

Axiological Strategies in the Old Towns Seismic Vulnerability Mitigation Planning

Salvatore Giuffrida*, Caterina Carocci**, Chiara Circo***, Margherita Giuffrè****, Maria Rosa Trovato*****, Vittoria Ventura*****

keywords: seismic risk, parametric costs, linear programming, generating alternatives

Abstract

Vulnerability is a big issue for several small inland urban centres, characterized by settlement complexity, structural fragility, typological and formal inertia, and a low population density, most of which are exposed to the risk of depopulation. In the climate of the centre-northern part of Italy, and in the context of the recent concentration of a high number of earthquakes in that area, seismic vulnerability can become the determinant cause of the final abandonment of a small town. In some Italian regions, as well as in Emilia Romagna, municipalities are strongly committed in the implementation of effective seismic vulnerability reduction policies based on the Emergency Limit Condition, which has become a basic point of reference for ordinary land planning. This study proposes an approach to seismic vulnerability mitigation based on valuation planning for implementation within the general planning framework of the Faentina Union, a group of five small towns located in the south-western part of the Province of Ravenna, Italy. This approach consists of three main stages: knowledge, concerning the typological, con-

structive, and technological descriptions of the buildings, specifically focused on their degree of vulnerability; interpretation, concerning the analysis of the urban fabric and its topographic arrangement with the aim of outlining a range of hypotheses with respect to damage in case of a prospective earthquake; planning, concerning the identification of the courses of action intended to meaningfully reduce the vulnerability of the buildings as first and of the whole old town as second. This stage includes a cost modelling tool aimed at defining the trade-off between the extension and the intensity of the vulnerability reduction works, given the budget. The main concern of this study is to provide the decision makers with a valuation-planning tool able to outline a wide range of scenarios differently combining the amount of the budget, the degree of safety and the completeness of the interventions. Such a flexible tool matches the need of implementing strategic policies able to combine the prospects of different stakeholders and stockholders, the former concerned about safety, the latter concerned about cost control.

1. INTRODUCTION

Between the three drivers of the seismic risk – hazard, ex-

posure and vulnerability – only the latter can be mitigated by implementing measures whose cost-effectiveness evaluation is usually assumed as the reference for outlining

[safety policies within specific urban and socio-economic contexts.

The historic urban fabrics are characterised by a generally higher seismic risk due to the type of construction, weakening of the masonries due to reckless and improvised renovations and the typical building density of the old towns, an urban settlement feature that cannot be modified (O'Reilly and Sullivan, 2018).

Furthermore, some territorial and socioeconomic topics affect mostly the inland minor old towns as for the seismic risk they are exposed to: a generally difficult accessibility both from outside (Carbonara, 2012) and inside, the lack of civil protection facilities, a global demographical impoverishment, due to the prevalence of older and low income inhabitants.

In conclusion, in such weak urban-territorial contexts, seismic vulnerability is a specific item, and at the same time a consequence, of the more general fragility profile of the inland minor old towns.

The evaluation process is a not neutral cognitive-operational activity. Its origin is the recognition of significant matters of unfairness affecting local communities, specific form of heritage, the environmental impacts and the social negative externalities produced by specific and identifiable anthropic or economic pressures, influencing the territorial or urban wealth allocation pattern (Barreca et al. 2017; Curto and Fregonara, 2019).

This paper deals with the issue of the seismic vulnerability of historic urban fabrics within the land urban context of the Municipalities of the Romagna Faentina Union, including Brisighella Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme, and Solarolo.

The achievements of this paper come from a multidisciplinary research that involved issues of Restoration, Urban planning, and Economic valuation.

Economic-estimative evaluations deal with the issue of the seismic vulnerability of historical cities (Giuffrida et al. 2015a) in terms of a fundamental interest in the economic category of territorial capital and in its two forms: urban capital (Napoli et al., 2018; Valenti et al., 2015, Giuffrida et al., 2014) and human capital. This scientific and methodological interest corresponds to the original civil commitment of economic-estimative evaluation with respect to distributive justice.

The preservation of the urban-architectural historic heritage deals with such a concern, according to the economic categories of public and common goods. Nonetheless remarkable efficiency and cost-effectiveness matters arise, encouraging the creation of economic programming tools aimed at making the decision-making process internally robust and externally shareable (Trovato and Giuffrida, 2014; Della Spina and Calabrò, 2018, Bottero et al., 2018, Oppio, 2018; Guarini, 2017)).

One of the starting points for the above-mentioned robustness in terms of internal consistency, can be identified in the variety of different seismic vulnerability and

risk analysis methods for unreinforced masonry structures with a high degree of vulnerability to earthquakes, that can also have remarkable socio-economic implications. Several studies have proposed an innovative holistic approach based on indicators related to physical exposure, social fragility, and the lack of resilience of urban areas; this could also involve geomatics tools (GIS), which would be able to describe the seismic risk on the basis of scenarios of expected losses, but also on the basis of the probabilities of occurrence of predefined damage states [Barbat et al., 2010; Formisano, 2017, Speranza, 2011; Tiedemann, 1992).

This study exposes the methodology and the findings of the vulnerability assessment of the building heritage in the old town of Brisighella, referring both to the building aggregates and to the architectural units; starting from these results, it proposes an integrated model of analysis (Fattinnanzi et al., 2018), evaluation and project initiation, aimed at outlining a structured set of strategies for programming interventions to reduce vulnerability.

2. MATERIALS

2.1 Urban fabric vulnerability reduction

Mitigating the urban vulnerability means ensuring both the efficiency of the main strategic activities for the recovery during a seismic event, and that the basic day life function can persist in the post-earthquake phase together with the reconstruction works, in order to preserve the identity of the settled community as much as possible.

The proposed evaluation-strategic-planning pattern frames within a more general studies carried out in two phases. In the first phase, homogeneous areas of the entire municipal territory with regard to the seismic vulnerability were identified, following a method established by the Department of Civil Protection and tested on Faenza and Solarolo in 2011 (Dolce et al., 2012). The second phase included the qualitative assessment of the seismic vulnerability of historical centres – identified as the most vulnerable areas of the urban fabric – following a procedure already tested on the historic centre of Faenza between 2011 and 2013.

The aim was to define the criteria for the mitigation of the seismic vulnerability of the building aggregate with regard to the specific characteristics of each building fabric (Circo and Giuffrè, 2018).

At the same time, the Technical Office carried out an analysis of the Emergency Limit Condition (ELC), introduced by the Italian Government Ordinance (OPCM n. 4007/2012), in accordance with Law n. 77/2009 art.11 “National plan for the prevention of seismic risk” for each of the five municipalities. The ELC is a municipal scale analysis set up based on the Civil Protection Plans and aimed at guaranteeing the functioning of the emergency management system in the post-earthquake phase.

2.2 The Historic Centre of Brisighella

The settlement of Brisighella rises from the slopes of the Tuscan-Romagna Apennines in the lower alley of the Lamone river. The first settlement, dating back to the end of the XIII century, consisted of a fortified nucleus, the current Rocca. In the 14th century, the fortification works were extended to the settlement of the "Borgo", creating an elevated arcaded path integrated into the houses for defensive purposes, (now Via degli Asini). During the 1400s, the nucleus expanded towards the valley, creating a new fortification wall beyond which, starting from 1500, the city developed.

The historical evolutionary process of an urban centre and the orographic peculiarities of its territory have greatly influenced the definition of the urban form, characterised by aggregates of townhouses built against the slope. The residential buildings have incorporated the ancient walls defining the unique configuration of the urban fabric.

3. METHODS

3.1 The Analysis of the Seismic Vulnerability of the Historic Centre

The analysis of the vulnerability is based on the direct knowledge of the building aggregates, carried out in three phases: knowledge, interpretation, and project initiation. The knowledge phase concerned the main evolutionary phases of the historic centre, the detection of the factors which may significantly affect the seismic behaviour of the urban fabric (Brando et al. 2017; Rapone et al., 2018), the resistance factors (presence of anti-seismic devices, the good quality of the constructional technique, etc.) and the vulnerability factors as for the possible overturning of the façade. Moreover, the aggregates use and construction technique were surveyed. The aim is to identify possible points of constructive discontinuity and the relationships of contiguity between buildings with different geometrical-structural characteristics.

In the interpretative phase, the data collected on vulnerability and strength factors are critically selected with the aim of formulating a judgment on the mechanical quality of the urban fabric and therefore prefiguring the expected damage related to the precariousness observed.

In the project initiation phase, the intervention criteria for the mitigation of vulnerabilities are established and, in the case of Brisighella, the economic evaluation of interventions with the aim of managing the public financial resources was carried out.

3.2 Vulnerability reduction and the cost-based programming model

The coherence between observations, assessments, and decisions in the planning of interventions for the reduc-

tion of vulnerability consists of the correspondence between (even quantitative) heterogeneous aspects and is therefore difficult to compare (Carbonara et al., 2015). On the one hand, there is public expenditure, which improves the resilience of the urban centre; on the other, there are direct and indirect benefits (Trovato, 2019), the latter in terms of an increase in the value (private and public, functional and monetary) of buildings and the urban fabric, involved in the program.

As first the calculation of vulnerability has been carried out by measuring the risk that the façades of the buildings interfering with the evacuation and rescue routes may overturn and collapse, obstructing them and/or affecting the safety of the fleeing people and rescuers. Vulnerability is calculated for each individual Façade Unit (FU) facing the public spaces. An FU is the vertical portion of masonry of an external façade located between two orthogonal structural walls.

For each of them, by applying the dynamic structural analysis model developed by C. Tocci (2014), an indice of the ground acceleration capable of triggering the façade overturning was calculated.

