

Editorial.....	1
-----------------------	----------

Remembrance of Romano Del Nord	3
<i>Chiara Torricelli</i>	
[English translation by Marta Berni]	

The Federal State of the Communities. Work, culture and democracy in the Adriano Olivetti thought....	5
<i>Gabriele Panizzi</i>	

EXPERIENCES

A proposal for a synopsis in real estate appraisal between the italian doctrine and international valuation standards.....	9
<i>Benedetto Manganelli</i>	
Significant appraisal issues in value estimate of quarries for the public expropriation	17
<i>Gianluigi De Mare, Antonio Nesticò, Maria Macchiaroli</i>	

The efficiency of the incentives for the public buildings energy retrofit. The case of the Italian Regions of the “Objective Convergence”	25
<i>Grazia Napoli, Laura Gabrielli, Simona Barbaro</i>	
Axiology of the historical city and the cap rate The case of the old town of Ragusa Superiore.....	41
<i>Salvatore Giuffrida, Vittoria Ventura, Maria Rosa Trovato, Grazia Napoli</i>	

ANALYSIS AND DEBATE

Internationalization of the Italian appraisal discipline: Evidence from teaching and Doctoral research ...	57
<i>Sergio Copiello, Pietro Bonifaci</i>	
Seismic vulnerability assessment at urban scale: state of the art and perspective	69
<i>Lorenzo Diana</i>	

Economic appraisal model of green roofs in residential buildings.....	81
<i>Francesca Salvo, Patriaia Piro, Gennaro Nigro, Giuseppina Garofalo</i>	

The efficiency of the incentives for the public buildings energy retrofit.

The case of the Italian Regions of the “Objective Convergence”

Grazia Napoli*, Laura Gabrielli**,
Simona Barbaro***

parole chiave: energy retrofit,
incentives, cash flow analysis, public buildings,
risk analysis, Monte Carlo method

Abstract

The objective of energy use and emissions reductions, enunciated in many European Directives, has emphasized the need to promote the improvement of energy efficiency of existing buildings.

Local administrations, in particular, should submit their own buildings to energy retrofit, not only to respect the Directives, but also to make those buildings an example of an active environmental culture and to induce similar improvement in private buildings, on the basis of financial appraisal of feasibility, which can be facilitated by incentives.

The “Unione Province di Italia” (UPI) in 2013, within the POI Energy (Interregional Operative Program), requested energy audits and projects of the energy retrofit for 150 public buildings located in the 4 Italian Regions of the “Objective Convergence” (Campania, Puglia, Calabria and Sicily).

In this study, a methodological proposal is elaborated,

including a Cash Flow Analysis and an analysis of risk and uncertainty through the Monte Carlo method, to appraise the cost-effectiveness of retrofit actions in public buildings. The methodology is applied to a sample of 36 actions and it allows getting some economic-financial indicators (Net Present Value NPV and Payback Period) able to support the public decision process for selecting the best alternatives to be realized. The evaluation model is direct to search those conditions that assure the profitability and to know how much the currently available incentives are a practical financial tool (not-refundable incentives of the Conto Termico 2.0, DM 16/02/2016).

The financial analysis is integrated with a risk analysis, which evaluates the sensibility of the results to the inputs of the model. The results of the study show that: a category of actions never get the financial profitability; some actions have a positive NPV but a quite long

Payback Period (higher than 15 years) only with the adequate incentives; finally, a category of actions has a positive NPV and short Payback Period (lower than 16 years) and are even profitable under low favorable

market conditions. This last category could be particularly attractive for the Public Administration that intends to make actions that reach energy saving and economic-financial profitability.

1. INTRODUCTION

Environmental politics, oriented to the reduction of energy use and CO₂ emissions ("20-20-20 Strategy"), is applied in the European Union through many directives, programs, particularly the Energy Performance of Buildings Directive (EBDP, 2010/31/EC) on the improvement of energy performance of buildings and the Directive 2012/27/UE on energy efficiency. Within this context, according to the analysis made by the European Union, buildings are deemed to be responsible for a high proportion of both the final energy consumption (almost 40%, IEA, 2008) and the CO₂ emission (36%). The energy retrofit of the existing buildings is one of the tools that can significantly contribute to achieving the goals of the Directives.

The actual scientific debate is mainly focused on the development of technological and managerial solutions for new nearly-zero Energy Building (NZEB) as well as on the study of those conditions, which assure economic-financial profitability (Barthelmes *et al.*, 2016). However, it is also very important to pay attention to the enormous amount of existing buildings (Rosasco, Perini, 2014; Rosato *et al.*, 2016), because their energy retrofit may reach many objectives: the reduction of primary energy consumption; the reduction of management costs related to energy expenditures; the improvement of the level of comfort; the reduction of pollution (particularly the Green House Gas – GHG – emissions).

Public buildings, as places of collective use should be submitted to energy retrofit not only to respect the Directives (all public buildings have to be NZEB within 2018, EBDP, art. 9-1b). Such buildings, in fact, should be seen as a symbol representing the social values of fairness and equalization (Rizzo, 2003; Giuffrida *et al.*, 2016; Napoli *et al.*, 2016a), as a demonstration of a typical active environmental culture and they should become examples of the tangible possibilities to improve the energy efficiency of the existing buildings (even with educational purpose) so that to induce similar improvement also in private buildings.

Within the POI Energy, the "Unione Province d'Italia" (UPI) in 2013 required to carry out the study of the energy requirements and the project of energy efficiency, improving 150 public buildings located in the four Italian Regions of the "Objective Convergence" (Campania, Puglia, Calabria and Sicily). This approach has divided the tender notice into 4 parts (one per region).

The implementation of the retrofit actions, based on the results of the energy audit and the improvement hypotheses about energy efficiency, is subject to the

attainment of the financial feasibility (Nesticò *et al.*, 2015; Nesticò, Pipolo, 2015).

The results of the financial analysis, however, are not univocal as they depend on the scenarios related to different economic and financial factors, e.g. the discount rate, the cost of financing, the energy price. Moreover, considering that these actions are investments (Rizzo, 2002), they also include risk and uncertainty that can be analyzed with technique able to internalize in the financial analysis the randomness proper of those variable used in the appraisal of different type of investments (French, Gabrielli, 2006). The most used techniques for the risk management are: the sensitivity analysis, which considers the variations of one variable at a time; or the Monte Carlo method that, through a more complicated process, examines the variations of many variables at the same time and monitors the risk during the planning and investment phases.

Incentives are a strategic factor to achieve the financial profitability of the energy retrofit actions. In fact, the European Directives (2012/27/EU) also suggest the use of financial tools, as the incentives, to reach the environmental and energy targets. In Italy, the "Conto Termico 2.0" (D.M. 16/02/2016 that replaces the former Conto Termico of 2012) is currently in force and foresees incentives for a vast range of actions of retrofit of public buildings (structures, technical installations, production of energy plants, etc.).

This study proposes a methodology of economica and financial analysis to be applied to a sample of those public buildings analyzed by UPI with the aim of making similar and comparable the results of the profitability of the energy retrofit actions. The critical elements of the appraisal process will be pointed out, and the alternative scenarios will be prefigured concerning the variability of energy prices, discount rates, and loan rates.

The proposed methodology could be a reference point for the editing of the contracts for economic-financial analysis of retrofit actions, given that the little-detailed contract documents generate a plurality of applications that preclude the comparability of the results (as in the case of the UPI's contract notice)¹.

¹ UPI, Tender notice - Services (TS13BFE2789), G.U. 5° serie speciale, n. 24 del 25/02/2013. "Procedura aperta per l'affidamento di servizi per la redazione di quattro piani d'indagine e di miglioramento del patrimonio pubblico sotto il profilo energetico finalizzati alla verifica della sostenibilità del ricorso a finanziamento tramite terzi e/o contratti di partenariato pubblico-privato per l'esecuzione di opera di efficientamento energetico", Edifici delle Province ricadenti nelle regioni Calabria, Campania, Puglia e Sicilia, Allegato 1, *Capitolato speciale* contenente le caratteristiche tecniche dei servizi valide per tutti i lotti in appalto, Atto n. 1, 20/01/2013.

The methodology considers, as an element of strategic importance, the disbursement of incentives with the purpose to verify the overall effectiveness of the Conto Termico 2.0 on the appraisal of profitability and to determine what are its consequences on the main financial performance indicators of the actions (NPV and Payback Period).

The methodology is aimed, therefore, at supporting the public decision process that could be: mono-criterion or multicriteria (Napoli, Schilleci, 2014; Napoli, 2014; Trovato, Giuffrida, 2014); expressed in financial, economic or extra-economic terms; oriented to public, private or mixed decision makers (Calabrò, Della Spina, 2014; Trovato, 2013); designed for different goals (Gabrielli *et al.*, 2016).

In this study, the methodology is oriented to support public decision makers to select the best and profitable actions of retrofit to submit to the other phases of the feasibility analysis (environmental and landscape sustainability, administrative-procedural sustainability, and economic-social feasibility) before accessing funding and carrying out their implementation.

2. METHODOLOGICAL APPROACH

The profitability of the retrofit actions of public buildings and the valuation of the effectiveness of the incentives are achieved with the application of financial analysis, which includes the Cash Flow Analysis and the analysis of risk and uncertainty with Monte Carlo simulation.

The methodology is applied based on the outcome of the energetic diagnosis of buildings (energy audits of first and second level) and from the proposals of actions for improving energy efficiency.

The valuation model translates the different actions in a tangible possibility of implementation and allows individualizing the best actions from the decision maker's point of view.

2.1 From database to scenarios

The first step of the methodology is the construction of the database of those actions that have to be evaluated. The database acquires a few selected data and results from the first and second level of energy audits as well as the actions of improving the energy efficiency

commissioned by UPI². This information is being reviewed and updated and is integrated with economic and financial data to proceed with the construction of the alternative scenarios and the corresponding cash flows.

2.1.1 Acquisition, verification and updating of the database

The acquired database concerns the results coming from the *first level of the energy audit* that analyzes the technological and typological characteristics of the buildings, as well as the electric and heat consumptions in the last few years. The *second level of the energy audit* defines the energy balance of the building, outlining the principal dispersion surfaces, the transmittance values, the calculation of the use of primary energy, and identifying the critical elements. The actions of energy efficiency, in terms of technological and management improvements, on the principal key elements, allow quantifying both the energy savings and the GHG reduction (Table1).

After the acquisition, those data and results, obtained by applying the same methodology and expressed in the same unit of measure, have to be verified. Some incongruities may happen, e.g. when the protocol for the tender notice, which requests an audit and financial analysis, is not adequately detailed, or if there is a lack of internal coordination between the different working groups. In these cases, it is necessary to get the data comparable through their transformation and redrafting.

2.1.2 Construction of the cash flows

The cash flow expresses the temporal and monetary form of the investment (action), and it consists of the distribution of costs and revenues over the economic life of an action. The costs and the revenues considered are:

- *the investment costs;*
 - *the cost of the action of energy improving the building;*
 - *the financing cost;*
- *the operating costs,* from the current energy consumption;
- *the operating revenues;*
 - *the revenues arising from energy saving;*
 - *the revenues originating from incentives* (Conto Termico 2.0).

The *cost of each action* is appraised on the basis of the specific technical characteristics provided in the improvement project. After assessing the amount of the investment, it is necessary to fix the equity and debt ratio. If the public authority, as an owner of the building, accesses to a third party capital financing that entirely covers the initial expense, this can be converted in repayments installments. The financing cost is a function of the loan rate (applied to the calculation of the

² Sviluppo di una applicazione fondata sull'utilizzo di una rete neurale addestrata con i dati del audit energetico del campione analizzato in grado di costituire uno strumento di supporto alla decisione per le pubbliche amministrazioni per edifici di caratteristiche simili (Convenzione 23/03/2015), Project “Realizzazione dell'intervento di diagnosi energetica delle strutture pubbliche provinciali ai fini dell'efficientamento energetico” POI 2007-2013 “Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico” Asse II Attività 2.2 – 2.5 Codice Operazione 00-160410-UPI CUP F76B11000010007. Scientific director: prof. M. Beccali, Working group: V. Lo Brano, G. Ciulla, A. Bonomolo, M. Galatioto.

Table 1 - Description of the energy audits and the proposals of actions of energy improvement

First level of energy audit
Building analysis (localization, building typology, use, technological characteristics of the building, heaters, electric system, etc.).
Analysis of thermal consumption (energy source, yearly consumptions, gross heated volume, net heated surface, dispersion surface, shape ratio, degree days, index of heat consumption, etc.).
Analysis of electric consumption (yearly consumptions per use, index of electric consumption, etc.).
Second level of energy audit
Climatic monitoring, classification of the elements of the opaque and transparent building envelope (typology, dimension, thickness, thermal transmittance, etc.).
Identification of thermal bridges and of critically parts of the building envelope. Thermal and electric systems, energy class, winter and summer energy requirement, requirement of primary energy, etc.
Proposals of actions of energy improvement
Proposals of actions of energy improvement (type of actions, characteristics of used materials, quantification of energy savings per energy source and primary energy, quantification of reduction of CO ₂ emissions, etc.).

repayments installments) and it may vary considerably according to the type of funders, e.g. private (bank, financial company, etc.) or public (Cassa Depositi e Prestiti - CDP) and to the characteristics of the loan (e.g. entity and term of the loan, type of the loan rate).

The CDP's rules for Public Administrations (Municipality, Provinces, Regions, Health Authorities, University, etc.) are applied to the case study, assuming a single disbursement of a loan by CDP, with a 15-year repayment plan, using a fixed rate plus a spread. The financing is set at the 100% of the investment cost. The loan rate, according to the conditions previously described, is 1.84% at the time of the analysis (June 2016).

The *operational costs* from the energy consumptions depend on the price of the energy sources that can be various: methane gas, diesel fuel, electric, etc. The buildings of the sample use various energy sources, therefore it is necessary to different in kWh the annual levels of the consumptions (and of the savings), whereas in origin there were different units of physic measure, applying the following coefficients of conversion: 10 liters of diesel fuel = 1 kWh; 12.8 kgs of liquefied gas = 1 kWh; 9.8 mcs of methane gas = 1 kWh. The consumptions and the savings are afterward translated in monetary terms multiplying them by the average price of the corresponding energy source.

The *operating revenues*, represented by the energy savings in kWh, are translated in monetary terms, as previously says for the costs, and they are distributed throughout the period of analysis, set in 25 years.

The revenues from the disbursement of the incentives are calculated and distributed over a five-years period, according to the rules of Conto Termico 2.0. The value of the incentive varies for the type of action and is calculated by both the percentages of admissible cost and the maximum value of the incentive. Table 2 shows the rules for calculating the incentives about the following categories of action: *Opaque horizontal structures* (roofs and floors), *Opaque vertical structures* (outer walls), *Replacement of window frames*, *Sunshade systems and devices*.

2.1.3 Definition of the scenarios

The definition of alternative scenarios allows evaluating the consequences on the financial profitability caused by the variation of some elements, supposed significant, of the cash flow (Napoli, 2015). An element that is fundamental -also for its links to economic, energy and environmental politics- is the trend of the energy price, which is assumed stable (constant price) or slightly increasing.

The payment of incentives is also an important environmental and energy political measure (which can be renewed, reduced, or, to the opposite, strengthened) and it can modify the cash flows. Regarding scenarios, it is supposed the confirmation or the absence of the incentives of Conto Termico 2.0.

2.2 Financial Analysis

The economic and financial analysis evaluates the feasibility of the actions considering their costs and revenues and providing results from an evaluation of the different angles (perspectives) involved, whether public or private or both.

The investigation of financial sustainability of the project aims to examine whether the expected incoming cash flow is able, based on the quantitative and temporal analysis, to cover cash outflows.

Suitable and more used indicators to provide an appropriate valuation on investment capacity to create worth and generate adequate profitability are:

- the *NPV (Net Present Value)*;
- the *IRR (Internal Rate of Return)*;
- the *Payback Period*.

The NPV is the discounted present value of the entire project, where the cash flow is discounted, with a proper discount rate, as if all incomes and costs were made available instantly. The NPV represents the value of all revenues calculated after costs:

Table 2 - Incentives of Conto Termico 2.0

TYPE OF ACTIONS	INCENTIVES (PERCENTAGE OF ADMISSIBLE COST)	MAXIMUM ADMISSIBLE COSTS	MAXIMUM VALUE OF INCENTIVE
<i>i.</i> Opaque horizontal structure Roof insulation: - external - internal - ventilated roof	40% (50% in zones E, F)	200 €/m ² 100 €/m ² 250 €/m ²	$i + ii + iii \leq 400.000 \text{ €}$
<i>ii.</i> Opaque horizontal structure Flooring insulation: - external - internal	40% (50% in zones E, F)	120 €/m ² 100 €/m ²	
<i>iii.</i> Opaque vertical structure Outer walls insulation: - external - internal - ventilated facades	40% (50% in zones E, F)	100 €/m ² 80 €/m ² 150 €/mq	
Replacement of window frames, in temperature control rooms	40%	350 €/m ² zone A, B, C 450 €/m ² zone D, E, F	75,000 € 100,000 €
Sunshade systems Automatic Sunshade Devices	40%	150 €/m ² 30 €/m ²	30,000 € 5,000 €

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(R_t - C_t)}{(1 + r)^t} \quad (1)$$

Where: R_t - revenues for the year t ; C_t - costs of the year t ; r - discount rate; n - period of analysis.

The discount rate r was determined as the yield of an alternative investment without (or negligible) risk and, in our case, the rate has been equated to the yield of government securities (Btp) with the same duration of the investment, which is equal to 2.5% at the date of analysis (June 2016).

The feasibility of the investment is obtained when the NPV gives a number larger than zero, as the NPV represents the project's ability to generate monetary flows to repay the investment costs, remunerate the capital invested in the project and produce resources available for other uses. $NPV \geq 0$ is the condition to be checked to establish that a retrofit is feasible (*absolute feasibility*) and to draw up a list of actions for NPV gradually decreasing (*relative feasibility*). The NPV is an indicator that can be easily used in the analysis of energy efficiency actions (Verbeeck, Hens, 2005; Petersen, Svendsen, 2012).

