

Fabrizio Cumo, Dipartimento PDTA, Università Sapienza di Roma  
Adriana S. Sferra, Dipartimento PDTA, Università Sapienza di Roma  
Valentina Sforzini, Dipartimento DIAEE, Università Sapienza di Roma

fabrizio.cumo@uniroma1.it  
adriana.sferra@uniroma1.it  
valentina.sforzini@uniroma1.it

**Abstract.** La ricerca SoURCE è stata congiuntamente elaborata dal Centro interdipartimentale CITERA e il Royal KTH Institute; le risultanze sono state validate in contesti diversi tra cui un Comune del Lazio con il quale attualmente si collabora per supportarlo nella programmazione di interventi e nella richiesta di finanziamenti europei.

La metodologia elaborata, marcatamente interdisciplinare alle varie scale, innescando rapporti di sussidiarietà sia orizzontale che verticale, individua quote di tessuto urbano – *urban cell* – al cui interno il saldo energetico fra consumi e produzione da fonti rinnovabili sia ricompreso in un predeterminato range. Aggregando più *urban cell* si è ottimizzata la rete energetica e integrata con altri servizi “a rete” che sovrapposti configurano una *rete delle reti* che rende una *urban cell* efficiente nel segmento dei servizi. Il modello così configurato può essere ora correlato ad uno specifico territorio per integrarsi coerentemente con le sue particolari connotazioni (storiche, culturali, sociali) in modo tale da diventare il modulo di crescita e/o di ricomposizione urbana costituendo la necessaria base per una *smart city*.

**Parole chiave:** Pianificazione urbana sostenibile, Efficienza energetica, Edifici basso emissivi, *Urban cell*, *Smart city*

**Il quadro di riferimento** 40% il taglio delle emissioni di gas serra, 27% l'energia prodotta dalle rinnovabili: questi i traguardi indicati per il 2030 dall'UE che, sui temi della sostenibilità ambientale, vuole incentivare sempre più efficaci iniziative per razionalizzare i consumi, incrementare l'uso di energie rinnovabili, ridurre le emissioni inquinanti, conservare, negli specifici e diversi contesti, i connotati della biodiversità; inoltre particolare attenzione è rivolta alle aree urbane, soprattutto quelle che denunciano maggiori criticità.

In Italia si conferma lo stesso intendimento: il Piano Città<sup>1</sup> invita ad intervenire alla scala urbana anche e soprattutto in termini di sostenibilità.

Questo significa operare attraverso l'interdisciplinarietà alla varie scale di intervento, innescando rapporti di sussidiarietà sia orizzontale che verticale, secondo un approccio di ciclo di vita

che, attraverso valutazioni scientifiche attendibili e quantificabili, consenta di puntare all'obiettivo “quasi zero” monitorando la fase di esercizio degli interventi; è necessario quindi risalire alle reali cause del dissesto del territorio per potersi porre come interlocutori privilegiati delle P.A. (alle sue diverse articolazioni territoriali) e della imprenditoria privata (Ance, Confindustria), per collaborare con esse ai “processi di trasformazione del territorio”.

Su queste basi qui si presentano le risultanze, validate sul campo in Italia (Trevignano Romano e Sabaudia) e Svezia (Lund), della ricerca triennale SoURCE<sup>2</sup> conclusasi a novembre 2013 che punta ad una costante attenzione ai mutui rapporti di causa/effetto fra le tematiche ambientali e quelle della pianificazione e gestione del territorio inteso non certo solo per dimensione, orografia, clima, ecc., ma come insieme di aspetti economici, sociali, politici, culturali, amministrativi che, nell'interagire fra loro, determinano un *unicuum* irripetibile, frutto di continue sedimentazioni storiche che ne definiscono i “caratteri” incancellabili. La ricerca, inoltre, potrebbe avere un'immediata potenziale ricaduta applicativa in un nuovo filone di attività sulla *ageing society and built environment* sempre svolta con la partnership svedese.

## La metodologia

Operare a scala urbana significa lavorare su quote inizialmente ridotte di territorio e renderle il più possibile sostenibili, in una prima fase per i soli aspetti energetici: contenendo gli sprechi, riducendo l'uso di energia da fonte fossile ed utilizzando, nei limiti del possibile, tecnologie che producano energia da fonti rinnovabili.

## SOURCE - Sustainable Urban Cells: outcome of a bilateral survey Italy-Sweden

**Abstract.** The survey SoURCE was jointly elaborated by the Inter-Departmental Center CITERA and the Royal Institute KTH; the findings were tested in different contexts, one of which was a municipality in the Lazio region with which it is currently collaborating to support planning interventions and facilitate European funding applications.

The methodology that is interdisciplinary at the various scales was designed to enhance both horizontal and vertical subsidiarity and to allow to locate shares of the urban fabric – *urban cells* – providing for an energy balance between consumption and production from renewable sources in a predetermined range. Then by adding more urban cells the energy network was optimized and then integrated with other service networks that were then put in place into a system constituting the network of networks creating an efficient urban cell as per

the service supply system. The model designed as such can be addressed to a specific territory to be consequently integrated with its specific characteristics (historical, cultural, social). This would then become an appropriate plan and/or requalification module to apply to urban settlements for the purpose of creating the basis for a smart city.

**Keywords:** Sustainable urban planning, Energy efficiency, Low emission buildings, Urban cell, Smart city

## Frame of reference

A cut of 40% in greenhouse gas emissions and 27% of energy produced from renewable sources: these are the sustainability objectives set by the EU to be implemented by 2030.

The main goal of the EU is to encourage as many effective initiatives as possible to rationalize consumption, increase the use of renewable energy

sources, reduce polluting emissions, protect and preserve, within specific and diverse contexts, all that regards biodiversity by focusing particularly on urban centers, especially the most critical ones.

Italy has confirmed the same commitment: the City Plan<sup>1</sup> calls for action at the urban scale particularly in terms of sustainability.

