

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

Simona Panaro*, Giuliano Poli**,
Marilisa Botte**, Sabrina Sacco**,
Maria Cerreta**

Key words: Project Portfolio Management, Port City

Abstract

In recent years, the EU has sought to define sustainable transition pathways towards more equitable, prosperous, and inclusive urban and territorial models, capable of responding to the rapid degradation of ecosystems, and improving quality of life of citizens. In this context, ports have been recognised as key strategic hubs not only for economic and logistical competitiveness, but also to generate employment and investment opportunities, and to address the challenges of the climate change. The research presents a multi-scale, multi-dimensional and multi-group methodological framework to support decision-making processes related to the development of sustainable transformations of port cities, capturing the complexity of interactions and conflicts. Integrating Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approaches and Problem Structuring Methods (PSM), the proposed

methodology aims to address the following gaps identified in the literature: (i) a scattered application of multi-group methods; (ii) the lack of social instances within the decision problem; (iii) a weak sustainability perspective; (iv) the use of one-dimensional scale assessment in sectoral studies. The case study of the city-port of Gela in Sicily (Italy) provided an opportunity to test the proposed methodology and to integrate multi-dimensional sustainability issues into feasibility studies, promoting a more balanced relationship between city and port. The interdependencies between environment, society and economy allowed MCDA to be identified as a suitable approach to address complex decision-making and support the sustainability assessment of port areas transformation. Two multi-criteria and multi-group evaluation methods guided the decision-making

process to select a portfolio of preferred alternatives by assessing technical, environmental, and economic impacts and analysing stakeholder conflicts and coalitions. The process was carried out as follows: on the one hand, a multidimensional impact matrix integrating Key Performance Indicators (KPIs) divided into technical, financial-economic, and environmental

categories through the application of the multi-criteria method EVAMIX; on the other hand, a social assessment with a dendrogram of coalitions derived from the application of the multi-group method NAIADE by modelling stakeholders' preferences regarding a portfolio of alternatives related to the decision problem.

1. INTRODUCTION

In recent years, the EU has proposed sustainable transition pathways towards more equitable, prosperous, and inclusive models to respond to environmental degradation and improve the quality of life in cities and regions.

EU Regulation 241/2021 stipulates that all measures in National Recovery and Resilience Plans (NRRP) must meet the principle of “no significant harm to environmental objectives”. This means that all measures must comply with the “Do No Significant Harm” (DNSH) principle and the environmental sustainability goals defined in the Paris Agreement (Green Deal) in relation to the taxonomy system outlined in EU Regulation 2020/852.

Therefore, according to the definition of sustainable development (Our Common Future, 1987) and the Triple Bottom Line (TBL) (Elkington 1998; Gimenez et al. 2012), the environmental dimension must necessarily be integrated with the economic and social dimensions. This tripartition underscores the need for the coordinated development of environmental, economic, and social aspects in the processes of sustainable transformation of urban contexts, as also highlighted by the Sustainable Development Goals (SDGs) (United Nations, 2017). The approach proposed by the SDGs is particularly relevant for the transformation processes of urban contexts, as it focuses on the challenges of climate change and social and economic crises, ensuring integrated sustainability pathways in a long-term vision.

In 2018, the international organisation AIVP drafted the 2030 Agenda (AIVP, 2018), the first global initiative to adapt the 17 SDGs to the specific context of port cities, stressing the importance of actions and measures adopted in these contexts for global and local sustainability. Climate change adaptation, energy transition, circular economy, sustainable mobility, innovative governance, human capital, inclusive culture, and territorial identity are some of the key issues discussed. In the same direction, the World Ports Sustainability Program (2017) aims to promote the leadership of ports in contributing to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals. In line with the 17 SDGs, the WPSP provides guidelines for coordinating and promoting sustainable actions for port-cities. In this regard, the Horizon 2020 project “The Port of the Future” (Docks the Future, 2020) proposes a

methodology for assessing the performance of port-cities, which, starting from the goals proposed by the WPSP and the 2030 Agenda and the guidance provided by the AIVP, adopts social, economic and environmental Key Performance Indicators (KPIs) to measure the sustainability of actions taken in port-cities (UNCTAD, 2016).

Therefore, the port city context plays a crucial role in the sustainable development processes of the whole urban system (Borriello et al., 2015). Indeed, environmental externalities, economic growth and community needs are all relevant issues for the sustainability of port areas (Cheon et al., 2017), which require a balance between economic, environmental and social development (Stein and Acciaro, 2020). Therefore, due to the complexity and plurality of the interests involved, it may be beneficial to use more inclusive approaches to design and develop new sustainable city models (Cerreto and Panaro, 2022).

In this sense, it is necessary to consider the problem from a multi-group and multi-criteria perspective to analyse the complexity of urban and maritime space transformations and to assess their environmental, economic and social impacts.

Problem Structuring Methods (PSMs) are a set of tools and techniques that can be useful for structuring complex problems such as this one. In fact, PSMs are used to help organisations and individuals to better understand, analyse, and develop solutions for complex problems (Mingers and Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996). They have been applied in a range of fields, including engineering, operations research, public policy, economics, planning and business management (Friend and Hickling, 2012), and they have typically been used in combination with other problem-solving techniques (Cerreto and De Toro, 2010; Cerreta et al., 2013; Lami and Todella, 2023). PSMs often involve an iterative process of problem definition, analysis, and solution development to deal with uncertainty in decision-making (Lami and Todella, 2019; White, 2006). They can be used to structure problems in terms of their components, identify relevant relationships between criteria, and develop a strategy for solving the problem (Rosenhead and Mingers, 2001). Beyond the most common PSMs, including Systems Thinking (Currie et al., 1999), Soft Systems Methodology (Checkland, and Poulter, 2007), and the Strategic Choice approach (Friend and Hickling, 2012), the integration of

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

MCDA into PSMs can stimulate the elicitation of solutions that are both feasible and desirable, while also taking into account the needs and preferences of stakeholders.

In this context, our research proposes a multi-scale, multi-dimensional and multi-group methodological framework that integrates Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approaches and assessment tools. It has the aim of capturing the complexity of Gela port area (Italy) transformations and their interactions with the city, managing the potential conflicts between different stakeholder interests, and adequately supporting the decision-making process.

This paper is structured as follows: Section 2 presents the methodological proposal; Section 3 presents a brief review of the literature on multi-criteria methods used to address complex decision-making problems related to port city contexts; Section 4 describes the application of the methodological approach to the case study of the city-port of Gela and presents its results; Section 5 presents the conclusions and future developments of the research.

2. A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR PORT CITY SUSTAINABILITY

The proposed methodology falls within the framework of Problem Structuring Methods (PSM) and, starting from the research questions and gaps identified in the literature, aims to present the integration of multi-criteria methods within the decision-making processes related to port-cities in order to improve sustainability from a multi-dimensional perspective. Specifically, the application case of the city-port of Gela, in Sicily (Italy), has been chosen to assess sustainable strategies for port development.

The following research questions have been identified:

- How can the sustainability of port city transformation processes be measured?
- What methods are useful for this purpose?
- What are the gaps identified in the literature review?

A five-step methodological framework was designed to answer the above questions (**Fig. 1**).

Step 1 - Review of MCDA methods. The first step was to

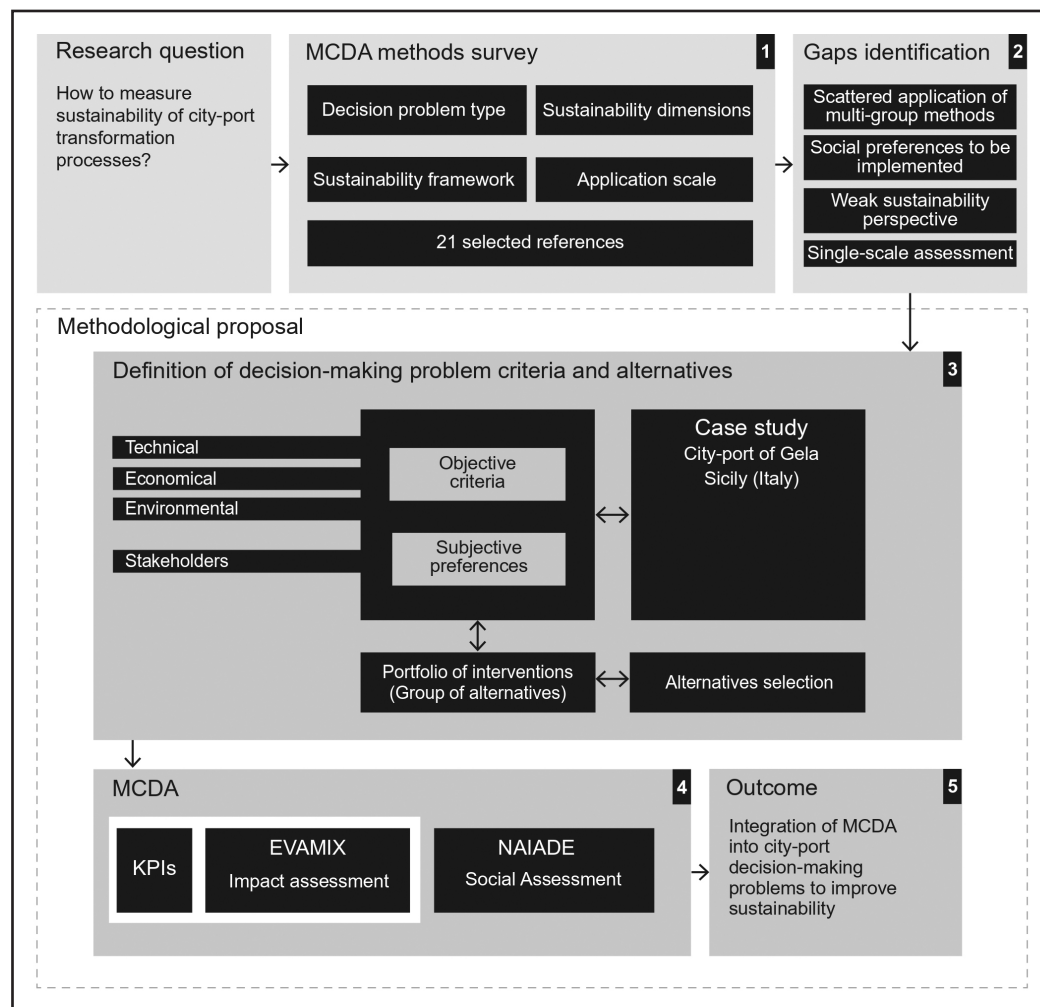


Figure 1 - Methodological framework.

conduct a literature review on multi-criteria methods applied to complex decision-making problems related to port cities. The selected literature was analysed from the following perspectives: type of decision-problem, theoretical frameworks related to sustainability measurement, dimensions of sustainability considered, and application scales of policies and projects addressed. At this stage, 21 application cases using different multi-criteria approaches were examined.

Step 2 - Gaps identification. The analysis of scientific articles led to the identification of the following four inherent gaps: (i) scattered application of multi-group methods; (ii) lack of social instances within the problem definition; (iii) weak sustainability perspective; (iv) one-dimensional scale assessment.

Step 3 - Definition of decision-making problem criteria and alternatives. Starting from the case study, a portfolio of interventions was defined, consisting of groups of alternatives that were combined according to feasibility criteria and selected by the research team involved in defining a new master plan proposal for the city-port of Gela. These alternatives were evaluated using criteria-objectives on the technical, economic, and environmental dimensions through KPIs. The subjective preferences of the stakeholders involved in the decision-making problem, organised into interest groups, were then integrated.

Step 4 - MCDA. At this stage, two multi-criteria and multi-group evaluation methods called EVAMIX and NAIADE were applied. The former guided the decision-making process to select a portfolio of preferable alternatives by assessing technical, environmental, and economic impacts. The latter aimed at incorporating stakeholder preferences in the combination of alternatives. The results obtained from the methodological process led to the identification of an impact matrix, derived from the application of the EVAMIX method, and a coalition dendrogram, derived from the implementation of NAIADE, determined by an equity matrix, that relates the stakeholders' preferences with respect to the decision problem alternatives.

Step 5 - Outcome. The analysis of the results within the methodological steps of the designed PSM aims to inform experts, researchers and decision-makers about the benefits and limitations related to the integration of MCDA in city-port decision-making problems to improve sustainability.

3. MATERIAL AND METHODS

3.1 MCDA for port city sustainability: a review of the methods used

The interdependence between environment, society and economy has allowed MCDA to be identified as the most appropriate approach to address multi-dimensional, multi-scale and multi-group decision-making, as it can

capture the complexity of the study contexts by assessing the sustainability of transformative actions in an integrated manner.

Within the selected literature on Problem Structuring Methods (PSM) (Lami and Tavella, 2019), methodological approaches tested for the implementation of sustainability issues in port cities were examined to understand the relationship between decision-making problems and multi-criteria methods and to identify possible research gaps.

Twenty-one documents have been identified and examined according to the following points (**Table 1**):

1. Sustainability framework, which refers to the thematic categories that recur in port city transformation processes.
2. Dimensions, referring to one or more dimensions (environmental, social, and economic) used to classify sustainability issues.
3. Decision problem, which identifies the main issue addressed in the decision-making process.
4. Scale of application (local, urban, regional).
5. Multi-criteria methods, indicating the method(s) used to address the decision problem and to evaluate alternatives and scenarios.
6. Stakeholder involvement, indicating whether and how stakeholders have been considered and analysed, and whether the social perspective has been made explicit.
7. Selected references, indicating the references of the documents analysed.

It is noted that problem structuring is a crucial activity in the decision-making process, as it involves a systematic analysis of the problem to define specific objectives, criteria, and alternatives (Cerreta et al., 2021). The choice of the multi-criteria method(s) to be used is also closely linked to the problem definition.

From the analysis carried out, a selection of thematic categories has emerged in relation to the main application cases related to port cities and the methods identified for evaluating sustainable transformation scenarios.

