disponibile su un'altra rete di trasporto, affittare un mezzo da utilizzare privatamente o utilizzare un taxi (**Figura 2**).

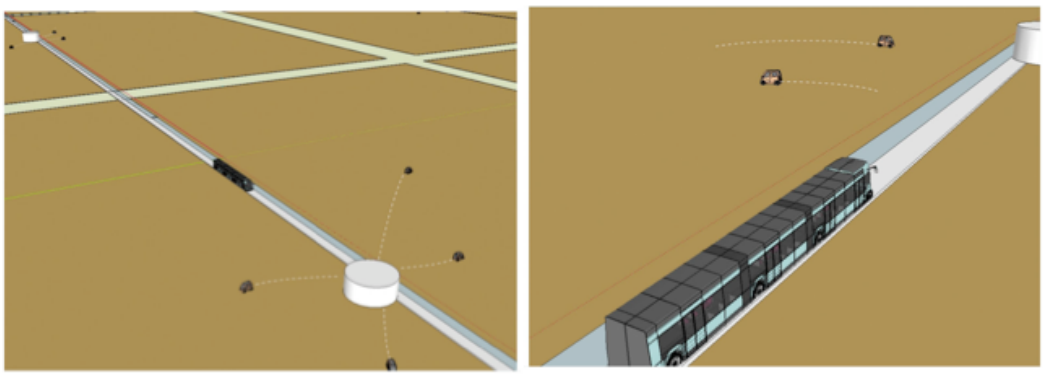

Fig. 2 – Trasporto intermodale di passeggeri in ambito urbano: connessione tra i nodi del network di trasporto e le singole destinazioni. Source: D. Sturges, 2011, op. cit.

Esistono oggi diversi Software che mirano a fornire un aiuto nella formulazione di complessi

[118] Commissione Europea, 2001, op. cit.
[119] M. Migliore et al., *The Role of Passenger Modal Shift Nodes in the Interaction between Land Use and Transport System*, Ersa Conference Papers, No. 10, pp. 1606, 2011.

spostamenti intermodali. Tra i principali ricordiamo ad esempio *Google Transit*[120]. Il software calcola gli spostamenti prendendo in considerazione diversi mezzi di trasporto per le principali città mondiali. Continuamente aggiornato sulla base delle tabelle orarie dei mezzi pubblici (Treno, Autobus ecc.), fornisce itinerari realistici tenendo conto anche di eventuali spostamenti a piedi per muoversi da un terminal a un altro, al fine di mutare rete di trasporto. *PlymGo*[121] è un servizio simile offerto per la città di Plymouth (Regno Unito), che, oltre a calcolare le calorie bruciate percorrendo eventuali tratti a piedi, mette in evidenza le tratte dei bus, aggiorna su eventuali lavori in corso sulla rete viaria ecc. Infine, *Rome2Rio*[122] propone la più completa collezione di dati inerenti diverse forme di trasporto: dall'aereo all'autobus, dai traghetti alla bicicletta passando per l'automobile. Tutte le possibili soluzioni sono corredate di prezzi e tempi di percorrenza. Alcune applicazioni per smartphone invece concentrano l'attenzione sull'analisi dei flussi di traffico al fine di ridurre l'impatto di eventuali congestionamenti stradali. In casi come *Waze*[123] e *TrafficNET* sono i conducenti stessi, già imbottigliati nel traffico, ad avvisare dei rallentamenti (per lavori in corso, ore di punta, incidenti ecc.). Il software elabora le informazioni ricevute e avvisa gli altri utenti connessi. *Infotrafic Quattroruote* controlla automaticamente, dalle 7 di mattina alle 22 di sera, la situazione del traffico sulle principali arterie stradali, informando efficacemente di eventuali problemi e rallentamenti. A questi esempi, si aggiungono molte altre soluzioni software, sviluppate per evitare i disagi derivanti dall'automobilizzazione dei centri urbani, disponibili, gratuitamente o a pagamento, per i conducenti.

Se dunque le istituzioni e le autorità sembrano intenzionate a modificare l'attuale sistema di trasporto urbano attraverso l'intermodalità dei mezzi pubblici e privati funzionanti su diverse reti, se già esistono soluzioni software orientate a facilitare questo nuovo sistema di trasporto, qual è, allora, l'impedimento principale nell'abbandono dell'auto per gli spostamenti urbani? La risposta è che il problema è la mancanza di un nuovo veicolo capace di offrire i benefici derivanti dall'utilizzo dell'auto, cancellando, al tempo stesso, le notevoli problematiche e inefficienze. Si potrebbe quindi dire che la soluzione del problema sia una rivoluzione nell' "hardware" utilizzato per il trasporto. I mezzi attuali non appaiono in grado di risolvere il problema del "Last Mile": biciclette, biciclette elettriche e macchine a noleggio rappresentano le attuali soluzioni fornite per risolvere tale problema senza ricorrere all'auto privata.

---

[120] Transit, Google Maps - https://www.google.com/transit
[121] PlymGo, Journey Planner - http://www.plymgo.com/
[122] Rome2Rio, Scopri come andare ovunque - http://www.rome2rio.com
[123] Waze, Outsmarting Traffic, Together - http://it.waze.com/

Negli Stati Uniti *Zipcar* e *Hertz* offrono il noleggio di un'auto per un'ora con l'obbligo di effettuare tragitti andata e ritorno. *Car2Go*[124], società di Austin (Texas), propone il micro-noleggio delle auto, calcolando le tariffe sulla base non delle ore, in cui essa viene utilizzata, ma dei minuti. Il servizio in Italia è attivo a Milano dall'11 agosto 2013, da allora più di 4500 utenti si sono registrati al servizio e circa 1000 hanno usufruito del noleggio a minuti *delle SmartforTwo* messe a disposizione dalla società (il costo per il noleggio è di 0,29 centesimi al minuto).[125] Al tempo stesso si stanno sviluppando anche altre società che mettono a disposizione soluzioni Peer-to-Peer (P2P) di carsharing: i possessori di auto private possono noleggiare le loro auto ad altri conducenti (si vedano a questo proposito i servizi offerti da *Getaround*[126], *RelayRides*[127], *Spride*[128], solo per citarne alcuni). Anche il Bikesharing sta guadagnando sempre più proseliti, in particolare nelle città Europee: a Parigi il servizio *Vélib'*[129], in tre anni di operatività, ha registrato 80 milioni di noleggi.[130]

Sebbene i risultati dei servizi nominati siano rincuoranti, la percentuale di utilizzatori rappresenta ancora una piccolissima minoranza, considerando la totalità degli spostamenti effettuati nei centri urbani. Il problema, dunque, non è la bontà dei servizi offerti, non sono i software disponibili e nemmeno le resistenze delle autorità locali; l'auto, agli occhi dei suoi conducenti rimane il veicolo più comodo, nonostante gli svantaggi personali e collettivi che il suo utilizzo sottintende. Questo è dato anche dal fatto che la bicicletta e la bicicletta elettrica non sono utilizzabile in qualunque condizione atmosferica, i motocicli risultano scomodi, non permettono il trasporto di carichi e, inoltre, necessitano di una buona dose di esperienza per essere utilizzati, le Smart Car, sono comunque troppo grandi e pesanti per essere utilizzate nel traffico e devono sottostare a tutti gli impedimenti a cui si adattano le normali auto. W. J. Mitchell raggruppa le attuali tipologie di veicoli, utilizzati per muoversi nel traffico cittadino, in una tabella che tiene conto dei singoli vantaggi e svantaggi, considerati sulla base di un giudizio personale (**Figura 3**).

---

[124] Car2Go - www.car2go.com/
[125] Repubblica - Economia, Affari e Finanza – www.repubblica.it, *"Car2Go, Ecco la smart che si guida al minuto"*, 09 Settembre 2013.
[126] Getaround, Peer to Peer carsharing and local car renatl - http://www.getaround.com/
[127] RelayRides, rent cars or make money renting your car - https://relayrides.com/
[128] Spride - http://www.spride.com/
[129] Vélib', vélos en libre-service à Paris - http://en.velib.paris.fr/
[130] D. Sturges, 2011, op. cit.

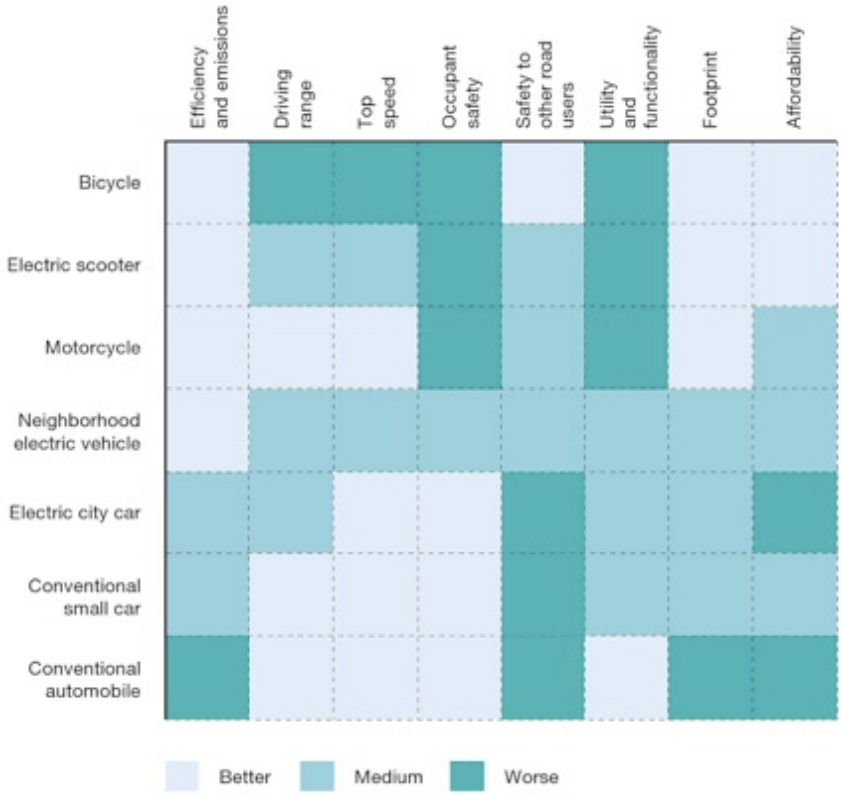

Fig. 3 – Analisi soggettiva dei principali veicoli utilizzati in ambito urbano. Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Considerate le variabili, entro cui le diverse tipologie di veicolo sono valutate, ci si accorge che, inserite in un contesto urbano, alcune di esse guadagnano un'importanza notevolmente maggiore rispetto ad altre. Ad esempio una buona performance nell'attributo *"Top Speed"*, nell'ambito urbano, caratterizzato da velocità di percorrenza media ridotta, non dovrebbe ricoprire particolare rilevanza nella valutazione qualitativa del mezzo di trasporto in oggetto.
Applicando il medesimo ragionamento a ognuno dei diversi attributi della tabella, le caratteristiche dei veicoli possono essere cosi interpretate:

- Efficienza ed emissioni (*"Efficiency and emissions"*); sarà da considerarsi come una variabile importante: emissioni si riferisce ai dati sui livelli di inquinamento registrati nelle città (Capitolo §2) mentre efficienza alle energie utilizzate per muovere il mezzo rapportate ai benefici conseguiti.
- Raggio di utilizzo (*"Driving Range"*); date le ridotte dimensioni dei centri città, tale caratteristica, spesso sovrastimata dai conducenti delle automobili, non avrà particolare rilevanza in ambito urbano. Si considerino, ad esempio, i centri urbani di

alcune importanti città Europee (**Figura 4**), il raggio, entro cui le zone nevralgiche della città (come il centro storico, il quartiere dove hanno sede le rappresentanze politiche ed economiche di istituti privati e pubblici, i quartieri residenziali centrali) si concentrano, è piuttosto ridotto, e un veicolo che assicura anche una breve autonomia di spostamento, si rivela adatto agli spostamenti.

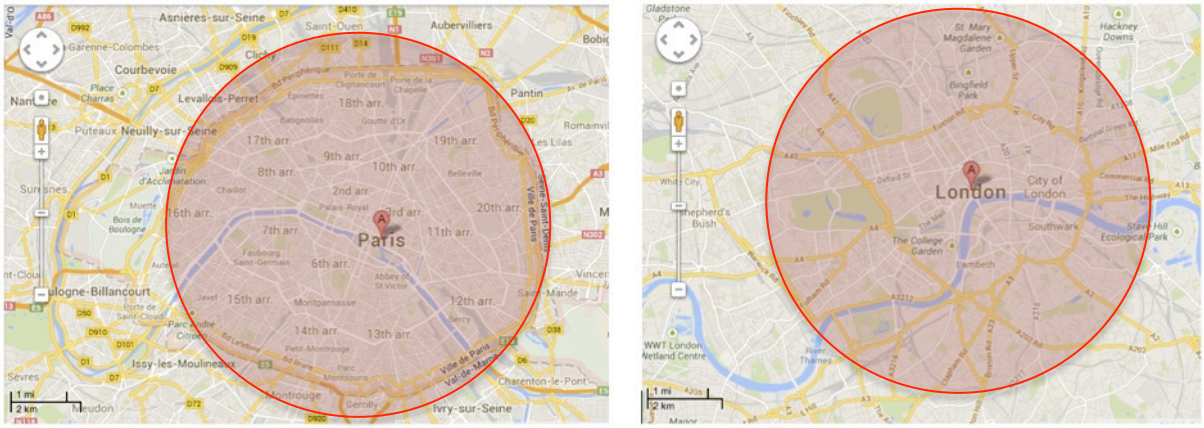

Fig. 4 – Centri città di Parigi e Londra. In rosso, si evidenzia un'area con un raggio di 5 chilometri. Fonte: Elaborazione personale da Google Maps.

- Velocità massima (*"Top Speed"*).
- Sicurezza del conducente e degli altri utilizzatori della strada (*"Occupant Security"* e *"Safety to Other Road Users"*); considerato l'inestimabile valore attribuibile alla vita umana e la sconcertante mortalità registrata all'interno dei centri urbani, causata da incidenti stradali, questi attributi saranno da considerarsi importantissimi.
- Utilità e funzionalità (*"Utility and Functionality"*); tale variabile si riferisce sia alle occasioni d'uso della tipologia di veicoli (Utilità) sia alla loro facilità d'utilizzo (Funzionalità).
- Impatto (*"Footprint"*); intesa come la sostenibilità del mezzo in termini di impatto sul suolo urbano. Più grande sarà la stazza del veicolo, maggiore sarà lo spazio necessario per il parcheggio, il rifornimento, il transito e, quindi, maggiroe sarà il suolo pubblico urbano occupato.
- Convenienza economica (*"Affordability"*); la variabile è da considerarsi in termini di vita totale del mezzo di trasporto e, dunque, tenendo conti non solo dell'esborso sostenuto per l'acquisto ma anche i costi riguardanti l'eventuale rifornimento, la possibile tassazione, l'eventuale tariffa per il parcheggio, i costi per le opere di manutenzione ecc.

Alla luce della precedente analisi delle variabili della tabella, si potrebbero, di conseguenza, analizzare i veicoli in conformità al giudizio soggettivo espresso da W. J. Mitchell:

- La bicicletta, i motocicli e i motocicli elettrici difettano principalmente poiché non garantiscono una buona funzionalità di trasporto e la sicurezza dei loro conducenti e non perché garantiscano una velocità massima bassa o una ridotta area di spostamento.
- L'automobile convenzionale garantisce eccellenti risultati su variabili poco rilevanti in una situazione urbana, come il raggio di autonomia e la velocità massima e, al tempo stesso, registra scarsi risultati in variabili importanti quali le emissioni inquinanti, la sicurezza e il suolo pubblico occupato, oltre a non essere convenienti da un punto di vista economico.
- Le Smart Car da città e le auto elettriche, seppure presentino caratteristiche molto più adatte dell'auto convenzionale, difettano ancora in variabili importanti come la sicurezza e la convenienza economica, ma presentano già alcune caratteristiche positive come minori emissioni e impatto sul suolo cittadino in termini di occupazione dello spazio pubblico.
- L'ultima categoria presa in considerazione sono i Neighborhood Electric Vehicles (NEVs): questa tipologia di veicoli, recentemente apparsa sulle strade delle maggiori città Europee e Statunitensi, secondo il ragionamento proposto dall'autore, coniuga le necessità dei conducenti con la risoluzione delle principali problematiche sorte nell'ambito del trasporto urbano.

Nel paragrafo §3.1.2 si analizzeranno le attuali soluzioni proposte sul mercato per quanto riguarda quest'ultima categoria di veicoli. Analizzati punti di forza e le debolezze dei NEVs, nella continuazione della trattazione, si individueranno i fattori strategici per il completamento di tali veicoli, al fine di rendere possibile la rivoluzione della mobilità urbana.

3.1.2 I Neighborhood Electric Vehicles e i nuovi veicoli per la mobilità urbana

I Neighborhood Electric Vehicles (NEVs) sono quadricicli leggeri alimentati da batterie elettriche, utilizzati usualmente come Golf Cart, all'interno di grandi stabilimenti industriali,

in strutture sanitarie, dalle amministrazioni locali per il pattugliamento o i servizi di pulizia. Negli ultimi anni essi sono stati adattati alle strade urbane con lo scopo di portare a termine brevi spostamenti. Nonostante la loro semplicità, le potenzialità tecnologiche latenti in tale tipologia di veicoli, sono eccezionalmente grandi. Sarà ora analizzata l'attuale situazione di questi veicoli.

La definizione di NEVs varia da paese a paese, e in alcuni casi, non è ancora prevista alcun tipo di descrizione legislativa di questa tipologia di veicoli. Essenzialmente il tratto che accomuna la maggioranza di questi veicoli è l'utilizzo di batterie piombo-acido (tranne che nel caso di Renault Twizy che utilizza batterie agli Ioni di Litio), il cui costo totale è estremamente ridotto rispetto ad altre batterie utilizzabili. Il prezzo medio per una batteria al piombo-acido va dai 100 ai 200 dollari al kWh.[131] Nella **Figura 4** (paragrafo §3.1.1) i Neighborhood Electric Vehicles (NEVs) rappresentano il punto di incontro tra l'auto, e la sua variante elettrica, le biciclette e i ciclomotori. Neighborhood Electric Vehicles, Urban Commuters, Personal Mobility Vehicles (PMVs), Microcars, Quadricicli elettrici leggeri sono tutte nomenclature utilizzate per identificare la medesima categoria di veicoli. La legge federale Statunitense li riconosce, dal 1998, come *'veicoli a bassa velocità'* indicati congiuntamente sotto lo standard FMVSS 500 (Federal Motor Vehicle Safety Standard). Tale standard definisce alcune caratteristiche tecniche necessarie affinché i veicoli possano rientrare in questa categoria. Le caratteristiche necessarie sono così riassunte:[132]

- Veicoli a motore a quattro ruote.
- Massa a pieno carico inferiore ai 1400 chili (3000 Pounds).
- Velocità massima compresa tra i 32 e i 40 km/h. In alcuni stati in cui i NEVs sono stati riconosciuti come categoria di veicoli indipendente da quella di *'veicoli a bassa velocità'* il limite massimo di velocità è stato aumentato tra i 56 e i 72 km/h.
- Per quanto riguarda le dotazioni di sicurezza, devono essere dotati di cinture di sicurezza per tutti i possibili occupanti, luci di posizione, luci dei freni, frecce di svolta.

