

## **Valutazione della riqualificazione energetica a scala urbana e strumenti GIS**

Domenico Enrico Massimo, Antonino Barbalace  
con Cinzia Fragomeni, Mario Guidara, Alessandro Malerba,  
Antonino Marzo Micale, Michelangela Vescio

PAU-Gis, Geomatics and GIS Group, Dipartimento Patrimonio Architettonico e Urbanistico (PAU)  
Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 25 Via Melissari, 89124 Reggio Calabria  
Email massimo@unirc.it; paugis@gmail.com. Tel 360.997513; 0965.385228. Fax 0965.385222.

Attribuzioni. Domenico Enrico MASSIMO ha congegnato e impostato la ricerca e scritto i paragrafi 1, 2, 6. Antonino BARBALACE ha coordinato la ricerca operativa e i componenti del Gruppo PAU-Gis e ha scritto i paragrafi 3, 4, 5. Tutte le applicazioni GIS, la stima dei costi, le quantificazioni energetiche, le valutazioni gestionali della presente ricerca sono Copyright©1999-2009MASSIMODomenicoEnrico

### **Riassunto**

L'obiettivo generale della ricerca è di prefigurare correlazioni tra strategie di riqualificazione urbana ed efficienza energetica delle architetture, inquadrando all'interno di una strategia energetica sostenibile che introduce la *Green Conservation*. La ricerca parte dall'organismo architettonico e generalizza poi l'intervento, sviluppando un Caso di Studio di <quartiere sostenibile>, ovvero un <distretto energetico urbano>. Il Caso di Studio struttura e approfondisce sistematiche azioni di *Green Conservation* con cui si ottiene il risultato di 33 milioni di kWh di energia risparmiata nell'intero quartiere in un anno, per effetto di interventi di riqualificazione urbana sostenibile.

### **Abstract**

*General aim of the research is to build-up a connection between urban rehabilitation strategies and building energy efficiency within a strategy introducing Green Conservation. Research begins with single buildings and then generalizes the interventions by developing a Case Study of <sustainable neighbourhood>, i.e. an <urban energy district>. Case Study builds-up and investigates systematic actions of Green Conservation which make it possible an energy saving of 33 millions of kWh, in the whole neighbourhood per year, as positive effect of sustainable urban rehabilitation interventions.*

### **01. Introduzione**

L'Unione Europea con la sua strategia spaziale ha indirizzato gli Stati e i territori alla salvezza del suolo non urbanizzato e alla contestuale valorizzazione e ri-abitazione degli insediamenti storicizzati attraverso: la sostenibilità ecologico-culturale; la riqualificazione energetica dell'architettura; il complementare ricorso a fonti energetiche rinnovabili; la produzione il più possibile decentrata. L'obiettivo generale della ricerca è di prefigurare correlazioni tra strategie di riqualificazione urbana ed efficienza energetica, inquadrando all'interno di un *framework* GIS. La ricerca parte dall'organismo architettonico e generalizza poi l'intervento, sviluppando un Caso di Studio di <quartiere sostenibile>, ovvero un <distretto energetico urbano>.

È stato strutturato un GIS del quartiere sostenibile del Caso di Studio, approfondendo complementari azioni di conservazione: risparmio energetico mediante isolamento termico e passivizzazione degli edifici; conseguente riduzione alla radice dei consumi di energia sia per il riscaldamento che per il raffrescamento dell'organismo architettonico; produzione decentrata di energia mediante solare fotovoltaico e termico; le più recenti innovazioni scientifiche che finalmente sembrano consentire anche l'alimentazione del condizionamento estivo con il solare.

Le prime conclusioni, generalizzate all'intero quartiere sostenibile, mostrano tempi di ritorno ragionevoli del *premium* monetario iniziale dovuto al maggiore costo della conservazione sostenibile per la più elevata qualità delle tecniche e dei materiali bio-ecologici. Tale maggiore costo iniziale è neutralizzato dalla drammatica riduzione dei costi di gestione energetica annuale dovuta alla corrispondente alta efficienza energetica acquisita dall'organismo architettonico riqualificato. I risultati ottenuti quantificano in 33 milioni di kWh l'energia risparmiabile nell'intero quartiere in un anno, per effetto di interventi di conservazione urbana sostenibile.