The thematic categories considered are:

1. Tourism and port attractiveness. In this category, two types of decision-making problems are considered: the allocation of resources of areas designated for nautical tourism, and the selection of the preferable scenario from among those developed. In Kovačić (2012), the problem of resource allocation was studied at the local level through a systematic analysis of physical, technical and technological, economic-political and ecological criteria, using the Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) (Brans, 1982). In Butowski (2018), the selection of the preferable scenario among the alternatives was studied at the regional scale using the PROMETHEE method combined with the Analytic Hierarchy Process (AHP) method (Saaty, 1980), while in Pesce et al. (2018) the

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

Table 1 - Review of methods

Sustainability framework	Sustainability dimensions	Decision problem type	Application scale	Multi-criteria methods	Stakeholders involvement	Selected references
Tourism	Economic Social Environmental	Resource allocation	Urban	PROMETHEE	-	Kovačić, 2012
	Economic Environmental	Preferable scenario selection	Regional	PROMETHEE + Analytic Hierarchy Process (AHP)	-	Butowski, 2018
	Economic Social Environmental	Preferable scenario selection	Urban	Weighted Linear Combination (WLC)	Stakeholders analysis	Pesce et al., 2018
Transport	Economic Environmental	Preferable scenario selection	Regional	PROMETHEE + Analytic Hierarchy Process (AHP)	Stakeholders analysis Interviews Online Survey	Gagatsi et al, 2017
	Economic Social Environmental	Preferable scenario selection	Urban	Weighted Linear Combination (WLC)	Multi-group multi-criteria exercise Interviews	Dean, 2021
	Economic Social Environmental	Resource allocation	Urban	Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) + Geographic information system (GIS)	-	Raad et al, 2022
Logistics	Environmental	Resource allocation	Local	PROMETHEE + Analytic Hierarchy Process (AHP)	-	Bartosiewicz, 2020
	Environmental	Resource allocation	Urban	Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) + Best Worst Method (BWM) + PROMETHEE	Questionnaire	Chowdhury and Haque Munim, 2022
	Economic Environmental	Preferable scenario selection	Regional	Weighted Linear Combination (WLC)	Stakeholders analysis Online Survey	Nguyen et al., 2021
Climate Change	Environmental	Ranking of alternatives	Urban	Analytic Hierarchy Process (AHP)	Survey	McIntosh and Becker, 2020
	Environmental	Ranking of alternatives	Regional	Analytic Hierarchy Process (AHP) + Geographic information system (GIS)	-	Al-Taani et al., 2023
Port performance	Economic Environmental	Preferable scenario selection	Regional	Weighted Linear Combination (WLC)	-	Libardo and Parolin, 2012
	Economic Social Environmental	Preferable scenario selection	Regional	Analytic Hierarchy Process (AHP) + TOPSIS	Survey Questionnaire	Lorenčić et al., 2022
Public-Private Partnerships	Economic Social	Preferable scenario selection	Regional	Analytic Hierarchy Process (AHP)	Stakeholders analysis Survey	Hadžić, 2022
City-port Planning	Economic Social Environmental	Preferable scenario selection	Urban	PROMETHEE	Stakeholders analysis Interviews Questionnaire	Jardas et al., 2020
	Economic Social Environmental	Ranking of alternatives	Urban	Analytic Hierarchy Process (AHP)	Stakeholders analysis Questionnaire	Cavallo et al., 2014
	Environmental	Resource allocation	Regional	Analytic Hierarchy Process (AHP) + Geographic information system (GIS)	-	Santos et al., 2020
	Economic Social Environmental	Preferable scenario selection	Urban	Analytic Network Process (ANP)	Survey Questionnaire	Corticelli et al, 2022

Weighted Linear Combination (WLC) method was used for a similar problem, but at the urban scale.

2. Transport. This category was addressed by Gagatsi et al. (2017), who considered the need to select the preferred scenario at the regional scale, through the combined use of the multi-criteria PROMETHEE and AHP methods. At the urban scale, the same type of decision problem was addressed in Dean (2021), through the Weighted Linear Combination (WLC) method. The Transport category was also analysed by addressing the issue of resource allocation at the urban level by integrating the combined Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and Geographic Information System (GIS) methods in Raad et al. (2022).
3. Logistics, the process of planning, organising and controlling the movement of goods and services through a port. Two decision problems are explored in this category. The resource allocation decision problem is addressed at the local level in Bartosiewicz (2020) using multi-criteria PROMETHEE and AHP methods and, at the urban level, in Chowdhury and Haque Munim (2022) combining Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Best Worst Method (BWM) and PROMETHEE methods. In Nguyen et al. (2021), the selection of the preferred scenario is addressed by the Weighted Linear Combination (WLC).
4. Climate Change, the sensitivity of ports to climate and extreme weather impacts. The decision-making problem of ranking alternatives has been studied at the urban scale in McIntosh and Becker (2020) using AHP, and at the regional scale in Al-Taani et al. (2023) using the AHP method combined with the Geographic Information System (GIS).
5. Port Performance, the efficiency of port operations, infrastructure and services, and the level of customer satisfaction. The selection of the preferred scenario is the main decision problem addressed for this category. In Libardo and Parolin (2012), the Weighted Linear Combination (WLC) method is applied, while in Lorenčić et al. (2022) the AHP and TOPSIS methods are integrated.
6. Public-Private Partnerships, the involvement of private companies in partnership with public institutions to improve the efficiency of port operations. In Hadžić (2022), the proposed decision problem relates to the selection of the preferable scenario in order to identify the most appropriate partnership using the AHP method.
7. City-Port Planning, the process of designing and implementing plans for the development of ports within a city area. Three decision problems are analysed in this category. The selection of the preferable scenario is addressed at the city level in Jardas et al. (2020) using the PROMETHEE method, and in Corticelli et al. (2022) using the AHP method. The same decision problem is also addressed by applying the Analytic Network Process (ANP) method in Cerreta et al. (2015; 2019) and

by combining the Evaluation of Mixed data (EVAMIX) (Herwijnen and Janssen, 1989) and the Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE) (Munda, 1995) methods in Sacco and Cerreta (2022).

The allocation of resources was addressed in Santos et al. (2020) by integrating the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and Geographic Information System (GIS) methods.

The decision-making problem of ranking alternatives was explored in Cavallo et al. (2014) using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method.

3.2 Gaps identification

The analysed MCDA applications allowed to identify the main research gaps in solving complex decision-making problems related to the development of sustainable strategies for port cities. Specifically, the identified gaps can be grouped into four main themes, which are described below.

Firstly, the limited use of multi-group methods for stakeholder involvement, even in the initial stages of structuring decision problems, was identified.

Secondly, the poor integration of stakeholder perspectives, with the risk that not all relevant aspects of the decision-problem are considered. In addition, the studies analysed show a predominance of mono-directional criteria rather than inclusive ones, that help to analyse systemic impacts from an economic, environmental, and, in particular, social perspective.

Thirdly, the adoption of a weak sustainability perspective (Pearce and Atkinson, 1993; Hartwick, 1977; Solow 1977), which is very often used in sectoral studies for reasons of usefulness and simplicity. The weak sustainability paradigm originates from environmental economics research and is mainly based on the idea that different forms of capital (social, environmental, and economic) are interchangeable (Wilson, 2016). This economic theory - which suggests that economic growth can be sustained without depleting natural resources as long as the rate of resource depletion is lower than the rate of technological progress - has been criticised by Daly and Cobb (1990) for its lack of consideration of multi-dimensional criteria and the possibility of maximising one capital at the expense of other capitals.

Finally, the dominance of single-scale approaches in scenario definition, when dealing with complex problems that often have effects at multiple scales.

4. CASE STUDY: THE CITY-PORT OF GELA, SICILY (ITALY)

The case study concerns the evaluation of alternative interventions for the development of the port system of Gela, on the south coast of Sicily (Fig. 2). The study has

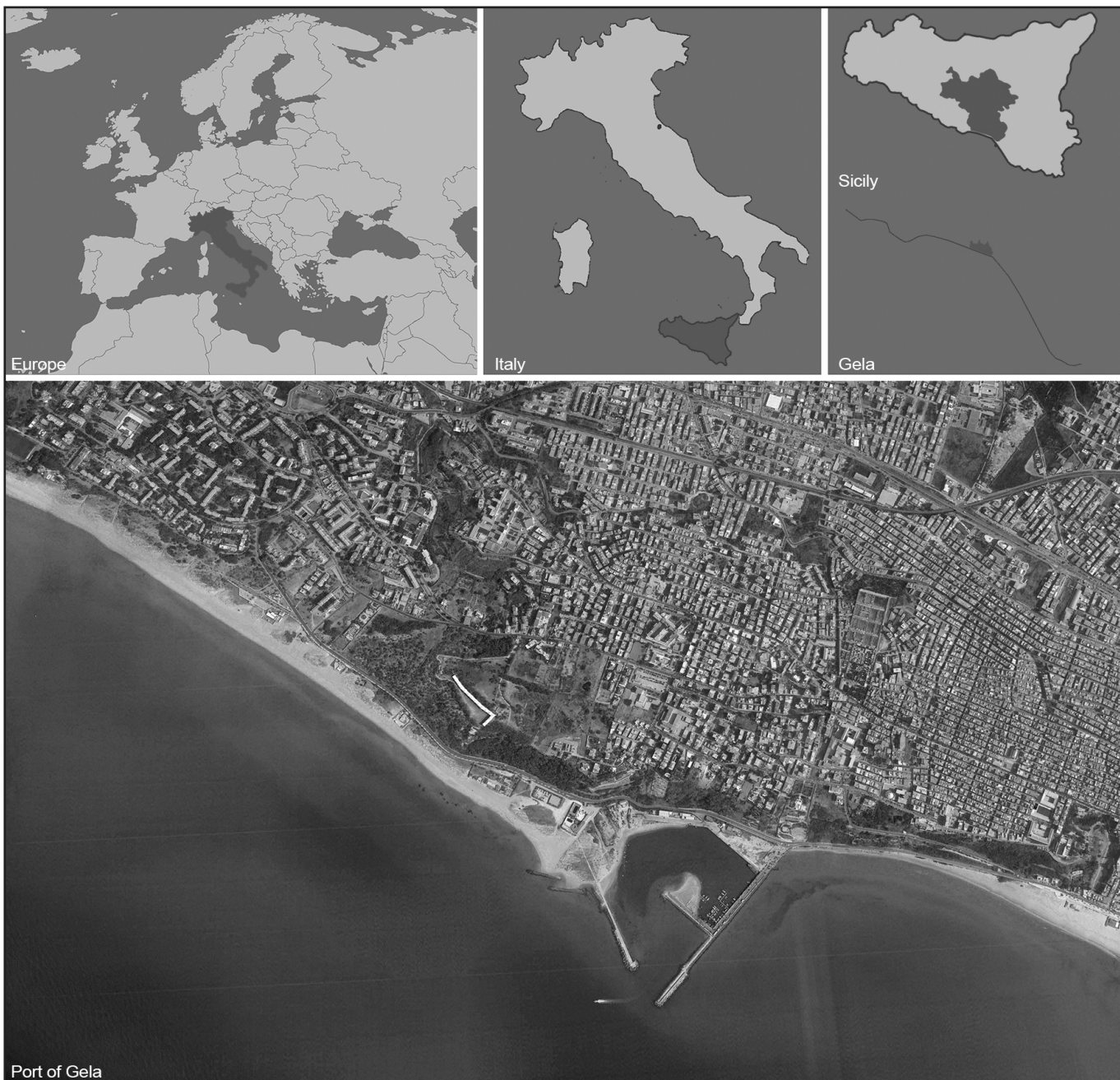


Figure 2 - The city-port system of Gela, Southern coast of Sicily, Italy.

been elaborated within the framework of the Scientific Research Agreement between RINA Consulting SpA and the “Alberto Calza Bini” Interdepartmental Research Center in Urban Planning (CIRU), University of Naples Federico II.

More specifically, the improvement of the port infrastructural and functional characteristics had to consider the wider urban and territorial context, including many factors and the viewpoints of the different stakeholders involved.

As already highlighted, one of the main objectives of this study was to structure a decision support system capable of capturing the complexity of a city-port like Gela, operationalising the principles of sustainability. This means considering the environmental, social and economic impacts of transformations beyond the boundaries of the port area.

To respond to the needs of the complex decision problem, we have combined two multi-criteria and multi-group techniques such as the EVAMIX and NAIADE methods, proposing a multi-scale, multi-dimensional and

Table 2 - Criteria, sub-criteria, indicators

Criteria	Sub-criteria	Indicators	Unit of measure	Unit of measure
Technical feasibility	Maritime accessibility	Total volume of dredging	mc	min
		Accessibility for pleasure boats	number of moorings	max
		Accessibility for fishing boats	number of moorings	max
		Accessibility for harbour master's boats	number of moorings	max
		Accessibility for ferries	number of moorings	max
		Accessibility for latest-generation cruise ships	number of moorings	max
		Accessibility for container ships	number of moorings	max
	Logistics and operations	Length of the existing dock to be demolished	m	min
		Length of the docks	m	max
		Surface of the landfill	mq	min
Time	Times for technical design	months	min	
	Times for implementing the intervention	months	min	
Financial-economic feasibility	Port attractiveness	Number of users per pleasure boat	number	max
		Number of days of stay for users of pleasure boats	number/year	max
		Number of ferry passengers per year	number/year	max
		Number of cruise ship passengers disembarked per year	number/year	max
		Number of cruise ship crew members disembarked per year	number/year	max
		Total amount of goods enlivened	tons/year	max
		Number of direct employees	number/year	max
	Costs	Intervention costs	€	min
		Operating costs	€	min
		Personnel costs during the operation phase	€	min
Environmental feasibility	Sea environment	Effects on water quality due to waste water produced in the new land-side areas	1°,2°,3°4°	min
		Limitations/loss of the usability level of the seabed where the defence and reclamation works are planned	1°,2°,3°4°	min
		Modifications of the local hydrodynamism and alterations of the sedimentation/erosion processes	1°,2°,3°4°	min
	Air and noise pollution	Noise	1°,2°,3°4°	min
		Emissions from pollutants and fine particles	1°,2°,3°4°	min
	Paesaggio e archeology	Alterations of natural habitats where the defence and reclamation works are planned	1°,2°,3°4°	min
		Visual intrusion due to the presence of new construction on both land-side and sea-side	1°,2°,3°4°	min
		Interferences with eventual underwater archaeological sites	1°,2°,3°4°	min

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

multi-group approach that can be used in similar situations.

4.1 Evaluation criteria

The logic of multidimensionality and multiscale is developed through an appropriate definition of criteria and indicators, starting from the objectives to be pursued. In line with the Sustainable Port KPIs, the technical issues (e.g., accessibility and logistics), financial-economic issues (e.g., port attractiveness and costs), and environmental pressures (e.g., habitat change and pollution) guided the first phase of criteria characterisation and selection.

These were then further detailed into sub-criteria. For each sub-criterion, a set of indicators was identified that would allow a more specific assessment of the characteristics of each alternative and its impacts. The unit of measurement and direction (min, max) were also identified for each indicator (Table 2).

