

# Sustainability of compact cities: the SOS\_UrbanLab activity

Letizia Appolloni<sup>a</sup>, Gioia Clementella<sup>a</sup>, Lorenzo Diana<sup>a</sup>, Sonia Fornari<sup>a</sup>, Michele Morganti<sup>a\*</sup>, Olga Palusci<sup>a</sup>, Federica Paolini<sup>a</sup>, Agnese Salvati<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Civil, Building and Environmental Engineering (DICEA), Sapienza University of Rome, Via Eudossiana 18 – 00184 Rome, Italy - SOS\_UrbanLab, Engineering Laboratory for Construction and Environmental Sustainability– Rieti Research Center for Environment, Landscape Conservation and Sustainable Development (CRITEVAT), Sapienza University of Rome, Via A. M. Ricci, 35 A – 02100 Rieti, Italia

---

## Highlights

The SOS\_UrbanLab is a research team that provides an innovative and an integrate vision of sustainability

The researches address specific themes in an organic and systematic way

Technological applications provide tools for the implementation of sustainable strategies

Sustainability becomes a set of integrated eco-friendly solutions to develop the potential and capability of territories

---

## Abstract

Urban development is facing new challenges to allow the evolution of the environment, in accordance to sustainability principles. In this context, decision makers have to answer to three main issues: how to intervene on the existing compact cities? How to combine and develop interventions on different scales? How to move from requalification to regeneration? The SOS\_UrbanLab (Engineering Laboratory for Construction and Environmental Sustainability) researches, starting from a multi-scale analysis, propose a set of eco-friendly solutions to support the potential and capability of territories, integrating their benefits to reach a full sustainable approach.

---

## Keywords

Sustainability, Compact City, Multi-scale Analysis, Fabric Scale, Resource Optimization

---

## 1. INTRODUZIONE

Il SOS\_UrbanLab (Laboratorio di Ingegneria per la Sostenibilità Edilizia e Ambientale) si articola in due macroaree disciplinari: sperimentazioni tecnologiche e sperimentazioni territoriali. L'insieme delle due aree propone un'interpretazione innovativa del tema della sostenibilità, intesa non solo come terreno d'indagine per interventi di carattere tecnologico, ma anche come sistema di politiche e azioni capaci di assicurare una nuova *governance* del territorio e delle sue trasformazioni. In particolare, le sperimentazioni tecnologiche sono intese come a un insieme organico e sistematico di applicazioni in grado di fornire strumenti conoscitivi e applicativi per l'implementazione di strategie sostenibili ed eco-compatibili per il corretto sviluppo della città compatta. Nelle sezioni seguenti verranno esposte le principali ricerche del SOS\_UrbanLab, dai loro aspetti caratteristici alle possibili applicazioni, attraverso le varie scale che caratterizzano la città.

## 2. CAMPI DI RICERCA

### 2.1 Metabolismo urbano: flussi idrici e tessuto edilizio

Le città sono sottoposte a una pressione costante e sempre crescente dovuta ai cambiamenti globali quali la rapida urbanizzazione e l'aumento della domanda di risorse. Queste minacce costringono i sistemi urbani ad affrontare nuove sfide che si realizzano nel passaggio da un'economia lineare ad un'economia circolare in cui

---

\* Corresponding author. Tel.: +39-06-44585384 ; e-mail: michele.morganti@uniroma1.it