This means taking an interdisciplinary approach on the various levels of intervention, encouraging both horizontal and vertical subsidiarity, according to a life-cycle approach that, through reliable and quantifiable scientific assessments, will allow for measures aimed at “almost zero”, by monitoring the operating phase of the interventions carried out. It is therefore necessary to analyse in greater depth the real causes that determine the collapse of territories in order to

La metodologia elaborata consente di individuare quote di tessuto urbano definite in questa sede *urban cell* al cui interno il saldo fra consumi energetici e produzione di energia da fonti rinnovabili consenta un risparmio – quantificato in sede di ricerca – pari a circa il 30-40%. In seguito, addizionando più *urban cell* si punta ad ottenere nel complesso un saldo ancor più favorevole.

Le principali aree tematiche, da considerare per la “lettura” della *urban cell*, possono essere ragionevolmente riconducibili a: consumi energetici, energia da rinnovabili, verde urbano, acqua, qualità dell’aria, rifiuti, mobilità, biodiversità e consumo del suolo. La valutazione di ognuna di esse, attraverso adeguati indicatori ed unità di misura, costituisce la griglia di riferimento, una sorta di “radiografia” per le analisi, il confronto e le indicazioni relative alle possibili soluzioni o correttivi. Infine, questa griglia consente, attraverso attendibili confronti, l’aggregazione a rete delle *urban cell*.

L’uso potenziale delle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) è valutato considerando: la quantità di energia primaria proveniente dalle fonti naturali (energia solare, eolica, geotermica, da biomasse ed idraulica); le diverse tipologie di input energetici sostenibili derivanti da attività antropiche; il coefficiente di innovazione tecnologica variabile in funzione dell’efficienza dei processi di trasformazione dell’energia; la fattibilità nell’uso dei sistemi impiantistici determinate in funzione di analisi costi-benefici e di eventuali vincoli presenti nel territorio.

La procedura prevede la definizione delle modalità per: il rilevamento dati (fonti ufficiali, letteratura scientifica o rilievo diretto); la conversione dei dati in potenziale energetico da fonte rinnovabile espresso nella corrispondente unità di misura; il dimensionamento del volume totale di energia utilizzabile.

become the new privileged P.A. interlocutors (according to the P.A.’s different geographical locations) and private enterprises (Ance, Confindustria), ready to collaborate toward this necessary “transformation process of territories”.

On these grounds, we have shared the findings, assessed on the field both in Italy (Trevignano Romano and Sabaudia) and Sweden, (Lund) of the SoURCE survey<sup>2</sup> completed in November 2013, that highlights the mutual cause/effect dynamics between environmental issues and those pertaining to urban planning and land management intended not only in terms of scale/size, topography, climate, etc., but as a set of economic, social, political, cultural, administrative aspects which by interacting with each other provide a sort of *unicuum*, that is the final result of historical sedimenta-

tions that have in the course of time defined its permanent and indelible “characteristics”.

#### Methods

Working on an urban scale means working on shares reduced by land and made as sustainable as possible. Initially made sustainable in terms of energy saving: containing waste, reducing the use of energy from fossil fuels and using, wherever possible technologies that produce energy from renewable sources.

The methodology developed allows to locate shares of the urban fabric defined in this context as urban cells in which the balance between energy consumption and energy production from renewable sources allows for savings - quantified in this survey - as approximately 30-40%. Then by adding more urban cells the goal is to

I quantitativi energetici provenienti da ognuna delle sopracitate tipologie energetiche rinnovabili saranno stimati seguendo le equazioni universalmente riconosciute e i dati registrati dalle organizzazioni ufficiali.

Il potenziale di energia pulita da fonti aggiuntive dipende dalla presenza di specificità locali tra le quali le energie recuperabili in processi, impianti, prodotti e scarti organici presenti nell’ambito territoriale.

Per quanto riguarda la stima dei consumi energetici si sono scelte campionature significative per avere dei dati sufficientemente attendibili; sono stati quindi definiti i caratteri di tale campionatura in modo dettagliato e per ognuna è stata elaborata una scheda di indagine nella quale riportare i dati (anno di costruzione, tecniche costruttive, stato di degrado, esposizione, eventuali abusivismi, modifiche effettuate nel tempo, tipo di impianti e loro stato di efficienza, tipo di utenza e le modalità periodiche e/o annuali di fruizione degli spazi).

Sia per la valutazione degli interventi per la captazione delle rinnovabili sia per quella degli interventi di riduzione dei consumi è necessario analizzare: i sistemi innovativi per la captazione e trasformazione dell’energia; l’uso innovativo di sistemi tradizionali; il mix di sistemi tradizionali e innovativi; le linee di tendenza per un eventuale trasferimento tecnologico da altri settori; l’innovazione tecnologica in atto, gli studi che si stanno conducendo; i tempi per una loro utilizzazione; eventuali limiti e ulteriori possibili potenzialità.

Generalmente, i principali impedimenti all’utilizzo di energia proveniente dalle fonti rinnovabili derivano dai vincoli ambientali paesaggistici e storico archeologici presenti nell’area nonché dagli impatti sull’ambiente e sul paesaggio connessi alla costru-

achieve an even better total balance.

The specific issues to be considered for a proper “reading” and full understanding of the urban cell are: energy consumption, renewable energy, urban green areas, water and air quality, waste, mobility, land consumption and biodiversity. These issues all together represent the reference base from which to begin our analysis of an urban cell; an X-ray for elaborating each aspect or rather a reading chart of the individual elements that can be compared with one another in order to indicate possible corrective measures. Lastly, this base will allow for a fruitful comparison and the creation of a network among the urban cells.

The assessment of the potential use of Renewable Energy Sources (RES) was evaluated considering: primary energy amounts coming from natural sustainable energy inputs (solar en-

ergy, wind power, geothermal energy, biomasses and hydropower); clean energy amounts coming from additional resources of human activities; innovation technology coefficient that can vary on the basis of each energy transformation efficiency; feasibility assessment of systems implementation and restrictions as well as cost/benefit analysis.

The procedure foresees the following steps: data survey (official references, scientific literature or local survey); data conversion of the energy amounts expressed in each specific unit; dimensioning of the global usable amount of energy.

The energy amount suitable for all the above-mentioned energy typologies will be estimated according to its universally recognized equations and data will be collected by the official organizations. In addition to the

zione, al funzionamento ed alla dismissione degli impianti considerati. Occorre inoltre considerare le peculiarità morfologiche e abitative proprie del contesto urbano esaminato e gli interessi di *stakeholder*.