4.2 Definition of intervention alternatives

For the identification of intervention alternatives, a Project Portfolio Management (PPM) approach was applied (Miia and Anttila, 2022). The alternatives to be compared were obtained as a combination of basic scenarios, that progressively delineated the strategic alignment of the project portfolios and individual interventions. More specifically, a multi-criteria analysis was carried out based on the evaluation of 13 interventions. The objective was to understand if and which solutions could be excluded a priori from the configuration found to be preferable by assigning variable weights to the different criteria and macro-criteria. In this way, the sensitivity analysis of the

Table 3 - Basic scenarios analysed

Basic scenario	Description
1	Arranging dredging for facing the silting phenomenon which currently affects the level of accessibility of the port
3	Increasing the number of berths available and arranging the related facilities (toilets, bars, restaurants, etc.) along with real estate investments.
7	Building a dedicated berth to accommodate ferries for passenger and freight transportation services (RoPax and RoRo).
8	Widening of the port to also accommodate cruise ships, in addition to the ferries
9	Increasing the number of berths available (+50% compared to intervention 2) along with real estate investments.
10	Construction of an off-shore transshipment island along with the arrangement of suitable spaces for containers' handling and parking operations.

Table 4 - Portfolio selection

Portfolio	SCombinations of basic scenarios
A	1
B	1+3
C	1+3+7
D	1+3+7+8
E	1+3+7+8+9
F	1+3+9
G	1+7
H	1+7+8
I	1+8
J	1+3+7bis
K	1+3+7ter
L	1+3+7+8bis
M	10

weighting criteria was carried out. The basic scenarios to be considered become six (Table 3), which are then combined according to the PPM mentioned above - to obtain 13 portfolios (Table 4).

It should be noted that the variations in interventions 7 and 8 are related to different economic returns and levels of infrastructural development. The 13 alternatives thus identified were subjected to a multi-criteria evaluation, using the EVAMIX method, to assess the different impacts, and a multi-group evaluation, using the NAIAD method, to include the social component in the analysis.

4.3 EVAMIX method

As can be seen from the description of the indicators provided in Section 4.1, quantitative rating scales were considered for the technical and economic/financial aspects, whereas qualitative rating scales were considered for the environmental aspects. The combination of quantitative and qualitative criteria means that the EVAMIX method is well suited to comparing different project alternatives. Therefore, the evaluation matrix E, which is an "m×n" matrix characterised by "m" evaluation criteria/sub-criteria/indicators and "n" alternatives, was developed, and the impact matrix was constructed. At this point, the evaluation was carried out by assigning different weights to the criteria and sub-criteria according to the «expected value» method, which allows sorting the criteria and sub-criteria considering the order of importance recognised as significant by the different experts involved in the process.

In particular, economic-financial feasibility was considered first, followed by technical and environmental feasibility, which were equally important. Table 5, on the

Table 5 - Sub-criteria ranking

Criteria	Sub-criteria ranking
Technical feasibility	1° Maritime accessibility 2° Logistics and operations 3° Time
Financial-economic feasibility	1° Port attractiveness 2° Costs
Environmental feasibility	1° Sea environment 2° Landscape and archeology 3° Air and noise pollution

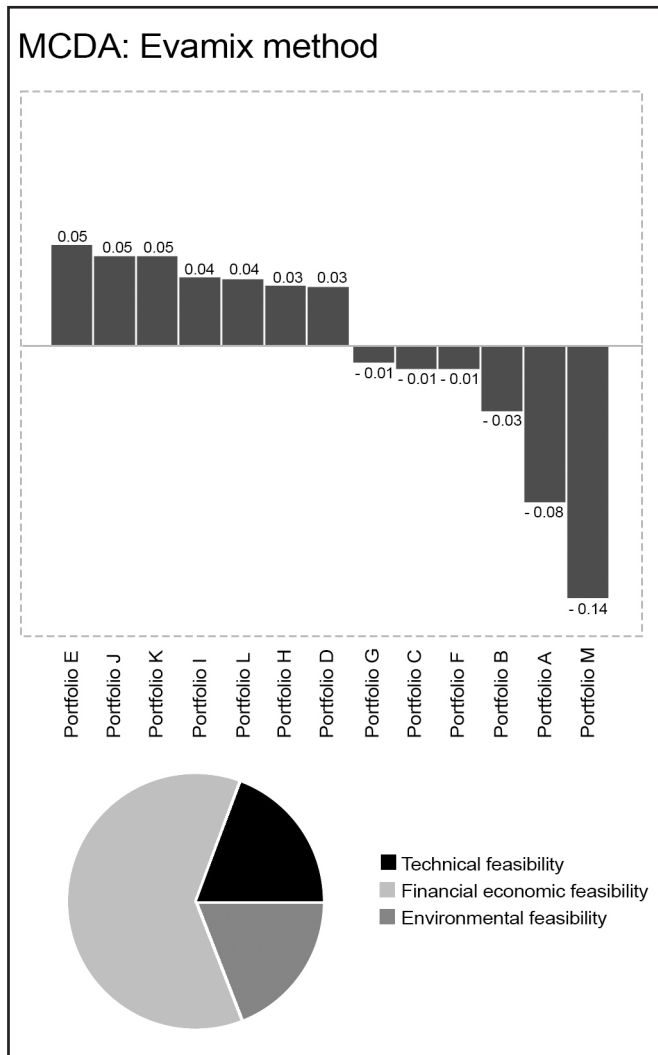


Figure 3 - Results of the EVAMIX method.

other hand, shows the ranking of the sub-criteria for each of the criteria. Thus, by applying the steps provided by the method and described above, it was possible to obtain a ranking of the 13 alternatives analysed (Fig. 3).

The preferred alternatives appear to be Alternative E (combination of elementary scenarios 1+3+7+8+9),

Alternative J (combination of elementary scenarios 1+3+7bis) and Alternative K (combination of elementary scenarios 1+3+7ter).

This ranking is followed by alternatives I (0.04), L (0.04), H (0.03) and D (0.03).

However, it seems obvious that the alternatives (A, B, C, F, G, M) are to be neglected because they are characterised by a negative value.

4.4 Stakeholders analysis and NAIADÉ method

With a view to a multidimensional assessment, it is also essential to investigate the social component, which is assessed here through stakeholder analysis and the application of the NAIADÉ method in order to include the objectives and preferences of the different stakeholders involved in the decision-making process (Cerreta and Panaro, 2017).

Specifically, the steps carried out are: (i) stakeholder identification; (ii) role analysis; and (iii) planning and engagement. First, stakeholders are identified as all actors that may interact with the decision-making process and whose preferences it is important to make explicit and understand how they may influence the development of choices, both in the short and long term.

Stakeholder involvement is an indispensable condition for the project's success as it makes it possible to maximise positive social, economic and institutional spillovers and minimise potential negative impacts of the decision. Therefore, identifying them in a structured and effective way is the first stage of the analysis. They can be 'internal' or 'external' according to three different levels of involvement:

- 1st level: includes the categories of actors directly involved in the decision-making process;
- 2nd level: includes those who can influence or be influenced by the decision-making process, either directly or in a mediated way;
- 3rd level: includes those who indirectly interact with the decision-making process (e.g., the media, local community, and area organisations).

The actors involved in the city-port of Gela are represented by local institutions, territorial institutions, infrastructure managers, logistics and production companies, shipping and logistics companies, and territorial actors (i.e., economic operators and associations).

The next stage is role analysis, which is reproduced by constructing a matrix of interests and influences. Those with a high level of political interest and who exercise a high level of influence in implementing the whole decision-making process are called "key players". Then there are so-called "institutional" stakeholders, who have a high level of influence and a low level of interest; their needs must be met because their high level of decision-making power can cause conflicts. Stakeholders with a

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

low level of influence but a high level of interest are called 'operational' stakeholders. They can play the role of advocates in the decision-making process and can be involved through participatory processes. Finally, the 'marginal' stakeholders play a less critical role because they have both low power and a low level of interest.

From a multidimensional perspective, the interests analysed in the Gela case study covered three different areas: environmental, economic and social. The level of interest was classified as low, medium and high.

Finally, there is the planning and engagement stage, which consists of managing the different stakeholder groups by identifying an appropriate strategy with a dual purpose: i) to reduce existing conflicts to facilitate convergence towards win-win strategies; ii) to involve them in collaborative and/or cooperative processes for the pursuit of common goals.

The NAIADE method was implemented, which allowed the construction of the so-called "equity matrix". This shows the stakeholder groups considered in the rows and the alternatives analysed in the columns, providing a synoptic picture of the preferences of each stakeholder. The ultimate aim is to identify the preferable solution able to reduce the level of conflict and achieve a sufficient degree of consensus to ensure the feasibility of the preferred alternative, especially in the long term.

In the equity matrix, stakeholders might make possible judgments for each intervention considering the studies conducted and the data collected were reported. The judgments were coded using the following linguistic scale: 'perfect, very good, good, more or less good, moderate, more or less bad, bad, very bad, extremely bad'.

In this way, it was possible to construct the so-called dendrogram of coalitions (Fig. 4), which shows the

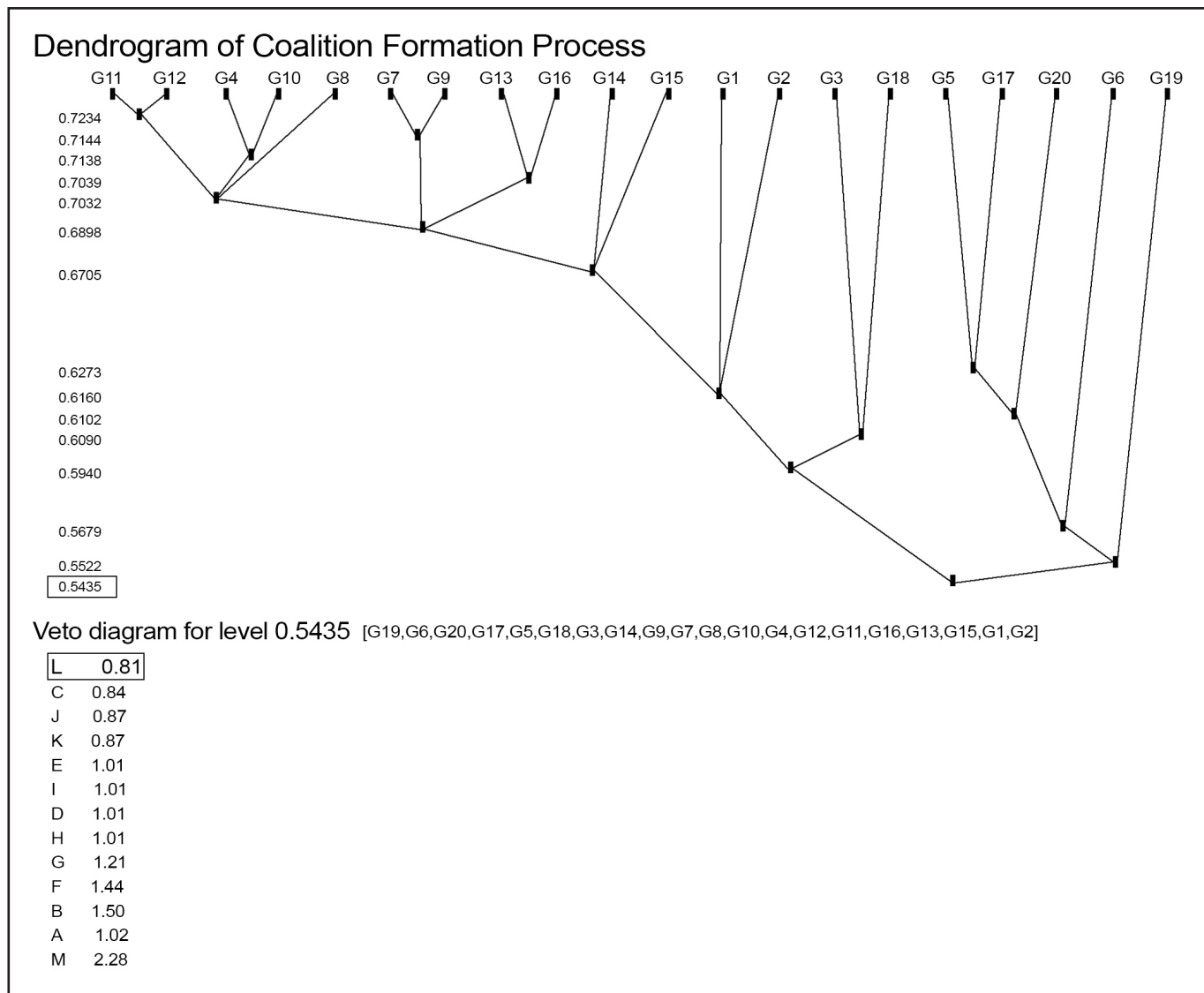


Figure 4 - Dendrogram of coalition and veto diagram for the preferable portfolio scenario.

potential for the convergence of interests and their level of mutual cohesion. Finally, the analysis made it possible to rank alternatives according to their level of social acceptability through the veto diagram, considering the judgments made by the different interest groups. As can be seen in Figure 4, solution “L” was identified as preferable to the others in order to reduce conflicts and gradually reach a consensus among the different stakeholders. Therefore, it can be defined as the “social compromise solution”, as it can ensure the social feasibility of the preferable alternative. In conclusion, the NAIADe method returns as a “fair solution” the alternative design combination of basic scenarios 1+3+7+8bis, which was also included in the preferred alternatives by applying the EVAMIX method. This solution appears to be the most significant transformation scenario, capable of activating economic, environmental and social development opportunities, while at the same time improving maritime and land sustainability and promoting the process of stakeholder involvement and participation in the construction of collective choices.

5. CONCLUSIONS AND FUTURE OUTCOMES

The case study of the Gela city-port was an opportunity to develop and test a methodological framework for complex decision-making problems, such as the development of sustainable strategies for port cities, addressing some of the main gaps identified in the literature review.

Regarding the first gap, related to a scattered application of multi-group methods, the methodological proposal supports the involvement of stakeholders in the different stages of structuring the decision-making problem. The gap has been faced in identifying the main steps to implement a stakeholder analysis based on the integration of place-based approaches oriented to the selection of the different stakeholders and the exploration of their influence and power regarding the design alternatives.

The second gap, concerning the lack of social instances in the problem definition, has been improved thanks to the implementation of the NAIADe method. Indeed, the equity matrix can play a relevant role in promoting dialogue and interaction between different stakeholders, facilitating the willingness to cooperate, and contributing to the creation of an enabling context for the development of win-win scenarios.