In Italia i NEVs, seguendo le indicazioni fornite dal Codice della Strada, sono assimilabili alla categoria dei *'quadricicli a motore'* (categoria L). La definizione fornita è quella di:

---

[131] D. Hurst, C. Wheelock, *Neighborhood Electric Vehicles: Low-Speed Electric Vehicles for Consumer and Fleet Markets*, PikeResearch Report, 2011.

[132] Electronic Code of Federal Regulations, Title 49: Transportation, Part 571 – Federal Motor Vehicle Safety Standard, Subpart A, §571.3 – Definition.

> "veicoli a quattro ruote destinati al trasporto di cose con al massimo una persona oltre al conducente nella cabina di guida, ai trasporti specifici e per uso speciale, la cui massa a vuoto non supero le 0,55 tonnellate, con esclusione della massa delle batterie se a trazione elettrica, capaci di sviluppare su strada orizzontale una velocità massima fino a 80 km/h [...] Detti Veicoli, Qualora superino anche uno solo dei limiti stabiliti sono considerati autoveicoli".[133]

Per quanto riguarda i limiti di massa e carico dei quadricicli, il Codice della Strada suddivide tra:

- *Quadricicli leggeri*, qualora la massa a vuoto sia inferiore ai 350 kg (escluso il peso delle batterie per i veicoli elettrici), la capacità massima di carico non superi i 200 kg, abbiano una potenza massima pari o inferiore ai 4 kW e una velocità massima inferiore ai 45 km/h. Questo tipo di veicolo può essere guidato anche senza patente di guida: è necessario, infatti, il solo certificato di idoneità alla guida, conseguibile dopo i 14 anni.
- *Quadricicli pesanti*, qualora la massa a vuoto sia inferiore ai 400 kg (escluso il peso delle batterie per i veicoli elettrici), la capacità massima di carico non superi i 1000 kg, abbiano una potenza massima pari o inferiore ai 15 kW e una velocità massima inferiore agli 80 km/h. Per condurre tale tipologia di veicoli è necessaria la patente A.

Diverse aziende, da alcuni anni, stanno proponendo sul mercato dei NEVs interessanti soluzioni. L'esempio più lampante degli ultimi anni è stato il lancio nel 2012, del commuter urbano di Renault (Sviluppato con l'aiuto del gruppo Nissan), Twizy (**Figura 5**), all'interno del progetto NMC, Nissan (*New Mobility Concept*)[134].

[133] Codice della Strada, Titolo III - Dei Veicoli, Capo I – Dei Veicoli in Generale, Art. 53 lettera H.
[134] Nissan, Zero Emission Website – New Mobility Concept - http://www.nissan-zeroemission.com/EN/NEWMOBILITY/

Fig. 5 – Renault Twizy, misure in metri. Fonte: elaborazione personale.

La strategia NMC di Nissan prevede di "fornire un approccio conveniente, efficiente, sostenibile e innovativo agli attuali veicoli utilizzati per brevi spostamenti di pochi passeggeri"[135].

GEM[136] (Globally Electric Motorcars), sussidiaria della Polaris Industries specializzata nella produzione di quadricicli elettrici, ha annunciato di aver venduto, dal 1998 ad oggi, più di 46.000 NEVs in tutto il mondo, diventando cosi l'azienda del settore con il più alto numero di vendite.[137] L'azienda propone diversi modelli sia per il trasporto di passeggeri (con veicoli a 2, 4 e 6 posti) sia per il trasporto di merci (**Figure 6 e 7**).

Anche in Italia diverse piccole e medie imprese hanno cominciato, già dai primi anni 2000, a produrre veicoli elettrici di dimensioni ridotte. Dal 2001 Start Lab, prima azienda italiana del settore dei quadricicli "verdi", ha costruito e venduto più di 600 microcar, commercializzate soprattutto all'estero. Estrima, azienda del Pordenonese, ha venduto, dalla sua entrata sul mercato, circa 250 commuter urbani Birò annualmente; nel giro di due o tre anni si pone l'obiettivo di produrre 2500 veicoli l'anno. [138]

[135] Nissan, Zero Emission Website – New Mobility Concept
[136] Polaris, General Electric Motorcars - www.polaris.com/en-us/gem-electric-car/
[137] Yahoo Finanza, *GE Capital to Finance Commercial Purchases of Global Electric Motorcars (GEM®)*, 02/05/2013 - http://finance.yahoo.com/news/
[138] M. Maggi, *Microcar in Verde*, L'Espresso, 13/06/2013.

Fig. 6 – GEM e2 NEV in forza all'arma dei Carabinieri. Fonte: http://en.wikipedia.org/

Fig. 7 GEM eL XD NEV utilizzato per la vendita ambulante di cibo. Fonte: http://en.wikipedia.org/

Pike Research calcola che il mercato dei NEVs, nel 2017, conterà circa 55.000 veicoli, una fette ancora risicata di mercato, considerando l'intero mercato dei veicoli per il trasporto di persone. Il tasso di crescita annuo delle vendite sarà del 6,6% tra il 2011 e il 2017. Gli attuali mercati dove si registrano il maggior numero di immatricolazioni sono gli Stati Uniti (14.737 NEVs venduti nel 2011) e la Francia (2.331 NEVs venduti).[139] Nei prossimi, si prevede che tali mercati rimarranno i più sensibili all'acquisto dei quadricicli (**Figura 8**).

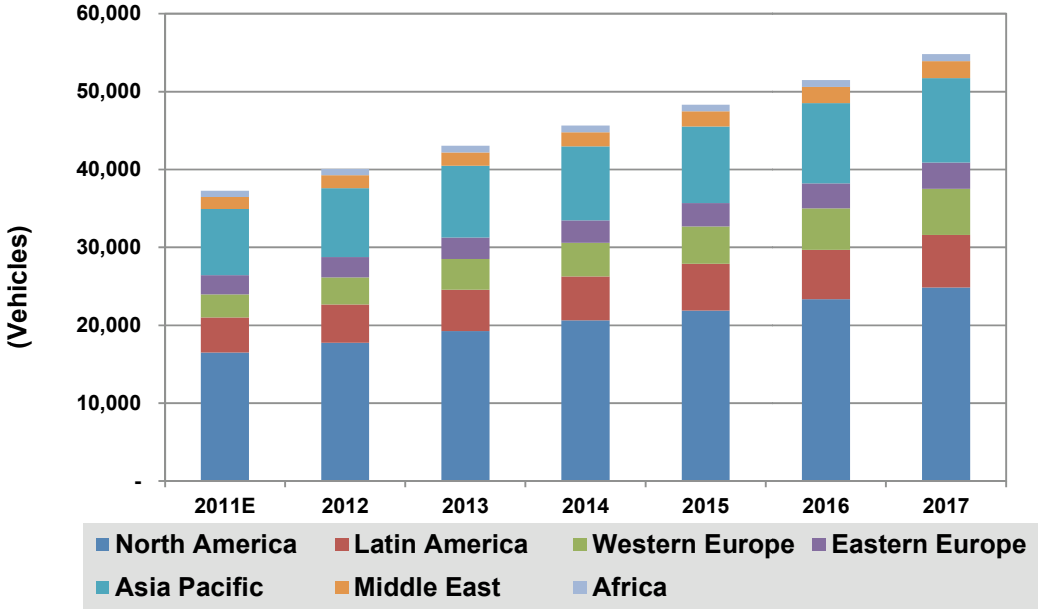

Fig. 8 – Vendite annuali di NEVs per regioni, dati 2011 – 2017; Fonte: D. Hurst, C. Wheelock, 2011, op. cit.

[139] D. Hurst, C. Wheelock, 2011, op. cit.

In Italia, l'Ancma (Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori) ha registrato un incremento delle vendite di quadricicli del 16,62% tra il 2011 e il 2012[140], concentrate in particolare nei mesi di Aprile (+ 135,35%) e Dicembre (+80,85%)(**Tabella 1** e **Figura 9**).

	2011	2012	
Gennaio	542	344	-36,53%
Febbraio	502	382	-23,90%
Marzo	481	405	-15,80
Aprile	447	1052	+135,35
Maggio	461	563	+22,13%
Giugno	460	550	+19,57%
Luglio	420	405	-3,57%
Agosto	286	264	-7,69%
Settembre	400	373	-6,75%
Ottobre	469	532	+13,43%
Novembre	405	585	+44,44%
Dicembre	355	642	+80,85%
Totale	**5228**	**6097**	**+16,62%**

Tab. 1 – Registrazioni mensili in Italia di quadricili elettrici; Fonte: Ancma.

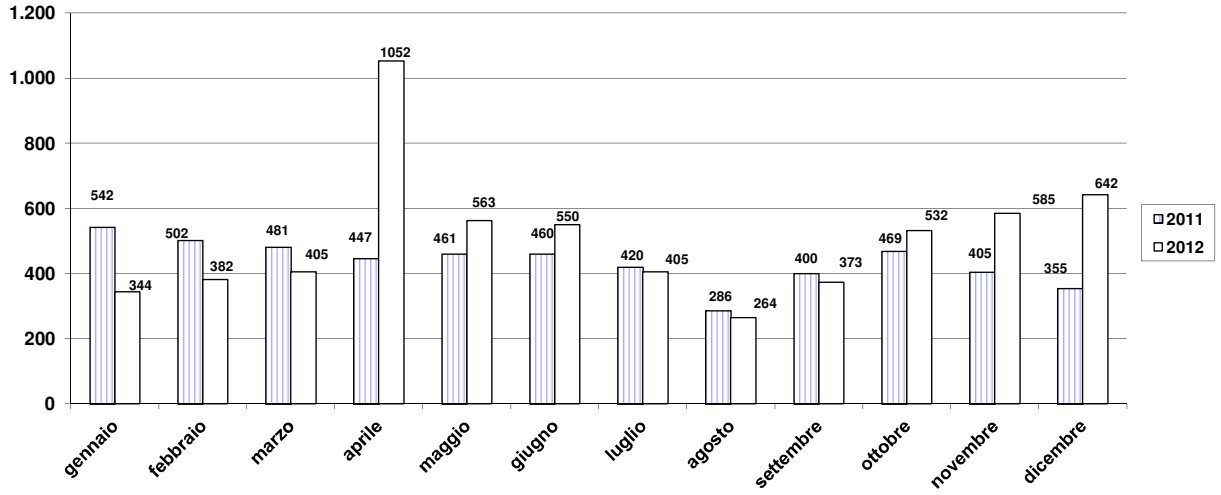

Fig. 9 – Registrazioni mensili di quadricicli leggeri in Italia, anni 2011 e 2012; Fonte: Ancma.

[140] Ancma – Associazione Nazionale Cicli Motocicli Accessori - http://www.ancma.it/

Che cosa ha determinato in Italia il forte aumento delle vendite nel mese di Aprile? Una possibile risposta è l'iniziale commercializzazione della Renault Twizy, partita nel paese il 31 Marzo 2012. Da questo punto di vista, le previsioni di mercato presentate, assumono che il prodotto non cambi significativamente nelle sue caratteristiche di base in tale periodo. D'altro canto, però, l'evidenza dei dati in possesso, sottolinea come l'inserimento nel mercato stesso di un nuovo prodotto tecnicamente all'avanguardia (si pensi all'utilizzo delle batterie agli Ioni di Litio piuttosto che di quelle al piombo-acido), con un design definito (ben distante da quello dell'auto classica), con un'efficienza in ambito urbano molto alta (due posti per conducente e un secondo occupante, 100 km di autonomia, solamente tre ore e mezza necessarie alla ricarica con una normale presa da 220 Volt, dimensioni ridotte, zero emissioni, possibilità di parcheggiare ovunque con il minimo ingombro di spazio, vani per portare carichi di medie dimensioni, ecc.). Inoltre, l'incremento nei prezzi dei carburanti fossili, l'invecchiamento della popolazione, la concentrazione della popolazione nelle aree urbane e la crescente attenzione delle amministrazioni per una gestione integrata delle città sono tutti fattori che in futuro influenzeranno il mercato dei commuter urbani.[141]

L'impressione è che i NEVs siano la base di partenza ideale per lo sviluppo dei veicoli che, potenzialmente, possiederanno le caratteristiche necessarie a rivoluzionare il sistema di mobilità personale in ambito urbano. Già M. Sheller e J. Urry avevano ipotizzato nel 2000 la nascita di una nuova generazione di veicoli rivoluzionari.

> "Un nuovo modo di intendere l'automobilizzazione potrebbe essere creato integrando trasporto privato e pubblico, trasmissione dell'informazione e mobilità umana". "Veicoli più piccoli, più intelligenti, ricchi di informazione, abilitati alla comunicazione saranno meglio integrati nel sistema di trasporto urbano: le infrastrutture pubbliche e la società civile che nasceranno con loro si dimostreranno indispensabili nelle città del futuro. Creare automobili di dimensioni ridotte, più leggere, efficienti dal punto di vista del carburante è solo l'inizio. I produttori d'auto hanno già cominciato a commercializzare diversi modelli di microcar, ideali per gli affollati ambienti urbani […] Queste microcar dovranno però essere integrate in un sistema di trasporto misto che permetta l'utilizzo, oltre che delle biciclette, dei trasporti pubblici e dell'andare a piedi, anche nuove modalità di viaggiare che si possono solamente iniziare ad immaginare. Ciò richiederà la ridistribuzione delle

[141] D. Hurst, C. Wheelock, 2011, op. cit.

esistenti leggi sulla mobilità, al fine di aiutare l'avvento di questi veicoli e l'abbandono graduale dell'auto tradizionale".[142]

Diversi enti si stanno già da tempo muovendo in questa direzione. W. J. Mitchell utilizza la denominazione di Ultra Small Vehicles (USVs)[143] per indicare questa nuova generazione di veicoli rivoluzionari, proprio per sottolineare la contrapposizione tra questo nuovo concetto di mobilità e il precedente sistema dominato dall'automobilizzazione.
Il Massachusetts Institute of Technology (MIT), all'interno del progetto MIT Media Lab[144], ha lanciato l'iniziativa MIT City Science[145]. Tale iniziativa è un network che unisce diversi gruppi di ricerca specializzati nell'ideazione e design di tecnologie e infrastrutture, l'analisi di moltissimi dati e lo sviluppo scientifico di nuove tesi. Lo scopo è il miglioramento del design, della vivibilità e della comprensione delle grandi possibilità fornite dall'ambiente urbano. Attraverso la collaborazione con Governi e Imprese, l'iniziativa tenta di sviluppare progetti riguardanti la struttura urbana, la mobilità personale in ambito cittadino, le tecnologie implementabili nelle città, la creazione di network urbani. Dal 2003, con l'aiuto di General Motors (GM), il gruppo di ricerca si è concentrato sullo sviluppo di un veicolo che riassumesse i propositi e la visione condivisa tra i ricercatori del MIT: è così nata la MIT CityCar (**Figura 10**).

Fig. 10 – MIT CityCar nelle sue due configurazioni; Fonte: Changing Places Blog - http://cp.media.mit.edu/blog

[142] M. Sheller, J. Urry, *The City and the Car*, International Journal of Urban and Regional Research, Vol.24, No. 4, pp. 737-757, 2000.
[143] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[144] MIT Media Lab - http://media.mit.edu/
[145] MIT City Science - http://cities.media.mit.edu/

Il prototipo del veicolo pesa meno di 450 kg, in strada la sua lunghezza è di 2,5 m ma una volta parcheggiato, avendo la possibilità di assumere una doppia configurazione, la lunghezza si riduce a 1,5 m. Alimentato da un motore elettrico dotato di batterie agli Ioni di Litio, ha un'autonomia di 120 km mentre la ricarica avviene in solo 12 minuti.

Dalla collaborazione tra Segway e General Motors è nato invece il progetto P.U.M.A. (Personal Urban Mobility and Accessability)(**Figura 11**). Il primo prototipo del veicolo è stato mostrato nell'Aprile del 2009: utilizzando un motore alimentato da batterie agli Ioni di Litio, il veicolo ha un'autonomia di 56 km e può essere ricaricato in tre ore. Il suo peso e la sua lunghezza molto ridotti (140 kg x 1,2 m) lo distanziano dal precedente prototipo, assicurando un utilizzo diverso (**Figura 12**).

Fig. 11 – Prototipo del veicolo P.U.M.A.; Fonte: Segway - http://www.segway.com/

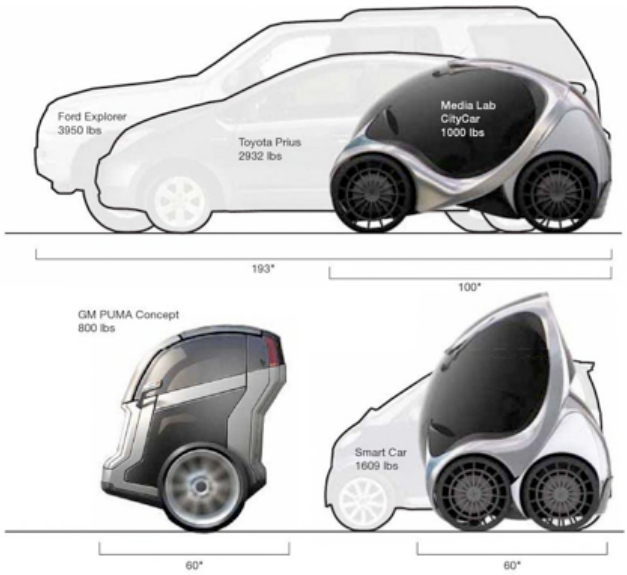

Fig. 12 – Confronto tra le dimensioni di alcune auto convenzionali e i progetti MITCityCar e P.U.M.A.; Fonte: W. J. Mitchell, 2011, op. cit.

Quali saranno le caratteristiche della prossima generazione di veicoli basati sulle idee, i prototipi e i concetti appena esposti? Nei prossimi paragrafi analizzeremo una per volta le tre innovazioni che, partendo dalle attuali proposte, potrebbero in futuro rivoluzionare la mobilità urbana, se implementate completamente e omogeneamente, oltre che supportate dai settori pubblici e privati. Tali innovazioni riguardano:

- Una concezione di veicolo elettrico che tenga in considerazione le novità più rilevanti nella progettazione e utilizzo di questa tipologia di veicoli, sia per quanto riguarda la tecnologia inerente le batterie, sia quella inerente la rete di distribuzione (Par. §3.2).

- Un'implementazione della rete internet mobile e di altre tecnologie di comunicazione all'interno dei veicoli; non come accessori di secondo piano ma come tecnologie strategicamente rilevanti (Par. §3.3).
- Un nuovo concetto di design, necessario per l'adattamento dei mezzi all'utilizzo pubblico e privato in ambito urbano, favorendo in tal modo gli spostamenti individuali secondo una logica intermodale (Par. §3.4).

