

## Morfologia urbana, trasporti, energia: indicatori di impatto

Chiara Ortolani<sup>123</sup>

### ABSTRACT

La mobilità svolge un ruolo vitale per il mercato interno, per l'occupazione e, più in generale per la qualità della vita dei cittadini. Rivolgendo l'attenzione al contesto mondiale, europeo e nazionale si vede come sia divenuta una necessità sempre crescente: la mobilità media per persona in Europa, misurata in passeggeri-chilometro per abitante, è aumentata del 7% tra il 2000 e il 2008 e si prevede che nel 2050 i passeggeri-km nell'Europa OECD saranno il doppio rispetto al 2000. Per ciò che riguarda il trasporto merci la domanda ha continuato a crescere oltre il PIL negli ultimi dieci anni (EC, 2011).

L'attuale modello di trasporto è basato però sull'uso dei combustibili fossili e sul predominio del trasporto su strada, sia per le merci che per i passeggeri (EC, 2011) e inoltre una larga parte della mobilità oggi esistente potrebbe essere evitata (McLellan & Marshall, 1998). Di conseguenza, tale modello è responsabile del 23% dell'energia consumata in Europa. Circa i tre quarti dipendono dal trasporto su strada (IPCC, 2007) e il consumo energetico, in questo settore, si stima che aumenterà circa dell'80% entro il 2030.

In conseguenza del fatto che l'energia consumata in questo settore proviene per il 96% dal petrolio e dai suoi derivati (IPCC, 2007; EC, 2011) questo stesso è responsabile di elevate emissioni di CO<sub>2</sub> e altre sostanze clima-alteranti, dell'aumento della temperatura e di rilevanti problemi di salute nelle popolazioni esposte (U.S. EPA, 2010). La forte dipendenza dal petrolio potrebbe inoltre portare a conseguenze severe sulle possibilità di approvvigionamento di merci e spostamento dei cittadini, sulla sicurezza economica e la competitività globale ed europea nei decenni futuri (EC, 2011; U.S. Joint Forces Command, 2010). La maggior parte degli spostamenti sono interni alle aree urbane e, per il settore dei trasporti, queste sono le aree che influiscono di più sui cambiamenti climatici e sui consumi energetici globali.

La città può essere assimilata ad un organismo (Samaniego & Moses, 2008) e gli spostamenti che si compiono in essa, affinché siano efficaci, devono avvenire attraverso una rete che rappresenti una configurazione ordinata di relazioni -o connettività- (Capra, 1996) che implica una certa forma, una struttura definita (con il rispettivo schema) e uno o più processi specifici (Samaniego & Moses, 2008). Le caratteristiche che osserviamo oggi negli organismi sono il risultato di milioni di anni di evoluzione verso l'ottimizzazione delle strutture: minimizzazione dell'energia spesa per la distribuzione delle risorse e massimizzazione del rendimento. Tendono quindi a minimizzare il loro grado di entropia. Per arrivare ad una configurazione del tessuto connettivo urbano che possa minimizzare il suo grado di entropia è necessario innanzi tutto individuare un insieme di indicatori sulla base dei quali sia possibile caratterizzare lo spazio stesso e che rendano possibili analisi dinamiche della morfologia urbana. In quest'ottica, questo contributo si pone quindi come obiettivo quello di individuare un primo set di indicatori significativi derivati dal confronto tra le caratteristiche delle reti vascolari di un organismo e il tessuto connettivo urbano.

### EN ABSTRACT

The mobility plays a very important role for the internal market, employment and, more generally, the citizens's life quality that takes great advantages from an effective and sustainable transport system. In the last twenty years, mobility has become an ever increasing necessity: the average mobility per capita in Europe, measured in passenger-kilometres per capita, is increased by 7% between 2000 and 2008 and it is expected that in 2050 the passenger-km OECD Europe will double compared to 2000. Furthermore demand for resources

---

<sup>123</sup> Sapienza Università di Roma, Laboratorio Abitare la Città. Email: chiara.ortolani@uniroma1.it

and food is continued to grow well beyond the GDP over the past decade (EC, 2011), enhancing thus the freight.

The current transport model that responds to this mobility demand, which also includes a large part of trips that could be avoided (McLellan & Marshall, 1998), is based on the dominance of road transport and use of fossil fuels (EC, 2011), both for freight and transport of passengers. As a consequence this transport model is accountable for 23% of energy consumed in Europe, and about three quarters of which depends on road transport (IPCC, 2007) It is estimated that energy consumption in this sector will increase by around 80% for 2030.