The third gap underlines the need for a multi-dimensional perspective on sustainability, overcoming the “technical optimism” and including the social dimension, which is often neglected in the elaboration of city-port development strategies.

The last gap, concerning the use of one-dimensional scale assessment in sectoral studies, has been addressed by considering criteria capable of evaluating the main issues of the decision context at different scales.

Therefore, the innovative components proposed concern:

1. A combined use of multi-criteria methods and their operational steps to solve precise tasks of the decision problem. In particular, the EVAMIX method was used to develop the multi-dimensional impact matrix, integrating Key Performance Indicators (KPIs) divided into technical, financial-economic and environmental categories. The NAIADe method supported the inclusion of stakeholders’ points of view through the equity matrix and the dendrogram of possible coalitions.
2. The construction of a portfolio of alternatives through a Project Portfolio Management (PPM) approach, which allowed 13 different intervention portfolios to be generated from 6 elementary scenarios.
3. The adoption of a multi-scale perspective, considering criteria related to the different dimensions and impacts of proposed transformations.

The proposed methodological framework, elaborated for the city-port of Gela, represents a suitable process to support the development of sustainable strategies for port cities in a complex, inclusive and integrated perspective. In fact, the evaluation of transformations impacts is carried out considering multi-dimensional and multi-scale issues, including stakeholders’ preferences, and analysing the social consensus for possible solutions.

In addition, the research provides a useful example of a multi-method approach for the management of complex decision-problems.

Future research perspectives aim at testing MCDA methods for the development of sustainable port-city strategies, with a more in-depth study on the process of generating alternatives, in order to also consider possible synergies between the different interventions.

Acknowledgements

The study has been elaborated within the framework of the Scientific Research Agreement between RINA Consulting SpA and the “Alberto Calza Bini” Interdepartmental Research Center in Urban Planning (CIRU), University of Naples Federico II, on the theme «Development of issues relating to urban regeneration strategies and real estate valorisation, program and local development, master planning and urban design, administrative and procedural aspects»; scientific coordinators proff. Antonio Acierno, Maria Cerreta, Pasquale De Toro; research team: archh. Fortuna De Rosa, Gianluca Lanzi, Simona Panaro, Giuliano Poli.

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

* **Simona Panaro**, University of Sussex Business School, Falmer, Brighton BN1 9SL, UK
e-mail: s.panaro@sussex.ac.uk

** **Giuliano Poli, Marilisa Botte, Sabrina Sacco, Maria Cerreta**, University of Naples Federico II, Naples, IT
e-mail: giuliano.poli@unina.it, marilisa.botte@unina.it, sabrina.sacco@unina.it, maria.cerreta@unina.it

Authors' contribution

The authors jointly conceived and developed the approach and decided on the overall objective and structure of the paper. In particular, conceptualization and methodology, Maria Cerreta, Simona Panaro, Giuliano Poli; formal analysis, Simona Panaro, Giuliano Poli, Marilisa Botte, Sabrina Sacco; validation, Simona Panaro, Giuliano Poli; investigation, data curation and software, Simona Panaro. The authors jointly contributed to the writing of the paper and have read and approved the final version.

Bibliography

AL-TAANI A., AL-HUSBAN Y., AYAN A., *Assessment of potential flash flood hazards. concerning land use/land cover in Aqaba Governorate, Jordan, using a multi-criteria technique*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 26, No. 1, 2023, pp. 17-24.

BARTOSIEWICZ A., *Application of the AHP and PROMETHEE II methods to the evaluation of the competitiveness of Polish and Russian baltic container terminals*, Pomorstvo, Vol. 34, No. 1, 2020, pp. 102-110.

BORRIELLO F., CARONE P., NICOLINI E., PANARO S., *Design and use of a Facebook 4 urban facelifts*, International Journal of Global Environmental Issues, Vol 14, No. 1-2, 2015, pp. 89-112.

BUTLIN J., *Our common future. By World Commission on Environment and Development*, Journal of International Development, Vol. 1, No. 2, 1989, pp. 284-287.

BUTOWSKI L., *An Integrated AHP and PROMETHEE approach to the evaluation of the attractiveness of European maritime areas for sailing tourism*, Moravian Geographical Reports, Vol. 26, No. 2, 2018, pp. 135-148.

CAVALLO B., D'APUZZO L., SQUILLANTE M., *A Multi-Criteria Decision Making method for sustainable development of Naples port city-area*, Quality and Quantity, Vol. 49, No. 4, 2014, pp. 1647-1659.

CERRETA M., DE TORO P., *Integrated spatial assessment for a creative decision-making process: a combined methodological approach to strategic environmental assessment*, Int. J. Sustainable Development, Vol. 13, Nos. 1/2, 2010, pp. 17-30.

CERRETA M., DE ROSA F., DI PALMA M., INGLESE P., POLI G., *A Spatial Multicriteria Assessment Decision Support System (SMCA-DSS) for East Naples: Towards a Water Opportunity Map*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7974. Springer, Berlin, 2013.

CERRETA M., PANARO S., *Deliberative Spatial Multi-Criteria Evaluation (DSM-CE): Forming shared cultural values*, Lecture Notes in Computer Science, Vol 10406. Springer, Cham, 2017.

CERRETA M., PANARO S., "Collaborative Decision-Making processes for local innovation: The CoULL methodology in living labs approach", in Amenta L., Russo M., van Timmeren A. (eds), *Regenerative Territories*, GeoJournal Library, Vol. 128, Springer, Cham, 2022.

CERRETA M., PANARO S., POLI G., *A spatial decision support system for multifunctional landscape assessment: A transformative resilience perspective for vulnerable inland areas*, Sustainability, Vol. 13, No. 5, 2021, 2748.

CERRETA M., POLI G., REGABULTO S., MAZZARELLA C., *A multi-dimensional decision-making process for regenerative landscapes: A new harbour for Naples (Italy)*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019, Springer International Publishing, 2019, pp. 156-170.

CERRETA M., CANNATELLA D., POLI G., SPOSITO S., *Climate change and transformability scenario evaluation for Venice (Italy) port-city through ANP method*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2015, Springer International Publishing, 2015, pp. 50-63.

CHECKLAND P., POULTER J., *Learning for action: A short definitive account of soft systems methodology, and its use for practitioners, teachers and students*, John Wiley and Sons, 2007.

CHEON S.H., CHUNG-YEE L., WANG Y., *Processing time ambiguity and port competitiveness*, Production and Operations Management, Vol. 26, No. 12, 2017, pp. 2187-2206.

CHOWDHURY M.M.H., HAQUE MUNIM Z., *Dry port location selection using a fuzzy AHP-BWM-PROMETHEE approach*, Maritime Economics and Logistics, 2022.

CORTICELLI R., PAZZINI M., MAZZOLI C., LANTIERI C., FERRANTE A., VIGNALI V., *Urban regeneration and soft mobility: The case study of the Rimini canal port in Italy*, Sustainability, Vol. 14, No. 21, 2022, 14529.

CURRIE W., GALLIERS B., *Rethinking management information systems: An interdisciplinary perspective*, Oxford University Press, 1999.

DALY, H.E., COBB J.B. JR, *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*, Green Print, 1990.

- DEAN M., *Participatory multi-criteria analysis methods: Comprehensive, inclusive, transparent and user-friendly? An application to the case of the London gateway port*, Research in Transportation Economics, Vol. 88, 2021, 100887.
- ELKINGTON J., *Accounting for the triple bottom line*, Measuring Business Excellence, Vol. 2, No. 3, 1998, pp. 18-22.
- EUROPEAN COMMISSION, *Ports 2030, Gateways for the Trans European Transport Network*. Communication from the Commission, COM (2013)295, Luxemburg, 2013.
- FRIEND J, HICKLING A., *Planning under pressure*, Routledge, 2012.
- GAGATSI E., GIANNOPOULOS G., AIFANTOPOULOU G., CHARALAMPOUS G., *Stakeholders-based multi-criteria policy analysis in maritime transport: From theory to practice*, Transportation Research Procedia, Vol. 22, 2017, pp. 655-664.
- GIMENEZ C., SIERRA V., RUDON J., *Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line*, International Journal of Production Economics, Vol. 140, No. 1, 2012, pp. 149-159.
- HARTWICK J.M., "Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources", in *The Economics of Sustainability*, Routledge, 2002.
- JARDAS M., SCHIOZZI D., *Application of multi-criteria analysis of determining sea port development models in the spatial concept of a town, based on the example of the town of Rovinj*, Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette, Vol. 27, No. 1, 2020.
- KOVAČIĆ M., *Selecting the location of a nautical tourism port by applying PROMETHEE and GAIA methods study – Croatian Northern Adriatic*, PROMET – Traffic and Transportation, Vol. 22, No. 5, 2012, pp. 341-351.
- LAMI I.M., TAVELLA E., *On the usefulness of soft OR models in decision making: A comparison of problem structuring methods supported and self-organized workshops*, European Journal of Operational Research, Vol. 275, No. 3, 2019, pp. 1020-1036.
- LAMI I.M., TODELLA E., *A multi-methodological combination of the strategic choice approach and the Analytic Network Process: from facts to values and vice versa*, European Journal of Operational Research, Vol. 307, No. 2, 2023, pp. 802-812.
- LAMI I.M., TODELLA E., *Facing urban uncertainty with the strategic choice approach: The introduction of disruptive events*, Rivista Di Estetica, No. 71, 2019, pp. 222-240.
- LIBARDO A., PAROLIN A., *Multicriteria analysis evaluating Venice port development*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 48, 2012, pp. 2545-2554.
- LOREN I V., TWRDY E., LEP M., *Cruise port performance evaluation in the context of port authority: An MCDA approach*, Sustainability, Vol. 14, No. 7, 2022, 4181.
- MARTINSUO M., ANTILA R., *Practices of strategic alignment in and between innovation project portfolios*, Project Leadership and Society, Vol. 3, 2022, 100066, pp. 1-9.
- MCINTOSH R.D., BECKER A., *Applying MCDA to weight indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports*, Environment Systems and Decisions, Vol. 40, No. 3, 2020, pp. 356-370.
- MINGERS J., ROSENHEAD J., *Problem structuring methods in action*, European Journal of Operational Research, Vol. 152, No. 3, 2004, pp. 530-554.
- MUNDA G., "Multicriteria evaluation in a fuzzy environment: The Naiade method", in *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*, Physica-Verlag HD, 1995, pp. 131-148.
- NGUYEN L.C., THAI V.V., NGUYEN D.M., TRAN M.D., *Evaluating the role of dry ports in the port-hinterland settings: Conceptual framework and the case of Vietnam*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol. 37, No. 4, 2021, pp. 307-320.
- PEARCE D.W., ATKINSON, G.D., *Capital theory and the measurement of sustainable development: An indicator of 'weak' sustainability*, Ecological Economics, Vol. 8, No. 2, 1993, pp. 103-108.
- PERIĆ HADŽI A., *Evaluation of development partnership scenarios of the Croatian seaports using MAMCA analysis*, Pomorstvo, Vol. 36, No. 1, 2022, pp. 135-146.
- PESCE M., TERZI S., AL-JAWASREH R.I.M., BOMMARITO C., CALGARO L., FOGARIN S., RUSSO E., MARCOMINI A., LINKOV I., *Selecting sustainable alternatives for cruise ships in Venice using multi-criteria decision analysis*, Science of The Total Environment, Vol. 642, 2018, pp. 668-678.
- RAAD N.G., RAJENDRAN S., SALIMI S., *A novel three-stage fuzzy GIS-MCDA approach to the dry port site selection problem: A case study of Shahid Rajaei port in Iran*, Computers and Industrial Engineering, Vol. 168, 2022, 108112.
- SAATY T., *The Analytic Hierarchy Process (AHP) for decision making*, Kobe, Japan. 1980.
- SACCO S., CERRETA M., *A decision-making process for circular development of city-port ecosystem: The East Naples case study*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops, Springer International Publishing, 2022, pp. 572-584.
- SANTOS A.G., MACHADO R., *Multiple-criteria analysis model to the location of dry ports in urban areas: A case study in Garuva city, Santa Catarina State, Urbe*. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Vol. 12, 2020.
- STEIN M., ACCIARO M., *Value creation through corporate sustainability in the port sector: A structured literature analysis*, Sustainability, Vol. 12, No. 14, 2020, 5504.
- VIDAL R.V.V., ROSENHEAD J. and MINGERS J. (eds.), *Rational analysis for a problematic world revisited, problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, Wiley, Chichester, 2001, European Journal of Operational Research, Vol. 161, No. 2, 2005, pp. 582-583.
- WHITE L., *Evaluating problem-structuring methods: Developing an approach to show the value and*

Assessing the sustainability of the city-port transformations: Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) for Alternatives Portfolio Selection

effectiveness of PSMs, Journal of the Operational Research Society, Vol. 57, No. 7, 2006, pp. 842-855.

WILSON M.C., WU J., *The problems of weak sustainability and associated indicators*, International Journal of Sustainable Development and World Ecology, Vol. 24, No. 1, 2016, pp. 44-51.

Internet References

World Port Sustainability Program (WPSP), www.sustainableworldports.org.

Associazione Internazionale delle Città Portuali (AIVP), www.aivp.org.

Docks The Future, www.docksthefuture.eu/project/.

Conferenza delle Nazioni Unite sul commercio e lo sviluppo (UNCTAD), www.unctad.org.

PROGRAMMA DI SVILUPPO DELLE NAZIONI UNITE (UNDP), www.undp.org.