3.2 Il motore elettrico: veicoli ibridi, a batteria e a idrogeno

Negli ultimi anni Google ha investito circa 10 milioni di Dollari nella ricerca e nella prototipazione di un mezzo elettrico plug-in, nello stesso periodo, Warren Buffet ha acquistato un'azienda Cinese operante nella produzione di veicoli elettrici. Il Governo degli Stati Uniti, invece, ha pianificato l'acquisto di un milione di veicoli elettrici nei prossimi 5 anni, mettendo a disposizione circa due miliardi di Dollari per l'attività di ricerca nel campo dello sviluppo di batterie avanzate da inserire nel sistema di locomozione delle auto ibride. A ciò si aggiunga che i maggiori Original Equipment Manufacturer (OEMs) internazionali del campo dell'automobile, prevedono di lanciare i propri modelli di veicoli elettrici ibridi, con sistema di ricarica plug-in, entro i prossimi tre anni.[146]

Sebbene questo fervore e questa attenzione per lo sviluppo di motori elettrici efficienti facciano parte della cronaca attuale, la storia dei veicoli a propulsione elettrica è molto meno recente. Il motore elettrico fu inventato intorno al 1830 da Robert Anderson in Scozia e da Sibrandus Stratingh e Christopher Becker in Olanda.[147] Nel 1898 Ferdinand Porsche, costruì la sua prima macchina la Lohner Electric Chassis, dotata di un motore ibrido: un motore a combustione interna, alimentato da carburanti fossili, azionava un generatore che, producendo elettricità, caricava una batteria elettrica. Tale batteria, collegata alle ruote del veicolo, garantiva un'autonomia di circa 40 miglia. Nell'ultimo decennio del XIX secolo, diverse aziende in Francia, in Gran Bretagna e negli Stati uniti, progettarono e commercializzarono diversi modelli di veicoli elettrici. Agli inizi del 1900, le aziende Americane di autoveicoli avevano prodotto 1681 veicoli a vapore, 1575 veicoli elettrici e 636 modelli alimentati a Gasolio.[148]

Nonostante questi considerevoli risultati, l'auto elettrica non divenne mai una realtà di largo consumo e fu presto dimenticata, soppiantata velocemente dalle automobili alimentate da motori a combustibile fossile (Internal Combustion Engine – ICE). Una possibile spiegazione dell'accaduto si trova nella straordinaria convergenza tra tecnologie manifatturiere, conoscenze produttive, abilità commerciali, forniture energetiche, sviluppo dell'infrastruttura di trasporto, messa in atto di politiche pubbliche e domanda dei consumatori che nei primi anni del 1900 favorirono enormemente l'affermazione dei motori ICE, come standard

---

[146] L. Dickerman, J. Harrison, *A New Car, a New Grid*, Power and Energy Magazine, IEEE, Vol. 8, No. 2, pp. 55 – 61, 2010.
[147] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[148] C. C. Chan, *The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles*, Proceedings of the IEEE, Vol.95, No. 4, pp. 704 – 718, 2007.

dominante nell'alimentazione dei veicoli, contribuendo a dare avvio a una fase di grandissima prosperità economica.[149] W. J. Mitchell riassume alcuni degli avvenimenti tecnologici salienti che hanno permesso l'affermazione degli ICE. Essi sono:[150]

- L'invenzione da parte di Charles Kettering del motorino elettrico di avviamento, che eliminò i fastidi derivanti dall'utilizzo della manovella per l'accensione del motore.
- Il miglioramento dell'infrastruttura viaria Americana, che permise il trasporto di cose e persone per considerevoli distanze.
- La scoperta di ingenti giacimenti petroliferi in Oklahoma e Texas e la coincidente scoperta delle grandi possibilità energetiche del petrolio. Tali avvenimenti resero questo combustibile facilmente disponibile e il Gasolio molto più economico.
- L'implementazione, da parte di Ransom Olds e Henry Ford, della catena di montaggio e della produzione di massa permise l'aumento dei salari medi rendendo possibile l'acquisto dei veicoli alimentati da motori ICE per la maggior parte della popolazione.

Un' ulteriore motivazione a supporto dell'affermazione dei motori ICE, deriva dall'analisi dell'industria dell'automobile rispetto al contesto economico, politico, sociale e culturale, in particolare, la relazione esistente con l'industria del petrolio. Il successo del motore ICE permetteva, infatti, il mantenimento del monopolio Americano più redditizio di quegli anni.[151] D. Yergin, scrive, nel suo famoso libro *The Prize*, a proposito dell'industria petrolifera, che:

> "Nei primi decenni [dalla sua nascita], il settore del petrolio creò un nuovo mondo produttivo attraverso un prodotto chiamato 'cherosene', definito come la 'Nuova Luce', il quale era i grado di sconfiggere la notte, prolungando così il giorno lavorativo. Alla fine del XIX secolo, John D. Rockfeller divenne l'uomo più ricco degli Stati Uniti, principalmente attraverso la vendita del cherosene. […] D'altro canto, nel momento stesso in cui l'invenzione della lampadina elettrica sembrava segnare l'obsolescenza dell'industria del petrolio, una nuova era ebbe inizio con lo sviluppo del motore a combustione interna alimentato dal gasolio. L'industria del petrolio ebbe allora un nuovo mercato e una nuova civiltà nacque".[152]

---

[149] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[150] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[151] R. J. Orsato, P. Wells, *U-turn: the Rise and Demise of the Automobile Industry*, Journal of Cleaner Production, Vol. 15, No. 11, pp. 994 – 1006, 2007.
[152] D. Yergin, *The Prize: the Epic Quest for Oil, Money and Power*, Simon&Schuster.com, 2011.

Fu così che la compagnia di J. D. Rockfeller, la Standard Oil, trasformò un'eventuale perdita, derivata dall'obsolescenza del cherosene nel settore dell'illuminazione, in un commercio ancor più lucrativo. Nel 1900, negli Stati Uniti soltanto il 22% delle auto in circolazione erano alimentate da un motore ICE, mentre il 38% erano elettriche e il 40% alimentate a vapore. La situazione però mutò rapidamente: solamente 5 anni più tardi, i veicoli dotati di motori basati sulla combustione del gasolio avevano sbaragliato la concorrenza. Il numero di nuove immatricolazioni crebbe dalle 8.000 del 1900 alle 902.000 del 1912, la grande maggioranza delle quali riguardanti auto alimentate da motori ICE.[153]

Il modello di trasporto basato sul motore ICE, oggi, sembra essere ormai superato: gli investimenti segnalati all'inizio del paragrafo §3.2, sottintendono l'avvento di nuove tecnologie, più efficienti e meno inquinanti delle precedenti. Alcuni dei principali motivi per l'abbandono del gasolio, sono, ad esempio:[154]

- i crescenti prezzi dei carburanti derivati dal petrolio e la loro sensibilità a shock di mercato.
- l'emissione di gas inquinanti per l'atmosfera, alla base del fenomeno del cambiamento climatico.
- la non rinnovabilità delle fonti petrolifere.
- la distribuzione geografica dei giacimenti di petrolio.

La soluzione a questi problemi non è la semplice sostituzione dei motori ICE con una nuova generazione di motori elettrici o a idrogeno, ma il graduale inserimento di queste nuove modalità di propulsione e la contemporanea implementazione delle necessarie infrastrutture, atte a supportarne la diffusione. Analizzando lo scenario attuale, i biocarburanti, come il bio-gasolio, l'etanolo, il butanolo, in particolare qualora essi siano prodotti attraverso l'impiego di materie prime derivanti dalla cellulosa, appaiono una promettente forma alternativa di combustione. Anche l'utilizzo di gas naturali riduce l'utilizzo di carburanti fossili, ma entrambe le soluzioni sono solamente delle soluzioni di transizione, nella migliore delle ipotesi.[155] I veicoli elettrici ibridi alimentati da un sistema plug-in (Plug-in Hybrid Electric Vehicles – PHEVs) stanno avendo, negli ultimi anni, un impatto positivo, contribuendo alla

[153] R. J. Orsato, P. Wells, 2007, op. cit.
[154] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.
[155] C. E. Thomas, *Fuel Cell and Battery Electric Vehicles Compared*, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 34, No. 15, pp. 6005 – 6020, 2009.

diminuzione delle emissioni di gas inquinanti (**Figura 13**). Un veicolo PHEV, per il suo funzionamento, utilizza, alternativamente, l'energia elettrica prelevata dalla comune rete di distribuzione, accumulata in apposite batterie, e un motore ICE tradizionale. Esistono molteplici funzionamenti del binomio tra le due forme di alimentazione, ma, per semplicità, si può immaginare che il motore ICE entri in funzione qualora non sia possibile utilizzare il motore elettrico a causa dell'esaurimento dell'energia accumulata nella batteria. Ovviamente il funzionamento e la connessione tra i due motori è ben più complicata nella realtà: ad esempio le batterie, oltre a poter essere ricaricate attraverso l'attrito prodotto dal sistema frenante, possono essere ricaricate anche dal motore ICE (nel caso in cui i motori siano collegati in serie).[156] Tali veicoli, basandosi in parte ancora su un motore ICE, non permetteranno di raggiungere il taglio dell'80% delle emissioni di gas nocivi (con riferimento all'anno 1990) previsto dalla comunità internazionale, nemmeno considerando eventuali eccezionali miglioramenti di efficienza energetica nel campo dei biocarburanti.[157]

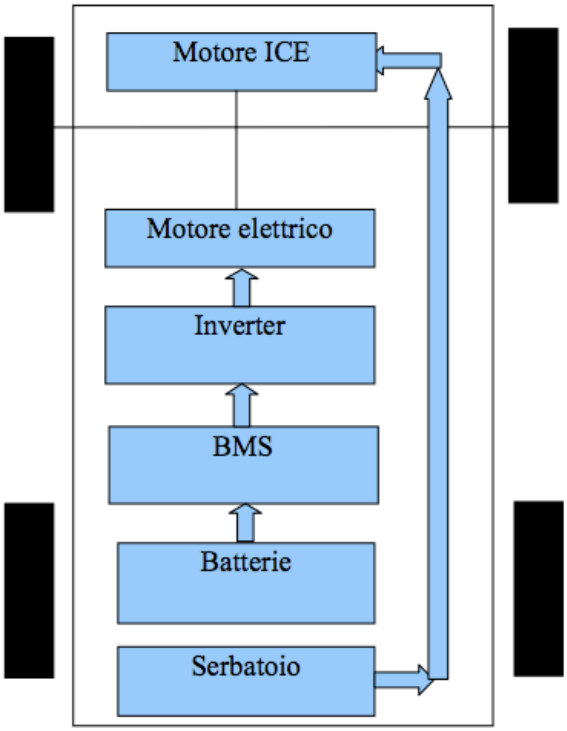

Fig. 6 – Possibile schema di base per il funzionamento di un veicolo PHEV; Fonte: Fondazione Telios - http://www.fondazionetelios.it/

[156] Fondazione Telios - http://www.fondazionetelios.it/
[157] C. E. Thomas, 2009, op. cit.

In questo momento esistono due scelte possibili per alimentare veicoli completamente elettrici: le batterie o le pile a combustibile. Entrambe eliminano le emissioni inquinanti e le inefficienze tipiche dei motori a combustione: le pile a combustione, generalmente, ottengono l'energia necessaria dall'idrogeno immagazzinato nel serbatoio del veicolo (Fuel Cells Vehicles – FCVs), mentre i veicoli a batteria (Battery Electric Vehicles – BEVs) sono alimentati dall'elettricità derivata dalla normale rete elettrica (**Figure 14 e 15**).

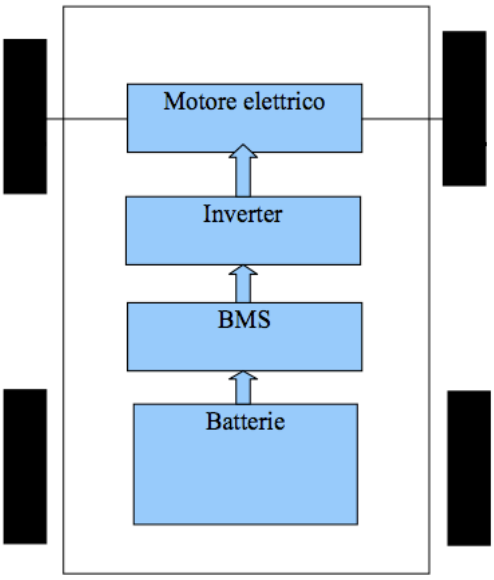

Fig. 14 – Schema base di un veicolo elettrico a batteria; Fonte: Fondazione Telios.

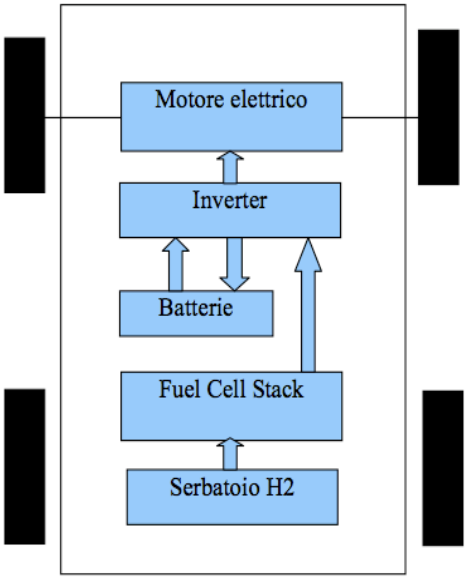

Fig. 15 – Schema base di un veicoli a pile di combustibile alimentate ad idrogeno; Fonte: Fondazione Telios.

Tra i BEVs e i FCVs, i primi sembrano più adatti a risolvere, nel breve termine, le problematiche date dai motori ICE, soprattutto se applicati a veicoli studiati per compiere tragitti urbani o peri-urbani, come quelli trattati nel corso della discussione fin qui presentata. Infatti, le problematiche riguardanti l'utilizzo delle pile a combustibile sono ancora molte, da un punto di vista della produzione, dell'immagazzinamento e della distribuzione dell'idrogeno. Le stime indicano che i veicoli a idrogeno, nel 2030, avranno una penetrazione di mercato minore del 5%.[158] Inoltre le attuali conoscenze e tecnologie utilizzate per l'elettrolisi dell'idrogeno si rivelano energicamente inefficienti poiché basate sull'utilizzo del

[158] J. Romm, *The Car and Fuel of the Future*, Energy Policy, Vol. 34, No. 17, pp. 2609 – 2614, 2006.

carbone (sono *carbon-intensive*). Inoltre, a oggi, il costo di un motore a pile a combustibile è di circa 4000 $/kWh, circa 100 volte il costo di un normale motore ICE.[159]

La **Tabella 2** riassume le principali caratteristiche delle soluzioni presentate, evidenziando i punti di forza e di debolezza.

	BEVs	**PHEVs**	**FCVs**
Fonti e infrastruttura energetica	Impianti di ricarica collegati alla rete elettrica	1) Impianti di ricarica collegati alla rete elettrica 2) Stazioni di servizio	Idrogeno ed eventuale rete di trasporto dell'idrogeno
Caratteristiche	1) Emissioni zero	1) Emissioni molto basse	1) Emissioni pressochè nulle
	2) Alta efficienza energetica	2) Efficienza energetica maggiore dei normali motori ICE, minore dei veicoli elettrici	2) Alta Efficienza energetica
	3) Indipendenza dai carburanti fossili	3) Raggio di autonomia molto buono	3) Indipendenza dai carburanti fossili (qualora non utilizzati per la produzione dell'idrogeno)
	4) Breve raggio di autonomia	4) Costo più alto rispetto ai tradizionali ICE	4) Raggio di autonomia buono
	5) Alto costo iniziale	5) risparmi dovuti alla possibilità di gestire le emissioni e la batteria elettrica	5) Alto costo
	6) Commercialmente disponibile	6) Commercialmente disponibile	6) In fase di sperimentazione
Maggiori questioni e problemi	1) Efficienza delle batterie	1) Efficienza delle batterie	1) Costo delle pile a combustibile
	2) Stazioni di ricarica	2) Emissioni ancora alte	2) Infrastruttura per il trasporto dell'idrogeno
	3) Costi		

Tab. 2 – Confronto tra BEVs, FCVs e PHEVs; Fonte: Chan, 2007, op. cit.

Analizzando le motivazioni che potrebbero disincentivare l'adozione di veicoli alimentati da batterie elettriche, si è già dimostrato come la nuova generazione di USVs, se considerati nel

[159] J. Romm, 2006, op. cit.

loro ambito urbano di utilizzo, assicuri prestazioni eccellenti sia per quanto riguarda il raggio di autonomia che possono sopportare, sia la maggiore efficienza energetica. Le questioni ancora aperte riguardano in particolare l'efficienza delle batterie e le stazioni di ricarica per l'utilizzo del veicolo.

3.2.1 L'efficienza delle batterie

I primi modelli di auto elettriche immesse sul mercato competevano direttamente con l'auto tradizionale, alimentata da un motore ICE. Tali auto elettriche erano dotate di pesanti e ingombranti batterie al piombo-acido, necessarie per fornire l'energia necessaria al motore. Questa tipologia di batterie obbligava i produttori a risolvere il trade-off tra il raggio di autonomia del veicolo e la grandezza della batteria necessaria. Più la batteria era ingombrante, più l'auto diventava pesante e, di conseguenza, maggiore era l'energia necessaria per muoverla. Il risultato fu che le prime auto elettriche non ebbero successo a causa dei vincoli imposti dall'uso delle batterie al piombo-acido. Tali batterie sono ancora oggi utilizzate, nel campo del trasporto, da alcune aziende di biciclette elettriche in Cina, dato il loro bassissimo costo. Oggigiorno sul mercato delle batterie, la soluzione basata sugli ioni di Litio sta ottenendo grande successo, venendo impiegata in molteplici settori industriali. Le batterie agli Ioni di Litio, rispetto alle precedenti batterie al piombo-acido sono:[160]

- energicamente molto più efficienti data l'alta densità energetica che le contraddistingue.
- di dimensioni più ridotte.
- con un ciclo di vita più duraturo.
- costruite con materiali riciclabili e largamente disponibili (oltre che meno inquinanti dal punto di vista dei materiali utilizzati).

Non va dimenticato, però, che ai vantaggi sopra elencati corrisponde un costo di produzione maggiore. Nonostante questa considerazione, le batterie agli Ioni di Litio hanno innescato una

[160] M. Armand, J. M. Tarascon, *Building Better Batteries*, Nature, Vol. 451, No. 7179, pp. 652 – 657, 2008.

consistente crescita tecnologica nei mercati dei cellulari, dei lap-top, degli MP3 e in molti altri settori. A oggi, tale tipologia di batterie è prodotta in miliardi di unità all'anno.[161]

La loro applicazione nel campo del trasporto si preannuncia particolarmente favorevole, soprattutto se applicata a veicoli leggeri ed energeticamente poco dispendiosi come lo sono gli USVs. Il punto della questione è fornire veicoli leggeri, con un raggio di autonomia discreto, dotati di una ridotta quantità di batteria, grazie all'impiego della tecnologia agli Ioni di Litio. Se ciò si tramutasse in realtà, come già sta accadendo, visti i miglioramenti in questo campo, evidenziati nel paragrafo §3.1.2, l'applicazione di queste batterie diverrebbe estremamente efficiente (**Figura 16**).

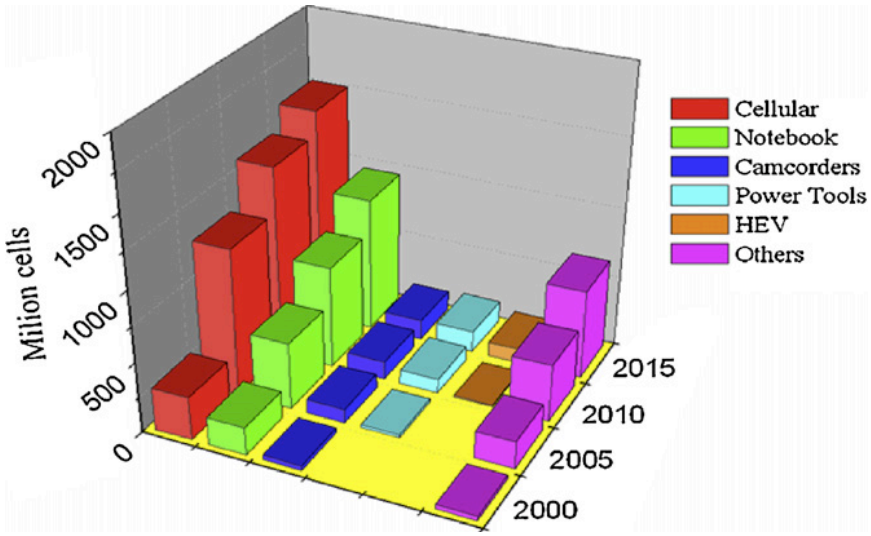

Fig. 16 – Andamento del mercato delle batterie agli Ioni di Litio nell'industria dell'elettronica e dell'automobile;
Fonte: B. Scrosati, 2010, op. cit.