In this sector, the energy consumed originates of 96% from oil and its products (IPCC, 2007; EC, 2011; Lerch, 2011). Therefore, the transport sector is responsible for high emissions of CO<sub>2</sub> and other climate-altering gases, for the temperature increase and for significant health problems in population directly exposed to oil-derived pollutants (U.S. EPA, 2010). The strong dependence on oil may also have important consequences on the resource supply and mobility of citizens for the next decades (EC, 2011; U.S. Joint Forces Command, 2010). The majority of trips are internal to the urban areas that are affected by this congestion, local air pollution, road accidents and social harms. Finally, urban trips have a major influence on climate change and energy consumption at the global level.

Samaniego & Moses (2008) show the similarities existing between cities and organisms. Urban trips are effective if are done through a network representing an ordered configuration of relationships -connectivity-(Capra, 1996) which implies a particular shape, definite structure and one or more specific processes. The characteristics that are observed in organisms today are the result of millions of years of evolution that led to optimized structures that tend to minimize the energy cost for resource allocation thus maximizing their productivity. Therefore, the organisms tend to minimize their degree of entropy. To arrive at a configuration of urban connective tissue that can minimize its level of entropy is first necessary to identify a set of indicators on the basis of which it is possible to characterize the space and make possible dynamic analysis of urban morphology. In this context, the aim of this contribution is to identify a first set of meaningful indicators derived from a comparison of the characteristics of the vascular networks of an organism with the urban connective tissue.

## **1. INTRODUZIONE**

Il trasporto su strada è responsabile di elevate emissioni di CO<sub>2</sub> e altre sostanze clima-alteranti, dell'aumento della temperatura e di rilevanti problemi di salute nelle popolazioni esposte all'inquinamento dovuto all'uso di derivati del petrolio (U.S. EPA, 2010). La forte dipendenza dal petrolio potrebbe inoltre avere conseguenze importanti sull'approvvigionamento delle risorse e sulla mobilità dei cittadini nei decenni futuri (EC, 2011; U.S. Joint Forces Command, 2010). La maggior parte degli spostamenti che vengono compiuti sono interni alle aree urbane le quali di conseguenza diventano aree maggiormente interessate da fenomeni di incidentalità stradale e dai danni sociali a questi connessi, di congestione e di inquinamento locale influenzando così in maniera rilevante sui cambiamenti climatici e sui consumi energetici globali (Harkey et al., 1998; Lerch, 2011).

Il maggior numero di spostamenti interni alle aree urbane è sicuramente dovuto al fatto che le città sono divenute i luoghi nei quali si concentra e si concentrerà in futuro una sempre più larga parte della popolazione mondiale (UN Population Division, 2007). È però maggiormente influente, al contempo, il modello di urbanizzazione di riferimento. A causa della dispersione urbana, circa il 25% dell'Europa è realmente interessata da insediamenti urbani anche se solo il 4% è interessato da superfici artificiali (EEA, 2011; U.N. Population Division, 2007). Questo cambiamento di uso del suolo è avvenuto soprattutto a spese dei territori agricoli, favorendo la nascita di insediamenti discontinui a bassa densità separati da aree agricole di bassa consistenza (Insolera, 1993; Salvati et al., 2012). Tale processo di urbanizzazione ha avuto i suoi più importanti vettori nell'affermazione dell'uso dell'auto privata e nella globalizzazione (Antrop, 2004, Sassen, 1997). In particolare, l'uso dell'automobile ha dato il via ad una nuova era della mobilità, dell'uso del suolo, della morfologia urbana e dell'assetto dello spazio pubblico

(Antrop, 2004; Rusk, 1999; Glaeser & Kahn, 2003): si riduce l'accessibilità capillare dello spazio urbano il quale viene maggiormente utilizzato per le esigenze di sosta e movimento delle auto mentre rimane uno spazio minore per le esigenze di socializzazione, il tempo libero e il gioco. L'incremento delle distanze tra differenti parti delle aree urbanizzate ha indotto una progressiva segregazione sociale (Appleyard, 1981; Ortolani, in press), una ridotta qualità della vita, e un ridotto senso di comunità (UN-HABITAT, 2009). Il conseguente aumento delle emissioni gassose dovuto all'uso del trasporto privato è la causa principale di numerose malattie cardiovascolari e respiratorie e danni irreversibili all'ambiente (Vitale et al., 2005).