## **02. Contenuti della ricerca**

La ricerca concerne la Sostenibilità Urbana e la Green Conservation, e in particolare la tematica del sempre più problematico e crescente consumo di energia, specie nelle aree di concentrazione insediativa. La ricerca si interroga sulle possibili soluzioni globali al problema dell'eccessivo e inefficiente consumo di energia nelle aree urbane, specie per il crescente tumultuoso ricorso al condizionamento estivo degli edifici.

### **Obiettivi della ricerca**

La ricerca ha avviato l'impostazione di una metodologia di valutazione energetica speditiva a scala urbana partendo da singoli edifici, inquadrata all'interno dei sistemi informativi geografici, per la stima sia dei costi di riqualificazione energetica ovvero di passivazione degli edifici esistenti e sia per la valutazione del fabbisogno energetico degli stessi, e del risparmio prodotto dagli interventi.

La riqualificazione energetica prevista e progettata, che utilizza materiali termo-coibenti come la calce idraulica naturale e il sughero ecologico (rispettivamente per la coibentazione delle facciate e la ventilazione di coperture e terrazze), è coadiuvata dall'utilizzo di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili come la solare (sia fotovoltaico che *solar cooling*) sia per il riscaldamento invernale, sia soprattutto per il raffrescamento estivo.

L'obiettivo finale cui mira la ricerca è la generalizzazione dei risultati puntuali al fine di stimare i seguenti aspetti della strategia alla scala di interi quartieri urbani: conoscere i costi totali degli interventi fisici di riqualificazione energetica; calcolare i kWh necessari per la gestione energetica degli stessi; stimare i chilogrammi di mancate emissioni di CO<sub>2</sub> dovuti alla riqualificazione; valutare i costi della CO<sub>2</sub> e all'inverso il valore anche economico delle mancate emissioni.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, la ricerca, applicata ad un Caso di Studio, è stata articolata in più fasi di seguito descritte.

### **Struttura della ricerca**

Le Fase 0 costituisce il punto di partenza della ricerca ovvero il *data collection* e la progettazione del sistema informativo per l'acquisizione e successiva gestione delle informazioni.

Le Fasi 1, 2, 3 partono dalla rappresentazione dell'edificio e permettono di conoscere dal punto di vista fisico quantitativo e con livelli sempre più approfonditi di dettagli: superficie edificata; metri cubi costruiti; metri quadrati di facciate; metri cubi di coperture; altro.

La Fase 4 di valutazione definita tipologizzazione, mediante articolazione dell'edificio in base alla tipologia costruttiva consente di stimare, a partire da edifici campione, i dati parametrici relativi sia ai costi di riqualificazione bio-architettonica e sia al fabbisogno energetico.

I singoli dati parametrici sia di costo (€) e sia di energia (kWh) ottenuti dalla Fase 4 di valutazione moltiplicati per i dati fisici quantitativi derivati dalle Fasi 1, 2, 3 permettono di conoscere i costi di riqualificazione e di gestione energetica sia a livello di singolo edificio, sia a livello di isolato urbano, fino alla generalizzazione dei risultati alla inaudita scala di intere aree urbane e di quartiere.

## **03. Modellazione e informazione urbana**

La ricerca ha progettato e realizzato un sistema informativo geografico in ambiente ArcGIS, e nello specifico un Geodatabase, al fine di creare un contenitore di dati che sintetizzasse a scala urbana

modellazione tridimensionale degli edifici e informazioni alfanumeriche. I progressivi livelli di approfondimento della ricerca si sono concretizzati nelle fasi di seguito descritte.

#### **Fase 0. Geodatabase design**

La Fase 0 di Progettazione del Geodatabase ovvero delle *feature classes, tables, fields, relationship classes, raster datasets, subtypes, topologies, domains* è comprensiva del *data collection* (ovvero dell'acquisizione di preziose basi cartografiche) e della creazione del modello tridimensionale del terreno dell'Area di Studio (ArcGIS).

