

APPROCCI VALUTATIVI E SISTEMI INFORMATIVI PER PROMUOVERE LA SOSTENIBILITÀ URBANA E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Domenico Enrico MASSIMO, Antonino BARBALACE, Riccardo Maria CEFALÀ

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 +39.360.997513; +39.0965.385228. Fax +39.0965.385222

ATTRIBUZIONI

D. E. MASSIMO ha congegnato la ricerca e redatto il *Paper* (Paragrafi 1-9). A. BARBALACE ha coordinato la ricerca operativa e il Gruppo PAU-Gis. R. M. CEFALÀ ha sviluppato la elaborazione dei dati. Tutte le applicazioni GIS, la stima dei costi, le quantificazioni energetiche sono Copyright©1999-2008MASSIMODomenicoEnrico

Riassunto

Obiettivo generale della ricerca è l'impostazione di una strategia di Conservazione Urbana Sostenibile, a due livelli: di edificio; di città per progettare interventi sostenibili a scala di quartiere. Obiettivo specifico della ricerca è la costruzione di un prototipo di *Decision Support System* (DSS) di supporto a progetti di Conservazione Sostenibile di edifici, con l'aiuto di strumenti GIS.

Abstract

General objective of the Research is to set up a strategy of Urban Sustainable Conservation at two levels: at building level; at city level, to conceive and plan specific conservation interventions paying attention to the ecological and energy dimension at block, street, neighborhood scale. Specific objective of the Research is to build up a prototype of Decision Support System (DSS) useful to design and valuing Sustainable Conservation, supported by powerful GIS tools.

1. Conservazione Urbana Sostenibile: Ambientale ed Energetica; Culturale

Crescenti evidenze empiriche confermano che: il *Global Warming* (GW) ha raggiunto livelli allarmanti; più del 50% della popolazione mondiale è insediata in aree urbanizzate; queste sono sempre più caratterizzate dallo *sprawl* urbanistico; gli insediamenti antropici assorbono più del 30% della richiesta mondiale di energia. A ciò si aggiungono le ricorrenti crisi petrolifere e l'andamento fortemente volatile dei prezzi dei prodotti energetici, e, negli ultimi decenni, sia una crescita assoluta della domanda di energia per l'emergere di nuove potenze industriali, sia l'aumento dell'inquinamento anche acustico dovuto all'adozione generalizzata del condizionamento estivo nelle costruzioni. L'*escalation* della crisi a scala planetaria ha indirizzato la ricerca a individuare alcune importanti cause del rapido aumento del degrado ambientale e a impostare strategie, sempre più condivise, capaci di affrontare i problemi critici e avviarli a soluzione. Il coacervo di cause individuate rende desiderabile e urgente uno stimolo verso la sostenibilità architettonica (Massimo, 2008) come asserito ad Aalborg (09-11.06.2004) e ri-asserito dal Fourth Assessment Report dell'IPCC (Ipcc, 2007). La sostenibilità architettonica può essere perseguita con la riqualificazione urbana, degli edifici negli insediamenti già esistenti, che presta particolare attenzione agli aspetti climatici ed energetici e che può essere definita Conservazione Urbana Sostenibile. Essa è finalizzata a: ridurre i consumi energetici degli edifici esistenti (Sostenibilità Ambientale ed Energetica); recuperare gli insediamenti esistenti e in particolare i centri storici (Sostenibilità Culturale) evitando nuove

costruzioni sparse, o *sprawl*. La sub-strategia di Sostenibilità Ambientale ed Energetica propone di affiancare alle nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili alternative alle fossili (eolica; solare; idro; maree; biogas; geotermica), l'utilizzazione dell'energia più economica che esista: cioè quella che non si consuma. Ovvero il risparmio attraverso l'approccio di *Green Building*. Il fondamento di tale strategia è l'isolamento passivo sia delle architetture esistenti e sia delle nuove costruzioni. Gli interventi sono finalizzati a: dare maggiore efficienza energetica; introdurre la ventilazione naturale; ridurre il bisogno di riscaldamento; attutire la necessità di raffrescamento; diminuire il rumore da condizionatori; abbattere le emissioni inquinanti; migliorare la qualità dell'abitare. La sub-strategia di Sostenibilità Culturale mira parallelamente a intervenire in modo sostenibile nelle città e negli insediamenti storici esistenti per una loro riutilizzazione abitativa mediante mirati interventi di conservazione, rivitalizzazione, valorizzazione, educazione, formazione. Ciò al fine di ridurre lo *sprawl* e la distruzione di ulteriore suolo naturale.