Based on the degree of the vulnerability of each FU, the algorithm associates it with safety measures, ranging from the most common ones, up to the most consistent or invasive ones: inserting tie rods, filling of superficial lesions, integration of masonry damaged by passing breaks, introduction of reinforced masonry, securing of jutting and towing elements, and external and internal finishing works related to both walls and ceilings, articulated in a total of 36 items on a price list. The elementary costs associated with the interventions on each FU, u_i are then aggregated to calculate the total cost of each hypothesis related to the ELC.

Each hypothesis related to the ELC is defined by varying the intensity of the interventions and/or their extension. The intensity depends on the completeness of intervention given the extension; the extension is the number of FUs involved with the same degree of safety. The result is two cost functions, one intensive, $C(j)$, the other extensive $C(k)$ (Giuffrida et al., 2015b; Giuffrida et al., 2019).

The intensive cost function relates the total cost of each u_i and the type of intervention, which depends on the bundle of works b_{ik} associated with the u_i .

Each bundle includes works corresponding to the entries of the Emilia Romagna Region Official Bill of Quantities for the public works 2018, $b_{ik} \in B$, where B is the set of all works referable to the activities done to reduce the vulnerability of the buildings included in the ELC hypothesis.

The b_{ik} bundle can contain more or less works, according to their different relevance levels. In fact, we can distinguish between those that are strictly necessary, j_H ; those of primary public interest, j_P ; the less invasive ones, j_V ; and those that are more or less adequate, j_A .

By combining the five degrees of completeness j with the five safety degrees k , 25 different hypothetical strategies

with increasing costs have been defined.

The extensive cost function relates to the number of FUs included in the ELC according to their vulnerability, measured by the acceleration coefficient above defined. The FUs are grouped according to five thresholds, $k_{60\%}$, $k_{70\%}$, ..., $k_{100\%}$, delimitating five corresponding sub-ranges of the acceleration coefficient associated to each FU: $k_{60\%}$ defines the sub-range of the façades whose acceleration coefficient is less than the minimum one (α_{min}) to which corresponds the highest vulnerability degree and the minimum number of FUs included; vice versa for $k_{100\%}$ to which the largest number of façades corresponds. The intermediate degrees are defined by progressively adding up to α_{min} a quarter of the range $\alpha_{max} - \alpha_{min}$ then: $k_{70\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0.25$; $k_{80\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0.50$; $k_{90\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0.75$.

4. APPLICATION AND RESULTS

4.1 Intervention Criteria for Vulnerability Reduction

The interpretation of information related to vulnerabilities and strengths allows the prefiguration of the seismic damage mechanisms that can affect the analysed urban fabric (Fig. 1).

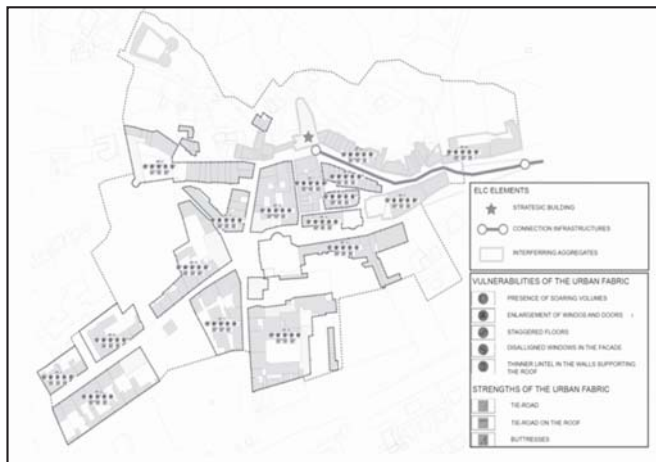


Figure 1 - The Emergency Limit Condition of the Historic Centre of Brisighella.

The recurring issues to be faced in seismic risk reduction are clarified and the essential features of a mitigation strategy that is respectful of the constructional and urban peculiarities of the historic centres are specified. The intervention criteria are not expressed by technical details but rather by the objectives to which the intervention must aim, which allows a design freedom with only one indispensable restriction: respect for the constructive logic of the masonry technique as a guarantee of effectiveness and compatibility of the intervention with the historic building.

With reference to the vulnerabilities observed in the historic centre of Brisighella, the improvement of the seismic response is pursued by means of interventions aimed at control of the thrusts in the roofs and reduction of the thrusts of vaulted elements as well as improvement of the connections between walls and floors with particular regard to the containment of the façade walls.

These indications are valid for the entire wall structure of the historic centre of Brisighella and allow a general framework of actions to be implemented in order to define the preventive mitigation of the seismic vulnerability (Grant et al., 2012).

4.2 Programming the ELC implementation

Once identified and characterised all the FU with the information needed by the model for calculating the degree of vulnerability, that is the tendency to overturn due to the acceleration of the ground, a map of vulnerability has been drawn (Fig. 2), identifying the 685 out of 794 FU that need to be secured.

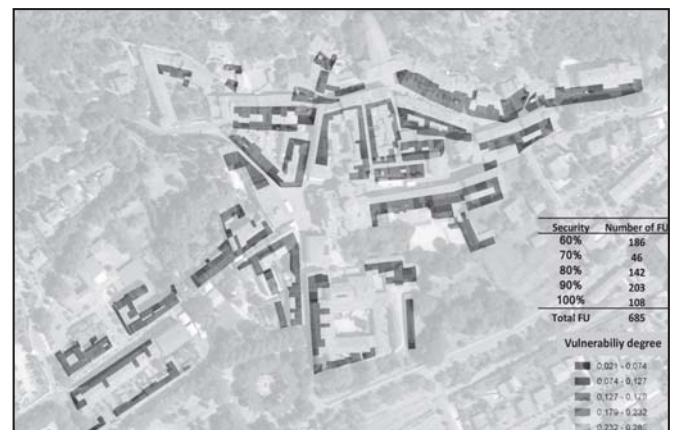


Figure 2 - Map of the vulnerability of the FU.

According to the degree of vulnerability of each of FU, the model identifies the interventions necessary for securing them. It should be noted that the interventions are not activated automatically and unambiguously, but based on the type of strategy that the decision maker chooses (Fig. 3).

A further function of the model is mapping the 25 different strategies of vulnerability reduction providing information on the FU for which the intervention is necessary (given by the position of the bubbles in the map) and a graphic representation of the cost (given by the dimension of the bubbles), as sampled in Figure 4 displaying two of the 25 strategies, with a middle and highest total cost; in the graphs the position of the strategy on the isocost graph is shown.

Similarly, the spatial layouts of two strategies having the same cost but complementary combinations of completeness and security are compared in Figure 5.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

The proposed model outlined a wide range of possible options concerning how to combine the overall degree of security corresponding to the number of buildings secured (from 196 to 685 FU out of 749) and the budget to cover the total costs (from 0.71 to 7.57 million). The different possible mixes of values contained between these extremes correspond to precise “statements” on the degree of resilience of the urban organism, on the access to safety, which depends on the social subjects to whom the advantage of safety will be granted, and to the extent and value of the resilience of the urban organism acknowledged by the administration.

The central scenario envisages that 374 FUs can be secured by means of average completeness level interventions, having a total cost of 2.33 million.

The table (b) and the diagram (c) of Figure 3, taken along

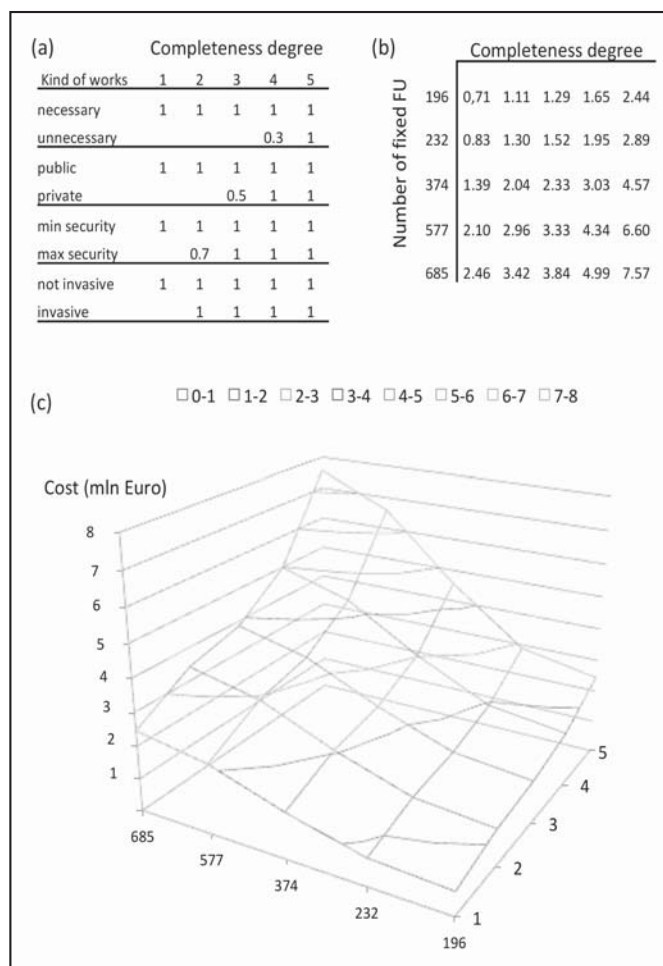


Figure 3 - (a) Table of the different completeness degree of the interventions; (b) table of total cost for each strategy given by the combination of completeness and security (number of FU secured); (c) 3D isocost functions displaying the trade-off between completeness and security for each amount of the total cost.

the main diagonal, measure how the cost increases as the resilience and completeness of the interventions increase. If, on the other hand, the table and the diagram are traversed along the isocost function, the trade-off relationships between the completeness of the interventions and the degree of resilience for the same budget (that means for each different isocost function) and for each amount are shown.