The IRR, Internal Rate of Return, is the discount rate that makes the NPV of revenues and costs equal to zero. This indicator provides that the IRR of a project is compared with a threshold r rate set by the investor (a minimum acceptable rate), or the rate used to finance the project,

considering both bank interest rate and the opportunity cost of the investor. Whenever an investment presents a performance (as measured by IRR) higher than the cost of capital, the project is considered desirable.

$$\sum_{t=1}^n \frac{(R_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (2)$$

A widely used indicator (Gabielli, Bottarelli, 2016; Brown, Matysiak, 2000) is the Payback Period, which is the time needed to recover the initial investment. The feasibility and decision are based comparing different Payback Periods with a predetermined cut-off period defined by the decision maker, or the life cycle of a building component. The best projects are those with a lower Payback Period. The indicator does not express the profitability of the project but rather its liquidity, and it can be expressed without discounting the cash flows (simple Payback Period), or taking account of the time value of money (discounted Payback Period). The Payback Period lends itself to be often used in the analysis of energy retrofit investments (Malatji, Zhang, Xia, 2013).

The Payback Period is calculated as follows:

$$\sum_{t=0}^n (R_t - C_t) = C_i \quad (3)$$

and it is the point in time where the cash inflow generated by the project is expected to cover the initial costs (Ci).

The discounted Payback Period is expressed thus:

$$\sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} = Ci \quad (4)$$

where the discount factor is introduced in the denominator and identifies the discounted flows.

The feasibility conditions can, therefore, be summarized as follows:

- NPV greater than zero;
- IRR at least equal to the discount rate;
- Payback Period lower than the time of analysis.

These conditions, if met, testify to the ability of the project to free cash flow sufficient to cover the initial investment and to recover the capital contributed by all parties involved in the investment.

2.3 RISK ANALYSIS

The analysis of the risk associated with each investment can be carried out using some well-known techniques.

Among these, the sensitivity analysis (or analysis of “reactivity” or “sensitivity”) is a method used to evaluate the influence and the weight (the effect) induced by input variables in a model (e.g. the function that describes it analytically) on the results provided by the model. This is also called analysis of (future) scenarios, where a scenario is one of the possible combinations of values of the independent variables, or “what-if analysis”, as it is possible to assess what changes if the analyst modifies the values of the decision parameters.

The technique aims at identifying, for each variable, new values within a predetermined range: the alternative assumptions reflect a pessimistic and an optimistic scenario, inside of which, in addition to the “base case” (the value obtained by the deterministic approach), different states are evaluated, and outcomes are recalculated to determine the impact of a variable under sensitivity analysis.

One of the simplest and most common methods is that of changing one-factor-at-a-time, e.g., in the model, only one variable is changed at a time to see the effect on the output. The simplicity of the technique, which allows quickly verifying the variables of a greater impact on the final results, however, neglects no less important aspects in the calculation.

First, the different scenarios have the same probability of occurring: the “pessimistic” scenario, the “optimistic” and the “base case” have the same probability of occurrence, not being associated with them any frequency distribution. Also, variables such as discount rates, prices and time on the market, can show multicollinearity or

correlation. Since each variable is modified independently of any other, the model does not take into account the simultaneous variation of the input variable, and so it cannot identify the presence of interaction between variables.

Risk analysis, to learn about a probability of occurrence of a certain event, can use stochastic Monte Carlo, which simulates a statistically high number of potential combinations of critical parameter resulting from the assumption of probability distributions. The Monte Carlo method is part of the non-parametric statistical methods and is used to analyze the results through those simulations.

The Monte Carlo technique, introduced in the 60s (Hertz, 1964), is used to solve a problem numerically when any random variable is involved. The simulation, on which is based the method, allows testing the effects of changes in the input variables of the model on the output function (results), e.g. the values of the NPV.

The simulation model of Monte Carlo is grounded on the assumption that some variables, which strongly influence the economic value of the project, are characterized by different levels of risk, and their values are not sure, investigable, or it is not possible to have any information about their future trends. In this case, it will be possible to describe the risk associated with each variable through a probability distribution: after selecting the critical variables and attribute to them a distribution, it is possible to choose an input variable from within the probability distribution selected for each variable randomly.

Such random extraction is repeated for several thousand times until the process is considered statistically significant: the greater the number of calculation of the re-sampling process, the greater will be the degree of precision and accuracy obtainable from the approach. For each variable, it is possible to calculate those of the model and obtain the distribution of the results.

The results of the iterations can be represented by a frequency distribution or a cumulative probability function: the decision-maker can compare the different output probability distributions obtained through the simulation process. The Monte Carlo method allows obtaining a valuation of the output probability distribution chosen as the indicator of the feasibility (Net Present Value, a Rate of Return, etc.), and it does not produce a single point answer (value). The resulting frequency distribution permits to measure the risk of the project, or projects, investment by statistical dispersion of the defined set of input figures and results.

For the Monte Carlo technique, it is crucial to define:

- *the parameters.* The inputs specified by the decision maker or the investor, and controllable accordingly;
- *the exogenous input variables.* The model input variables that depend on events beyond the control and describable by the probability distribution;
- *the output variables.* The simulation results, the

indicators used to measure the economic and financial feasibility of the investment (NPV, IRR, Payback Period);

- *the model*. The set of mathematical equations (of the parameters and functions of the input variables) that describe the relationships between the components of the system and define the binding of the output with the input variables.

The process (Fig. 1) is distinguished in the following steps:

1. identification of the critical variables (inputs) that could have a significant impact on the results;
2. assignment of a probability distribution for each variable on the basis of quantitative data or by expert consultations with appropriate methods;
3. use of a random number generator (processor) and a random extraction of values from each probability distribution of the variables;
4. use of random values thus obtained to calculate the model output (economic and financial feasibility indicators such as the IRR, the Net Present Value, the Payback Period, etc.);
5. re-sample for a number n of times to enable statistically reliable results;
6. graphical representation of a probability distribution and a cumulative frequency curve; and calculation of some statistical parameters of the output (the mean and the standard deviation).

The probability distribution can be represented by a normal or Gaussian distribution. This distribution is when the data is perfectly normal, the mean, median and mode are identical. Furthermore, statistical measures such as variance or the standard deviation obtained from the distribution defined as the values are dispersed around the mean value and, therefore, the characteristic of greater or lesser concentration around this value.

The Monte Carlo analysis could be used to identify which is the optimal solution during the design phase. The random numbers can be employed to select alternative hypotheses of construction, structural systems, architectural-distribution solutions, etc. The processor will try, through the extraction of random numbers, to find the best solutions both from the architectural point of view and from the economic one.

3. THE CASE STUDY: THE ENERGY RETROFIT ACTIONS IN THE “OBJECTIVE CONVERGENCE” REGIONS

The methodology, introduced in the previous paragraphs, is applied to the case study of 36 energy retrofit actions of public buildings located in the four “Objective Convergence” Regions of Italy (Campania, Puglia, Calabria and Sicily).

The methodology consists of the following phases:

- Phase 1 - Selection of the sample;

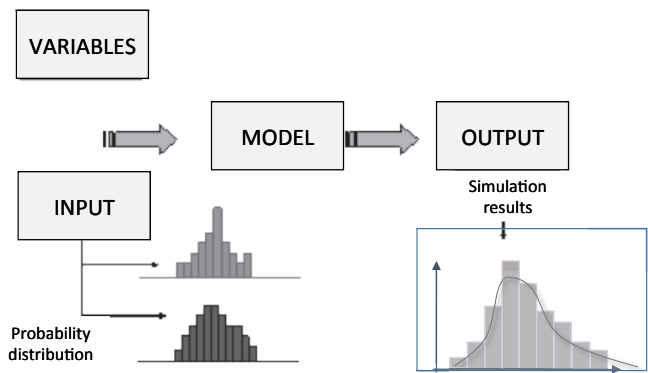


Figure 1 - The elements of Monte Carlo simulation

- Phase 2 - Construction of the database;
- Phase 3 - Definition of the scenarios;
- Phase 4 - Financial analysis (NPV, Payback Period);
- Phase 5 - Analysis of the risk (Monte Carlo simulation).

3.1 Selection of the sample of buildings and actions

The sample of buildings, on which to verify the profitability of the energy retrofit actions, is selected so that to be representative of the variety of characteristics, but ensuring the comparability of the results. When the aim is to select a homogeneous sample, other techniques may be applied, e.g., the cluster analysis (Napoli *et al.*, 2016b; Napoli, 2017).

The criteria for the selection of the sample are:

- *Type of actions*. The categories of actions included are “Building envelope Insulation” (CI), “Replacement/Integration of Window Frames” (SI) and “Installation of Sunshade Systems” (SS).
- *Use of the buildings*. The select use of buildings is school.
- *Climatic Zone*. The location of the buildings of the sample is uniformly distributed in the climatic zones B, C, D, and E (Figure. 2).
- *Energy Class*. The buildings of energy class G have been included (they have the worst energy performances).
- *Form Factor*. The sample is formed by buildings whose form factor S/V (building surface area/volume) is between 0.20 and 0.65 (particularly it is equal to: 0.20; 0.35; 0.50; 0.65).

The application of these criteria to the retrofit actions of 150 buildings (located in 25 Provinces of the 4 “Objective Convergence” Regions) has allowed us to select 36 actions for energy efficiency improvement (in 24 buildings located in 8 Provinces) (Table 3):

- 14 actions of “Building envelope insulation”.
- 13 actions of “Replacement/Integration of Window Frames”.
- 9 actions of “Installation of Sunshade Systems”.

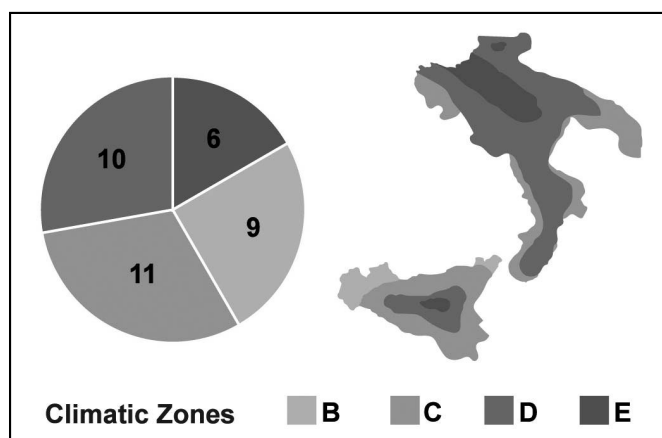


Figure 2 - Distribution of the actions per climatic zone

Table 3 - Technological characteristics of the type of actions

Technological characteristics of the actions
<i>Building envelope insulation</i> Roof: polyurethane foam panels coated with bitumen felt paper and waterproofing double polymeric membranes (Calabria); layer of extruded polystyrene or cellular glass and waterproofing double bituminous sheath (Campania); polyurethane foam sandwich panels and waterproofing panels in extruded polystyrene (Puglia). External surfaces: single or double layers of extruded or expanded polystyrene and fiberglass armor.
<i>Replacement/Integration of window frames</i> PVC window frames with double seals and insulated glazing (Calabria); double glazing window and aluminum window frames with thermal break and low thermal conductivity (Campania); 5 chambers PVC profile for window frames and double glazing window with Argon gas and thermal break raceways (Puglia).
<i>Installation of sunshade systems</i> Sunshade system with aluminum movable lamellas.

3.2 Database construction

The Database of 36 actions has been formed selecting and redrawing the data from the results of the Audits according to the hypotheses of retrofit actions. Table 4 shows an extract of the database that is structured in:

- *General data.* Region, Province, building, use.
- *Physical-technical data.* Climatic zone, heated surface, form factor, average transmittance, etc.
- *Action data.* Type of action ("Building envelope insulation" CI, "Replacement/integration of window frames" SI and "Installation of sunshade systems" SS).

- *Energy data.* Energy class, consumption of primary energy per year, energy saving per year; reduction of CO₂ emissions, etc.

- *Financial data.* The price of the energy sources, monetary energy savings, costs of the action, etc.

The costs of the energy sources are updated to 2016, particularly, the costs and the corresponding savings related to the yearly energy use. The unitary costs of the electric energy, gas-oil and methane are respectively equal to 0.270 €/kWhs (last quarter 2015), 0.105 €/kWhs and 0.080 €/kWhs (1 October 2015 for 15,000 kWhs/year consumptions).

3.3 Alternative scenarios and financial analysis

Before proceeding to the economic-financial analysis of the energy retrofit actions, different scenarios are outlined. In the "basic scenario" (CF), it is supposed that the Public Administrations, in order to have the capital to finance the actions, accesses the CDP's financing in which a fixed rate of 1.84% (June 2016) has been applied to the loans to Municipality and Provinces. The first element of variation of the "basic scenario" is the possibility to get incentives according to the rules of Conto Termico 2.0, which is in force from 2016 May 31 (replacing the 2012 Conto Termico) (Tab. 2).

Each of the two scenarios "With Financing-without incentives" (CF-SC) and "With Financing-with incentives" (CF-CT) are organized introducing three different hypotheses concerning the trend of the energy price:

- *hypothesis 1.* constant price;
- *hypothesis 2.* +0.5% per year;
- *hypothesis 3.* +1.0% per year.

Combining the previous elements, 6 possible scenarios are outlined, as shown in Table 5.

The cash flows of the 6 scenarios are calculated for the 36 actions (216 cash flows). The following items are present in each cash flow (Table. 6):

- Cost of the action divided into installments (calculated according to the CDP's rules of financing).
- Energy savings in kWh per year.
- Cost of the energy source (hypothesis 1, 2 and 3).
- Money savings (related to the energy savings in the hypotheses 1, 2 and 3).
- Payments of the incentive (Conto termico 2.0).

On the basis of the cash flows:

- Net Present Value.
- Payback Period;

are calculated applying the formulas (1) and (3).

The Figure 3 illustrates that, for the action RC2-CI, the curve of the NPV changes and tends to move upward in response to the differences among the scenarios. The group of the three curves corresponding to the scenarios

Table 4 - Extract of the database

General data				Physical-technical data						Action Data		
Region	Province	Building	Use	Climatic Zone	Degree days	Gross heated volume V (m ³)	Net heated surface (m ²)	Form Factor S/V (m ⁻¹)	Average thermal transmittance (W/m ² K)	Building envelope insulation (CI)	Replacement/Integration of window frames (SI)	Installation of sunshade systems (SS)
Puglia	BT	BT3	E. 7	C	1,306	26,576	5,395	0.46	2.02		X	
Puglia	BT	BT2	E. 7	C	1,377	24,434	4,446	0.40	1.45	X		
Puglia	BT	BT6	E. 7	C	1,187	10,447	2,412	0.47	2.06	X		
Puglia	FG	FG5	E. 7	D	1,473	38,015	7,242	0.33	1.65	X		
Puglia	FG	FG5	E. 7	D	1,473	38,015	7,242	0.33	1.65		X	
Sicily	TP	TP4	E. 7	D	1,648	10,702	2,149	0.40	1.72		X	
Energy data						Financial data						
Energy Class	Energy source	Consumption of energy primary Ante-action (kWh per year)	Consumption of energy primary Post-action (kWh per year)	Energy saving (kWh per year)	Riduction of CO ₂ emissions (tCO ₂ per year)	Energy source price (€)	Energy saving (€ per year)	Energy saving (% per year)	Cost of the action (€)	Unitary cost of the action (€/net heated (m ²))	Surface of the action (m ²)	Unitary cost of the action (€/m ² of action)
G	Gas-oil	1,145,162	1,048,840	96,322	0.70	0.105	10,114	41.2%	810,743	23.7	1,734	467.5
G	Methane	929,785	661,394	268,392	2.20	0.08	21,471	114.7%	732,416	164.7	6,990	104.8
G	Methane	679,049	488,915	190,134	3.70	0.08	15,211	109.5%	312,409	129.5	3,715	84.1
G	Methane	1,205,077	437,173	767,904	3.40	0.08	61,432	79.5%	1,379,746	190.5	10,292	134.1
G	Methane	1,205,077	885,751	319,326	1.00	0.08	25,546	33.1%	433,036	59.8	948	456.9
G	Methane	131,821	125,076	6,745	0.53	0.08	540	63.6%	69,646	32.4	937	74.3

Table 5 - The six scenarios

YEARLY INCREASE OF THE ENERGY PRICE	SCENARIOS	
	Without incentives	With incentives
0%	CF-SC1	CF-CT1
0.5%	CF-SC2	CF-CT2
1%	CF-SC3	CF-CT3

without incentives (CF-SC1, CF-SC2, and CF-SC3), particularly, becomes negative for a discount rate equal or larger than 2.5%, (which is the discount rate adopted for achieving the profitability). The NPV curves of the scenarios with the incentives (CF-CT1, CF-CT2, and CF-CT3), instead, are mainly in the positive quadrant and assure a good profitability of the actions.

The increase in the energy price (from the hypothesis 1 to 3), both with or without incentives, contributes to modifying the form and the position of the curves because it makes the money savings increasing, but with a decreasing appreciation at year 0 when the discount rate increases.

Obviously, since every action has an own “temporal and monetary form”, there will be multiple curves of NPV with different elasticity compared to the discount rate and different positions and translations in the positive and negative quadrants of the graph.

The effectiveness of the incentives to achieve the profitability of the energy retrofit actions can be understood from the comparison between the Figures 4 and 5.

In Figure 4 the NPVs of all actions are represented for the scenario CF-SC2. Under the similar conditions to this scenario (with financing, without incentives, hypothesis 2-energy cost), the NPVs of almost all actions have a strongly negative value, and only a few of them overcome the least conditions of the financial convenience. Figure 5 shows the NPVs for the scenario CF-CT2, which only differs from the previous one for the presence of the incentives. In this scenario, the addition of the incentives to the cash flows overturns the results of some actions, but the poor financial performance of some actions remains the same, e.g. KR3-CI (Building envelope insulation), BT3-SI and SA4-SI (Replacement/Integration of Window Frames).

The analysis of the NPV and the Payback Period notices that from the scenario without incentives (CF-SC2) to the one with incentives (CF-CT2), three cases may occur (Table 7):

- actions that maintain a negative NPV and the Payback Period higher than 25 years (dark grey);
- actions for which the previous negative NPV becomes positive in the scenario with incentive and the Payback Period is between 16 and 25 years (light grey);
- actions that always have a positive NPV and a Payback Period lower than 16 years, showing a high profitability (white).