## **2. Strumenti metodologici per l'analisi dei sistemi complessi**

La mobilità urbana è fortemente correlata a numerosi altri fattori. Si è davanti ad un problema complesso strettamente relazionato alla forma della città e, nello specifico, alla forma del tessuto connettivo urbano, la quale implica una struttura definita e uno o più processi specifici (Samaniego & Moses, 2008). Ci si confronta quindi con un sistema del quale non è possibile formulare il comportamento complessivo dall'analisi delle sue singole parti, un sistema complesso (Edmonds, 2000; De Toni & Comello, 2007; Capra, 1996). Un differente assetto dello spazio connettivo urbano potrebbe contribuire a ridurre gli spostamenti, le emissioni e i consumi senza ridurre la qualità della vita delle persone ma piuttosto incrementandola e numerosi studi pongono l'attenzione sulla forma e sulla struttura dello spazio connettivo prima che sulle tecnologie di trasporto (Stead & Marshall, 2000; ECOTEC, 1993)

Questo paper prende l'avvio dagli studi sulla morfologia urbana (Antrop, 2004; Rusk, 1999; Glaeser & Kahn, 2003, Cappuccitti, 2008; Southworth, 2008; Wilson, 2008; Vittorini, 1992; Cerasoli, 2003), incrementandoli attraverso l'approccio metodologico basato sulla teoria dei sistemi complessi (Edmonds, 2000; De Toni & Comello, 2007; Capra, 1996).

Le caratteristiche che si osservano oggi negli organismi sono il risultato di milioni di anni di evoluzione che hanno portato a strutture ottimizzate che tendono a minimizzare l'energia spesa per la distribuzione delle risorse massimizzandone quindi il rendimento. La gerarchizzazione delle reti (es. sistema cardiovascolare umano, sistema linfatico nelle piante, rete fluviale) e quindi il grado di connettività del sistema è una caratteristica di notevole importanza. Secondo la Allometry and Metabolic Scaling Theory (MST) in biologia, le caratteristiche delle reti vascolari determinano in un organismo tutte le caratteristiche importanti del suo funzionamento (Brown & West, 2000; Banavar et al, 1999; West et al, 1997; Moses et al, 2008; West et al, 2001; West & Brown, 2005). Samaniego e Moses (2008) mostrano le analogie che esistono tra città e organismi ed equiparano la rete stradale al sistema vascolare degli organismi stessi. Questo distribuisce energia alle cellule e, in modo analogo, la rete stradale deve distribuire materiali, persone ed energia nei vari luoghi urbani. Riconfigurare la morfologia dello spazio connettivo sulla base di questi input può avere un impatto positivo sulle caratteristiche sociali, economiche e ambientali di tutto il sistema. Le reti che distribuiscono l'energia sono caratterizzate da una ramificazione gerarchica. Allo stesso modo, le reti stradali urbane dovrebbero permettere, per essere funzionali, la distribuzione di auto e persone nella città attraverso una struttura gerarchica (Samaniego & Moses, 2008). La rete stradale ha però perso ogni rango gerarchico ed è standardizzata verso un modello che obbliga a percorrere distanze maggiori. Di conseguenza si riduce il grado di accessibilità e di connettività della rete stessa aumentando così l'entropia del network e gli impatti ambientali connessi.

## **3. OBIETTIVO DEL PAPER**

Per arrivare ad una configurazione del tessuto connettivo urbano che possa minimizzare il suo grado di entropia è necessario innanzi tutto individuare metodologie e strumenti idonei a modificare la forma dello spazio connettivo urbano, con particolare riguardo alla struttura conformazionale della rete stradale che, allo stesso tempo, viene generata e genera l'attuale modello di trasporto al quale sono associati determinati impatti ambientali (consumi energetici, emissioni di CO<sub>2</sub>, ecc.). In questa ottica, questo paper ha come scopo l'individuazione, sulla base della Allometry and Metabolic Scaling Theory (MST), di un insieme di indicatori sulla base

dei quali sia possibile caratterizzare il tessuto connettivo urbano così da riuscire ad effettuare sia analisi statiche della città sia analisi dinamiche: analisi che mostrino le variazioni morfologiche di una determinata area in un lasso di tempo determinato.