The combination, integration, and consequentiality of fac-



Figure 4 - Mapping of two different layouts of the strategies having an increasing total cost.

tual, axiological and decisional aspects encourage to assume ELC as an opportunity to go beyond its original purpose and its immediate significance. The ELC is an informative and normative device intended to provide a minimal ability to adapt the urban fabric so that it does not lose its identity.

The case of Abruzzo, is an example of the different ways in which basing on both the economic measurement of

the rebuilding costs (Carbonara et al., 2015) and on the social impact in terms of loss of identity of the settled communities, responsibility can be distributed among the spheres of proactive and reactive policies (Trovato e Giuffrida 2018).

The two variables – the costs and completeness of the interventions – in fact, define the ELC decisional profile as for the allocation of advantages and responsibilities between private and public actors.

The urban centre gets resilient only when the ELC is fully realized, given the unfair allocation of the positive externalities coming from the ELC in terms of real estate market value (Gabielli et al., 2015; 2016; 2017) that the secured buildings achieve; accordingly, the two complementary terms, completeness and resilience, have been identified, and the trade-off relation have been outlined, given that the degree of completeness could be negotiated in the implementation of the urban vulnerability reduction policy (Napoli et al., 2016), thus exceeding the original limits and ends of the ELC.

The presence of these externalities allows the local administration to start negotiations on the works to be subsidized, and, as a consequence, on the dimensions of the incentives.

Successive insight of this study, concerning the measurement of the exposure, that is, the evaluation of the vulnerable assets, could allow the decision makers to compare the costs of the seismic retrofit to the advantages of safety, and to provide further evidences for the equalization model.

The planning of the seismic retrofit at the urban scale, in fact, requires a well-structured public-private partnership, capable of capturing all benefits coming from both the avoided reconstruction costs, and any real estate externalities, to be taken into account in order to redistribute the added value generated in terms of resilience of the settled community as a result of the seismic retrofit program coordinated by the public.

This aspect is relevant, especially in historic urban contexts characterised by settlement complexity, structural fragility, typological and formal inertia, and a low population density. These characteristics can influence the answer to the original question: “Is it worth it?”

In this study, we tried to understand how the involvement and coordination of measures, judgments, and decision-making profiles allows the typical object-based approach implied by the ELC to be overcome. The latter, in fact, is attributable to a “prescriptive grammar” (it says what needs to be done), while the proposed approach is attributable to the logic of “generative grammar” (it says what can be done). The proposed pattern, instead, implements an “axiological approach” that integrates natural, environmental, and technological aspects, with cultural, landscape, and political decision issues. Such an approach expands the way in which the original question can be answered.

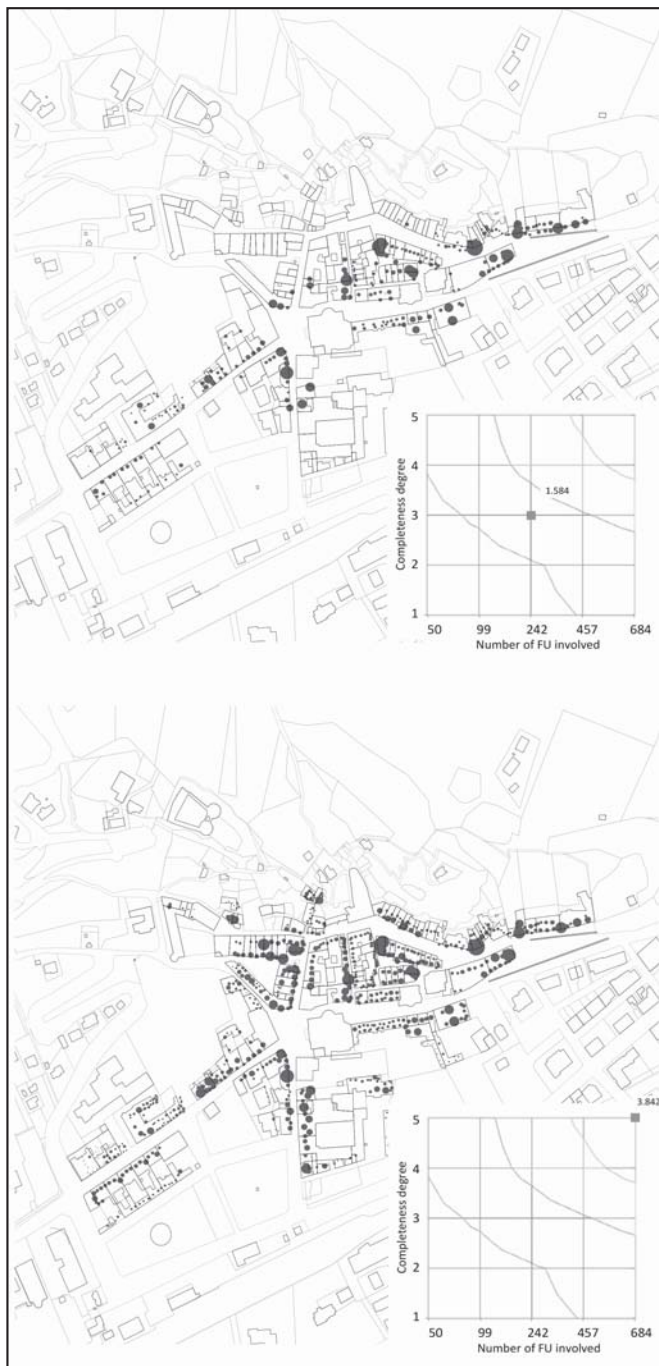


Figure 5 - Mapping of the different layouts of the strategies with (approximately) the same total cost.

* **Salvatore Giuffrida**, University of Catania, Italy
e-mail: sgiuffrida@dica.unict.it,

** **Caterina Carrocci**, University of Catania, Italy
e-mail: c.carocci@unict.it,

*** **Chiara Circo**, University of Catania, Italy
e-mail: chiaracirco@virgilio.it,

**** **Margherita Giuffrè**, CNR, Italy
e-mail: mar.giuffre@gmail.com

***** **Maria Rosa Trovato**, University of Catania, Italy
e-mail: mrtrovato@dica.unict.it

***** **Vittoria Ventura**, Freelancer, Italy
e-mail: vittoriaventura01@gmail.com

Aknowledgements

This study is part of a research carried out in the context of the agreement stipulated in 2016 by the Union of Municipalities of the Romagna Faentina and the Department of Civil Engineering and Architecture of the University of Catania, Italy. S. Giuffrida, M.R. Trovato and Vittoria Ventura edited sections 1, 3.2, 4.2 and 5; C. Carocci, C. Circo and M. Giuffrè edited sections 2.1, 2.2, 3.1 and 4.1.

Bibliography

BARBAT A.H., CARREÑO M.L., PUJADES L.G., LANTADA N., MARULANDA M.C., *Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area*, Struct. Infrastruct. Eng., n. 6, 2010, pp. 17-38.

BARRECA A., CURTO R., ROLANDO D., *Assessing social and territorial vulnerability on real estate submarkets, Buildings*, Vol. 7, number 4, 2017, DOI: 10.3390/buildings7040094.

BOTTERO M., D'ALPAOS C., OPPIO A., *Multicriteria Evaluation of Urban Regeneration Processes: An Application of PROMETHEE Method in Northern Italy*, Advances in Operations Research, Volume 2018, 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/9276075>.

BRANDO G., DE MATTEIS G., SPACONE E., *Predictive model for the seismic vulnerability assessment of small historic centres: Application to the inner Abruzzo Region in Italy*, Eng. Struct., n. 153, 2017, pp. 81-96.

CORSI S., RUGGERI G., OPPIO A., *Territorial vulnerability and local conflicts*. In: (a cura di): G. Mondini, E. Fattinanzi, A. Oppio, M. Bottero, S. Stanghellini, Green Energy and Technology, Spinger Vergal, 2018, p. 113-122, ISBN: 978-3-319-78270-6, doi: 10.1007/978-3-319-78271-3_9.

CARBONARA S., CERASA D., SCLOCCO T., SPACONE E., *A Preliminary Estimate of the Rebuilding Costs for the Towns of the Abruzzo Region Affected by the April 2009 Earthquake: An Alternate Approach to Current Legislative Procedures*, In: Gervasi O. et al. (eds) ICCSA 2015. LNCS, vol 9157. Springer, Cham, 2015, DOI:10.1007/978-3-319-21470-2_19.

CARBONARA S., *The Effect of Infrastructural Works on Urban Property Values: The asse attrezzato in Pescara, Italy*, In: Murgante B. et al. (eds) Computational Science and Its Applications - ICCSA 2012, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, vol 7334, 2012,

DOI:10.1007/978-3-642-31075-1_10.

CAROCCHI C.F., *Small centres damaged by 2009 L'Aquila earthquake: on site analyses of historical masonry aggregates*, In: Bulletin of Earthquake Engineering, Springer, 2012, pp. 45-71, DOI 10.1007/s10518-011-9284-0

CAROCCHI C.F., *Conservazione del tessuto murario e mitigazione della vulnerabilità sismica. Introduzione allo studio degli edifici in aggregato*, In: Blasi, C. (a cura di), Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela, Italia, Wolters Kluwer, 2013, pp. 138-153.