The disaggregation of the NPVs for type of actions (Figure 6) makes clear that the incentives allow doubling the percentage of actions of “Replacement/Integration of Window Frames” (SI) and “Installation of Screens Solariums” (SS), which goes respectively from 23.1% to 46.1% and from 44.4% to 88.9%. The effectiveness of the incentives is greater for the “Building envelope

Table 6 - Cash flows of six scenarios with financing, Action TP4-SI (Replacement/Integration of Window Frames)

With financing		Annual increasing of energy cost	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	...	Year 15	Year 16	...	Year 24	Year 25
a	Cost of the action (€)	-69,646.0												
b	Energy savings (kWh)		6,745.0	6,745.0	6,745.0	6,745.0	6,745.0	6,745.0	...	6,745.0	6,745.0	...	6,745.0	6,745.0
c	Cost of energy source - hypothesis 1 (€)	0.0%	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	...	0.080	0.080	...	0.080	0.080
d	Cost of energy source - hypothesis 2 (€)	0.5%	0.080	0.080	0.081	0.081	0.082	0.082	...	0.086	0.086	...	0.090	0.090
e	Cost of energy source - hypothesis 3 (€)	1.0%	0.080	0.081	0.082	0.082	0.083	0.084	...	0.092	0.093	...	0.101	0.102
f	Monetary savings - hypothesis 1 (€) (<i>b*c</i>)	0.0%	539.6	539.6	539.6	539.6	539.6	539.6	...	539.6	539.6	...	539.6	539.6
g	Monetary savings - hypothesis 2 (€) (<i>b*d</i>)	0.5%	539.6	542.3	545.0	547.7	550.5	553.2	...	578.6	581.5	...	605.2	608.2
h	Monetary savings - hypothesis 3 (€) (<i>b*e</i>)	1.0%	539.6	545.0	550.4	555.0	561.5	567.1	...	620.3	626.5	...	678.4	685.1
i	CDP's financing		-5,258.8	-5,258.8	-5,258.8	-5,258.8	-5,258.8	-5,258.8	...	-5,258.8		...		
l	Flow scenario CF-SC1 (€) (<i>f-i</i>)	0.0%	-4,719.2	-4,719.2	-4,719.2	-4,719.2	-4,719.2	-4,719.2	...	-4,719.2	539.6	...	539.6	539.6
m	Flow scenario CF-SC2 (€) (<i>g-i</i>)	0.5%	-4,719.2	-4,716.5	-4,713.8	-4,711.1	-4,708.3	-4,705.6	...	-4,680.2	581.5	...	605.2	608.2
n	Flow scenario CF-SC3 (€) (<i>h-i</i>)	1.0%	-4,719.2	-4,713.8	-4,708.4	-4,702.9	-4,697.3	-4,691.7	...	-4,638.5	626.5	...	678.4	685.1
o	Payments of the incentive Conto Termico 2.0 (€)		5,571.7	5,571.7	5,571.7	5,571.7	5,571.7		...					
p	Flow scenario CF-CT1 (€) (<i>f+o</i>)	0.0%	852.5	852.5	852.5	852.5	852.5	-4,719.2	...	-4,719.2	539.6	...	539.6	539.6
q	Flow scenario CF-CT2 (€) (<i>g+o</i>)	0.5%	852.5	855.2	857.9	860.6	863.3	-4,705.6	...	-4,680.2	581.5	...	605.2	608.2
r	Flow scenario CF-CT3 (€) (<i>h+o</i>)	1.0%	852.5	857.9	863.3	868.8	874.4	-4,691.7	...	-4,638.5	626.5	...	678.4	685.1

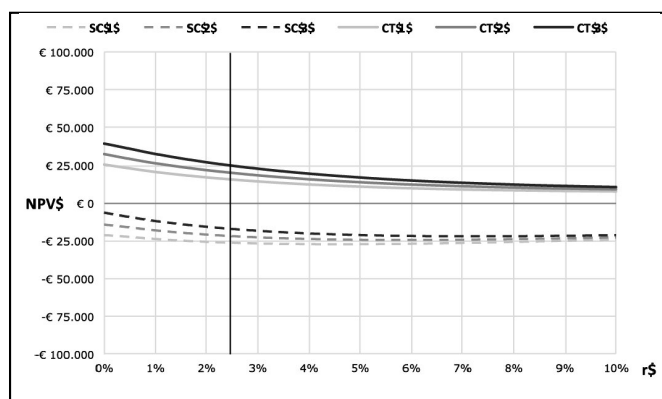


Figure 3 - NPV (axe y) of the six scenarios (Action RC2-CI)

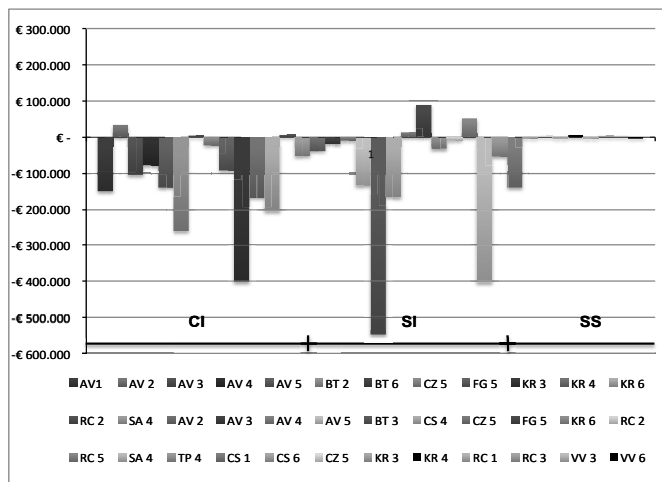


Figure 4 - NPV (axe y) of the 36 actions (axe x) without incentives (Scenario CF-SC2) per type of action (CI, SI e SS)

Insulation" (CI) reaching the convenience in 57.1% actions, while they were just 21.4% without incentives. Altogether around a quarter of the actions is convenient

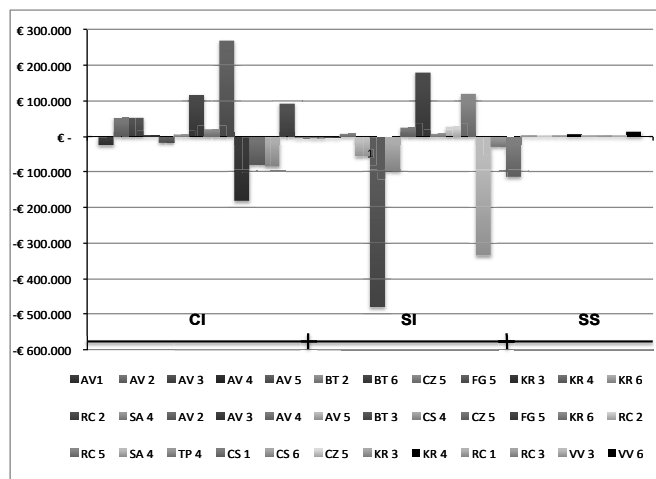


Figure 5 - NPV (axe y) of the 36 actions (axe x) without incentives (Scenario CF-CT2) per type of action (CI, SI e SS)

without incentives and increasing up to 61% thanks to the Conto Termico 2.0.

3.4 Risk analysis: results

In risk analysis model the following variables were used:

- *the interest rate.* The interest rate for the calculation of the mortgage varies between a positive and a negative scenario, identifying a minimum rate of 1.60% and a maximum of about 2.1%, however falling within the proposed range suggested by Cassa Depositi e Prestiti;
- *the discount rate.* As for the discount rates, these were used to obtain the time alignment of the cash flows of revenues and expenses during the period of analysis. The discount rate range goes from 2.5% (positive

Table 7 - NPV and Payback Period of the 36 actions.
Scenarios CF-SC2 and CF-CT2

	Building code	Without incentives		With incentives	
		NPV (r = 2.5%) €	Payback Period years	NPV (r = 2.5%) €	Payback Period years
Building envelope insulation - CI	AV1	-150,818	> 25	-24,024	> 25
	AV 2	33,846	0	51,976	0
	AV 3	-104,811	> 25	52,920	19
	AV 4	-77,276	> 25	3,621	24
	AV 5	-140,331	> 25	-17,173	> 25
	BT 2	-260,615	> 25	4,960	24
	BT 6	3,674	23	116,954	16
	CZ 5	-21,692	> 25	20,154	19
	FG 5	-92,790	25	269,812	19
	KR 3	-400,657	> 25	-180,186	> 25
	KR 4	-168,133	> 25	-79,714	> 25
	KR 6	-204,542	> 25	-84,249	> 25
	RC 2	5,929	22	92,960	0
	SA 4	-51,748	> 25	-4,219	24
Replacement/integration of window frames - SI	AV 2	-38,043	> 25	-5,409	> 25
	AV 3	-18,223	> 25	-456	24
	AV 4	-9,103	> 25	7,214	18
	AV 5	-134,396	> 25	-55,349	> 25
	BT 3	-547,561	> 25	-479,574	> 25
	CS 4	-165,907	> 25	-97,919	> 25
	CZ 5	13,236	16	25,593	0
	FG 5	89,763	19	180,413	16
	KR 6	-32,590	> 25	6,800	22
	RC 2	-8,063	25	27,980	17
	RC 5	52,025	19	120,013	0
	SA 4	-402,130	> 25	-334,142	> 25
	TP 4	-53,284	> 25	-28,031	> 25
	CS 1	-140,242	> 25	-113,047	> 25
Installation of sunshade systems - SS	CS 6	-541	> 25	302	20
	CZ 5	385	0	614	0
	KR 3	-700	> 25	303	21
	KR 4	6,110	0	6,872	0
	RC 1	-1,093	25	3,204	17
	RC 3	136	17	284	0
	VV 3	324	20	1,059	0
	VV 6	-1,770	24	13,389	16

scenario) and 4% (negative scenario), assuming an average rate for a public player and referring to yields of Btp;

- the cost of energy. As far as the cost of energy concern,

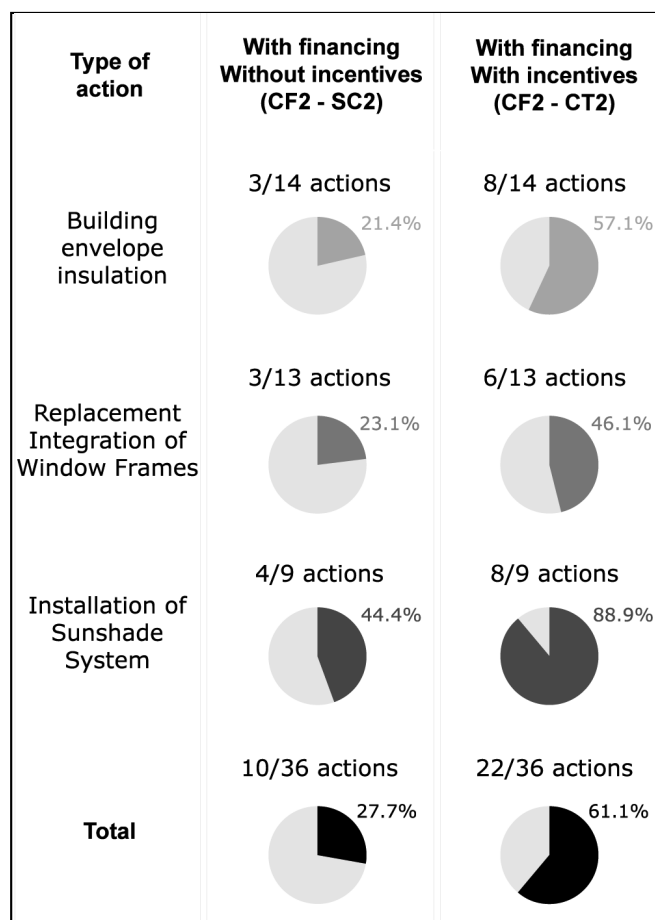


Figure 6 - Percentage of those actions that achieve the financial profitability for NPV (r = 2.5%)

we have assumed an increasing trend of prices, considering historical trends at the national level, within a range of + 0.5% and +1% per annum.

Regarding the exogenous input variables of the model, their assumptions are shown in Table 6, and their values have been derived from the analysis of the market. The normal probability distributions have been selected for the interest and discount rates, indicating, in addition to the mean and the standard deviation, minimum and maximum value adopted after market signals. As for the interest rate, these values have been suggested by the indications of Cassa Depositi e Prestiti, while the value of the discount rate is provided by the variability of yields of government securities (Btp).

Subjectivity (French, Gabrielli, 2005) in the choice of probability distributions of variables plays a significant role in the simulation. In this case, they are resulting from the behavior of the stakeholders in the market.

The distribution of the values of the cost of energy has a shape of a triangular distribution, assigning possible

variations between a minimum of 0% (price unchanged over time) up to a maximum increase of 1% per annum.

All variables were correlated with the other: in particular, a positive correlation has been imposed (+0.7) among financial variables, namely the interest rate and the discount rate. The variable relating to energy costs has a positive correlation with the other two of +0.5.

The simulations have been performed for all scenarios, except for those whose NPV is strongly negative, and where, therefore, the risk analysis would not have had any impact.

The results obtained with the simulation for the scenario CZ5 (building envelope insulation) are reported in figure 7. The NPV achieved by Monte Carlo simulation (17,819€) does not differ much from the value obtained by the deterministic approach (15,751€ with a discount rate of 2.3% and zero growth assumptions for energy costs), but it provides additional information about the uncertainty of the results. The asymmetry of the distribution (0.12) indicates a symmetrical distribution with a tail, which extends towards the most positive values: in this case, the distribution (and hence the output, the NPV) is moderately inclined to the right. The average and median values are almost identical showing that there is a high chance that the expected value is less than that calculated by analyzing traditional cost-revenues; the standard deviation is equal to 1,518€. The minimum expected value of the investment is a NPV of 12,819€ in the case of rather negative values of the input variables, namely the rate of interest and the discount rate, as well as a prediction of stable prices concerning the cost of energy. The maximum value of the frequency distribution is 23,851€. About the sensitivity of the variables, the cost of energy turns out to be the one with the greatest impact. The sensitivity of the model to the input variables is measured through the graph "tornado": the tornado diagram graphically represents the "hierarchy" of impacts that have occurred in the model. The variable illustrated at the top in the chart (Fig. 8), the cost of energy, is the one that has the greatest impact on the result (NPV), while the other two variables (the rates) have lower but very similar effects. The higher is the energy cost and, therefore, the subsequent savings, the more the net present value increases: the effect is positive in the model. On the contrary, the growth in the discount rate or interest, the investment attractiveness is reduced and the NPV with it.

A similar simulation concerns the RC1-SS case study regarding the installation of solar screens (Figure 9). As in the previous example, the analyses confirm the robustness of the Discounted cash flow analysis, showing a symmetric distribution, where the mean and median have the same value and the mean value is 2,936€. The result obtained with the Discounted cash flow analysis was 2,719€ but was obtained using a discount rate of 2.5%, while in the Monte Carlo simulation of this rate reflects the minimum discount rate threshold. As the simulation encloses the growth assumptions of the energy cost, which turns out to be the variable of greatest impact on the feasibility of the investment, the average NPV of Monte Carlo analysis is slightly higher than the one found with the Discounted cash flow analysis, which, in turn, does not internalize growth in energy prices.

The minimum value resulting from the simulations results to be 2,353€, the maximum is 3,595€

4. CONCLUSIONS

The economic and financial analysis made it possible to evaluate the feasibility of some energy retrofit actions in a sample of buildings, promoted by a public player. Regarding 3 different types of action (Building envelope insulation, Replacement/integration of window frames and Installation of sunshade systems), 24 buildings located in the 4 Italian Regions Convergence Objective were selected for the analysis. Through the Discounted cash flow analysis, it was possible to study some indicators of financial performance of the actions and analyze the overall effectiveness of the incentives now existing in Italy (Conto Termico 2.0).

In a first phase, after constructing the database by selecting and rearranging the data from the Audit outcomes of the first and second level and the assumptions of retrofits, all actions were analyzed through a Discounted cash flow analysis, where the outflows are represented by the investment cost of each action. This cost represents the mortgage repayment, assuming that the public sector borrows 100% of the initial cost and that must be granted by Cassa Depositi e Prestiti. Revenues are, in fact, the savings achievable with energy retrofits, to which must be added the incomes of the incentives. Each action was analyzed from the Net Present Value and the Payback Period points of view.

Table 8 - Input variables of the models

Input	Distribuzione	Mean	SD	Min	Max	Correlation
Interest rate	Normal	1.84%	0.18%	1.6%	2.10%	Discount rate/Energy price
Discount rate	Normal	3.30%	0.30%	2.50%	4.00%	Interest rate/Energy price
Energy price	Triangular	0.50%	-	0.00%	1.00%	Discount rate/Interest rate

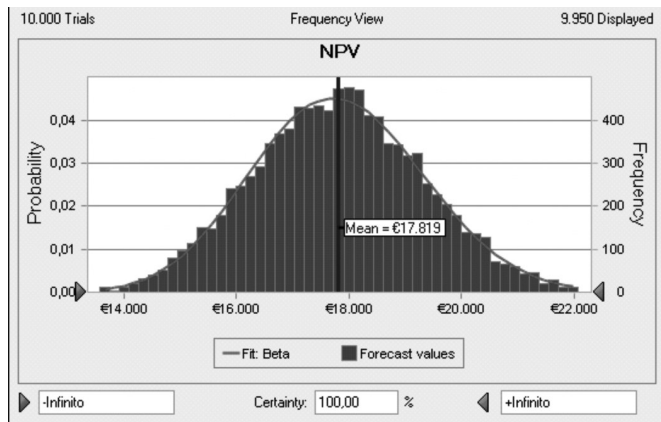


Figure 7 - Simulation on case CZ5-CI (building envelope insulation)

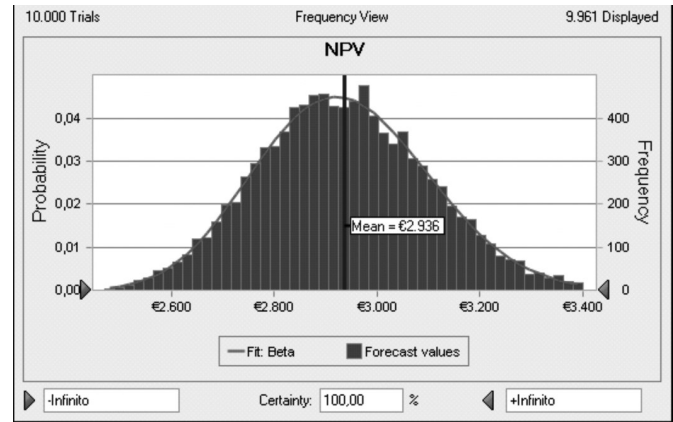


Figure 9 - Simulation on case RC1-SS (Installation of sunshade systems)

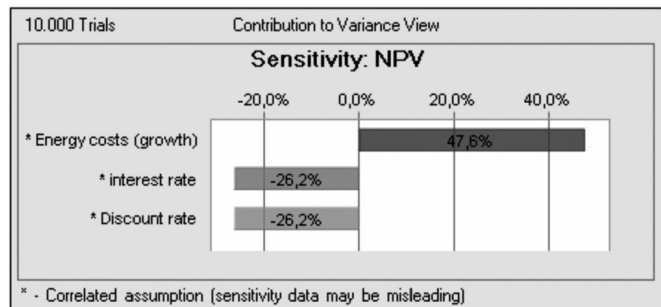


Figure 8 - Simulation on case CZ5-CI (Building envelope insulation)- Tornado

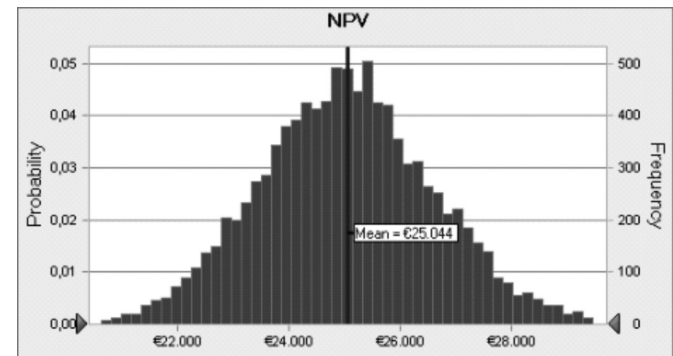


Figure 10 - Simulation on RC2-SI (Replacement/Integration of window frames)

As shown in the tables, it should be noted that there are some case studies:

- The actions that are never feasible, where the NPV is negative, with or without incentives, and the Payback Period is greater than the term of analysis, fixed in 25 years.
- The actions where the NPV is negative without incentives, and positive for the hypotheses with incentives.
- The actions that show a positive NPV and a short Payback Period (lower than 16 years), both with and without incentives, indicating a substantial economic advantage to implement the actions.