#### 4. MATERIALI E METODI

Attraverso la Teoria Allometrica (Metabolic Scaling Theory – MST) è possibile analizzare le relazioni che rimangono costanti alle differenti scale spaziali ed è possibile fare predizioni quantitative finalizzate alla realizzazione di modelli. Anche quando vengono considerate scale e ordini di grandezza diversi, la variazione di una determinata caratteristica di un organismo vivente può seguire una semplice legge di potenza detta relazione allometrica che può essere schematizzata nel seguente modo:

$$Y=Y_0M^b$$

dove Y è la caratteristica osservata,  $Y_0$  è una costante, M è la massa dell'organismo e b è un esponente che assume una serie limitata di valori comunque multipli di  $\frac{1}{4}$ .

La più nota tra le relazioni allometriche riguarda il metabolismo e i network per la conseguente distribuzione di energia e risorse. Nel caso del metabolismo la relazione allometrica risulta essere la seguente:

$$Y=Y_0M^{3/4}$$

in cui Y è il tasso metabolico,  $Y_0$  è una costante caratteristica del tipo di organismo, M è la massa dell'organismo e  $\frac{3}{4}$  è il valore che, in questo caso, assume l'esponente b. Poiché la densità delle cellule negli organismi non varia sistematicamente con la massa, massa e volume sono correlate linearmente. Secondo la MST si ottiene quindi una relazione secondo la quale il volume della rete ( $V_{net}$ ) scala linearmente con il volume dell'organismo ( $V_{org}$ ) e con la densità dei siti di distribuzione all'interno dell'organismo ( $\rho$ ).

$$V_{net} \propto \rho V_{org}^{4/3}$$

Similmente, così come i vasi sanguigni distribuiscono energia e materiali alle cellule allo stesso modo i sistemi di strade distribuiscono energia, materiali e persone nelle città. A tale proposito Samaniego e Moses (2008) hanno individuato le affinità che sussistono tra i sistemi cardiovascolari e le reti stradali.

	Organismi	Città
Metabolismo	Tasso di distribuzione dell'ossigeno alle cellule	Tasso di distribuzione delle auto alle destinazioni
Dimensione del sistema	Volume del corpo ( $V_{org}$ )	Area urbana ( $A_{city}$ )
Dimensione della rete	Volume del sistema cardiovascolare ( $V_{net}$ )	Area della superficie stradale ( $A_{road}$ )
Densità	Densità delle cellule ( $\rho$ )	Densità di popolazione ( $\rho$ )
Relazione di scala	$A_{road} \propto \rho A_{city}^{3/2}$	$V_{net} \propto \rho V_{org}^{4/3}$

Da queste similitudini si evince che per applicare la MST ai network stradali è necessario utilizzare la seguente relazione:

$$A_{road} \propto \rho A_{city}^{3/2}$$

Se si introduce il numero di abitanti (N) oltre alla densità di popolazione si ottiene:

$$A_{road} \propto NA_{city}^{1/2}$$

con  $\rho = N/A_{city}$   
(West et al., 1997)

Samaniego e Moses (2008) evidenziano però anche una differenza sostanziale tra città e organismi della quale è importante tenere conto: i primi hanno un organo centrale (il cuore) che rappresenta l'origine e la destinazione di ogni flusso, invece gli spostamenti urbani hanno molteplici centri di origine e destinazione: le abitazioni, le scuole, i negozi, ecc. La relazione precedente diventa quindi la seguente:

$$A_{road} \propto (NA_{city})^{1/2}$$

Analizzando questa equazione si nota che le grandezze che la compongono sono: l'area delle strade, il numero di abitanti, che può essere espresso anche attraverso la densità, e l'area urbana. Se queste grandezze vengono declinate sulla base dei parametri, indici e grandezze utilizzate in campo urbanistico, è possibile individuare i primi indicatori di interesse.

Per ciò che concerne il numero di abitanti e la densità si considera la densità residenziale territoriale intesa come il rapporto tra il volume edificato e la superficie del terreno interessata dall'intervento al lordo delle strade e degli standard urbanistici.

$$I_1 = Dr = Ab/St$$

con Ab = numero di abitanti e St = superficie territoriale.