CIRCO C., GIUFFRÈ M., *La pianificazione urbanistica come possibile sovrapposizione di strategie per la riduzione del rischio sismico. Considerazioni sul Piano Regolatore della Sismicità dei Comuni dell'Unione della Romagna Faentina*, Urban. Inf., 2018, 278, pp. 49-51.

CURTO R., FREGONARA E., *Monitoring and analysis of the real estate market in a social perspective: Results from the Turin's (Italy)*, Sustainability, vol. 11 (11), 2019, DOI: 10.3390/su111113150.

DELLA SPINA L., CALABRÒ F., *Decision Support Model for Conservation, Reuse and Valorization of the Historic Cultural Heritage*, In: Gervasi O. et al. (eds) ICCSA 2018, LNCS, vol 10962, 2018, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95168-3_1

DOLCE M., DI PASQUALE G., SPERANZA E., *A multipurpose method for seismic vulnerability assessment of urban areas*. In Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Lisboa, Portugal, 24-28 September 2012.

FATTINANZI E., ACAMPA G., FORTE F., ROCCA F., *The overall quality assessment in an Architecture Project*, Valori e Valutazioni, n. 21, 2018, pp.3-14.

FORMISANO A., *Local – and global – scale seismic analyses*

of historical masonry compounds in San Pio delle Camere (L'Aquila, Italy), Nat. Hazards, n. 86, 2017, pp.465-487.

GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M. R., *From Surface to Core: A Multi-layer Approach for the Real Estate Market Analysis of a Central Area in Catania*, In Gervasi O. et al. (eds), ICCSA 2015, LNCS 9157, Springer, part III, 2015, pp. 284-300, DOI: 10.1007/978-3-319-21470-2_20.

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), ICCSA 2016, LNCS 9789, Springer, Vol. IV, 2016, pp. 13-28, DOI: 10.1007/978-3-319-42089-9_2.

GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Gaps and overlaps of urban housing sub market: a fuzzy clustering approach*, Green Energy and Technology, Springer, 2017, pp. 203-219, Issue 9783319496757, DOI: 10.1007/978-3-319-49676-4_15.

GIUFFRIDA S., TROVATO M. R., CIRCO C., VENTURA V., GIUFFRÈ M., MACCA V., *Seismic Vulnerability and Old Towns. A Cost-Based Programming Model*, Geosciences, Vol. 9, 10(427), 2019, doi:10.3390/geosciences9100427.

GIUFFRIDA S., GAGLIANO F., TOCCI C., *Emergency Limit Condition in the Old Towns. Axiology of seismic vulnerability and design*, Valori Valutazioni, n. 15, 2015a, pp. 55-67.

GIUFFRIDA S., FERLUGA G., VALENTI A., *Clustering analysis in a complex real estate market: The case of Ortigia (Italy)*, In Murgante B. et al., (eds.), ICCSA, LNCS, vol. 8581 LNCS, Part 3, Springer, 2014, pp. 106-121, DOI:10.1007/978-3-319-09150-1_9.

GIUFFRIDA S.; FERLUGA G.; VENTURA V., *Planning Seismic Damage Prevention in the Old Towns. Value and Evaluation Matters*, In Gervasi O. et al. (eds.) ICCSA, Part III, Springer, 2015 b, pp. 253-268, DOI: 10.1007/978-3-319-21470-2_18

GRANT D.N., BOMMER J.J., PINHO R., CALVI G.M., GORETTI A., MERONI F.A., *Schema di prioritizzazione per l'intervento sismico negli edifici scolastici in Italia*, Earthq. Spectra, n. 23, 2013, pp. 291-314.

GUARINI M.R., D'ADDABBO N., MORANO P., TAJANI F., *Multi-criteria analysis in compound decision processes: The AHP and the architectural competition for the Chamber of Deputies in Rome (Italy)*. Buildings, 7 (2), 2017, art. no. 38. DOI: 10.3390/buildings7020038.

NAPOLI G., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., VALENTI A., *Cap Rate as the Interpretative Variable of the Urban Real state Capital Asset: A Comparison of Different Sub-Market Definitions in Palermo, Italy*, Buildings, 7(80), 2018, DOI:10.3390/buildings7030080.

NASELLI F., TROVATO M. R., CASTELLO G., *An evaluation model for the actions in supporting of the environmental and landscaping rehabilitation of the Pasquasia's site mining (EN)*, In Murgante B. et al., (eds.), ICCSA 2014, LNCS 8581, Springer, Part III, 2014, pp. 26-41, DOI: 10.1007/978-3-319-09150-1_3.

O'REILLY G.J., SULLIVAN T.J., *Quantification of modelling uncertainty in existing Italian RC frames*, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, n. 47(4), 2018, pp.1054-

1074. DOI: 10.1002/eqe.3005.

OPPIO A., BOTTERO M., *A strategic management based on multicriteria decision analysis: An application for the Alpine regions*, International Journal of Multicriteria Decision Making, vol. 7, 2018, p. 236-262, ISSN: 2040-1078, doi: 10.1504/ijmcdm.2018.094384.

RAPONE D., BRANDO G., SPACONE E., DE MATTEIS G., *Seismic vulnerability assessment of historic centers: Description of a predictive method and application to the case study of Scanno (Abruzzi, Italy)*, Int. J.Arch. Herit., 12, 2018, pp. 1171-1195.

SPERANZA E., DOLCE M., DI PASCQUALE G., TIBERI P., *Una metodologia per la formulazione di scenari di danno a scala comunale: applicazione pilota su 24 centri urbani della Valdaso*, in L'Ingegneria Sismica in Italia, Atti del XIV Convegno ANIDIS, ANIDIS, Bologna, 2011.

TIEDEMANN H., *Earthquake and Volcanic Eruptions", A Handbook on Risk Assessment*, Switzerland: Swiss Reinsurance Company, Zurich, 1992.

TOCCI C., *Vulnerabilità sismica e scenari di danno: Analisi speditiva delle catene di danno*, In Blasi, C. (eds.), Architettura Storica e Terremoti. Protocolli Operativi per La Conoscenza e La Tutela; Wolkers Kluwer: Lucca, Italy, 2014; pp. 113-119.

TROVATO M.R., *A multi-criteria approach to support the retraining plan of the Biancavilla's old town*, In Bevilacqua C., Calabro F., Della Spina L. (eds.), Smart Innovation, Systems and Technologies, 3rd International New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation dynamics towards territory attractiveness through the implementation of Horizon/Europe2020/Agenda2030, Reggio Calabria; Italy; 22-25 May 2018, Volume 101, 2019, pp. 434-441, DOI: 10.1007/978-3-319-92102-0_46.

TROVATO M. R., GIUFFRIDA S., *The choice problem of the urban performances to support the Pachino's redevelopment plan*, IJBIDM, n. 9 (4), 2014, pp. 330-355, DOI:10.1504/IJBIM.2014.068458.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *The Monetary Measurement of Flood Damage and the Valuation of the Proactive policies in Sicily*, Geosciences 8 (4), 141, 2018, <https://doi.org/10.3390/geosciences8040141>.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *The protection of territory in the perspective of the intergenerational equity*, Green Energy and Technology; Springer: Berlin, Germany, 2018; pp. 469-485, DOI: 10.1007/978-3-319-78271-3_37.

VALENTI A., GIUFFRIDA S., LINGUANTI F., *Decision trees analysis in a low tension real estate market: The case of Troina (Italy)*, LNCS, Vol. 9157, 2015, pp. 237-252, DOI:10.1007/978-3-319-21470-2_17.

Strategie assiologiche nella programmazione degli interventi di mitigazione della vulnerabilità sismica dei centri storici

Salvatore Giuffrida*, Caterina Carocci**,
Chiara Circo***, Margherita Giuffrè****,
Maria Rosa Trovato*****, Vittoria Ventura*****

parole chiave: rischio sismico, costi parametrici,
programmazione lineare, generazione alternative

Abstract

La vulnerabilità è una delle principali criticità di molti piccoli centri, in particolare quelli interni, caratterizzati da complessità insediativa, fragilità strutturale, inerzia tipologica e formale, e bassa tensione localizzativa, e spesso esposti al rischio di spopolamento. Nella tempeste dei recenti eventi sismici che hanno interessato il centro-nord del Paese, e nel contesto della recente concentrazione di un elevato numero di terremoti, la vulnerabilità sismica può diventare la causa determinante del definitivo abbandono dei centri minori nelle aree interne.

In talune regioni italiane, come l'Emilia Romagna, i Comuni sono impegnati nelle politiche di mitigazione della vulnerabilità sismica, basate sulla Condizione Limite per l'Emergenza, un importante riferimento della pianificazione territoriale. Questo studio si inserisce nel contesto più generale di una ricerca sulla mitigazione della vulnerabilità sismica dei Comuni dell'Unione della Romagna Faentina, e propone un approccio valutativo e progettuale alla mitigazione della vulnerabilità sismica

basato sui costi parametrici. Questo approccio si articola in tre fasi: la conoscenza, riguardante la descrizione degli aspetti tipologici, costruttivi, e tecnologici degli edifici, che concorrono a definirne il grado di vulnerabilità; l'interpretazione del tessuto urbano, intesa a delineare i tipi di intervento per la prevenzione del danno sismico alla scala urbana; la programmazione, riguardante l'identificazione dei processi di intervento intesi a ridurre significativamente la vulnerabilità degli edifici e dell'intero centro urbano. Quest'ultima fase individua gli interventi di mitigazione della vulnerabilità all'interno di un range definito delineando il rapporto di sostituzione tra l'estensione e l'intensità delle opere di riduzione della vulnerabilità, dato il budget. La flessibilità dello strumento abilita pratiche di programmazione strategica in grado di combinare prospettive diverse e talvolta conflittuali di stakeholder e stockholder, gli uni più interessati alla sicurezza, gli altri alla resilienza del patrimonio architettonico urbano, alla luce della concreta fattibilità finanziaria.