Infine, l'analisi costi-benefici sarà eseguita utilizzando un approccio *Life Cycle Thinking (LCT)*, attraverso l'identificazione e la valutazione degli impatti causati dalle attività dell'uomo, associati ai consumi di energia, di materie prime e di emissioni inquinanti.

In seguito alla valutazione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e dei consumi è possibile calcolare il saldo energetico.

Dal momento che in ognuna delle *urban cell* il bilancio energetico sarà differente – sia per le caratteristiche del contesto sia per le funzioni ivi svolte – si potrebbe porre la necessità di aggregare fra loro un certo numero di *urban cell* in modo da garantire un saldo più favorevole.

Tali *urban cell*, sostenibili sotto il profilo energetico, vengono integrate con altri e diversi servizi (fognature, reti di comunicazione, rifiuti, ecc.) soprattutto utilizzando la banda larga che dovrebbe rendere il territorio "intelligente".

Si tratta quindi di individuare una logica che consenta di sovrapporre il più possibile le singole reti di erogazione di un numero sempre maggiore di servizi, mettendoli a sistema costituendo la cosiddetta "rete delle reti" che rende una *urban cell* del tutto efficiente nel segmento dei servizi; questa (singola e/o associata ad altre) costituisce la base di una *smart grid* connotata da una vasta gamma di servizi strutturati a rete.

La filiera (*urban cell - rete delle reti - smart grid*) così configurata può essere ora correlata ad uno specifico territorio per integrarsi coerentemente con le sue particolari connotazioni (storiche,

culturali, sociali, produttive, economiche) al fine di pervenire a configurare una *smart city*.

Questa diventa quindi una corretta e adeguata modalità di crescita e/o di ricomposizione degli insediamenti urbani: si rifiuta la logica di un ulteriore consumo del territorio e, di converso, la si indirizza prevalentemente, se non essenzialmente, ad interventi di recupero e riqualificazione di tessuti urbani degradati.

Nelle conclusioni della ricerca, oltre ad avere verificato "sul campo" in contesti del tutto diversi le ipotesi poste a base del programma sono state predisposte *linee guida* di supporto alla P.A. per agevolarla nella programmazione di interventi e nella richiesta di finanziamenti europei; si è poi affrontato l'elemento cruciale di qualunque politica in questo settore: la corretta informazione e l'adeguata educazione del cittadino ai fini della sua condivisione delle scelte politiche espresse dal proprio E.L. e di un suo comportamento virtuoso nella gestione quotidiana delle iniziative intraprese.

Questa quindi in linea di massima la sintesi del lavoro svolto.

#### **La trasferibilità delle risultanze della ricerca nel comune di Trevignano Romano**

Romano l'area comunale è stata suddivisa secondo i criteri messi a punto durante la ricerca in quattro *urban cell* : 1. area centro: 36,6 ha, 2000 abitanti, 409 edifici; 2. area lungolago: 89 ha, 1500 abitanti, 265 edifici; 3. area collinare: 472 ha, 1500 abitanti 391 edifici; 4. area di espansione: 1070 ha, 1000 abitanti 564 edifici; in tutte le celle lo 80-90% del totale degli edifici è ad uso residenziale.

Queste sono state verificate in tre realtà (due nazionali ed una svedese) confermando come il modello sia trasferibile a diversi contesti. Nel caso di Trevignano

above mentioned RES, each territory has additional energy resources, coming from human activities, that have to be considered to calculate the whole available clean energy potential. This potential mainly depends on human local characteristics and specificities such as the reuse of retrievable energy coming from anthropic processes, systems, organic products and discards. In order to estimate energy consumption significant samples were chosen to obtain accurate and reliable data. The characteristics of the samples were then further defined and per each one a report was filed containing all the detailed information (year of construction, construction techniques, state of decay, exposure, potential illegal building, changes made over time, the type of plants and their efficiency status, type and mode periodic and/or annual of use of space).

In order to best assess interventions, retrieve renewable energy sources and implement energy saving plans it is necessary to analyze the following: innovative systems and devices for energy collection and transformation, innovative use of traditional systems, the mix of innovative and traditional systems, new trends for technology transfer, current technological innovations and research studies, time for their utilization, possible limits and further additional potentialities. Generally the main impediment to the utilization of renewable natural energy sources, was caused by environmental, landscaping and historical constraints of the analyzed area as well as by those environmental and landscaping impacts associated with the construction, functioning and decommissioning of systems. Moreover, the stakeholders' interests and the proper

morphological and building characteristics of the analyzed urban context must also be considered.

At last the cost/benefit analysis will be carried out using the life cycle approach, through the human activity impact evaluation related to the consumption of energy and raw materials and to the polluting emissions.

An accurate calculation of the energy balance must be based on the renewable energy production and the assessment of energy consumption.

Since any urban cell will yield a different energy balance due to its local characteristics and functions, an urban cell can be added to another adjacent one (generating an urban cell grid) in order to guarantee a more accurate calculation of the energy balance resulting from the addition of more than one urban cell.

These sustainable urban cells are then

integrated with the service network (sewerage, communication networks, waste disposal, etc.) and particularly the use of broadband will prove essential to creating "smart" territories. It is therefore necessary to identify a logic that allows as much as possible to increase the individual supply networks by of a further number of services, putting them in place into a system constituting the so-called network of networks that makes a completely efficient urban cell as per the service supply system and this (single and/or combined with others) forms the basis of a smart grid characterized by a wide range of services structured as a single network.

