POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Regeneration of Rogoredo railway: a combined approach using multi-criteria and financial analysis [Un approccio integrato per la rigenerazione dello scalo ferroviario di Rogoredo]

Original
Regeneration of Rogoredo railway: a combined approach using multi-criteria and financial analysis [Un approccio integrato per la rigenerazione dello scalo ferroviario di Rogoredo] / Bottero, M., Caprioli, C., Datola, G., Oppio, A., Torrieri, F.. - In: VALORI E VALUTAZIONI. - ISSN 2036-2404. - ELETTRONICO. - 31:(2022), pp. 89-102. [10.48264/VVSIEV-20223107]

Availability:
This version is available at: 11583/2977577 since: 2023-03-29T11:35:45Z

Publisher:
SIEV (Società Italiana di Estimo e Valutazione)

Published
DOI:10.48264/VVSIEV-20223107

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

26 November 2026

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 89

Regeneration of Rogoredo railway: a combined approach using multi-criteria and financial analysis

Marta Bottero, Caterina Caprioli**, Giulia Datola***, Alessandra Oppio****, Francesca Torrieri******

Key words: urban regeneration, multi-criteria analysis, economic feasibility, discounted-cash flow analysis, multi-methodological approach

Abstract

Abandoned areas such as neglected railways and urban voids represent a suitable opportunity for the regeneration and requalification of cities, according to the paradigms of sustainability and resilience. Urban transformation and urban regeneration processes are characterized by a high level of complexity, a dynamic behavior over time and interactions between the various actors involved in the process. Within this context, the present paper proposes the application of a combined evaluation framework, based on the integration of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) with a Financial Analysis (FA) to assess different strategic scenarios for the regeneration of the Rogoredo railways area (Milan, Italy). The purpose of this framework is to take into account the complexity of the decision-making process, considering both the qualitative (social and environmental) and quantitative (economic-financial) aspects. In detail, the railway yards in the Rogoredo area in Milan (Italy) represent an emblematic case. The city of Milan, within the Territory Governance Plan (PGT), has already proposed interventions in this site aimed at reconnecting the infrastructural node and making it an attractive and inclusive pole. The present paper demonstrates the usefulness of evaluation procedures in supporting the entire decision-making process and defining the most suitable scenario considering the initial objective and the stakeholders' interests. The innovative value provided by this application is represented precisely by the possibility of considering both the developer point of view through FA and the broader public perspective through the support of MCDA. This approach allowed to build and evaluate transformation scenarios capable of both attracting potential investors and promoting sustainable mobility models, social inclusion, eco-sustainable development, improvement of environmental quality through the design of new public areas, green spaces, and services for citizens.

1. INTRODUCTION

Neglected urban areas and abandoned districts represent both weaknesses and great opportunities for the development and regeneration of urban systems. The regeneration of these areas is aligned with the paradigm of the circular economy, which is based on the principles of reusing, recycling, sharing, and leasing. During these last years, the circular economy paradigm has been implemented in the regeneration of built environments. As an example, the work proposed by Mussinelli and colleagues (Mussinelli et al., 2020) underlines the

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 90

necessity to integrate the paradigm of the green economy and resilience with the principles of urban regeneration processes. Within this new perspective, it is fundamental to understand how the urban regeneration and the circular economy paradigm can be integrated with sustainable and resilient development. In literature, urban regeneration is described as a set of actions that aim to improve inhabitants' quality of life, promote cultural resources, safeguard the environmental system, and carry out economic development (Garsia, 2015). Therefore, urban regeneration processes do not only concern the building-restoration interventions, but they need to include the social, economic, and cultural dimensions (Roberts and Sykes, 2000). Furthermore, urban rege-neration has to be considered a dynamic, continuous, and long-term process strictly related to the context and inhabitants' needs (Garsia, 2015). It does not produce immediate effects and does not finish with the end of the physical interventions, but it implies long-term impacts (Giuffrida et al., 2017).

According to the above-mentioned principles, important challenges for sustainable and resilient development can be achieved through the implementation of the paradigm of the circular economy within the urban regeneration process. Firstly, it will be possible to enlarge the application of the sustainability paradigm in different contexts and practices, such as energy efficiency, raw materials acquisition, waste management, health, and society. Secondly, the urban regeneration process based on the circular economy paradigm can also promote the efficient use of local economies, as well as social and environmental resources (Della Torre et al., 2020). Thirdly, this process can also contribute to achieve resilient development through direct interventions for the requalification of the built environment. It will be possible to integrate interventions based on the principle of reusing, adaptability, flexibility, and convertibility. Fourthly, through the requalification of abandoned and peri-urban areas and through the management and the reuse of building waste, it will be possible to activate virtuous and innovative circular processes between primary and secondary materials.

Considering the several challenges of the urban regeneration process implemented with the principles of the circular economy, it is necessary to assess the potential effects of these interventions in an *ex-ante* phase. For this purpose, it is necessary to use evaluation approaches and tools able to consider the multidimensionality and to predict the possible effects generated by transformations (Blecic and Cecchini, 2016).

Within this context, the paper is focused on the application of a combined evaluation framework to assess different strategies for the regeneration of the Rogoredo railways. The proposed approach is defined by the combination of the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) with a Financial Analysis (FA).

2. METHODOLOGY

2.1 An integrated method perspective to support urban regeneration

The use of assessment approaches to give useful information about the feasibility of a project and its social and environmental impacts is even more pervasive in our era (Mondini, 2016). And more specifically, in the context of urban regeneration projects, several evaluation models are available to guide and support the assessment of projects, plans, and policies (Bottero et al., 2021). Three main groups of methods can be identified (Table 1). The first group refers to financial analysis, i.e., the ones that consider costs and revenues of the investment over time (Prizzon, 1995; Csillahy, 1985). This analysis generally provides an overall estimation of plans and projects using financial performance indicators (such as NPV and IRR), easily to be interpreted. However, the financial analysis does not consider the different externalities of plans and projects, assuming more a private than the public perspective of the intervention.

A second group focuses on the economic evaluation of projects and plans. Cost-Benefits analysis (CBA) is probably the most relevant and known method within this cluster (Sartori et al., 2014). Considering all the costs and benefits generated by the transformation, CBA gives an overall assessment of operations feasibility in economic terms (European Commission, 2014) and through a final economic index. The analysis results from CBA are easy to interpret. However, many authors have pointed the reductionist approach of CBA concerning the system complexity (Munda, 2016), the difficulties and fuzziness of monetizing social and environmental effects and the intergenerational equity issue.

Conversely, the third group refers to the family of methods called Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) (Greco et al. 2016). MCDA is able to manage several economic and extra-economic criteria and to consider the interaction among the different needs and perspectives of the stakeholders involved in the decision-making process.

Based on these considerations and the complexity of decision-making processes - particularly in the context of regeneration projects –, it is clear how important is the collection and integration of the variety of aspects in play.

2.2 Methodological framework

The present contribution starts from the previous insights to define an integrated method based on intangible values and estimated costs for developing and assessing best-performing regeneration scenarios. These two perspectives of the project should be considered simultaneously for the success of the intervention both from the private and public points of view. One on hand, public administrations must face the scarcity of financial

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 91

Table 1 - *Comparative analysis between the three methods (Financial Analysis, CBA and MCDA). (Elaboration from Marangon and Rosato, 1995).*

	Financial Analysis	CBA	MCDA
Description	Analysis of the costs and the benefits over the life of the investment	Analysis of the variation of social well-being that the project will determine	Analysis of the full range of aspects that are related to the project
Input	Prices of productive factors and products, discount rate	Monetary values of social well-being variations	Positive and negative impacts, weights, utility functions
Output	Financial performance indicators (NPV and IRR)	Social-economic performance indicators (NPV and IRR)	Ranking, compatibility assessment
Pros	The results of the analysis are easy to interpret	The results of the analysis are easy to interpret	The analysis considers the complexity of the decision-making process (stakeholders, conflicts, political and technical judgments, …)
Cons	The analysis does not consider the externalities	The monetary evaluations of social and environmental effects may be difficult and imprecise	No-conventional procedures, analysis difficult to be conducted and implemented
Use	Private investments	Public investments	Feasibility studies, analysis of alternative options

resources and the project must be able to attract private investors (Oppio et al., 2020). The adoption of FA is therefore essential. On the other hand, MCDA makes possible to evaluate the impacts of the project in social and environmental terms, providing a wider examination of the possible effects and possibilities generated by the considered interventions.

The regeneration project for the area of Rogoredo aims to propose a beneficial transformation from a social point of view and for the future inhabitants of the area. However, at the same time, investments need to be catch and flown into the transformation. The architectural quality, the social and environmental benefits, and the construction costs should be balanced. The delicate and conflicting equilibrium among these parameters can be obtained only through a multidimensional and multi-scalar analysis that goes from the investigation of all the aspects at the small scale to their interrelations at urban/district scale, using both a financial and multi-criteria analysis. The integrated framework is illustrated by Figure 1. In detail, this paper adopts the PROMETHEE method for the multi-criteria evaluation of regeneration interventions.

2.2.1 PROMETHEE Method

In the present research, the MCDA evaluation has been based on the development of PROMETHEE. The acronym PROMETHEE stands for "Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation". This methodology belongs to the wider group of the MCDA used to examine real-world decision problems (Behzadian et al., 2010; Bottero et al., 2018). In detail, the PROMETHEE methodology is an outranking method (Corrente et al., 2014). It was firstly introduced by Brans (1982), and successively improved by Brans et al (1984; 1985; 1986; 1992; 1995; 2005).

PROMETHEE is applied to evaluate a finite number of alternatives A={a, b, . . . , m} according to a finite set of criteria G={g1, g2, . . . , gk}, involving also several decision-makers (Roy and Bouyssou, 1993). Thus, it is possible to determine the variables that affect the ranking and also to analyze the differences and the similarities between different alternatives (Bottero et al., 2016; 2018; 2019).

Moreover, this method is based on the principle of the preference degree and, its main methodological principles are: (a) the set of criteria is finite; (b) criteria are not hierarchically structured; (c) the parameters of the decision model can be precisely defined. To apply PROMETHEE, the first step concerns the comparison of the different actions according to each criterion, considering the preferences of DMs (Dell'Ovo et al., 2020). These preferences are performed through the pairwise comparisons that provide local scores, then aggregated to global scores. Through these processes, a partial pre-order (PROMETHEE I) or a complete pre-order rank (PROMETHEE II) or a pre-order interval rank (PROMETHEE III) are obtained.

Moreover, real-world decision problems are characterized by multidimensional criteria, that cannot result in a completely optimum solution. Thus, additional information has to be investigated by DMs. These elements are (1) the threshold of Preference (P), (2) the threshold of Indifference (I), and the dominance graph (Brans and Mareschal 1992; 1995; 2005).

PROMETHEE method identifies a preference function P_j for each criterion *j*, representing the degree of preference of action (a) over action (b) about criterion g_j. This function is grounded on the difference in their evaluation $g_j(a)–g_j(b)$, which is a non-decreasing function. The degree of preference obtained from the DMs preference function transforms the differences between the two alternatives into a numerical scale between 0 and 1. The value "1" is assigned in the case of a strong preference of the alternative (a) over the alternative (b). In contrast, the

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 92

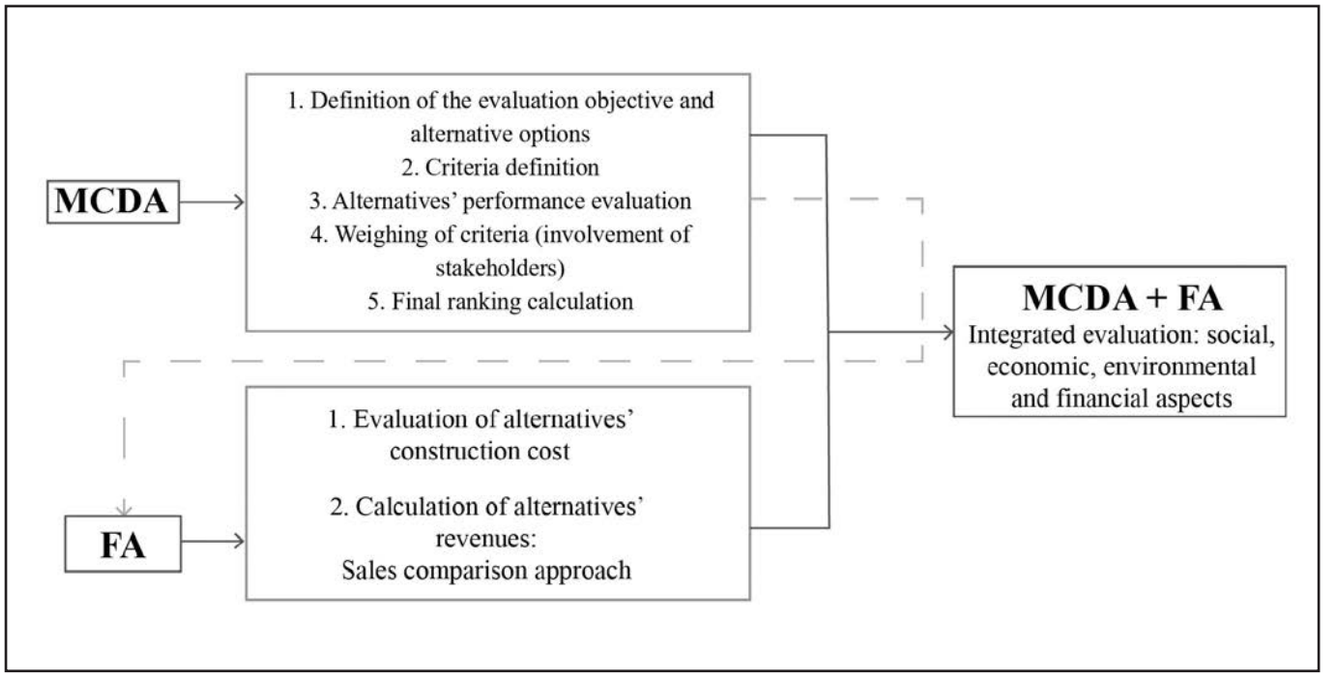

Figure 1 - *Methodological framework*.

value "0" is used to represent the indifference between alternative (a) and alternative (b). In literature (Brans and Vicke 1985; Brans and Mareschal 2005), six typical preference functions have been proposed that can be summarised as follow: (1) usual criterion, (2) quasi criterion (U-shape), (3) criterion with linear preference (V-shape), (4) level criterion, (5) linear criterion, and (6) Gaussian criterion.

The final step of the PROMETHEE methodology requires the consideration of how much action (a) is preferred to action (b) considering all the criteria. For this assessment, an overall preference index Π(a,b) is calculated. The Π(a,b) performs the intensity of preference of (a) over (b), and a weighted sum calculates it through this formula:

$$\Pi(a,b) = \sum_{j=1}^{k} w_j P_j(a,b) \quad (1)$$

where Π(a,b) represents the overall preference intensity of (a) over (b) concerning all the k criteria, w_j is the weight of criterion j, and P_j (a,b) is the preference function of (a) over (b) concerning the criterion j. It is important to underline that Π(a,b)~0 represents a weak global preference for (a) over (b), whereas Π(a,b)~1 shows a strong global preference for (a) over (b). The weights $w_j > 0$ represent the importance and the relevance of each criterion within the decision problem.