The results obtained were analyzed employing a risk analysis, through the Monte Carlo approach. The different simulations have allowed assessing the robustness of the results and the model's sensitivity to certain variables. In particular, interest and discount rates, and energy prices (in terms of growth) were taken as random variables in the model, and a probability distribution was defined to set up a Monte Carlo simulation.

None of the results reflects non-feasibility situations: the minor changes imposed on input variables, as indicated by the credit, financial and energy markets, have never

generated negative NPV. The distributions generated by the simulation have mostly confirmed the results obtained with the Discounted cash flow analysis, indicating a slight probability of positive results, especially in the presence of an increase in the cost of energy, which is very plausible considering the current energy policies. A combination of adverse conditions (high interest rates, high discount rate and limited growth in energy costs) significantly reduces the expected return, halving, in some cases, the net present value of the project. But in the current scenario, the cost of money close to zero, the yield of Btp (which was taken as the base of the discount rate) and a very low energy cost growth lead to the hypothesis that our results will be placed on the right side of the probability distributions, thus with high NPV and short Payback Period.

The aim of the research was to propose a methodology to guide the decision-making of public sector to select the retrofit actions to be submitted to other analysis of a feasibility analysis and incorporate other aspects such as environmental, administrative, procedural, social, sustainability. Future steps of the research will also investigate these non-economic issues.

* **Grazia Napoli**, *University of Palermo, Department of Architecture.*
 e-mail: grazia.napoli@unipa.it
 ** **Laura Gabrielli**, *University of Ferrara, Department of Architecture.*
 e-mail: laura.gabrielli@unife.it
 *** **Simona Barbaro**, *architect, Marsala (TP).*
 e-mail: sb-369@libero.it

References

- BARTHELMES V.M., BECCHIO C., BOTTERO M., CORGNATI S.P., *L'analisi del costo ottimale per la definizione di strategie di progettazione energetica: il caso di un "nearly-Zero Energy Building"*, *Valori e Valutazioni*, 16, 2016, pp. 61-75.
- BECCALI M., CIULLA G., LO BRANO V., GALATIOTO A., BONOMOLO M., SPERA E., *A survey of energy performance of the non-residential public building stock in Southern Italy; toward a decision support tool for refurbishment actions*, 2nd South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environmental Systems SDEWES 2016, Piran (Slovenia), 15-18 June 2016.
- BROWN G., MATYSIAK G., *Real Estate Investment*, Prentice Hall, 2000.
- CALABRÒ F., DELLA SPINA L., *The public-private partnerships in buildings regeneration: a model appraisal of the benefits and for land value capture*, 5nd International Engineering Conference 2014 (KKUIENC 2014), Advanced Materials Research, Vols 931-932, Trans Tech Publication, Switzerland, 2014, pp. 555-559, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.931-932.555.
- FRENCH N., GABRIELLI L., *Discounted cash-flow: accounting for uncertainty*, *Journal of Property Investment & Finance*, 23 (1), 2005, pp. 75-89.
- FRENCH N., GABRIELLI L., *The uncertainty of valuation*, *Journal of Property Investment & Finance*, 24 (2), 2006, pp. 102-122.
- GABRIELLI L., BOTTARELLI M., *Financial and economic analysis for ground - coupled heat pumps using shallow ground heat exchangers*, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 20, 2016, pp. 71-81.
- GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Functions and Perspectives of Public Real Estate in the Urban Policies: the Sustainable Development Plan of Syracuse*, in Gervasi O., et al., (eds), *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2016*, vol. 9798, Springer International Publishing, 2016, pp. 13-28, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_2.
- GIUFFRIDA S., NAPOLI G., TROVATO M.R., *Industrial Areas and the City. Equalization and Compensation in a Value-Oriented Allocation Pattern*, in Gervasi O., et al., (eds), *Computational Science and Its Applications*, vol. 9789, Springer International Publishing, 2016, pp. 79-89, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_6.
- HERTZ D.B., *Risk analysis in capital investment*, *London, Harvard Business Review*, January/February, 1964, p. 64.
- MALATJI E.M., ZHANG J., XIA X., *A multiple objective optimization model for building energy-efficiency investment decision*, *Energy and Buildings*, 61, 2013, pp. 81-87.
- NAPOLI G., SCHILLECI F., *An Application of Analytic Network Process in the Planning Process: The Case of an Urban Transformation in Palermo (Italy)*, in Murgante B., et al., (eds), *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2014*, vol. 8581, Springer International Publishing, 2014, pp. 300-314, doi: 10.1007/978-3-319-09150-1.
- NAPOLI G., *The Value of the Useless in the Urban Landscape of Small Islands*, *Agribusiness paesaggio & ambiente*, 17, special issue 2, 2014, pp. 71-77.
- NAPOLI G., *Financial Sustainability and Morphogenesis of Urban Transformation Project*, in Gervasi O., et al., (eds), *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2015*, vol. 9157, Springer International Publishing, 2015, pp. 178-193, doi: 10.1007/978-3-319-21470-2.
- NAPOLI G., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Fair Planning and Affordability Housing in Urban Policy. The Case of Syracuse (Italy)*, in Gervasi O. et al., (eds), *Computational Science and Its Applications*, vol. 9789, Springer International Publishing, 2016a, pp. 46-62, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_4.
- NAPOLI G., VALENTI A., GIUFFRIDA S., *The urban landscape and the real estate market. Structure and fragment of the axiological tessitura in a wide urban area of Palermo*, in Piccinini L.C., et al., (eds), *Proceedings of the 19th IPSAPA/ISPALEM International Scientific Conference, Napoli (Italy) July 2nd - 3rd, 2015 "The Turning Point of the Landscape-cultural Mosaic: Renaissance Revelation Resilience"*, IPSAPA/ISPALEM, 2016b, pp. 67-78.
- NAPOLI G., GIUFFRIDA S., VALENTI A., *Forms and functions of the real estate market of Palermo. Science and knowledge in the cluster analysis approach*, in Stanghellini S., et al., (eds), *Appraisal: from Theory to Practice. Serie: Green Energy and Technology*, Springer International Publishing, 2017, pp. 191-202, doi: 10.1007/978-3-319-49676-4_14.
- NESTICÒ A., MACCHIAROLI M., PIPOLO O., *Costs and Benefits in the Recovery of Historic Buildings: The Application of an Economic Model*, *Sustainability*, Vol. 7, Issue 11, 2015, pp. 14661-14676, doi: 10.3390/su71114661.
- NESTICÒ A., PIPOLO O., *A protocol for sustainable building interventions: financial analysis and environmental effects*, *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 10, Issue 3, 2015, pp. 199-212, doi: 10.1504/IJBIDM.2015.071325.
- PARLAMENTO EUROPEO, *Directive 2010/31/EU of the European*

Parliament and of the Council of 19 May 2010 on Energy Performance of Buildings (EPBD Recast), Official Journal of the European Union, Bruxelles, Belgio, 2010.

PARLAMENTO EUROPEO, Directive 2012/27/UE of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Official Journal of the European Union, Bruxelles, Belgio, 2012.

PETERSEN S., SVENDSEN S., *Method for component-based economical optimisation for use in design of new low-energy buildings*, Renewable Energy, 38, 2012, pp. 173-180.

RIZZO F., *Dalla rivoluzione keynesiana alla nuova economia. Dis-equilibrio, tras-informazione e co-efficiente di capitalizzazione*. FrancoAngeli, Milano, 2002.

RIZZO F., *Il capitale sociale della città*. FrancoAngeli, Milano, 2003.

ROSASCO P., PERINI K., *Verifica di sostenibilità economica per sistemi di facciate verdi*, Valori e Valutazioni, 13, 2014, pp. 67-83.

ROSATO P., VALCOVICH E., STIVAL C.A., BERTO R., CECHE G., *Le coperture piane con inverdimento estensivo su edifici esi-*

stenti. Parte seconda - Aspetti economici, Valori e Valutazioni, 16, 2016, pp. 5-27.

ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS, *RICS Appraisal and Valuation Standards*, RICS, London, 2013.

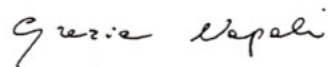
TROVATO M.R., *Information and Communication Technologies (ICTs) and Participatory Values to Support of the Territorial Governance Processes*, Society, Integration, Education. Utopias and dystopias in landscape and cultural mosaic. Visions Values Vulnerability, Proceedings of the International Scientific Conference June 27-28, 2013, Vol.IV, University of Udine with Rezekens Augstskola, Udine, 2013, pp. 273-284, ISI:E221703.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *A DSS to Assess and Manage the Urban Performances in the Regeneration Plan: The Case Study of Pachino*, in Murgante B., et al., (eds), *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2014*. vol. 8581, Springer International Publishing, 2014, pp. 224-239.

VERBEECK G., HENS H., *Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable*, Energy and Buildings, 37, 2005, pp. 747-754.

Gli autori dell'articolo "The efficiency of the incentives for the public buildings energy retrofit. The case of the Italian Regions of the "Objective Convergence", pubblicato nella rivista VALORI E VALUTAZIONI, vol. 18/2017, pp. 25-39, ISSN: 2036-2404, indicizzato Scopus: 2-s2.0-85022034793, dichiarano che sebbene lo stesso deve essere considerato il risultato di un comune lavoro e delle riflessioni delle tre autrici, Grazia Napoli ha curato i paragrafi 1, 2.2, 3.3 e 4; Laura Gabrielli i paragrafi 1, 2.3, 3.4 e 4; Simona Barbaro i paragrafi 2.1, 3.1 e 3.2.

Grazia Napoli

Handwritten signature of Grazia Napoli in black ink.

Laura Gabrielli

Handwritten signature of Laura Gabrielli in black ink.

Simona Barbaro

Handwritten signature of Simona Barbaro in blue ink.

Editoriale	1
-------------------------	----------

Ricordo di Romano Del Nord <i>Chiara Torricelli</i>	3
---	----------

Lo Stato Federale delle Comunità. Lavoro, cultura e democrazia nel pensiero di Adriano Olivetti..... <i>Gabriele Panizzi</i>	5
--	----------

ESPERIENZE

Una proposta di sintesi tra tradizione estimativa italiana e standard internazionali di valutazione ... <i>Benedetto Manganelli</i>	9
---	----------

Questioni estimative di rilievo nella stima del valore di cave per l'espropriazione <i>Gianluigi De Mare, Antonio Nesticò, Maria Macchiaroli</i>	17
--	-----------

L'efficacia degli incentivi negli interventi di retrofit energetico di edifici pubblici. Il caso delle Regioni italiane dell' "Obiettivo Convergenza" <i>Grazia Napoli, Laura Gabrielli, Simona Barbaro</i>	25
---	-----------

Assiologia della città storica e saggio di capitalizzazione Il caso del Centro storico di Ragusa Superiore <i>Salvatore Giuffrida, Vittoria Ventura, Maria Rosa Trovato, Grazia Napoli</i>	41
---	-----------

DIBATTITO E APPROFONDIMENTO

Internazionalizzazione della disciplina estimativa italiana: evidenze dalla didattica e dalla ricerca di dottorato in un campione di Università <i>Sergio Copiello, Pietro Bonifaci</i>	57
---	-----------

La valutazione della vulnerabilità sismica alla scala urbana: quadro e prospettive..... <i>Lorenzo Diana</i>	69
--	-----------

Modello economico di stima dei tetti verdi negli edifici residenziali <i>Francesca Salvo, Patriaia Piro, Gennaro Nigro, Giuseppina Garofalo</i>	81
---	-----------

L'efficacia degli incentivi negli interventi di retrofit energetico di edifici pubblici.

Il caso delle Regioni italiane dell'“Obiettivo Convergenza”

Grazia Napoli*, Laura Gabrielli**,
Simona Barbaro***

parole chiave: retrofit energetico,
incentivi, valutazione finanziaria, edifici pubblici,
analisi del rischio, metodo Monte Carlo

Abstract

Gli obiettivi di riduzione del consumo energetico e delle emissioni di gas serra, enunciati in molte Direttive europee, hanno posto in risalto la necessità di promuovere interventi di miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente.

Le amministrazioni locali, in particolare, dovrebbero assumersi la responsabilità di diffondere la cultura ambientale anche effettuando interventi di retrofit negli edifici pubblici di loro proprietà, sulla base di diagnosi energetiche degli edifici, di proposte progettuali e di verifiche del raggiungimento della convenienza finanziaria, che può essere agevolata dall'erogazione di incentivi. L'Unione Province d'Italia (UPI) nel 2013, nell'ambito del POI Energia, aveva richiesto la redazione di Audit energetici e di proposte di retrofit di 150 edifici pubblici localizzati nelle 4 Regioni italiane dell'“Obiettivo Convergenza” (Campania, Puglia, Calabria e Sicilia).

In questo studio è stata elaborata una proposta metodologica, che comprende l'analisi Costi-Ricavi e l'analisi di rischio e incertezza attraverso il metodo Monte Carlo, da seguire per stabilire la convenienza economico-finanziaria di interventi di retrofit in edifici pubblici. La metodologia è stata applicata a un campione di 36 interventi (distribuiti nelle 4 regioni) e ha permesso di ottenere alcuni indicatori di convenienza economico-finanziaria (Valore Attuale Netto e Tempo di rientro) adatti a supportare il processo decisionale pubblico di selezione delle ipotesi migliori da attuare. Il modello di valutazione indaga le condizioni che assicurano la fattibilità e in quale misura gli incentivi, attualmente disponibili per queste tipologie di intervento (incentivi a fondo perduto del Conto Termico 2.0, DM 16/02/2016), diventano strumenti efficaci per il raggiungimento della convenienza economica.

Il processo di analisi finanziaria degli interventi si è arricchito di una analisi del rischio che ha permesso di valutare la sensibilità dei risultati agli input impiegati nel modello. I risultati mostrano come alcuni interventi siano giudicati fattibili anche in condizioni di mercato meno favorevoli. È stato così possibile individuare: categorie di intervento che non raggiungono la convenienza; categorie di intervento che, con gli opportuni incentivi, han-

no un VAN positivo ma un Periodo di rientro piuttosto lungo (superiore a 15 anni); infine, una categoria di interventi con un VAN positivo e un tempo di rientro più contenuto (inferiore a 16 anni). Quest'ultima categoria, in particolare, potrebbe essere di maggiore interesse per la Pubblica Amministrazione che intende attuare interventi in modo efficace sia sul piano del risparmio energetico che su quello economico-finanziario.

1. INTRODUZIONE

Le politiche ambientali, orientate alla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ ("strategia 20-20-20") sono applicate nell'Unione Europea attraverso l'emanazione di molteplici direttive, programmi, misure e strumenti, in particolare la Direttiva 2010/31/EU "EBDP Recast", sul miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici e la Direttiva 2012/27/UE, sull'efficienza energetica. In questo quadro generale, se si considera che, secondo le analisi dell'Unione Europea, gli immobili sono responsabili di una quota rilevante del consumo finale di energia (circa il 40%, secondo IEA, 2008) e dell'emissione di CO₂ (36%), il retrofit energetico del patrimonio edilizio esistente si configura come uno degli strumenti che può contribuire in modo significativo al raggiungimento degli obiettivi di entrambe le Direttive.

Il dibattito scientifico attuale è largamente incentrato sullo sviluppo di soluzioni tecnologiche, progettuali e gestionali da impiegare nelle nuove costruzioni per ottenere edifici NZEB (Nearly-Zero Energy Building) e sullo studio delle condizioni per assicurarne la convenienza economico-finanziaria (Barthelmes *et al.*, 2016), ma altrettanta attenzione va rivolta all'enorme patrimonio edilizio esistente (Rosasco, Perini, 2014; Rosato *et al.*, 2016). Il retrofit energetico degli edifici, infatti, consente di raggiungere molteplici obiettivi: la riduzione del consumo di energia primaria; la riduzione dei costi di gestione relativi ai consumi energetici; il miglioramento del grado di comfort; la riduzione di inquinamento (in particolare di emissioni di gas serra).

Gli edifici pubblici, in quanto luoghi di fruizione collettiva dovrebbero essere sottoposti a retrofit energetico non soltanto per rispettare le Direttive (tutti gli edifici pubblici devono essere NZEB entro il 2018, EBDP Recast, art. 9, comma 1.b). Tali edifici dovrebbero essere concepiti per esprimere i valori sociali di equità e redistribuzione della ricchezza (Rizzo, 2003; Giuffrida *et al.*, 2016; Napoli *et al.*, 2016a), ma anche come manifestazione di una cultura ambientale propositiva e fattiva e per divenire casi esemplificativi (perfino con finalità didattiche e divulgative) delle possibilità concrete di migliorare le prestazioni energetiche negli edifici esistenti, in modo da indurre interventi simili negli edifici privati.

Nell'ambito del POI Energia, l'Unione Province d'Italia (UPI) nel 2013 ha promosso un'indagine conoscitiva del fabbisogno energetico e la definizione di interventi migliorativi di un campione di edifici pubblici localizzati nelle quat-

tro Regioni italiane dell'Obiettivo Convergenza (Campania, Puglia, Calabria e Sicilia), suddividendo il bando in 4 lotti (uno per regione)¹.