Per quanto riguarda l'area delle strade ( $A_{road}$ ) è necessario analizzare gli elementi che costituiscono le strade. Queste sono infatti costituite da uno spazio carrabile, comprensivo dello spazio per il movimento e per la sosta delle auto, e lo spazio destinato al movimento e alle esigenze di relazione delle persone. L'insieme delle due componenti forma lo spazio pubblico di relazione (Vittorini, 1992; Cerasoli, 2003, 2008). Gli indicatori due e tre saranno quindi l'area dello spazio veicolare e l'area destinata unicamente alle relazioni e agli spostamenti autonomi delle persone.

$$I_2 = SPR$$

$$I_3 = Av$$

$$I_4 = Ap$$

Passando a considerare l'area urbana essa è rappresentata dalla superficie territoriale: superficie totale di un ambito d'intervento normalmente comprensiva della superficie edificabile, delle aree a verde e delle superfici di uso pubblico comprese le strade.

$$I_5 = St$$

A questi primi cinque indicatori individuati sulla base delle affinità che sussistono tra i sistemi cardiovascolari e le reti stradali, individuate da Samaniego e Moses (2008), se ne possono aggiungere altri quattro che si ricavano dall'analisi di un concetto che ha una grande importanza per gli organismi: la gerarchizzazione. In relazione a tale concetto, Bengtsson & Edén (2003) hanno analizzato il sistema circolatorio degli organismi e individuato 4 parametri rilevanti che possono essere ricondotti ad altrettanti parametri inerenti la rete stradale e la mobilità urbana.

Sistema circolatorio degli organismi	Rete stradale
Raggio di ciascun canale - R	Larghezza di ciascuna strada - L

Lunghezza di ciascun canale - L	Distanza tra le intersezioni - d
	Numero di incroci - n
Velocità media del flusso sanguigno - Vm	Velocità media del flusso di traffico - Vm
Differenza di pressione tra le due estremità - $\Delta P$	Differenza di pressione tra le intersezioni - $\Delta P$

## 5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In conclusione le grandezze mutuete dalla teoria allometrica e gli indicatori di interesse individuati attraverso il confronto con queste, possono essere schematizzate dalla tabella sottostante.

MST	Indicatori di interesse		
$N, \rho = N/A_{city}$	$I_1$	Densità residenziale territoriale	$D_r$
$A_{road}$	$I_2$	Spazio pubblico di relazione	SPR
	$I_3$	Area veicolare	$A_v$
	$I_4$	Area pedonale	$A_p$
$A_{city}$	$I_5$	Superficie territoriale	$S_t$
R	$I_6$	Larghezza delle strade	L
L	$I_7$	Distanza tra le intersezioni	d
	$I_8$	Numero di incroci	n
Vm	$I_9$	Velocità media del flusso di traffico	Vm
$\Delta P$	$I_{10}$	Differenza di pressione tra le intersezioni	$\Delta P$

Forma e proporzioni dei viventi sono strettamente legate alle loro dimensioni, però per poter misurare in qualche modo questo legame è necessario rendere prima di tutto evidenti i cambiamenti che interessano la forma e le proporzioni. Anche nel caso della città, per poter misurare questo legame è necessario rendere evidenti i cambiamenti di forma e proporzioni. Questo può avvenire attraverso l'individuazione e l'uso di indicatori che, come quelli raccolti nella precedente tabella, derivano proprio dalla comparazione con le equazioni allometriche relative agli organismi.

L'individuazione di questi indicatori derivati dall'analisi delle grandezze utilizzate nella Allometry and Metabolic Scaling Theory (MST) può aiutare ad effettuare sia analisi statiche del territorio sia analisi dinamiche ossia analisi che mostrino le variazioni morfologiche di una determinata area in un lasso di tempo definito. La realizzazione di tali analisi dinamiche può condurre ad una lettura maggiormente appropriata dei fenomeni relativi alla crescita urbana e dei processi ad essa collegati che ne rappresentano le cause o le conseguenze.

## BIBLIOGRAFIA

- Antrop M., 2004, Landscape change and the urbanization process in Europe, Landscape and Urban Planning 67, 9–26;
- Appleyard D., 1981, Livable Streets, London, University of California press, Ltd;
- Banavar J. R., Maritan A., Rinaldo A., 1999, Size and form in efficient transportation networks. Nature, 399, 130–132;
- Bengtsson H.-U. & Edén P., 2003; A Simple Model for the Arterial System, Journal of Theoretical Biology 221, 437-443;

Brown J., Gillooly J., Allen A., Savage V., West G., 2004, Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*, 85, 1771–1789;

Brown J. & West G., 2000, *Scaling in biology*, Oxford University Press;

Cappuccitti A., 2008, Tessuti e misure della città. Il caso di Roma, in *Rassegna di Architettura e Urbanistica* 126, Sapienza, Università di Roma;

Capra F., 1996, *The Web of Life*, Doubleday-Anchor Book, N.Y.; italian translation: 1997, *La rete della vita*, RCS Libri S.p.a., Milano;