Notevoli miglioramenti sono in fase di sviluppo per le batterie agli Ioni di Litio in termini di:[162]

- Maggiore sicurezza,
- Durabilità (possibilità di sopportare un maggior numero di cicli di carica/scarica),
- Costo di produzione.

[161] B. Scrosati, J. Garche, *Lithium Batteries: Status, Prospects and Future*, Journal of Power Sources, Vol. 195, No. 9, pp. 2419 – 2430, 2010.
[162] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Mentre i primi due elementi si rifanno alla composizione elettrochimica delle batterie, si può suppore che lo sviluppo del mercato di questa tipologia di batterie, attraendo nuovi concorrenti, provocherà una maggiore competizione e una diminuzione nel costo delle batterie, dovuto agli investimenti di ricerca e sviluppo necessari per migliorare le condizioni di efficienza. B. Scrosati e J. Garche affermano che:

> "Le batterie al Litio sono uno dei grandi successi della moderna elettrochimica. Queste batterie hanno un ruolo preponderante nel mercato dei prodotti di elettronica, assicurando un rischio di sostituzione pressoché nullo e, grazie allo sviluppo della tecnologia dei componenti elettrodi e degli elettroliti, saranno presto le dominatrici del mercato del trasporto su ruote e delle energie rinnovabili. Le potenzialità di questa fonte di energia rende possibile prevedere un'esplosione del loro utilizzo anche in campi come la medicina, la robotica e l'industria aerospaziale, rendendo le batterie agli Ioni di Litio la fonte energetica del futuro".[163]

3.2.2 La rete intelligente di fornitura elettrica

Le batterie elettriche sono caricabili attraverso il flusso di energia proveniente dalla normale linea elettrica di fornitura domestica. Entro il 2030, tenendo in considerazione come anno base il 2007, per la domanda di elettricità è prevista una crescita del 76%, cioè di 4800 Gigawatt.[164]

La maggior parte di questa energia, date le problematiche relative all'impiego dei combustibili fossili, dovrà essere prodotta da fonti di energia rinnovabili come il sole, il vento e l'acqua. La nuova rete di distribuzione immaginabile da questo scenario, si presume con un certo grado di certezza, sarà condizionata dalle caratteristiche di queste fonti energetiche rinnovabili: la generazione di energia elettrica diventerà intermittente e incostante, dato che gli output dei generatori, basati su fonti energetiche rinnovabili, varieranno sensibilmente sulla base dell'ora del giorno, delle condizioni climatiche e delle caratteristiche geo-fisiche del territorio.[165]

In questo scenario i veicoli elettrici a batteria assumeranno un ruolo fondamentale: non solo diventeranno i destinatari di buona parte dell'energia prodotta, ma, immagazzinando tale

---

[163] B. Scrosati, J. Garche, 2010, op. cit.

[164] International Energy Agency, *World Energy Outlook 2009 Fact Sheet*, Tech Report, IEA, Paris, 2009.

[165] S. D. Ramchurn et al., *Putting the 'Smarts' into the Smart Grid: a Grand Challenge for Artificial Intelligence*, Communications of the ACM, Vol. 55, No. 4, pp. 86 – 97, 2012.

energia all'interno delle loro batterie, creeranno un network di immagazzinamento energetico distribuito. Una nuova generazione di *Prosumers* energetici è in procinto di nascere; la nuova rete elettrica di distribuzione richiederà l'azione di milioni di soggetti privati che, sfruttando le potenzialità dei generatori attivati da fonti energetiche rinnovabili, consumeranno e al tempo stesso produrranno energia, immagazzinabile nelle batterie dei veicoli elettrici.[166] La rete elettrica attualmente si basa su un sistema centralizzato che rifornisce, a seconda delle necessità, i diversi nodi decentralizzati della rete. Tale sistema di rete appare oramai inefficiente e inefficace: ciò che è necessario non è un ampliamento dell'attuale rete ma una rivoluzione nella struttura stessa della fornitura elettrica. Tale obiettivo, secondo il Dipartimento per l'Energia Statunitense è realizzabile solamente attraverso lo sviluppo di un "network automatizzato per la distribuzione dell'energia elettrica che monitori e controlli ogni singolo nodo, assicurando un flusso bidirezionale di energia e informazione tra gli impianti centrali di produzione dell'energia e i singoli apparecchi, tenendo in considerazione tutti i punti tra essi".[167]

I veicoli elettrici saranno i protagonisti di questa rivoluzione: la loro batteria, in media, è caricabile fino a 32 kWh (chilowatt/ora), mentre una tipica abitazione consuma tra i 20 e i 50 kWh al giorno.[168] I veicoli potranno essere condotti su strada e ricaricati durante il giorno e, una volta tornati ai punti di partenza, potranno essere utilizzati come fonti di energia per le abitazioni, la sera. La necessità principale per attuare questo cambiamento nella rete di distribuzione è duplice:

- da un lato, progettare un sistema che permetta di controllare, prevedere e pianificare i flussi energetici, sia da parte della domanda, sia dalla parte dell'offerta.[169]
- dall'altro lato, implementare nella comune rete elettrica, già largamente distribuita ovunque, stazioni per la ricarica dei veicoli.

Per quanto riguarda la prima necessità, diversi studi sono in atto per pianificare la progettazione di un software in grado di analizzare le richieste derivanti dalla rete, elaborare

[166] S. D. Ramchurn et al., 2012, op. cit.
[167] United States Department of Energy, *Grid 2030: a National Vision for Electricity's Second 100 Years*, Tech. Report, Department of Energy, 2003.
[168] R. C. Green II et al., The Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on Distribution Networks: A Review and Outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 1, pp. 544 – 553, 2011.
[169] S. D. Ramchurn et al., 2012, op. cit.

le informazioni e creare un sistema integrato che tenga in considerazione le richieste e le opportunità energetiche provenienti dai nodi della rete stessa.
Per quanto riguarda il secondo aspetto si consideri che i metodi per la ricarica delle batterie dei veicoli elettrici sono, in sintesi, 2: la carica per conduzione e quella per induzione.
Gli attuali veicoli elettrici plug-in utilizzano il principio della ricarica conduttiva, poiché la batteria è riempita grazie al flusso di energia elettrica innescato dal contatto tra metalli. In questo caso è necessaria una stazione di ricarica (simile a quella in **Figura 17**) che garantisca la carica della batteria attraverso l'inserimento dell'apposito spinotto nel vano batteria del veicolo.

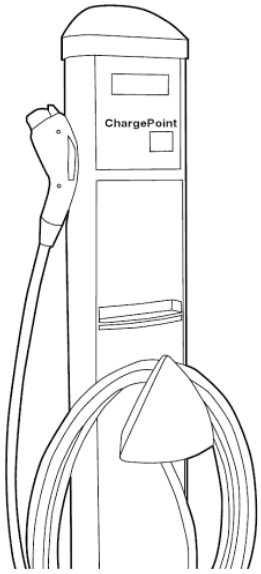

Fig. 17 – Stazione di carica a conduzione; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Sulla base dell'efficienza di ricarica, è possibile classificare le stazioni in diverse tipologie (**Tabella 3**):[170]

- Stazioni di livello 1; tale tipologia indica le normali prese elettriche casalinghe; richiedono dalle 8 alle 14 ore per caricare la batteria di un veicolo elettrico. Il loro vantaggio è che non richiedono alcuno sforzo o grosso investimento per l'installazione, essendo già disponibili nella linea elettrica attuale, ma la loro (in)efficienza pregiudica i vantaggi conseguibili dall'auto elettrica.

[170] L. Dickerman, J. Harrison, 2010, op. cit.

- Stazioni di livello 2; sono delle stazioni installabili sulla linea elettrica comune, ma che richiedono l'implementazione di un apparecchio specifico e, quindi, un certo investimento economico per la loro installazione. Secondo l'amperaggio (cioè l'intensità con cui l'energia elettrica riesce a essere trasmessa) i tempi di ricarica variano dalle 8 alle 4 ore.
- Stazioni di livello 3; chiamate anche 'stazioni di ricarica rapida' , possono caricare le batterie di un veicolo elettrico in 20-30 minuti. La capacità richiesta alla linea elettrica per il funzionamento di queste stazioni è molto alta: esse non potranno essere utilizzate a livello residenziale ma si dovranno predisporre appositi snodi della linea elettrica tradizionale che permettano l'installazione di questa tipologia di stazioni.

	Capacità elettrica richiesta per il funzionamento		**Utilizzo**	**Potenza di ricarica (kW)**	**Tempo di ricarica**
Livello 1	110 V	15 A	Qualunque presa elettrica tradizionale	1,4	18 ore
Livello 2	220 V	15 A	Residenziale	3,3	8 ore
	220 V	30 A	Residenziale/Pubblico	6,6	4 ore
Livello 3	480 V	167 A	Pubblico/Privato	50 - 70	20 min

Tab. 3 – Confronto tra le diverse tipologie di stazioni di ricarica a conduzione; Fonte: L. Dickerman, J. Harrison, 2010, op. cit.

Le soluzioni con ricarica a conduzione, assicurano una buona copertura e una facile installazione, completando la linea elettrica esistente. L'alternativa più realistica a questo metodo di carica delle batterie è la ricarica a induzione. Questa tecnica assicura semplicità, affidabilità e sicurezza nel processo di carica delle batterie; inoltre migliora la percezione degli utenti sui veicoli elettrici, poiché aumenta sensibilmente le capacità di ricarica tramite la linea elettrica, rendendo più facile e meno stressante la gestione della carica delle batterie.[171]
Il metodo consiste nell'installazione sul veicolo di una bobina '*pick-up*' integrata nel telaio e nella disposizione di una seconda bobina fissata al suolo ('*Stationary Transmitter*'). Nonostante non ci sia diretto contatto tra le due bobine l'energia della rete elettrica,

[171] H. Barth et al., *Concept Evaluation of an Inductive Charging System for Electric Vehicles*, 3rd European Conference Smart Grids and E-Mobility, Munich, Germany, 2011.

convogliata nella bobina posta al suolo, è trasmessa elettro-magneticamente alla bobina pozionata sul veicolo (**Figura 18**).

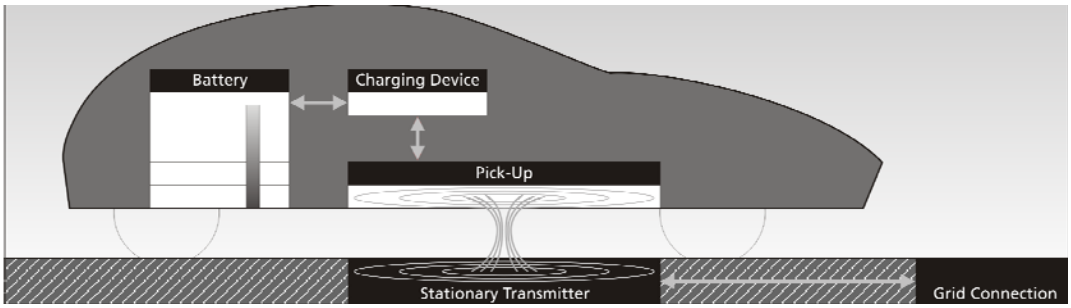

Fig. 18 – Funzionamento della ricarica a induzione; Fonte: H. Barth et al., 2011, op. cit.

I principali vantaggi di questo metodo di ricarica rispetto alla precedente tecnica a conduzione sono:[172]

- maggiore convenienza, dato che il sistema di ricarica induttivo non necessita di operatori sul luogo della ricarica.
- resistente all'acqua; la possibilità di interrare le piastre per la ricarica ad induzione le rende resistenti ai fenomeni atmosferici, garantendo affidabilità e sicurezza.
- anti – vandalismo.
- basse possibilità dell'insorgere di pericoli relativi alla permanenza presso la stazione di ricarica.

Nonostante i notevoli vantaggi, tale strategia di ricarica è ancora in fase di sperimentazione, dato che l'inefficienza di questo metodo di ricarica è ancora elevata. Un progetto che ha riscosso un certo successo è stata l'iniziativa proposta nel 2009 dal KAIST (Korean Advanced Institute of Science and Technology).[173] Il progetto prevedeva la ricarica induttiva di alcuni autobus elettrici durante la loro marcia, attraverso delle bobine di carica sistemate lungo il tragitto. L'efficienza del sistema era di circa l'85% e i livelli di energia generati intorno ai 60 kW.[174]

Grazie a queste innovazioni tecnologiche è possibile immaginare una nuova rete elettrica, gestita da complessi software, il cui compito è di predisporre i flussi in entrata e in uscita dai

[172] H. H. Wu et al., *A High Efficiency 5 kW Inductive Charger for EVs using Dual Side Control*, Industrial Informatics, IEEE Transactions on, Vol. 8, No. 3, pp. 585 – 595, 2012.
[173] Korean Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) – http://www.kaist.com
[174] H. H. Wu et al., 2012, op. cit.

generatori principali e secondari, analizzare la domanda e gestire l'offerta, permettere ricariche frequenti in zone geografiche limitate (senza il formarsi di colli di bottiglia energetici), che utilizzi i veicoli elettrici non solo come apparecchi di consumo energetico ma anche come nodi di immagazzinamento di tale energia. Dal Lato del consumatore, la presenza di un'efficiente rete di punti di ricarica conduttiva e induttiva delle batterie del proprio veicolo elettrico, non solo faciliterà l'utilizzo dello stesso, ma creerà una nuova generazione di *prosumers* capaci di gestire l'energia derivante da fonti rinnovabili, anche domestiche, utilizzandola, immagazzinandola e perfino vendendola sulla rete. Stazioni di ricarica conduttiva e induttiva dovranno perciò affiancarsi: zone parcheggio (**Figura 19**) e strade (**Figura 20**) dotate di lastre e bobine induttive, ricaricheranno i veicoli durante il loro stazionamento e la loro marcia, mentre per ricariche più consistenti ma meno urgenti, la presenza di stazioni conduttive di livello 3, gestite da privati, completerà l'offerta di ricarica della rete (**Figura 21**).

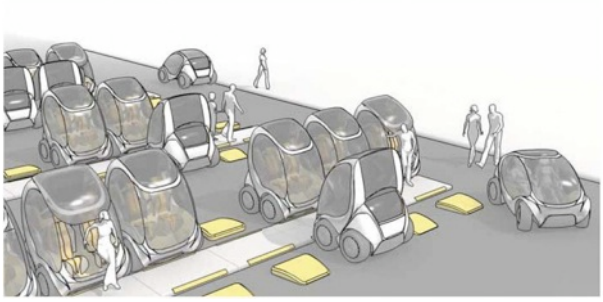

Fig. 19 – Sistema di ricarica induttiva posizionato in un'area parcheggio; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

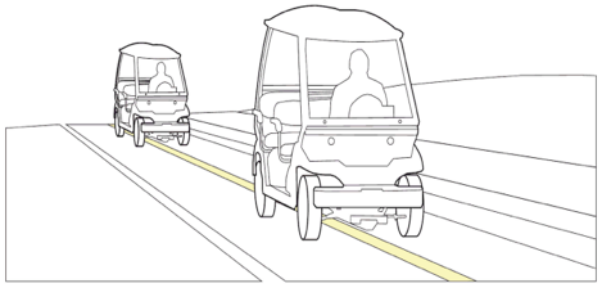

Fig. 20 – Sistema di ricarica induttiva posizionato lungo una strada; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Fig. 21 – Rete di distribuzione energetica con l'integrazione tra sistema induttivo e stazioni a ricarica conduttiva;
Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

3.3 I nuovi veicoli e le possibilità offerte dalla rete mobile

La rivoluzione digitale che ha interessato il mondo dell'elettronica ha comportato la sostanziale reinvenzione di diversi prodotti largamente diffusi: Smartphone, MP3 player, Tablet, Lap-Top e Netbook, consentono ai loro utilizzatori una mobilità virtuale continua nel tempo e nello spazio. Infatti, l'attuale rete di comunicazione permette di visitare qualunque 'luogo' digitale disponibile su internet. Ciò e particolarmente vero nei casi dei grandi agglomerati urbani, in cui la rete telefonica, usufruendo delle potenzialità offerte dalla tecnologia cellulare di terza generazione (3G), permette, a qualsiasi ora del giorno e della notte, in qualunque punto della città, di accedere tramite un browser al world wide web. Per T. Ernst e K. Uehara, infatti, le moderne scoperte nel campo della miniaturizzazione dei computer e nell'applicazione di tecnologie wireless, associate al contemporaneo deprezzamento delle periferiche necessarie, hanno portato le persone ha sviluppare il bisogno impellente di restare costantemente collegati con la rete internet.[175]

Date tali considerazioni, appare strano come il mezzo di mobilità fisica per eccellenza, l'auto, non sia ancora riuscito a integrare al suo interno le enormi potenzialità derivanti dalla nuova mobilità digitale. La restrizione è che le autorità, per ragioni di sicurezza, hanno, generalmente, vietato per legge l'utilizzo di apparecchi digitale durante la conduzione di un'automobile. Sebbene tale soluzione, allo stato attuale delle cose, sia da considerarsi più che sensata, l'industria dell'automobile dovrebbe focalizzarsi sulle possibilità riguardanti l'integrazione delle tecnologie di comunicazione virtuale all'interno delle auto. Tuttavia, le potenzialità offerte dalla continua connessione dei veicoli alla rete internet non sono oggi sfruttate. La nuova generazione di veicoli USVs, dovrebbe, invece, prevedere assolutamente un sistema di comunicazione efficiente che permetta al conducente di connettersi alla rete internet, conquistando una capacità di computazione ubiqua come desiderato dai consumatori.