il riciclo e il riutilizzo sono attività fondamentali [1]. In particolare, il flusso urbano più critico in termini di disponibilità e utilizzo è il flusso dell'acqua, bene non surrogabile o sostituibile [2], necessario per la nostra sopravvivenza. Proiezioni future mostrano che la scarsità d'acqua avrà un effetto più limitante sulle attività umane rispetto alla scarsità di energia o di capitali, soprattutto nei sistemi urbani in cui si concentra la maggior parte delle attività umane. L'acqua è la risorsa che sprechiamo di più, con un alto potenziale di miglioramento rispetto ad energia e materia, anche sul breve termine. Negli ultimi 50 anni, gli eventi meteorologici estremi ed i relativi rischi idro-geologici sono aumentati esponenzialmente, richiedendo una gestione accurata del ciclo dell'acqua per aumentare la resilienza delle città. Mentre gli approcci urbanistici attuali tendono a fornire aspetti teorici ancora non in grado di avere un effetto significativo sulla scala del tessuto edilizio, la possibilità di chiusura dei cicli dipende principalmente dalle caratteristiche del contesto locale in cui è possibile abilitare una serie di interventi progettuali per migliorare la sostenibilità del sistema scelto. L'attività innovativa del SOS\_UrbanLab in questo ambito è realizzare modelli di analisi che, a scala di quartiere, permettano di ridurre i flussi di acqua in ingresso al sistema e massimizzare il riutilizzo in uscita. Attraverso nuove regole per un progetto sostenibile, ispirato al *metabolismo urbano* come strumento di supporto alle decisioni, è possibile definire differenti scenari e *roadmap* di sostenibilità per la città compatta, dando indicazioni concrete sulle possibilità di sviluppo dell'ambito locale.

## **2.2 Isola di calore e morfologia urbana**

L'urbanizzazione di estese aree di territorio determina la nascita di un fenomeno microclimatico noto come isola di calore che comporta un innalzamento delle temperature rispetto alle rurali circostanti. Il fenomeno è causato dall'interazione tra atmosfera, radiazione solare e caratteristiche morfologiche, materiche e di natura antropogenica delle aree urbane [3]. Nei climi mediterranei, in condizioni estive, tale fenomeno può indurre una variazione consistente della performance energetica dell'edificato con un relativo incremento di consumi ed emissioni verso l'ambiente [4]. Il lavoro di ricerca intende contribuire all'analisi del comportamento energetico della città compatta mediterranea, indagando la relazione tra morfologia urbana, isola di calore e performance energetica a scala urbana. La morfologia urbana gioca un ruolo rilevante nel comportamento energetico di interi brani di città per mezzo di due effetti: un contributo diretto, dovuto all'ostruzione della radiazione solare incidente, e uno indiretto, legato alla formazione dell'isola di calore. La proporzione del *canyon urbano* può infatti determinare una riflessione multipla della radiazione incidente, favorendo il surriscaldamento delle superfici. Inoltre, durante la notte, l'ostruzione di buona parte della volta celeste determina un rallentamento del raffreddamento delle superfici stesse.

Attraverso un'analisi sperimentale e numerica dell'isola di calore in un campione di casi studio in clima Mediterraneo, si definiscono strumenti operativi e metodologici che permettono la comprensione del comportamento energetico dei tessuti urbani esistenti. I parametri e gli strumenti individuati saranno pertanto utili alla valutazione di scenari di trasformazione volti a ridurre la domanda di energia a scala urbana nonché per la redazione e la verifica di piani di mitigazione e adattamento delle città ai cambiamenti climatici.