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

Simona Panaro*, Giuliano Poli**,
Marilisa Botte**, Sabrina Sacco**,
Maria Cerreta**

Parole chiave: MCDA, Gestione del portafoglio progetti,
Città portuale

Abstract

Negli ultimi anni, l'UE ha cercato di definire processi di transizione sostenibili verso modelli urbani e territoriali più equi, prosperi e inclusivi, in grado di rispondere al rapido degrado degli ecosistemi e di migliorare la qualità della vita dei cittadini. In questo contesto, i porti sono stati riconosciuti come centri strategici fondamentali non solo per la competitività economica e logistica, ma anche per generare opportunità di occupazione e investimento e per affrontare le sfide del cambiamento climatico. La ricerca presenta un quadro metodologico multi-scalare, multi-dimensionale e multi-gruppo per supportare i processi decisionali relativi allo sviluppo di trasformazioni sostenibili delle città portuali, cogliendo la complessità delle interazioni e dei conflitti. Integrando approcci di analisi decisionale multi-criteri (MCDA) e metodi di strutturazione dei problemi (PSM), la metodologia proposta mira a colmare i seguenti gap

identificati in letteratura: (i) un'applicazione limitata dei metodi multi-gruppo; (ii) la scarsa considerazione delle istanze sociali all'interno dei problemi decisionali; (iii) una prospettiva di sostenibilità debole; (iv) l'uso di una valutazione su scala monodimensionale negli studi settoriali. Il caso di studio della città-porto di Gela in Sicilia (Italia) ha fornito l'opportunità di testare la metodologia proposta e di integrare le questioni di sostenibilità multidimensionale negli studi di fattibilità, promuovendo un rapporto più equilibrato tra città e porto. La necessità di considerare le interdipendenze tra ambiente, società ed economia ha motivato la scelta di usare l'MCDA come un approccio adatto ad affrontare un processo decisionale complesso e a supportare la valutazione della sostenibilità della trasformazione di un'area portuale. Due metodi di valutazione multicriteriali e multigruppo hanno guidato il processo decisionale per selezionare

un portafoglio di alternative preferite, valutando gli impatti tecnici, ambientali ed economici e analizzando i conflitti e le coalizioni tra gli stakeholder. Il processo è stato condotto come segue: da un lato, una matrice di impatto multidimensionale che integra gli indicatori di performance chiave (KPI) suddivisi in categorie tecniche,

economico-finanziarie e ambientali attraverso l'applicazione del metodo multicriteriale EVAMIX; dall'altro, una valutazione sociale con un dendrogramma di coalizioni derivato dall'applicazione del metodo multigruppo NA-IADE, utilizzato per modellare le preferenze degli stakeholder rispetto a un portafoglio di alternative progettuali.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, l'UE ha proposto processi di transizione sostenibile verso modelli più equi, prosperi e inclusivi per rispondere al degrado ambientale e migliorare la qualità della vita nelle città e nelle regioni.

Il Regolamento UE 241/2021 stabilisce che tutte le misure dei Piani Nazionali di Ripristino e Resilienza (PNR) devono rispettare il principio di "nessun danno significativo agli obiettivi ambientali". Ciò significa che tutte le misure devono essere conformi al principio "Do No Significant Harm" (DNSH) e agli obiettivi di sostenibilità ambientale definiti nell'Accordo di Parigi (Green Deal) in relazione al sistema di tassonomia delineato nel Regolamento UE 2020/852.

Pertanto, secondo la definizione di sviluppo sostenibile (Our Common Future, 1987) e la Triple Bottom Line (TBL) (Elkington 1998; Gimenez et al. 2012), la dimensione ambientale deve necessariamente essere integrata con quella economica e sociale. Questa tripartizione sottolinea l'esigenza di uno sviluppo coordinato degli aspetti ambientali, economici e sociali nei processi di trasformazione sostenibile dei contesti urbani, come evidenziato anche dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) (Nazioni Unite, 2017). L'approccio proposto dagli SDGs è particolarmente rilevante per i processi di trasformazione dei contesti urbani, in quanto si concentra sulle sfide del cambiamento climatico e delle crisi sociali ed economiche, garantendo percorsi di sostenibilità integrati in una visione di lungo periodo.

Nel 2018 l'organizzazione internazionale AIVP ha redatto l'Agenda 2030 (AIVP, 2018), la prima iniziativa globale che adatta i 17 SDGs al contesto specifico delle città portuali, sottolineando l'importanza delle azioni e delle misure adottate in questi contesti per la sostenibilità globale e locale. L'adattamento ai cambiamenti climatici, la transizione energetica, l'economia circolare, la mobilità sostenibile, la governance innovativa, il capitale umano, la cultura inclusiva e l'identità territoriale sono alcuni dei temi chiave discussi. Nella stessa direzione, il World Ports Sustainability Program (2017) mira a promuovere la leadership dei porti nel contribuire al raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. In linea con i 17 SDGs, il WPSF fornisce linee guida per il coordinamento e la promozione di azioni sostenibili per le città-porto. A questo proposito, il progetto Horizon 2020 "The Port of the Future" (Docks the Future, 2020) propone una metodologia di valutazione delle performance delle

città portuali che, partendo dagli obiettivi proposti dal WPSF e dall'Agenda 2030 e dalle indicazioni fornite dall'AIVP, adotta indicatori di performance chiave (KPI) sociali, economici e ambientali per misurare la sostenibilità delle azioni intraprese nelle città portuali (UNCTAD, 2016). Pertanto, il contesto della città portuale gioca un ruolo cruciale nei processi di sviluppo sostenibile dell'intero sistema urbano (Borriello et al., 2015). Infatti, le esternalità ambientali, la crescita economica e le esigenze della comunità sono tutte questioni rilevanti per la sostenibilità delle aree portuali (Cheon et al., 2017), che richiedono un equilibrio tra sviluppo economico, ambientale e sociale (Stein and Acciaro, 2020). Ne consegue che, a causa della complessità e della pluralità degli interessi coinvolti, occorrono approcci più inclusivi per progettare e sviluppare nuovi modelli di città sostenibile (Cerreta and Panaro, 2022).

In questo senso, è necessario considerare il problema da una prospettiva multi-gruppo e multi-criterio per analizzare il complesso delle trasformazioni dello spazio urbano e marittimo e valutarne gli impatti ambientali, economici e sociali.

I Problem Structuring Methods (PSM) sono un insieme di strumenti e tecniche che possono essere utili per strutturare problemi complessi come quelli relativi alle aree portuali. Infatti, i PSM sono utilizzati per aiutare le organizzazioni e gli individui a comprendere meglio, analizzare e sviluppare soluzioni per problemi complessi (Mingers and Rosenhead, 2004; Rosenhead, 1996). Sono stati applicati in diversi campi, tra cui l'ingegneria, la ricerca operativa, le politiche pubbliche, l'economia, la pianificazione e la gestione aziendale (Friend and Hickling, 2012) e sono stati generalmente utilizzati in combinazione con altre tecniche di problem-solving (Cerreta and De Toro, 2010; Cerreta et al., 2013; Lami and Todella, 2023). I PSM spesso comportano un processo iterativo di definizione del problema, analisi e sviluppo di soluzioni per affrontare l'incertezza del processo decisionale (Lami, and Todella, 2019; White, 2006). Possono essere utilizzati per strutturare i problemi in termini di componenti, identificare le relazioni rilevanti tra i criteri e sviluppare una strategia per risolvere il problema (Rosenhead and Mingers, 2001). Oltre ai più comuni PSM, tra cui il Systems Thinking (Currie et al., 1999), la Soft Systems Methodology (Checkland and Poulter, 2007) e l'approccio Strategic Choice (Friend and Hickling, 2012), l'integrazione della MCDA nei PSM può stimolare l'elaborazione di soluzioni fattibili e desiderabili, tenendo conto anche delle esigenze e delle preferenze delle parti interessate.

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

In questo contesto, la ricerca propone un quadro metodologico multi-scalare, multi-dimensionale e multi-gruppo che integra approcci di analisi decisionale multi-criteri (MCDA) e strumenti di valutazione. La proposta metodologica si pone l'obiettivo di cogliere la complessità delle trasformazioni dell'area portuale di Gela (Italia) e le loro interazioni con la città, di gestire i potenziali conflitti tra i diversi interessi degli stakeholder e di supportare adeguatamente il processo decisionale.

Il presente articolo è strutturato come segue: la Sezione 2 presenta la proposta metodologica; la Sezione 3 presenta una breve rassegna della letteratura sui metodi multicriteriali utilizzati per affrontare problemi decisionali complessi relativi a contesti di città portuali; la Sezione 4 descrive l'applicazione dell'approccio metodologico al caso studio della città-porto di Gela e presenta i relativi risultati; la Sezione 5 presenta le conclusioni e i futuri sviluppi della ricerca.

2. PROPOSTA METODOLOGICA PER LA SOSTENIBILITÀ DELLE CITTÀ-PORTO

La metodologia proposta rientra nell'ambito dei Problem Structuring Methods (PSM) e, partendo dai gap individuati in letteratura, propone l'integrazione di metodi mul-

ticriteriali all'interno dei processi decisionali relativi alle città-porto, al fine di migliorare la sostenibilità in una prospettiva multidimensionale. In particolare, è stato scelto il caso applicativo della città-porto di Gela, in Sicilia (Italia), per testare la sua applicazione nella definizione di strategie sostenibili per lo sviluppo portuale.

Sono state identificate le seguenti domande di ricerca:

- Come si può misurare la sostenibilità dei processi di trasformazione delle città portuali?
- Quali metodi sono utili a questo scopo?
- Quali sono i gap individuati nella revisione della letteratura?

Per rispondere alle domande di cui sopra è stato elaborato un processo metodologico in cinque fasi (Fig. 1).

Fase 1 - Revisione dei metodi MCDA. Il primo passo è stato quello di condurre una revisione della letteratura sui metodi multicriteriali applicati a problemi decisionali complessi relativi alle città portuali. La letteratura selezionata è stata analizzata considerando i seguenti punti di vista: tipo di problema decisionale, ambiti e dimensioni della sostenibilità considerate, dimensioni della sostenibilità considerate e scale di applicazione delle politiche e dei progetti. In questa fase sono stati esaminati 21 casi applicativi che utilizzano diversi approcci multicriteriali.

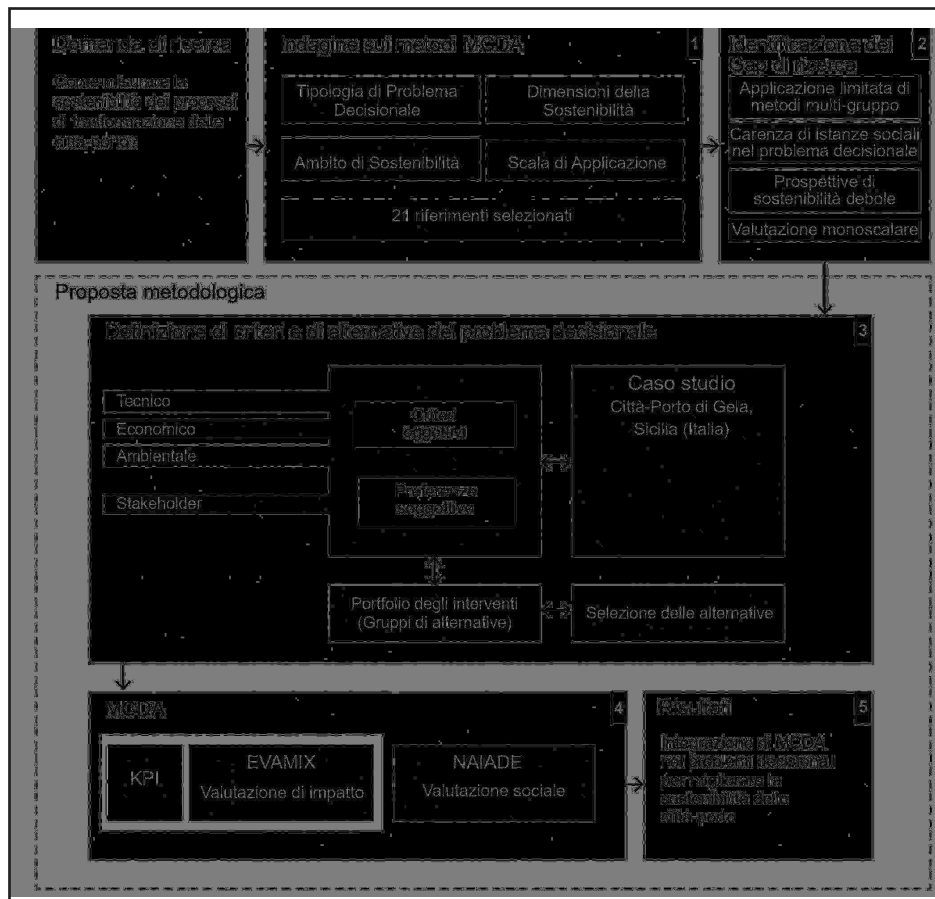


Figura 1 - Inquadramento metodologico.

Fase 2 - Identificazione dei gap di ricerca. L'analisi della letteratura scientifica ha portato all'identificazione dei seguenti quattro gap: (i) limitata applicazione di metodi multigruppo; (ii) mancanza di istanze sociali nella definizione del problema; (iii) prospettiva di sostenibilità debole; (iv) valutazione su scala monodimensionale.

Fase 3 - Definizione dei criteri del problema decisionale e delle alternative. Partendo dal caso di studio, è stato individuato un portafoglio di interventi costituito da gruppi di alternative che sono state combinate in base a criteri di fattibilità e selezionate dal team di ricerca coinvolto nella definizione di una nuova proposta di masterplan per la città-porto di Gela. Queste alternative sono state valutate utilizzando criteri-obiettivi relativi alle dimensioni tecnica, economica e ambientale attraverso l'individuazione di KPI. Successivamente sono state integrate le preferenze soggettive degli stakeholder coinvolti nel problema decisionale, organizzati in gruppi di interesse.

Fase 4 - MCDA. In questa fase sono stati applicati due metodi di valutazione multicriteriale e multigruppo, denominati EVAMIX e NAIADE. Il primo ha guidato il processo decisionale per selezionare un portafoglio di alternative preferibili valutando gli impatti tecnici, ambientali ed economici. Il secondo ha avuto l'obiettivo di incorporare le preferenze degli stakeholder nella combinazione delle alternative. I risultati ottenuti dal processo metodologico hanno portato all'identificazione di una matrice di impatto, derivata dall'applicazione del metodo EVAMIX, e di un dendrogramma delle coalizioni, derivato dall'applicazione del metodo NAIADE, determinato da una matrice di equità, che mette in relazione le preferenze degli stakeholder rispetto alle alternative del problema decisionale.

Fase 5 - Risultati. L'analisi dei risultati nell'ambito delle fasi metodologiche del PSM ideato ha l'obiettivo di informare esperti, ricercatori e decisori sui benefici e sui limiti legati all'integrazione dell'MCDA nei problemi decisionali delle città-porto per migliorarne la sostenibilità.

3. MATERIALI E METODI

3.1 MCDA per la sostenibilità delle città-porto: una revisione dei metodi

L'interdipendenza tra ambiente, società ed economia ha permesso di identificare la MCDA come l'approccio più appropriato per affrontare il processo decisionale multidimensionale, multi-scalare e multi-gruppo, in quanto è in grado di catturare la complessità dei contesti di studio valutando la sostenibilità delle azioni trasformative in modo integrato.