Since each alternative action is compared to the others, it is possible to define both a positive outranking flow Φ+(a) and a negative outranking flow Φ−(a) that can be defined:

$$\Phi^{+}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \Pi(a,b) \quad (2)$$

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \Pi(a,b) \quad (3)$$

Specifically, Φ+(a) represents the global preference for the action (a) compared to all the other actions and also determines how the alternative (a) outranks the others. The higher is Φ+(a), the better alternative (a) is compared to the others. Whereas Φ−(a) represents the global weakness of the actions (a) about all the other actions, and it expresses how the alternative (a) is outranked by the others. The lower Φ−(a) is, the better alternative (a) is. Furthermore, these two flows can be combined to obtain the net outranking flow Φ(a):

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a) \quad (4)$$

The higher the net flow, the better the alternative is.

In detail, the PROMETHEE method is quite applied in urban regeneration and transformation fields as underlined by Table 2 shows a brief literature review

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 93

carried out on SCOPUS platform, about the application of PROMETHEE in the abovementioned fields, reporting the most relevant case studies.

Table 2 - *Literature review of PROMETHEE applications in urban contexts*

Authors	Case Study	Evaluation objective
Abastante et al. 2022	The Economic Evaluation of Projects as a Structuring Discipline of Learning Processes to Support Decision-Making in Sustainable Urban Transformations	Evaluation objective: comparison of transformation scenarios for the requalification of La Villette neighborhood in Paris (France)
Cerreta et al., 2020	Regenerativescapes: Incremental Evaluation for the Regeneration of Unresolved Territories in East Naples	Comparing the base case scenario scenario with two incremental new scenarios and identify situated sustainable priorities, according to the city circular principles
Della Spina and Rugolo, 2020	A Multicriteria Decision Aid Process for Urban Regeneration Process of Abandoned Industrial Areas	Evaluation of different regeneration alternatives for the revitalization of abandoned industrial areas in vulnerable contexts
Bottero et al., 2018	Multicriteria Evaluation of Urban regeneration processes: An application of PROMETHEE Method in Northern Italy	Supporting the decision-making process for an urban regeneration intervention in Northern Italy
Bottero et al., 2019	Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach	Ranking adaptive reuse and regeneration strategies strategies for abandoned industrial heritage
Cerreta et al., 2020	Operationalizing the Circular City Model for Naples' City-Port: A Hybrid Development Strategy	Assessment of three design alternatives for the East Naples port and the development of a hybrid regeneration scenario consistent with CE and sustainability principles

It is possible to notice from the reported literature review that the PROMETHEE method is mostly applied in the context of cultural heritage evaluation and adaptive reuse.

3. APPLICATION

As mentioned above, this paper illustrates the application of a combined evaluation framework to assess eleven alternative scenarios for the requalification of the Rogoredo area, located in the Municipality of Milan (Italy). In detail, this method is based on the combination of the MCDA with FA. The main task is evaluating the different alternatives, according to a multidimensional evaluation, including both the developers' and citizens' perspectives.

3.1 Case study

This study area (Fig. 2) is located in a peripheral portion of the municipality of Milan, known for the former Rogoredo freight terminal and many light industries.



Figure 2 - *Location of the study area.*

The area of Rogoredo is particularly significant in the context of urban transformation, as it is part of a broader program for the regeneration of railway stations that surround the city centre (Fig. 3). Moreover, it represents a strategic point of interchange between the suburban and the metropolitan railway network. Not far from this area, there is the metro station called Porto di Mare. From 2005, the Municipality of Milan, with Ferrovie dello Stato (Italian public railway company) and the Lombardy Region, have started to frame a set of objectives and strategies for the urban regeneration of the various underused railway stations (including Rogoredo). The main vision is to look at them in a comprehensive manner proposing a strengthening of the Milan railway system.



Figure 3 - *Abandoned railway stations around the city center (source: Scali ferroviari - Accordo di Programma (AdP)).*

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 94

In the past, this infrastructure had a fundamental role in the economic, social, and infrastructural operation of the city. Nowadays, the railway stations create discontinuities among these areas (Fig. 4), and in most parts are characterized by a degraded and neglected state. The main objectives are, therefore, to develop regeneration programs and projects that follow a set of sustainable principles, such as citizens' well-being and high quality of life, a large development of green spaces, a social and functional mix, improvement of mobility system with specific public investments.

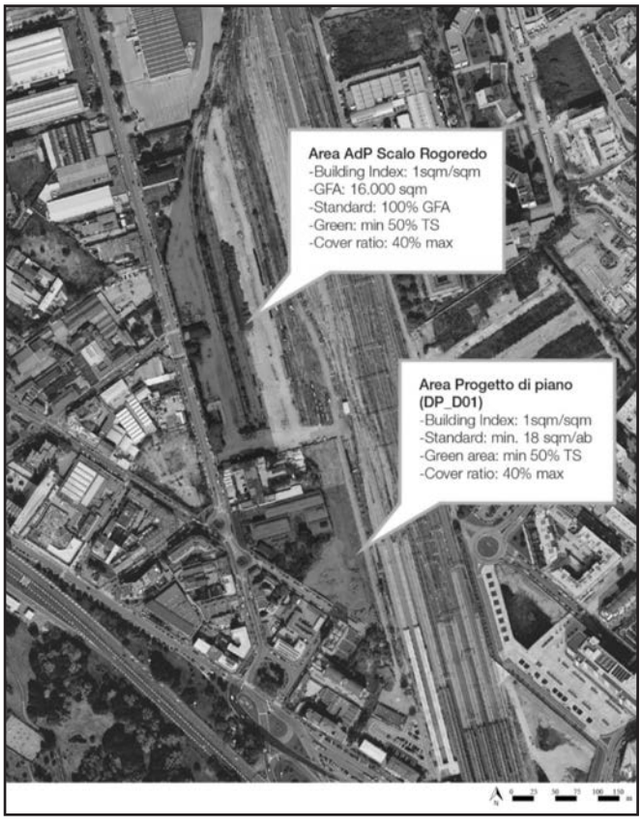

Figure 4 - *The north and south areas of Rogoredo.*

3.2 Application of the Multi-Criteria Decision Analysis

3.2.1 Selection of the multidimensional set of criteria

For the application of PROMETHEE, the first step concerns the identification of a coherent set of criteria. These criteria make possible to assess the performance of the alternative scenarios proposed. Table 3 lists the multidimensional set of criteria considered for the evaluation. In detail, criteria are referred to the environment, society, and economy dimensions.

Table 3 - *Multidimensional set of criteria*

Dimension	Criteria	Description	Unit	Direction
Environment	Green Areas	Tot. surface of green areas	[m^2]	Max
	Construction areas / green areas	The ratio between construction areas and green area	[-]	Min
	Regeneration intervention	Regenerated surface	[m^2]	Max
	Air pollution and acoustic noise	Pollution generated by the intervention	[qualitative 1-5]	Min
Society	Accessibility	Attention given to the accessibility in the project	[qualitative 1-5]	Min
	Mixitè	Diversification in services proposal	[0-1]	Max
	Pedestrian path	Surface of pedestrian path	[m linear]	Max.
	Public spaces	Surface destined to public space	[m^2]	Max
	Security	Attention to the security system in the intervention area	[qualitative 1-5]	Max
Economy	Investment cost	Tot. of investment	[€]	Min.
	Revenues	Tot. of revenues created by the investment	[€]	Max

3.2.2 The weighting process

To perform the weighing process of the considered criteria, the present paper proposes the application of the playing card method, introduced by Simos (Simos, 1990). The weighing process engaged different groups of stakeholders. In this case study, a group of designers, residents and developers was involved.

This method provides stakeholders with a set of cards, each of them representing one criterion, and a set of white cards. Stakeholders were asked to rank these cards from the least important criterion to the most important

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 95

criterion (Figueira and Roy, 2002). Consequently, the first criterion on the ranking is the less important and the last criterion is the most important. In this way, it is thus possible to get the complete pre-order of the *n* criteria.

At this stage, however, criteria differ with the previous and subsequent ones only of one position, since they are placed next to each other. Therefore, the next step requires stakeholders to reason about the importance of two successive criteria. If the importance of one over the other is higher than one, the stakeholders can introduce white cards between two successive cards, to underline this difference. The greater the difference is, the greater is the number of white cards. Thus, the stakeholders can put 1, 2 or 3 cards between criteria, to represent his/her opinion of the different importance. In this sense, no white card means that the difference between the weights can be considered as a unit (u). One white card means that the difference is two times the unit (u). Two white cards mean that the difference is three times the unit (u).

To covert the rank into weights, Simos proposed an algorithm (for more information about the Simos' algorithm, please see Figueira and Roy, 2002).
The software SRF has been used in this application to translate the criteria ranking into weights. It is considered the implementation of the procedure provided by Simos to translate the ranking obtained by the experts' into "ranking tables". In these ranking tables, it is possible to add the number of the white cards defined previously by the stakeholders. Moreover, the software gives also the possibility to define an additional value, i.e., the ratio z, which indicates the distance between the most important criterion and the least important one in the ranking. Since it is very difficult to express this ratio using a single constant value, the software allows to set different values of the ratio z and verifies how the weights change. An output table and a graphical figure show the criteria rank. In detail, Figure 5 shows the different set of weights, provided by the engaged stakeholders.

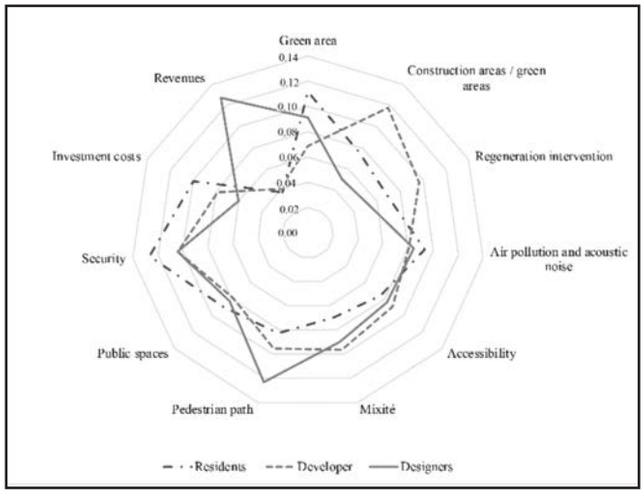

Figure 5 - *Set of weights of evaluation criteria.*

3.2.3 *Alternative scenarios*

For the regeneration of the Rogoredo railway station area, eleven different strategies have been developed. In detail, these strategies are based on different pillars, that are: (1) social housing (Scenario 1, 4 and 9), (2) public spaces (Scenario 3, 5, 11), (3) commercial areas (Scenario 7 and 8) and (4) green areas (Scenario 2, 6 and 10). Figure 6 shows the different scenarios proposed.

3.2.4 *Results*

Obtained the weights by the different stakeholders involved, the average values have been calculated to assess the different scenarios considering all of the stakeholders' perspectives.

Figure 7 illustrates the global ranking, obtained through PROMETHEE. Considering the overall preference expressed by the stakeholders involved, the preferable alternative is Scenario 4. This scenario has the best performance in the accessibility criterion, as well as good performance for the criteria of pedestrian path, public space, regeneration, investment cost (60.412.424,00 €) and revenues (106.954.390,00 €). On the contrary, the less preferred alternative is Scenario 8. This strategy has bad performance in regeneration, air pollution and acoustic noise and accessibility. Moreover, it has too many expensive costs (56.761.929,00 €) compared to the revenues (60.028.600,00 €). Thus, combining the perspective of the developers, citizens and designers, it has the last position in the final ranking.

The global ranking can be also discussed through the support of the GAIA plan (Mareschal and De Smet, 2009). In fact, it is a useful tool to represent both the preference's similarity and the conflicting criteria. Figure 8 shows the GAIA plan obtained by this evaluation. As it is possible to notice, developers have an opposite preference than the designers and residents. However, there is no strong conflict in this decision process, as all the axes are right oriented. The preferences of the strategies reflect the order represented by the global ranking (Fig. 7), underling that the final ranking considers the global preferences of the stakeholders.

3.2.5 *Sensitivity Analysis*

The sensitivity analysis has been performed to assess the robustness of the evaluation model. This analysis has been carried out following these three steps:

1. Giving equal importance (weight) to all criteria (Fig. 9a)
2. Minimizing the weights given to the accessibility and regeneration criteria (Fig. 9b)
3. Maximizing the weights related to the investment cost and revenues (Fig. 9c).

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 96

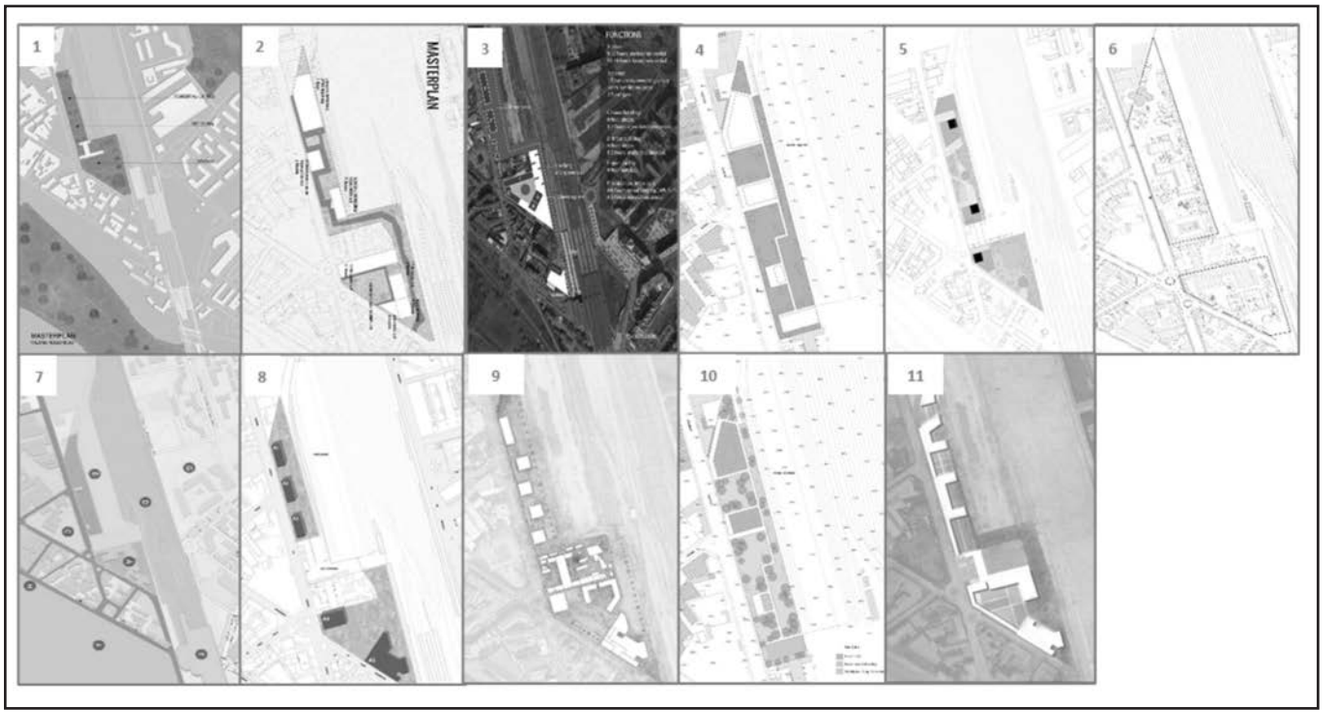

Figure 6 - *Alternative scenarios of Rogoredo.*

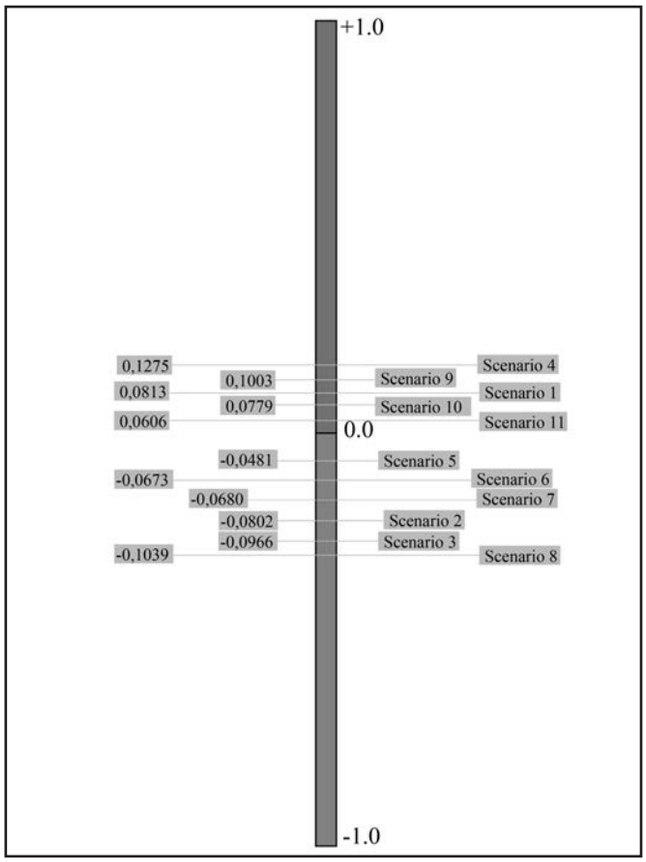

Figure 7 - *Global Ranking processed through PROMETHEE.*

Figure 9 illustrates the results of the performed sensitivity analysis. Concerning the first sensitivity analysis (equal weights for all the criteria), it is possible to notice that the ranking does not change consistently. Scenario 4, scenario 9 and scenario 1 remain the main preferable scenarios. Only scenario 7 changes its position in the ranking. This can be explained with good performances in regeneration and accessibility, that have been minimized in this sensitivity. Moreover, this scenario performs lower performances for the criteria related to green areas, the ratio between constructed areas and green areas, air pollution and acoustic noise and *mixité*, which have been minimized.