### **2.3 Densità sostenibili**

La ricerca esplora significati, proprietà e capacità analitiche del concetto di densità e delle sue possibili interpretazioni nell'ambito dell'architettura e della sostenibilità [5]. Il suo obiettivo è la determinazione di relazioni tra costruito, energia e forma dei tessuti urbani della città compatta mediterranea ricorrendo alla densità quale parametro utile a decifrarne le specificità [6]. Tale relazione è indagata e declinata in termini di caratteri formali e costruttivi, nei tessuti compatti della città europea consolidata, con l'ausilio di modellazioni e simulazioni strutturate allo scopo di controllare i corrispondenti fattori. Lo studio illustra l'influenza di morfologia urbana e caratteri tipologico-costruttivi su guadagno solare e domanda energetica per riscaldamento e climatizzazione; si valutano differenti indicatori di densità al fine di identificare i più adeguati ad esprimere tale influenza con leggi di variazione affidabili. I risultati evidenziano che il contributo dell'edilizia alla complessa questione energetica deve concentrarsi sulla riduzione della domanda - ancor prima che su consumo e impatto - operando con strumenti e metodi interscalari per la trasformazione della città esistente. La densità ha un ruolo privilegiato nel rapporto forma-sostenibilità per capacità interpretative e significati assunti quale categoria teorica e progettuale. A scala metropolitana, indicatori di sostenibilità urbana e densità non sempre mostrano chiare relazioni con le implicazioni ambientali ed energetiche. Al contrario, morfologia, tipologia e aspetti costruttivi sono i fattori che più intervengono sulla variazione delle prestazioni energetiche dei tessuti urbani. Analizzarli mediante parametri di densità conduce alla comprensione del diverso comportamento energetico, fornendo un contributo agli strumenti d'indagine a scala urbana e favorendo una connotazione più efficiente del costruito riconducibile alla dimensione della *densità sostenibile*. Il metodo e gli strumenti individuati si offrono come base di conoscenza per trasformazioni consapevoli della città compatta mediterranea.

### **2.4 Ergonomia degli spazi urbani**

La promozione di stili di vita funzionali al benessere è il risultato dell'affermazione di una nuova cultura delle trasformazioni territoriali tendente alla rigenerazione del tessuto urbano esistente. In tale contesto è crescente l'interesse nel rapporto che intercorre tra le proprietà fisiche del quartiere, la salute dei residenti ed il loro benessere. Per una corretta rappresentazione della realtà, è necessario individuare le caratteristiche dell'ambiente costruito la cui presenza e qualità può influenzare lo stile di vita degli abitanti, il loro comportamento e la loro attitudine a svolgere attività fisica [7]. Il presente lavoro di ricerca propone la parametrizzazione delle relazioni tra il comportamento degli abitanti e le caratteristiche dell'ambiente costruito attraverso la definizione di un sistema multicriteriale in grado di valutare il livello di ergonomia degli spazi urbani. L'approccio metodologico parte dalla classificazione delle variabili proprie degli spazi urbani che influiscono sullo stile di vita degli abitanti, basandosi sul sistema esigenze/requisiti/prestazioni. Successivamente si procede all'implementazione di un modello teorico probabilistico, interpretativo dell'ergonomia degli spazi [8] attraverso indicatori rappresentati da variabili misurabili o valutabili con metodi statistici. Lo strumento elaborato può essere utilizzato per la valutazione dello stato attuale dei quartieri, nella

ricerca dei fattori in grado di incidere sulla riqualificazione e sulla progettazione degli spazi esterni, attività propedeutiche al miglioramento delle performance degli spazi e della loro qualità.

## **2.5 Il vento e la città compatta**

Le città continuano a crescere, allargano i propri confini, densificano i propri tessuti, riempiono le aree poco urbanizzate a spese delle aree verdi urbane e della campagna circostante. Le conseguenze riguardano soprattutto l'alterazione del bilancio termico in città, il fenomeno dell'isola urbana di calore (UHI) e la degradazione del suolo, con gravi ripercussioni sulla salute e sul benessere del cittadino e sul consumo energetico. Sostenibilità implica un approccio olistico alla progettazione urbana ed edilizia, in cui gli studi sul microclima urbano diventano essenziali [3]. Molti studi si rivolgono all'identificazione delle possibili cause, alla valutazione dell'intensità del fenomeno, all'individuazione di misure di mitigazione e alla valutazione degli effetti sui consumi energetici dell'UHI in clima mediterraneo. In particolare, importanti opportunità nascono dallo studio sulla ventilazione urbana in area mediterranea, quale misura di mitigazione passiva, attraverso la modellazione dei flussi d'aria all'interno di complesse aree urbane. Recentemente la computazione fluidodinamica (CFD) è scelta come strumento nello studio dei flussi urbani, nella simulazione del microclima urbano e nella valutazione del comfort outdoor [9]. La ricerca è indirizzata alla valutazione degli effetti che morfologie tipiche di città compatte in clima mediterraneo hanno sullo schema del vento, intensità e direzione, sulla distribuzione di temperature esterne e sul potenziale di ventilazione degli spazi pubblici. Studi analitici e parametrici sono condotti alla scala di quartiere, anche attraverso simulazioni CFD, per qualificare e quantificare le relazioni dinamiche tra densità, morfologia, microclima urbano e comfort outdoor.