Cerasoli M., 2003; *Urban quality and town planning A meeting with Marcello Vittorini*, <http://www.planum.net>;

De Toni A. F., Comello L., 2007; *Viaggio nella complessità*, Marsilio Editori, Venezia;

EC - European Commission, 2011, *Accompanying document to the white paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system*;

ECOTEC, 1993, *Reducing Transport Emissions Through Planning*, Report to the Department of the Environment and Department of Transport, HMSO, London;

Edmonds B., 2000, Complexity and scientific modelling, *Foundations of Science* 5, pages 379–390;

EEA - European Environment Agency, 2011, *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011*;

Glaeser & Kahn, 2003, *Sprawl and urban growth*, National Bureau of Economic Research, Working Paper 9733, <http://www.nber.org/papers/w9733>;

Harkey D., Reinfurt D., Knuiman M., Stewart J. & Sorton A., 1998, *Development of the bicycle compatibility index: A level of service concept, final report*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina;

Insolera I., 1993, *Roma moderna. Un secolo di storia urbanistica*, Giulio Einaudi Editore s.p.a., Torino;

IPCC, 2007. *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA;

Lerch D., 2011; *Post Carbon Cities. Come affrontare l'incertezza energetica e climatica. Una guida al picco del petrolio e al riscaldamento globale*; Editing by IDEA, Rome;

McLellan A. & Marshall S., 1998, *Reducing the need to travel: A European Guide to Good Practice*. In: (Proceedings) PTRC/AET European Transport Conference, pp. 15 - 30;

Moses M. E., Hou C., Woodruff W., W. G. B., Nekola J. G., Brown J. H., 2008, Revisiting a model of ontogenetic growth: Estimating model parameters from theory and data; *American Naturalist*, 171, 632–645;

Ortolani C., in press, *Back around the vision. Strengthening the local dimension*. In: PLANUM. ISSN: 1723-0993;

Rusk D., 1999, *Inside game, outside game. Winning strategies for saving urban America*. Washington, DC: Brookings Institution Press;

Salvati L., Munafò M., Morelli V. G., Sabbi A., 2012, *Low density settlements and land use changes in a Mediterranean urban region*, *Landscape and Urban Planning* 105, 43-52;

Samaniego H., Moses M. E., 2008, *Cities as organisms: Allometric scaling of urban road networks*, *Journal of Transport and Land Use*, pp. 21–39;

Sassen, 1997, *Le città nell'economia globale*, società editrice Il Mulino, Bologna;

Southworth M., 2004, *Morphology of the livable city*, *Rassegna di architettura e urbanistica*, Volume 126, p. 56-67;

Stead D. & Marshall S., 2001, *The relationships between Urban Form and Travel Patterns*. *An International Review and Evaluation*, University College London, *EJTIR*, 1, no. 2(2001), pp. 113-141;

UN-HABITAT, 2009, *Planning Sustainable Cities — Global Report on Human Settlements*

U.N. Population Division, 2007, *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*

Population Database, <http://esa.un.org/unup/>;

U.S. EPA - Environmental Protection Agency, 2010, U.S. Greenhouse Gas Inventory Report;

U.S. Joint Forces Command, 2010, JOE-Joint Operating Environment, [www.peakoil.net/files/JOE2010.pdf](http://www.peakoil.net/files/JOE2010.pdf);

Vitale M., Gerosa G., Ballarin-Denti A., Manes F., 2005. Ozone uptake by an evergreen Mediterranean forest (*Quercus ilex* L.) in Italy. Part II: Flux modelling. Up scaling leaf to canopy ozone uptake by a process-based model. *Atmospheric Environment* 39: 3267-3278;

Vittorini M., 1992; Quaderni del Piano Regolatore di Firenze (n. 5, 1991-92), Comune di Firenze, Assessorato all'Urbanistica, Relazione generale e Norme tecniche;

West G. B., Brown J. H., Enquist B. J., 1997; A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science*, 276, 122–126;

West G. B., Brown J. H., Enquist B. J., 2001, A general model for ontogenetic growth; *Nature*, 413, 628–631

West G. B. & Brown J. H., 2005; Origin of allometric scaling laws in biology from genomes to ecosystems: Towards a quantitative unifying theory of biological structure and organization. *Journal Of Experimental Biology*, 208, 1575–1592;

Wilson A., 2008; Phase transitions in urban evolution, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/publications/working-paper-141>.