The second analysis (minimizing regeneration and the accessibility *criteria*) does not compromise the global ranking obtained. In fact, scenarios 4, 9, 1, 10, 11 maintain their position in the ranking. Scenarios with low performances do not change consistently their position.

The third sensitivity (maximizing the investment criteria) makes some more changes than the other two sensitivity analysis discussed before. Scenario 3 changes its position in the ranking, as well as scenarios 10 and 11. These changes can be mainly due to the extremization of the weight addressed to the cost of investment and the revenues.

However, the sensitivity analysis performed through these different steps has been useful to determine the robustness of the evaluation model.

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 97

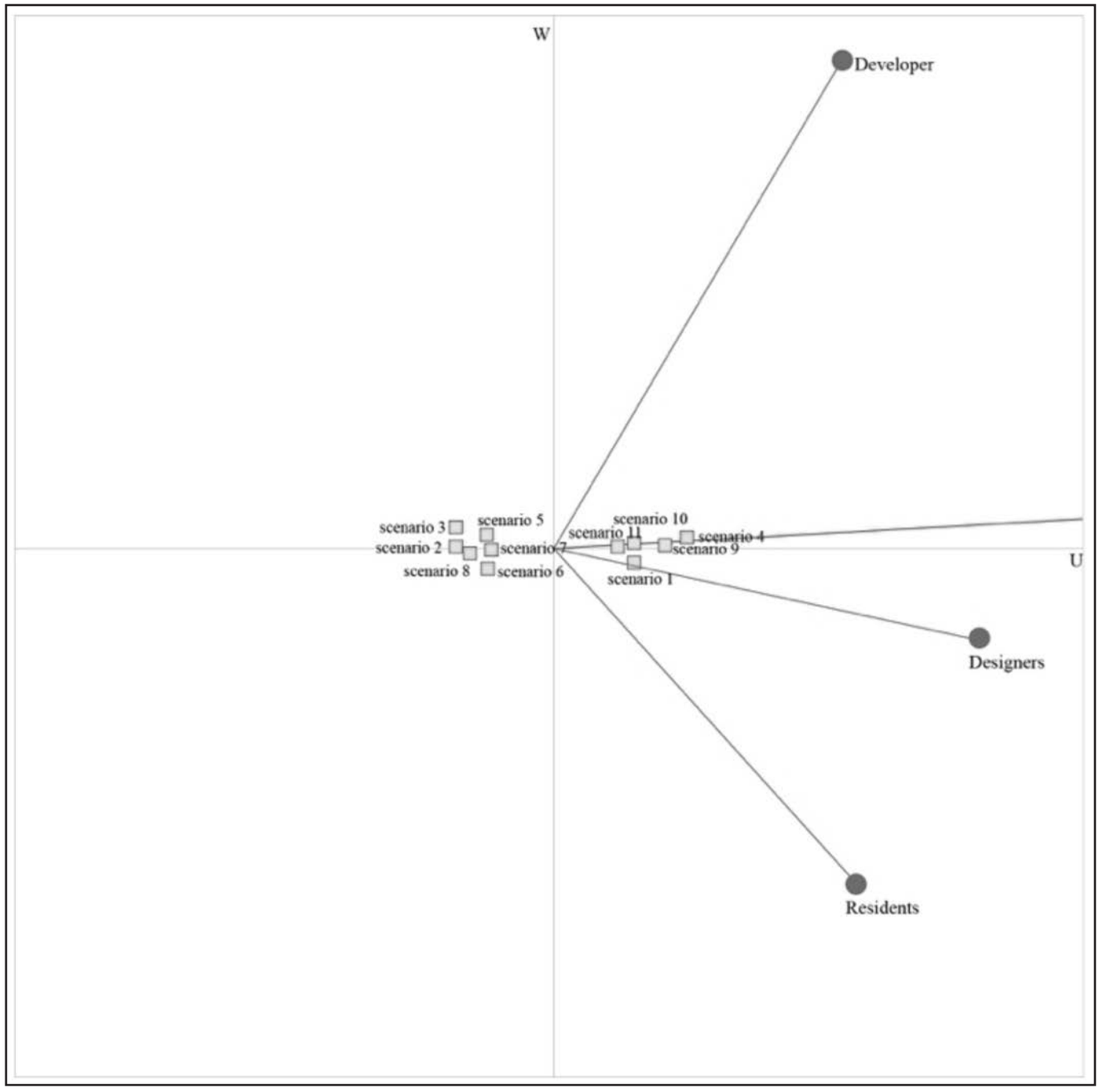

Figure 8 - *GAIA plan*

3.3 Costs and revenues estimation

With MCDA, a parametric FA has been conducted. This analysis allows to consider the impacts of the regeneration in terms of financial resources required and the revenues generated, in the first stages of the decision-making process. The latter is fundamental both for public and private investors to predict the feasibility of the project and compared alternative regeneration scenarios.

This paper shows an example of this estimation performed for scenario 9. This scenario was chosen because the most different typologies are planned to be realized in the area, such as social housing, offices, commercial activities, cinema, public spaces, and garages.

For the estimation of the cost, it was used a parametric procedure, mainly using the Prezziario DEI of building typologies (2014), the information contained in the Agenzia delle Entrate database (2021), the price list of Lombardy region and the City Council Law (2007).

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 98

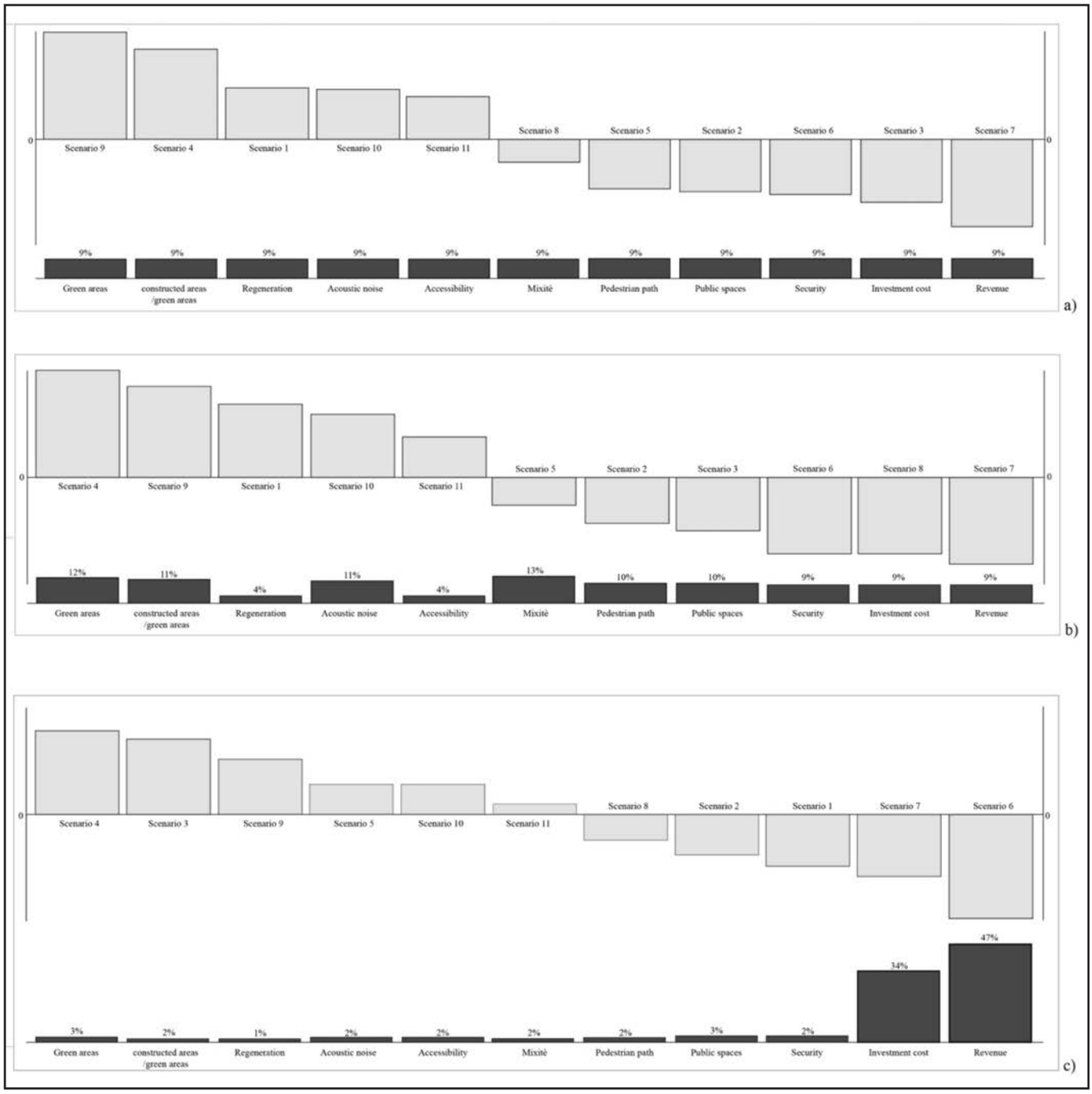

Figure 9 - *Sensitivity analysis performed through PROMETHEE software.*

Firstly, the parameter costs contained in the DEI documents were multiplied for the specific surfaces planned for the area of Rogoredo. More specifically, it was used the A9 typology for residential building with underground parking (2124 €/sqm), B7 for social housing (1.170 €/sqm), D13f for the cinema (10.187 €/seat), D16 for office (925 €/sqm), I1 for green areas (33€/sqm), and I13 for pedestrian paths (283 €/sqm). The amount of costs is 50,382,371 €, considering also the land value (600 €/sqm) and demolition costs (35 €/sqm), using for the latter the price list of Lombardy region (2020). To this value, it was summed the costs related to the primary and secondary planning fees for the different building typologies, using the data contained in the City Council Law (2007), and the percentage on the construction cost. Then, it was added the professional fees (i.e., 7% for the project and 3% for other stuff), the project development fees (5% for office construction, considering the total costs, and 3% for commercial construction, considering the

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 99

revenues costs), and the profit. The investment cost is 76.551.470 €.

Secondly, the revenues due to the sale of the properties were estimated using a direct estimation procedure based on the analysis of the correct offer prices of a representative sample of properties, located in the reference homogeneous area. The results thus obtained were then compared with the average market value referring to the same homogeneous area and the same type of property, published by the "Osservatorio dell'Agenzia delle Entrate" (OMI) published by the Agenzia delle Entrate (2021).

To estimate the market values of residential houses, a sample of ten properties with similar characteristics was selected by consulting some real estate websites (i.e., immobiliare.it and casa.it) and used to define the average value. Since different types of apartments will be realized in the Rogoredo area in terms of size, location, floor and energetic class, marginal prices are added to adjust these prices. To verify the validity of these estimations, the average value estimated is compared with the average price for the areas surrounding Rogoredo and contained in the "Osservatorio dell'Agenzia delle entrate" (3,230 €/sqm compared to 3,300 €/sqm). For social housing, commercial activities, offices, kindergarten and garages, it was used the maximum average price (respectively equal to 2,300 €/sqm, 1,800 €/sqm, 2,200 €/sqm, 1,500 €/sqm and 20.000 € each) given by the "Osservatorio dell'Agenzia delle entrate". For the cinema, it was estimated the capacity of the building in terms of seats (i.e., 402) based on the square meters and assumed a vacancy rate equal to 20% each day of activity. Then, the annual gross revenues are based on the ticket price (set equal to 7 €), the vacancy rate and the working days. 50% of this amount is then considered as the expenditure of the cinema and divided by the 7% of capital expenditures. The market value estimated for the cinema is equal to 12,075,000 €. Based on these estimations, the total revenues are equal to 81,385,000 €.

Comparing the investment costs with the total revenues, the return on the investment (ROI) is about 6%. This result confirms the financial feasibility of the investment, highlighting its social nature considering the social housing interventions, public spaces and urban green areas realized.

The result is really useful for comparing the scenarios among each other also from a purely financial point of view, highlighting the ROI and considering the perspective of the developer and lender. In this way, the masterplan proposals can be reconsidered in the light of both the MCDA and FA analysis and discussed with all the stakeholders involved to reduce possible conflicts among them.

4. CONCLUSION

The proposed case study investigates the role of integrated methods to support alternative scenarios design and assessment for the regeneration of underused areas. The Rogoredo railway yard area with its regeneration is used as a real-world application of reuse and regeneration of grey infrastructure within the consolidated urban context. In particular, the present analysis tries to investigate the development of this portion of the city of Milan with a sustainable, resilient and, above all, circular perspective, where the regeneration becomes the best example of closing the circle in urban contexts.

More specifically, the methodological approach proposed combines MCDA and FA to support the decision-making process in its complexity, taking into account the qualitative (social and environmental) and quantitative (economic-financial) aspects in play. The added value provided by this application is represented precisely by the possibility of considering both the developer interests through a costs and revenues estimation and the broader public perspective through MCDA. To increase the reliability of the assessment, a focus group was conducted to determine the set of weights in MCDA. The various stakeholders' opinions and needs become in this way integral part of the different phases from the masterplan to the project realization.

Some future perspectives are imagined for the implementation of this work. Firstly, a cost-benefit analysis (CBA) will be performed to take into account the social-entrepreneurial nature of the intervention, considering the indications contained in the Territorial Governance Plan (PGT) of the city of Milan. The objective is in fact to propose interventions aimed at reconnecting this infrastructural node, making it an attractive and inclusive pole. Secondly, through the analysis of the various alternatives proposed and the rankings obtained, it will be possible to create a more suitable and satisfactory scenario that derives from the synthesis of the winning alternatives and their best-performing strategies, and by taking into account the results of FA. In this way, both private and public sides can gain from this integrated perspective to propose a convenient scenario in financial terms but also highly effective intervention from a social point of view.