The production chain (*urban cell - network of networks - smart grid*) designed as such can be addressed to a specific territory to integrate consistently with that territory's specific characteristics

URBAN CELL	HERBACEOUS BIOMASS (kWh/year)	ARBOREAL BIOMASS (kWh/year)	FOREST BIOMASS (kWh/year)
cell 1 - core area	0	35465	0
cell 2 - lake waterfront	0	435003	1627
cell 3 - low density res. area	598609	602679	201629
cell 4 - development	1340592	218769	282792
<b>Tot.</b>	<b>1939201</b>	<b>3260838</b>	<b>486048</b>

TAB. 1 | Potenziale annuo di energia disponibile per ognuna delle urban cell di Trevignano Romano  
Annual energy power per urban cell in Trevignano Romano

PERFORMANCE RATE	BUILDINGS WITH HISTORICAL CONSTRAINTS (area 240 m <sup>2</sup> )	BUILDINGS WITHOUT HISTORICAL CONSTRAINTS (area 280 m <sup>2</sup> )
gross energy requirement from non renewable sources (kWh/ sq year)	from 144 to 115	from 289 to 10
CO <sub>2</sub> emissions (ton)	from 29 to 23	from 58 to near zero
class of energy performance	from G to F	from G to A+

TAB. 2 | Indici prestazionali degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici del Comune di Trevignano Romano calcolati in funzione della presenza o meno di vincoli storico-architettonici  
Performance rate after the energy redevelopment of buildings with and without historical constraints in the urban cells of Trevignano Romano

Tenendo conto dei fattori climatici del luogo si sono poi identificate e quantificate le effettive disponibilità di energia da fonti rinnovabili, distinguendo per ognuna di esse le specifiche modalità e tipologie di impianti per la captazione e, poiché la convenienza delle rinnovabili è un fattore strettamente “locale”, si sono identificati anche i vincoli (tecnici, normativi, economici, finanziari, gestionali, paesistici, ambientali) che ne consentissero l'utilizzo (Tab.1).

In seguito a tali analisi sono state individuate le superfici utili per l'installazione di fotovoltaico sulla copertura di ogni singola abitazione nelle celle 2, 3 e 4; è stato valutato il rendimento effettivo degli impianti, mediando i dati della letteratura tecnica con quelli ottenuti da simulazioni con software specifici.

È emersa anche la convenienza di installazioni solari termiche per la produzione di acqua calda sanitaria alimentate da biomasse per coprire circa il 50% del fabbisogno di una famiglia di quattro persone.

Nel comune di Trevignano i consumi sono stati rilevati attraverso le bollette emesse dal gestore prendendo a campione periodi dell'anno ritenuti significativi; sono state inoltre utilizzate ortofoto satellitari, i dati della normativa vigente e quelli forniti dall'amministrazione comunale; con l'utilizzo di software specifici le informazioni sono state organizzate in *layers* con il Sistema Informativo Geografico (GIS) e sovrapposti alla cartografia tecnica del Comune.

Inoltre, al fine di ridurre il margine di errore riconducibile al comportamento degli utenti, determinato da variabili economiche e da 'stili di vita', i dati stimati sono stati normalizzati in funzione delle ore di funzionamento degli impianti previste dalla normativa vigente.

(historical, cultural, social, productive, economic) for the purpose of creating a smart city.

This would then become a correct and appropriate growth and/or reshaping method to apply to urban settlements: the logic of further land consumption is to be rejected to be mainly diverted to the recovery and requalification of urban settlements to counteract urban blight.

The survey findings besides assessing "on the field" in completely different contexts those assumptions that form the basis of the program and constitute the guidelines that support the PA to assist it in planning interventions and applying for European funding. All the crucial aspects pertaining to policies regarding this sector have been analyzed: the correct information and proper education of the citizen for the purpose of sharing political

choices and virtuous behavior in the daily management of the initiatives undertaken. This is in principle the summary of the endeavor undertaken.

#### The transferability of the survey findings to the municipality of Trevignano Romano

The findings have been tested in three different contexts (two national ones and a Swedish one) proving the transferability of the model to different contexts. In the case of Trevignano Romano, the municipal area of the town was divided according to criteria developed in the course of the survey in four urban cells: 1. central cell: 36,6 ha, 2000 inhabitants, 409 buildings; 2. lakefront area cell: 89 ha, 1500 inhabitants, 265 buildings; 3. hilly area cell: 472 ha, 1500 inhabitants 391 buildings; 4. cell located in a building development area: 1070 ha, 1000 in-

Acquisiti i dati sui consumi sono stati valutati, sotto una pluralità di ottiche, gli interventi necessari per ridurli; a tal fine, per ogni ipotesi di intervento sono state valutate le variabili tecniche, economiche, ambientali e i diversi tipi di vincoli presenti in ogni *urban cell* gerarchizzando gli interventi in funzione della loro efficacia/invasività (Tab. 2).

Di tale operazione sono stati stimati i tempi e i costi per ogni tipologia di intervento; la stima non è stata però limitata a definirne gli importi che sono stati confrontati con il possibile risparmio che si potrebbe ottenere nel tempo a fronte anche degli

habitants 564 buildings; in all the cells around 80-90% of the total of buildings are for residential uses.

Taking into account the town's climate conditions the actual availability of energy from renewable sources was identified and quantified, distinguishing per each renewable the specific methods and types of systems for the collection and, as the value of renewable energy is strictly a "local" aspect, the regulations and constraints (technical, legal, economic, financial, managerial, territorial and environmental) needed to allow their use were also identified (Tab. 1).

Following the above mentioned assessments the roofs of each single residential building were identified for the installation of photovoltaic panels for cells 2, 3 and 4; the effective yield of the plants was rated by mediating technical literature with data achieved

from simulations obtained through specific software.

The opportunity offered by solar thermal systems for the production of sanitary hot water from biomass to cover approximately 50% of the needs of a family of four people.

In the Municipality of Trevignano, consumption rates were detected through the bills issued by the provider by examining the significant yearly periods; satellite ortho-photos were also taken, current legislation data and data provided by the municipal local administration were analyzed; the use of specific software for processing information in layers through GIS the Geographic Information System were added to the technical mapping provided by the Town Hall.

Moreover in order to reduce the margin of error due to the behavior of users, determined according to eco-

URBAN CELL	ACTUAL SITUATION (MWh/year)		REDUCED CONSUMPTIONS (MWh/year)		RENEWABLE ENERGY (MWh/year)			ENERGY BALANCE (MWh/year)	
	thermal	electric	thermal	electric	STE	biomass	PV	thermal	electric
cell 1	- 13685	- 6000	- 9200	- 5600	2806	71	0	- 6323	- 5600
cell 2	- 3680	- 2000	- 2875	- 1700	853	438	1677	- 1584	- 23
cell 3	- 10350	- 4200	- 7475	- 3600	0	3823	2731	- 3652	- 869
cell 4	- 7130	- 3200	- 5405	- 3000	0	1372	2480	- 4033	- 520
Tot.	- 34854	- 15400	- 24955	- 13900	3659	5704	6888	- 15592	-7012

TAB. 3 | Bilancio energetico di ognuna delle celle urbane del Comune di Trevignano Romano  
Energy balance for each urban cell of Trevignano Romano

attuali incentivi nazionali. Si è resa così necessaria una ulteriore operazione: in funzione del predeterminato ciclo di vita di ogni edificio, si è valutato per quelli esistenti quanto sia ancora il loro margine di vita “utile”; è stato possibile quindi individuare la “soglia temporale residuale” da utilizzare per la valutazione degli interventi da proporre.