L'attuazione di interventi di retrofit, basati sui risultati dell'audit energetico e delle ipotesi migliorative dell'efficienza energetica, è comunque condizionata al raggiungimento della convenienza finanziaria (Nesticò *et al.*, 2015; Nesticò, Pipolo, 2015). Gli esiti di una valutazione finanziaria, però, non sono univoci ma dipendono dagli scenari prefigurati in relazione a diversi fattori economici e finanziari, ad es. il saggio di attualizzazione, il costo del finanziamento, il prezzo dell'energia. Inoltre gli interventi, in quanto investimenti (Rizzo, 2002), presentano margini di rischio e di incertezza che possono essere analizzati con tecniche capaci di internalizzare nelle analisi l'aleatorietà propria delle variabili impiegate nelle valutazioni degli investimenti di diversa natura (French, Gabrielli, 2006). Le tecniche più usate per la gestione del rischio sono quelle relative all'analisi di sensitività, che considerano le variazioni di una variabile alla volta, oppure la simulazione di Monte Carlo, che, attraverso un processo più complesso, riesce a considerare le variazioni di più variabili contemporaneamente e a controllare il rischio durante la fase di ideazione ed investimento.

Un fattore strategico per il raggiungimento della convenienza finanziaria degli interventi di retrofit è costituito dagli incentivi, il cui utilizzo è suggerito, insieme ad altri strumenti finanziari, dalle Direttive europee (2012/27/EU). In Italia è attualmente in vigore il "Conto Termico 2.0" (D.M. 16/02/2016 che sostituisce il precedente Conto termico del 2012) che prevede incentivi per una vasta gamma di interventi applicabili al retrofit di edifici pubblici (strutture, impianti tecnologici, impianti di produzione di energia, ecc.).

Questo studio si propone di applicare un'unica metodo-

¹ UPI, Bando di gara - Servizi (TS13BFE2789), G.U. 5° serie speciale, n. 24 del 25/02/2013. "Procedura aperta per l'affidamento di servizi per la redazione di quattro piani d'indagine e di miglioramento del patrimonio pubblico sotto il profilo energetico finalizzati alla verifica della sostenibilità del ricorso a finanziamento tramite terzi e/o contratti di partenariato pubblico-privato per l'esecuzione di opera di efficientamento energetico", Edifici delle Province ricadenti nelle regioni Calabria, Campania, Puglia e Sicilia, Allegato 1, *Capitolato speciale* contenente le caratteristiche tecniche dei servizi valide per tutti i lotti in appalto, Atto n. 1 del 20/01/2013.

logia di analisi economico-finanziaria a un campione di edifici pubblici localizzati nelle quattro Regioni *Obiettivo Convergenza* in modo da rendere omogenei e confrontabili i risultati sulla convenienza degli interventi di retrofit. Saranno, inoltre, evidenziati gli elementi critici del processo valutativo e prefigurati scenari alternativi in relazione al prezzo dell'energia, alla variabilità sia del tasso di sconto, sia del tasso di interesse del capitale a prestito.

La metodologia proposta potrebbe costituire un riferimento per la redazione dei capitolati che richiedono servizi di analisi economico-finanziaria di progetti, dal momento che capitolati poco dettagliati determinano pluralità di applicazioni che impediscono la confrontabilità dei risultati (come nel caso del bando dell'UPI).

All'interno della metodologia è previsto, come elemento di importanza strategica, l'erogazione degli incentivi al fine di verificare l'efficacia complessiva del Conto Termico 2.0 sul giudizio di convenienza economica e di determinare quali conseguenze si producono sui principali indicatori delle prestazioni finanziarie degli interventi (VAN e Tempo di rientro).

La metodologia deve supportare il processo decisionale, che potrebbe essere strutturato in termini finanziari, economici o extraeconomici; monocriteriali o multicriteriali (Napoli, Schilleci, 2014; Napoli, 2014; Trovato, Giuffrida, 2014); rivolto a soggetti pubblici, privati o misti (Calabrò, Della Spina, 2014; Trovato, 2013); per finalità diverse (Gabrielli et al., 2016). In questo caso la metodologia è orientata a supportare soggetti pubblici nella selezione degli interventi di retrofit, che raggiungono la convenienza finanziaria, da sottoporre alle altre fasi dello studio di fattibilità (sostenibilità ambientale e paesaggistica, sostenibilità amministrativo-procedurale e fattibilità economico-sociale) prima di accedere ai finanziamenti e alla loro realizzazione.

2. APPROCCIO METODOLOGICO

La convenienza finanziaria degli interventi di retrofit in edifici pubblici e la valutazione dell'efficacia degli incentivi è ottenuta attraverso l'applicazione di una metodologia di analisi finanziaria, che comprende l'analisi Costi-Ricavi e l'analisi di rischio e incertezza con il metodo Monte Carlo.

La metodologia è applicata a partire dagli esiti della diagnosi energetica degli edifici (audit energetici di primo e secondo livello) e dalle proposte di azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica.

Il modello di valutazione traduce le diverse proposte di azione in una concreta possibilità d'intervento, e permette di individuare le proposte progettuali più consone agli obiettivi economici del decisore.

2.1 Dal database agli scenari

La prima fase della metodologia è costituita dalla costruzione del database degli interventi da sottoporre alla valutazione. Il database acquisisce alcuni dati e risultati deri-

vanti dall'*audit di primo e secondo livello* e dalle proposte di *efficientamento energetico* commissionate dall'UPI². Questi dati sono sottoposti a verifica e aggiornamento, e sono integrati da dati economico-finanziari per procedere alla costruzione degli scenari alternativi e dei corrispondenti flussi di cassa.

2.1.1 Acquisizione, verifica e aggiornamento del database

Il dati acquisiti riguardano i risultati ottenuti da: l'*audit di primo livello* che fornisce lo studio delle caratteristiche tipologiche e tecnologiche degli edifici e l'analisi del consumo termico ed elettrico degli ultimi anni; l'*audit di secondo livello* che determina il bilancio energetico dell'edificio, definendo le principali superfici disperdenti i valori di trasmittanza, le variazioni termiche dell'edificio, il calcolo dei consumi di energia primaria, e individuando gli elementi che presentano criticità; le proposte di efficientamento energetico che ipotizzano le azioni, in termini di soluzioni tecnologiche e gestionali, sui principali elementi critici consentono di quantificare sia i risparmi energetici, sia la riduzione di emissione di gas serra (Tab. 1).

Dopo l'acquisizione, si procede alla verifica che i dati e i risultati siano stati ottenuti con la medesima metodologia ed espressi nelle stesse unità di misura. Possono presentarsi delle incongruenze, ad esempio, quando il protocollo per la redazione di queste analisi non è sufficientemente dettagliato, oppure se manca un coordinamento adeguato. In questi casi si procede alla loro trasformazione e rielaborazione per ottenere dati comparabili.

2.1.2 Costruzione del flusso di cassa

Il flusso di cassa è costituito dalla forma temporale e monetaria dell'investimento (intervento), ovvero dalla distribuzione dei costi e dei ricavi lungo l'orizzonte temporale della vita economica del manufatto. I costi e i ricavi considerati sono:

- *costi di investimento*;
 - *costo dell'intervento* di miglioramento energetico dell'edificio;
 - *costo del finanziamento*;
- *costi operativi*, derivanti dal consumo energetico attuale;

² Sviluppo di una applicazione fondata sull'utilizzo di una rete neurale addestrata con i dati del audit energetico del campione analizzato in grado di costituire uno strumento di supporto alla decisione per le pubbliche amministrazioni per edifici di caratteristiche simili (Convenzione 23/03/2015), Progetto "Realizzazione dell'intervento di diagnosi energetica delle strutture pubbliche provinciali ai fini dell'efficientamento energetico" POI 2007-2013 "Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico" Asse II Attività 2.2 - 2.5 Codice Operazione 00-160410-UPI CUP F76B11000010007. Responsabile scientifico: prof. M. Beccali, Gruppo di lavoro: V. Lo Brano, G. Ciulla, A. Bonomolo, M. Galatioto.

Tabella 1 - Descrizione degli audit energetici e dei piani di miglioramento

Audit energetico di primo livello
Analisi dell'edificio (localizzazione, tipologia edilizia e costruttiva, destinazione d'uso, caratteristiche tecnologiche dell'involucro edilizio, degli impianti termici ed elettrici, ecc.).
Analisi dei consumi termici (fonte di energia, consumi annui, volume lordo riscaldato, superficie utile riscaldata, superficie disperdente, rapporto di forma, gradi giorno, indice di consumo termico e classe di merito IE_{nT} , ecc.).
Analisi dei consumi elettrici (consumi annui per tipo di uso, indice di consumo elettrico e classe di merito IE_{nE} , ecc.).
Audit energetico di secondo livello
Monitoraggio climatico, classificazione degli elementi dell'involucro edilizio opaco e trasparente (tipologia, dimensione, spessore, trasmittanza termica, ecc.).
Individuazione dei ponti termici e delle criticità dell'involucro edilizio e degli impianti, classe energetica globale, fabbisogni energetici invernali ed estivi, fabbisogno di energia primaria, ecc.
Piani di miglioramento
Proposte di interventi di efficientamento energetico (tipologia di intervento, caratteristiche dei materiali impiegati, quantificazione dei risparmi energetici per fonte di energia e di energia primaria, quantificazione della riduzione dell'emissione di CO_2 , ecc.)

- *ricavi operativi*;
- *ricavi da risparmio energetico*;
- *ricavi da incentivi* (Conto termico 2.0).

Il *costo dell'intervento* è stimato sulla base delle specifiche caratteristiche tecniche previste dal piano di miglioramento. Stabilito l'ammontare dell'investimento iniziale, è necessario fissare la quota di capitale di rischio e di capitale di debito. Se il soggetto pubblico proprietario dell'immobile accede a un finanziamento attraverso capitale di soggetti terzi che copre interamente la spesa iniziale, questa può essere convertita in rate di ammortamento. Il costo del finanziamento è espresso in termini di tasso di interesse i (applicato al calcolo delle rate) e può variare in maniera significativa a seconda che il soggetto finanziatore sia privato (istituto di credito, finanziaria, ecc.) o pubblico (ad es. Cassa Depositi e Prestiti – CDP) e alle caratteristiche del finanziamento (entità del prestito, tipo di tasso, durata del prestito).

Nel caso in esame sono state impiegate le condizioni economiche indicate dalla Cassa Depositi e Prestiti per gli Enti Pubblici, quali Comuni, Provincie, Regioni, Aziende sanitarie, Università, ecc.

È stato ipotizzato un credito ordinario, ad erogazione uni-

ca, con piano di ammortamento di 15 anni, impiegando un tasso fisso ed uno spread sul fisso. La quota di eterofinanziamento è posta pari al 100% del costo di investimento. Il tasso base considerato, date le condizioni dianzi descritte, è pari a 1,84% alla data dell'analisi (giugno 2016).

I *costi operativi* derivanti dai consumi energetici attuali dipendono, ovviamente, dal prezzo del vettore energia che può essere di varia natura: termico-gas metano, termico-gasolio, elettrico, ecc. Gli edifici del campione utilizzano varie fonti energetiche, quindi è stato necessario ricondurre i livelli annui dei consumi (e dei risparmi), in origine espressi in unità di misura fisica diverse in kWh, applicando i seguenti coefficienti di conversione: 10 litri gasolio = 1 kWh; 12,8 kg gas liquido = 1 kWh; 9,8 mc metano = 1 kWh. I consumi e i risparmi sono successivamente tradotti in termini monetari moltiplicandoli per il prezzo medio della corrispondente fonte energetica.

I *ricavi operativi* costituiti dai risparmi energetici espressi in unità fisica (kWh) sono tradotti in termini monetari, come precedentemente detto per i costi, e sono ottenuti per l'intera durata economica dell'intervento che è stata posta pari a 25 anni.

I *ricavi operativi* ottenibili dall'erogazione degli incentivi sono calcolati e distribuiti nell'arco di cinque anni, secondo le norme del Conto Termico 2.0. L'entità degli incentivi è articolata per tipologia di intervento ed è determinata sulla base di percentuali della spesa ammissibile e di massimali dei contributi. In Tabella 2 sono riportate le modalità di calcolo degli incentivi in riferimento alle categorie di intervento su *Strutture opache orizzontali* (coperture e pavimenti), *Strutture opache verticali* (pareti perimetrali), *Sostituzione di infissi e sistemi di schermatura*.

2.1.3 Definizione degli scenari

La definizione di scenari alternativi consente di misurare le conseguenze sulla convenienza finanziaria causate dalla variazione di alcuni elementi, ritenuti rilevanti, del flusso di cassa (Napoli, 2015). Un elemento che si ritiene fondamentale, anche per le sue relazioni con le politiche economiche, energetiche e ambientali, è l'andamento nel tempo del prezzo dell'energia, che è ipotizzato stabile (prezzo costante) o in leggero aumento.

Anche l'erogazione di incentivi è un'importante azione di politica ambientale ed energetica (che può prevedere di non rinnovarli, di ridurli, oppure, all'opposto, di potenziarli) che modifica il flusso di cassa. In termini di scenari si ipotizza la conferma degli incentivi del Conto Termico 2.0 oppure la loro assenza.

2.2 Analisi economico-finanziaria

L'analisi economico-finanziaria valuta la fattibilità dell'intervento considerando costi e ricavi ad esso associati e fornendo i risultati dalle angolazioni valutative dei differenti soggetti coinvolti, siano essi pubblici o privati, o entrambi.

Tabella 2 - Quadro degli incentivi Conto Termico 2.0 (DM 16/02/2016)

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	% INCENTIVATA DELLA SPESA AMMISSIBILE	COSTO MASSIMO AMMISSIBILE	VALORE MASSIMO DELL'INCENTIVO
i. Strutture opache orizzontali Isolamento coperture: - esterno - interno - copertura ventilata	40% (50% in zone E, F)	200 €/mq 100 €/mq 250 €/mq	$i + ii + iii \leq 400.000 \text{ €}$
ii. Strutture opache orizzontali Isolamento pavimenti: - esterno - interno	40% (50% in zone E, F)	120 €/mq 100 €/mq	
iii. Strutture opache verticali Isolamento pareti perimetrali: - esterno - interno - parete ventilata	40% (50% in zone E, F)	100 €/mq 80 €/mq 150 €/mq	
Sostituzione di infissi, in ambienti termoregolati	40%	350 €/mq zone A, B, C 450 €/mq zone D, E, F	75.000 € 100.000 €
Sistemi di schermatura e/o ombreggiamento Meccanismi automatici di controllo delle schermature	40%	150 €/mq 30 €/mq	30.000 € 5.000 €

La verifica della sostenibilità finanziaria del progetto consiste nell'esaminare se il flusso monetario previsto in entrata sia in grado, sulla base dell'analisi quantitativa e temporale, di coprire i flussi monetari in uscita.

Gli indicatori idonei e più impiegati per fornire un giudizio sintetico sulla capacità dell'investimento di creare valore e generare un'adeguata redditività sono:

- il VAN (*Valore Attuale Netto*);
- il TIR (*Tasso Interno di Rendimento*);
- il *Tempo di rientro*.

Il VAN rappresenta il valore dell'intero progetto scontato all'attualità, ovvero calcolato (mediante opportuni coefficienti di sconto) come se fosse disponibile all'istante in cui è effettuata la valutazione della convenienza. Il VAN corrisponde al valore attuale della sommatoria dei ricavi calcolati al netto dei costi:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{(R_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Ove: R_t – ricavi dell'anno t ; C_t – costi dell'anno t ; r – tasso di sconto; n – orizzonte temporale dell'analisi.

Il tasso di sconto r è stato determinato come rendimento di

un investimento alternativo a rischio nullo ed è stato equiperato al rendimento dei Titoli di Stato (Btp) della stessa durata dell'investimento che è pari a 2,5% alla data dell'analisi (giugno 2016).

Le condizioni di convenienza economica si ottengono quando il VAN è maggiore di zero, in quanto un VAN positivo conferma, in sostanza, la capacità del progetto di liberare flussi monetari sufficienti a ripagare l'esborso iniziale, remunerare i capitali impiegati nell'investimento e lasciare, eventualmente, risorse disponibili per ulteriori impieghi. $VAN \geq 0$ si configura, quindi, come la condizione da verificare per stabilire che un intervento di retrofit è conveniente (*convenienza assoluta*) e per stilare una graduatoria degli interventi per VAN decrescente (*convenienza relativa*). Il VAN è un indicatore che può essere facilmente impiegato nella verifica della bontà degli interventi di efficientamento energetico (Verbeeck, Hens, 2005; Petersen, Svendsen, 2012).

Il TIR, Tasso interno di rendimento, è il tasso di sconto rispetto al quale un investimento presenta un VAN pari a zero. Questo criterio di valutazione prevede che si confronti il TIR calcolato per il progetto con un tasso soglia r fissato dall'investitore, oppure con il tasso necessario per il finanziamento impiegando sia mezzi propri sia forme di eterofinanziamento. Ogni qualvolta un investimento pre-

senti un rendimento (misurato dal TIR) superiore al costo delle fonti necessarie per finanziarlo, questo risulta economicamente conveniente.

$$\sum_{t=1}^n \frac{(R_t - C_t)}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (2)$$

Un indicatore comunemente impiegato (Gabrielli, Bottarelli, 2016; Brown, Matysiak, 2000) è il *Tempo di rientro*, che indica il tempo necessario per coprire l'investimento iniziale. La verifica della fattibilità di un progetto viene fatta a partire da un periodo di soglia definito soddisfacente per l'investitore, o riguardante il limite del ciclo di vita utile di una componente edilizia. I progetti migliori sono giudicati quelli con un periodo di rientro più basso. L'indicatore non esprime la redditività del progetto bensì la sua liquidità e può essere espresso senza scontare i flussi di cassa (periodo di rientro semplice), oppure impiegando l'attualizzazione (periodo di rientro scontato). Il periodo di rientro si presta ad essere impiegato sovente nella verifica degli investimenti di retrofit energetico (Malatji, Zhang, Xia, 2013).

Il tempo di rientro è calcolato nel modo seguente:

$$\sum_{t=0}^n (R_t - C_t) = C_i \quad (3)$$

e rappresenta, appunto, il momento temporale in cui i flussi generati dall'investimento coprono i costi iniziali (C_i) che l'hanno attivato.

La formula del tempo di rientro attualizzato è espressa in tal modo:

$$\sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + r)^t} = C_i \quad (4)$$

ove viene introdotto il fattore di sconto al denominatore per individuare i flussi scontati.