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 100

* **Marta Bottero,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *marta.bottero@polito.it*

** **Caterina Caprioli,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *caterina.caprioli@polito.it*

*** **Giulia Datola,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *giulia.datola@polito.it*

**** **Alessandra Oppio,** *Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani*
e-mail: *alessandra.oppio@polimi.it*

***** **Francesca Torrieri,** *Università degli Studi di Napoli, Federico II*
e-mail: *francesca.torrieri@unina.it*

Authors contributed

All the authors equally contributed to the different parts of the contribution.

Acknowledgment

The alternative projects used for the application of the proposed combined evaluation method have been developed by the students of the multidisciplinary course "Project Appraisal" performed by Professor Marta Bottero and Professor Francesca Torrieri in the course of Architecture, Built Environment, Interiors, Politecnico di Milano (Italy).

Bibliography

Abastante F., Caprioli C., Gaballo M., *The Economic Evaluation of Projects as a Structuring Discipline of Learning Processes to Support Decision-Making in Sustainable Urban Transformations,* International Journal of Sustainable Development and Planning, 17(4), 2022, pp. 1297-1307. https://doi.org/10.18280/ijsdp.170427

Agenzia delle Entrate, *Osservatorio del mercato immobiliare - quotazioni OMI*, 2021.

Behzadian M., Kazemzadeh R.B., Albadvi A., Aghdasi M., *PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications,* European Journal of Operational Research, 200, 1, 2010, pp. 198–215.

Blecic I., cecchini A., *Verso una pianificazione antifragile. Come pensare al futuro senza prevederlo*, Franco Angeli editore, Milano, 2016.

Bottero M., Assumma V., Caprioli C. & Dell'Ovo M., *Decision making in urban development: The application of a hybrid evaluation method for a critical area in the city of Turin (Italy),* Sustainable Cities and Society, 2021, 103028. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103028_

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, 2018, https://doi.org/10.1155/2018/9276075

Bottero M., Dell'Anna F., Gobbo G., *A PROMETHEE-based approach for designing the reuse of an abandoned railway in the Monferrato Region, Italy,* International Journal of Multicriteria Decision Making, 8, 1, 2019, pp. 60–83. 10.1504/IJMCDM.2019.098027_

Bottero M., D'Alpaos C., Oppio A., *Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach,* Sustainability, 11, 2019, 785. https://doi.org/10.3390/su11030785

Brans J., Mareschal B., *Promethee V: Mcdm Problems With Segmentation Constraints,* INFOR: Information Systems and Operational Research, 30, 2, 1992, pp. 85–96.

Brans J., Mareschal B., *The promethee VI PROCEDURE: How to differentiate hard from soft multicriteria problems,* Journal of Decision Systems, 4, 3, 1995, pp. 213–223.

Bottero M., Datola G., *Addressing Social Sustainability in Urban Regeneration Processes*. An Application of the Social Multi-Criteria Evaluation. Sustainability 2020, 12, 7579. https://doi.org/10.3390/su12187579

Brans J., Vincke P., *A preference ranking organization method (The PROMETHEE method for multiple criteria decision making*), Manag. Sci. 31, 1985, pp. 647–656.

Brans J., Vincke P., Mareschal B., *How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method,* European Journal of Operational Research, 24, 2, 1986, pp. 228–238.

Brans J.P., *L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE,* in L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir; Nadeau, R., Landry, M., Eds. Presses de l'Université Laval: Québec, Canada, 1982; pp. 183–213.

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 101

Brans J.P., Mareschal B., Vincke P., *PROMETHEE: A new family of outranking methods in multi-criteria analysis,* in Operational Research; Brans, J.P., Ed.; North-Holland: Amsterdam, The Netherlands, 1984, pp. 477–490.

Brans J.P., Mareschal B., *PROMETHEE methods. In Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys,* in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., Eds.; Springer: Boston, MA, USA, 2005, pp. 163–196.

Cerreta M., Giovene di Girasole E., Poli,G., Regalbuto S., *Operationalizing the Circular City Model for Naples' City-Port: A Hybrid Development Strategy,* Sustainability, 12, 2020, 2927. https://doi.org/10.3390/su12072927

Cerreta M., Mazzarella C., Spezia M., Tramontano M.R., *Regenerativescapes: Incremental Evaluation for the Regeneration of Unresolved Territories in East Naples,* Sustanainability, 12, 2020, 6975. https://doi.org/10.3390/su12176975

Corrente S., Figueira J.R., Greco S., *The SMAA-PROMETHEE method,* European Journal of Operational Research, 239, 2014, pp. 514–522.

Csillahy J., *Economie de L'environment Construit,* Lausanne, 1985.

DEI, Tipografia del Genio Civile, *Prezzi informativi dell'edilizia per Recupero, Ristrutturazione e Manutenzione*, Roma, 2018.

Dell'Ovo M., Bassani S., Stefanina G. & Oppio A., *Memories at risk. How to support decisions about abandoned industrial heritage regeneration,* Valori e Valutazioni, (24), 2020.

Della Spina L., Rugolo A., *A Multicriteria Decision Aid Process for Urban Regeneration Process of Abandoned Industrial Areas,* in Bevilacqua C., Calabrò F., Della Spina L. (eds) New Metropolitan Perspectives. NMP 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 178. Springer, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4_99

European Commission, *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Publications Office of the European Union, 2014 https://doi.org/10.2776/97516.

Figueira J., Roy B., *Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure,* European Journal of Operational Research 139, 2002, pp. 317–326.

Garsia L., *Abitare la rigenerazione urbana. La misura della citta e della casa nel XXI secolo*, Gangemi editore, Roma, 2015.

Giuffrida S., Ventura V., Trovato M.R., Napoli G., *Assiologia della citta storica e saggio di capitalizzazione. Il caso del Centro storico di Ragusa Superiore*, Valori e Valutazioni, Vol. 18, 2017, pp. 41-55.

Greco S., Figueira J., Ehrgott M., *Multiple criteria decision analysis,* Springer, New York, 2016.

Mareschal B., De Smet Y., *Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods*, in Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2009, pp. 1646–1649, Hong Kong, December 2009.

Marangon F., Rosato P., *L'analisi multi criteri nella gestione delle risorse naturali : il caso delle risorse agroambientali,* Economia delle fonti di energia e dell'ambiente, Milano, Angeli, ISSN 1125-1271, ZDB-ID 1161601-5. Vol. 38, 1995, 2, pp. 87–131.

Mondini G., *Integrated assessment for the management of new social challenges*, Valori e Valutazioni, 17, 2016, pp. 15–18.

Munda G., *Multiple criteria decision analysis and sustainable development,* International Series in Operations Research and Management Science, 2016. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_27

Municipality of Milan, Oneri di urbanizzazione, 2017.

Mussinelli E., Tartaglia A., Fanzini D., Riva R., Cerati D., Castaldo G., *New Paradigms for the Urban Regeneration Project Between Green Economy and Resilience,* in Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective, 2020, pp. 59 – 67.

Oppio A., Torrieri F., Dell'Oca E., *Urban rent at risk: the point of view of private investors*, Valori e Valutazioni, 2020, 27, 5-18; https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20202702.

Prizzon F., Gli investimenti immobiliari, Celid, Torino, 1995.
Regione Lombardia, *Prezziario Regionale delle opere pubbliche,* 2020.

Roberts P., Sykes H. (a cura di), *Urban regeneration: an hand- book*, SAGE Publications, London, 2000.

Roy B., Bouyssou D., Aide Multicritere a la Decision: Methodes et Cas; Economica: Paris, France, 1993.

Sartori D., Catalano G., Genco M., Pancotti C., Sirtori E., Vignetti S., Bo C., *Guide to cost-benefit analysis of investment projects. Economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020,* 2014.

Simos J., *Evaluer l'impact sur l'environnement: Une approche originale par l'analyse multicritere et la negociation,* Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, *Lausanne*. 1990.

Internet reference

Comune di Milano, https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/urbanistica-ed-edilizia/attuazione-pgt/scali-ferroviari-accordo-di-programma.

Comune di Milano, https://www.pgt.comune.milano.it/

Agenzia delle Entrate, https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm

https://www.edilizia.com/notizie/wp-content/uploads/ 2020/07/AVOLUME1_1.pdf

89-102 BOTTERO ING.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:28 Pagina 102

https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/geopoi_omi/index.php
https://www.comune.milano.it/documents/20126/3507777/Oneri+di+Urbanizzazione+-+Importi+-+Allegati+alla+Delibera+del+Consiglio+Comunale+n.+73_2007.pdf/37570a3a-2ef9-d067-22d8-b93c030ad1a9?t=1557173909806
https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/geopoi_omi/index.php

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 89

Un approccio integrato per la rigenerazione dello scalo ferroviario di Rogoredo

Marta Bottero, Caterina Caprioli**, Giulia Datola***, Alessandra Oppio****, Francesca Torrieri******

Parole chiave: rigenerazione urbana, analisi multicriteri, analisi finanziaria, approccio multi-metodologico

Abstract

I vuoti urbani, quali ex aree industriali ed ex scali ferroviari, rappresentano oggi un'importante occasione di riconversione delle citta, nell'ottica di uno sviluppo in chiave sostenibile, resiliente e circolare. Tuttavia, gli interventi di trasformazione e rigenerazione urbana sono caratterizzati da un elevato grado di complessità e dinamicità, così come da un'elevata interazione tra le diverse componenti urbane, quali gli aspetti economici, ambientali, sociali e tra i diversi attori coinvolti nel processo. In questo contesto, l'approccio metodologico proposto nel presente contributo combina le Analisi-Multicriteri (AMC) con l'analisi Analisi Finanziaria (AF). Questo modello permette di analizzare e supportare il processo decisionale nella sua complessità, considerando sia gli aspetti qualitativi (sociali e ambientali) sia quelli quantitativi (economico- finanziari). Il caso degli scali ferroviari dell'area di Rogoredo a Milano (Italia) rappresenta un caso emblematico. La stessa citta di Milano, già all'interno del Piano di Governo del Territorio (PGT), propone interventi volti alla riconnessione di questo nodo infrastrutturale per renderlo un polo attrattivo e inclusivo. L'obiettivo di questo contributo è quello di applicare le AMC con l'AF per la valutazione di scenari alternativi, volti alla riqualificazione dell'ex scalo ferroviario di Rogoredo. La valutazione diventa, quindi, parte integrante dell'intero processo decisionale, supportandone tutte le fasi, da quella iniziale fino alla definizione dello scenario più idoneo agli obiettivi prefissati e agli interessi degli stakeholder coinvolti. Il valore aggiunto fornito dalla presente applicazione è rappresentato proprio dalla possibilità di considerare sia il punto di vista degli investitori, attraverso l'AF, sia la più ampia prospettiva pubblica, attraverso il supporto delle AMC. In questo modo è stato possibile costruire e valutare scenari di trasformazione in grado di attrarre possibili investitori e al tempo stesso capaci di promuovere modelli di mobilita sostenibile, forme di inclusione sociale, sviluppo eco-sostenibile, miglioramento della qualità ambientale, attraverso la progettazione di nuove aree pubbliche, spazi verdi e servizi per i cittadini. In questo processo, la valutazione assume un ruolo essenziale in quanto consente di mettere in luce i diversi obiettivi perseguiti dall'intervento di rigenerazione e le loro eventuali conflittualità. Inoltre, la loro identificazione può supportare la definizione di scenari alternativi di sviluppo, rendendo partecipati sia il processo progettuale sia quello decisionale.

1. INTRODUZIONE

Aree degradate e vuoti urbani si configurano sia come una debolezza sia come un'importante opportunità per lo sviluppo e la rigenerazione del sistema urbano. Infatti, la loro riqualificazione è un processo che si inserisce coerentemente nel paradigma dell'economia circolare, basato sui principi di riuso, riciclo e condivisione. Durante questi anni, i principi dell'economia circolare sono stati estesi anche alla rigenerazione dell'ambiente costruito. In tale contesto appare prioritario sottolineare la necessità e l'importanza di integrare il paradigma dell'economia verde e

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 90

della resilienza con i principi alla base della rigenerazione urbana (Mussinelli et al., 2020). Considerando questa nuova prospettiva, è fondamentale analizzare e definire il paradigma della rigenerazione urbana, al fine di comprendere come questo processo possa essere integrato con gli obiettivi di uno sviluppo sostenibile e resiliente.

In letteratura, il processo di rigenerazione urbana è descritto come un insieme integrato di azioni che hanno l'obiettivo di migliorare la qualità della vita dei cittadini, di valorizzare le risorse culturali, di salvaguardare il sistema ambientale e di supportare lo sviluppo economico (Garsia, 2015). Pertanto, la rigenerazione urbana non riguarda soltanto interventi finalizzati alla riqualificazione degli edifici. Essa pone attenzione anche alla dimensione sociale, economica e culturale (Roberts e Sikes, 2000). Inoltre, questa tipologia di interventi è da considerarsi come un processo dinamico, continuo e a lungo termine, strettamente collegato al contesto e alle necessità degli abitanti (Garsia, 2015). Infatti, esso non produce solo effetti visibili nell'immediato, ma produrrà effetti a lungo termine che si realizzeranno dopo diversi anni (Giuffrida et al., 2017). Considerando gli aspetti caratterizzanti la rigenerazione urbana, una buona parte delle sfide relative allo sviluppo sostenibile e resiliente può essere raggiunta attraverso l'implementazione dei paradigmi dell'economia circolare nel processo di rigenerazione. In primo luogo, potrebbe essere possibile ampliare l'applicazione del paradigma della sostenibilità in diversi contesti, agendo su diverse pratiche, riguardanti ad esempio il consumo energetico, il trattamento dei materiali e dei rifiuti, la salute e la società.

Inoltre, interventi di rigenerazione urbana basati sul paradigma dell'economia circolare possono promuovere anche un uso efficiente delle risorse economiche, sociali ed ambientali locali. Questo processo potrebbe inoltre contribuire al raggiungimento di uno sviluppo resiliente, attraverso interventi finalizzati alla riqualificazione dell'ambiente costruito. Si renderebbe quindi possibile definire interventi basati sui principi di riuso, adattabilità, flessibilità e convertibilità. Inoltre, la riqualificazione delle aree urbane e peri-urbane abbandonate si configura come occasione per generare azioni virtuose e innovative per la gestione e il riuso di rifiuti edilizi. Considerando le molteplici sfide e opportunità fornite dalla combinazione della rigenerazione urbana con il paradigma dell'economia circolare, si rende necessario valutare già dalla fase *ex-ante* i possibili effetti degli interventi proposti. Pertanto, diventa fondamentale servirsi, nel processo di valutazione, di strumenti capaci di considerare la multidimensionalità, al fine di poter ragionare sull'ampio spettro di possibili effetti generati da queste trasformazioni (Blecic e Cecchini, 2016).
Il presente contributo illustra l'applicazione di un approccio combinato per la valutazione di diverse strategie per la rigenerazione degli scali ferroviari di Rogoredo, Milano (Italia). L'approccio proposto si configura con la combinazione delle Analisi Multicriteri (AMC) con un'Analisi Finanziaria (AF).