2. Il prototipo di Decision Support System (DSS)

Tra gli obiettivi specifici della ricerca vi è il tentativo di introdurre, sperimentare e coordinare a sistema un prototipo di DSS: all'interno di una metodologia di DSS e di un ancillare *framework* GIS sono integrati diversi approcci e *software* di *mapping*, immagine, CAD, calcolo, stima, regressione, valutazione. Tra di essi vi sono più strumenti operativi tra cui quello di valutazione degli interventi di riqualificazione degli edifici sotto i due correlati aspetti energetico e dei costi edilizi. Tale strumento è di supporto alla tutela e valorizzazione dell'insediamento antropico, onde perseguire l'innalzamento della qualità della vita urbana attraverso la riqualificazione energetica degli edifici e il conseguente miglioramento della sostenibilità insediativa e architettonica. Una sperimentazione di sostenibilità architettonica dimostrerà come sia possibile risparmiare fino a oltre il 40% di energia (Massimo, Barbalace, Cefalà, 2008; Massimo et al., 2008).

3. La metodologia del DSS

Il DSS di supporto alla strategia di Conservazione Urbana Sostenibile è di seguito descritto (Figura 1).

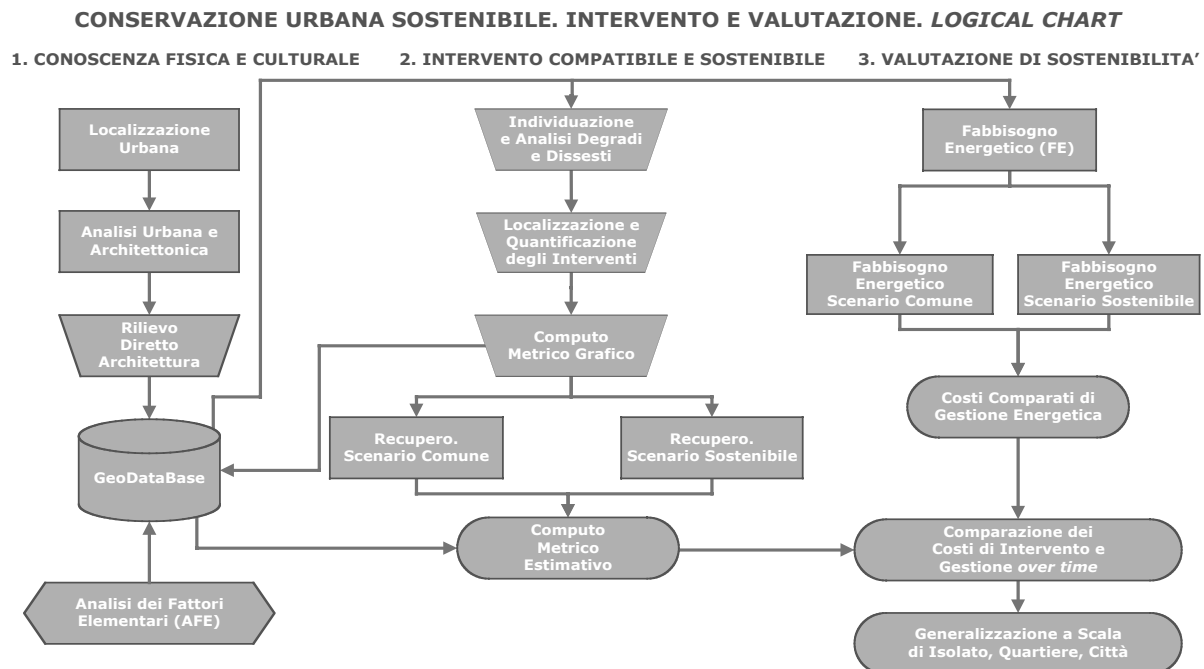


Figura 1 – Conservazione Urbana Sostenibile. Analisi, Intervento e Valutazione. Logical Chart