> "Dovunque, in ufficio, a casa, per strada o durante gli spostamenti tra un luogo e un altro effettuati su un veicolo, le persone desidererebbero essere costantemente collegate a internet. Le ragioni possono essere professionali o per il tempo libero. Sempre più persone vedono il proprio veicolo come una postazione di lavoro o come una continuazione su ruote della propria dimora. Ciò comprende la lettura delle e-

[175] T. Ernst, K. Uehara, *Connecting Automobiles to the Internet*, ITST: 3rd International Workshop on ITS Telecommunications, Seoul, South Korea, November 2002.

mail, l'intrattenimento con videogiochi, il navigare sul web, guardare un programma TV, ascoltare la radio, qualora lo svolgimento di queste attività fosse possibile".[176]

Le possibilità, derivanti dalla connessione dei veicoli alla rete, diventerebbero, inoltre, doppiamente efficaci: non solo i conducenti dei veicoli riuscirebbero ad accedere alle informazioni in internet, ma, al tempo stesso, i veicoli, attraverso internet, potrebbero inviare informazioni sul loro tragitto e sull'ambiente circostante. Per fare sì che questo duplice flusso informativo tra conducenti e infrastruttura sia non solo efficace, ma anche efficiente, T. Ernst e K. Uehara elencano alcune caratteristiche connettive del sistema di comunicazione, tra cui:[177]

- La necessaria presenza di un sistema *in-vehicle* (interno al veicolo) di comunicazione.
- La connessione permanente alla rete internet (eliminando le cause alla base delle eventuali interruzioni di servizio).
- Un sistema di comunicazione Wireless e capacità di un veloce *Handover* (nel gergo della telefonia e delle reti wireless, per *Handover* s'intende la procedura che permette il passaggio da un punto di accesso a un altro punto distanziato fisicamente).
- La previsione di un sistema di *Handover* verticale. Ciò presuppone il funzionamento di sistemi comunicativi differenti in contemporanea (ad esempio la possibilità di ricevere e inviare traffico dati utilizzando allo stesso tempo la tecnologia Bluetooth e la comunicazione tramite reti wi-fi, piuttosto che UMTS o altri sistemi di trasmissione dei dati).
- L'assicurare la scalabilità e la flessibilità del sistema di comunicazione, dato che esso potrebbe in futuro trovarsi a gestire anche alcune miliardi di veicoli.

Date le caratteristiche che il sistema dovrebbe essere in grado di garantire ai propri utenti, si può immaginare una doppia strada per la progettazione dell'architettura hardware e software e dei protocolli e degli standard di comunicazione necessari per il suo corretto funzionamento. La prima scelta prevede la semplice implementazione, all'interno dell'attuale rete di comunicazione, del flusso di dati proveniente dalle vetture connesse alla rete, predisponendo corretti canali e frequenze comunicative. Tale soluzione, seppure più immediata, non solo non

[176] T. Ernst, K. Uehara, 2002, op. cit.
[177] T. Ernst, K. Uehara, 2002, op. cit.

garantisce la scalabilità del sistema (poiché risulterebbe inefficace qualora si verificassero colli di bottiglia informativi sulla rete), ma limita fortemente le possibilità economiche, sociali e culturali ottenibili dalla connessione a internet dei veicoli. La seconda possibilità è rappresentata dalla scelta di sviluppare una rete ad hoc definita VANET (Vehicle Ad-hoc Network). Tale rete, utilizzando i singoli veicoli come nodi, permetterebbe la comunicazione tra vetture in un dato raggio (comunicazione Vehicle to Vehicle – V2V) oltre che la comunicazione con sensori posti lungo la carreggiata e la struttura stradale (comunicazione Vehicle to Roadways – V2R) assicurando l'applicazione di diverse soluzioni concernenti la sicurezza stradale, l'assistenza al conducente e l'accesso a internet.[178] In tale network la conoscenza della posizione in tempo reale del veicolo è una delle assunzioni fondamentali, poiché in VANET i veicoli stessi diventano contemporaneamente nodo della rete e oggetto della comunicazione, attraverso normali strutture di collegamento internet come i punti di accesso Wi-Fi pubblici, la rete 3G, lo standard di comunicazione WiMAX, o altri standard e strutture disponibili.[179]

Nei prossimi paragrafi esamineremo i benefici che il network VANET può assicurare tramite la sua implementazione nei veicoli.

3.3.1 I sistemi di comunicazione e la sicurezza stradale

In situazioni di emergenza, il conducente di un veicolo, solitamente, fa affidamento sull'accensione delle luci frenanti posteriori del veicolo che immediatamente lo precede per decidere i tempi e i modi di frenata da applicare. Nella tipica situazione di viabilità stradale, questo metodo per evitare scontri derivanti da eventi eccezionali, si rivela spesso poco efficace. Per ampliare il controllo sulla strada, il conducente può scegliere se concentrarsi sul veicolo immediatamente precedente al suo, o aumentare il suo campo visivo concentrandosi su eventuali pericoli e imprevisti che potrebbero verificarsi lungo la strada davanti a sè, riducendo però la distanza che intercorre con il veicolo più vicino. Il tempo medio di reazione umano in strada, nei casi in cui accada un evento imprevisto, è compreso tra gli 0,75 e gli 1,5 secondi.[180] Nei casi in cui il traffico stradale sia denso, l'effetto cumulativo dei tempi di

---

[178] A. Boukerche et al., *Vehicular ad hoc networks: A New Challenge for Localization-based Systems*, Computer Communications, Vol. 31, No. 12, pp. 2838 - 2849, 2008.

[179] M. Gerla, L. Kleinrock, *Vehicular Networks and the Future of the Mobile Internet*, Computer Networks, Vol. 55, No. 2, pp. 457 - 469, 2011.

[180] S. Biswas et al., *Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety*, Communications Magazine, IEEE, Vol. 44, No. 1, pp. 74 – 82, 2006.

reazione individuali, aumenta la probabilità del verificarsi di un errore umano. Il risultato in questo caso sarebbe un tamponamento multiplo che coinvolgerebbe diverse vetture.[181]
Immaginiamo la situazione secondo cui tre veicoli, A, B e C, procedano alla medesima velocità di 35 metri al secondo (m/s) lungo la medesima carreggiata (**Figura 22**).

Fig. 22 – Andatura dei veicoli secondo l'esempio proposto; Fonte: X. Yang et al., 2006, op. cit.

Nella situazione in cui un evento eccezionale e non prevedibile si frapponga sulla marcia di A, il conducente frenerà repentinamente, arrestando la marcia. Chiameremo tale momento t_0. Ipotizzando che il conducente di B non può ricevere informazioni dell'evento accaduto se non dall'accensione dei fari posteriori dei freni del veicolo A, e ipotizzando un tempo di reazione per B di 1 s, l'incidente non potrà essere evitato se la distanza tra A e B è inferiore ai 35 m. Nel caso in cui il conducente C non fosse nella condizione di vedere direttamente l'accensione delle luci posteriori di A, egli dovrà affidarsi all'accensione delle luci di B che avverranno nel momento t_0 + 1s. Ipotizzando anche per C un tempo di reazione di 1s, la distanza a cui si dovrà trovare C, per evitare una collisione, sarà di 35 m da B e di 70 m da A.[182] In sintesi, per C essere più lontano da A rispetto al veicolo B non comporta una maggiore probabilità di evitare una collisione, e ciò a causa di due motivi:

- La limitazione della visuale sulle luci posteriori dei freni.
- Il ritardo nell'individuazione del pericolo dovuta ai tempi di reazione dei singoli conducenti.

L'implementazione nel sistema di guida di un apparecchio che permetta la connessione tra i veicoli coinvolti, consente la trasmissione immediata, tramite un network di cui i veicoli sono i nodi, dell'informazione riguardante il pericolo non solo al conducente prossimo, ma, anche, a tutti gli altri conducenti entro un certo raggio. La tecnologia Vehicle to Vehicle intende

[181] S. Biswas et al., 2006, op. cit.
[182] X. Yang et al., *A Vehicle-to-Vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning*, Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004, MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on, IEEE, pp. 114-123, August 2004.

proprio raggiungere questo risultato, aumentando la sicurezza degli utenti della strada. Continuando il ragionamento precedente, un sistema di comunicazione V2V, invierebbe automaticamente da A un messaggio ai veicoli B e C, con un lievissimo ritardo, informando velocemente i conducenti del proprio arresto improvviso. In tal caso C avrebbe ottime chances di evitare collisioni grazie ad una pronta reazione e B beneficerebbe dell'avviso qualora la visibilità fosse scarsa o il conducente fosse distratto.[183] In questo modo le tecnologie V2V permettono di ridurre il rischio di tamponamenti singoli e multipli, aumentando la sicurezza dei conducenti. Il meccanismo funzionerebbe altrettanto bene nel caso in cui i veicoli fossero molteplici e avanzassero lungo entrambi i lati della carreggiata(**Figura 23**). Ipotizzando un'ampia diffusione di tale tecnologia in tutti i veicoli di nuova generazione, l'effetto di trasmissione passerebbe da un nodo all'altro della rete e giungerebbe ai conducenti interessati con un largo anticipo rispetto al verificarsi della situazione di pericolo.

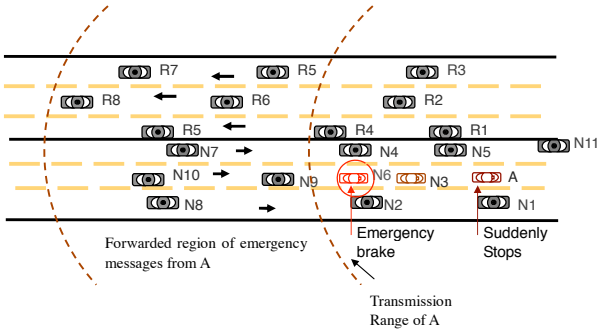

Fig. 23 – Raggio di funzionamento di un possibile avviso V2V; Fonte: X. Yang et al., 2006, op. cit.

Allo stesso modo i protocolli di comunicazione Vehicle to Roadside (V2R) funzionano secondo la medesima procedura, ma, all'interno della rete, anche gli elementi della carreggiata quali semafori, cartelli, lampioni, guardrail, ecc. sono da considerarsi nodi del network, equipaggiandoli necessariamente con apparecchiature utili alla trasmissione e ricezione di informazioni. Le possibilità in questo senso prevedono, ad esempio, di inviare messaggi ai conducenti qualora un semaforo nelle vicinanze stia per diventare rosso, in prossimità di una curva pericolosa, di un restringimento della carreggiata, di possibili lavori in corso o di altre importanti informazioni riguardanti la viabilità e la sicurezza stradale (**Figura 24**).

[183] X. Yang et al., 2006, op. cit.

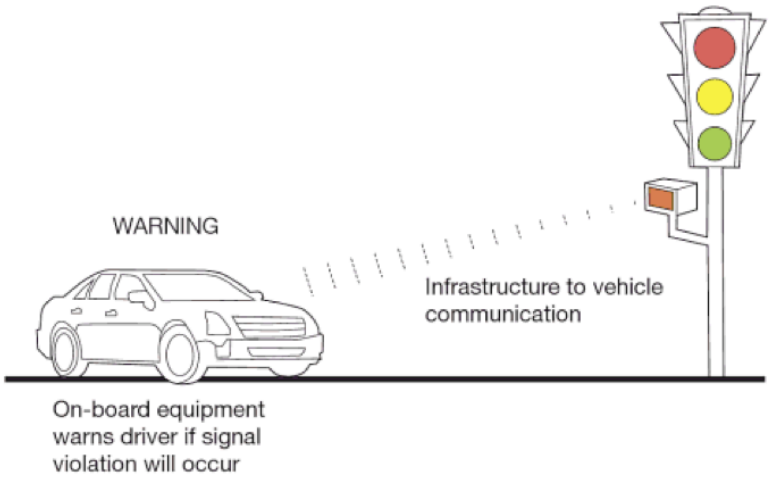

Fig. 24 – Sistema di comunicazione V2R; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

L'utilizzo del network ad hoc VANET permette l'applicazione di diversi accorgimenti inerenti la sicurezza stradale. Negli ultimi anni diversi protocolli di comunicazione sono già stati adibiti per permettere la trasmissione della informazioni tra le apparecchiature incaricate di svolgere questi compiti. Tra i principali protocolli ricordiamo:

- *Dedicated Short Range Communication* (DSRC) è uno standard di comunicazione a 75 MHz di spettro nell'intorno dei 5,9 GHz, assegnato dalla Federal Communications Commission (FCC), nell'Ottobre 1999, al fine di aumentare la sicurezza dei conducenti, ridurre le emissioni inquinanti e continuare a far progredire l'economia nazionale.[184]
- IEEE 802.11 è invece un secondo standard di comunicazione, comunemente usato nell'intorno dei 2,4 GHz dello spettro elettromagnetico. Tale standard è quello adottato dalla *Wi-Fi Alliance*[185], organizzazione entro la quale si raggruppano i principali produttori di hardware per le telecomunicazioni (come a esempio Cisco, Netgear, Nokia, Intel, Broadcom, Philips, Asus, ecc.).

3.3.2 Rete ad hoc per i veicoli e accesso internet

Sebbene la sicurezza e l'incolumità degli utenti della strada siano la prima preoccupazione, e che quindi l'avvento delle tecnologie V2V e V2R sia uno dei punti più importanti

[184] Q. Xu et al., *Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC*, Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks, ACM, pp. 19 – 28, October 2004.
[185] Wi-fi Alliance - http://www.wi-fi.org/

nell'implementazione della rete mobile nei veicoli, è riduttivo supporre che l'applicazione di tecnologie di trasmissione tanto efficaci ed efficienti si limiti a garantire tali obiettivi. Le potenzialità economiche e sociali offerte dalla connessione delle vetture a internet, sta per aprire un ricco mondo di contenuti digitali agli utenti della strada. In conformità a una condivisione dei dati Peer to Peer, possiamo aspettarci che la diffusione della comunicazione mobile ai veicoli permetterà di:[186][187]

- Aumentare le possibilità di download di contenuti multimediali, attraverso la loro condivisione tramite un sistema Peer to Peer. Il risultato sarebbe una struttura di '*Car torrent*', nel senso che ogni auto non possiederebbe l'intero file ma solo piccole parti di esso. Attraverso l'infrastruttura wi-fi e i punti di accesso, liberamente messi a diposizione delle autorità, sarebbe possibile trasferire contenuti multimediali, anche di diversi gigabyte, tra i veicoli facenti parte della rete VANET. Ogni vettura completerà il file desiderato, selezionando i torrent necessari presenti in rete, combinando automaticamente i pezzi mancanti e fornendo al conducente un file completo, ricalcando esattamente il funzionamento dei software per la condivisione di file tramite l'utilizzo di torrent (**Figura 25**).

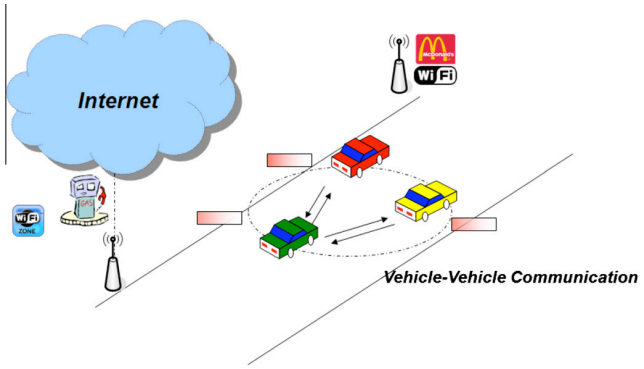

Fig. 7 – Schema di funzionamento del Car torrent; Fonte: M. Gerla, L. Kleinrock, 2011, op. cit.

- Creare nuove possibilità commerciali per la pubblicizzazione e commercializzazione di prodotti e servizi, proposti nelle prossimità della rete stradale, tramite un sistema di '*AD Torrent*' (Advertising Torrent). Immaginiamo un conducente che, transitando

[186] M. Gerla, L. Kleinrock, 2011, op. cit.
[187] J. T. Isaac et al., *A Secure Vehicle-to-Roadside Communication Payment Protocol in Vehicular ad hoc Networks*, Computer Communications, Vol. 31, No. 10, pp. 2478 – 2484, 2008.

lungo una strada cittadina possa ricevere, tramite il medesimo procedimento visto in precedenza per la condivisione di contenuti, informazioni visuali, corredate di file sonoro, sui prezzi del negozio d'angolo, i trailer cinematografici degli spettacoli in cartellone nel cinema di quartiere, la disponibilità di parcheggi e la loro localizzazione lungo la strada, offerte e sconti di ristoranti e altri punti di ristoro ecc. L'AD torrent rifornirebbe i veicoli di passaggio di tutte queste informazioni, utilizzando i punti di accesso wi-fi disponibili lungo la carreggiata e trasmettendo sotto forma di torrent i file all'interno degli abitacoli.

- Ottenere la possibilità di usufruire dei social network in qualunque momento, anche durante la marcia del veicolo, trasmettendo ad amici e conoscenti informazioni sul tragitto, luoghi visitati, eventuali problemi incontrati ecc. Al tempo stesso ciò permetterebbe la connessione simultanea di più veicoli mantenendo rapporti sociali faccia a faccia tramite l'utilizzo di chat e videochat con chiunque possegga la medesima tecnologia all'interno della struttura del proprio veicolo.
- Dare l'opportunità di concludere transazioni on-line inerenti all'ambiente circostante. Ad esempio, nelle stazioni di ricarica, una volta effettuato il rifornimento, qualora il veicolo si potesse connettere digitalmente al terminale della stazione, il pagamento potrebbe essere portato a termine tramite carta di credito, senza neppure scendere dal veicolo. Allo stesso modo si potrebbe effettuare una spesa al negozio all'angolo, o prenotare le poltrone per lo spettacolo serale del teatro. L'attuazione di questa modalità richiederebbe la definizione di alcuni ruoli informatici prestabili (**Figura 26**).

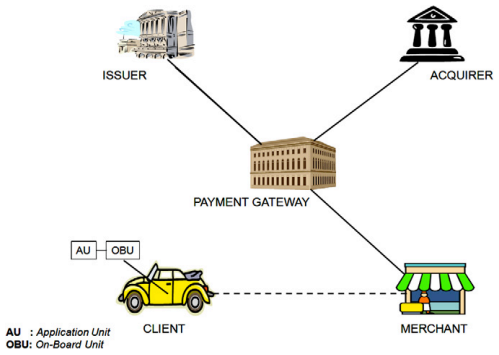

Fig. 26 – Soggetti coinvolti nel sistema di pagamento tramite VANET; Fonte: J. T. Isaac et al., 2008, op. cit.

Tali ruoli saranno: il cliente (cioè il conducente dell'auto, rappresentato univocamente dall'unità hardware di trasmissione integrata nel veicolo), il negoziante (fisicamente inteso o,

nel caso di contenuti immateriali come musica o film a pagamento, virtuale), un acquirente (*Acquirer*, cioè l'istituzione finanziaria del negoziante che controllerà la veridicità dei dati trasmessi dal cliente), un emittente (*Issuer*, cioè l'istituzione finanziaria del cliente, che procederà ad effettuare il pagamento elettronico tramite i dati di carta di credito) e un gateway di pagamento, cioè una terza entità finanziaria che assicurerà e verificherà l'andamento della transazione economica.