1. INTRODUZIONE

Fra i tre driver del rischio sismico – pericolosità, esposizione e vulnerabilità – quest’ultima è l’unica che può essere oggetto di interventi di mitigazione, cioè della implementazione di misure coordinate alla scala urbana, la valutazione della cui economicità viene di solito assunta quale riferimento per la formazione di politiche di riduzione del rischio specificamente rivolte al contesto socio-economico e politico interessato.

I tessuti urbani storici sono caratterizzati da un rischio sismico generalmente più elevato a causa del concorrere di alcune occorrenze specifiche: la tipologia costruttiva, aspetti di generale indebolimento delle murature dovuti a improvvisati e incauti interventi di ristrutturazione, l’elevata densità edilizia, un aspetto riconducibile a specifici principi insediativi, e i cui effetti non sono in alcun modo ridicibili (O’Reilly e Sullivan, 2018).

In più, alcuni aspetti territoriali e socioeconomici interessano principalmente i piccoli centri urbani interni, quanto agli effetti generali del rischio sismico cui essi sono esposti: una ridotta accessibilità dall’esterno (Carbonara, 2012) e al loro interno, la carenza di strutture di protezione civile, un complessivo impoverimento demografico e socio-economico dovuto alla prevalenza di anziani e soggetti a basso reddito (Barreca et al. 2017; Curto e Fregonara, 2019).

In sintesi, in contesti socio-territoriali così deboli, la vulnerabilità sismica è un aspetto specifico e allo stesso tempo la conseguenza di un più generale profilo di fragilità che interessa in particolare tanto i piccoli centri in sé, quanto, e più significativamente, intere reti territoriali.

In quanto processo cognitivo preordinato a successive funzioni progettuali, la valutazione non è neutrale rispetto ai temi di interesse e al modo in cui il problema valutativo va conformato, in particolare di fronte all’emergere e acuirsi di fenomeni di generale decadimento del modello allocativo della ricchezza territoriale (Naselli e Trovato, 2014).

In coerenza con questa prospettiva questo paper affronta la questione della vulnerabilità sismica dei tessuti urbani storici con specifico riferimento alla formazione di strumenti di pianificazione capaci di coordinare risorse pubbliche e private verso la composizione di interessi e valori che di conseguenza si rivelano in parte convergenti, in parte conflittuali. Il riferimento di questo studio è il contesto territoriale-urbano dei Comuni dell’Unione della Romagna Faentina, che comprende Brisighella, Casola Valsenio, Castel Bolognese, Riolo Terme, e Solarolo.

I risultati di questo studio provengono da una ricerca multidisciplinare che ha coinvolto questioni di Restauro, Pianificazione urbanistica, Valutazione economico-estimativa.

In particolare, quest’ultima affronta la questione della vulnerabilità delle città storiche (Giuffrida et al., 2015a) nei termini di un prioritario interesse per la categoria econo-

mica del capitale, nelle due forme del capitale urbano (Napoli et al., 2018; Valenti et al., 2015; Giuffrida et al., 2014), e del capitale umano. Questo interesse scientifico e metodologico corrisponde all’originario impegno civile della disciplina economico-estimativa rivolta, in accordo con la fondamentale categoria del giudizio di valore, alla giustizia distributiva.

La conservazione del patrimonio architettonico-urbano si rivolge a questa prospettiva e con riferimento alle categorie economiche di bene pubblico e di bene comune. Non dimeno, rilevanti questioni di efficienza ed efficacia emergono nella gestione dei processi di pianificazione territoriale e riqualificazione urbana, stimolando la formazione di strumenti di valutazione e programmazione economica a supporto di processi decisionali internamente ed esternamente coerenti (Trovato e Giuffrida, 2014, Della Spina e Calabrò, 2018, Bottero et al., 2018, Oppio et al., 2018; Guarini, 2017).

Uno dei punti di partenza della suddetta robustezza in termini di coerenza interna può essere identificato nella varietà dei metodi di analisi del rischio per le strutture in muratura portante con elevato grado di vulnerabilità sismica, che possono anche avere significative implicazioni socio-economiche.

Diversi studi hanno proposto un innovativo approccio olistico basato su indicatori legati alla esposizione fisica, alla fragilità sociale, alla scarsa resilienza delle aree urbane; questo potrebbe anche coinvolgere l’uso della strumentazione geomatica, (GIS) per la descrizione del rischio sismico sulla base di scenari sulle perdite attese, ma anche sulle probabilità circa il verificarsi di stati predefiniti di danno (Barbat et al., 2010; Formisano, 2017, Speranza, 2011; Tiedemann, 1992).

Questo studio espone la metodologia e i risultati della valutazione della vulnerabilità del patrimonio edilizio del centro storico di Brisighella con riferimento sia agli edifici singoli sia agli aggregati. A partire da questi risultati si propone un modello integrato di analisi, valutazione e progetto (Fattinanzi et al., 2018) finalizzato a delineare un insieme ordinato di strategie per la programmazione degli interventi di riduzione della vulnerabilità.

2. MATERIALI

2.1 Mitigazione della vulnerabilità urbana

La mitigazione della vulnerabilità urbana consiste nel garantire sia l’efficienza delle principali attività di salvataggio durante un evento sismico, sia che le funzioni vitali di base possano essere mantenute all’interno del centro urbano nella fase post-sisma anche nel contesto delle attività della ricostruzione, al fine di preservare quanto possibile l’identità della comunità insediata (Carocci, 2012).

Il modello di valutazione e programmazione strategica qui proposto si inserisce all’intero di uno studio più ampio condotto in due fasi. Nella prima sono state identificate

le aree omogenee dell'intero territorio comunale rispetto alla vulnerabilità sismica, seguendo un metodo stabilito dal Dipartimento di Protezione Civile e testato a Faenza e Solarolo nel 2011 (Dolce et al., 2012). La seconda fase ha riguardato la valutazione qualitativa della vulnerabilità sismica dei centri storici – identificati come le aree più vulnerabili del tessuto urbano – seguendo una procedura già testata nel centro storico di Faenza tra il 2011 e il 2013.

L'obiettivo è stato quello di definire i criteri per la mitigazione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi con riferimento alle specifiche caratteristiche di ciascun tessuto edilizio (Circo e Giuffrè, 2018).

Allo stesso tempo l'ufficio Tecnico ha svolto un'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), introdotta dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCMn 4007/2012) in applicazione della Legge 77/2009 art.11 "Piano nazionale di prevenzione del rischio sismico" per ciascuno dei 5 comuni. La CLE è uno strumento di analisi a scala comunale, impostato sui Piani di protezione Civile e finalizzato a garantire il funzionamento del sistema di gestione dell'emergenza nella fase post-sisma.

2.2 Il centro storico di Brisighella

L'insediamento di Brisighella sorge alle pendici dell'appennino toscano-romagnolo nella bassa valle del fiume Lamone. Il primo impianto risale alla fine del XIII secolo e comprendeva un nucleo fortificato, l'attuale Rocca. Nel XIV secolo, le opere di fortificazione furono estese anche all'insediamento del "Borgo" realizzando una strada sopraelevata a scopo difensivo, integrata nelle abitazioni e illuminata da una fila di arcate (attuale Via degli Asini). Nel corso del 1400 l'espansione procede verso valle e comprende la costruzione di una nuova cinta muraria. La funzione difensiva decade nel 1500 e da questo momento la città si espande al di fuori delle mura. Il processo storico-evolutivo di un centro urbano e le peculiarità orografiche del suo territorio incidono molto sulla definizione della forma urbana, caratterizzata da aggregati di case a schiera che si accostano al pendio. Gli edifici residenziali hanno inglobato le antiche mura, definendo la peculiare configurazione di alcuni aggregati edilizi.

3. METODI

3.1. L'analisi della vulnerabilità sismica del centro storico

L'analisi della vulnerabilità sismica del centro storico è basata sulla conoscenza diretta degli aggregati edilizi, condotta in tre fasi: conoscenza, valutazione e progetto.

La fase di conoscenza ha riguardato le principali fasi evolutive del centro storico, l'indagine dei fattori che possono significativamente interessare il comportamento sismico del tessuto urbano (Brando et al., 2017; Rapone et al., 2018), i fattori di resistenza (presenza di presidi antisismici,

buona qualità della tecnica costruttiva etc.) e i fattori di vulnerabilità quanto al possibile ribaltamento delle facciate interferenti. Inoltre, sono stati rilevati le destinazioni d'uso e le tecniche costruttive degli aggregati. L'obiettivo è stato quello di identificare i possibili punti di discontinuità costruttiva e le relazioni di contiguità tra edifici con differenti caratteristiche geometriche e strutturali (Carrocci, 2013).

Nella fase interpretativa i dati raccolti sui fattori di vulnerabilità e resistenza sono stati selezionati criticamente con l'obiettivo di formulare un giudizio sulla qualità meccanica del tessuto urbano e quindi prefigurare il danno atteso riconducibile alle criticità osservate.

Nella fase del progetto, sono stati stabiliti i criteri di mitigazione della vulnerabilità e, nel caso di Brisighella, è stata effettuata la valutazione economica degli interventi con l'obiettivo di formare un modello per la gestione dei fondi pubblici da destinare alla riduzione della vulnerabilità degli edifici e dell'intero centro storico.