Infine è stato predisposto, ed è in funzione, il *Catasto energetico* che, attraverso un software on-line, consente di monitorare l'andamento dei consumi energetici per ogni singola unità abitativa. Si è poi effettuato il confronto fra il totale di energia da fonti rinnovabili e da fonti aggiuntive “pulite” di origine antropica e quello dell'energia consumata in seguito agli interventi di riqualificazione.

Si sono quindi individuate le *urban cell* in deficit e quelle in surplus di energia prodotta dalle rinnovabili. Considerando il massimo contributo realmente ottenibile dalle rinnovabili, la copertura media è risultata essere 30-35% circa e del 20-25% la riduzione massima dei consumi in seguito agli interventi di riqualificazione: le conseguenti percentuali di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono risultate essere di circa 14 mila tonnellate annue.

Le quattro *urban cell* prese a campione registrano tutte un saldo negativo ma con alcune differenze: nella *urban cell* “centro”,

molto critica sotto il profilo dei vincoli, la copertura media dei consumi con le rinnovabili è di circa il 16%; mentre nelle tre restanti *urban cell* i risultati oscillano tra il 50 e 70%. Tali variazioni, attribuibili alle numerose variabili presenti, rappresentano un risultato in linea con le aspettative della ricerca (Tab. 3).

Significativa inoltre la conferma che nelle condizioni attuali e con le tecnologie disponibili non è pensabile una totale copertura dei fabbisogni energetici con le rinnovabili; oggi un risultato può ritenersi del tutto accettabile quando si attesta intorno a valori con un range, già accennato, dal 30 al 40% circa.

Per gli interventi da realizzare va effettuata, in fase esecutiva, una analisi costi-benefici nella quale sono inclusi, oltre agli aspetti specificamente economici quali possibili fonti di finanziamento (pubblici, privati e/o misti), anche le ricadute sull'occupazione e quelle sugli impatti ambientali.

Nella prospettiva di predisporre il primo servizio a rete attraverso la connessione energetica tra le *urban cell*, si è rilevato che il sistema locale di distribuzione di energia elettrica e di gas oggi esistente nel Comune consente la connessione in rete delle celle e può essere strutturato in modo tale da garantire la condivisione di flussi di energia proveniente dalle fonti rinnovabili<sup>3</sup>.

Come necessario approfondimento sono stati analizzati in ogni

ENVIRONMENTAL IMPACT	MITIGATION STRATEGY
Light pollution	
decline in photosynthetic efficiency after exposure nocturnal light	adequate levels to reduce light scattering and reflected from the surfaces
disturbances in the hunt for nocturnal predators	on/off automatic adjustment
limitations in the mammals ability to obtain food	systems of devices for light intensity limitation
wildlife disorientation	
insects population decline	
alteration of circadian rhythms in mammals	
migratory birds disorientation	use of fully shielded lights
reducing flight speed of birds	use of lamps that limit the attractive effect towards insects

TAB. 4 | Impatti ambientali sulla biodiversità causati dall'inquinamento luminoso e adeguate strategie di mitigazione da adottare nella *urban cell* I - centro storico  
Environmental impacts and mitigation strategies related to the biodiversity of the urban cell I - core area

*urban cell* anche gli aspetti relativi alla biodiversità che è stata accuratamente valutata nel caso di studio poiché Trevignano, che sta aderendo al Patto dei Sindaci, fa parte della rete di aree destinate alla conservazione della biodiversità dell'UE e le quattro *urban cell* sono quindi classificate Zona di Protezione Speciale. In seguito all'analisi delle specie presenti e delle loro principali vie di passaggio si è proceduto, in funzione del rischio, all'individuazione dei principali impatti ambientali (causati dall'antropizzazione e dalle destinazioni d'uso) al fine di individuare le più adeguate strategie di mitigazione.

Le principali cause di rischio sono riconducibili nella cella centro storico all'inquinamento atmosferico, luminoso ed alla cementificazione dei suoli; nelle celle 2 e 3 l'attracco delle imbarcazioni e il traffico veicolare sono causa di inquinamento atmosferico e acustico. Le strategie di mitigazione prevedono la riduzione dei consumi energetici degli edifici e il piano dell'illuminazione privata e pubblica; nelle celle 2 e 3 l'utilizzo di barriere antirumore e di battenti elettrici. Infine nella *urban cell 4* (zona di espansione) i principali impatti sono causati dai consumi energetici degli edifici ma in questo caso a differenza della cella 1 è possibile garantire sufficienti aree verdi (Tab. 4).

È stato conseguentemente elaborato il sistema di collegamento tra le quattro cell per verificarne l'efficacia "globale" attraverso la predisposizione di corridoi ecologici, intesi come spazi di territorio naturale in grado di collegare parti di uno stesso habitat diventato discontinuo – ostacolando il naturale fenomeno migratorio – a causa dell'antropizzazione (edifici, reti stradali, ferroviarie, elettriche) e sono state proposte soluzioni in grado di garantire tali spostamenti.

economic variables and *lifestyles*, the estimated data was calculated according to the working hours of the facilities provided by the current legislation.

Acquired data on consumption were evaluated considering a wide number of variables, corrective action to reduce consumption levels, for each hypothesis of intervention; the technical, economic, environmental variables were assessed and different types of constraints present in each urban cell were assessed by prioritizing interventions in terms of effectiveness and impact (Tab. 2).

With regard to this operation all estimated costs and installation times were calculated; the estimates were not limited to define the amounts compared with the potential savings that could be achieved over time, according to current national incentives. The need for a further operation also

emerged: depending on the predetermined lifecycle of each building, the existing ones were analyzed according their lifecycle margin of "profit"; it was then possible to identify "the residual time threshold" for an evaluation of interventions to propose.

Finally an *Energy Cadastre* has been set up through an on-line software program and has become operational in order to monitor energy consumption levels per each residential unit.