I notevoli aspetti positivi concernenti la sicurezza (paragrafo §3.3.1) e le nuove possibilità (elencati in questo paragrafo) date dall'implementazione della rete VANET nell'infrastruttura stradale e nei veicoli, non devono comunque far passare in secondo piano la questione della sicurezza telematica. Oggigiorno, infatti, dati e informazioni personali viaggiano sulle linee di telecomunicazione e, consapevolmente o inconsapevolmente, molti di essi possono essere recepiti da soggetti estranei. Basti pensare alle mappature derivanti dalla *Digital Footprint*, cioè l'impronta digitale che ognuno di uno lascia automaticamente nel momento in cui utilizza la rete. Queste informazioni possono essere:

- volutamente condivise e portate all'attenzione di altri soggetti; per esempio, tramite la pubblicazione di foto o altri contenuti multimediali sui Social network.[188,189]
- inconsapevolmente sottratte, comunque in maniera legale da soggetti pubblici e privati.[190]

E' importante capire come sia strettamente necessario difendere la riservatezza e la non accessibilità alla propria impronta digitale da eventuali attacchi esterni. Oltre alla possibilità di una violazione della privacy personale, la questione riguarda anche l'aspetto della sicurezza personale e collettiva.[191] A. G. Camek et al. suddividono i rischi e gli attacchi derivanti da un mancato o debole controllo sull'infrastruttura VANET, a seconda della tipologia dell'*Attacker*, cioè sulla base delle abilità possedute dal soggetto non autorizzato che tenta di

[188] T. Rattenbury et al., *Towards Automatic Extraction of Event and Place Semantics from Flickr Tags*, Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, ACM, pp. 103-110, July 2007.
[189] F. Girardin et al., *Digital Footprinting: Uncovering Tourists with User-generated Content*, Pervasive Computing, IEEE, Vol. 7, No. 4, pp. 36 - 43, 2008.
[190] R. A. Becker et al., *A Tale of one City: Using Cellular Network Data for Urban Planning*, Pervasive Computing, IEEE, Vol. 10, No. 4, pp. 18 - 26, 2011.
[191] M. Gerla, L. Kleinrock, 2011, op. cit.

impossessarsi di informazioni e dati, personali e collettivi, riguardanti la rete ad hoc, creata per il traffico dati tra veicoli e tra veicoli e infrastruttura viaria (**Tabella 4**).[192]

Classe di Abilità	**Classe A**	**Classe B**	**Classe C**	**Classe D**
'Automotive' Knowledge	Medio	Alto	Alto	Medio
IT Knowledge	Basso	Medio	Alto	Alto
Equipaggiamento tecnico	Basso	Medio	Medio	Alto
Risorse finanziarie	Basso	Basso	Medio	Alto
Possibili ruoli	Piccoli criminali, Proprietari di veicoli simili, Vandali	Meccanici, Produttori di parti componenti	Sviluppatori di applicazioni, Hacker	Organizzazioni terroristiche, Crimine Organizzato

Tab. 4 – Classificazione dei possibili Attackers del sistema sulla base delle capacità possedute; Fonte: A. G. Camek et al., 2013, op. cit.

Sulla base delle loro abilità e competenze i possibili Attackers del network ad hoc per i veicoli possono essere suddivisi in 4 classi:[193]

- Classe A; soggetti tecnicamente impreparati che cercano di compiere piccoli furti e attacchi alle periferiche e alle applicazioni hardware per rivendere gli apparecchi o installarli su altri veicoli. In tale categoria gli autori fanno rientrare anche conducenti di veicoli simili (che potrebbero non voler sostenere costi aggiuntivi per procurarsi un hardware più efficiente) e vandali (il cui scopo è imprecisato).
- Classe B; soggetti tecnicamente poco dotati, che hanno già provato ad attaccare sistemi deboli e mal protetti dimostrando astuzia ed esperienza nella tipologia di attacco. Il possesso di alcuni specifici utensili li favorisce nel loro intento. Oltre a sottrarre hardware, possono essere intenzionati a generare volutamente errori nel sistema, provocando incidenti o danni manomettendo le apparecchiature.
- Classe C; soggetti dotati di grandi competenze e conoscenze tecnologiche, si avvalgono spesso di soggetti appartenenti ad altre classi. Usualmente progettano e

[192] A. G. Camek et al., *Future Cars: Necessity for an Adaptive and Distributed Multiple Independent Levels of Security Architecture*, Proceedings of the 2nd ACM International Conference on High Confidence Networked Systems, ACM, pp. 17 – 24, April 2013.
[193] A. G. Camek, 2013, op. cit.

mettono in atto attacchi rivolti non tanto a danneggiare un singolo conducente ma piuttosto intere aziende e compagnie, dimostrando ad esempio l'inadeguatezza di queste ultime a prevenire tali comportamenti, mettendone in discussione l'affidabilità.

- Classe D; soggetti altamente specializzati, in possesso di grandi risorse finanziarie e tecniche. L'obiettivo di questa categoria di soggetti è massimizzare l'impatto delle loro azioni nuocendo ai passeggeri dei veicoli e ad altre persone, massimizzando il loro tornaconto personale in termini economici o di terrore generato.

Dunque, si preannuncia necessaria un'ampia attività di ricerca e sviluppo per poter presentare un'architettura informatica di sicurezza che, tenendo conto delle possibili intenzioni degli *Attackers*, tuteli preventivamente gli utenti della strada, non permettendo l'accesso di tali soggetti alle comunicazioni V2V, V2R e VANET in generale. Da questo punto di vista le certificazioni digitali, le firme elettroniche, l'inaccessibilità, anche fisica, alla rete senza autorizzazione o comunque senza identificazione saranno i campi di sviluppo futuro, per quanto riguarda la sicurezza delle reti ad hoc per la comunicazione tra veicoli (e tra veicoli e infrastruttura stradale).[194]

3.3.3 Il concetto di guida autonoma nei nuovi veicoli

I vantaggi derivanti dall'implementazione di internet all'interno dei veicoli concernono sia l'aspetto della sicurezza, grazie alle tecnologie V2V e V2R, sia l'aspetto dell'intrattenimento, tramite la condivisione peer-to-peer dei contenuti multimediali, attraverso un network di comunicazione in cui i veicoli fungono da nodi. Entro il 2016, la maggioranza dei consumatori del maturo mercato dell'automotive, considererà l'accesso alla rete da parte dei veicoli come uno degli aspetti discriminanti per la scelta d'acquisto. Inoltre, da un recente sondaggio, è emerso come, mentre solo il 15% degli intervistati nella categoria tra i 45 e i 64 anni sacrificherebbe la propria auto pur di avere accesso alla rete internet, ben il 46% degli intervistati nella categoria tra i 18 e i 24 anni, sceglie di connettersi ad intenet piuttosto che possedere un veicolo.[195]

A proposito di ciò, T. Koslowsky afferma che:[196]

---

[194] M. Gerla, L. Kleinrock, 2011, op. cit.

[195] T. Koslowsky, *Your Connected Vehicle is Arriving*, Technology Review, http://www. technologyreview. com/business/39407, January 2012.

[196] T. Koslowsky, 2012, op. cit.

> "Poiché i veicoli del futuro saranno connessi in un network – che sia internet o un'altra soluzione – nuove tendenze tecnologiche e sociali ridefiniranno il trasporto. Ciò che è certo è che le vetture del futuro forniranno un'esperienza che andrà ben oltre il semplice guidare. […] I veicoli faranno molto di più che trasportare i passeggeri dal punto A al punto B. Il mio veicolo personale del futuro starà attento alla strada al posto mio, mi intratterrà, si assicurerà che io non arrivi in ritardo agli appuntamenti."

Sembra quindi che anche l'industria dell'auto stia entrando in una fase di innovazione significativa, simile a quella che ha evoluto il concetto di telefonia tramite lo sviluppo degli smart phone. I veicoli per il trasporto di persone diventeranno connessi permettendo ai loro conducenti di accedere, consumare e creare informazione digitale, condividendo contenuti con altri passeggeri e con l'infrastruttura pubblica.[197]

Ma come sarà possibile per i conducenti sfruttare e godere appieno dell'innovazione relativa alla connessione alla rete dei veicoli se essi saranno impegnati a condurre il mezzo? La risposta arriva da un'altra innovazione strettamente connessa con il concetto di network di veicoli: la guida automatica.

Nel 2003 l'agenzia Statunitense DARPA[198] (Defense Advanced Research Projects Agency) ha annunciato e organizzato la prima edizione della DARPA Grand Challenge[199], una competizione il cui fine era di premiare, offrendo milioni di Dollari ai vincitori, il migliore prototipo di autoveicolo dotato di un sistema di guida automatica. Alla competizione parteciparono più di 100 team scientifici, provenienti dai dipartimenti di robotica e meccanica dei più importanti e prestigiosi atenei del mondo, ma nessuno di essi riuscì a vincere il premio poiché nessun veicolo completò il percorso studiato dai tecnici del DARPA. Una seconda competizione, sulla falsa riga di quella avvenuta l'anno precedente, si tenne il 13 Marzo 2004. Il team della Stanford University riuscì a presentare l'unico veicolo in grado di completare il percorso proposto utilizzando un sistema di guida completamente automatizzato, in un tempo totale di 6 ore e 53 minuti, consentendo al suo team di vincere i due milioni di Dollari in contanti di premio.[200]

Nel 2007, il Grand Challenge ha portato la competizione su un livello più alto. La sfida, tenutasi il 3 Novembre nel George Air force Base di Victorville in California, non richiedeva

---

[197] T. Koslowsky, 2012, op. cit.
[198] Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA - http://www.darpa.mil/
[199] DARPA Grand Challenge - http://archive.darpa.mil/grandchallenge/
[200] G. Seetharaman et al., *Unmanned Vehicles Come of Age: The DARPA Grand Challenge*, Computer, Vol. 39, No. 12, pp. 26 – 29, 2006.

più lo svolgimento, da parte dei veicoli, di un semplice tragitto preimpostato, ma la capacità di adattarsi prontamente a eventuali situazioni impreviste come un attraversamento improvviso della strada, un sorpasso, un parcheggio e molte altre azioni che giornalmente tengono impegnato un conducente in carne e ossa in mezzo al traffico cittadino. Ben 6 veicoli di team differenti sono riusciti a concludere la corsa, ma il vincitore è stata la Chevrolet Tahoe, chiamata "BOSS" (**Figura 27**), del team della Carnagie Mellon University di Pittsburgh in Pennsylvania.[201]

Fig. 8 – BOSS, la Chevy Tahoe della Carnagie Mellon University durante il DARPA Grand Challenge 2007; Fonte: C. Urmson, W. Whittaker, 2008, op. cit.

Il Dott. C. Urmson, capo progetto di BOSS alla Carnagie Mellon University, lavora oggi per Google all'interno del progetto di sviluppo della *Google Driverless Car*. Il team che Google ha assoldato per tale progetto conta ben 15 ingegneri vincitori del DARPA Grand Challenge.[202]

La Google Car a oggi ha percorso già 140.000 miglia sotto la supervisione di un conducente e ben 1.000 miglia in completa autonomia. Uno dei prototipi dell'azienda di Mountain View ha percorso l'intera Lombard Street di San Francisco in completa autonomia, dal punto di vista della guida.[203] Google ritiene che i benefici della guida automatica siano molteplici: non solo un conducente robotico reagisce più prontamente rispetto a uno in carne e ossa ma possiede

[201] C. Urmson, W. Whittaker, *Self-driving Cars and the Urban Challenge*, Intelligent Systems, IEEE, Vol. 23, No. 2, pp. 66 – 68, 2008.
[202] S. Kirk, *Look's Who's Driving Now*, 2012.
[203] J. Markoff, *Google Cars Drive Themselves , in Traffic*, The New York Times, 2010.

anche una percezione a 360°, non può essere soggetto a colpi di sonno, distrazioni o intossicazioni da sostanze quali alcool e droghe. Riducendo dunque il numero d'incidenti e di imprevisti tramite l'applicazione della guida automatica, i veicoli possono diventare più leggeri e più sicuri.[204] Anche gli altri maggiori produttori del campo dell'automotive (come BMW e Toyota) si stanno muovendo per rendere realtà la guida autonoma dei veicoli.[205]
Dunque:

- sensori; quali fotocamere, rilevatori di movimento, di odori e di suoni, radar, apparecchiature fotosensibili ecc., simili a quelli presenti sulle auto installate sui veicoli partecipanti agli eventi DARPA, coordinati da elaborati software che tengano in considerazione possibili imprevisti dovuti all'intensità del traffico,
- rete mobile VANET (o sue alternative), atta a trasmettere dati e informazioni tra veicoli o all'infrastruttura viaria, oltre che a posizionare geo-localmente il veicolo tramite un costante flusso di dati GPS,

rappresentano le due componenti fondamentali delle tecnologie concernenti la guida autonoma dei veicoli. Ciò comporterebbe un passo innovativo rivoluzionario per l'industria automobilistica e per il sistema di trasporto. La gestione del veicolo da parte del software di guida, coordinato con le tecnologie V2V e V2R con gli altri veicoli e con la strada stessa, permetterà in futuro di viaggiare su quattro ruote in completa sicurezza. Al medesimo tempo il conducente, sceglierà se guidare direttamente l'auto o diventare un semplice passeggero del veicolo, usufruendo delle possibilità date dalla trasmissione dati Peer-to-Peer tra i veicoli formanti la rete (**Figura 28**).

Fig. 9 – Ipotesi di veicolo dotato di guida manuale e automatica; Fonte: Y. Kim, 2013, op.cit.

[204] J. Markoff, 2010, op. cit.
[205] G. Seetharaman, 2006, op. cit.

Diverse polemiche stanno nascendo sull'imputabilità di eventuali incidenti provocati da veicoli condotti secondo guida automatica. Sebbene le problematiche addotte siano legittime, non ci si dimentichi come anche l'auto stessa all'inizio fosse stata osteggiata. Come probabile, un normale processo legislativo stabilirà a tempo debito le responsabilità oggettive di eventuali malfunzionamenti del software o di altri componenti facenti parte l'architettura della guida automatica.

In questa sede è più opportuno rimarcare, invece, come l'innovazione tecnologica sottesa alla guida automatica, alla comunicazione peer-to-peer dei veicoli e alle tecnologie V2V e V2R si adatti perfettamente alla rivoluzione del sistema di trasporto personale propugnata dagli USVs. Anche le problematiche legislative sopra elencate sarebbero attenuate nel caso in cui i veicoli fossero non solo più leggeri (grazie all'alimentazione elettrica) ma anche meno potenti e veloci, dovendo soddisfare i bisogni di una mobilità urbana. E', inoltre, in fase di studio la possibilità di dedicare apposite corsie di scorrimento 'Smart' lungo le quali gli USVs possano effettuare la loro marcia (**Figura 29**).

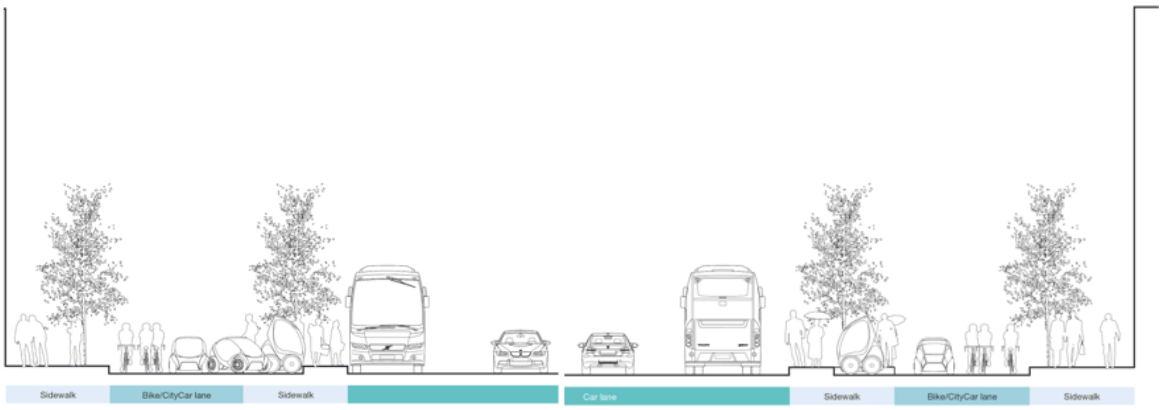

Fig. 29 – Corsie 'Smart' dedicate agli USV; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Tali corsie 'Smart' permetterebbero agli USVs, qualora essi fossero dotati di guida automatica, di circolare fluidamente, mentre i conducenti si rilasserebbero al loro interno. In aggiunta se le corsie 'Smart' contemplassero una predisposizione a soluzioni con ricarica induttiva (simili a quelle proposte dal KAIST), ciò permetterebbe la ricarica dei veicoli durante la loro stessa marcia.

3.4 Un modello per l'utilizzo pubblico-privato degli USV

Nel paragrafo §3.1.1 si è parlato delle positività date dallo sviluppo intermodale della rete di trasporto di persone. In particolare, l'integrazione nell'utilizzo di mezzi di trasporto collettivi, quali autobus e treno, e mezzi semi-privati, quali biciclette e auto, noleggiati tramite car sharing o facenti parte di un servizio taxi, sembra essere la soluzione più conveniente per lo sviluppo dell'intermodalità. Alla luce delle possibili caratteristiche attribuibili alla nuova generazione di veicoli USV, l'integrazione di questi ultimi al posto del noleggio della normale auto, renderebbe ancor più efficiente il trasporto intermodale e risolverebbe alcune resistenze che trattengono gli utenti dei mezzi pubblici ad affidarsi ai servizi di car sharing.
Tali problemi, generalmente, sono:[206]

- la mancanza di punti di accesso al servizio di car sharing, in tutta la rete viaria.
- costi di iscrizione al servizio troppo alti, in particolare nei casi in cui sia prevista una tassa annuale di iscrizione.
- le difficoltà e la perdita di tempo nei casi in cui le prenotazioni siano molteplici e frequenti.

I precedenti problemi sottintendono una visione ancora auto-centrica. L'utilizzo degli USV, in un'ottica di intermodalità, al contrario, risolverebbe molteplici problemi. Per prima cosa, il motore elettrico, permette di progettare veicoli più leggeri, con carrozzerie minimali e quindi più facilmente stipabili in parcheggi di dimensioni ridotte. L'utilizzo di una tecnologia di propulsione a batteria permetterebbe inoltre di trattare i veicoli come "carrelli della spesa", progettando la possibile configurazione della parte anteriore e posteriore del veicolo, come un gioco di incastri (**Figura 30**).[207] Ciò consentirebbe una minimizzazione degli spazi necessari ancor più marcata, facilitando al tempo stesso la ricarica (induttiva o conduttiva dei veicoli) e un insediamente sul territorio con un maggior numero di stazioni per il noleggio e la restituzione dei veicoli.
Inoltre, immaginando l'utilizzo degli USV da parte di persone che hanno appena effettuato un viaggio su di un mezzo pubblico, si può ipotizzare un servizio di Smart Card utilizzabile non

[206] S. Shaheen, *Pooled Cars*, escolarship.org, 1999.
[207] W. Lark Jr., *City-Car: Optimizing Vehicle and Urban Efficien.cies through a Shared Adaptive Platform,* Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 2005.

solo per l'acquisto dei titoli di viaggi tradizionali, ma utile anche per il noleggio dei veicoli di nuova generazione, portando ad automatizzare la procedura di noleggio degli stessi.

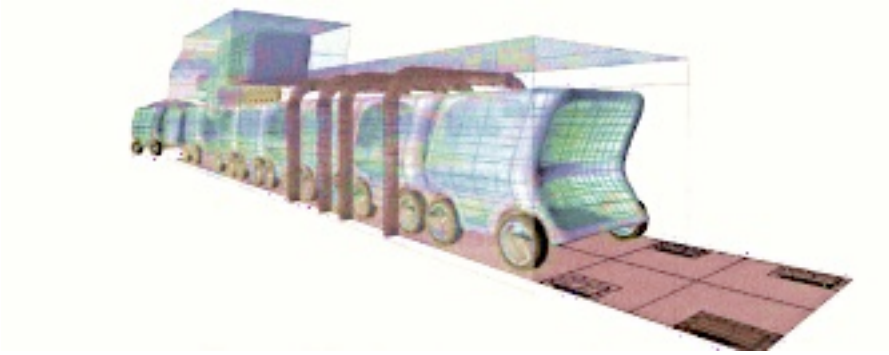

Fig. 30 – Sistema "a carrello di supermercato" per la sosta degli USV; Fonte: W. Lark Jr., 2005, op. cit.