3.2 La riduzione della vulnerabilità e il modello di programmazione basato sui costi

La coerenza tra osservazione, valutazione e decisione nella programmazione degli interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità consiste nella corrispondenza tra aspetti eterogenei (ancorché quantitativi) e pertanto difficilmente confrontabili (Carbonara et al., 2015). Da una parte la spesa pubblica, intesa a migliorare la resilienza del centro storico; dall'altra i benefici, diretti e indiretti (Trovato, 2019), questi ultimi in termini di incremento del valore privato e pubblico, funzionale e monetario, degli edifici interessati dagli interventi di riqualificazione.

Il primo step ha riguardato il calcolo della vulnerabilità come misura del rischio che le facciate degli edifici interferenti con le vie di fuga e soccorso possano ribaltare e crollare ostruendole e/o compromettendo la sicurezza delle persone in fuga e dei soccorritori. La vulnerabilità è calcolata per ciascuna singola Unità di Facciata (UF) prospiciente gli spazi pubblici. Una UF è la porzione verticale di muratura di una facciata esterna compresa tra due muri ortogonali aventi funzione strutturale.

Per ciascuna di esse, applicando un modello di analisi dinamica sviluppato da C. Tocci (2014) è stato calcolato un indicatore numerico del livello di accelerazione del terreno capace di innescare il ribaltamento della facciata.

Sulla base del grado di vulnerabilità di ciascuna UF, l'algoritmo associa questa a azioni di messa in sicurezza a partire dalle più usuali fino a quelle più consistenti o invasive, ove necessario, come l'inserimento di tiranti, riempimento di lesioni superficiali, integrazione di murature danneggiate da lesioni passanti, inserimento di murature di rinforzo, la messa in sicurezza di aggetti ed elementi svertanti e infine, il completamento delle opere all'interno dei vani interessati direttamente o indirettamente dalle opere sulle facciate e sulle coperture, articolati in un to-

tale di 36 lavorazioni collegate a un elenco prezzi.

I costi elementari associati agli interventi su ciascuna UF, u_i , sono stati successivamente aggregati per calcolare il costo totale di ciascuna ipotesi di CLE, a sua volta definita variando l'intensità degli interventi, e la loro estensione. L'intensità dipende dal grado di completezza delle opere; l'estensione è data dal numero di UF messe in sicurezza. Ne risultano due funzioni di costo, una intensiva, $C(j)$ l'altra estensiva, $C(k)$ (Giuffrida et al., 2015b; Giuffrida et al., 2019).

La funzione intensiva del costo lega il costo totale di ogni u_i al tipo di intervento, che dipende dal pacchetto di opere b_{ik} associate alla u_i .

Ciascun pacchetto di opere include lavorazioni corrispondenti alle voci del Prezzario della Regione Emilia Romagna delle opere pubbliche 2018, $b_{ik} \in B$.

Il pacchetto b_{ik} può contenere un numero più o meno grande di opere secondo il loro diverso livello di rilevanza. Infatti, è possibile distinguere quelle strettamente necessarie, j_N , quelle di primario interesse pubblico j_P , quelle meno invasive j_V quelle più adeguate j_A .

Combinando i cinque gradi di completezza j con i cinque gradi di sicurezza k , sono state definite 25 differenti ipotetiche strategie dal costo crescente.

La funzione di costo estensiva si riferisce al numero di UF incluse nella ELC, secondo il loro grado di vulnerabilità misurato in base al coefficiente di accelerazione prima definito.

Le UF sono raggruppate secondo le cinque soglie $k_{60\%}$, $k_{70\%}$, ..., $k_{100\%}$, delimitando cinque corrispondenti sub-range del coefficiente di accelerazione associato a ciascuna UF: $k_{60\%}$ definisce il sub-range delle facciate il cui coefficiente di accelerazione è minore di quello minimo (α_{min}) al quale corrisponde il livello massimo di vulnerabilità e il numero minimo di UF incluse nella CLE; viceversa per $k_{100\%}$ a cui corrisponde il massimo numero di facciate incluse nella CLE. I livelli intermedi sono definiti sommando progressivamente ad α_{min} un quarto del range $\alpha_{max} - \alpha_{min}$ quindi: $k_{70\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0,25$; $k_{80\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0,50$; $k_{90\%} = \alpha_{min} + (\alpha_{max} - \alpha_{min}) \cdot 0,75$.

4. APPLICAZIONE AND RESULTATI

4.1 Criteri di intervento per la mitigazione della vulnerabilità sismica

L'interpretazione critica delle informazioni relative a vulnerabilità e resistenze consente la prefigurazione dei meccanismi di danneggiamento sismico che possono interessare il tessuto analizzato (Fig. 1).

È dunque formulato un giudizio qualitativo sulla vulnerabilità del centro storico da cui discendono i criteri generali per il miglioramento della risposta sismica degli aggregati murari. Tali criteri non sono espressi da dettagli tecnici quanto piuttosto dagli obiettivi dell'intervento, ciò che

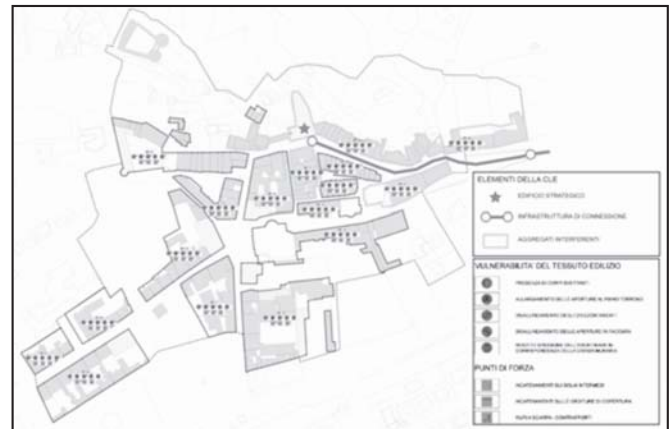


Figura 1 - La CLE del CS di Brisighella.

consente una libertà progettuale con un solo irrinunciabile vincolo: il rispetto della logica costruttiva muraria, ritenuta garanzia di efficacia e di compatibilità dell'intervento con l'edificio murario. Con riferimento alle vulnerabilità osservate nel centro storico di Brisighella, il miglioramento della risposta sismica è perseguito mediante interventi mirati a: controllo delle spinte in copertura e riduzione delle spinte di elementi voltati; miglioramento delle connessioni tra pareti e orizzontamenti con particolare riguardo al contenimento delle pareti di facciata.

Queste indicazioni sono valide per tutto il tessuto murario del centro storico di Brisighella e consentono di definire il quadro generale delle azioni da attuare per la riduzione preventiva della vulnerabilità sismica (Grant et al., 2012).

4.2 Programmazione della implementazione della CLE

Identificate e caratterizzate tutte le UF ai fini del calcolo della vulnerabilità quest'ultima è stata mappata (Fig. 2), identificando le 685 su 794 UF che necessitano di essere messe in sicurezza.

In base alla vulnerabilità di ciascuna UF, si identificano gli interventi di messa in sicurezza anche in base al tipo di



Figura 2 - Mappatura della vulnerabilità delle UF.

strategia scelta dal decisore (Fig. 3). Una ulteriore funzione del modello è la mappatura delle 25 differenti strategie che è possibile definire modificando grado di completezza e di sicurezza, fornendo informazioni sulle UF per le quali l'intervento è necessario (Fig. 4).

Allo stesso modo si fornisce un layout spaziale del confronto di due strategie che richiedono lo stesso budget ma combinazioni complementari di completezza e sicurezza aventi lo stesso costo (Fig. 5).

5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il modello qui proposto ha delineato un ampio range di possibili opzioni quanto al modo di combinare il grado di sicurezza complessivo corrispondente al numero di edifici messi in sicurezza (da 196 a 685 UF delle 749) e il budget per coprire i costi totali (da 0,71 a 7,57 mln). I diversi possibili assortimenti dei valori contenuti tra questi estremi corrispondono ad "affermazioni" precise sul grado di resilienza

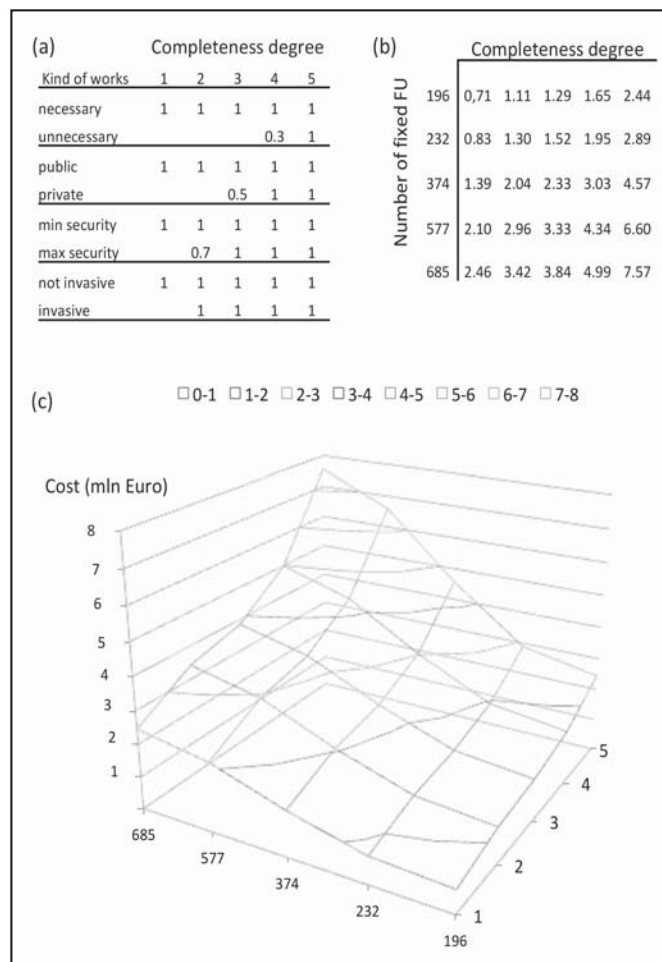


Figura 3 - (a) Tabella dei diversi gradi di completezza degli interventi; (b) tabella del costo totale per ciascuna strategia; (c) Rappresentazione spaziale delle funzioni di isocosto con il trade-off tra completezza e sicurezza per diversi livelli di costo.

dell'organismo urbano, sull'accesso alla sicurezza, cioè sui soggetti cui sarà accordato il vantaggio della sicurezza e in che misura, sul valore che l'amministrazione riconosce alla resilienza dell'organismo urbano.