Il DSS è basato su una specifica metodologia operativa, più volte validata, che consente l'applicabilità della stessa a diverse situazioni reali e a differenti Casi di Studio, attraverso le seguenti fasi.

Le fasi seguite nella sperimentazione del DSS nella presente ricerca sono di seguito riportate.

1. Scelta dell'area del Caso di Studio.
2. Rilevamento diretto di un'area urbana e ricerca di documenti d'archivio.
3. Scelta di un edificio campione e analisi di degradi, dissesti e bisogni d'intervento.
4. Simulazione di differenti scenari alternativi di intervento: "comune"; "sostenibile".
5. Stima del fabbisogno e dell'efficienza energetica dell'edificio nei due scenari.
6. Stima dei costi di gestione energetica nei due scenari.
7. Stima delle risorse edilizie utilizzate per la conservazione nei due scenari.
8. Costruzione di un DataBase dei costi basato sulle Analisi dei Fattori Elementari.
9. Stima dei costi edilizi iniziali di conservazione nei due scenari.
10. Comparazione dei costi "totali" *over time*, nei due scenari.
11. Generalizzazione dei risultati a scala di isolato, quartiere, città.

4. Il Caso di Studio. Conoscenza e analisi [Fasi 1, 2, 3]

La sperimentazione del prototipo DSS ha richiesto una scelta attenta dell'area di studio. Questa è localizzata nella parte settentrionale del centro urbano di Reggio Calabria, e in particolare nella ricostruzione Liberty successiva al terremoto e maremoto del 1908. L'area è attualmente popolata, oltre che da anziani residenti, soprattutto da studenti di quattro facoltà universitarie e per questo denominata "Quartiere Latino" (Figura 2). Nel suo perimetro è stato individuato come campione l'Isolato Urbano 78 (Figura 3) e in particolare uno suoi edifici (Particella Catastale 97 del Foglio di Mappa n. 121) che è stato analizzato e su cui è stato sperimentato il prototipo di DSS.

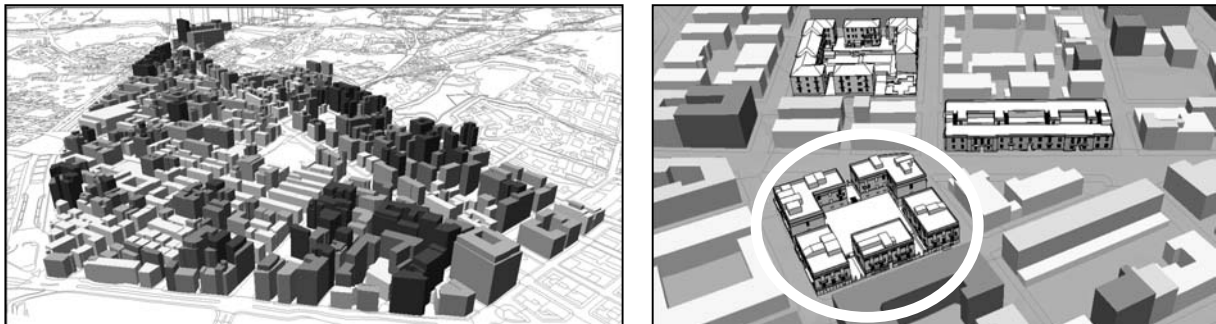


Figure 2-3 – Reggio Calabria. Quartiere Latino. Area di studio e Isolato Urbano campione n. 78