Le Smart Card non sono una novità nel campo del trasporto; in molte città asiatiche (ma anche a Londra con l'uitlizzo della Oyster Card[208]) un'unica carta ricaricabile viene utilizzata per concludere il pagamento di tutti i mezzi di trasporto cittadini.[209] L'utilizzo di Smart Card, in definitiva, semplificherebbe l'accesso ai veicoli e faciliterebbe la gestione dei flussi informativi per il management e l'amministrazione delle compagnie di trasporto.
Per M. Sheller e J. Urry l'implementazione di questi accorgimenti basati sull'utilizzo degli USV in forma pubblica, tramite il car sharing, permetterà alle persone di viaggiare più facilmente e ripristinerà la civiltà degli spazi pubblici all'aperto che sono stati distrutti dai flussi di traffico e dalla frammentazione dei luoghi dovuta all'automobilizzazione.[210] Per T. Koslowsky, nel giro di 4 anni, il 10 % della popolazione preferirà condividere i veicoli piuttosto che acquistarne di propri.[211] W. Lark Jr., invece, presenta un modello di condivisone dei veicoli articolato su più livelli (**Figura 31**). Il modello piramidale prevede 4 differenti modalità di utilizzo e possesso dei veicoli di nuova generazione. Alla base della piramide è ipotizzato un modello di utilizzo fruibile dall'intera popolazione, mentre, al crescere del costo per il loro mantenimento e uso, si ipotizzano soluzioni fruibili da popolazione sempre più ridotte: da un servizio di vicinato, fino ad un uso puramente privato e domestico.

[208] London Oyster Card, Transport for London - https://oyster.tfl.gov.uk/oyster/entry.do
[209] Blythe, P. T., Improving public transport ticketing through smart cards, Proceedings of the ICE-Municipal Engineer, Vol. 157, No. 1, pp. 47 – 54, 2004.
[210] M. Sheller, J. Urry, 2000, op. cit.
[211] T. Koslowsky, 2012, op. cit.

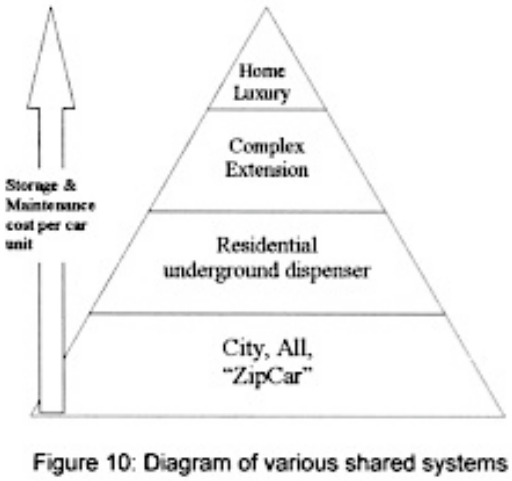

Fig. 31 – Sistema pubblico-privato per l'utilizzo della nuova generazione di veicoli; Fonte: W. Lark Jr.,

Nello specifico, le diverse modalità comprendono i seguenti livelli:

- *City, All*; Le stazioni per il noleggio potranno essere utilizzate da chiunque in qualunque momento; secondo necessità l'utente, riconosciutosi tramite la smart card personale, utilizzerà il primo veicolo della fila (secondo un'organiozzazione a Carrello della Spesa", **Figura 32**). Al momento della riconsegna, egli potrà lasciare il veicolo in qualunque stazione pubblico, all'interno della quale l'abitacolo sarà igienizzato e la batteria ricaricata, ponendo fine al noleggio. L'addebito per il costo di utilizzo sarà scalato automaticamente dalla Smart Card o dalla carta di credito.

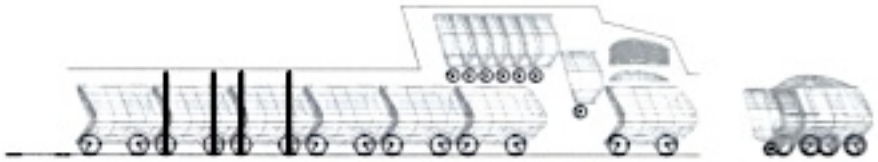

Fig. 32 – Stazione pubblica di sosta dei veicoli; Fonte: W. Lark jr., 2005, op. cit.

- *Residential Underground Dispenser*; Immaginiamo un parco veicoli inocrporato all'interno di un complesso residenziale o di un edificio abitativo. All'interno del contratto di affito o di vendita della proprietà è contemplata la possibilità di utilizzare i veicoli di proprietà di tutti i residenti del nucleo abitativo. In questo caso si può ipotizzare che al posto del comune posto auto, venga contemplata la possibilità di

interrare le stazioni per il noleggio dei veicoli, secondo una concezione simile a quella in **Figura 33**.

Fig. 33 – Stazione di posteggio interrata per un uso residenziale dei veicoli; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

- *Complex Extension*; simile alla precedente soluzione, prevede un parcheggio comune per i veicoli dei residenti di un particolare nucleo abitativo. Ma, mentre nel precedente esempio, l'utilizzo di uno dei veicoli piuttosto che di un altro era indifferente, in questo caso ad ogni residente corrisponde uno e un solo veicolo.
- *Home Luxury*; nel caso in esame il posteggio e il mantenimento del veicolo è completamente privato e l'USV viene equiparato ad un normale mezzo posseduto da un singolo proprietario.

Il problema di un modello pubblico di utilizzo condiviso dei veicoli di nuova generazione è la previsione di una soluzione non più Roundtrip (dove inizia il noleggio avviene anche la riconsegna del mezzo) ma, invece, un sistema a stazioni multiplo (Multiple Station Shared Vehicle Systems, MSSVS).[212] Il successo di un sistema di condivisione dei veicoli MSSVS sta nel bilanciare e prevedere l'utilizzo dei veicoli, le stazioni di partenza più utilizzate e quelle in cui il veicolo è più frequentemente reso alla struttura. Il sistema, infatti, non dovrebbe tralasciare mai di:[213]

- fornire prontamente i veicoli all'utenza,
- distribuire i veicoli tra le stazioni sulla base del futuro utilizzo,
- controllare la ricarica delle batterie e riassettare il veicolo tra un utilizzo e l'altro.

La possibile soluzione ai precedenti quesiti è duplice: da un lato, tramite l'analisi dei dati relativi alle Smart Card, si può prevedere facilmente i tassi di utilizzo delle singole stazioni, le

[212] M. Barth, M. Todd, Simulation Model Performance Analysis of a Multiple Station Shared Vehicle System, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 7, No. 4, pp. 237 - 259, 1999.
[213] M. Barth, M. Todd, 1999, op. cit.

ore di punta nelle richieste, i tragitti medi di riferimento ecc. e, al tempo stesso, si può indirizzare la domanda di veicoli affinché siano gli utenti stessi, durante la giornata, a ridistribuire i veicoli secondo le esigenze. Per ottenere tale risultato, W. J. Mitchell consiglia di premiare monetariamente, tramite, ad esempio, sconti sull'utilizzo dei diversi mezzi pubblici, gli utenti che nelle ore di punta rimetteranno al sistema il veicolo in una stazione altamente frequentata (**Figura 34**).[214] Il risultato sarebbe un sistema di prezzi flessibili per il noleggio dei veicoli, che premi chi utilizza stazioni secondarie e rifornisce stazioni primarie, tramite sconti registrabili sui futuri spostamenti.

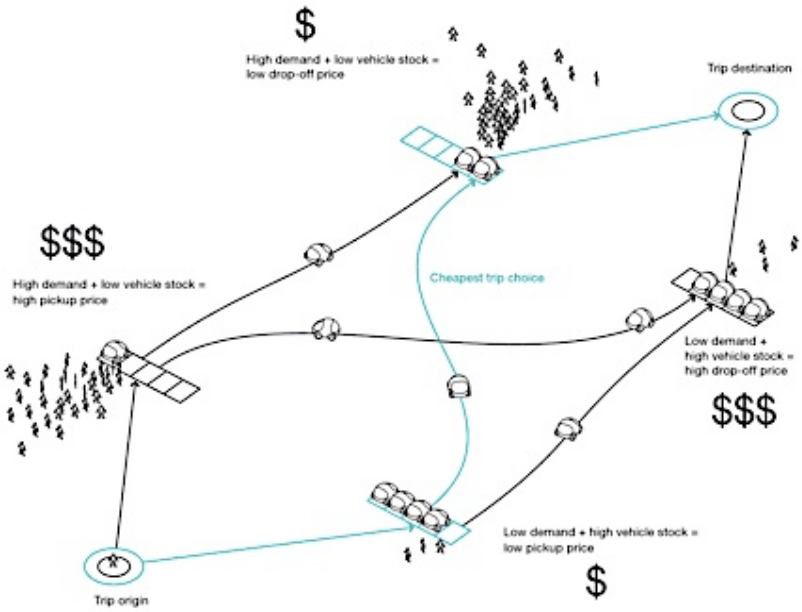

Fig. 34 – Sistema di prezzo flessibile per il noleggio dei veicoli; Fonte: W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

[214] W. J. Mitchell, 2010, op. cit.

Conclusioni

Le innovazioni presentate nei paragrafi §3.2 e §3.3 permettono di immaginare soluzioni di mobilità personale le cui potenzialità appaiono rivoluzionarie. L'implementazione, a livello di singoli veicoli e d'infrastruttura complessiva, delle soluzioni tecnologiche presentate configurano l'ipotesi di un cambiamento sostanziale delle abitudini e delle scelte di trasporto individuali, per quanto riguarda, in primo luogo, l'ambiente urbano e, contemporaneamente, anche l'intero tessuto di trasporto tra le città e le aree rurali.

Immaginiamo un normale pendolare che, abitando in un'area periurbana, debba servirsi di un mezzo di trasporto pubblico, alternativo all'auto privata, per raggiungere il luogo di lavoro, situato nei pressi del centro urbano. Sceso dal mezzo che l'ha portato nelle vicinanze dell'area cittadina (autobus, treno, metropolitano ecc.), il tragitto da compiere richiederebbe un ulteriore mezzo di mobilità personale che trasporti l'utente nelle prossime vicinanze dell'area di destinazione finale. Il lavoratore pendolare, munito di un comando remoto, che potrebbe benissimo essere lo stesso Smartphone in suo possesso, potrebbe richiedere automaticamente l'arrivo di un veicolo di nuova generazione, l'USV trattato durante i precedenti paragrafi. L'USV, essendo dotato non solo della possibilità di ricevere l'informazione riguardante il servizio di concierge richiesto tramite la sua connessione alla rete internet, si presenterebbe automaticamente nel punto della richiesta, essendo esso dotato di un sistema avanzato di guida automatica. Abbandonata quindi la stazione in cui era posteggiato, dotata di piastre per la ricarica induttiva e stazioni per la carica conduttiva della sua batteria, il veicolo potrà essere utilizzato dall'utente sia in modalità guida automatica, viaggiando nelle apposite corsie 'Smart' predisposte per il suo tragitto, sia in modalità manuale, qualora l'utente preferisca condurre personalmente il mezzo. Una volta arrivato a destinazione e sceso dal mezzo, l'utente potrà avviarsi direttamente all'interno del luogo di lavoro, predisponendo il parcheggio del veicolo tramite l'apposito comando remoto (lo Smartphone). Ipotizzando che le stazioni in cui il veicolo è posteggiato automaticamente, dotate delle tecnologie di ricarica delle batterie, siano alimentate da fonti rinnovabili, quali, per esempio, pannelli solari o impianti eolici, si comprende facilmente la portata innovativa del processo di mobilità appena esposto. Il concetto d'intermodalità esposto nel paragrafo 3.1.1 abbinato ai potenziali benefici a breve e lungo termine dei nuovi veicoli USV, sembra prefigurare un efficiente funzionamento della mobilità personale. Inoltre, le potenzialità offerte dall'utilizzo pubblico di tali veicoli, come prefigurato nel paragrafo 3.4, apre la strada per una completa

intermodalità tra i servizi di trasporto pubblico e la flessibilità mobile data dal precedente sistema dell'auto. La progettazione, all'interno del medesimo hub di trasporto, di una struttura di trasporto che congiunga l'uso di mezzi pubblici in senso stretto con l'utilizzo di USV messi a disposizione per tragitti privati, è la rivoluzione necessaria alle città per eliminare le problematiche derivanti dall'automobilizzazione e garantire un sistema di trasporto integrato che tenga conto delle future dinamiche urbanizzative.

Le tecnologie presentate appaiono realizzabili e i recenti investimenti di diversi attori pubblici e privati nello sviluppo delle stesse appare sempre più cospicuo. E' interessante notare, inoltre, come non siano solamente i grandi produttori dell'industria dell'automobile a tracciare lo sviluppo di questa nuova concezione di trasporto, ma siano piuttosto i giganti industriali dell'informatica, quali Google, i soggetti accademici di eccellenza, quali per esempio, il Massachusetts Institute of Technology o la Carnagie Mellon University, alcuni soggetti privati, anche con ridotte dimensioni industriali e finanziarie, quali la Statunitense GEM, o, per rimanere all'interno della realtà italiana, Estrima e Start Lab, specificatamente concentrati verso l'emergente settore dei quadricicli elettrici, a tracciare la futura affermazione della nuova generazione di veicoli. L'industria dell'auto, più che guidare il processo innovativo sembra, in generale, escludendo alcuni casi, inseguire le innovazioni proposte da altri soggetti, farle proprie e proporre soluzioni meno innovative rispetto alle concezioni originali. Una spiegazione di ciò può essere individuata nei *lock-in* tecnologici che caratterizzano oggi l'industria dell'automotive. La necessità di ammortizzare i costi sostenuti per gli impianti attualmente in uso, sembra spingere i grandi competitors dell'auto a scegliere di introdurre sul mercato innovazioni incrementali piuttosto che radicali, nonostante il livello di conoscenza tecnologico richiesto sia maturo per portare a compimento una rivoluzione nel settore del trasporto. L'avvicinamento graduale di alcuni grandi produttori come General Motors, a eccellenze operanti nel campo della ricerca, come il MIT, prelude la volontà di promuovere il rinnovamento radicale del trasporto su ruote, ma il timore di doversi scontrare con nuovi avversari, con competenze tecniche provenienti da settori industriali differenti, sembra essere alto. La paura maggiore dei produttori d'auto internazionali, sembra quella di essere scalzati nel loro stesso settore da aziende provenienti dal mondo dell'informatica, dell'elettronica e della mobilità green. Il rallentamento da parte di Google della presentazione della guida automatica sembra, in questo scenario, un segnale chiaro di come l'influenza di alcuni produttori si stia manifestando per rallentare l'introduzione sul mercato di prodotti radicalmente innovativi.

A ciò si aggiungano poi le pressioni derivanti dall'industria del petrolio. Se davvero il futuro dell'auto sarà elettrico, e se davvero l'energia che fluirà (e verrà immagazzinata nelle batterie) all'interno della Smart Grid del futuro proverrà da fonti di energia rinnovabili quali il sole, l'acqua, il vento e la geotermia, l'industria del petrolio vedrà la fine di un'era caratterizzata da un dominio incontrastato. Anche l'eventuale futuro avvento della propulsione a idrogeno, sembra un ulteriore fattore di rottura con il precedente modello, basato sulla combustione di carburanti fossili.

Le considerazioni appena esposte, concernenti l'industria dell'auto e del petrolio, hanno ovviamente implicazioni molto più forti di quelle puramente industriali ed economiche. Anche da un punto di vista politico, l'introduzione di una rivoluzione del trasporto che coinvolga in maniera netta questi settori, sembra molto osteggiata. La più redditizia industria mondiale (il petrolio) e quella per la quale lavora una discreta parte della popolazione mondiale (l'auto), hanno un peso politico che supera di molto il loro puro indotto economico, e molteplici esempi di cronaca attuale dimostrano queste affermazioni. La fortuna di molte potenti nazioni mondiali è infatti basata sul funzionamento e sulla redditività di tali industrie: si comprende facilmente come a livello di produzione interna, welfare, bilancio statale ed esportazioni, esse rappresentino un fattore importante.

D'altro canto, però, i tempi sembrano più che maturi per una rivoluzione che coinvolga il trasporto di persone. La comunità internazionale, i governi, le nascenti industrie del settore elettronico, le organizzazioni non governative sembrano spingere per un profondo rinnovamento che permetta l'abbandono dell'automobilizzazione e l'affermarsi di una società in cui la nuova generazione di veicoli nascenti assicuri vantaggi sociali, ambientali, economici, culturali profondi e duraturi.

Tali vantaggi saranno:

- La rottura della dipendenza dal petrolio,
- L'avvento di motori elettrici puliti, silenziosi ed efficaci,
- La creazione di una Smart Grid elettrica che permetta la nascita di una nuova generazione di *prosumers* elettrici,
- L'avanzamento e l'implementazione delle fonti energetiche rinnovabili nel processo di carica/scarica dei veicoli a batteria e idrogeno,
- Un nuovo concetto di guida che permetta di massimizzare il tempo all'interno dei veicoli tramite l'utilizzo di una guida automatica,

- La sensibile riduzione degli incidenti all'interno dei centri urbani e su tutta la struttura viaria,
- La sensibile riduzione del congestionamento stradale, delle problematiche derivanti dalla indisponibilità di aree di parcheggio e dello stress derivante,
- La sicurezza dei veicoli, dei loro conducenti e degli altri utenti della strada grazie all'azione di autorità predisposte e tramite l'utilizzo delle tecnologie V2V e V2R
- L'utilizzo democratico dei veicoli, garantendo la loro operabilità anche in caso di utenti anziani o con gravi disfunzioni motorie,
- La nascita di una nuova categoria di consumatori di contenuti elettronici,
- Il rinnovamento della mobilità pubblica e il suo rafforzamento grazie all'implementazione all'interno di essa di forme di mobilità privata,
- L'affermarsi di un nuovo mercato nell'industria dell'energia,
- La nascita e l'affermazione di nuove eccellenze industriali e accademiche nel campo dell'energia, dell'informatica (in particolare per quanto riguarda lo sviluppo di software), dell'elettronica e dei beni di consumo digitali.

I vantaggi prefigurati appaiono molteplici e la portata economica, tecnologica e sociale di alcuni di essi, appare più che significativa. D'altro canto le dinamiche industriali precedentemente evidenziate suggeriscono che la rivoluzione del trasporto urbano seppure si prefiguri tecnologicamente possibile nel giro di pochi anni, verrà invece dilazionata nel tempo tramite una serie di innovazioni incrementali che consentiranno alle aziende oggi operanti di non risultare sconfitte nella competizione con i nuovi attori del mercato.
Mentre per i quadricicli elettrici, alimentati da efficienti batterie al Litio, sembra possibile ipotizzare lo sviluppo di una nicchia di mercato nel breve termine, bisognerà aspettare più a lungo per godere dei vantaggi derivanti dall'utilizzo di ricariche casalinghe/pubbliche induttive, o per la diffusione di una Smart Grid, controllata da un'intelligenza artificiale tanto preparata da assicurare la nascita di una generazione di *prosumers* orientati verso il risparmio energetico. Allo stesso modo le tecnologie V2V e V2R sembrano poter essere lanciate sul mercato nel giro di pochi anni, grazie all'implementazione di una rete VANET adeguata, con notevoli benefici per la sicurezza dei conducenti e di tutti gli utenti della strada. Invece, per poter vedere il diffondersi di una rete Peer-to-peer di veicoli che condivida contenuti multimediali, l'orizzonte sembra allontanarsi, come pure sembra distante l'utilizzo della guida

automatica all'interno dei veicoli, non tanto per le problematiche legislative inerenti, ma, piuttosto, per le pressioni che nasceranno per l'avvento di tale tecnologia.