2. METODOLOGIA

2.1 Un approccio integrato a supporto della rigenerazione urbana

Oggigiorno, è ancora più evidente la necessità di approcci di valutazione in grado di fornire informazioni sia sulla fattibilità di un progetto sia sui suoi impatti sociali e ambientali (Mondini, 2016). Nell'ambito dei progetti di rigenerazione urbana, sono disponibili diversi modelli di valutazione per supportare la valutazione di progetti, piani e politiche (Bottero et al. 2021). I metodi applicati in questo contesto possono essere classificati in tre diversi gruppi.

Il primo gruppo si riferisce all'analisi finanziaria, ovvero quella che considera i costi e i ricavi dell'investimento nel tempo (Prizzon, 1995; Csillaghy, 1985). Questa analisi fornisce generalmente una stima complessiva di piani e progetti, utilizzando indicatori di prestazione finanziaria (come VAN e TIR) facilmente interpretabili. Tuttavia, l'analisi finanziaria non considera le diverse esternalità di piani e progetti, assumendo una prospettiva più privata che pubblica dell'intervento.

Un secondo gruppo si concentra sulla valutazione economica di progetti e piani. L'analisi Costi-Benefici (ACB) è probabilmente il metodo più conosciuto e diffuso all'interno di questo gruppo. Essa considera tutti i costi e i benefici generati dalla trasformazione, fornendo una valutazione complessiva della fattibilità delle operazioni in termini economici (Sartori et al., 2014) attraverso un indice economico finale. I risultati dell'analisi tramite ACB sono di facile interpretazione, ma diversi autori hanno evidenziato alcune criticità, che vanno dall'approccio riduzionista dell'ACB rispetto alla complessità del sistema (Munda, 2016), all'indeterminatezza della monetizzazione degli effetti sociali e ambientali, e le questioni di equità intergenerazionale.

Il terzo gruppo, invece, fa riferimento alla famiglia di metodi denominata Analisi Multicriteri (AMC). Le AMC sono in grado considerare diversi criteri economici ed extra-economici, evidenziando l'interazione tra le diverse esigenze e prospettive degli *stakeholders* coinvolti nel processo decisionale (Bottero e Datola, 2020). Sulla base di queste considerazioni e della complessità dei processi decisionali, in particolare nel contesto dei progetti di progetti di rigenerazione, è evidente quanto sia importante la raccolta e l'integrazione della varietà di aspetti in gioco. La Tabella 1 elenca le caratteristiche principali e i pro/contro di ciascun metodo precedentemente descritto. Inoltre, guida la scelta dell'analisi integrata presentata in questo lavoro.

2.2 Quadro metodologico

Partendo dalle precedenti considerazioni, il presente contributo persegue un approccio di tipo integrato basato sia sui valori intangibili sia sui costi stimati per lo sviluppo e la valutazione degli scenari di rigenerazione. Queste due prospettive del progetto vanno considerate contemporaneamente per una buona riuscita dell'intervento sia dal

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 91

Tabella 1 - *Analisi comparative tra i tre gruppi di metodi (Analisi Finanziaria, ACB e AMC). (Elaborazione da Marangon e Rosato, 1995)*

	Analisi Finanziaria	ACB	AMC
Descrizione	Analisi costi e ricavi lungo la vita dell'investimento	Analisi della variazione del benessere sociale che il progetto determinerà	Analisi dell'intera gamma di aspetti relativi al progetto
Input	Prezzi dei fattori produttivi e dei prodotti, tasso di sconto	Valori monetari delle variazioni del benessere sociale	Impatti positivi e negativi, pesi, funzioni di utilità
Output	Indicatori di performance finanziaria (VAN e TIR)	Indicatori di performance socioeconomica (VAN e TIR)	Classifica, valutazione della compatibilità
Pro	I risultati dell'analisi sono di facile interpretazione	I risultati delle analisi sono facili da interpretare	L'analisi considera la complessità del processo decisionale (*stakeholders*, possibili conflitti, giusti politici e di esperti, …)
Contro	L'analisi non considera le esternalità	Le valutazioni monetarie degli effetti sociali e ambientali possono essere difficili e imprecise	Procedure non convenzionali, analisi difficili da condurre e implementare
Utilizzo	Investimento privato	Investimento pubblico	Studi di fattibilità, analisi di scenari alternativi

punto di vista privato sia pubblico. Da una parte, infatti, le pubbliche amministrazioni devono fare i conti con la scarsità di risorse finanziarie e il progetto diventa strategico solo se in grado di attrarre investitori privati per sostenere la rigenerazione (Oppio et al., 2020). Dall'altra, è necessario valutare gli impatti dei progetti in termini sociali e ambientali, fornendo un'ampia disamina dei possibili effetti e possibilità generati dagli interventi considerati.

Il progetto di riqualificazione dell'area di Rogoredo ha infatti l'obiettivo di proporre una trasformazione efficace dal punto di vista sociale per i futuri abitanti dell'area, ma allo stesso tempo ha il compito di considerare il ruolo e l'importanza dei costi di intervento. Per fare ciò, la qualità architettonica, i benefici sociali e ambientali, e i costi di costruzione dovrebbero essere bilanciati. Il delicato e conflittuale equilibrio tra questi parametri può essere ottenuto solo attraverso un'analisi multidimensionale e multi-scalare in grado di tenere conto e indagare tutti gli aspetti e le loro interazioni sia alla scala micro sia ad una scala urbana/di distretto. La struttura generale dell'approccio integrato è illustrata in Figura 1. Il presente contributo, in particolare, utilizza il metodo PROMETHEE per la valutazione multi-criteriale degli interventi di rigenerazione.

2.2.1 Metodo PROMETHEE

Nella presente applicazione, la valutazione multicriteriale è stata condotta utilizzando il metodo PROMETHEE. L'acronimo PROMETHEE indica la tecnica "Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation". Questa metodologia fa parte del più ampio gruppo delle AMC, utilizzato per esaminare problemi decisionali complessi e multidimensionali (Behzadian et al., 2010; Bottero et al., 2018). Nello specifico, PROMETHEE appartiene al gruppo delle metodologie definite *outraking* (Corrente et al., 2014), introdotto da Brans (1982), e successivamente integrato da Brans e colleghi (1984; 1985; 1986; 1992; 1995; 2005).

Il metodo PROMETHEE viene utilizzato per valutare un numero finito di alternative A={a, b, . . . , m}, rispetto a un *set* finito di criteri G={g1, g2, . . . , gk}, prevendendo il coinvolgimento di diversi esperti e *stakeholders* nel processo di valutazione (Roy e Bouyssou, 1993). Questa metodologia analizza le differenze e le similarità delle diverse alternative, individuando quali sono le variabili che influenzano maggiormente il *ranking* finale delle alternative (Bottero et al., 2016; 2018; 2019). PROMETHEE è, infatti, basato sul principio del grado di preferenza e i suoi fondamentali aspetti metodologici sono: (a) il numero dei criteri considerati deve essere finito; (b) i criteri non sono strutturati in modo gerarchico; (c) i parametri del modello decisionale possono essere precisamente definiti.

Il processo di valutazione previsto dal metodo PROMETHEE segue diverse fasi. La prima prevede il confronto delle diverse alternative rispetto ai criteri di valutazione considerati, sulla base delle preferenze dei decisori (Dell'Ovo et al., 2020). Queste preferenze sono individuate attraverso il confronto a coppie che fornisce un punteggio locale, poi aggregato con un punteggio globale, che permette di ottenere un ordine parziale (PROMETHEE I), un ordine completo (PROMETHEE II), o un intervallo (PROMETHEE III).

I problemi decisionali reali sono caratterizzati da un'elevata complessità, coinvolgendo diversi aspetti afferenti diverse dimensioni. Nessuna soluzione, infatti, può ottimizzare simultaneamente tutti gli aspetti considerati. Pertanto, informazioni aggiuntive vengono utilizzate per analizzare le preferenze espresse dai decisori. Queste informazioni vengono ricavate attraverso la definizione di due diverse soglie, (1) la soglia di preferenza e (2) la soglia di indifferenza (Brans e Mareschal, 1992; 1995; 2005). PROMETHEE identifica, quindi, una funzione di preferenza P_j per ciascuno dei criteri considerati, che rappresenta il grado di preferenza dell'azione (a) rispetto all'azione (b), considerando il criterio g_j. Questa funzione, che è una funzione non-decrescente, si basa sulla differenza nella loro valutazione $g_j(a)–g_j(b)$. Il grado di preferenza, ottenuto attraverso queste funzioni, traduce le preferenze dei decisori in valori numerici compresi nell'intervallo [0-1].

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 92

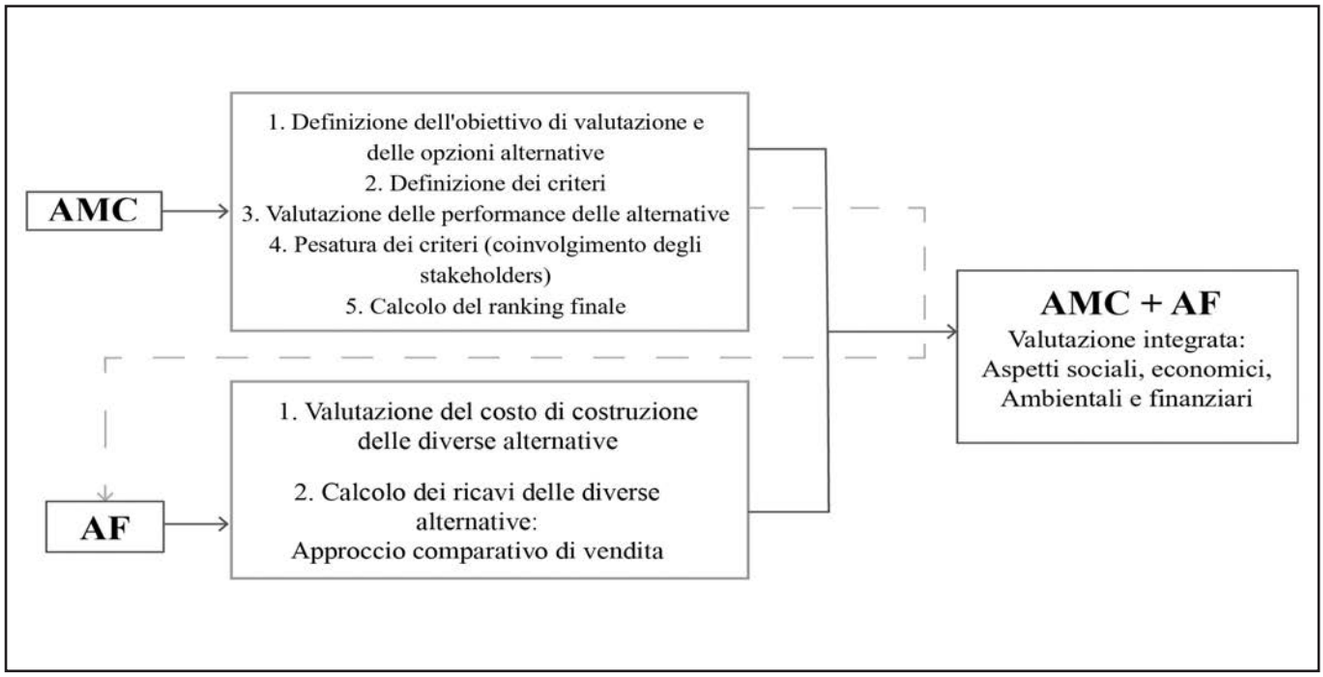

Figura 1 - *Struttura dell'approccio integrato*

Il valore 1 viene assegnato in caso di una preferenza molto forte dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b). Il valore 0, invece, viene utilizzato per rappresentare un'indifferenza dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b). La letteratura scientifica propone sei diverse funzioni di preferenza (Brans and Vicke, 1985; Brans e Mareschal, 2005), che possono essere così elencate: (1) funzione *Usual*, (2) funzione *U-shape*, (3) funzione *V-shape*, (4) funzione a livelli, (5) funzione lineare, e (6) funzione Gaussiana.

L'ultima fase della metodologia PROMETHEE riguarda la valutazione di preferenza tra l'azione (a) rispetto all'azione (b), considerando tutti i criteri contemporaneamente, attraverso il calcolo dell'indice di preferenza globale Π(a,b). Questo indice valuta l'intensità della preferenza dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b), attraverso il calcolo di una somma pesata, ricavata dalla seguente formula:

$$\Pi(a,b) = \sum_{j=1}^{k} w_j P_j(a,b) \quad (1)$$

dove Π(a,b) rappresenta l'intensità di preferenza complessiva dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b) considerando tutti i criteri, *w* è il peso del criterio *j* e P_j (a,b) è la funzione di preferenza dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b), considerando il criterio *j*. A tal proposito, è essenziale chiarire che Π(a,b)~0 rappresenta una preferenza globale di (a) rispetto a (b) debole. Invece, Π(a,b)~1 rappresenta una forte preferenza dell'alternativa (a) rispetto all'alternativa (b). I pesi $w_j > 0$ rappresentano l'importanza e la rilevanza di ciascun criterio rispetto al problema decisionale. Questa metodologia permette, inoltre, di confrontare ciascuna alternativa con le altre, attraverso l'identificazione di un *ranking* positivo Φ+(a) e un *ranking* negativo Φ−(a), descritti dalle seguenti formule:

$$\Phi^{+}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \Pi(a,b) \quad (2)$$

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \Pi(a,b) \quad (3)$$

Φ+(a) rappresenta la preferenza globale dell'alternativa (a) rispetto a tutte le altre, valutando anche di quanto l'alternativa (a) si classifica prima delle altre. Maggiore è Φ+(a), migliore è questa alternative rispetto alle altre. Φ−(a) rappresenta, invece, la debolezza globale dell'alternativa (a) rispetto a tutte le altre, esprimendo, inoltre, di quanto questa alternativa è superata nel *ranking* dalle altre. Minore è Φ−(a), migliore è la performance dell'alternativa. Questi due parametri possono essere inoltre combinati per il calcolo del *ranking* globale Φ(a), attraverso la seguente formula:

$$\Phi(a) = \Phi+(a) - \Phi-(a) \quad (4)$$

Maggiore è il punteggio, migliore è la performance dell'alternativa.

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 93

L'impiego del metodo PROMETHEE nel campo della rigenerazione e trasformazione urbana è, in realtà, ancora limitato, come si evince dalla Tabella 2. La Tabella 2 riporta, infatti, le principali applicazioni del metodo PROMETHEE in questo ambito, evinte dall'analisi della letteratura condotta utilizzando il database SCOPUS. Da questa analisi, si può leggere come maggior parte dei casi studio utilizzano PROMETHEE nell'ambito del riuso adattivo e la valutazione del patrimonio culturale.