After identifying the urban cell with deficit and/or surplus of electricity produced a comparison was made between the total amount of energy from renewable sources, the additional "clean" man made sources and energy used for reconstruction/requalification purposes.

The urban cells with deficit and surplus energy produced from renewable sources were then assessed. Consid-

## Dalla *urban cell* alla *smart city*

Fin qui i risultati raggiunti ed altri concretamente raggiungibili; ma tutto questo è sufficiente? Ovviamente no. Il risultato ottenuto, anche se oggettivamente significativo, va considerato come un solo (e piccolo) segmento di un percorso ben più lungo.

Vanno sicuramente approfondite in che misura una serie di *urban cell* fra esse correlate possono diventare una *smart grid*, un modulo di ristrutturazione delle città 'intelligente' che attraverso la banda larga metta a sistema tutta una serie di reti infrastrutturali di tutti i servizi (la rete delle reti, appunto).

Più complessa è la fase successiva: da *smart grid* a *smart city*, il vero modulo di ricomposizione delle città, che oltre ai servizi ha i connotati propri (culturali, sociali, storici) di un brano di città. Una *smart city* delinea un modello urbano capace di garantire un'elevata qualità della vita e una crescita economica e sociale dei cittadini e delle imprese, ottimizzando risorse e spazi per la sostenibilità: si pone l'obiettivo di includere ed amplificare gli aspetti positivi del vivere in città, per mezzo di tecnologie, progetti e politiche che vengano messi al servizio di un processo di trasformazione radicale del sistema urbano attraverso parametri quali *economy, people, governance, mobility, environment e living* che, mediante indicatori che quantificano i benefici effettivi che ne deriverebbero per i cittadini, misurino il livello di "intelligenza".

Quindi, analizzare come dovrebbe essere una *smart city* e in che misura possa costituire un modulo per risanare le periferie urbane, costruendo sul costruito per non continuare a consumare territorio, è il percorso per garantire l'auspicata qualità ambientale, quella urbana e (ma solo in parte) la qualità della vita.

ering the maximum realistically obtainable contribution from renewable sources, the average coverage was found to be approximately 30-35% and 20-25% of the maximum reduction in consumption following requalification interventions: the resulting percentage reductions in CO<sub>2</sub> emissions yielded the approximate annual amount of 14 thousand tons.

The four urban cells under analysis have all yielded negative balances with some differences: the central one is very critical due to restrictions, the average consumption of renewable sources amounted to approx. 16%; whereas the three other urban cells reached 50 to 70% consumption rates. Such oscillations which are attributable to the numerous variables involved are in line with the expected results of the survey conducted (Tab. 3).

We must also consider, as confirmed

by the survey, that presently with the available technology it is still impossible to provide for total coverage by renewable energy sources to respond in full to the energy demand; today we can rely on percentages ranging from 30 to 40% as quite acceptable and promising.

With regard to actions that need to be implemented, a cost-benefit analysis must be made by using the Life Cycle Thinking (LCT) that should include, besides specifically economic aspects related to possible funding sources (public, private and/or mixed), the fall backs on employment and impact on the environment.

In order to plan the first renewable energy network service between the urban cells, the currently operating local power and gas network provided by the municipality can allow a network connection between such urban cells

## Conclusioni

Tali obiettivi si raggiungono attraverso l'innovazione tecnologica (impianti, comunicazioni, reti a fibra ottica, wi-fi), l'innovazione dell'offerta culturale in grado di rilanciare l'immagine della città e creare occasioni di aggregazione sociale, l'innovazione architettonica ed urbanistica riferita alla valorizzazione di interi quartieri creando spazi pubblici e ovviamente l'innovazione ambientale.

Per essere smart, secondo l'UE, le città devono diventare efficienti e soprattutto sostenibili dal punto di vista dell'energia, dei trasporti, dell'informazione, delle tecnologie di comunicazione, dello sviluppo economico e delle politiche sociali.

Non c'è nessuna ragione infatti per la quale le città dovrebbero vivere al di sopra (per non dire al di fuori) delle loro (corrette) possibilità energetiche, non tenendo in nessuna considerazione l'impatto ambientale, accettando di essere strangolate dal traffico, sommerse da rifiuti, del tutto indifferenti nei confronti del degrado del territorio e dei disagi sopportati dai cittadini, rinunciando in tal modo a svolgere il proprio ruolo (dovuto perché istituzionale) nell'uscita strategica da una crisi diventata ormai costante. Basterebbe predisporre una "radiografia" sufficientemente completa anche in termini di localizzazione delle emissioni per misurare lo "stato di sofferenza" della città a seguito del quale si potrebbe iniziare ad elaborare un Piano, (per *tranche*, per priorità, cadenzato in un determinato periodo) che inquadri e metta ordine in una serie di interventi da realizzare gradualmente ma in sinergia fra essi, tra i quali, il recupero del patrimonio edilizio pubblico e privato, l'efficienza energetica, la produzione di energia

da fonte rinnovabile, la gestione efficiente delle reti, la riduzione del traffico.

A tal fine, è stata messa a punto durante la ricerca una modalità che consente di lavorare contestualmente su più scale (territorio, edificio, unità abitativa) secondo un andamento "circolare a spirale" in base al quale – attraverso una serie di "andata e ritorno" – si ritorna sistematicamente su ognuno degli "oggetti" analizzati alla propria scala apportandovi il "valore aggiunto" delle conoscenze (e delle proposte) maturate nel corso delle analisi svolte alle altre due scale.

Questo processo continuo consente da un lato di verificare, quasi contestualmente, gli effetti che gli interventi proposti ad una scala possono determinare sulle altre e quindi di valutare per tempo i necessari correttivi in caso di eventuali effetti negativi; dall'altro consente, soprattutto in caso di effetti positivi, di individuare quali ulteriori sinergie e quali complementarità e sussidiarietà debbano essere ricercate e messe in atto affinché il sistema nel suo complesso possa trarne i benefici attesi.