Le condizioni di fattibilità possono, quindi, essere così sintetizzate:

- VAN maggiore di zero;
- TIR almeno pari al saggio di sconto;
- *Periodo di rientro* inferiore al periodo di analisi.

Tali condizioni, se verificate, testimoniano la capacità del progetto di liberare flussi monetari sufficienti a ripagare l'esborso iniziale e a recuperare i capitali apportati da tutti i soggetti coinvolti nell'operazione.

2.3 Analisi del rischio

L'analisi del rischio associato a ciascun investimento può essere condotta mediante alcune tecniche largamente diffuse.

Tra queste l'analisi di sensitività (o analisi di "reattività" o

"sensibilità") è una tecnica impiegata per valutare l'influenza e il peso (gli effetti) indotti da variabili di ingresso di un modello (ossia dalla funzione che lo descrive analiticamente) sui risultati forniti dal modello stesso. Si parla, in genere, di analisi per scenari (futuri), laddove uno scenario rappresenta una tra le possibili combinazioni di valori assunti dalle variabili indipendenti, oppure di analisi *what if*, poiché si valuta cosa cambia se si modificano i valori assunti dai parametri decisionali.

Operativamente la tecnica si traduce nell'individuazione, per ogni variabile, di nuovi valori all'interno di un *range* prefissato: i nuovi valori riflettono uno scenario pessimistico e uno ottimistico, all'interno dei quali, oltre al "caso base" (il valore ottenuto mediante l'approccio deterministico), si trovano scenari intermedi di valutazione.

L'analisi è mono-variantiva, ovvero nel modello è modificata una sola variabile alla volta e, in seguito, è ricalcolato l'output. La semplicità della tecnica, che permette in modo rapido di verificare le variabili a maggior impatto, trascura però alcuni aspetti non meno importanti nel calcolo del risultato finale.

In primo luogo, non si associa alcuna probabilità agli scenari considerati: lo scenario "pessimistico", quello "ottimistico" e il "caso base" hanno la stessa probabilità di verificarsi, non essendo a essi associata alcuna distribuzione di frequenza. Inoltre, le variabili quali i tassi di sconto, i prezzi o i tempi di commercializzazione, nei mercati mostrano fenomeni di multicollinearità o di correlazione. Poiché ogni variabile è modificata in modo indipendente da tutte le altre, questi fenomeni non sono presi in esame nel modello.

Nell'analisi del rischio, al fine di conoscere la distribuzione di probabilità connessa al verificarsi di un certo evento, può essere impiegata la *simulazione stocastica di Monte Carlo*. Il Metodo Monte Carlo fa parte della famiglia dei metodi statistici non parametrici e viene impiegato per ottenere delle stime attraverso simulazioni.

La tecnica di Monte Carlo, introdotta negli anni '60 (Hertz, 1964), è utilizzata per risolvere numericamente un problema in cui sono coinvolte variabili aleatorie. La simulazione, su cui si fonda il metodo, consente di testare gli effetti di modifiche nelle variabili di ingresso del modello (input) o nella funzione di output (risultati).

Il modello di simulazione di Monte Carlo parte dall'ipotesi che alcune variabili, da cui dipende il valore economico del progetto ed impiegate nei modelli di valutazione, siano caratterizzate da diversi livelli di rischio, ovvero che i valori ad esse attribuibili non siano certi, indagabili o non sia possibile avere informazioni circa il loro andamento futuro. In tale caso sarà possibile descrivere il rischio associato a ciascuna variabile attraverso una distribuzione di probabilità: operativamente, dopo aver selezionato le variabili giudicate critiche ed attribuita loro una distribuzione, si procede all'estrazione casuale (con reimmissione) dei valori assegnati a ciascuna di esse.

Tale operazione di estrazione casuale viene ripetuta per

un numero di volte giudicato statisticamente significativo: maggiore sarà il numero dei tentativi, maggiore sarà il grado di precisione e di accuratezza ottenibile dalla valutazione. Per ogni valore selezionato della variabile, è possibile calcolare i risultati del modello ed ottenere il campione dei valori assunti dalle variabili di output.

I risultati delle iterazioni possono essere rappresentati attraverso una distribuzione di frequenza o una funzione di probabilità cumulata: il decisore può confrontare le diverse distribuzioni di probabilità degli output ottenute per ciascun progetto alternativo esaminato. Il metodo di Monte Carlo permette di ottenere una stima dell'intera distribuzione di probabilità dell'output scelto come indicatore della convenienza dell'investimento (valore attuale, tasso di rendimento, ecc.) e non solo una singola stima puntuale. La distribuzione di frequenza così ottenuta permette di misurare in qualche modo il rischio del progetto, o dei progetti, di investimento sulla base della dispersione statistica dell'indicatore.

Per la tecnica di Monte Carlo è indispensabile definire:

- *i parametri*. Sono gli input specificati dal decisore o dall'investitore, e di conseguenza controllabili;
- *le variabili di input esogene*. Variabili di ingresso del modello che dipendono da eventi non controllabili e descrivibili in termini probabilistici;
- *le variabili di output*. I risultati della simulazione, indicatori utilizzati per misurare la fattibilità economica e finanziaria dell'investimento (VAN, TIR, Tempo di rientro);
- *il modello*. L'insieme delle equazioni matematiche (funzioni dei parametri e delle variabili di input) che descrivono le relazioni tra le componenti del sistema e definiscono il legame degli output con le variabili di input.

Il processo (Fig. 1) si distingue nelle seguenti fasi:

1. identificazione delle variabili critiche (input del modello) che potrebbero avere un impatto significativo sui risultati;
2. attribuzione di una distribuzione di probabilità ad ogni variabile sulla base di dati quantitativi o in modo soggettivo mediante la consultazione di esperti con metodi appropriati;
3. impiego di un generatore di numeri casuali (elaboratore) ed estrazione casuale dei valori da ciascuna distribuzione di probabilità delle variabili;
4. impiego dei valori casuali così ottenuti per calcolare l'output del modello (indicatori di fattibilità economica e finanziaria quali il Tasso di rendimento interno, il Valore attuale netto, il Periodo di rientro, ecc.);
5. reiterazione del processo per un numero n di volte tali da permettere risultati statisticamente affidabili;
6. rappresentazione grafica attraverso la distribuzione di probabilità e una curva di frequenza cumulata e calcolo di alcuni parametri statistici dell'output (il valore medio e la dispersione o la varianza).

La curva di distribuzione della probabilità potrà essere rappresentata attraverso una distribuzione normale o gauss-

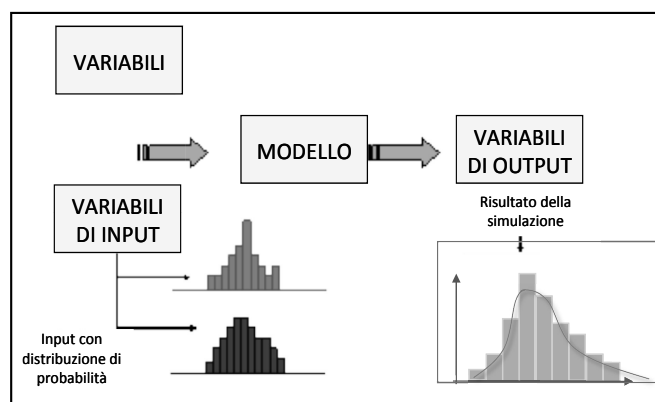


Figura 1 - Gli elementi della simulazione di Monte Carlo

siana. Tale distribuzione è caratterizzata dalla coincidenza del valore più frequente (moda) con il valore medio. Inoltre, misure statistiche come la varianza o lo scarto quadratico medio ottenuti dalla distribuzione definiscono come i valori si disperdono attorno al valore medio e, quindi, la caratteristica della maggiore o minore concentrazione intorno a tale valore.

L'analisi di Monte Carlo potrebbe essere utilizzata per individuare quale sia la soluzione ottimale ad un problema progettuale. I numeri casuali possono essere utilizzati per selezionare alternative di tipologie costruttive, di sistemi strutturali, di soluzioni architettoniche-distributive, ecc. L'elaboratore cercherà, attraverso l'estrazione casuale di numeri, soluzioni sempre migliori sia dal punto di vista progettuale, sia da quello economico.

3. CASO APPLICATIVO: GLI INTERVENTI DI RETROFIT NELLE REGIONI "OBIETTIVO CONVERGENZA"

Le indicazioni metodologiche illustrate nei paragrafi precedenti sono state applicate a un caso studio costituito un campione di 36 interventi di retrofit di edifici pubblici nelle quattro Regioni *Obiettivo Convergenza* (Campania, Puglia, Calabria e Sicilia), coordinato dall'UPI (Unione Province d'Italia) nell'ambito del POI Energia.

La metodologia è articolata nelle seguenti fasi:

- Fase 1 – Selezione del campione;
- Fase 2 – Costruzione del database;
- Fase 3 – Definizione degli scenari;
- Fase 4 – Analisi finanziaria (VAN, Tempo di rientro);
- Fase 5 – Analisi del rischio (metodo Monte Carlo).

3.1 Selezione del campione di edifici e di interventi

Il campione degli edifici sul quale verificare la convenienza economico-finanziaria degli interventi di retrofit energetico è stato definito in modo da essere rappresentativo della varietà di caratteristiche presenti, ma garantendo la

confrontabilità dei risultati. Se si vogliono ottenere campioni relativamente omogenei, invece, si possono applicare altre tecniche di selezione come, ad es., la cluster analysis (Napoli *et al.*, 2016b; Napoli, 2017).

I criteri di selezione del caso applicativo sono:

- **Tipologia d'Intervento.** Sono state incluse le categorie "Coibentazione dell'Involucro Edilizio" (CI), "Sostituzione/Integrazione Infissi" (SI) e "Installazione di Schermi Solari" (SS).
- **Destinazione d'Uso.** È stata scelta la destinazione d'uso scolastica.
- **Zona Climatica.** La localizzazione degli edifici del campione è uniformemente distribuita nelle zone climatiche B, C, D ed E (Fig. 2).
- **Classe Energetica.** Sono stati inseriti solamente gli immobili di classe energetica G (ovvero quelli che hanno le peggiori prestazioni energetiche).
- **Fattore di Forma.** Il campione è formato da edifici il cui rapporto di forma S/V (rapporto tra Superficie disperdente e Volume) è compreso tra 0,20 e 0,65 (in particolare: 0,20; 0,35; 0,50; 0,65).

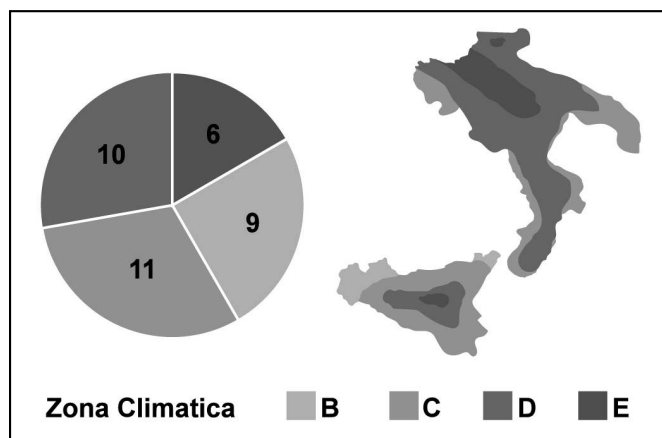


Figura 2 - Distribuzione degli interventi per zona climatica

3.2 Costruzione del database degli interventi

Il Database dei 36 interventi è stato costruito selezionando e rielaborando i dati provenienti dagli esiti dell'Audit di primo e secondo livello e dalle ipotesi di interventi di retrofit (Beccali *et al.*, 2016).

La Tabella 4 mostra uno stralcio del database che è organizzato per:

- **dati generali.** Regione, Provincia, edificio, destinazione d'uso;
- **dati fisico-tecnici.** Zona climatica, superficie utile riscaldata, fattore di forma, trasmittanza termica media, ecc.;
- **dati interventi.** Tipologie di intervento (Coibentazione dell'Involucro Edilizio - CI, Sostituzione/Integrazione Infissi - SI, Installazione di Schermature Solari - SS);
- **dati energetici.** Classe energetica, fabbisogno annuo di

Tabella 3 - Caratteristiche tecnologiche delle categorie di intervento

Caratteristiche tecniche degli interventi

Coibentazione dell'Involucro Edilizio

Copertura piana: pannelli di poliuretano espanso rivestiti con cartongesso bituminato cilindrato e impermeabilizzazione con doppia membrana di polimero pistomerico ed elastomerico armata (Calabria); strato di polistirene estruso o vetro cellulare e manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa (Campania); pannello sandwich con schiuma di poliuretano espanso e impermeabilizzazione con due pannelli in polistirene espanso estruso (Puglia).

Superfici esterne: strato o doppio strato di lastre di polistirene estruso o espanso e armature con rete in fibre di vetro.

Sostituzione/Integrazione Infissi

Infissi in PVC a due guarnizioni e vetrate termoacustiche isolanti (Calabria); infissi in alluminio a taglio termico e vetrocamera a bassa emissività (Campania); infissi in PVC con profili a 5 camere ad alta resilienza e vetrocamera stratificato con miscela di gas Argon e canaline a taglio termico (Puglia).

Installazione di Schermature Solari

Frangisole in alluminio preverniciato a fuoco a lamelle mobili a sezione cava.

energia primaria, risparmio energetico annuo, risparmio emissioni di CO₂, ecc.;

- **dati finanziari.** Prezzo fonte energia, risparmio energetico monetario, costo dell'intervento, ecc.

Sono stati aggiornati al 2016, in particolare, i costi delle fonti energetiche, i costi e i risparmi annui conseguenti all'uso dell'energia. I costi unitari dell'energia del vettore elettrico, del vettore termico-gasolio e del vettore termico-metano sono posti uguali rispettivamente a 0,270 €/kWh (ultimo trimestre 2015), 0,105 €/kWh e 0,080 €/kWh (listino dell'1 ottobre 2015 per consumi annui di circa 15.000 kWh).

3.3 L'analisi finanziaria di scenari alternativi

Prima di procedere all'analisi economico-finanziaria degli interventi di retrofit degli edifici, sono stati definiti diversi scenari. Nello "scenario base" (CF) si ipotizza che le Pubbliche Amministrazioni, per disporre del capitale monetario necessario alla realizzazione degli interventi, accedano al finanziamento della Cassa Depositi e Prestiti (CDP) che applica un tasso fisso pari a 1,84% (giugno 2016) ai prestiti quindicennali ordinari a Comuni e Province. Un primo elemento di variazione dello "scenario base" è costituito dalla possibilità di ottenere incentivi secondo le norme del Conto Termico 2.0 (che è entrato in vigore il 31 maggio 2016 sostituendo il Conto Termico del 2012) (cfr. Tab. 2).

Ciascuno dei due scenari "Con Finanziamento-Senza Conto termico" (CF-SC) e "Con Finanziamento-con Conto Ter-

Tabella 4 - Stralcio del database

Dati generali				Dati fisico-tecnici						Dati interventi		
Regione	Provincia	Edificio	Destinazione d'uso	Zona Climatica	Gradi giorno	Volume lordo riscaldato (m ³)	Superficie utile riscaldata (m ²)	Fattore di forma S/V (m ⁻¹)	Trasmittanza termica media (W/m ² K)	Coibentazione involucro edilizio (CI)	Sostituzione integrazione infissi (SI)	Installazione schermi solari (SS)
Puglia	BT	BT3	E. 7	C	1.306	26.576	5.395	0,46	2,02		X	
Puglia	BT	BT2	E. 7	C	1.377	24.434	4.446	0,40	1,45	X		
Puglia	BT	BT6	E. 7	C	1.187	10.447	2.412	0,47	2,06	X		
Puglia	FG	FG5	E. 7	D	1.473	38.015	7.242	0,33	1,65	X		
Puglia	FG	FG5	E. 7	D	1.473	38.015	7.242	0,33	1,65		X	
Sicilia	TP	TP4	E. 7	D	1.648	10.702	2.149	0,40	1,72		X	
Dati energetici						Dati finanziari						
Classe energetica	Combustibile utilizzato	Fabbisogno energia primaria - Ante intervento (kWh anno)	Fabbisogno energia primaria - Post intervento (kWh anno)	Risparmio energetico annuo (kWh anno)	Riduzione emissioni CO ₂ annue (tCO ₂ anno)	Prezzo fonte energia (€)	Risparmio energetico annuo (€ anno)	Risparmio energetico annuo (%)	Costo intervento (€)	Costo intervento unitario (€/mq Superf. utile riscaldata)	Superficie intervento (m ²)	Costo intervento unitario (€/mq Superf. intervento)
G	Gasolio	1.145.162	1.048.840	96.322	0,70	0,105	10.114	41,2%	810.743	23,7	1.734	467,5
G	Metano	929.785	661.394	268.392	2,20	0,08	21.471	114,7%	732.416	164,7	6.990	104,8
G	Metano	679.049	488.915	190.134	3,70	0,08	15.211	109,5%	312.409	129,5	3.715	84,1
G	Metano	1.205.077	437.173	767.904	3,40	0,08	61.432	79,5%	1.379.746	190,5	10.292	134,1
G	Metano	1.205.077	885.751	319.326	1,00	0,08	25.546	33,1%	433.036	59,8	948	456,9
G	Metano	131.821	125.076	6.745	0,53	0,08	540	63,6%	69.646	32,4	937	74,3

mico” (CF-CT) sono successivamente articolati introducendo tre ipotesi diverse circa l'andamento del prezzo dell'energia:

- ipotesi 1 – costante
- ipotesi 2 – +0,5% annuo
- ipotesi 3 – +1,0% annuo

Tabella 5 - Quadro degli scenari con finanziamento

INCREMENTO ANNUO PREZZO ENERGIA	SCENARI	
	Senza Conto Termico	Con Conto Termico
0%	CF-SC1	CF-CT1
0,5%	CF-SC2	CF-CT2
1%	CF-SC3	CF-CT3

Combinando gli elementi precedenti, per ogni singolo intervento sono stati previsti 6 possibili scenari, come riportato nella Tabella 5.

Sono stati calcolati i flussi di cassa dei 6 scenari per i 36 interventi (216 flussi di cassa). In ciascun flusso di cassa sono presenti i seguenti elementi (Tab. 6):

- il costo dell'intervento suddiviso in rate (calcolate secondo le forme di finanziamento di CDP precedentemente esposte);
- il risparmio energetico in kWh annui;
- il costo della fonte energetica (ipotesi 1, 2 e 3);
- il risparmio monetario (determinato dal risparmio energetico nelle ipotesi 1, 2 e 3);

- le rate dell'incentivazione del Conto Termico 2.0.