Tabella 2 - *Applicazioni del metodo PROMETHEE a problemi decisionali nel campo della rigenerazione urbana*

Autori	Titolo	Obiettivo della valutazione
Abastante et al. 2022	The Economic Evaluation of Projects as a Structuring Discipline of Learning Processes to Support Decision-Making in Sustainable Urban Transformations	Confronto tra diversi scenari di trasformazione per la riqualificazione del quartiere "Le Villette" a Parigi (Francia).
Cerreta et al., 2020	Regenerative scapes: Incremental Evaluation for the Regeneration of Unresolved Territories in East Naples	Confronto di due scenari di progettazione rispetto allo scenario zero, per individuare la strategia migliore in riferimento ai principi dell'economia circolare
Della Spina and Rugolo, 2020	A Multicriteria Decision Aid Process for Urban Regeneration Process of Abandoned Industrial Areas	Valutazione di alternative progettuali per la rigenerazione e la rivitalizzazione di aree industriali abbandonate in contesti vulnerabili
Bottero et al., 2018	Multicriteria Evaluation of Urban regeneration processes: An application of PROMETHEE Method in Northern Italy	Supporto al processo decisionale per un intervento di rigenerazione urbana nel Nord Italia
Bottero et al., 2019	Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach	Ordinamento delle strategie di riuso adattivo e strategie di rigenerazione per il patrimonio industriale abbandonato
Cerreta et al., 2020	Operationalizing the Circular City Model for Naples' City-Port: A Hybrid Development Strategy	Valutazione di tre alternative progettuali per il porto di Napoli Est e sviluppo di uno scenario di rigenerazione ibrida coerente con i principi di economia circolare e sostenibilità

3. APPLICAZIONE

Questo contributo illustra l'applicazione di un approccio di valutazione combinato, per la valutazione di undici scenari alternativi per la riqualificazione dell'area di Rogoredo, situata nella città di Milano (Italia). Questo metodo, come descritto nelle sezioni precedenti, è dato dalla combinazione delle AMC con AF. L'obiettivo principale è quello di valutare le diverse alternative progettuali attraverso una prospettiva multidimensionale, che tenga anche conto dei diversi punti di vista e obiettivi dei cittadini e degli investitori.

3.1 Caso Studio

L'area di studio è situata in una zona periferica della città di Milano ed è nota per essere l'ex scalo merci della stazione Rogoredo e per la presenza di alcune industrie leggere (Fig. 2).

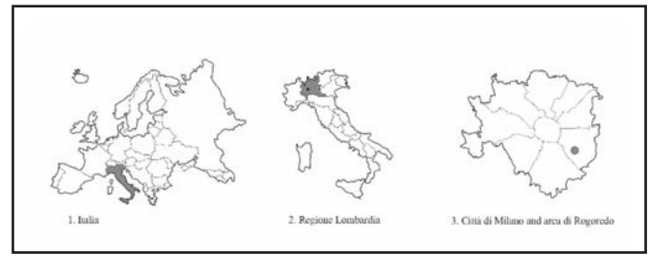

Figura 2 - *Localizzazione dell'area di studio.*

L'area di Rogoredo assume un significato particolare nel contesto delle trasformazioni urbane, rientrando in un programma di riqualificazione più ampio che coinvolge diverse stazioni ferroviarie che circondano il centro cittadino (Fig. 3). Inoltre, Rogoredo rappresenta anche un punto strategico di interscambio tra la rete ferroviaria suburbana e quella metropolitana. Nelle vicinanze si trova, infatti, la stazione "Porto di Mare".

Il comune di Milano, insieme al gruppo Ferrovie dello Stato e Regione Lombardia, lavora dal 2005 per strutturare una lista di obiettivi e strategie per la rigenerazione di diverse stazioni ferroviarie dismesse, compresa quella di Rogoredo. L'obiettivo principale di questo intervento è il rafforzamento degli scali ferroviari della città di Milano, creando un sistema a rete. In passato, questa infrastruttura ha avuto un ruolo fondamentale nell'andamento economico, sociale e infrastrutturale della città. Oggi le stazioni ferroviarie sono elementi di discontinuità tra queste aree e sono in gran parte caratterizzate da uno stato di degrado e abbandono. Di conseguenza, gli obiettivi principali riguardano lo sviluppo di programmi e progetti di rigenerazione con l'ottica di integrare i principi della sostenibilità, come il benessere dei cittadini, l'alta qualità della vita, un ampio sviluppo di spazi verdi, un mix sociale e funzionale, il miglioramento del sistema di mobilità con specifici investimenti pubblici.

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 94



Figura 3 - *Stazioni ferroviarie abbandonate nei dintorni del comune di Milano (Scali ferroviari - Accordo di Programma (AdP)).*

L'area di Rogoredo ha un'estensione di circa 21.000 mq, costituita da un'area trapezoidale nel lato nord, tra i binari della ferrovia e Via Vincenzo Toffetti, e un'area triangolare a sud, delimitata da Via Carlo Boncompagni e dalla ferrovia (Fig. 4). La porzione nord ha una superficie di circa 16.000 mq, regolamentata dall'Accordo di Programma (AdP) Scali Ferroviari con l'obiettivo di realizzare nuove costruzioni su aree dismesse. La porzione sud ha un'estensione di circa 16.300 mq, regolata dal Piano di Governo del Territorio (PGT) della città di Milano, destinata alla realizzazione di servizi per lo sviluppo di un'area per la collettività.

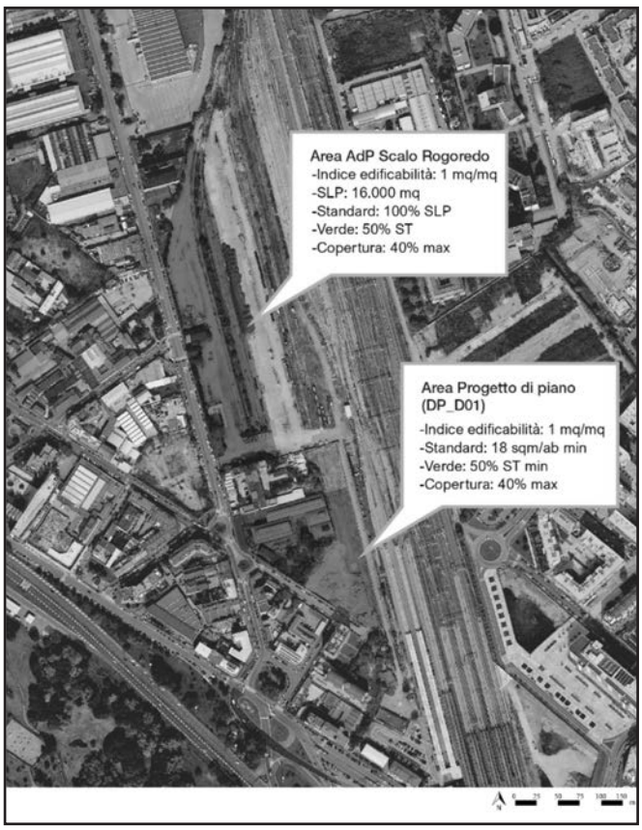

Figura 4 - *Nord e Sud dell'area di Rogoredo.*

In passato, questa infrastruttura aveva un ruolo fondamentale nel funzionamento economico, sociale e infrastrutturale della città. Oggi, le stazioni ferroviarie creano discontinuità tra queste aree (Fig. 4), e nella maggior parte dei casi sono caratterizzate da uno stato di degrado e abbandono. Gli obiettivi principali sono, quindi, lo sviluppo di programmi e progetti di riqualificazione che seguano una serie di principi sostenibili, come il benessere dei cittadini e l'attenzione per il territorio, l'alta qualità della vita, un ampio sviluppo di spazi verdi, un mix sociale e funzionale, il miglioramento del sistema di mobilità con investimenti pubblici specifici.

3.2 Applicazione dell'analisi multicriteri

3.2.1 Definizione degli indicatori

Per l'applicazione del metodo PROMETHEE, la prima fase dell'analisi ha riguardato l'identificazione di un *set* multidimensionale di criteri, attraverso i quali valutare le *performance* delle diverse alternative. La Tabella 3 riporta i criteri utilizzati, riferiti alla dimensione sociale, ambientale ed economica.

Tabella 3 - *Lista dei criteri utilizzati per la valutazione*

Dimensione	Criterio	Descrizione	Unità	Direzione
Ambiente	Aree verdi	Tot. superficie adibita ad area verde	[m^2]	Max
	Aree costruite/aree verdi	Rapporto tra aree verdi e aree costruite	[-]	Min
	Rigenerazione	Superficie rigenerata	[m^2]	Max
	Inquinamento dell'aria e acustico	Inquinamento e rumore causato dall'intervento	[qualitativo 1-5]	Min
Società	*Mixitè*	Indice di diversificazione dei servizi proposti	[0-1]	Min
	Percorsi pedonali	Superficie destinata a percorsi pedonali	[m lineari]	Max
	Spazi pubblici	Superficie destinata alla funzione di spazio pubblico	[m^2]	Max.

***Segue* Tabella 3 -** *Lista dei criteri utilizzati per la valutazione*

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 95

***Segue* Tabella 3 -** *Lista dei criteri utilizzati per la valutazione*

Dimensione	Criterio	Descrizione	Unità	Direzione
Società	Sicurezza	Grado di attenzione data ai sistemi di sicurezza nell'area di intervento	[qualitativo 1-5]	Max
Economia	Costo di investimento	Costo di investimento totale	[€]	Min.
	Ricavi	Ricavi totali generati dall'intervento	[€]	Max

3.2.2 Processo di pesatura dei criteri

Per la pesatura dei criteri considerati, è stato utilizzato il metodo delle carte, introdotto da Simos (Simos, 1990). Questa fase della valutazione ha coinvolto diversi *stakeholders*, in particolare progettisti, residenti e investitori. Seguendo questo metodo, agli *stakeholders* viene fornito un *set* di carte, ciascuna rappresentante un criterio, e un *set* di carte bianche. Una volta forniti questi due *set* di carte, viene chiesto agli *stakeholders* di ordinare le carte dal criterio meno importante al criterio più importante (Figueira and Roy, 2002). Seguendo questo ragionamento, il primo criterio del *ranking* è il meno importante e l'ultimo è il più importante. In questo modo, è possibile ottenere un "pre-ordine" completo dei diversi criteri. Successivamente, gli *stakeholders* hanno il compito di ragionare sulla differenza di importanza di due criteri successivi all'interno del *ranking*. Quindi, viene chiesto agli *stakeholders* di inserire delle carte bianche tra due criteri successivi per evidenziare e sottolineare questa differenza. Maggiore è la differenza, maggiore sarà il numero delle carte bianche. Gli *stakeholders* possono quindi inserire un numero a loro scelta di carte bianche per separare i criteri, al fine di rappresentare la loro opinione rispetto alla differenza di importanza. Nessuna carta bianca indica una differenza tra i due criteri consecutivi pari ad una unità (u). Una carta bianca, invece, significa che la differenza è pari a due unità (u). Due carte bianche rappresentano una differenza di tre unità (u) tra i due criteri, e così via. Simos propone un algoritmo per convertire il *ranking* dei criteri nei rispettivi pesi (per maggiori informazioni rispetto all'algoritmo si veda Simos, Figueira and Roy, 2002).

In questa applicazione è stato utilizzato il software SRF al fine di tradurre il *ranking* dei criteri in pesi, tenendo anche conto delle carte bianche utilizzate. Questo software permette, inoltre, di considerare il valore assegnato al parametro *z*, che indica la distanza esistente tra il peso del criterio considerato più importante e quello meno importante all'interno del *ranking*.
Il risultato finale, fornito attraverso tabella o grafico, è rappresentato dal *ranking* dei criteri e dai pesi ottenuti grazie all'inserimento del parametro *z*. La Figura 5 illustra i diversi *set* di pesi, forniti dagli *stakeholders* coinvolti nel processo di valutazione.

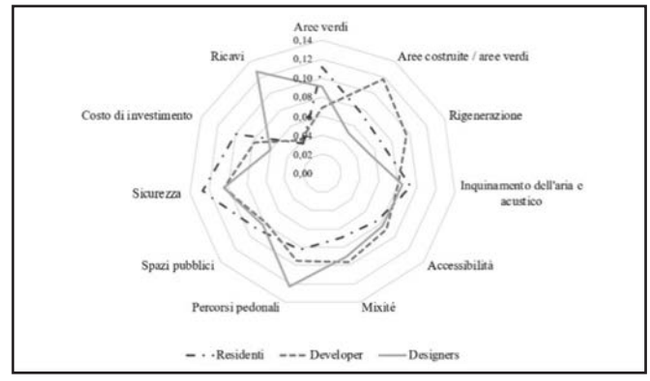

Figura 5 - *Set pesi criteri.*

3.2.3 Scenari progettuali alternativi

Per la rigenerazione dell'area di Rogoredo, sono state delineate undici diverse strategie progettuali. Nello specifico, queste strategie sono basate su diversi elementi caratterizzanti, ovvero: (a) *social housing* (Scenario 1, 4 e 9), (b) spazi pubblici (Scenario 3, 5 e 11), (c) aree commerciali (Scenario 7 e 8) e (d) aree verdi (Scenario 2, 6 e 10). La Figura 6 mostra le strategie alternative, proposte per la riqualificazione dell'area di Rogoredo.

3.2.4 Risultati

Per poter valutare le diverse strategie progettuali, considerando tutte le preferenze espresse dai diversi *stakeholders,* è stato calcolato il valore medio dei diversi pesi e successivamente utilizzato per stilare il *ranking* finale.

La Figura 7 rappresenta il *ranking* globale, ottenuto tramite il *software* PROMETHEE. Lo scenario progettuale preferibile, considerando tutti i pareri degli *stakeholders* coinvolti, è lo Scenario 4. Infatti, questa strategia progettuale ha la *performance* migliore nel criterio di accessibilità, così come una buona *performance* per i criteri relativi ai percorsi pedonali, a grado di rigenerazione, al costo di investimento (60.412.424,00 €) e ai ricavi (106.954.390,00 €).

Al contrario, l'alternativa che risulta essere meno preferibile è lo scenario 8. Questa strategia ha una *performance* bassa rispetto ai criteri di rigenerazione, inquinamento dell'aria e acustico, e accessibilità. Inoltre, questo scenario si caratterizza per un costo di investimento troppo elevato (56.761.929,00 €), rispetto ai ricavi (60.028.600,00 €).

Il *ranking* globale ottenuto può essere anche discusso con il supporto del grafico GAIA, utile a rappresentare sia le similarità tra le preferenze, sia le conflittualità tra i diversi criteri (Mareschal and De Smet, 2009).