Secondo lo scenario centrale, 374 unità di facciata sono essere messe in sicurezza con soluzioni progettuali medie e con un costo totale di 2,33 mln .

Nella Figura 3, la tabella (b) e il diagramma (c) percorsi lungo la diagonale principale danno la misura di quanto



Figura 4 - Mappatura di diverse strategie a costi crescenti.

il costo aumenta al crescere congiunto di resilienza e completezza degli interventi, mentre percorsi lungo le curve di isocosto definiscono la relazione di sostituzione tra la completezza degli interventi e il grado di resilienza ottenuto a parità di budget erogato.

La combinazione, integrazione e consequenzialità di aspetti fattuali, assiologici e decisionali, incoraggia ad assumere la CLE come occasione per eccederne finalità e senso: la CLE è un dispositivo informativo inteso a fornire

una minima capacità adattiva al tessuto urbano affinché esso non perda la propria identità con l'interruzione della continuità della "corrente dei vissuti", di cui una città si nutre. Il caso di molte città d'Abruzzo è esemplare quanto ai diversi modi in cui la responsabilità dei destini di interi territori si può distribuire tra le sfere delle politiche proattive e reattive (Trovato e Giuffrida 2018).

Le due variabili – costi e completezza degli interventi – infatti, consentono di identificare il profilo politico-decisionale della CLE, ma nel senso della ripartizione dei vantaggi e delle responsabilità tra soggetto privato e pubblico. Inoltre, poiché il centro urbano nella sua interezza raggiunge gli obiettivi della resilienza solo quando la CLE è interamente implementata, è necessario coordinare gli interessi di tutti i proprietari immobiliari coinvolti, data la diseguale distribuzione dei positivi effetti esterni associati alla CLE quanto al valore immobiliare (Gabrielli et al., 2015; 2016; 2017) degli edifici messi in sicurezza; in questo senso si sono individuati i due termini sostitutivi del grado di completezza e del grado di resilienza, e definite le relazioni di sostituzione, in quanto proprio il grado di completezza potrebbe essere un elemento di concertazione nella attuazione di una politica (Napoli et al., 2016) volta a estendere la resilienza eccedendo i limiti della CLE.

La presenza di queste esternalità consente alle amministrazioni locali di avviare concertazioni circa le opere che devono essere incentivate, e, di conseguenza, l'entità di questi sussidi.

Successivi approfondimenti di questo studio, rivolti alla misura dell'esposizione, cioè del valore dei beni vulnerabili, possono consentire di confrontare il vantaggio della sicurezza dell'edificio (funzione dell'esposizione, appunto) con i costi e definire il miglior compromesso tra le opere che dovranno essere finanziate dal pubblico (quelle specificamente intese all'interesse collettivo) e quelle a carico del privato, in particolare quelle di finitura e completamento.

Al netto della pericolosità, cioè della probabilità dell'evento catastrofico, un'accorta politica di prevenzione consiste nell'allocare l'eccedenza del capitale sociale in maniera da affermare che la resilienza è una quota del capitale urbano specie nei tessuti storici, caratterizzati per definizione da complessità insediativa, fragilità strutturale, inerzia tipologica e formale, e ridotta densità abitativa. Queste caratteristiche possono influenzare decisamente la risposta all'originario interrogativo: "ne vale la pena?".

In questo studio, e nella direzione di una perequazione ambientale-urbana, si è cercato di comprendere come l'esplicitazione e il coordinamento di misure, giudizi e profili decisionali consente di superare l'approccio tipicamente oggettuale sottinteso dalla CLE e riconducibile a una "grammatica prescrittiva", affermando in sua vece un approccio assiologico in cui la ricombinazione delle variabili strategiche definisce la "grammatica generativa" delle opzioni coerenti con i vincoli, in grado di dare una molteplicità di risposte positive a quell'originario interrogativo.

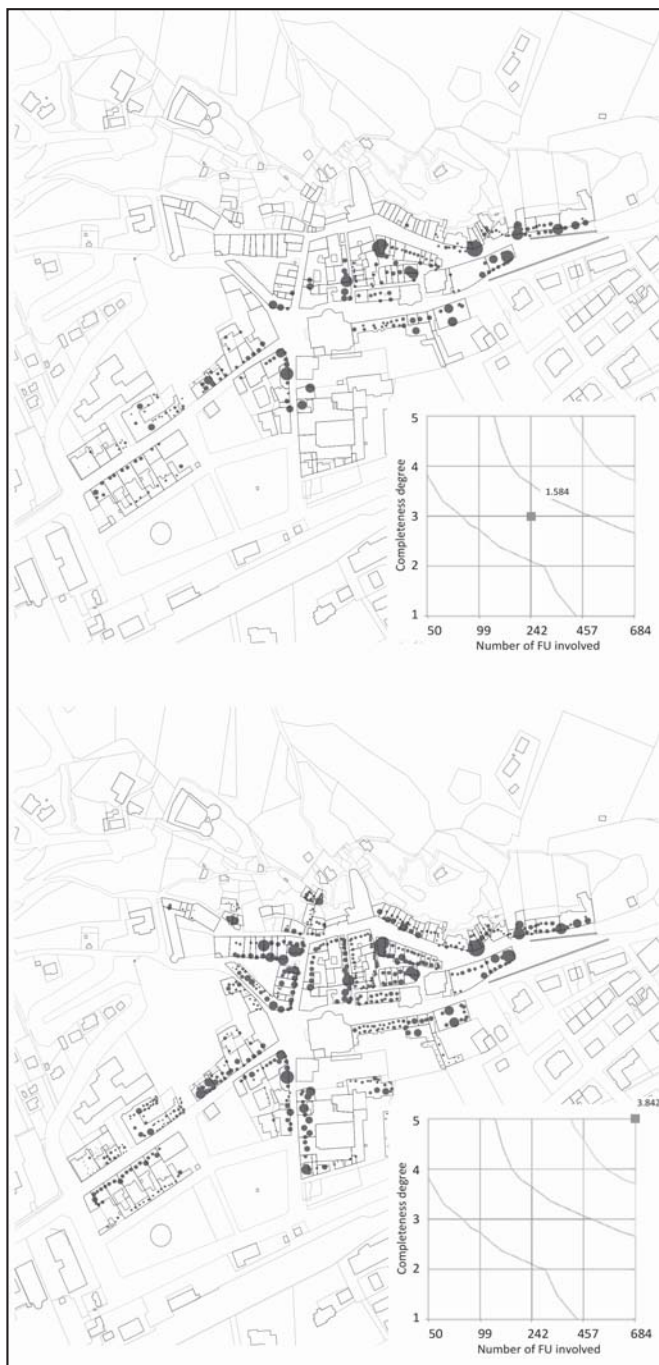


Figura 5 - Mappatura di strategie diverse a parità di costo.

* Salvatore Giuffrida, Università di Catania, Italia
e-mail: sgiufrida@dica.unict.it,

** Caterina Carrocci, Università di Catania, Italia
e-mail: c.carocci@unict.it,

*** Chiara Circo, Università di Catania, Italia
e-mail: chiaracirco@virgilio.it,

**** Margherita Giuffrè, CNR, Italia
e-mail: mar.giuffre@gmail.com

***** Maria Rosa Trovato, Università di Catania, Italia
e-mail: mrtrovato@dica.unict.it

***** Vittoria Ventura, Freelancer, Italia
e-mail: vittoriaventura01@gmail.com

Riconoscimenti

Questo studio è parte di una ricerca svolta all'interno di una convenzione stipulata nel 2016 tra l'Unione dei Comuni della Romagna Faentina e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Catania. S. Giuffrida, M.R. Trovato e Vittoria Ventura hanno curato i paragrafi 1, 3.2, 4.2 e 5; C. Carocci, C. Circo e M. Giuffrè hanno curato i paragrafi 2.1, 2.2, 3.1 and 4.1.

Bibliografia

BARBAT A.H., CARREÑO M.L., PUJADES L.G., LANTADA N., MARULANDA M.C., *Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area*, Struct. Infrastruct. Eng., n. 6, 2010, pp. 17-38.

BARRECA A., CURTO R., ROLANDO D., *Assessing social and territorial vulnerability on real estate submarkets, Buildings*, Vol. 7, number 4, 2017, DOI: 10.3390/buildings7040094.

BOTTERO M., D'ALPAOS C., OPPIO A., *Multicriteria Evaluation of Urban Regeneration Processes: An Application of PROMETHEE Method in Northern Italy*, Advances in Operations Research, Volume 2018, 2018, <https://doi.org/10.1155/2018/9276075>.