#### **Fase 1. Prima modellazione a scala urbana**

Nella Fase 1 con la modellazione tridimensionale dei fabbricati (ArcGIS, GoogleSketchUp) gli edifici sono costruiti come parallelepipedi estrudendo i *footprint*. I volumi sono calcolati moltiplicando l'area d'ingombro per l'altezza dei singoli corpi di fabbrica (ArcGIS). Particolare impegno e rilievo assume la modellazione tridimensionale delle coperture (GoogleSketchUp). Infatti, ai parallelepipedi sono sovrapposte le coperture e calcolati i volumi (metri cubi) mediante l'utilizzo di *allied software*. Ne discendono il calcolo e l'inserimento nel sistema informativo, inizialmente strutturato, dei dati fisici dei fabbricati relativi a metri quadri costruiti, metri cubi, altezze degli edifici, altro.

#### **Fase 2. Modellazione foto-realistica dei fabbricati**

Nella Fase 2, una volta noti gli ordini di grandezza degli interventi di riqualificazione energetica dell'Area di Studio, la ricerca ha intravisto la possibilità di approfondire i dati a disposizione realizzando, a partire da edifici campione (significativi per tipologia costruttiva) e via via ampliando la ricerca all'intera area urbana in esame, un approfondimento della rappresentazione e dei primi risultati ottenuti durante la Fase 1. I risultati della generalizzazione ottenuti dalla Fase 1 sono comparati con quelli campionari della Fase 2 per verificarne la congruità. La seconda fase è caratterizzata in prima istanza da una più accurata rappresentazione dell'edificato al fine di avere dei dati quantitativi più precisi e poter affinare la prima conseguente stima, mediante i seguenti passaggi: rilievo speditivo sul campo; campagna fotografica; modellazione 3D dei singoli edifici in modo più approfondito e dettagliato (GoogleSketchUp); foto *texturing* degli edifici (Adobe Photoshop; GoogleSketchUp); importazione in GIS (ArcGIS, GoogleSketchUp) nel Geodatabase dei singoli *building* come *Feature Class* di tipo *multipatch*; allineamento dei campi della *Feature Class* di tipo *multipatch* con i campi della *Feature Class* di tipo *polygon* della precedente Fase 1; *data entry* dei dati quantitativi.

Con il processo svolto in Fase 2 si ottengono gli stessi risultati della Fase 1 con un forte approfondimento e con una forte verifica di dettaglio.

#### **Fase 3. Modellazione dei fabbricati da rilievo diretto**

L'obiettivo è la creazione di un Manuale per la sostenibilità urbana per singolo edificio che costituisce lo *step* più spinto di approfondimento, più *time consuming* e *energy demanding* delle tre fasi:

- gli edifici sono rappresentati in dettaglio con rilievo diretto finalizzato alla stima analitica dei costi e per il calcolo del fabbisogno energetico;
- la stima dei costi degli interventi (AutoCad; GoogleSketchUp, ArcGIS, PAUGis *software*) è particolarmente dettagliata così come particolarmente dettagliato è il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici (ArcGIS, Termo4).

L'*output* della Fase 3 è un contributo al libretto di fabbricato ovvero un <Manuale per la realizzazione della Sostenibilità Urbana > di ogni singolo edificio. <Manuale> quale base per la futura assistenza sia tecnica che creditizia che si offre a singoli possessori di unità, a proprietari di immobili, a condomini, a soggetti immobiliari privati e pubblici. Uno dei punti di forza è in questa decentrata assistenza realizzata attraverso il <Manuale > e la sua puntuale traduzione isolato per isolato, a partire dagli isolati campione. Riepilogando, la Fase 3 compie due fondamentali *missions*:

- a) costituisce un <Manuale> tecnico e dei costi analitici per la Conservazione Architettónica Sostenibile;

- b) dimostra la convenienza *over time* economica, finanche finanziaria, ecologica, energetica, della Conservazione Sostenibile *versus* gli interventi in-sostenibili.

#### 04. Valutazione

##### *Fase 4. Valutazione. Tipologizzazione*

Nell'ottica di una applicazione ad una intera città, è progettata una Fase 4 che è in realtà trasversale e di valutazione comune alle tre principali fasi di conoscenza quantitativa attraverso la tipologizzazione.