La Figura 8 rappresenta il grafico GAIA, ottenuto da questa valutazione. Attraverso questo grafico, è possibile notare

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 96

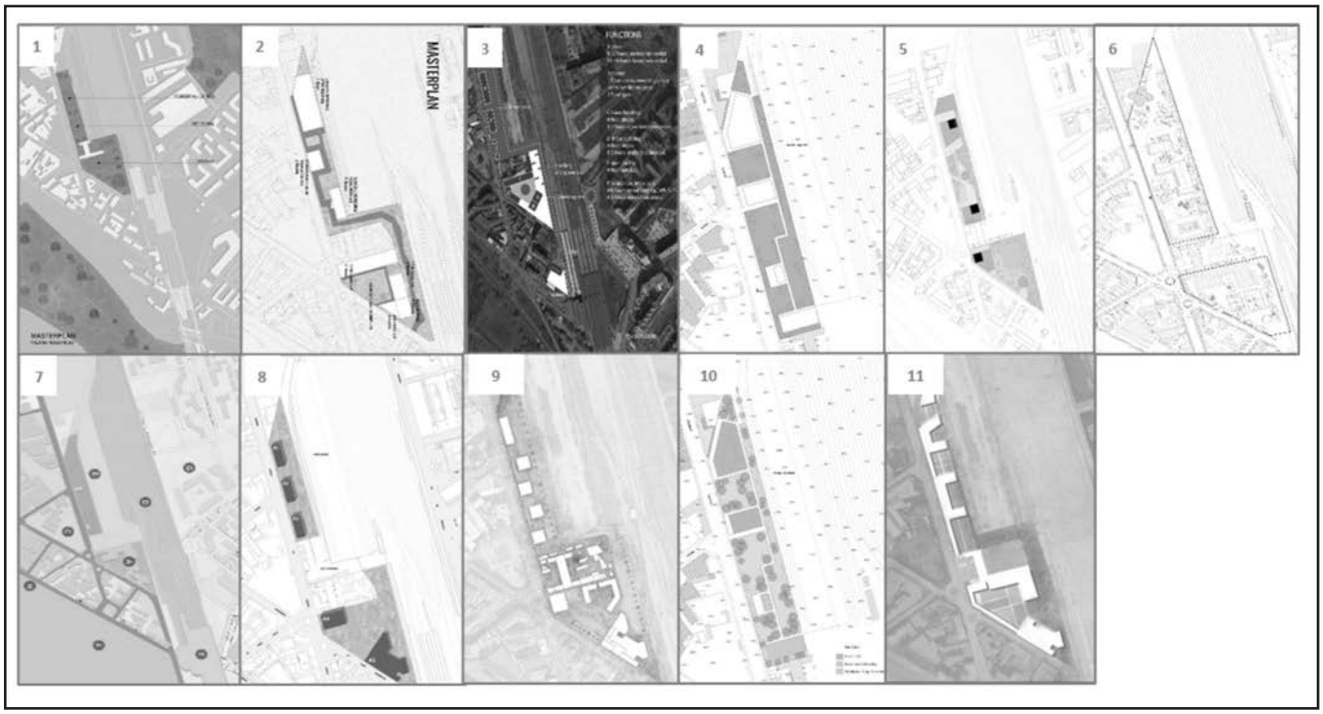

Figura 6 - *Scenari alternativi per Rogoredo.*

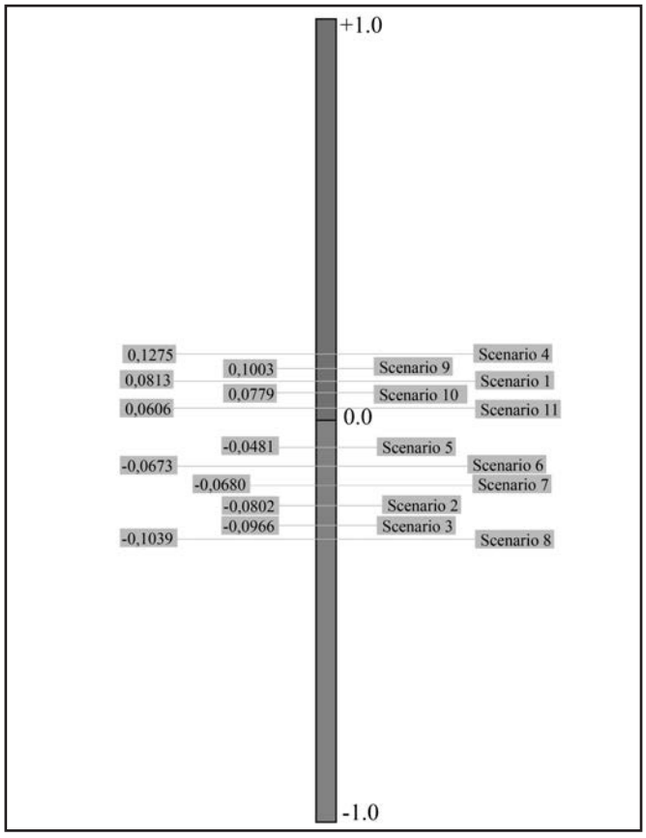

Figura 7 - *Ranking globale ottenuto attraverso il software PROMETHEE.*

ed evidenziare come le preferenze dei progettisti e dei residenti siano contrastanti con quelle espresse dagli investitori. Nonostante queste divergenze di prospettiva, si può ritenere che questo sia un processo decisionale caratterizzato da un basso livello di conflitto; infatti, tutti gli assi sono orientati verso destra. Inoltre, attraverso il grafico GAIA è possibile confermare il *ranking* precedentemente ottenuto (Fig. 7). Le diverse strategie rispettano, infatti, lo stesso ordine in entrambi i grafici.

3.2.5 Analisi di sensitività

Dopo la valutazione delle alternative progettuali, è stata svolta un'analisi di sensitività al fine di testare la robustezza del modello di valutazione. Questa analisi è stata svolta seguendo tre passaggi:

1) Impostando la stessa importanza (quindi lo stesso peso) per tutti i criteri considerati (Fig. 9a)
2) Minimizzando i pesi assegnati ai criteri relativi l'accessibilità e la rigenerazione (Fig. 9b)
3) Massimizzando i pesi del costo di investimento e dei ricavi (Fig. 9c).

La Figura 9 mostra i risultati ottenuti dall'analisi di sensitività. Per quanto riguarda il primo *test*, che imposta tutti i pesi uguali, si può notare come il *ranking* finale non subisca importanti cambiamenti. Infatti, i primi tre scenari del *ranking* rimangono sempre lo scenario 4, lo scenario 9 e lo scenario 1. Solo lo scenario 7 cambia posizione nel *ranking* finale, ma questa variazione è principalmente dovuta ad una buona *performance* per i criteri relativi alla rigenerazione

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 97

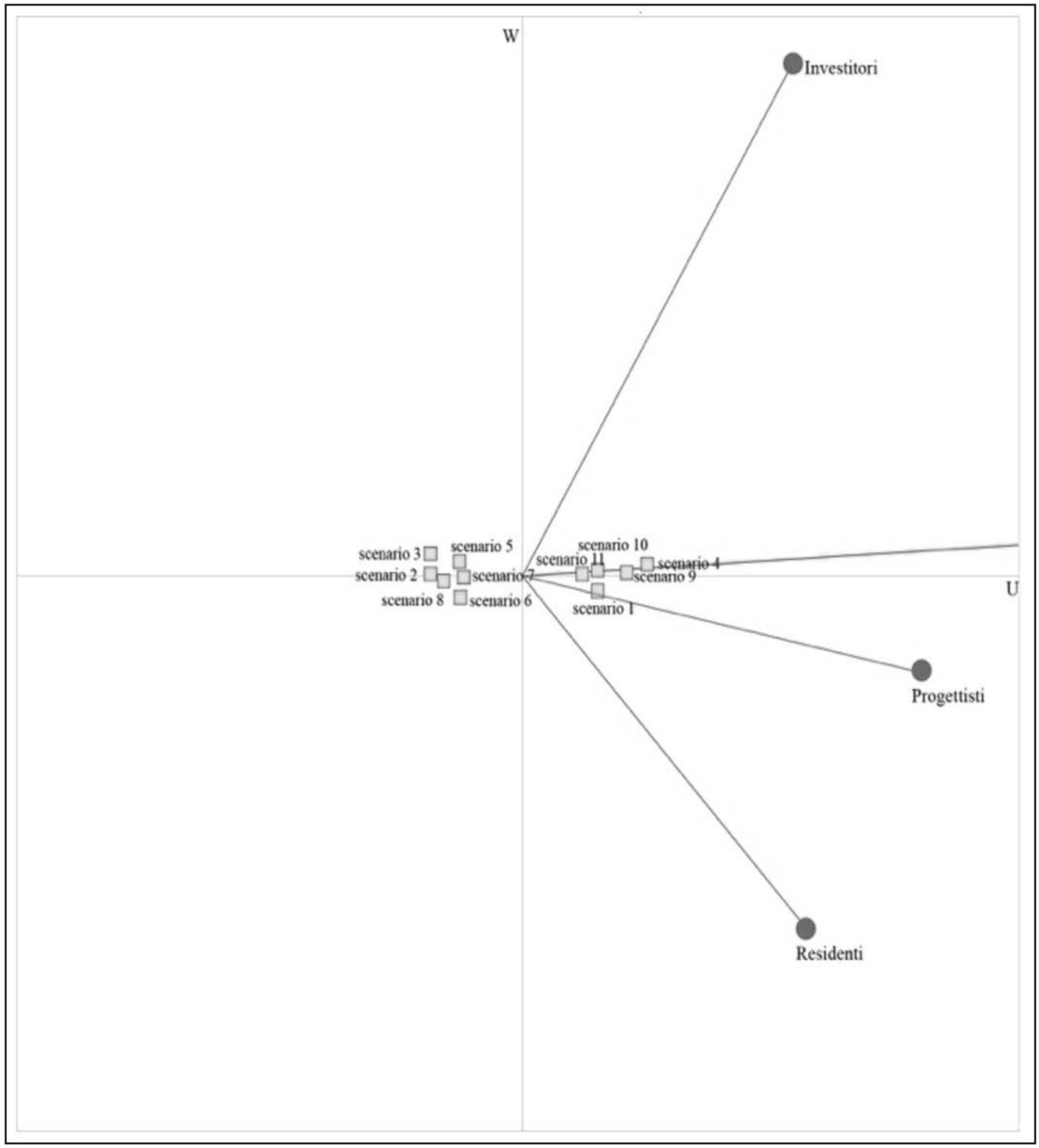

Figura 8 - *GAIA plan*

e all'accessibilità, che sono stati minimizzati, e ad una bassa *performance* per i criteri aree verdi, rapporto tra aree costruite e aree verdi, inquinamento ambientale e acustico e *mixitè*, che sono stati invece massimizzati in questa analisi.

Anche la seconda analisi di sensitività, che prevede la minimizzazione dei criteri di rigenerazione e accessibilità, non implica una variazione consistente nel *ranking* finale ottenuto. Gli scenari 4, 9, 1, 10 e 11 mantengono la loro

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 98

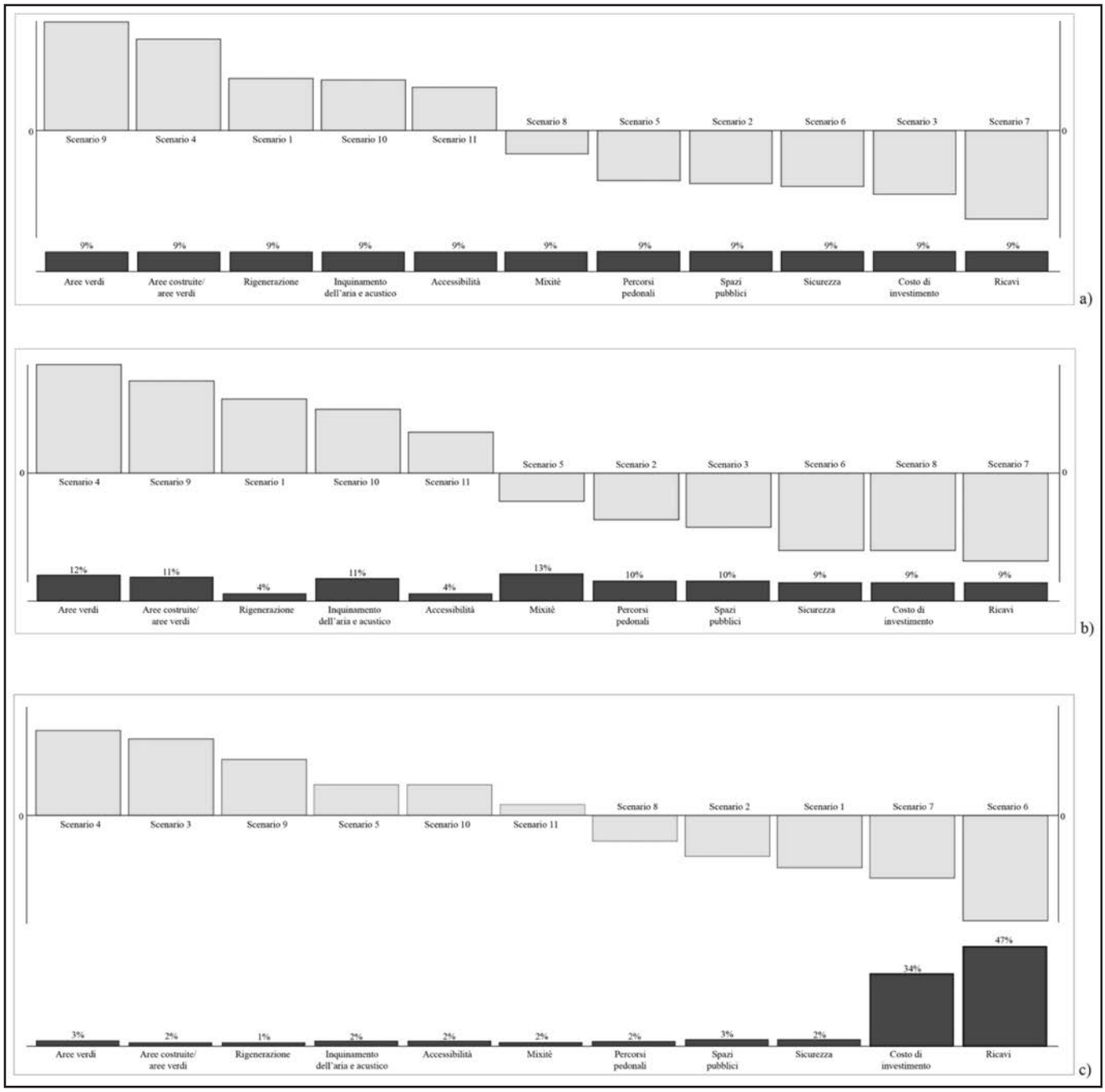

Figura 9 - *Analisi di sensitività svolta attraverso il software PROMETHEE.*

posizione all'interno del *ranking*, così come lo scenario 7 che si attesta alla posizione più bassa, non cambiando la posizione all'interno del *ranking*.

La terza analisi di sensitività, invece, mostra un maggiore cambiamento nel *ranking* delle alternative, rispetto a quelli commentati precedentemente. Per esempio, lo scenario 3 varia la sua posizione, così come gli scenari 10 e 11. Questi cambiamenti possono essere dovuti all'estremizzazione dei pesi conferiti ai criteri relativi al costo di investimento e ai ricavi.

Ciò nonostante, le analisi condotte hanno permesso di stabilire la correttezza e robustezza del modello di valutazione proposto e conseguentemente dei risultati ottenuti.

3.3 Stima dei costi e dei ricavi

Oltre alla AMC, è stata condotta una stima parametrica dei costi e dei ricavi. Tale analisi consente di considerare gli impatti della rigenerazione in termini di risorse finanziarie richieste e di ammontare dei ricavi sin dalle prime fasi del

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 99

processo decisionale. Quest'ultimo è fondamentale sia per gli investitori pubblici sia per quelli privati, al fine di prevedere la fattibilità del progetto o eventualmente confrontare scenari alternativi di rigenerazione. Questo lavoro mostra un esempio di questa stima eseguita per lo scenario 9, uno dei più complessi in termini di tipologie edilizie e funzioni nell'area, come per esempio edifici destinati al *social housing*, uffici, attività commerciali, cinema, spazi pubblici e garage.

Per la stima del costo è stato utilizzato un procedimento parametrico, attraverso l'impiego principalmente del Prezziario delle tipologie edilizie (DEI) (2014), ma alcune informazioni aggiuntive reperite nella banca dati dell'Agenzia delle Entrate (2021), nei prezziari forniti dalla Regione Lombardia (2020) e negli oneri di urbanizzazione per la città di Milano (2007).
In primo luogo, sono stati moltiplicati i costi parametrici contenuti nei documenti DEI per le superfici specifiche previste per l'area di Rogoredo. In particolare, è stata utilizzata la tipologia A9 per gli edifici residenziali con parcheggio interrato (2124 €/m^2), B7 per l'edilizia popolare (1.170 €/m^2), D13f per il cinema (10.187 €/posto), D16 per gli uffici (925 €/m^2), I1 per le aree verdi (33 €/m^2) e I13 per i percorsi pedonali (283 €/m^2). Il costo tecnico di costruzione stimato è di 50.382.371 €, comprensivo anche del valore dell'area (600 €/m^2) e dei costi di demolizioni (35 €/m^2), usando per quest'ultimo il prezziario della Regione Lombardia 2020. A questo importo sono stati poi aggiunti i costi relativi ai diversi oneri di urbanizzazione primaria e secondaria per ciascuna tipologia edilizia, usando i dati contenuti nella legge comunale (2007) e la percentuale sul costo di costruzioni. Successivamente, sono stati aggiunti gli oneri professionali (7% per il progetto e 3% altre spese), le spese di progettazione (5% per l'impresa, calcolato sui costi totali, e 3% di commercializzazione, calcolato sui ricavi), e il profitto. I costi d'investimento dell'intervento sono quindi pari a 76.551.470 €.