Nell'ambito della letteratura selezionata sui Problem Structuring Methods (PSM) (Lami and Tavella, 2019), sono stati esaminati gli approcci metodologici sperimentati per l'implementazione di questioni di sostenibilità nelle città portuali, al fine di comprendere la relazione tra i problemi decisionali e i metodi multicriteriali e di identificare possibili gap nella ricerca.

Ventuno articoli sono stati identificati ed esaminati in base ai seguenti punti (Tabella 1):

1. Ambito di sostenibilità, che si riferisce alle categorie tematiche che ricorrono nei processi di trasformazione delle città portuali.
2. Dimensioni, riferite a una o più dimensioni (ambientale, sociale ed economica) utilizzate per classificare i problemi di sostenibilità.
3. Tipologia di problema decisionale, che identifica la questione principale affrontata nel processo decisionale.
4. Scala di applicazione (locale, urbana, regionale).
5. Metodi multi-criterio, indicando il metodo o i metodi utilizzati per affrontare il problema decisionale e valutare le alternative e gli scenari.
6. Coinvolgimento degli stakeholder, indicando se e come le parti interessate sono state considerate e analizzate e se la prospettiva sociale è stata resa esplicita.
7. Riferimenti selezionati, indicando i riferimenti dei documenti analizzati.

Si noti che la strutturazione del problema è un'attività cruciale nel processo decisionale, in quanto comporta un'analisi sistematica del problema al fine di definire obiettivi, criteri e alternative specifiche (Cerreta et al., 2021). Inoltre, la scelta del metodo o dei metodi multicriteri da utilizzare è strettamente legata alla definizione del problema.

Dall'analisi effettuata, è emersa una selezione di categorie tematiche in relazione ai principali casi applicativi relativi alle città portuali e ai metodi utilizzati per valutare gli scenari di trasformazione sostenibile.

Le categorie tematiche considerate sono:

1. Turismo e attrattività portuale. In questa categoria si considerano due tipi di problemi decisionali: l'allocazione delle risorse delle aree destinate al turismo nautico e la selezione dello scenario preferibile tra quelli sviluppati. In Kovačić (2012), il problema dell'allocazione delle risorse è stato studiato a livello locale attraverso un'analisi sistematica di criteri fisici, tecnici e tecnologici, economico-politici ed ecologici, utilizzando il Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) (Brans, 1982). In Butowski (2018), la selezione dello scenario preferibile tra le alternative è stata studiata a scala regionale utilizzando il metodo PROMETHEE combinato con il metodo Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1980), mentre in Pesce et al. (2018) è stato utilizzato il metodo Weighted Linear Combination (WLC) per un problema simile, ma a scala urbana.
2. Trasporti. Questa categoria è stata affrontata da Gagatsi et al. (2017), che hanno considerato la necessità di selezionare lo scenario preferito a scala regionale, attraverso l'uso combinato dei metodi multi-criteri PROMETHEE e AHP. Alla scala urbana, lo stesso tipo di problema decisionale è stato affrontato da Dean (2021), attraverso il metodo della Weighted Linear Combination (WLC). La categoria dei trasporti è stata analizzata affrontando

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

Tabella 1 - Revisione dei metodi multi-criterio

Ambito di Sostenibilità	Dimensioni della Sostenibilità	Tipologia di problema Decisionale	Scala di applicazione	Metodi multi-criterio	Coinvolgimento degli Stakeholder	Riferimenti selezionati
Turismo	Economica Sociale Ambientale	Assegnazione delle risorse	Urbana	PROMESSA	-	Kovačić, 2012
	Economica Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	PROMETHEE + Processo di gerarchia analitica (AHP)	-	Butowski, 2018
	Economica Sociale Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Urbana	Combinazione lineare ponderata (WLC)	Analisi degli Stakeholder	Pesce et al., 2018
Trasporti	Economica Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	PROMETHEE + Processo di gerarchia analitica (AHP)	Analisi degli Stakeholder Interviste Indagine on-line	Gagatsi et al, 2017
	Economica Sociale Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Urbana	Combinazione lineare ponderata (WLC)	Esercizi con metodi multi-criterio e multi-gruppo Interviste	Decano, 2021
	Economica Sociale Ambientale	Assegnazione delle risorse	Urbana	Processo di gerarchia analitica fuzzy (FAHP) + Sistema informativo geografico (GIS)	-	Raad et al, 2022
Logistica	Ambientale	Assegnazione delle risorse	Locale	PROMETHEE + Processo di gerarchia analitica (AHP)	-	Bartosiewicz, 2020
	Ambientale	Assegnazione delle risorse	Urbana	Processo di gerarchia analitica Fuzzy (FAHP) + Metodo del Meglio Peggior (BWM) + PROMETHEE	Questionario	Chowdhury and Haque Munim, 2022
	Economica Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	Combinazione lineare ponderata (WLC)	Analisi degli Stakeholder Indagine on-line	Nguyen et al., 2021
Cambiamento Climatico	Ambientale	Classifica delle alternative	Urbana	Processo di gerarchia analitica (AHP)	Questionario	McIntosh and Becker, 2020
	Ambientale	Classifica delle alternative	Regionale	Processo di gerarchia analitica (AHP) + Sistema informativo geografico (GIS)	-	Al-Taani et al., 2023
Performance del Porto	Economica Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	Combinazione lineare ponderata (WLC)	-	Libardo and Parolin, 2012
	Economica Sociale Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	Processo di gerarchia analitica (AHP) + TOPSIS	Indagine Questionario	Lorenčić et al., 2022
Partenariato Pubblico-Privato	Economica Sociale	Selezione dello scenario preferibile	Regionale	Processo di gerarchia analitica (AHP)	Analisi degli Stakeholder Indagine	Hadžić, 2022
Pianificazione della Città-Porto	Economica Sociale Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Urbana	PROMESSA	Analisi degli Stakeholder Interviste Questionario	Jardas et al., 2020
	Economica Sociale Ambientale	Classifica delle alternative	Urbana	Processo di gerarchia analitica (AHP)	Analisi degli Stakeholder Questionario	Cavallo et al., 2014
	Ambientale	Assegnazione delle risorse	Regionale	Processo di gerarchia analitica (AHP) + Sistema informativo geografico (GIS)	-	Santos et al., 2020
	Economica Sociale Ambientale	Selezione dello scenario preferibile	Urbana	Processo di rete analitica (ANP)	Indagine Questionario	Corticelli et al., 2022

il problema dell'allocazione delle risorse a livello urbano, integrando i metodi combinati Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) e Geographic Information System (GIS) in Raad et al. (2022).

3. Logistica, il processo di pianificazione, organizzazione e controllo del movimento di beni e servizi attraverso un porto. In questa categoria vengono analizzati due problemi decisionali. Il problema dell'allocazione delle risorse viene affrontato a livello locale in Bartosiewicz (2020) utilizzando i metodi multicriteriali PROMETHEE e AHP e, a livello urbano, in Chowdhury and Haque Munim (2022) combinando il Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), il Best Worst Method (BWM) e il metodo PROMETHEE. In Nguyen et al. (2021), la selezione dello scenario preferito viene affrontata con la Weighted Linear Combination (WLC).
4. Cambiamento climatico, la sensibilità dei porti agli impatti del clima e dei fenomeni meteorologici estremi. Il problema decisionale della classificazione delle alternative è stato studiato a scala urbana in McIntosh and Becker (2020) utilizzando l'AHP, e a scala regionale in Al-Taani et al. (2023) utilizzando il metodo AHP combinato con il Geographic Information System (GIS).
5. Performance del porto, l'efficienza delle operazioni portuali, delle infrastrutture e dei servizi e il livello di soddisfazione dei clienti. La selezione dello scenario preferito è il principale problema decisionale affrontato per questa categoria. In Libardo and Parolin (2012) viene applicato il metodo della Weighted Linear Combination (WLC), mentre in Lorenčić et al. (2022) vengono integrati i metodi AHP e TOPSIS.
6. Partenariato pubblico-privato, il coinvolgimento di aziende private in partnership con istituzioni pubbliche per migliorare l'efficienza delle operazioni portuali. In Hadži (2022), il problema decisionale proposto riguarda la selezione dello scenario preferibile per identificare il partenariato più appropriato utilizzando il metodo AHP.
7. Pianificazione della città-porto, il processo di progettazione e attuazione di piani per lo sviluppo dei porti all'interno di un'area urbana. In questa categoria vengono analizzati tre problemi decisionali. La selezione dello scenario preferibile a livello cittadino è affrontata da Jardas et al. (2020) con il metodo PROMETHEE e da Corticelli et al. (2022) con il metodo AHP. Lo stesso problema decisionale viene affrontato anche applicando il metodo Analytic Network Process (ANP) in Cerreta et al. (2015; 2019) e combinando i metodi Evaluation of Mixed data (EVAMIX) (Herwijnen and Janssen, 1989) e Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE) (Munda, 1995) in Sacco and Cerreta (2022).

L'allocazione delle risorse è stata affrontata da Santos et al. (2020) integrando i metodi Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) e Geographic Information System (GIS).

Il problema decisionale della classificazione delle alternative è stato analizzato da Cavallo et al. (2014) con il metodo AHP.

3.2 Identificazione dei gap di ricerca

Le applicazioni MCDA analizzate hanno permesso di identificare i principali gap della ricerca nella risoluzione di problemi decisionali complessi legati allo sviluppo di strategie sostenibili per le città portuali. In particolare, le questioni individuate possono essere raggruppate in quattro temi principali, descritti di seguito.

In primo luogo, è stato individuato l'uso limitato di metodi multigruppo per il coinvolgimento degli stakeholder, anche nelle fasi iniziali della strutturazione dei problemi decisionali.

In secondo luogo, la scarsa integrazione delle prospettive degli stakeholder, con il rischio di non considerare tutti gli aspetti rilevanti del problema decisionale. Inoltre, gli studi analizzati mostrano una predominanza di criteri monodirezionali piuttosto che inclusivi, che aiutano ad analizzare gli impatti sistemici da una prospettiva economica, ambientale e, in particolare, sociale.

In terzo luogo, l'adozione di una prospettiva di sostenibilità debole (Pearce and Atkinson, 1993; Hartwick, 1977; Solow 1977), molto spesso utilizzata negli studi settoriali per ragioni di utilità e semplicità. Il paradigma della sostenibilità debole trae origine dalla ricerca sull'economia ambientale e si basa principalmente sull'idea che le diverse forme di capitale (sociale, ambientale ed economico) siano intercambiabili (Wilson, 2016). Questa teoria economica – che suggerisce che la crescita economica può essere sostenuta senza esaurire le risorse naturali finché il tasso di esaurimento delle risorse risulti inferiore al tasso di progresso tecnologico – è stata criticata da Daly and Cobb (1990) per la sua mancanza di considerazione di criteri multidimensionali e per la possibilità di massimizzare un capitale a scapito di altri capitali.

Infine, la predominanza di approcci a scala singola nella definizione degli scenari, quando si tratta di problemi complessi che spesso hanno effetti multiscalari.

4. CASO DI STUDIO: LA CITTÀ-PORTO DI GELA, SICILIA (ITALIA)

Il caso di studio riguarda la valutazione di interventi alternativi per lo sviluppo del sistema portuale di Gela, sulla costa meridionale della Sicilia (Fig. 2).

Lo studio è stato elaborato nell'ambito dell'Accordo di Ricerca scientifica tra la società RINA Consulting SpA e il Centro Interdipartimentale di Ricerca in Urbanistica "Alberto Calza Bini" (CIRU) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Nello specifico, il miglioramento delle caratteristiche infrastrutturali e funzionali del porto ha dovuto considerare il più ampio contesto urbano e territoriale, includendo molteplici fattori e i punti di vista dei diversi stakeholder coinvolti. Come già evidenziato, uno degli obiettivi principali di questo studio è stato quello di strutturare un sistema di supporto alle decisioni in grado di cogliere la complessità di una città-porto come

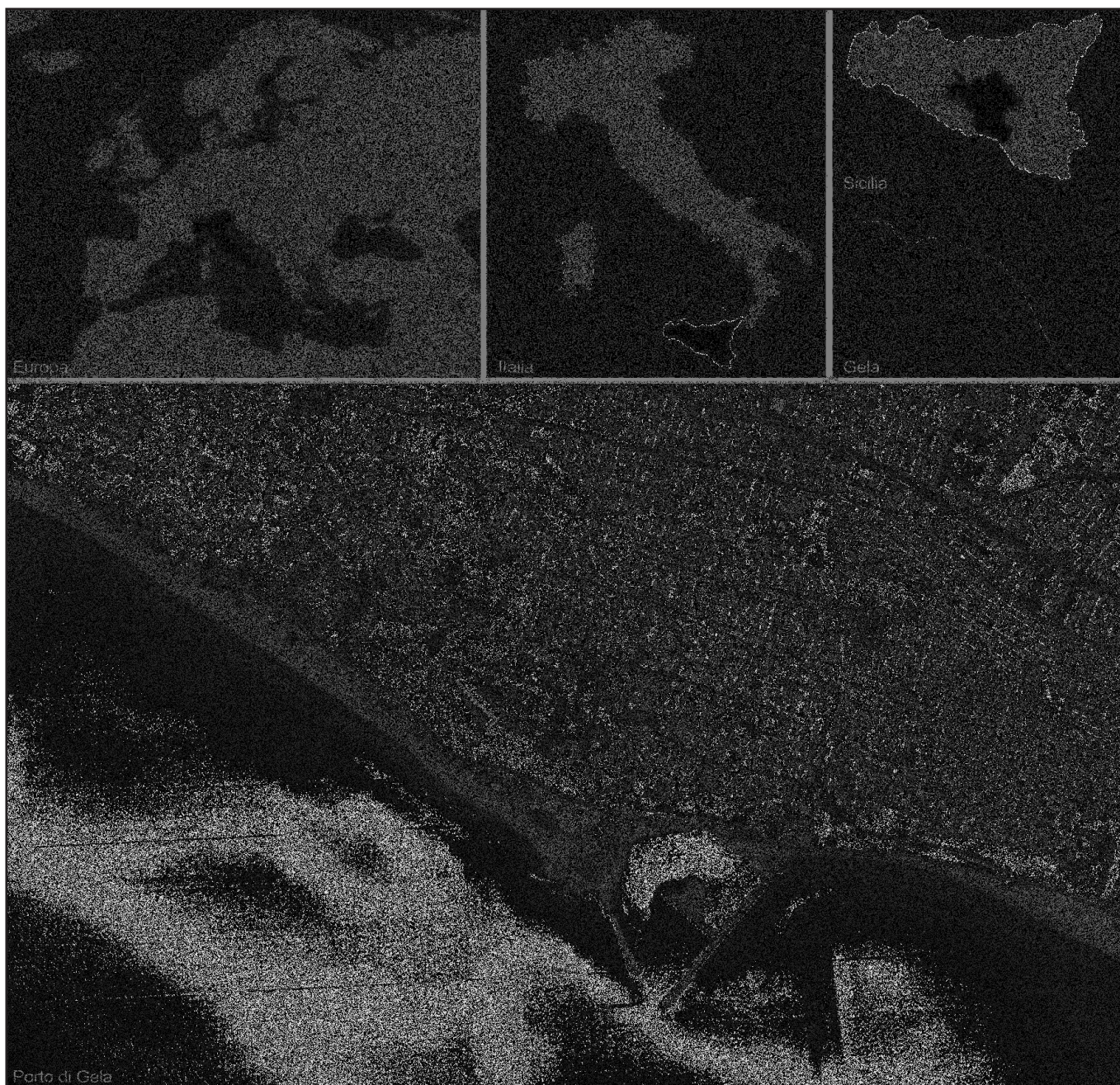


Figura 2 - Il sistema città-porto di Gela, Sicilia meridionale, Italia.