BRANDO G., DE MATTEIS G., SPACONE E., *Predictive model for the seismic vulnerability assessment of small historic centres: Application to the inner Abruzzo Region in Italy*, Eng. Struct., n. 153, 2017, pp. 81-96.

CORSI S., RUGGERI G., OPPIO A., *Territorial vulnerability and local conflicts*. In: (a cura di): G. Mondini, E. Fattinanzi, A. Oppio, M. Bottero, S. Stanghellini, Green Energy and Technology, Springer Verlag, 2018, p. 113-122, ISBN: 978-3-319-78270-6, doi: 10.1007/978-3-319-78271-3_9.

CARBONARA S., CERASA D., SCLOCCO T., SPACONE E., *A Preliminary Estimate of the Rebuilding Costs for the Towns of the Abruzzo Region Affected by the April 2009 Earthquake: An Alternate Approach to Current Legislative Procedures*, In: Gervasi O. et al. (eds) ICCSA 2015. LNCS, vol 9157. Springer, Cham, 2015, DOI:10.1007/978-3-319-21470-2_19.

CARBONARA S., *The Effect of Infrastructural Works on Urban Property Values: The asse attrezzato in Pescara, Italy*, In: Murgante B. et al. (eds) Computational Science and Its Applications - ICCSA 2012, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, vol 7334, 2012,

DOI:10.1007/978-3-642-31075-1_10.

CAROCCHI C.F., *Small centres damaged by 2009 L'Aquila earthquake: on site analyses of historical masonry aggregates*, In: Bulletin of Earthquake Engineering, Springer, 2012, pp. 45-71, DOI 10.1007/s10518-011-9284-0

CAROCCHI C.F., *Conservazione del tessuto murario e mitigazione della vulnerabilità sismica. Introduzione allo studio degli edifici in aggregato*, In: Blasi, C. (a cura di), Architettura storica e terremoti. Protocolli operativi per la conoscenza e la tutela, Italia, Wolters Kluwer, 2013, pp. 138-153.

CIRCO C., GIUFFRÈ M., *La pianificazione urbanistica come possibile sovrapposizione di strategie per la riduzione del rischio sismico. Considerazioni sul Piano Regolatore della Sismicità dei Comuni dell'Unione della Romagna Faentina*, Urban. Inf., 2018, 278, pp. 49-51.

CURTO R., FREGONARA E., *Monitoring and analysis of the real estate market in a social perspective: Results from the Turin's (Italy)*, Sustainability, vol. 11 (11), 2019, DOI: 10.3390/su111113150.

DELLA SPINA L., CALABRÒ F., *Decision Support Model for Conservation, Reuse and Valorization of the Historic Cultural Heritage*, In: Gervasi O. et al. (eds) ICCSA 2018, LNCS, vol 10962, 2018, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95168-3_1

DOLCE M., DI PASQUALE G., SPERANZA E., *A multipurpose method for seismic vulnerability assessment of urban areas*. In Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Lisboa, Portugal, 24-28 September 2012.

FATTINANZI E., ACAMPA G., FORTE F., ROCCA F., *The overall quality assessment in an Architecture Project*, Valori e Valutazioni, n. 21, 2018, pp.3-14.

FORMISANO A., *Local – and global – scale seismic analyses*

of historical masonry compounds in San Pio delle Camere (L'Aquila, Italy), *Nat. Hazards*, n. 86, 2017, pp.465-487.

GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M. R., *From Surface to Core: A Multi-layer Approach for the Real Estate Market Analysis of a Central Area in Catania*, In Gervasi O. et al. (eds), ICCSA 2015, LNCS 9157, Springer, part III, 2015, pp. 284-300, DOI: 10.1007/978-3-319-21470-2_20.

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), ICCSA 2016, LNCS 9789, Springer, Vol. IV, 2016, pp. 13-28, DOI: 10.1007/978-3-319-42089-9_2.

GABRIELLI L., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., *Gaps and overlaps of urban housing sub market: a fuzzy clustering approach*, *Green Energy and Technology*, Springer, 2017, pp. 203-219, Issue 9783319496757, DOI: 10.1007/978-3-319-49676-4_15.

GIUFFRIDA S., TROVATO M. R., CIRCO C., VENTURA V., GIUFFRÈ M., MACCA V., *Seismic Vulnerability and Old Towns. A Cost-Based Programming Model*, *Geosciences*, Vol. 9, 10(427), 2019, doi:10.3390/geosciences9100427.

GIUFFRIDA S., GAGLIANO F., TOCCI C., *Emergency Limit Condition in the Old Towns. Axiology of seismic vulnerability and design*, *Valori Valutazioni*, n. 15, 2015a, pp. 55-67.

GIUFFRIDA S., FERLUGA G., VALENTI A., *Clustering analysis in a complex real estate market: The case of Ortigia (Italy)*, In Murgante B. et al., (eds.), ICCSA, LNCS, vol. 8581 LNCS, Part 3, Springer, 2014, pp. 106-121, DOI:10.1007/978-3-319-09150-1_9.

GIUFFRIDA, S.; FERLUGA, G.; VENTURA, V., *Planning Seismic Damage Prevention in the Old Towns. Value and Evaluation Matters*, In Gervasi O. et al. (eds.) ICCSA, Part III, Springer, 2015 b, pp. 253-268, DOI: 10.1007/978-3-319-21470-2_18

GRANT D.N., BOMMER J.J., PINHO R., CALVI G.M., GORETTI A., MERONI F.A., *Schema di prioritizzazione per l'intervento sismico negli edifici scolastici in Italia*, *Earthq. Spectra*, n. 23, 2013, pp. 291-314.

GUARINI M.R., D'ADDABBO N., MORANO P., TAJANI F., *Multi-criteria analysis in compound decision processes: The AHP and the architectural competition for the Chamber of Deputies in Rome (Italy)*. *Buildings*, 7 (2), 2017, art. no. 38. DOI: 10.3390/buildings7020038.

NAPOLI G., GIUFFRIDA S., TROVATO M.R., VALENTI A., *Cap Rate as the Interpretative Variable of the Urban Real state Capital Asset: A Comparison of Different Sub-Market Definitions in Palermo, Italy*, *Buildings*, 7(80), 2018, DOI:10.3390/buildings7030080.

NASELLI F., TROVATO M. R., CASTELLO G., *An evaluation model for the actions in supporting of the environmental and landscaping rehabilitation of the Pasquasia's site mining (EN)*, In Murgante B. et al., (eds.), ICCSA 2014, LNCS 8581, Springer, Part III, 2014, pp. 26-41, DOI: 10.1007/978-3-319-09150-1_3.

O'REILLY G.J., SULLIVAN T.J., *Quantification of modelling uncertainty in existing Italian RC frames*, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, n. 47(4), 2018, pp.1054-1074. DOI: 10.1002/eqe.3005.

OPPIO A., BOTTERO M., *A strategic management based on multicriteria decision analysis: An application for the Alpine regions*, *International Journal of Multicriteria Decision Making*, vol. 7, 2018, p. 236-262, ISSN: 2040-1078, doi: 10.1504/ijmcdm.2018.094384.

RAPONE D., BRANDO G., SPACONE E., DE MATTEIS G., *Seismic vulnerability assessment of historic centers: Description of a predictive method and application to the case study of Scanno (Abruzzi, Italy)*, *Int. J. Arch. Herit.*, 12, 2018, pp. 1171-1195.

SPERANZA E., DOLCE M., DI PASCQUALE G., TIBERI P., *Una metodologia per la formulazione di scenari di danno a scala comunale: applicazione pilota su 24 centri urbani della Valdaso*, in *L'Ingegneria Sismica in Italia*, Atti del XIV Convegno ANIDIS, ANIDIS, Bologna, 2011.

TIEDEMANN H., *Earthquake and Volcanic Eruptions", A Handbook on Risk Assessment*, Switzerland: Swiss Reinsurance Company, Zurich, 1992.

TOCCI C., *Vulnerabilità sismica e scenari di danno: Analisi speditiva delle catene di danno*, In Blasi, C. (eds.), *Architettura Storica e Terremoti. Protocolli Operativi per La Conoscenza e La Tutela*; Wolkers Kluwer: Lucca, Italy, 2014; pp. 113-119.

TROVATO M.R., *A multi-criteria approach to support the retraining plan of the Biancavilla's old town*, In Bevilacqua C., Calabro F., Della Spina L. (eds.), *Smart Innovation, Systems and Technologies, 3rd International New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation dynamics towards territory attractiveness through the implementation of Horizon/Europe2020/Agenda2030*, Reggio Calabria; Italy; 22-25 May 2018, Volume 101, 2019, pp. 434-441, DOI: 10.1007/978-3-319-92102-0_46.

TROVATO M. R., GIUFFRIDA S., *The choice problem of the urban performances to support the Pachino's redevelopment plan*, *IJBIDM*, n. 9 (4), 2014, pp. 330-355, DOI:10.1504/IJBIM.2014.068458.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *The Monetary Measurement of Flood Damage and the Valuation of the Proactive policies in Sicily*, *Geosciences* 8 (4), 141, 2018, <https://doi.org/10.3390/geosciences8040141>.

TROVATO M.R., GIUFFRIDA S., *The protection of territory in the perspective of the intergenerational equity*, *Green Energy and Technology*; Springer: Berlin, Germany, 2018; pp. 469-485, DOI: 10.1007/978-3-319-78271-3_37.

VALENTI A., GIUFFRIDA S., LINGUANTI F., *Decision trees analysis in a low tension real estate market: The case of Troina (Italy)*, LNCS, Vol. 9157, 2015, pp. 237-252, DOI:10.1007/978-3-319-21470-2_17.