In secondo luogo, i ricavi dovuti alla vendita degli immobili sono stati stimati utilizzando un procedimento di stima diretto basato sulla analisi dei prezzi di offerta corretti, di un campione rappresentativo di immobili localizzati nella zona omogenea di riferimento. I risultati così ottenuti sono stati poi confrontati con il Valore di Mercato medio riferito alla medesima zona omogenea ed alla medesima tipologia di immobili, pubblicato dall'Osservatorio sul mercato immobiliare (OMI) pubblicato dall'Agenzia delle Entrate (2021).

Per la stima valori di mercato delle abitazioni residenziali, è stato selezionato un campione di dieci immobili con caratteristiche simili a quelli oggetto di stima attraverso la consultazione di alcuni siti immobiliari (ossia immobiliare.it e casa.it) e utilizzati per definire il valore medio. Poiché nella zona di Rogoredo verranno realizzate varie tipologie di appartamenti differenti per metratura, ubicazione, piano e classe energetica, il valore medio è stato poi corretto attraverso l'impiego di alcuni coefficienti correttivi, stimati secondo le differenze menzionate precedentemente. Per verificare la validità di tali stime, il valore medio stimato è stato confrontato con il prezzo medio delle zone limitrofe a Rogoredo e contenuto nell'Osservatorio dell'Agenzia delle Entrate (3.230 €/m^2 contro 3.300 €/m^2). Per l'edilizia popolare, le attività commerciali, gli uffici, l'asilo e i garage è stato utilizzato il prezzo medio massimo (rispettivamente pari a 2.300 €/m^2, 1.800 €/m^2, 2.200 €/m^2, 1.500 €/m^2 e 20.000 € cadauno) dato dall'Osservatorio dell'Agenzia delle Entrate. Per la stima del valore di mercato del cinema è stato invece applicato un procedimento indiretto ovvero la capitalizzazione dei redditi. I redditi netti sono stati stimati partendo dai ricavi lordi potenziali del cinema.

È stata stimata la capienza dell'edificio in termini di posti a sedere (ossia 402) in base ai metri quadrati e ipotizzato un tasso di sfitto pari al 20% per ogni giorno di attività. Quindi, i ricavi lordi annui sono stati stimati in base al prezzo del biglietto di ingresso (fissato pari a 7 euro), al tasso di occupazione, e ai giorni lavorativi. Il 50% di tale importo viene quindi considerato come spesa da sostenere per il funzionamento del cinema stesso e diviso per il 7%. Il valore di mercato stimato per il cinema è pari a 12.075.000 €. Sulla base di tali stime, i ricavi totali sono pari a 81.385.000 €.

Pertanto, confrontando i costi di investimento con i ricavi totali il ROI è pari a circa il 6%. Tale risultato conferma la fattibilità finanziaria dell'investimento, evidenziandone la natura sociale in considerazione degli interventi di *social housing*, spazi pubblici e verde urbano.

Il risultato ottenuto è utile per confrontare gli scenari tra loro anche da un punto di vista puramente finanziario, mettendo in evidenzia il ROI e considerando quindi la prospettiva del promotore e del finanziatore. In questo modo, le proposte di *masterplan* possono essere considerate alla luce sia dell'analisi AMC sia dell'analisi AF e discusse con tutti gli *stakeholders* coinvolti al fine di ridurre possibili conflitti tra loro.

4. CONCLUSIONI

Il caso applicativo proposto in questa ricerca studia il ruolo dei metodi integrati a supporto della progettazione e valutazione di scenari alternativi per la rigenerazione di aree sottoutilizzate. In particolare, l'area degli scali ferroviari di Rogoredo e la sua rigenerazione vengono utilizzate come caso reale ed emblematico di riuso di infrastrutture grigie all'interno del contesto urbano consolidato. In particolare, il presente contributo utilizza questa porzione della città di Milano per evidenziare come la rigenerazione sia il miglior esempio per uno sviluppo in chiave sostenibile, resiliente ma, soprattutto, circolare delle nostre città, che conduce alla "chiusura del cerchio" nei contesti urbani.

In particolare, l'approccio metodologico proposto combina AMC e analisi finanziaria (AF) per supportare il pro-

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 100

cesso decisionale nella sua complessità, tenendo conto degli aspetti qualitativi (sociali e ambientali) e quantitativi (economico-finanziari) in gioco. Il valore aggiunto fornito da questa applicazione è rappresentato proprio dalla possibilità di considerare sia gli interessi del promotore, attraverso la stima di costi e ricavi, sia la prospettiva pubblica più ampia, attraverso l'AMC. In particolare, per consentire una maggiore completezza della valutazione, è stato condotto un *focus group* al fine di determinare l'insieme dei pesi da considerare nell'AMC. Le opinioni e le esigenze dei vari *stakeholders* diventano così parte integrante delle diverse fasi, dal *masterplan* fino alla realizzazione del progetto.

Si ipotizzano alcune prospettive future a completamento di questo lavoro. In primo luogo, verrà effettuata un'analisi costi-benefici (ACB) al fine di tenere conto della natura socio-imprenditoriale dell'intervento, considerando le indicazioni contenute nel Piano di Governo Territoriale (PGT) della città di Milano. L'obiettivo è, infatti, quello di proporre interventi volti a ricollegare questo nodo infrastrutturale, rendendolo un polo attrattivo e inclusivo. In secondo luogo, attraverso l'analisi delle diverse alternative proposte e le graduatorie ottenute, sarà possibile creare uno scenario più adeguato e soddisfacente che derivi dalla sintesi delle alternative vincenti e delle loro strategie più performanti, nonché tenendo conto dei risultati dell'AF. In questo modo, sia il privato sia il pubblico possono trarre vantaggio da questa prospettiva integrata per proporre uno scenario conveniente in termini finanziari, ma anche un intervento altamente efficace dal punto di vista sociale.

* **Marta Bottero,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *marta.bottero@polito.it*

** **Caterina Caprioli,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *caterina.caprioli@polito.it*

*** **Giulia Datola,** *Politecnico di Torino, Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio*
e-mail: *giulia.datola@polito.it*

**** **Alessandra Oppio,** *Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani*
e-mail: *alessandra.oppio@polimi.it*

***** **Francesca Torrieri,** *Università degli Studi di Napoli, Federico II*
e-mail: *francesca.torrieri@unina.it*

Contributo degli autori

Tutti gli autori hanno contribuito allo stesso modo a tutte le parti del presente contributo.

Ringraziamenti

Le alternative di progetto utilizzate per l'applicazione del metodo di valutazione proposto nel presente contributo, sono state sviluppate e progettate dagli studenti del corso multidisciplinare "Project Appraisal", tenuto dalla Professoressa Marta Bottero e dalla Professoressa Francesca Torrieri nel corso di laurea Architecture, Built Environment, Interiors, presso il Politecnico di Milano (Italia).

Bibliografia

ABASTANTE F., CAPRIOLI C., GABALLO M., *The Economic Evaluation of Projects as a Structuring Discipline of Learning Processes to Support Decision-Making in Sustainable Urban Transformations,* International Journal of Sustainable Development and Planning, 17(4), 2022, pp. 1297-1307. https://doi.org/10.18280/ijsdp.170427

AGENZIA DELLE ENTRATE, *Osservatorio del mercato immobiliare - quotazioni OMI*, 2021.

BEHZADIAN M., KAZEMZADEH R.B., ALBADVI A., AGHDASI M., *PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications,* European Journal of Operational Research, 200, 1, 2010, pp. 198–215.

BLECIC I., CECCHINI A., *Verso una pianificazione antifragile. Come pensare al futuro senza prevederlo*, Franco Angeli editore, Milano, 2016.

BOTTERO M., ASSUMMA V., CAPRIOLI C. & DELL'OVO M., *Decision making in urban development: The application of a hybrid evaluation method for a critical area in the city of Turin (Italy),* Sustainable Cities and Society, 2021, 103028. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103028_

BOTTERO M., D'ALPAOS C., OPPIO A., *Multicriteria evaluation of urban regeneration processes: an application of PROMETHEE method in Northern Italy,* Advances in

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 101

Operations Research, 2018, https://doi.org/10.1155/2018/9276075

Bottero M., Dell'Anna F., Gobbo G., *A PROMETHEE-based approach for designing the reuse of an abandoned railway in the Monferrato Region, Italy,* International Journal of Multicriteria Decision Making, 8, 1, 2019, pp. 60–83. 10.1504/IJMCDM.2019.098027

Bottero M., D'Alpaos C., Oppio A., *Ranking of Adaptive Reuse Strategies for Abandoned Industrial Heritage in Vulnerable Contexts: A Multiple Criteria Decision Aiding Approach,* Sustainability, 11, 2019, 785. https://doi.org/10.3390/su11030785

Brans J., Mareschal B., *Promethee V: Mcdm Problems With Segmentation Constraints,* INFOR: Information Systems and Operational Research, 30, 2, 1992, pp. 85–96.

Brans J., Mareschal B., *The promethee VI PROCEDURE: How to differentiate hard from soft multicriteria problems,* Journal of Decision Systems, 4, 3, 1995, pp. 213–223.

Bottero M., Datola G., *Addressing Social Sustainability in Urban Regeneration Processes*. An Application of the Social Multi-Criteria Evaluation. Sustainability 2020, 12, 7579. https://doi.org/10.3390/su12187579

Brans J., Vincke P., *A preference ranking organization method (The PROMETHEE method for multiple criteria decision making*), Manag. Sci. 31, 1985, pp. 647–656.

Brans J., Vincke P., Mareschal B., *How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method,* European Journal of Operational Research, 24, 2, 1986, pp. 228–238.

Brans J.P., *L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE,* in L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir; Nadeau, R., Landry, M., Eds. Presses de l'Université Laval: Québec, Canada, 1982; pp. 183–213.

Brans J.P., Mareschal B., Vincke P., *PROMETHEE: A new family of outranking methods in multi-criteria analysis,* in Operational Research; Brans, J.P., Ed.; North-Holland: Amsterdam, The Netherlands, 1984, pp. 477–490.

Brans J.P., Mareschal B., *PROMETHEE methods. In Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys,* in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M., Eds.; Springer: Boston, MA, USA, 2005, pp. 163–196.

Cerreta M., Giovene di Girasole E., Poli,G., Regalbuto S., *Operationalizing the Circular City Model for Naples' City-Port: A Hybrid Development Strategy,* Sustainability, 12, 2020, 2927. https://doi.org/10.3390/su12072927

Cerreta M., Mazzarella C., Spezia M., Tramontano M.R., *Regenerativescapes: Incremental Evaluation for the Regeneration of Unresolved Territories in East Naples,* Sustanainability, 12, 2020, 6975. https://doi.org/10.3390/su12176975

Corrente S., Figueira J.R., Greco S., *The SMAA-PROMETHEE method,* European Journal of Operational Research, 239, 2014, pp. 514–522.

Csillahy J., *Economie de L'environment Construit,* Lausanne, 1985.

DEI, Tipografia del Genio Civile, *Prezzi informativi dell'edilizia per Recupero, Ristrutturazione e Manutenzione*, Roma, 2018.

Dell'Ovo M., Bassani S., Stefanina G. & Oppio A., *Memories at risk. How to support decisions about abandoned industrial heritage regeneration,* Valori e Valutazioni, (24), 2020.

Della Spina L., Rugolo A., *A Multicriteria Decision Aid Process for Urban Regeneration Process of Abandoned Industrial Areas,* in Bevilacqua C., Calabrò F., Della Spina L. (eds) New Metropolitan Perspectives. NMP 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 178. Springer, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48279-4_99

European Commission, *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Publications Office of the European Union, 2014 https://doi.org/10.2776/97516.

Figueira J., Roy B., *Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure,* European Journal of Operational Research 139, 2002, pp. 317–326.

Garsia L., *Abitare la rigenerazione urbana. La misura della citta e della casa nel XXI secolo*, Gangemi editore, Roma, 2015.

Giuffrida S., Ventura V., Trovato M.R., Napoli G., *Assiologia della citta storica e saggio di capitalizzazione. Il caso del Centro storico di Ragusa Superiore*, Valori e Valutazioni, Vol. 18, 2017, pp. 41-55.

Greco S., Figueira J., Ehrgott M., *Multiple criteria decision analysis,* Springer, New York, 2016.

Mareschal B., De Smet Y., *Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods*, in Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2009, pp. 1646–1649, Hong Kong, December 2009.

Marangon F., Rosato P., *L'analisi multi criteri nella gestione delle risorse naturali : il caso delle risorse agroambientali,* Economia delle fonti di energia e dell'ambiente, Milano, Angeli, ISSN 1125-1271, ZDB-ID 1161601-5. Vol. 38, 1995, 2, pp. 87–131.

Mondini G., *Integrated assessment for the management of new social challenges*, Valori e Valutazioni, 17, 2016, pp. 15–18.

Munda G., *Multiple criteria decision analysis and sustainable development,* International Series in Operations Research and Management Science, 2016. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_27

Municipality of Milan, Oneri di urbanizzazione, 2017.

Mussinelli E., Tartaglia A., Fanzini D., Riva R., Cerati D., Castaldo G., *New Paradigms for the Urban Regeneration*

89 BOTTERO ITA 1.qxp_SIEV 30 29/12/22 14:17 Pagina 102

Project Between Green Economy and Resilience, in Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective, 2020, pp. 59 – 67.

Oppio A., Torrieri F., Dell'Oca E., *Urban rent at risk: the point of view of private investors*, Valori e Valutazioni, 2020, 27, 5-18; https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20202702.

Prizzon F., Gli investimenti immobiliari, Celid, Torino, 1995.
Regione Lombardia, *Prezziario Regionale delle opere pubbliche,* 2020.

Roberts P., Sykes H. (a cura di), *Urban regeneration: an hand- book*, SAGE Publications, London, 2000.

Roy B., Bouyssou D., Aide Multicritere a la Decision: Methodes et Cas; Economica: Paris, France, 1993.

Sartori D., Catalano G., Genco M., Pancotti C., Sirtori E., Vignetti S., Bo C., *Guide to cost-benefit analysis of investment projects. Economic appraisal tool for cohesion policy 2014-2020,* 2014.

Simos J., *Evaluer l'impact sur l'environnement: Une approche originale par l'analyse multicritere et la negociation,* Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, *Lausanne*. 1990.

Riferimenti internet

Comune di Milano, https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/urbanistica-ed-edilizia/attuazione-pgt/scali-ferroviari-accordo-di-programma.

Comune di Milano, https://www.pgt.comune.milano.it/

Agenzia delle Entrate, https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm

https://www.edilizia.com/notizie/wp-content/uploads/ 2020/07/AVOLUME1_1.pdf_

https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/geopoi_omi/index.php

https://www.comune.milano.it/documents/20126/3507777/Oneri+di+Urbanizzazione+-+Importi+-+Allegati+alla+Delibera+del+Consiglio+Comunale+n.+73_2007.pdf/37570a3a-2ef9-d067-22d8-b93c030ad1a9?t=1557173909806

https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/geopoi_omi/index.php