Gela, rendendo operativi i principi della sostenibilità. Ciò significa considerare gli impatti ambientali, sociali ed economici delle trasformazioni al di là dei confini dell'area portuale.

Per rispondere alle esigenze di un problema decisionale complesso, sono state combinate due tecniche multicriteriali e multigruppo implementate attraverso i metodi EVAMIX e NAIADE, proponendo un approccio multi-scalare, multi-dimensionale e multi-gruppo che può essere utilizzato in contesti simili.

4.1 Criteri di valutazione

La logica della multidimensionalità e della multiscalarità si sviluppa attraverso un'appropriata definizione di criteri e indicatori, a partire dagli obiettivi da perseguire. In linea con i KPI del Porto Sostenibile, le questioni tecniche (ad esempio, accessibilità e logistica), economico-finanziarie (ad esempio, attrattività e costi del porto) e le pressioni ambientali (ad esempio, cambiamento dell'habitat e inquinamento) hanno guidato la prima fase di caratterizzazione e selezione dei criteri.

Tabella 2 - Criteri, sotto-criteri, e indicatori

Criterio	Sottocriterio	Indicatore	Unità di misura	Verso
Fattibilità tecnica	Accessibilità marittima	Dragaggio complessivo	mc	min
		Accessibilità per imbarcazioni da diporto	numero di ormeggi	max
		Accessibilità per pescherecci	numero di ormeggi	max
		Accessibilità per imbarcazioni della capitaneria di porto	numero di ormeggi	max
		Accessibilità per navi traghetto	numero di ormeggi	max
		Accessibilità per navi da crociera di ultima generazione	numero di ormeggi	max
		Accessibilità per navi container	numero di ormeggi	max
	Logistica ed operatività	Lunghezza della banchina esistente da demolire	m	min
		Lunghezza delle banchine	m	max
		Superficie della colmata	mq	min
Tempi	Tempi tecnici di progettazione	mesi	min	
	Tempi tecnici di realizzazione	mesi	min	
Fattibilità economico finanziaria	Produttività territoriale	Numero di utenti per imbarcazione da diporto	numero	max
		Numero di gironate di permanenza per utenti delle imbarcazioni da diporto	numero/anno	max
		Numero annuo di passeggeri dei traghetti	numero/anno	max
		Numero annuo di passeggeri delle navi da crociera sbarcati a terra	numero/anno	max
		Numero annuo di componenti dell'equipaggiamento delle navi da crociera sbarcate a terra	numero/anno	max
		Quantità di merce trasportata	tonnellate/anno	max
		Numero di occupati diretti	numero	max
	Costi	Costi d'intervento	€	min
		Costi operativi in fase di esercizio	€	min
		Costi di personale in fase d'esercizio	€	min
Fattibilità ambientale	Ambiente marino	Alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque legate agli scarichi idrici dalle nuove aree a terra	1°,2°,3°4°	min
		Limitazioni/perdite d'uso dei fondali per circa l'estensione delle opere di difesa e di colmata	1°,2°,3°4°	min
		Alterazione dell'idrodinamismo locale e modifica dei processi di sedimentazione/erosivi	1°,2°,3°4°	min
	Rumore ed emissioni	Rumore	1°,2°,3°4°	min
		Emissioni da inquinanti e da polveri	1°,2°,3°4°	min
	Paesaggio e archeologia	Sottrazione/modificazione di habitat per circa l'estensione delle opere di difesa e di colmata	1°,2°,3°4°	min
		Intrusione visuale per la presenza di nuove opere a terra e a mare	1°,2°,3°4°	min
		Interferenze con possibili elementi archeologici sommersi	1°,2°,3°4°	min

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

I criteri sono stati poi ulteriormente dettagliati in sottocriteri. Per ogni sottocriterio è stato individuato un set di indicatori per consentire una valutazione più specifica delle caratteristiche di ogni alternativa e dei suoi impatti. Per ogni indicatore sono stati inoltre individuati l'unità di misura e il verso (min, max) (Tabella 2).

4.2 Definizione delle alternative di intervento

Per l'identificazione delle alternative di intervento è stato applicato un approccio di Project Portfolio Management (PPM) (Miia and Anttila, 2022). Le alternative da confrontare sono state ottenute come combinazione di scenari di base, che hanno progressivamente definito l'allineamento strategico dei portafogli di progetti e dei singoli interventi. In particolare, è stata condotta un'analisi multicriteriale basata sulla valutazione di 13 interventi. L'obiettivo era capire se e quali soluzioni potessero essere escluse a priori dalla configurazione risultata preferibile assegnando pesi variabili ai diversi criteri e macro-criteri. In questo modo è stata effettuata l'analisi di sensitività dei criteri mediante l'attribuzione di pesi differenti. Gli scenari elementari da considerare sono risultati sei (Tabella 3) e sono stati successivamente combinati secondo l'approccio PPM citato in precedenza permettendo di ottenere 13 portafogli (Tabella 4).

Si noti che le variazioni negli interventi 7 e 8 sono legate a diverse convenienze economiche e differenti livelli di sviluppo infrastrutturale. Le 13 alternative così individuate sono state sottoposte a una valutazione multicriteriale, utilizzando il metodo EVAMIX, per analizzare i diversi impatti, e a una valutazione multigruppo, utilizzando il metodo NAIAD, per includere la componente sociale nell'analisi.

Tabella 3 - Scenari elementari analizzati

Scenario di base	Descrizione
1	Predisposizione dragaggi al fine di rimediare al fenomeno dell'insabbiamento che attualmente rende inaccessibili il porto
3	Ampliamento dei posti barca disponibili al porto rifugio e predisposizione dei servizi minimi relativi alla diportistica (servizi igienici, bar, ristoranti, ecc.) con investimenti immobiliari integrativi
7	Predisposizione di un accosto dedicato per ospitare traghetti per trasporto passeggeri e merci (RoPax e RoRo)
8	Ampliamento del porto per ospitare anche navi da crociera, oltre ai traghetti già citati
9	Ampliamento dei posti barca disponibili al porto (+50% rispetto all'intervento 2) con investimenti immobiliari integrativi
10	Realizzazione di un'isola off-shore per il transhipment corredata dalla predisposizione di opportuni spazi per movimentazione e stazionamento dei container

Tabella 4 - Definizione del portafoglio di alternative

Portafoglio	Scenari elementari combinati
A	1
B	1+3
C	1+3+7
D	1+3+7+8
E	1+3+7+8+9
F	1+3+9
G	1+7
H	1+7+8
I	1+8
J	1+3+7bis
K	1+3+7ter
L	1+3+7+8bis
M	10

4.3 Metodo EVAMIX

Come si evince dalla descrizione degli indicatori fornita nella Sezione 4.1, sono state considerate scale di valutazione quantitative per gli aspetti tecnici ed economico-finanziari, mentre sono state considerate scale di valutazione qualitative per gli aspetti ambientali. La combinazione di criteri quantitativi e qualitativi fa sì che il metodo EVAMIX sia adatto a confrontare diverse alternative di progetto. Pertanto, è stata sviluppata la matrice di valutazione E, che è una matrice "m×n" caratterizzata da "m" criteri/sottocriteri/indicatori di valutazione e "n" alternative, ed è stata costruita la matrice di impatto. A questo punto, la valutazione è stata effettuata assegnando pesi diversi ai criteri e ai sottocriteri secondo il metodo del "valore atteso", che consente di ordinare i criteri e i sottocriteri in base all'ordine di importanza riconosciuto come significativo dai diversi esperti coinvolti nel processo.

In particolare, la fattibilità economico-finanziaria è stata considerata al primo posto, seguita dalla fattibilità tecnica e ambientale, ugualmente importanti. La Tabella 5, invece, mostra l'ordinamento dei sottocriteri relativo a ciascun criterio. Applicando le fasi previste dal metodo e descritte in precedenza, è stato quindi possibile ottenere un ordinamento delle 13 alternative analizzate (Fig. 3).

Le alternative preferite risultano essere l'Alternativa E (combinazione degli scenari elementari 1+3+7+8+9), l'Alternativa J (combinazione degli scenari elementari 1+3+7bis) e l'Alternativa K (combinazione degli scenari elementari 1+3+7ter).

Seguono le alternative I (0,04), L (0,04), H (0,03) e D (0,03). Tuttavia, risulta evidente che le alternative (A,B,C,F,G,M)

Tabella 5 - Ordinamento dei sottocriteri

Criterio	Classifica dei sottocriteri
Fattibilità tecnica	1° Accessibilità marittima 2° Logistica ed operatività 3° Tempo
Fattibilità economico finanziaria	1° Produttività territoriale 2° Costi
Fattibilità ambientale	1° Ambiente marino 2° Paesaggio e archeologia 3° Inquinamento atmosferico e acustico

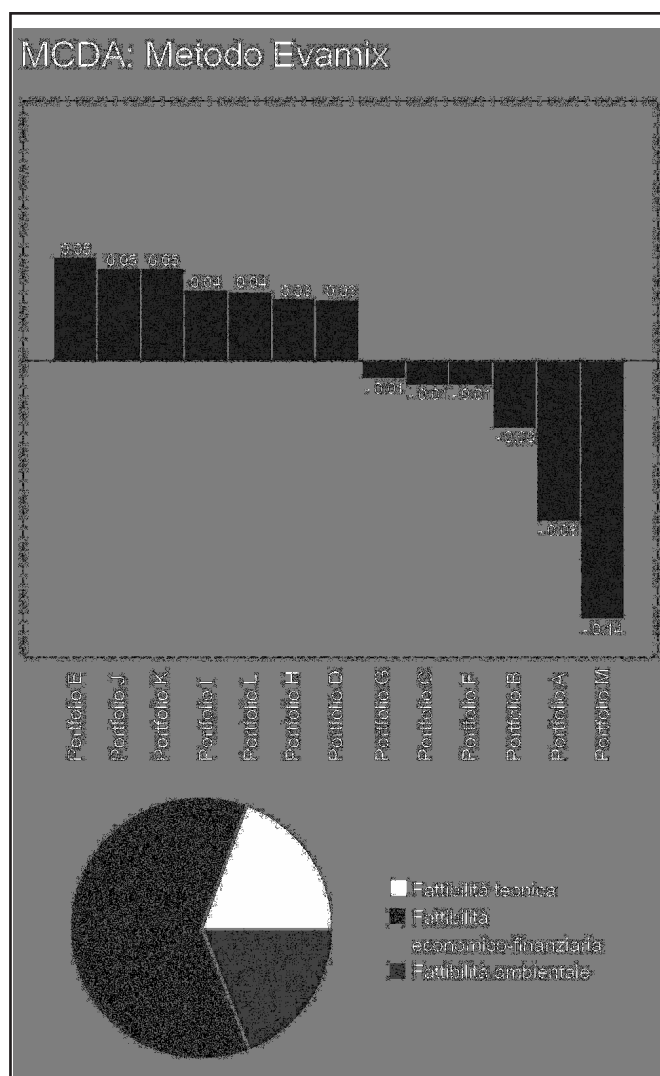


Figura 3 - Risultati del metodo EVAMIX.

siano da trascurare perché caratterizzate da un valore negativo.

4.4 Analisi degli stakeholder e metodo NAIADE

Nella prospettiva di una valutazione multidimensionale, è fondamentale indagare anche la componente sociale, valutata nell'ambito dello studio attraverso l'analisi degli stakeholder e l'applicazione del metodo NAIADE nell'intento di includere gli obiettivi e le preferenze dei diversi stakeholder coinvolti nel processo decisionale (Cerreta e Panaro, 2017).

Nello specifico, le fasi svolte sono: (i) identificazione degli stakeholder; (ii) analisi dei ruoli; (iii) pianificazione e coinvolgimento. In primo luogo, gli stakeholder sono identificati come tutti gli attori che possono interagire con il processo decisionale e di cui è importante esplicitare le preferenze per capire come potrebbero influenzare lo sviluppo delle scelte, sia a breve che a lungo termine.

Il coinvolgimento degli stakeholder è una condizione indispensabile per il successo del progetto, in quanto consente di massimizzare le ricadute sociali, economiche e istituzionali positive e di minimizzare i potenziali impatti negativi della decisione. Pertanto, identificarli in modo strutturato ed efficace è la prima fase dell'analisi. Gli stakeholder possono essere "interni" o "esterni" al problema decisionale in base a tre diversi livelli di coinvolgimento:

- 1° livello: comprende le categorie di attori direttamente coinvolti nel processo decisionale;
- 2° livello: comprende coloro che possono influenzare o essere influenzati dal processo decisionale, direttamente o in modo mediato;
- 3° livello: comprende coloro che interagiscono indirettamente con il processo decisionale (ad esempio, i media, la comunità locale e le organizzazioni del territorio).

Gli attori coinvolti nella città-porto di Gela sono rappresentati dalle istituzioni locali, dalle istituzioni territoriali, dai gestori delle infrastrutture, dalle imprese di logistica e produzione, dalle imprese di spedizione e logistica e dagli attori territoriali (operatori economici e associazioni).