## **2.6 Valutazione e trasformabilità dell'edilizia residenziale pubblica**

L'inadeguatezza diffusa e lo stato di abbandono di gran parte del patrimonio di edilizia residenziale pubblica italiano esistente pone le diverse realtà interessate alla sua gestione e alla sua manutenzione di fronte alla necessità di dotarsi di uno strumento sintetico di valutazione che permetta l'individuazione delle scelte programmatiche di intervento più appropriate, al fine di ottimizzare il ridotto budget a disposizione. La ricerca, in linea con gli indirizzi del SOS\_UrbanLab, pone i suoi obiettivi nella determinazione delle modalità più opportune di studio e valutazione di questi importanti, sia in termini quantitativi che qualitativi, oggetti della città costruita. Nel particolare il metodo CRI\_TRA [10] si focalizza sugli interventi residenziali pubblici della grande dimensione, realizzati negli anni '70 e '80, che costituiscono una parte significativa delle periferie delle città esistenti, proponendo una valutazione sintetica tale da garantire il raggiungimento di due obiettivi principali: stabilire il grado di criticità e il grado di trasformabilità degli edifici oggetto di studio. L'innovatività del metodo risiede nella ricerca di un legame tra la valutazione delle criticità e della trasformabilità, effettuata attraverso l'utilizzo di indicatori opportuni e tali da descrivere gli aspetti tipomorfologici, costruttivi ed energetici. Nel dettaglio, il metodo di valutazione proposto si articola in tre differenti macro aree che esaminano rispettivamente gli aspetti tipologici (taglio/esposizione/distribuzione

degli alloggi), strutturali (comportamento sismico) ed energetici (prestazioni dell'involucro). Per ogni ambito, il metodo individua un insieme ristretto di indicatori che consentono di esprimere dei giudizi riepilogativi delle criticità presenti negli edifici e della relativa predisposizione alla trasformazione. Lo strumento non fornisce valori assoluti bensì relativi e tali da consentire un confronto tra i diversi organismi residenziali che costituiscono lo stock abitativo preso in considerazione.

## **2.7 Recupero idrico sostenibile attraverso la copertura a verde**

La conversione di superfici impermeabili in superfici a verde può determinare la regimazione delle acque di scarico nei sistemi fognari, [11] riducendo il sovraccarico prodotto da eventi meteorici, migliorando la gestione dei sistemi idrici urbani. La fattibilità in edifici esistenti dipende dall'entità dei nuovi carichi applicati. Al fine di verificare la resistenza dei tetti verdi al clima mediterraneo è stata attivata una sperimentazione monitorante il comportamento di prototipi reali in condizioni meteorologiche reali. Le sezioni sperimentali sono state realizzate come piattaforme che rappresentano una porzione di una copertura a verde, il cui comportamento non è influenzato dalle altre porzioni della copertura. Sono stati realizzati tre prototipi: due riproducono una copertura a verde di tipo estensivo, mentre il terzo prototipo rappresenta un campione di una copertura piana tradizionale, determinando il riferimento rispetto al quale comparare i valori campionati negli altri prototipi. Le misure sono condotte in tempo naturale. Obiettivo della presente sperimentazione è studiare le prestazioni delle suddette stratigrafie in condizioni naturali, senza il ricorso ad apporti irrigui, in clima mediterraneo. La sperimentazione condotta ha consentito di monitorare la portata di acqua evaporata andando a quantificare i processi di evapotraspirazione dei tetti verdi, in assenza prolungata di pioggia, per studiare l'effetto del sistema in attenuazione del fenomeno dell'isola di calore.