Segue la fase del rilievo diretto dell'Isolato e, a scala più dettagliata, dell'edificio campione. Sono stati acquisiti i disegni dei progetti originari. Con lo studio diretto e ortofotografico esterno si è pervenuti alla localizzazione e quantificazione dei degradi che sono risultati superficiali: distacchi di intonaco da vaste superfici; perdite dalle grondaie e dal terrazzo dovute a cattiva manutenzione dell'impermeabilizzazione. In seguito, l'analisi termofotografica ha consentito l'individuazione delle forme di futuro degrado non ancora manifeste, quali futuri distacchi di intonaco, e soprattutto la presenza di umidità e aree di dispersioni termiche particolarmente accentuate.

5. Il Caso di Studio. Progettazione di scenari alternativi di intervento [Fase 4]

I risultati dalle indagini svolte hanno fatto emergere l'esigenza di interventi che possono essere progettati con approcci alternativi: "comune"; "sostenibile" (Figura 4). Nello "scenario sostenibile": per il rifacimento degli intonaci si fa uso di materiali termocoibenti come tra l'altro, malta di calce idraulica naturale volcalitica costituita da speciali tipi di inerti come perlite e vermiculite che impediscono il passaggio del calore attraverso le murature e i solai attenuando i ponti termici; per il rinnovo delle impermeabilizzazioni dei terrazzi non ci si limita soltanto alle guaine e si introducono pannelli areanti e ventilanti costituiti da materiali naturali come il sughero rigato; per le superfici trasparenti si sostituiscono ai vetri semplici quelli doppi con intercapedini d'aria. Tali interventi

abbassano la dispersione termica verso l'esterno contribuendo all'abbattimento sia del consumo di combustibili fossili, sia delle relative emissioni di CO₂, a vantaggio del risparmio energetico, dell'economicità di gestione, del minore inquinamento dell'ambiente esterno, e del *comfort* ambientale interno. Viceversa, nello "scenario comune" è previsto, come nella corrente pratica prevalente, l'uso di materiali comunemente usati in cantieri tipo, dove si effettua il ripristino delle facciate esterne e delle terrazze. Tali materiali "correnti" hanno, da un lato, un costo iniziale più basso e una facile messa in opera ma, dall'altro, non posseggono buone caratteristiche termiche e coibenti. A questa lista appartengono: le malte a base di sabbia e cemento con un più alto valore di trasmittanza, applicate alle superfici verticali; le membrane epossidiche in sostituzione del rivestimento in asfalto naturale per l'impermeabilizzazione dei terrazzi e dei balconi; i vetri singoli per gli infissi; l'adozione di porte e finestre in metalli e leghe trasmissive.

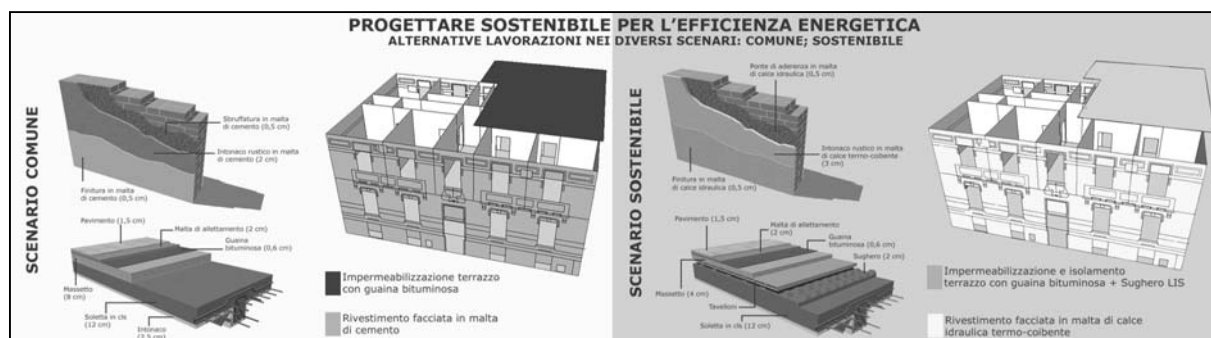


Figura 4 – Scenari di intervento: “comune” versus “sostenibile”

6. Stima delle risorse edilizie e dei costi di intervento nei due scenari [Fasi 7, 8, 9]

Con il Caso di Studio si persegue l'obiettivo di rendere sistematica ed efficiente la conoscenza sia delle risorse edilizie impiegate e sia dei costi dettagliati (fisici; monetari; energetici; ambientali) negli alternativi scenari di intervento. Ciò facilitato dall'utilizzo di sistemi informativi spaziali o GIS.