Sulla base dei flussi di cassa e applicando le formule (1) e (3), sono stati calcolati:

- il Valore Attuale Netto (VAN);
- il Tempo di rientro.

La Figura 3 consente di apprezzare, per uno degli interventi (RC2-CI), come la curva del VAN si modifica e tende a spostarsi verso l'alto in risposta alle differenze tra gli scenari. Il gruppo delle tre curve relative agli scenari privi degli incentivi (CF-SC1, CF-SC2 e CF-SC3), in particolare, si trova nel quadrante negativo per saggi uguali o superiori al 2,5% (che è il tasso di sconto adottato per stabilire la convenienza economico-finanziaria). Gli scenari con gli incentivi del Conto Termico (CF-CT1, CF-CT2 e CF-CT3), invece, presentano curve del VAN che si trovano prevalentemente nel quadrante positivo e assicurano una buona convenienza dell'intervento.

L'aumento del prezzo dell'energia (dall'ipotesi 1 all'ipotesi 3), sia in assenza sia in presenza di incentivi, contribuisce a modificare la forma e la posizione delle curve perché fa aumentare il risparmio monetario, ma con un apprezzamento decrescente all'anno zero in funzione dell'aumento del tasso di sconto.

Ovviamente, dato che ogni intervento possiede una propria forma temporale e monetaria, ci saranno molteplici curve del VAN con elasticità diverse rispetto al saggio e differenti collocazioni e traslazioni nei quadranti positivo e negativo del grafico.

L'efficacia degli incentivi nel raggiungimento della convenienza economico-finanziaria degli interventi di retrofit può essere rilevata dal confronto tra le Figure 4 e 5.

Nella Figura 4 è rappresentato il VAN di tutti gli interventi

Tabella 6 - Flusso di cassa dei sei scenari, Intervento TP4-SI (Sostituzione Integrazione infissi)

Con finanziamento		Incremento annuo costo energia	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	...	Anno 15	Anno 16	...	Anno 24	Anno 25
a	Costo intervento (€)	-69.646,0												
b	Risparmio energetico (kWh)		6.745,0	6.745,0	6.745,0	6.745,0	6.745,0	6.745,0	...	6.745,0	6.745,0	...	6.745,0	6.745,0
c	Costo fonte energetica - ipotesi 1 (€)	0,0%	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	...	0,080	0,080	...	0,080	0,080
d	Costo fonte energetica - ipotesi 2 (€)	0,5%	0,080	0,080	0,081	0,081	0,082	0,082	...	0,086	0,086	...	0,090	0,090
e	Costo fonte energetica - ipotesi 3 (€)	1,0%	0,080	0,081	0,082	0,082	0,083	0,084	...	0,092	0,093	...	0,101	0,102
f	Risparmio monetario - ipotesi 1 (€) ($b \cdot c$)	0,0%	539,6	539,6	539,6	539,6	539,6	539,6	...	539,6	539,6	...	539,6	539,6
g	Risparmio monetario - ipotesi 2 (€) ($b \cdot d$)	0,5%	539,6	542,3	545,0	547,7	550,5	553,2	...	578,6	581,5	...	605,2	608,2
h	Risparmio monetario - ipotesi 3 (€) ($b \cdot e$)	1,0%	539,6	545,0	550,4	556,0	561,5	567,1	...	620,3	626,5	...	678,4	685,1
i	Finanziamento Cassa Depositi e Prestiti		-5.258,8	-5.258,8	-5.258,8	-5.258,8	-5.258,8	-5.258,8	...	-5.258,8		...		
l	Flusso scenario CF-SC1 (€) ($f-i$)	0,0%	-4.719,2	-4.719,2	-4.719,2	-4.719,2	-4.719,2	-4.719,2	...	-4.719,2	539,6	...	539,6	539,6
m	Flusso scenario CF-SC2 (€) ($g-i$)	0,5%	-4.719,2	-4.716,5	-4.713,8	-4.711,1	-4.708,3	-4.705,6	...	-4.680,2	581,5	...	605,2	608,2
n	Flusso scenario CF-SC3 (€) ($h-i$)	1,0%	-4.719,2	-4.713,8	-4.708,4	-4.702,9	-4.697,3	-4.691,7	...	-4.638,5	626,5	...	678,4	685,1
o	Rate incentivo Conto Termico 2.0 (€)		5.571,7	5.571,7	5.571,7	5.571,7	5.571,7	5.571,7	...			...		
p	Flusso scenario CF-CT1 (€) ($l+o$)	0,0%	852,5	852,5	852,5	852,5	852,5	-4.719,2	...	-4.719,2	539,6	...	539,6	539,6
q	Flusso scenario CF-CT2 (€) ($m+o$)	0,5%	852,5	855,2	857,9	860,6	863,3	-4.705,6	...	-4.680,2	581,5	...	605,2	608,2
r	Flusso scenario CF-CT3 (€) ($n+o$)	1,0%	852,5	857,9	863,3	868,8	874,4	-4.691,7	...	-4.638,5	626,5	...	678,4	685,1

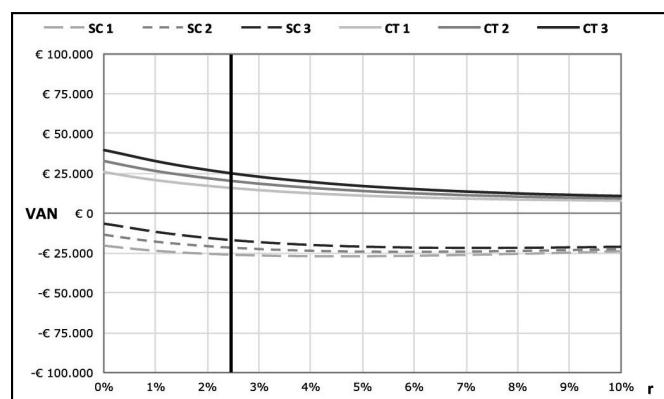


Figura 3 - VAN (asse y) dei sei scenari (Intervento RC2-CI)

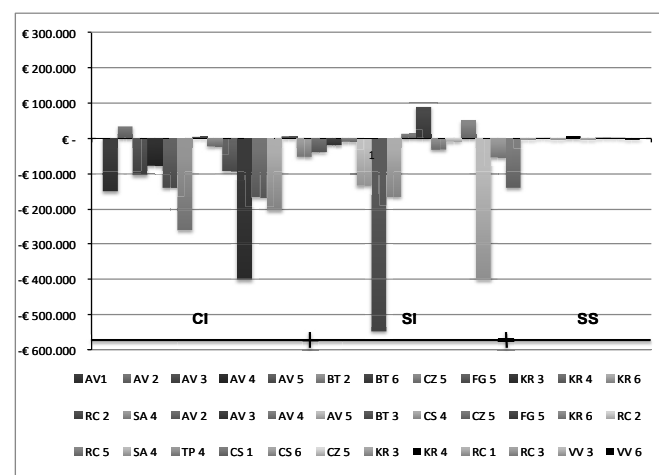


Figura 4 - VAN (asse y) dei 36 interventi (asse x) senza incentivi (Scenario CF-SC2) per tipologia di intervento (CI, SI e SS)

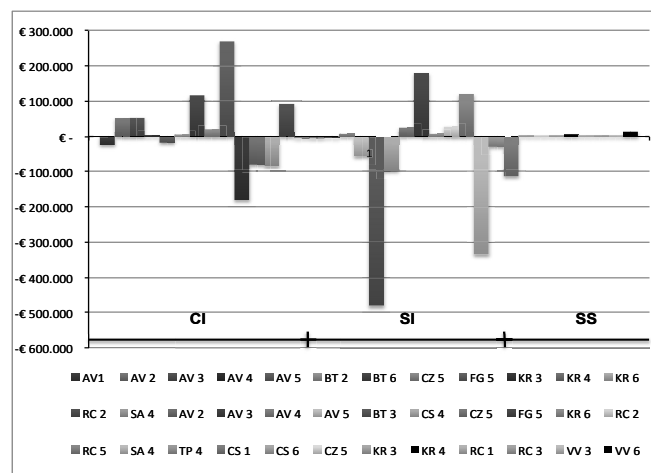


Figura 5 - VAN (asse y) dei 36 interventi (asse x) con incentivi (Scenario CF-CT2) per tipologia di intervento (CI, SI e SS)

in corrispondenza dello scenario CF-SC2. Nelle condizioni corrispondenti a questo scenario (con finanziamento, senza incentivi, ipotesi 2 del costo dell'energia pari a +0,5% annuo), quasi tutti gli interventi presentano un VAN pesantemente negativo, e solamente pochissimi superano le condizioni minime di convenienza economico-finanziaria.

Il grafico in Figura 5 mostra il VAN per lo scenario CF-CT2, che differisce dal precedente unicamente per la presenza degli incentivi. In questo scenario, l'inserimento degli incentivi tra i ricavi del flusso di cassa ribalta il giudizio di convenienza di molti interventi, ma permane la pessima performance finanziaria di alcuni interventi, in particolare KR3-CI (coibentazione dell'involucro edilizio), BT3-SI e SA4-SI (sostituzione/integrazione infissi).

L'analisi del VAN e del Tempo di rientro rileva che, nel passaggio dallo scenario senza incentivi (CF-SC2) a quello con

incentivi (CF-CT2), si possono presentare tre casistiche (Tab. 7):

- interventi che mantengono il VAN negativo e un Tempo di rientro superiore a 25 anni (in grigio scuro);
- interventi ove il VAN negativo diventa positivo nello scenario con incentivo e il Tempo di rientro è alto e compreso tra 16 e 25 anni (in grigio chiaro);
- interventi che hanno sempre un VAN positivo e un Tempo di rientro inferiore a 16 anni, mostrando una forte convenienza economica nella loro attuazione (in bianco).

Se si disaggregano i risultati del VAN per tipologia di intervento (Fig. 6), emerge che gli incentivi consentono di raddoppiare la percentuale di interventi convenienti di "Sostituzione/Integrazione Infissi" (SI) e "Installazione di Schermi Solari" (SS), che passa rispettivamente dal 23,1% al 46,1% e dal 44,4% al 88,9%. L'efficacia degli incentivi è maggiore per gli interventi di "Coibentazione dell'Involucro Edilizio" (CI) che raggiungono la convenienza nel 57,1% dei casi, mentre erano appena il 21,4% in assenza di incentivi. Complessivamente circa un quarto degli interventi è conveniente senza incentivi e diventa il 61% grazie al Conto Termico 2.0.

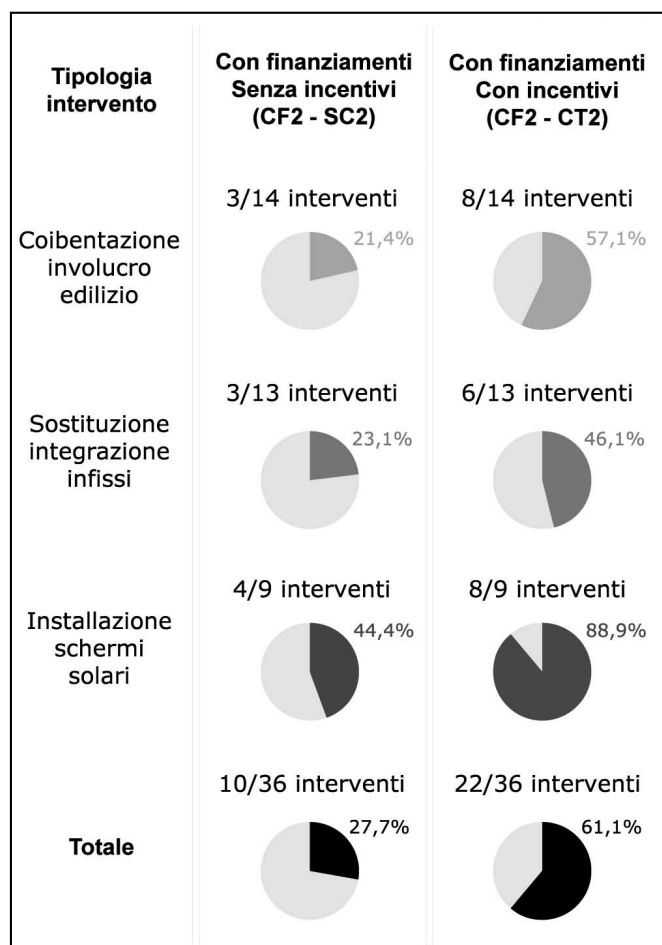


Figura 6 - Percentuale di interventi che raggiungono la convenienza finanziaria secondo il VAN ($r = 2,5\%$)

Tabella 7 - VAN e Tempo di rientro dei 36 interventi. Scenari CF-SC2 e CF-CT2

	Codice edificio	Senza Conto Termico 2.0		Con Conto Termico 2.0	
		VAN ($r = 2,5\%$) €	Tempo di ritorno anni	VAN ($r = 2,5\%$) €	Tempo di ritorno anni
Coibentazione involucro edilizio - CI	AV1	-150.818	> 25	-24.024	> 25
	AV 2	33.846	0	51.976	0
	AV 3	-104.811	> 25	52.920	19
	AV 4	-77.276	> 25	3.621	24
	AV 5	-140.331	> 25	-17.173	> 25
	BT 2	-260.615	> 25	4.960	24
	BT 6	3.674	23	116.954	16
	CZ 5	-21.692	> 25	20.154	19
	FG 5	-92.790	25	269.812	19
	KR 3	-400.657	> 25	-180.186	> 25
	KR 4	-168.133	> 25	-79.714	> 25
	KR 6	-204.542	> 25	-84.249	> 25
	RC 2	5.929	22	92.960	0
	SA 4	-51.748	> 25	-4.219	24
Sostituzione integrazione infissi - SI	AV 2	-38.043	> 25	-5.409	> 25
	AV 3	-18.223	> 25	-456	24
	AV 4	-9.103	> 25	7.214	18
	AV 5	-134.396	> 25	-55.349	> 25
	BT 3	-547.561	> 25	-479.574	> 25
	CS 4	-165.907	> 25	-97.919	> 25
	CZ 5	13.236	16	25.593	0
	FG 5	89.763	19	180.413	16
	KR 6	-32.590	> 25	6.800	22
	RC 2	-8.063	25	27.980	17
	RC 5	52.025	19	120.013	0
	SA 4	-402.130	> 25	-334.142	> 25
Installazione schermi solari - SS	TP 4	-53.284	> 25	-28.031	> 25
	CS 1	-140.242	> 25	-113.047	> 25
	CS 6	-541	> 25	302	20
	CZ 5	385	0	614	0
	KR 3	-700	> 25	303	21
	KR 4	6.110	0	6.872	0
	RC 1	-1.093	25	3.204	17
	RC 3	136	17	284	0
	VV 3	324	20	1.059	0
	VV 6	-1.770	24	13.389	16

3.4 Analisi del rischio: risultati

Nel modello di analisi del rischio sono state utilizzate le seguenti variabili:

- *il tasso di interesse.* Il tasso di interesse per il calcolo della rata è stato fatto variare tra uno scenario positivo e uno negativo, individuando un saggio minimo del 1,60% e uno massimo di circa il 2,1%, comunque ricadenti all'interno del prospetto proposto dalla Cassa Depositi e Prestiti;
- *il saggio di sconto.* Per quanto riguarda i saggi di attualizzazione impiegati nel modello, questi riguardano l'allineamento temporale dei flussi di cassa di costi e ricavi durante il periodo di analisi considerato. Il tasso di attualizzazione è stato fatto variare tra uno scenario positivo (tasso pari al 2,5%) e uno negativo (tasso pari al 4%), ipotizzando un rendimento medio per un soggetto di natura pubblica e riferendosi ai rendimenti dei Btp a lunga durata;
- *il costo dell'energia.* Per quanto concerne il costo dell'energia, sulla base degli andamenti storici e dei trend rilevati a livello nazionale, si è ipotizzato un prezzo dell'energia crescente, con un trend pari al +0,5% e +1% annuo.

Per quanto riguarda le variabili di input esogene di ingresso del modello, sono state assunte le ipotesi riportate in Tabella 8, derivanti da analisi di mercato. Al tasso di interesse e a quello di sconto sono state assegnate delle distribuzioni di probabilità normali, indicando, oltre alla media e alla deviazione standard, dei minimi e dei massimi generati dalle indicazioni di mercato. Per quanto riguarda il tasso di interesse, i valori sono stati desunti dalle indicazioni della Cassa Depositi e Prestiti, mentre il valore del tasso di sconto è fornito dalla variabilità dei rendimenti dei Titoli di Stato (Btp).

La soggettività (French, Gabrielli, 2005) nella scelta delle distribuzioni di probabilità delle variabili gioca un ruolo importante nella simulazione. Nel caso in esame, esse derivano dai comportamenti dei soggetti nei macromercati di riferimento.

La distribuzione dei valori degli input del costo dell'energia è stata ipotizzata di tipo triangolare, assegnando alle possibili variazioni dell'input un minimo di 0% (prezzo invariato nel tempo) fino ad un massimo del +1% annuo.

Tutte le variabili sono state correlate alle altre: in particolare, si è imposto una correlazione positiva del +0,7 tra le variabili finanziarie, ovvero il tasso di interesse ed il saggio di sconto. La variabile relativa ai costi energetici ha una correlazione positiva rispetto alle altre due del +0,5.

Le simulazioni sono state eseguite per tutti gli scenari, ad eccezione di quelli il cui VAN è fortemente negativo e, ove, quindi, le analisi del rischio non avrebbero avuto alcun impatto.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti, si riporta, ad esempio la simulazione effettuata sull'edificio CZ5, nel caso della coibentazione dell'involucro edilizio (Fig. 7). Il risultato ottenuto dall'analisi di Monte Carlo (17.819€ non differisce molto dal valore ottenuto dall'ACR discreta (di 15.751€ con un saggio di sconto del 2,3% e ipotesi di crescita pari a zero del costo dell'energia), ma fornisce informazioni aggiuntive circa l'incertezza dei risultati. L'asimmetria della distribuzione (0,12) indica una distribuzione con una coda simmetrica che si estende verso i valori più positivi: in questo caso la distribuzione (e quindi l'output, il VAN) è moderatamente inclinata a destra. I valori di media e di mediana sono pressoché identici mostrando che non vi sono forti probabilità che il valore atteso sia inferiore di quello calcolato mediante l'analisi costi-ricavi tradizionale; la deviazione standard è pari a 1.518€. Il valore minimo atteso dall'investimento è pari a 12.819€, nel caso di valori piuttosto negativi delle variabili di ingresso, ovvero del saggio di interesse e del saggio di sconto, così come una previsione di prezzi stabili per quanto concerne il costo dell'energia. Il valore massimo della distribuzione di frequenza è pari a 23.851€. Per quanto riguarda la sensibilità delle variabili, il costo dell'energia risulta essere quello di maggior impatto.