Inoltre, nel consentire di lavorare contemporaneamente su più scale, il metodo di lavoro adottato permette di mettere a costante confronto fra esse una serie di discipline come ad esempio quelle urbanistiche e del paesaggio quando si opera a scala territoriale, quelle tecnologiche (edilizie e impiantistiche) quando si opera alla scala dell'edificio, quelle del design alla scala dell'unità abitativa, anche se le connotazioni di tale disciplina si rintracciano, sia pure in diversa misura, a tutte le scale di intervento; da qui la possibilità di un'ulteriore verifica della complementarità fra discipline diverse e, di conseguenza, verificata questa, della validi-

and can be structured in such a way to ensure a sharing of energy flows from renewable sources<sup>3</sup>.

For further analysis the urban cells were also tested with regard to biodiversity that was accurately assessed in the case study of Trevignano, a municipality that has joined the Covenant of Mayors, and is part of the network of those areas selected by the EU for the conservation of biodiversity. The four urban cells are therefore located in a particular environmental context classified as Special Protection Area (SPA).

Following research studies of the species present on the territory and their main passage ways it was proceeded according to the risk involved and the identification of the main environmental hazards (man made and intended use) in order to identify the most appropriate mitigation strategies.

The main causes of risk for the urban cell located in the historical center are to be attributed to air pollution, artificial lighting and land use; while cells 2 and 3 are subject to vehicular traffic and mooring of boats which in turn causes air and acoustic pollution. The mitigation strategies foresee the reduction of energy consumption of the buildings and lighting for private and public buildings; in cells 2 and 3 the use of noise barriers and electric boats. Finally in urban cell 4 (building development area) the main impact was caused by electrical power consumption of buildings, but in this case as opposed to cell 1 it was possible to guarantee sufficient green areas (Tab. 4).

A connecting network between the four urban cells was then planned in order to assess a "global" effectiveness by the establishment of ecological corridors, defined as areas of natural land-

scape capable of connecting parts of a discontinuous same habitat – hindering natural migration trends – due to the urbanization processes (buildings, road system, railway, electrical power); such proposals were advanced to guarantee these movements (Tab. 4).

### From urban cells to smart cities

So far we can say that many goals have been achieved and others are realistically attainable; but is all this sufficient? Clearly not.

The goal achieved thus far, even though objectively significant, can merely be considered a single - quite small - segment of a very long path. There is still need to analyze in further depth how and in what ways a series of urban cells can be connected into a network and become a smart grid, a reshaping module for smart cities, that through broadband can set up a whole

series of infrastructural networks for all services (a network of networks so to speak).

The next one is the most complex passage: from a smart grid to a smart city, the true reshaping module of cities which in addition to providing services features those specific (cultural, social, historical) characteristics that create the very identity of a city. The smart city defines an urban model capable of guaranteeing a high quality of life as well as economic and social growth to both its citizens and business/productive activities by optimizing resources and space for the scope of sustainability. The objective of the module is to include and expand the positive aspects of living in a city provided by technology, projects and policies implemented as a result of the radical transformation process that an urban system is subject to through the

tà del metodo di intervenire contemporaneamente su più scale. La ricerca svolta, sotto il profilo metodologico seguito, è connotata soprattutto dalle forme e modalità di collaborazione che si sono efficacemente instaurate fra il gruppo di lavoro svedese e quello italiano; modalità che hanno consentito anche a distanza un costante e serrato confronto validato poi in occasione degli incontri programmati nelle due sedi.

Per concludere: nonostante il difficile e mutevole quadro economico e politico all'interno del quale la Commissione Europea fissa gli obiettivi, il nuovo orientamento sul taglio delle emissioni di gas serra (40%) e l'aumento (27%) di energia prodotta dalle rinnovabili costituisce un segnale importante che va perseguito con adeguata determinazione; va ricordato però, proprio per non inventarsi puerili giustificazioni, che se è vero che i problemi sono globali (e quindi anche europei) le soluzioni non possono che essere locali: da qui l'impegno di ognuno a fare la propria parte.

#### NOTE

<sup>1</sup> Cfr. Decreto Sviluppo 2012 (art. 11) "detrazioni per efficientamento energetico", (art. 12) "piano nazionale per la riqualificazione di aree urbane particolarmente degradate", (art. 57) "finanziamenti a tasso agevolato a soggetti privati nel settore della green economy"; uno specifico interesse per lo sviluppo della informatizzazione e della banda larga.

<sup>2</sup> La ricerca *SoURCE – Sustainable Urban Cells collocata nell'area Energy and Environment: Sustainable Cities* è stata finanziata dal MIUR e promossa dal MAAEE nel quadro dei *Significant Bilateral Project* cofinanziati dal Programma per la Cooperazione Scientifica e Tecnologica tra Italia e Svezia (2010-2013); essa è stata congiuntamente elaborata dal CITERA (Centro Interdipartimentale, Territorio, Edilizia, Restauro e Ambiente) - Dipartimento PDTA – Sapienza di Roma – e dall'Istituto svedese KTH Royal Institute

parameters of economy, people, governance, mobility, environment and living which based on indicators that quantify the citizens' actual benefits, also determine how "smart" it is.

Therefore analyzing how a smart city should be and how it could represent a module to reclaim/restore the suburbs, by building on the built environment so as not to continue to consume land, is the only path to guarantee the desired environmental quality, urban quality and ultimately much of what we identify as quality of life.

These objectives are achieved through technological innovation (systems, communications, optical networking, wi-fi), a cultural innovation that can boost the image of cities and create opportunities for the social community as well as architectural and urban planning in terms of reclaiming entire neighbourhoods by creating public

spaces, including of course environmental innovation.

#### Conclusions

According to the EU, in order to be smart, cities must become increasingly efficient and above all, sustainable, also with respect to energy, transportation, information, communication technology, economic development and social policies. There is no reason why cities should live beyond (not to mention outside of) their proper energy possibilities, not considering their environmental impacting, accepting to be choked by traffic, submerged by wastes, completely indifferent to the deterioration of the territory and inconveniences suffered by the communities, giving up in this way to carry out their role (which is required since institutional) in strategically emerging from a crisis that

of Technology, School of Architecture + Built Environment, Dept of Urban Planning & Environment.

<sup>3</sup> A tal fine, individuate le centrali termoelettriche a servizio del Lazio Nord in un raggio di non oltre 70 km, risulta essere garantita una produzione di energia elettrica ampia e diversificata, sia come fonti energetiche primarie che come ente gestore delle centrali.