Tale fase grazie alla suddivisione degli edifici in base alle tipologie costruttive prevalenti permette di conoscere in tempi brevi l'ordine di grandezza degli interventi attraverso una parametrizzazione dei risultati. I dati parametrici relativi a ciascuna tipologia sono relativi a: costi di riqualificazione energetica; fabbisogno energetico espresso in kWh; costi di gestione energetica; quantità emesse di CO<sub>2</sub> prima e dopo la riqualificazione.

L'intersezione con la Fase 4 avviene con inserimento nel Geodatabase dei dati parametrici relativi ai costi di riqualificazione e al fabbisogno energetico di singole architetture e consente di:

- quantificare per singolo edificio i costi relativi alla riqualificazione energetica;
- quantificare per singolo edificio il fabbisogno energetico relativo allo stato di fatto e allo scenario sostenibile;
- quantificare a scala di quartiere sostenibile i costi di riqualificazione energetica;
- quantificare a scala di quartiere sostenibile il risparmio energetico annuo;
- quantificare a scala di quartiere sostenibile i tempi di ritorno finanziario del maggiore *premium* monetario dovuto agli interventi sostenibili di passivazione energetica degli edifici;
- stimare la CO<sub>2</sub> non immessa nell'atmosfera.

All'interno dell'Area di Studio sono state individuate quattro tipologie costruttive prevalenti.

Tipologia 1 (LIB)      Edifici della Ricostruzione post-terremoto circa 1908-1939 dell'Ente Edilizio o di privati, con architetture Liberty, storiciste, neoclassiche.

Tipologia 2 (RAZ)      Edifici razionalisti degli anni 30-50.

Tipologia 3 (CON)      Edilizia speculativa successiva agli anni '50 con struttura intelaiata in calcestruzzo armato.

Tipologia 4 (TIP)      Tutte le altre tipologie.

Per ciascuna tipologia sono stati selezionati uno o più edifici rappresentativi. Questi sono stati: 1) rilevati geometricamente; 2) recuperati i documenti d'archivio; 3) analizzati i degradi, i dissesti e i bisogni di intervento; 4) simulati differenti scenari alternativi di intervento; 5) valutati i costi dettagliati degli interventi di riqualificazione mediante Analisi dei Fattori Elementari; 6) stimato il fabbisogno e l'efficienza energetica di tali edifici nei diversi scenari con l'utilizzo di *software* specifici; 7) calcolati i costi di gestione energetica.

Per poter generalizzare i risultati a scala di isolato, quartiere, città, sono stati stimati i dati parametrici relativi a: rifacimento delle facciate con termo-intonaci naturali; rifacimento delle coperture con sughero in base alle due tipologie individuate, ovvero terrazzo piano e tetto falda con marsigliesi.

Relativamente al fabbisogno energetico, utilizzando più *software* di calcolo fisico tecnico sono derivati i seguenti parametri nei due scenari: stato di fatto; sostenibile dopo la riqualificazione energetica. Per ogni tipologia calcolati i coefficienti a m<sup>2</sup> di rifacimento delle facciate; di coibentazione dei terrazzi; di fabbisogno energetico a m<sup>2</sup> per il riscaldamento invernale.

I singoli importi parametrici espressi in €/Um, moltiplicati per le quantità fisiche dei singoli edifici derivati sia dalla Fase 1 che dalla Fase 2 consentono di conoscere l'entità della spesa per la passivizzazione degli stessi e per il riscaldamento invernale. I risultati sommati forniscono i costi di intervento fisico per l'intero quartiere e per la sua gestione energetica.

#### 05. Parametrizzazione

La tipologizzazione e la relativa parametrizzazione dei risultati offre il grande vantaggio di poter stimare *ex-ante* l'ordine di grandezza sia dei costi di riqualificazione energetica e sia del fabbisogno energetico

degli edifici alla stato di fatto e di progetto sostenibile. La comparazione tra il fabbisogno energetico espresso in kWh dello stato di fatto ricavato da indagini dirette e il corrispettivo degli edifici riqualificati ha permesso di conoscere il risparmio di energia in termini di kWh, in termini di € per i bilanci delle famiglie, e non ultimo i kg di CO<sub>2</sub> non immessi nell'atmosfera.