Computo Metrico Grafico (CMG)

Il rilevamento diretto produce il 3D informativo ovvero basato su potenti DataBase spaziali o GIS dell'insediamento e dell'architettura. Il 3D informativo dell'edificio rappresenta i degradi, e supporta il *design* dei possibili interventi da concretizzare con diverse Lavorazioni (ovvero unità minime di intervento edilizio), tra cui alcune particolarmente consigliabili. I sistemi GIS consentono la mappatura delle Lavorazioni e la loro misurazione. Il risultato è un nuovo strumento di contabilità e controllo spaziale sia del progetto che del cantiere, definibile Computo Metrico Grafico (CMG).

Analisi dei Fattori Elementari (AFE) nelle Lavorazioni e costruzione di un relativo DataBase

La ricerca ha avviato uno specifico sistema stabile di stima basato su analisi di produzione delle Lavorazioni all'interno di un più ampio DataBase spaziale ovvero *Cost GIS*. Le analisi micro-economiche finalizzate alla "stima dettagliata dei costi" (Simonotti, 1997) sono sviluppate per Fattori Elementari o *input*, aggregati in Lavorazioni e sono definite AFE. Consentono di contestualizzare le risorse e i costi nei mercati locali, con costruzione di Repertori datati e localizzati, per adottare materiali locali a zero-km di viaggio. I dati di base sugli *input* sono stati elicitati da numerosi contratti di reali appalti affidati a costruttori nelle regioni meridionali e centrali da soggetti pubblici e privati. Le analisi critiche comparative portano all'elaborazione delle AFE proprie del Caso di Studio.

Computo Metrico Estimativo (CME)

L'elenco dei risultati finali delle AFE delle Lavorazioni corrisponde a quanto comunemente definito "Elenco Prezzi". Le quantità delle Lavorazioni omogenee, mappate su GIS, vengono sommate creando il CMG che, moltiplicato per i costi unitari delle AFE, produce il Computo Metrico Estimativo (CME) degli alternativi interventi i cui costi risultano essere di € 59.987,50 per il "comune", e di € 69.885,20 per il "sostenibile" che implica un maggiore costo iniziale di € 9.897,70.

7. Stima del fabbisogno energetico e importi monetari nei due scenari alternativi [Fasi 5, 6]

Il punto è se l'esperimento del Caso di Studio permette di verificare un consistente risparmio energetico con lo "scenario sostenibile" rispetto allo "scenario comune", già sostituendo solo intonaci e massetti tradizionali a base cementizia con Lavorazioni sostenibili alternative. Per avviare la stima scientifica dei risparmi ottenibili con la riqualificazione climatica, nella ricerca si calcola il fabbisogno energetico del fabbricato campione corrispondente alla Particella Catastale 97, composto da quattro appartamenti, due per piano. Si utilizza un primo programma di calcolo energetico, poi verificato con un secondo. Si calcola il fabbisogno energetico del fabbricato espresso in kWh, rispetto al solo riscaldamento invernale in entrambi gli scenari alternativi. È possibile trasformare in costi monetari le quantità di energia stimate necessarie per il riscaldamento invernale. Tenendo conto che il costo di un kWh di energia dipende da diverse variabili (quantità di consumo e fascia oraria) si assume il costo medio indicativo dell'energia pari a 0,15 €/kWh. Moltiplicando il fabbisogno energetico da Dicembre a Marzo, per la superficie di ogni singola unità immobiliare, e per il costo unitario di 0,15 €/kWh, si deriva l'importo annuo in € per le spese di gestione energetica invernale (Tabella 1).