## **2.8 Efficienza energetica e rapporti di forma nella serra solare**

Nel campo dell'edilizia abitativa la serra solare rappresenta uno strumento efficace per le sue capacità di contenimento del fabbisogno di energia per la climatizzazione invernale. Per questo motivo, è necessario effettuare un corretto dimensionamento delle serre solari, affinché l'intervento non causi situazioni di discomfort. In letteratura, si evidenzia la mancanza di strumenti semplificati utili alla quantificazione dell'apporto termico delle serre solari [13] e i complessi modelli matematici e software in uso si applicano a geometrie definite. L'obiettivo dello studio è comprendere in che modo i rapporti formali della serra solare influiscono sull'Efficienza  $\epsilon$  (kWh) della stessa, allo scopo di formulare uno strumento di predimensionamento basato sul rapporto tra l'efficienza del sistema e i suoi rapporti dimensionali. La sperimentazione è condotta attraverso lo sviluppo di un modello teorico di serra in zona a clima temperato, costituito da differenti tipologie di serre incluse e addossate, le cui dimensioni variano proporzionalmente fra loro. I risultati ottenuti dalla valutazione energetica del modello, mostrano che i due parametri di lunghezza e profondità della serra solare influiscono sulla sua efficienza; in particolare i dati mostrano l'esatta corrispondenza tra l'Efficienza  $\epsilon$  (kWh) e specifici rapporti proporzionali della serra. Inoltre, è stato verificato come i limiti di percentuale di superficie

di serra realizzabile rispetto all'abitazione, indicati dalla normativa italiana come strumento urbanistico "anti-abuso", non coincidono con il dimensionamento ottimale del sistema, limitandone l'efficacia.

### 3. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] H. Girardet. *The metabolism of cities*. The Sustainable Urban Development Reader, ed. S. Wheeler and T. Beatley. New York: Routledge, 2004.
- [2] C. Kennedy et al. The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 43-59, 2007.
- [3] T.R. Oke. *Boundary layer climates*, Methuen and Co LTD, 1978.
- [4] M. Santamouris. On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings, *Energy Build.* 82 100–113, doi:10.1016/j.enbuild.2014.07.022, 2014.
- [5] M. B. Pont, P. Haupt. *Spacematrix: space, density and urban form*, NAI, Rotterdam, 2010.
- [6] C. Ratti, N. Baker, & K. Steemers. Energy consumption and urban texture, *Energy and Buildings*, 37(7), 762-776, 2005.
- [7] R.C. Brownson, C.M. Hoehner, C. Day, A. Forsyth, J.F. Sallis. Measuring the built environment for physical activity. *State of the Science*, in *American Journal of preventive Medicine*, 2009.
- [8] D. Niemeijer, R.S. de Groot. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets, in *Ecological Indicators*, 2007.
- [9] Moonen, Peter, ThijsDefraeye, ViktorDorer, BertBlocken, JanCarmeliet. Urban Physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand, *Frontiers of Architectural Research* 1 197-228, 2012.
- [10] L. Diana. Metodo CRI\_TRA un metodo di valutazione comparativa delle criticità e della trasformabilità edilizia del patrimonio residenziale pubblico in Italia. In: "L'Analisi Multicriteri tra valutazione e decisione". Fattinanzi E., Mondini G. (a cura di). DEI Editore (IN PRESS).
- [11] N.D. Van Woert et al.. Green Roof Storm water Retention: Effects of Roof Surface, Slope and Media Depth. *Journal of Environmental Quality*, 34: p. 1036-1044, 2005.
- [12] UNI 11235 - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture verde.
- [13] G. Oliveti, M. De Simone, S. Ruffolo, Evaluation of the absorption coefficient for solar radiation in sunspaces and windowed rooms, *Solar Energy* 82, pp. 212–219, 2008.