La sensibilità del modello alle variabili di ingresso viene misurata attraverso il grafico "a tornado": il diagramma a tornado rappresenta graficamente la "gerarchia" degli impatti che si sono verificati nel modello. La variabile illustrata in alto nel diagramma (Fig. 8), il costo dell'energia, è quella che ha il maggiore impatto sul risultato finale (il VAN), mentre le altre due variabili (i saggi) presentano impatti simili. Al crescere del costo dell'energia e, quindi, del successivo risparmio, il Valore attuale netto aumenta: l'effetto è positivo nel modello. Al contrario, al crescere del saggio di sconto o di interesse, l'appetibilità dell'investimento si riduce e con essa il VAN.

Una simulazione simile alla precedente riguarda il caso studio RC1-SS, riguardante l'installazione degli schermi solari (Fig. 9). Come nel precedente caso, le analisi confermano la robustezza dell'analisi costi ricavi, mostrando un grafico a distribuzione simmetrica, ove media e mediana coincidono e la media è di 2.936€. La media con l'ACR era di 2.719€, ma era stata ottenuta impiegando un saggio di sconto del 2,5%, mentre nella simulazione di Monte Carlo tale

Tabella 8 - Variabili input esogene del modello

Input	Distribuzione	Media	SD	Min	Max	Correlazione
Tasso di interesse	Normale	1,84%	0,18%	1,60%	2,10%	tasso di sconto/costo energia tasso di interesse/costo energia
Tasso di sconto	Normale	3,30%	0,30%	2,50%	4,00%	
Prezzo energia	Triangolare	0,50%	-	0,00%	1,00%	tasso di sconto/interesse

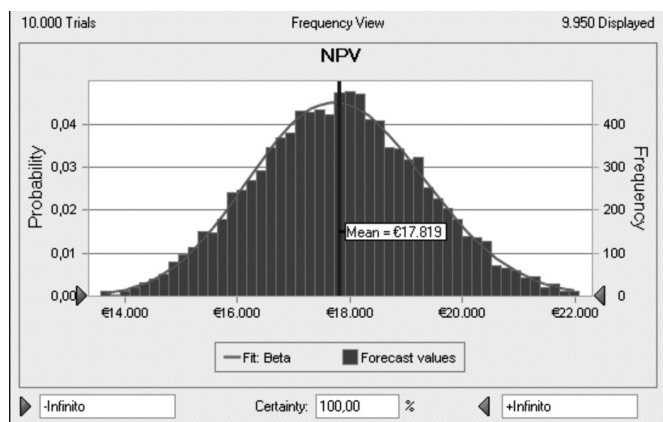


Figura 7 - Simulazione sul caso CZ5-CI (coibentazione dell'involucro)

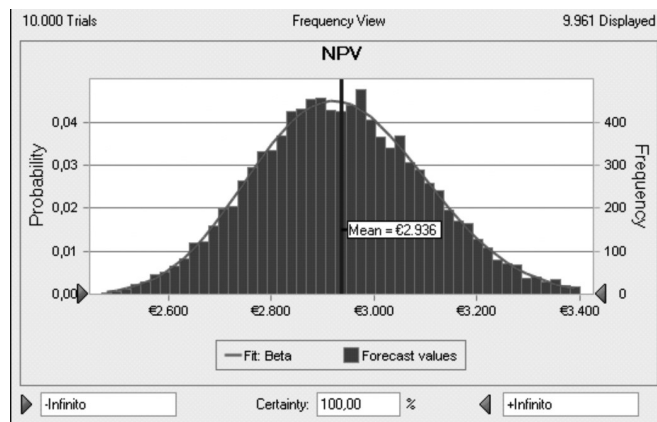


Figura 9 - Simulazione sul caso RC1-SS (installazione degli schermi solari)

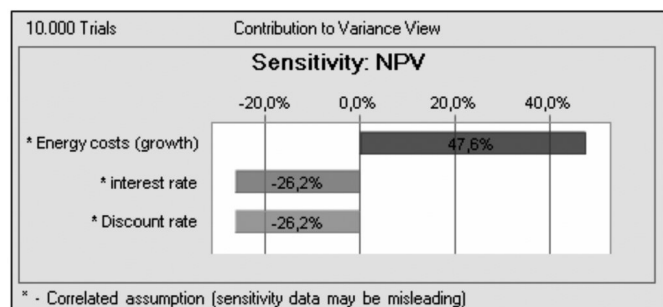


Figura 8 - Simulazione sul caso CZ5-CI (coibentazione dell'involucro) - Tornado

saggio rispecchia la soglia minima del tasso di sconto. Poiché la simulazione inserisce l'ipotesi di crescita del costo dell'energia, che risulta essere la variabile di maggior impatto per la fattibilità dell'investimento, il VAN medio dell'analisi di Monte Carlo risulta leggermente superiore a quello dell'analisi costi-ricavi, che, di contro, non internalizza nessuna crescita del prezzo dell'energia.

Il valore minimo risultante dalle simulazioni risulta essere 2.353€ quello massimo è pari a 3.595€

Le simulazioni condotte sugli altri casi (Fig. 10) confermano le due illustrate precedentemente. È importante sottolineare che, comunque, i dati di ingresso per le simulazioni non hanno una grande variabilità: sia i saggi di sconto che quelli di interesse non mostrano grandi oscillazioni nel mercato. Anche per quanto concerne il costo dell'energia, la variazione imposta è piuttosto modesta, per cui, pur combinando insieme gli effetti negativi e quelli positivi, la distribuzione si conferma simmetrica attorno ai risultati, come indicato dal teorema del limite centrale.

La simulazione di Monte Carlo aiuta ad ottimizzare le scelte specifiche che vengono intraprese durante la fase di progettazione, identifica i progetti migliori e aiuta il decisore a comprendere e confrontare il rischio legato allo sviluppo di un investimento (Rics, 2013).

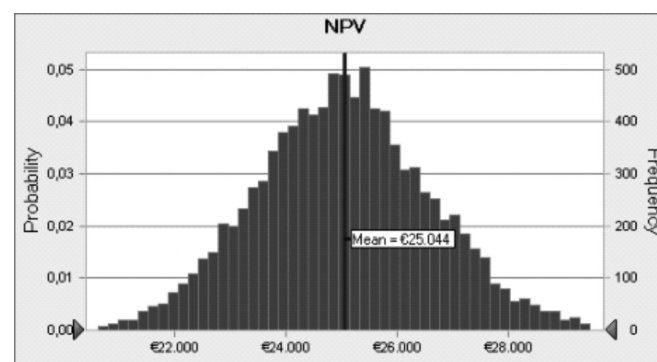


Figura 10 - Simulazione sul caso RC2-SI (sostituzione/integrazione infissi)

4. CONCLUSIONI

L'analisi economico-finanziaria svolta ha permesso di valutare la convenienza, da parte di un operatore pubblico, di alcuni interventi di retrofit energetico in un campione di edifici. Con riferimento a tre diverse tipologie di intervento (coibentazione dell'involucro edilizio, sostituzione/integrazione degli infissi ed installazione di schermature solari), sono stati selezionati 24 edifici localizzati nelle 4 Regioni italiane *Obiettivo Convergenza*. Attraverso l'applicazione dell'analisi finanziaria, è stato possibile esaminare gli indicatori di convenienza delle prestazioni finanziarie degli interventi, e analizzare l'efficacia complessiva degli incentivi oggi presenti in Italia e previsti dalla legislazione (Conto Termico 2.0).

In una prima fase, dopo aver costruito il database selezionando e rielaborando i dati provenienti dagli esiti dell'Audit di primo e secondo livello e dalle ipotesi di interventi di retrofit, tutti gli interventi sono stati analizzati mediante una analisi costi-ricavi, ove i costi sono rappresentati dal costo di investimento di ciascun intervento, opportunamente trasformato in quote di ammortamento per la restituzione del mutuo, ipotizzando che sia pari al 100% del

costo iniziale e che venga concesso da Cassa Depositi e Prestiti. I ricavi sono, di fatto, i risparmi ottenibili con gli interventi di retrofit energetico, cui si aggiungono i ricavi derivanti dagli incentivi. Ogni intervento è stato analizzato sia dal punto di vista del Valore attuale netto, che dal punto di vista del Periodo di rientro.

In generale, come illustrato nelle tabelle, si evidenzia che vi sono alcune casistiche:

- Gli interventi che non risultano mai fattibili, ove il VAN è negativo, con o senza incentivi, e il periodo di rientro risulta superiore al periodo di analisi, fissato in 25 anni.
- Gli interventi ove il VAN risulta negativo se non vengono inclusi gli incentivi, mentre è positivo per le ipotesi con incentivi.
- Gli interventi che mostrano un VAN positivo ed un periodo di rientro inferiore a 16 anni sia con che senza incentivi, mostrando una forte convenienza economica ad attuare gli interventi proposti.

I risultati ottenuti sono stati analizzati mediante una analisi del rischio, attraverso l'approccio di Monte Carlo. Le diverse simulazioni proposte hanno permesso di valutare la robustezza dei risultati e la sensibilità del modello ad alcune variabili giudicate "sensibili". In particolare, i tassi di interesse e di sconto, ed i prezzi dell'energia (in termini di variazione percentuale) sono state assunte come variabili aleatorie del modello, ed è stata determinata una distribuzione di probabilità al fine di impostare la simulazione di Monte Carlo.

Nessuno degli output del modello indica delle situazioni di non fattibilità degli interventi: la modesta variazione imposta alle variabili aleatorie, così come indicato dai mercati del credito, finanziari ed energetici, non ha mai creato scenari dal VAN negativo. Le distribuzioni di frequenza generate dalla simulazione hanno, per lo più, confermato i risultati ottenuti con l'analisi costi-ricavi, indicando una leggera probabilità di risultati positivi, soprattutto in presenza di ipotesi di crescita del costo dell'energia, che è molto plausibile nell'attuale scenario di politiche energetiche. Sicuramente, una combinazione di condizioni negative (alti tassi di interesse, alto saggio di sconto e modesta crescita del costo dell'energia) comprime notevolmente le aspettative di rendimento, dimezzando, in alcuni casi il Valore attuale netto del progetto. Ma nello scenario attuale, prezzi del capitale a prestito prossimi allo zero, rendimenti dei Btp (su cui si basava la stima del tasso di sconto) molto modesti e ipotesi di crescita del costo dell'energia portano ad ipotizzare risultati collocabili nella parte destra delle distribuzioni degli output, quindi con valori del Valore attuale netto più alti e con un Tempo di rientro più breve.

Obiettivo della ricerca è stato quello di proporre una metodologia per orientare il processo decisionale dei soggetti pubblici al fine di selezionare gli interventi di retrofit da sottoporre alle altre fasi dell'analisi della fattibilità, inserendovi anche altri aspetti quali quelli della sostenibilità ambientale, amministrativa, procedurale, sociale, ecc. Futuri sviluppi della ricerca potranno approfondire anche questi aspetti extra-economici.

* **Grazia Napoli**, Università di Palermo, Dipartimento di Architettura - d'Arch.

e-mail: grazia.napoli@unipa.it

** **Laura Gabrielli**, Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura.

e-mail: laura.gabrielli@unife.it

*** **Simona Barbaro**, architetto, Marsala.

e-mail: sb-369@libero.it

Riferimenti bibliografici

BARTHELMES V.M., BECCHIO C., BOTTERO M., CORGNATI S.P., *L'analisi del costo ottimale per la definizione di strategie di progettazione energetica: il caso di un "nearly-Zero Energy Building"*, Valori e Valutazioni, 16, 2016, pp. 61-75.

BECCALI M., CIULLA G., LO BRANO V., GALATIOTO A., BONOMOLO M., SPERA E., *A survey of energy performance of the non-residential public building stock in Southern Italy; toward a decision support tool for refurbishment actions*, 2nd South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environmental Systems SDEWES 2016, Piran (Slovenia), 15-18 June 2016.

BROWN G., MATYSIAK G., *Real Estate Investment*, Prentice Hall, 2000.

CALABRÒ F., DELLA SPINA L., *The public-private partnerships*

in buildings regeneration: a model appraisal of the benefits and for land value capture, 5nd International Engineering Conference 2014 (KKUIENC 2014), Advanced Materials Research, Vols 931-932, Trans Tech Publication, Switzerland, 2014, pp. 555-559, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.931-932.555.

FRENCH N., GABRIELLI L., *Discounted cash-flow: accounting for uncertainty*, Journal of Property Investment & Finance, 23 (1), 2005, pp. 75-89.

FRENCH N., GABRIELLI L., *The uncertainty of valuation*, Journal of Property Investment & Finance, 24 (2), 2006, pp. 102-122.

GABRIELLI L., BOTTARELLI M., *Financial and economic analysis for ground - coupled heat pumps using shallow ground heat exchangers*, Sustainable Cities and Society, Vol. 20, 2016, pp. 71-81.

GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Functions and Perspectives of Public Real Estate in the Urban Policies: the Sustainable Development Plan of Syracuse*, in Gervasi O., et al., (eds), Computational Science and Its Applications - ICCSA 2016. vol. 9798, Springer International Publishing, 2016, pp. 13-28, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_2.

GIUFFRIDA S., NAPOLI G., TROVATO M.R., *Industrial Areas and the City. Equalization and Compensation in a Value-Oriented Allocation Pattern*, in Gervasi O., et al., (eds), Computational Science and Its Applications, vol. 9789, Springer International Publishing, 2016, pp. 79-89, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_6.

HERTZ D.B., *Risk analysis in capital investment*, London, Harvard Business Review, January/February, 1964, p. 64.

MALATJI E.M., ZHANG J., XIA X., *A multiple objective optimisation model for building energy-efficiency investment decision*, Energy and Buildings, 61, 2013, pp. 81-87.

NAPOLI G., SCHILLECI F., *An Application of Analytic Network Process in the Planning Process: The Case of an Urban Transformation in Palermo (Italy)*, in Murgante B., et al., (eds), Computational Science and Its Applications - ICCSA 2014. vol. 8581, Springer International Publishing, 2014, pp. 300-314, doi: 10.1007/978-3-319-09150-1.

NAPOLI G., *Financial Sustainability and Morphogenesis of Urban Transformation Project*, in Gervasi O., et al., (eds), Computational Science and Its Applications - ICCSA 2015. vol. 9157, Springer International Publishing, 2015, pp. 178-193, doi: 10.1007/978-3-319-21470-2.

NAPOLI G., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Fair Planning and Affordability Housing in Urban Policy. The Case of Syracuse (Italy)*, in Gervasi O. et al., (eds), Computational Science and Its Applications, vol. 9789, Springer International Publishing, 2016a, pp. 46-62, doi: 10.1007/978-3-319-42089-9_4.

NAPOLI G., VALENTI A., GIUFFRIDA S., *The urban landscape and the real estate market. Structure and fragment of the axiological tessitura in a wide urban area of Palermo*, in Piccinni L.C., et al., (eds), Proceedings of the 19th IPSAPA/ISPALEM International Scientific Conference, Napoli (Italy) July 2nd – 3rd, 2015 “The Turning Point of the Landscape-cultural Mosaic: Renaissance Revelation Resilience”, IPSAPA/ISPALEM, 2016b, pp. 67-78.

NAPOLI G., GIUFFRIDA S., VALENTI A., *Forms and functions of the real estate market of Palermo. Science and knowledge in the cluster analysis approach*, in Stanghellini S., et al., (eds), Appraisal: from Theory to Practice. Serie: Green Energy and Technology, Springer International Publishing, 2017, pp. 191-202, doi: 10.1007/978-3-319-49676-4_14.

NESTICÒ A., MACCHIAROLI M., PIPOLO O., *Costs and Benefits in the Recovery of Historic Buildings: The Application of an*

Economic Model, Sustainability, Vol. 7, Issue 11, 2015, pp. 14661-14676, doi: 10.3390/su71114661.

NESTICÒ A., PIPOLO O., *A protocol for sustainable building interventions: financial analysis and environmental effects*, International Journal of Business Intelligence and Data Mining, Vol. 10, Issue 3, 2015, pp. 199-212, doi: 10.1504/IJBIDM.2015.071325.

PARLAMENTO EUROPEO, *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on Energy Performance of Buildings (EBDP Recast)*, Official Journal of the European Union, Bruxelles, Belgio, 2010.

PARLAMENTO EUROPEO, *Directive 2012/27/UE of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency*, Official Journal of the European Union, Bruxelles, Belgio, 2012.

PETERSEN S., SVENDSEN S., *Method for component-based economical optimisation for use in design of new low-energy buildings*, Renewable Energy, 38, 2012, pp. 173-180.

RIZZO F., *Dalla rivoluzione keynesiana alla nuova economia. Dis-equilibrio, tras-informazione e co-efficiente di capitalizzazione*. FrancoAngeli, Milano, 2002.

RIZZO F., *Il capitale sociale della città*. FrancoAngeli, Milano, 2003.

ROSASCO P., PERINI K., *Verifica di sostenibilità economica per sistemi di facciate verdi*, Valori e Valutazioni, 13, 2014, pp. 67-83.

ROSATO P., VALCOVICH E., STIVAL C.A., BERTO R., CECHE G., *Le coperture piane con inverdimento estensivo su edifici esistenti. Parte seconda - Aspetti economici*, Valori e Valutazioni, 16, 2016, pp. 5-27.

ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS, *RICS Appraisal and Valuation Standards*, RICS, London, 2013.

TROVATO M.R., *Information and Communication Technologies (ICTs) and Participatory Values to Support of the Territorial Governance Processes*, Society, Integration, Education. Utopias and dystopias in landscape and cultural mosaic. Visions Values Vulnerability, Proceedings of the International Scientific Conference June 27-28, 2013, Vol.IV, University of Udine with Rezekens Augstskola, Udine, 2013, pp. 273-284, ISI:E221703.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *A DSS to Assess and Manage the Urban Performances in the Regeneration Plan: The Case Study of Pachino*, in Murgante B., et al., (eds), Computational Science and Its Applications - ICCSA 2014. vol. 8581, Springer International Publishing, 2014, pp. 224-239.

VERBEECK G., HENS H., *Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable*, Energy and Buildings, 37, 2005, pp. 747-754.