Sub	Liv	Sup Riscal -data mq	"Scenario Comune"				"Scenario Sostenibile"			
			Fabbi-sogno [Dic-Mar] kWh/mq anno	Fabbi-sogno totale kWh anno	Costo energia €/kWh	Spese gestione annua €	Fabbi-sogno [Dic-Mar] kWh/mq anno	Fabbi-sogno totale kWh anno	Costo energia €/kWh	Spese gestione annua €
1	I	66,43	78,25	5.198,94	0,15	779,84	52,67	3.499,07	0,15	524,86
2	I	66,43	69,35	4.607,19	0,15	691,08	66,94	4.826,35	0,15	667,11
3	II	71,69	124,53	8.927,55	0,15	1.339,13	58,51	4.195,23	0,15	629,28
4	II	72,09	135,17	9.788,38	0,15	1.468,26	45,54	3.025,22	0,15	492,45
Tot		276,04	407,30	28.522,06		4.278,31	223,66	15.545,87		2.313,70
				Scenario Comune	Scenario Sostenibile	Δ	Δ%			
				Spese gestione € 4.278,31	€ 2.313,70	€ 1.964,61	-45,92			

Tabella 1 – Edificio campione. Costi annui in € di gestione energetica, per scenario

Si conferma il rilevante differenziale ($\Delta\%$) di fabbisogno energetico tra scenari alternativi: "comune"; "sostenibile". A fronte di un differenziale di spesa iniziale edilizia di € 9.897,70 per la sostenibilità della conservazione fisica si otterrebbe un risparmio annuo di € 1.964,61 in termini di costi di gestione energetica per il ciclo di vita abbastanza lungo delle Lavorazioni eco-sostenibili. Tale differenziale è pari al 45,92% in meno del costo di gestione annuo dello "scenario comune".

8. Prime valutazioni integrate over time [Fase 10]

Il calcolo termico invernale, assunto come preliminare proxy di caratterizzazione energetica dell'edificio, quantifica in kWh l'effettivo vantaggio fisico acquisito con il risparmio energetico mediante termo-isolamento passivo dell'edificio. Sebbene l'intervento "comune" risulti inizialmente il più conveniente sotto l'aspetto monetario (*up-front cost*), per ottenere una diversa constatazione basta sommare ai costi edilizi iniziali quelli attualizzati di gestione per il solo riscaldamento invernale dell'intera Particella Catastale negli anni considerati. Infatti, i costi di gestione annuali, diminuendo notevolmente, comportano un risparmio monetario che a medio-lungo termine si rivela vantaggioso e che consente di recuperare, in tempi ragionevoli, quella percentuale di maggiore spesa edilizia iniziale dello "scenario sostenibile". Si accenna una stima finanziaria introduttiva. Ipotizzando un tasso del 4% sui costi di gestione cadenzati negli anni, è possibile attualizzare l'indicativo risparmio monetario nel medio e lungo periodo di durata degli interventi. In base a sistematiche osservazioni di opere realizzate, e a sperimentazioni di laboratorio, le specifiche Lavorazioni adottate nel Caso di Studio hanno una durata stimabile in oltre 40 anni, data la qualità dei materiali e l'affidabilità delle tecniche. Ad esempio, in un arco di tempo di 10 anni, indicativamente un quarto della durata minima dell'intonaco volcalitico e del sughero, a fronte di due distinti costi iniziali di recupero fisico della

Particella 97, rispettivamente di € 59.987,50 (recupero nello “scenario comune”) e di € 69.885,20 (recupero-conservazione nello “scenario sostenibile”), e di due distinti costi annuali medi di gestione energetica invernale corrispondenti di € 4.278,31 (gestione nello “scenario comune”) e di € 2.313,70 (gestione nello “scenario sostenibile”), si hanno i valori attuali di seguito riportati.