Il futuro del trasporto urbano sembra, comunque, ben tracciato. I problemi a cui il sistema automobilizzativo ci ha condotto sembrano oramai impossibili da non considerare; i tempi appaiono, dunque, maturi per una rivoluzione della mobilità personale di cui appare possibile possa beneficiare larga parte della popolazione mondiale, sia direttamente che indirettamente. Il vecchio concetto di auto è condannato al declino non tanto dai governi, dalle istituzioni o da nuovi prodotti concorrenti ma dalle nuove generazioni digitali che non condividono più i valori sociali collegati al mondo dell'automobile. La rivoluzione 2.0 del trasporto su ruote è necessaria, i primi passi avanti sono stati già compiuti, il mondo accademico e della ricerca ha fornito le condizioni ideali. Oramai l'attenzione dovrà concentrarsi sulle scadenze e sulle tempistiche entro cui il sistema di trasporto guidata dagli USV diventerà realtà.

Bibliografia

Armand M., Tarascon J. M., Building Better Batteries, Nature, Vol. 451, No. 7179, pp. 652 – 657, 2008.

Arnott R., Small K., The Economics of Traffic Congestion, American Scientist, Vol. 82, No. 5, pp. 446 – 455, 2004.

Banister D., Cities, Mobility and Climate Change, Journal of Transport Geography, Vol. 19, No. 6, pp. 1538 – 1546, 2011.

Barrios S., Bertinelli L., Strobl E., Teixeira A. C., Agglomeration Economies and Location of Industries: A Comparison of three small European Countries, MPRA Paper No. 5074, 2007.

Barth H., Jung M., Braun M., Schmülling B., Reker U., Concept Evaluation of an Inductive Charging System for Electric Vehicles, 3rd European Conference Smart Grids and E-Mobility, Munich, Germany, 2011.

Barth M., Todd M., Simulation Model Performance Analysis of a Multiple Station Shared Vehicle System, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 7, No. 4, pp. 237 - 259, 1999.

Becker R. A., Cáceres R., Hanson K., Loh J. M., Urbanek S., Varshavsky A., Volinsky C., A Tale of one City: Using Cellular Network Data for Urban Planning, Pervasive Computing, IEEE, Vol. 10, No. 4, pp. 18 - 26, 2011.

Bertolini L., Le Clercq F., Urban Development without more Mobility by Car? Lessons from Amsterdam, a Multimodal Urban Region, Environment and Planning A, Vol. 35, No. 4, pp. 575 – 590, 2003.

Biswas S., Tatchikou R., Dion F. , Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety, Communications Magazine, IEEE, Vol. 44, No. 1, pp. 74 – 82, 2006.

Bloom D. E., Cunning D., Fink G., Urbanization and the Wealth of Nations, Science, Vol. 319, No. 5864, pp. 772 – 775, 2008.

Blythe, P. T., Improving public transport ticketing through smart cards, Proceedings of the ICE-Municipal Engineer, Vol. 157, No. 1, pp. 47 – 54, 2004.

Böhm S., Jones C., Land C., Paterson M., Impossibilities of Automobility, Blackwell Publiching, 2006.

Boukerche A., Oliveira H. A., Nakamura E. F., Loureiro A. A., Vehicular ad hoc Networks: A New Challenge for Localization-based Systems, Computer Communications, Vol. 31, No. 12, pp. 2838 - 2849, 2008.

Brockhoff K., R&D Cooperation between Firms: A Perceived Transaction Cost Perspective, Management Science, Vol. 38, No. 4, pp. 514 – 524, 1992.

Camek A. G., Buckl C., Knoll A., Future Cars: Necessity for an Adaptive and Distributed Multiple Independent Levels of Security Architecture, Proceedings of the 2nd ACM International Conference on High Confidence Networked Systems, ACM, pp. 17 – 24, April 2013.

Cervero R., Paradigm Shift: from Automobility to Accessability Planning, Urban Futures Journal, Vol. 22, pp. 9 – 20, 1997.

Chan C. C., The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles, Proceedings of the IEEE, Vol.95, No. 4, pp. 704 – 718, 2007.

Cuellar M., Transport on a Human Scale, World Bank Report No. 50462, www.worldbank.org, 2009.

Dickerman L., Harrison J., A New Car, a New Grid, Power and Energy Magazine, IEEE, Vol. 8, No. 2, pp. 55 – 61, 2010.

Duranton G., Puga D., Micro-foundations of urban agglomeration economies, Handbook of regional and urban economics, Vol. 4, pp. 2063 – 2117, 2004.

Duranton G., Puga D., Nursery cities: Urban Diversity, Process Innovation, and the Life Cycle of Products, American Economic Review, pp. 1454 – 1477, 2001.

Ernst T., Uehara K., Connecting Automobiles to the Internet, ITST: 3rd International Workshop on ITS Telecommunications, Seoul, South Korea, November 2002.

European Commission, Libro Verde, Verso una Nuova Cultura della mobilità urbana, Bruxelles, 2007.

European Commission, Libro Bianco, La Politica Europea dei Trasporti fino al 2010: Il momento delle scelte, Bruxelles, 2001.

Frank L. D., Andrsen M. A., Schmid T. L., Obesity Relationships with Community Design, Physical Activity and Time Spent in Cars, American Journal of Preventive Medicine, Vol. 27, No. 2, pp. 87 – 96, 2004.

Ferrucci L., Distretti Industriali e Economie Esterne Marshalliane: dall'Approccio Strutturalista ad una Visione Evoluzionistica, Università di Padova, 1999.

Fujita M., Thisse J. F., Economics of Agglomeration, Journal of the Japanese and International Economies, Vol.10, pp. 339 – 378, 1996.

Gakenheimer R., Urban Mobility in the Developing World, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 33, No.7, pp. 671 – 689, 1999.

Gartman D., Three Ages of the Automobile: The Cultural Logics of the Car, Theory Culture & Society, Vol. 21, No. 4 – 5, pp. 169 – 195, 2004.

Gerla M., Kleinrock L., Vehicular Networks and the Future of the Mobile Internet, Computer Networks, Vol. 55, No. 2, pp. 457 - 469, 2011.

Girardin F., Calabrese F., Fiore F. D., Ratti C., Blat J., Digital Footprinting: Uncovering Tourists with User-generated Content, Pervasive Computing, IEEE, Vol. 7, No. 4, pp. 36 - 43, 2008.

Glaser E., Cities, Productivity and Quality of Life, Science, Vol. 333.6042, pp. 592 – 594, 2011.

Green II R. C., Wang L., Alam M., The Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on Distribution Networks: A Review and Outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 1, pp. 544 – 553, 2011.

Gurley T., Bruce D., The Effects of Car Access on Employment Outcomes for Welfare Recipients, Journal of Urban Economics, Vol. 58, No. 2, pp. 250 – 272, 2005.

Harruff R. C., Avery A., Alter-Pandya A. S., Analysis of Circumstances and Injuries in 217 Pedestrian Traffic Fatalities, Accident Analysis & prevention, Vol. 30, No. 1, pp. 11 – 20, 1998.

Henderson J. V., Davies J. C., Evidence on the Political Economy of the Urbanization Process, Journal of Urban Economics, Vol. 53, No. 1, pp. 98 – 125, 2003.

Hurst D., Wheelock C., Neighborhood Electric Vehicles: Low-Speed Electric Vehicles for Consumer and Fleet Markets, PikeResearch Report, 2011.

International Energy Agency, World Energy Outlook 2009 Fact Sheet, Tech Report, IEA, Paris, 2009.

Isaac J. T., Camara J. S., Zeadally S., Marquez J. T., A Secure Vehicle-to-Roadside Communication Payment Protocol in Vehicular ad hoc Networks, Computer Communications, Vol. 31, No. 10, pp. 2478 – 2484, 2008.

Jacobs J., The Economy of Cities, Random House, New York, 1969.

Jensen M., Passion and Heart in Trasport – A Sociological Analysis on Trasport Behaviour, Transport Policy, Vol. 6, No. 1, pp. 19 – 33, 1999.

Johnson E. W., Avoiding the Collision of Cities and Cars: Urban Transportation Policy for the Twenty-First Century, Bulletin of the American Academy of Arts and Science, Vol.47, No .2, pp. 5 – 11, 1993.

Kent J., Secured by Automobility: Why does the Private Car Continue to Dominate Transport Practices?, PhD. Thesis, Doctor of Philosophy, University of the New South Wales, 2013.

Kenwhorty J. R., Laube F. B., Patterns of Automobile Dependence in Cities: an International Overview of Key Physical and Economic Dimensions with some Implications for Urban Policy, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 33, No. 7, pp. 691 – 723, 1999.

Kim Y., Quart: Urban Micro Commuter, Doctoral dissertation, Umeå University, 2013.

Kirk S., *Look's Who's Driving Now*, 2012.

Koslowsky T., Your Connected Vehicle is Arriving, Technology Review, http://www. technologyreview. com/business/39407, January 2012.

Lai F. C., Tsai J. F., Simplified Alonso-Mills-Muth Model with a Monopoly Vendor, Journal of Urban Economics, Vol. 63, No. 2, pp. 536 – 543, 2008.

Lark Jr. W., City-Car: Optimizing Vehicle and Urban Efficiencies through a Shared Adaptive Platform, Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 2005.

Lerner W., Van Audenhove F. J., The Future of Urban Mobility: Towards Networked, Multimodal Cities in 2050, Public Transport International – English Edition, Vol. 62, No. 2, 2012.

Lucas S. R., Effectively Maintained Inequality: Education Transitions, Track Mobility, and Social Background Effects, American Journal of Sociology, Vol. 106, No. 6, pp. 1642 – 1690, 2001.

Lucas Jr R. E., Life Earnings and Rural-Urban Migration, Journal of Political Economy, Vol. 112, No. S1, Papers in Honor of Sherwin Rosen: A Supplement to Volume 112, pp. S29-S59, 2004.

Lucas Jr R. E., On the Mechanics of Economic Development, Journal of Monetary Economics, Vol. 22, No. 1, pp. 3 – 42, 1988.

Markoff J., Google Cars Drive Themselves , in Traffic, The New York Times, 2010.

Moldovan M., Palacios M. A., Gomez M., Morrison G., McLeod C., Ma R., Carolid S., Alimonti A., Petrucci F., Bocca B., Schramel P., Zischka M., Pettersson C., Wass U., Luna M., Saenz J. C., Santamaría J., Environmental Risk of Particulate and Soluble Platinum Group Elements Released from Gasoline and Diesel Engine Catalytic Converters, Science of the Total Environment, Vol. 296, No. 1, pp. 199 – 208, 2002.

Migliore M., Amoroso S., Cardaci V., Catalano M., The Role of Passenger Modal Shift Nodes in the Interaction between Land Use and Transport System, Ersa Conference Papers, No. 10, pp. 1606 - 1616, 2011.

Mitchell W. J., Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century, MIT Press, 2010.

Newman P. W., Sustainability and Cities: Extending the Metabolism Model, Landscape and Urban Planning, Vol. 44, No. 4, pp. 219 – 226, 1999.

Newman P. W., Kenworthy J. R., Urban Design to Reduce Automobile Dependance, Opolis, Vol. 2, No. 1, pp. 35 – 52, 2006.

OECD, International Transportation Forum, Transport Outlook 2012, Parigi, 2012.

Orsato R. J., Wells P., U-turn: the Rise and Demise of the Automobile Industry, Journal of Cleaner Production, Vol. 15, No. 11, pp. 994 – 1006, 2007.

Overman H. G., Venables A. J., Cities in the Developing World, Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, Discussion Paper No.695, 2005.

Quingley J. M., Urban Diversity and Economic Growth, The Journal of Economic Perspective, Vol.12, No. 2, pp. 127 – 138, 1998.

Ramchurn S. D., Vytelingum P., Rogers A., Jennings N. R., Putting the 'Smarts' into the Smart Grid: a Grand Challenge for Artificial Intelligence, Communications of the ACM, Vol. 55, No. 4, pp. 86 – 97, 2012.

Rattenbury T., Good N., Naaman M., Towards Automatic Extraction of Event and Place Semantics from Flickr Tags, Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, ACM, pp. 103-110, July 2007.

Romm J., The Car and Fuel of the Future, Energy Policy, Vol. 34, No. 17, pp. 2609 – 2614, 2006.

Rosenthal S. S., Strange W. C., Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies, Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 4, 2119 - 2171, 2004.

Ruel M. T., Garrett J. L., Hawkes C., Cohen M. J., The food, fuel, and financial crises affect the urban and rural poor disproportionately: a review of the evidence, The Journal of Nutrition, Vol. 140, No. 1, pp. 170S - 176S, 2010.

Schafer A., Victor D. G., The Future Mobility of World Population, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 34, No. 3, pp. 175 – 205, 2000.

Scrosati B., Garche J., Lithium Batteries: Status, Prospects and Future, Journal of Power Sources, Vol. 195, No. 9, pp. 2419 – 2430, 2010.

Seetharaman G., Lakhotia A., Blasch E. P., Unmanned Vehicles Come of Age: The DARPA Grand Challenge, Computer, Vol. 39, No. 12, pp. 26 – 29, 2006.

Shaheen S., Pooled Cars, escolarship.org, 1999.

Sheller M., Automotive Emotions: Feeling the Car, Theory Culture & Society, Vol. 21, No.4 – 5, pp. 221 – 242, 2004.

Sheller M., Urry J., The City and the Car, International Journal of Urban and Regional Research, Vol.24, No. 4, pp. 737-757, 2000.

So K. S., Orazem P. F., Otto D. M., The Effects of Housing Prices, Wages, and Commuting Time on Joint Residential and Job Location Choices, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 83, No. 4, pp. 1036 – 1048, 2001.

Spence M., Annez P. C., Buckley R. M., Urbanization and Growth, World Bank Publications, 2009.

Sturges D., Let's Split, XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students, Vol. 17, No. 4, pp. 30 – 34, 2011.

Thomas C. E., Fuel Cell and Battery Electric Vehicles Compared, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 34, No. 15, pp. 6005 – 6020, 2009.

Tisdale H. , The Process of Urbanization, Social Forces, Vol.20, pp. 311 - 316, 1942.

United Nations, DESA, World Population Policies 2009, New York, 2010.

United Nations, DESA, World Urbanization Prospects, the 2011 Revision: Highlights, New York, 2012.

United States Department of Energy, Grid 2030: a National Vision for Electricity's Second 100 Years, Tech. Report, Department of Energy, 2003.

Urmson C., Whittaker W., Self-driving Cars and the Urban Challenge, Intelligent Systems, IEEE, Vol. 23, No. 2, pp. 66 – 68, 2008.

Urry J., Inhabiting the Car, The Sociological Review, Vol. 54, No. S1, pp. 17 – 31, 2006.

Walters A. A., The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion, Econometrica, Vol. 29, No. 4, pp. 676 – 699, 1961.

World Health Organization, Transport, Environment and Health, Copenaghen, 2000.

Wu H. H., Gilchrist A., Sealy K. D., Bronson D., A High Efficiency 5 kW Inductive Charger for EVs using Dual Side Control, Industrial Informatics, IEEE Transactions on, Vol. 8, No. 3, pp. 585 – 595, 2012.

Xu, Q., Mak T., Ko J., Sengupta R., Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC, Proceedings of the 1st ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks, ACM, pp. 19 – 28, October 2004.

Yang X., Liu L., Vaidya N. H., Zhao F., A Vehicle-to-Vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning, Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on, IEEE, pp. 114-123, August 2004.

Yergin D., The Prize: the Epic Quest for Oil, Money and Power, Simon&Schuster.com, 2011.

Siti consultati

Ancma, Associazione Nazionale Cicli Motocicli Accessori - http://www.ancma.it/

Australian Government, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics - http://www.bitre.gov.au/

Car2Go - www.car2go.com/

CIVITAS, Cleaner and Better Transport in Cities - http://www.civitas-initiative.eu/

DARPA Grand Challenge - http://archive.darpa.mil/grandchallenge/

Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA - http://www.darpa.mil/

ELTIS, The Urban Mobility Portal - http://www.eltis.org/

European Commission, Clean and Urban Transport - http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/

European Commission, Technology and Innovation, Iniziative - http://ec.europa.eu/energy/technology/initiatives/smart_cities_en.htm

European Commission, Urban Mobility; http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/

Fondazione Telios - http://www.fondazionetelios.it/

Getaround, Peer to Peer carsharing and local car renatl - http://www.getaround.com/

London Oyster Card, Transport for London - https://oyster.tfl.gov.uk/oyster/entry.do

Massachusetts Institute of Technology City Science - http://cities.media.mit.edu/

Massachusetts Institute of Technology Media Lab - http://media.mit.edu/

Nissan, Zero Emission Website, New Mobility Concept – http://www.nissan-zeroemission.com/EN/NEWMOBILITY/

OECD, International Transport Forum - http://www.internationaltransportforum.org/

PlymGo, Journey Planner - http://www.plymgo.com/

Polaris, General Electric Motorcars - www.polaris.com/en-us/gem-electric-car/

RelayRides, rent cars or make money renting your car - https://relayrides.com/

Rome2Rio, Scopri come andare ovunque - http://www.rome2rio.com

Segway - http://www.segway.com/

Spride - http://www.spride.com/

Texas A&M Transportation Institute - http://tti.tamu.edu/

Transit, Google Maps - https://www.google.com/transit

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division - http://esa.un.org/unpd/wup/

United Nations, UN-Habitat - http://www.unhabitat.org/

United States Census Bureau, American Community Survey 2009 - http://www.census.gov/

Vélib', Vélos en libre-service à Paris - http://en.velib.paris.fr/

Waze, Outsmarting Traffic, Together - http://it.waze.com/

World Urban Campaign, Better City, Better Life -http://www.worldurbancampaign.org/

Ringraziamenti

Desidero esprimere i miei più sinceri ringraziamenti al Prof. Andrea Stocchetti, relatore della presente tesi, innanzitutto, per l'iniziale suggerimento sul tema da sviluppare, rivelatosi, per me, particolarmente interessante e stimolante, oltre che per la professionalità e cordialità dimostratami nel fornire preziosi consigli e indicazioni.

Ringrazio di cuore i miei genitori Emanuela e Mario per avermi mantenuto durante questi anni di studio, per la comprensione dimostratami, ma, soprattutto, per non avermi mai fatto mancare il loro amore incondizionato. Grazie a mio fratello Jacopo che mi ha aiutato, durante la stesura della tesi, donandomi la sua divertente compagnia. Un grazie particolare a mio zio Nicola che ha letto e dibattuto con me i contenuti e gli argomenti da me trattati, fornendomi le sue interessanti impressioni e i suoi preziosi commenti. Infine un sentito grazie a tutti i miei familiari e amici che mi sono stati vicini in quest'ultimo periodo, ai miei nonni Graziella e Enzo per il supporto costante e Tecla e Giacomo perché anche loro sarebbero stati fieri di me.

Ringrazio Alessandra, Sara e tutti i compagni di corso incontrati durante il percorso accademico, con cui abbiamo condiviso le inevitabili preoccupazioni ma anche le grandi soddisfazioni.

Infine vorrei ringraziare la mia fidanzata Serena, che amo profondamente, il cui ricambiato amore mi spinge sempre a sfidare me stesso, permettendoci di raggiungere insieme splendidi traguardi.