La metodologia permette altresì di ridurre i tempi necessari alla conoscenza approfondita e offre indicazioni alle Amministrazioni e alle società sui possibili risultati ottenibili da interventi a larga scala. Nel caso specifico della ricerca che si presenta, l'aver articolato l'edificato per tipologie costruttive ha permesso, rilevando un numero contenuto di edifici campione e paradigmatici, di dover impegnare meno forza lavoro, di avere in tempi ragionevoli dei risultati attendibili, di ridurre i costi per le analisi. Tra i più rilevanti risultati, oltre a quelli già citati, alla fine della ricerca si è avuta una conoscenza approfondita e graduata di un'intera area urbana e la possibilità di poter svolgere successive analisi incrociate grazie alla strutturazione del Geodatabase all'interno di un sistema informativo geografico. Tutti i dati, le informazioni raccolte, le analisi svolte, sono indefinitamente cristallizzate in un sistema stabile e interrogabile.

#### **06. Generalizzazione e primi risultati**

Le analisi di quartiere hanno rilevato circa 20 cantieri l'anno per il rinnovo degli intonaci esterni e degli isolamenti delle terrazze piane: con tale ritmo, un ciclo di appena sei-otto anni sarebbe temporalmente sufficiente per rinnovare il totale dei 115 Isolati urbani del Quartiere Pilota.

Considerando per prima la passivizzazione delle pareti verticali con intonaci termo-coibenti a base di calce idraulica naturale con silici espanse di almeno 400 edifici si può prevedere in un ciclo di soli sei-otto anni la realizzazione di un intervento pari a m<sup>2</sup> 400.000 (m<sup>2</sup> 1.000 per edificio con una media di m 82 di perimetro per m 12 di altezza media).

La quantità di m<sup>2</sup> 400.000 per un costo massimo di €/m<sup>2</sup> 80 determina un potenziale investimento di € 50.000 per edificio e di € 32.000.000 per l'intero quartiere, uscita che i privati recuperano sin da subito con *installments* annuali costituiti dal sostanziale risparmio energetico prima tratteggiato.

Ipotizzando la coibentazione dei terrazzi per circa 180.000 metri quadrati con sughero aerante per un costo di €/m<sup>2</sup> 60 determina un potenziale investimento di € 10.800.000.

Ne consegue che il costo totale di passivazione del Quartiere è pari a € 42.800.000.

I volumi totali costruiti esistenti, stimati mediante derivazione dal sistema informativo, risultano pari a 2.500.000 di metri cubi. Considerando un'altezza media per alloggio pari a 3 metri, si può in prima approssimazione ipotizzare che la superficie edificata da gestire energeticamente nell'intero Quartiere sia pari a circa 830.000 m<sup>2</sup>.

Le analisi svolte a campione sulle diverse tipologie edilizie presenti hanno mostrato con riferimento allo stato attuale un consumo energetico medio pari a 100 kWh/m<sup>2</sup>. Moltiplicando tale dato parametrico per i metri quadrati totali si ottiene che il consumo totale per l'intero Quartiere è pari a circa 83.000.000 di kWh all'anno. Considerando un costo medio dell'energia pari a 0,15 €/kWh si ottiene una spesa totale complessiva di gestione energetica pari a circa € 12.450.000. Le ricerche e sperimentazioni svolte sugli stessi edifici ipotizzando un intervento di riqualificazione energetica sostenibile hanno evidenziato una riduzione media del fabbisogno energetico pari al 40%.

Il consumo nello scenario sostenibile è ipotizzabile che si riduca pertanto a 50.000.000 di kWh all'anno. Il differenziale totale è quindi pari a 33.000.000 di kWh (ovvero 33.000 MWh) non consumati e il conseguente risparmio energetico è di € 5.000.000 l'anno (33.000.000 kWh x 0,15 €/kWh). Considerando un costo totale di passivazione degli edifici pari a € 42.800.000, ed un risparmio energetico di € 5.000.000 all'anno, il corrispondente *pay-back* è stimato in 8-9 anni, al 4% di interesse.