Dopo 10 anni il costo attuale dell'intervento “comune” (costo iniziale di intervento + costo di gestione energetica annuale) è di € 94.673,47. Dopo 10 anni il costo attuale dell'intervento “sostenibile” (costo iniziale di intervento + costo di gestione energetica annuale) è di € 88.643,29.

Già una preliminare stima finanziaria fornisce una prima evidenza della convenienza dello “scenario sostenibile” non solo in termini di risparmio energetico, minori emissioni, conseguente difesa dell'ambiente, migliore *indoor quality* e più alta vivibilità, ma finanche, nel medio-lungo periodo, in termini di migliore risultato monetario. Tenendo conto che il differenziale di costo edilizio iniziale è di € 9.897,70, al sesto anno il risparmio attualizzato è pari a € 10.292,40. Quindi il maggiore costo iniziale è ripagato in tempi che appaiono adeguati e più che ragionevoli (Tabella 2).

Anni	Scenario Comune	Scenario Sostenibile	Risparmio Annuale	Coeff Attualiz (1+i) ⁻ⁿ	Valore Attuale Comune	Valore Attuale Sostenibile	Saldo €	Saldo Risparmio €
I	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,9615	4.113,60	2.224,62	1.888,97	1.888,97
II	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,9245	3.955,30	2.139,02	1.816,28	3.705,25
III	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8889	3.802,99	2.056,65	1.746,34	5.451,60
IV	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8518	3.644,26	1.970,81	1.673,45	7.125,05
V	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8219	3.516,34	1.901,63	1.614,71	8.739,76
VI	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7903	3.381,15	1.828,52	1.552,63	10.292,40
VII	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7599	3.251,09	1.758,18	1.492,91	11.785,30
VIII	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7306	3.125,73	1.690,39	1.435,34	13.220,65
IX	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7025	3.005,51	1.625,37	1.380,14	14.600,79
X	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,6755	2.890,00	1.562,90	1.327,09	15.927,88
Tot					34.685,97	18.758,09		

Tabella 2 – Attualizzazione di futuri costi di gestione energetica invernale. Rate: $i=4\%$

9. Prospettive di ricerca futura. Generalizzazione a scala di isolato, quartiere, città [Fase 11]

I risultati ottenuti possono essere approfonditi in futuro per tentare di: calcolare i kWh risparmiabili in un intero quartiere in un anno, per effetto di interventi di Conservazione Urbana Sostenibile; stimare i kg di CO₂ non emessi per diretto effetto della riduzione dei consumi di energia; stimare nei due scenari alternativi i costi di manutenzione annua e il valore residuo degli edifici alla fine del ciclo economico; derivare gli impatti dell'uso di materiali bio-ecologici sul raffrescamento estivo.

References

- 4th European Conference of Sustainable Cities & Towns (2004) *Commitments*. Aalborg, Denmark
 Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) *Fourth Assessment Report*. Washington, Usa
 Massimo D. E. (2008) Sostenibilità nella conservazione urbana e strumenti GIS. Atti della 11a Conferenza Nazionale ESRI Italia. *GIS People for People*. Roma, 21-22.05.2008. ESRI Italia, Roma. CD-Rom
 Massimo D. E., Barbalace A., Cefalà R. M. (2008) GIS, essential tool to foster sustainability in urban conservation. Proceedings of the 28th ESRI International User Conference 2008. *GIS, Geography in Action*. San Diego, California, Usa, 04-08.08.2008. ESRI Press, Redlands, California, Usa. CD-Rom
 Massimo D. E., Bianco A., Barbalace A., Castagnella A. R., Giuffrè M. R., Musolino M., Vescio M. (2008) Stima del risparmio energetico derivante da interventi di conservazione sostenibile sul patrimonio edilizio. In: Asdrubali F. (ed) *Sviluppo Sostenibile, Tutela dell'Ambiente e della Salute Umana*. Atti dell'8° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Edizioni, Perugia: pp. 213-218
 Simonotti M. (1997) *La stima immobiliare*. Utet, Torino