Lo schema connettivo proposto è in grado di garantire il passaggio dell'energia elettrica fotovoltaica attraverso la rete, prodotta nelle celle 2 e 3 entrambe con una elevata potenzialità di produzione da fotovoltaico e una media-bassa richiesta. Per l'utilizzo delle biomasse ottenute prevalentemente nelle celle 3 e 4 ma utilizzate in tutto il comune secondo differenti livelli di complessità impiantistica è possibile ipotizzare una connessione fra la cella collinare (boschiva) che funge da luogo di produzione e la zona lungo lago che integra la propria produzione nelle zone coltivate con le biomasse provenienti dalla zona boschiva.

#### REFERENCES

Calthorpe, P. (2011), *Urbanism in the Age of Climate Change*, Island Press, Washington D.C.

Coley, D. (2008), *Energy and Climate Change: Creating a Sustainable Future*, Wiley, New York.

Cinquepalmi, F., Luchetti, D. and Maggiore A.M. (2008), *Background paper, Biodiversity session* (Italian Presidency of the G8, Environmental Ministers Meeting) Roma/Siracusa.

Cumo, F. (Ed.) (2011), *SoURCE- Sustainable Urban Cells*, Quintily Editore, Roma.

Cumo, F. (2012), *La sostenibilità ambientale del comune di Trevignano Romano - dalla urban cell alla smart grid -*, Quintily Editore, Roma.

Cumo, F. (Ed.) (2012), *SoURCE – Towards Smart City*, Quintily Editore, Roma.

Cumo, F. (Ed.) (2013), *SoURCE – Sustainable and smart communities*, Quintily Editore, Roma.

is constant and ongoing. It would be enough to take a sufficiently complete "X-ray" also in terms of identifying emissions to measure the city's "state of suffering" after which a Plan could be elaborated (in parts, according to priorities with specific deadlines) that focuses on and creates a list of measures to be gradually implemented in synergy with each other, including recovering the public and private building sector, energy efficiency, energy production from renewable, efficient management of grids, traffic reduction, etc.

To this end, a modality that allows working on various different scales (territory, buildings, housing unit) was identified according to a "circular spiral" model, which – through a series of "departures and returns" – we were able to systematically return to each one of the "objects" analyzed on

the scales bringing the "added value" of the knowledge (and of the proposals) matured over the course of the analyses conducted on the other two scales.

This ongoing process allows on one hand to verify the effects that the measures proposed on one scale can determine on the others and consequently assess in time the necessary corrective measures to be implemented in case of negative effects. On the other hand, it also allows in the event of positive effects, to identify which additional synergy and elements must be found and implemented so that the entire system can lead to the expected results. Moreover, in allowing to work at the same time on more than one scale, the working method adopted allowed for a constant comparison among a series of disciplines such as for example, urban and landscape as-



Dall'O, G., Gamberale, M. and Silvestrini, G. (2008), *Manuale della Certificazione Energetica degli edifici*, Ed. Ambiente, Milano.

Duany, A., Speck, J. and Lydon, M. (2009), *The Smart Growth Manual*, McGraw-Hill Professional, New York.

Enea, (2011), *Rapporto Politiche e misure nazionali sui cambiamenti climatici - Elementi per una valutazione*, Enea.

European Commission, COM (2011) 202 final, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and social Committee and the Committee of the Regions, *Smart Grids: from innovation to deployment*, Brussels.

Ministry of the Environment (2011), *Sweden, 20 years of carbon pricing in Sweden 1991 - 2011, History, current policy and the future*, (available at <http://www.ceps.eu/files/MinistrySweden.pdf>).

Roaf, S., Crichton, D. and Nicol F. (2009), *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*, Architectural Press, Elsevier, Amsterdam.

Spagnolo, M. (2002), *Il sole nelle città. L'uso del fotovoltaico nell'edilizia*, Ed. Franco Muzzio, Roma.

UNECE (2011), *Climate Neutral Cities: How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges*, United Nations, New York and Geneva.

pects when operating on a territorial scale, as well as the technologic ones (buildings and system design) when operating on buildings and on design when operating on housing units, even if the aspects of this discipline can be traced, in varying degrees to all the scales of intervention.

Under the methodological profile, the research conducted is marked above all by the forms and modalities of collaboration that were effectively established between the Swedish and Italian working groups. These modalities allowed even at a distance to establish an ongoing and close exchange validated during the meetings held in the two countries.

*To conclude:* despite the complex and changing economic and political framework which entrusts the European Commission with the responsibility of setting out the objectives,

the current commitment to cutting green house gas emissions (40%) and increasing renewable energy sources (27%) represents an important signal that should be pursued with strong determination; however we must also remind ourselves that if the problems are global (and thus also European) the solutions must first be dealt with locally: hence the responsibility of each single citizen to become actively involved.

#### NOTES

<sup>1</sup> Cfr. Decreto Sviluppo (Development Decree) 2012 (Art. 11) "evaluations for energy efficiency", (Art. 12) "national plan for the requalification of urban blight", (Art. 57) "low interest loans to private companies in the green economy sector"; a specific interest in computer technology and broadband.

<sup>2</sup> The survey SoURCE- Sustainable

Urban Cells part of Energy and Environment: Sustainable Cities is a research project financed by MIUR and promoted by MAAEE in the framework of Significant Bilateral Projects co-financed by the Program for a Scientific and Technological Cooperation between Italy and Sweden (2010-2013); the project was jointly elaborated by CITERA (Inter-Departmental Center Territory, Construction, Refurbishment and Environment) - PDTA Dept - Sapienza di Roma - and by the Swedish KTH Royal Institute of Technology, School of Architecture + Built Environment, Dept of Urban Planning & Environment.

<sup>3</sup> To this end upon identification of the thermal power stations in Northern Lazio within a radius of 70 km, the production of broad and diverse electrical power supply is guaranteed both as a primary energy source and as the

managing power company/authority. The connective grid proposed guaranteed the passage of photovoltaic electricity through the network, produced in cells n.2 and n.3, both with high potential for photovoltaic production and a medium-low request. For the use of biomass obtained mainly in cells n.3 and n.4 but available throughout the municipality according to different levels of structural complexity, we can foresee a connection between the hill side cell (forest) working as a production area and the lake front area integrating its production in the cultivated zones with the biomass from the forest area.