Concludendo, si considera che per produrre un MWh di energia elettrica utilizzando il petrolio quale combustibile sono immesse nell'atmosfera circa 255 Kg/MWh di CO<sub>2</sub>. Un intervento a scala di Quartiere, oltre ad un risparmio monetario di €5.000.000 l'anno, con 33.000.000 di kWh in meno l'anno, produce un beneficio ecologico in termini di CO<sub>2</sub> non immessi nell'atmosfera pari a 8.415.000 Kg (8.415 tonn) di CO<sub>2</sub>.

### Essential bibliography

- Green Building Council (2003) *LEED, Green Building Rating System for Core and Shell Development*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, Usa
- Green Building Workgroup (2004) *Buildings and the Environment: A Statistical Summary*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, Usa
- Kats G. H. (2003) *The Cost and Financial Benefits of Building: A Report*. California's Sustainable Building Task Force, Sacramento, California, Usa
- Massimo D. E. (2008) Stima del risparmio energetico derivante da interventi di conservazione sostenibile sul patrimonio edilizio. Caso di studio nella ricostruzione Liberty di Reggio Calabria. In: Asdrubali F. (ed) *Sviluppo sostenibile, tutela dell'ambiente e della salute umana*. Morlacchi Edizioni, Perugia: pp. 213-218. ISBN/ISSN: 978-88-6074-089-2
- Massimo D. E., Barbalace A., Cefala R. M. (2008) GIS, Essential Tool to Foster Sustainability in Urban Conservation. Proceedings of the 28th ESRI International User Conference. *GIS: Geography in Action*. San Diego, California, Usa. August 04-08.08.2008. ESRI Press, Redlands, California, Usa. CD-Rom

### Figure

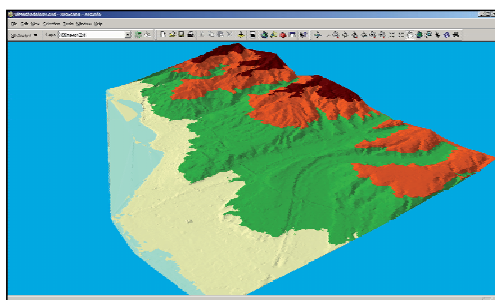


Figura 1 - Reggio Calabria. Modello tridimensionale del terreno. TIN

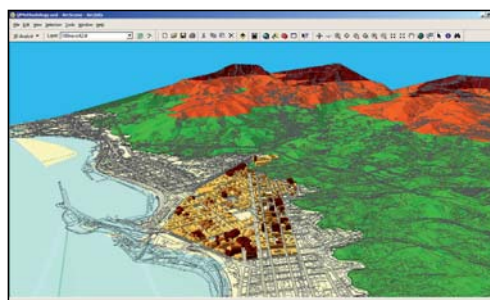


Figura 2 - Reggio Calabria. Modello del terreno e rappresentazione 3D degli edifici dell'Area di Studio in GIS

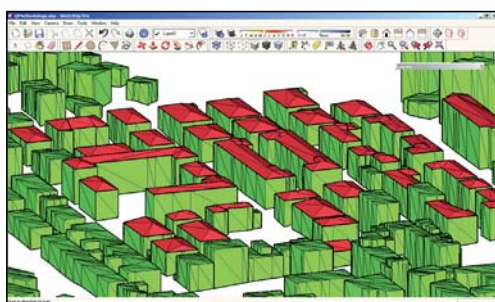


Figura 3 - Reggio Calabria. Rappresentazione tridimensionale degli edifici e modellazione dei tetti dell'Area di Studio in Google SketchUp

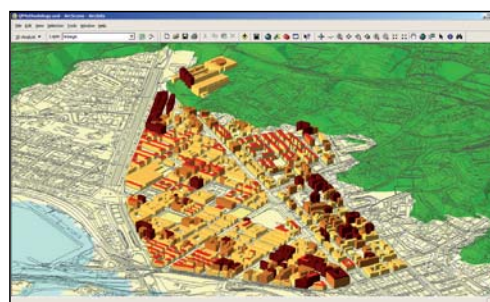


Figura 4 - Reggio Calabria. Modello del terreno e rappresentazione tridimensionale degli edifici (gradazioni di ocra) e delle coperture (rosso) dell'Area di Studio in GIS