La fase successiva consiste nell'analisi dei ruoli, che viene strutturata costruendo una matrice di interessi e influenze. Coloro che hanno un alto livello di interesse politico e che esercitano un alto livello di influenza nell'attuazione dell'intero processo decisionale sono chiamati "attori chiave". Sono considerati poi gli stakeholder cosiddetti "istituzionali", che hanno un alto livello di influenza e un basso livello di interesse; le loro esigenze devono essere soddisfatte perché il loro alto livello di potere decisionale può causare conflitti. Gli stakeholder con un basso livello di influenza ma con un alto livello di interesse sono chiamati stakeholder "operativi". Possono svolgere il ruolo di sostenitori nel processo decisionale e possono essere coinvolti attraverso processi partecipativi. Infine, gli stakeholder "marginali" svolgono un ruolo meno critico perché hanno sia un basso potere che un basso livello di interesse.

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

Da una prospettiva multidimensionale, gli interessi analizzati nel caso di studio di Gela coprono tre diverse aree: ambientale, economica e sociale. Il livello di interesse è stato classificato come basso, medio e alto.

Infine, la fase di pianificazione e coinvolgimento consiste nel gestire i diversi gruppi di stakeholder identificando una strategia appropriata con un duplice scopo: i) ridurre i conflitti esistenti per facilitare la convergenza verso strategie "win-win"; ii) coinvolgerli in processi collaborativi e/o cooperativi per il perseguimento di obiettivi comuni.

Pertanto, è stato implementato il metodo NAIADE, che ha permesso di costruire la cosiddetta "matrice di equità". Quest'ultima mostra i gruppi di stakeholder considerati nelle righe e le alternative analizzate nelle colonne, fornendo un quadro sinottico delle preferenze di ogni stakeholder. L'obiettivo finale è quello di individuare la soluzione preferibile in grado di ridurre il livello di conflitto

e di raggiungere un grado di consenso sufficiente a garantire la fattibilità dell'alternativa preferita, soprattutto nel lungo periodo.

Nella matrice di equità sono stati riportati i giudizi che gli stakeholder possono esprimere per ogni intervento in base agli studi condotti e ai dati raccolti. I giudizi sono stati codificati utilizzando la seguente scala linguistica: "perfetto, molto buono, buono, più o meno buono, moderato, più o meno cattivo, cattivo, molto cattivo, estremamente cattivo".

In questo modo, è stato possibile costruire il cosiddetto dendrogramma delle coalizioni (Fig. 4), che mostra la potenziale convergenza degli interessi e il loro livello di coesione reciproca. Infine, l'analisi ha permesso di classificare le alternative in base al loro livello di accettabilità sociale mediante il diagramma di veto, tenendo conto dei giudizi espressi dai diversi gruppi di interesse. Come si può ve-

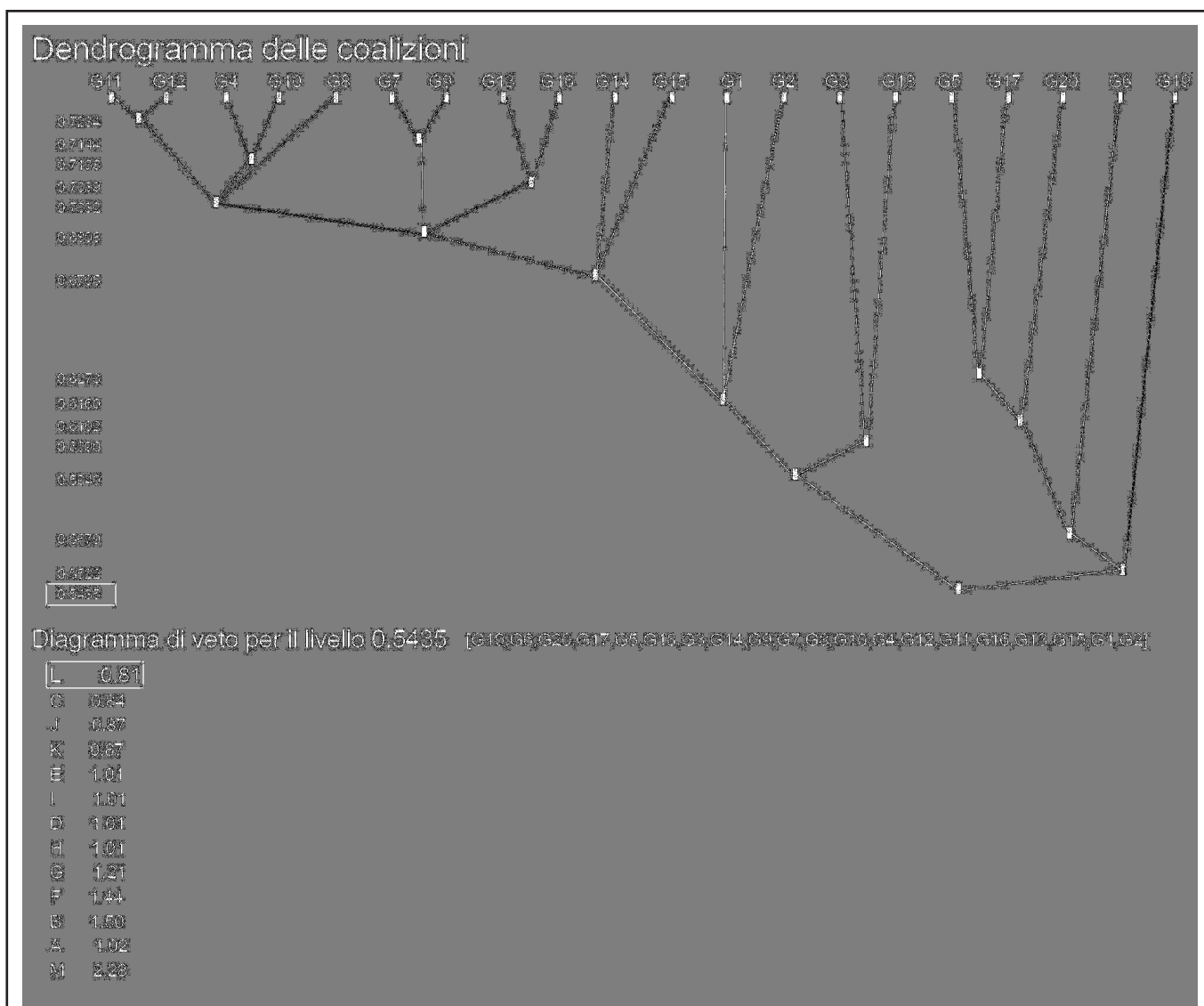


Figura 4 - Dendrogramma delle coalizioni e diagramma di veto per il portfolio preferibile.

dere nella Figura 4, la soluzione “L” è stata identificata come preferibile alle altre per ridurre i conflitti e raggiungere gradualmente il consenso tra i diversi stakeholder. Pertanto, può essere definita come la “soluzione di compromesso sociale”, in quanto può garantire la fattibilità sociale dell’alternativa preferibile. In conclusione, il metodo NAIADE restituisce come “soluzione equa” la combinazione progettuale degli scenari elementari 1+3+7+8bis, che è stata inclusa anche nelle alternative preferibili applicando il metodo EVAMIX. Questa soluzione appare come lo scenario di trasformazione più significativo, in grado di attivare opportunità di sviluppo economico, ambientale e sociale, migliorando al contempo la sostenibilità marittima e terrestre e promuovendo il processo di coinvolgimento e partecipazione degli stakeholder nella costruzione delle scelte collettive.

5. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il caso di studio della città-porto di Gela ha rappresentato un’opportunità per sviluppare e testare un processo metodologico per gestire problemi decisionali complessi come lo sviluppo di strategie sostenibili per le città portuali, cercando di risolvere alcuni dei principali gap identificati nella revisione della letteratura.

Per quanto riguarda il primo gap, relativo a un’applicazione limitata dei metodi multigruppo, la proposta metodologica sostiene il coinvolgimento degli stakeholder nelle diverse fasi di strutturazione del problema decisionale. La criticità è stata affrontata identificando i passi principali per implementare un’analisi degli stakeholder basata sull’integrazione di approcci place-based orientati alla selezione dei diversi portatori di interesse e all’esplorazione della loro influenza e del loro potere rispetto alle alternative progettuali.

Il secondo gap, relativo alla carenza di istanze sociali nella definizione del problema decisionale, è stata migliorata grazie all’implementazione del metodo NAIADE. Infatti, la matrice di equità può svolgere un ruolo importante nel promuovere il dialogo e l’interazione tra i diversi stakeholder, facilitando la volontà di cooperare e contribuendo alla creazione di un contesto favorevole allo sviluppo di scenari “win-win”.

Il terzo gap sottolinea la necessità di una prospettiva multidimensionale sulla sostenibilità, superando l’“ottimismo tecnico” e includendo la dimensione sociale, spesso trascurata nell’elaborazione delle strategie di sviluppo delle

città-porto.

L’ultimo gap, relativo alla predominanza di approcci monoscalari nella definizione e valutazione degli scenari, è stato affrontato considerando criteri in grado di valutare le principali questioni del contesto decisionale a diverse scale.

Pertanto, le componenti innovative proposte riguardano:

1. L’uso combinato di metodi multicriteriali per affrontare le specifiche necessità del problema decisionale. In particolare, il metodo EVAMIX è stato utilizzato per sviluppare la matrice di impatto multidimensionale, integrando gli indicatori di performance chiave (KPI) suddivisi in categorie tecniche, economico-finanziarie e ambientali. Il metodo NAIADE ha supportato l’inclusione dei punti di vista delle parti interessate attraverso la matrice di equità e il dendrogramma delle possibili coalizioni.
2. La costruzione di un portafoglio di alternative attraverso l’approccio del Project Portfolio Management (PPM), che ha consentito di generare 13 diversi portafogli di interventi a partire da 6 scenari elementari.
3. L’adozione di una prospettiva multi-scalare, utilizzando criteri in grado di includere diverse dimensioni.

Il processo metodologico proposto, elaborato per la città-porto di Gela, rappresenta un approccio adatto a supportare lo sviluppo di strategie sostenibili per le città portuali in una prospettiva complessa, inclusiva e integrata. Infatti, la valutazione degli impatti delle trasformazioni viene effettuata considerando questioni multidimensionali e multi-scalari, comprese le preferenze degli stakeholder, e analizzando il consenso sociale per le possibili soluzioni.

Inoltre, lo studio fornisce un utile esempio di approccio multi-metodologico per la gestione di problemi decisionali complessi.

Le prospettive di ricerca future mirano a testare i metodi MCDA per lo sviluppo di strategie sostenibili per la città-porto, con uno studio più approfondito del processo di generazione delle alternative, al fine di considerare anche le possibili sinergie tra i diversi interventi.

6. INTESAZIONI

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multicriteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

Ringraziamenti

Lo studio è stato elaborato nell’ambito della Convenzione di Ricerca Scientifica tra RINA Consulting SpA e il Centro Interdipartimentale di Ricerca in Urbanistica “Alberto Calza Bini” (CIRU), Università degli Studi di Napoli Federico II, sul tema “Sviluppo delle problematiche relative alle strategie di rigenerazione urbana e valorizzazione immobiliare, programma e sviluppo locale, master planning e progettazione urbana, aspetti amministrativi e procedurali”; coordinatori scientifici prof. Antonio Acierno, Maria Cerreta, Pasquale De Toro; gruppo di ricerca: archh. Fortuna De Rosa, Gianluca Lanzi, Simona Panaro, Giuliano Poli.

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

* **Simona Panaro**, University of Sussex Business School, Falmer, Brighton BN1 9SL, UK
e-mail: s.panaro@sussex.ac.uk

** **Giuliano Poli, Marilisa Botte, Sabrina Sacco, Maria Cerreta**, Università di Napoli Federico II, Napoli, IT
e-mail: giuliano.poli@unina.it, marilisa.botte@unina.it, sabrina.sacco@unina.it, maria.cerreta@unina.it

Contributo degli autori

Gli autori hanno concepito e sviluppato congiuntamente l'approccio e hanno deciso l'obiettivo generale e la struttura dell'articolo. In particolare, concettualizzazione e metodologia, Maria Cerreta, Simona Panaro, Giuliano Poli; analisi formale, Simona Panaro, Giuliano Poli, Marilisa Botte, Sabrina Sacco; validazione, Simona Panaro, Giuliano Poli; indagine, cura dei dati e software, Simona Panaro. Gli autori hanno contribuito congiuntamente alla stesura dell'articolo e hanno letto e approvato la versione finale.

Bibliografia

AL-TAANI A., AL-HUSBAN Y., AYAN A., *Assessment of potential flash flood hazards. concerning land use/land cover in Aqaba Governorate, Jordan, using a multi-criteria technique*, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 26, No. 1, 2023, pp. 17-24.

BARTOSIEWICZ A., *Application of the AHP and PROMETHEE II methods to the evaluation of the competitiveness of Polish and Russian baltic container terminals*, Pomorstvo, Vol. 34, No. 1, 2020, pp. 102-110.

BORRIELLO F., CARONE P., NICOLINI E., PANARO S., *Design and use of a Facebook 4 urban facelifts*, International Journal of Global Environmental Issues, Vol 14, No. 1-2, 2015, pp. 89-112.

BUTLIN J., *Our common future. By World Commission on Environment and Development*, Journal of International Development, Vol. 1, No. 2, 1989, pp. 284-287.

BUTOWSKI L., *An Integrated AHP and PROMETHEE approach to the evaluation of the attractiveness of European maritime areas for sailing tourism*, Moravian Geographical Reports, Vol. 26, No. 2, 2018, pp. 135-148.

CAVALLO B., D'APUZZO L., SQUILLANTE M., *A Multi-Criteria Decision Making method for sustainable development of Naples port city-area*, Quality and Quantity, Vol. 49, No. 4, 2014, pp. 1647-1659.

CERRETA M., DE TORO P., *Integrated spatial assessment for a creative decision-making process: a combined methodological approach to strategic environmental assessment*, Int. J. Sustainable Development, Vol. 13, Nos. 1/2, 2010, pp. 17-30.

CERRETA M., DE ROSA F., DI PALMA M., INGLESE P., POLI G., *A Spatial Multicriteria Assessment Decision Support System (SMCA-DSS) for East Naples: Towards a Water Opportunity Map*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7974. Springer, Berlin, 2013.

CERRETA M., PANARO S., *Deliberative Spatial Multi-Criteria Evaluation (DSM-CE): Forming shared cultural values*, Lecture Notes in Computer Science, Vol 10406. Springer, Cham, 2017.

CERRETA M., PANARO S., *"Collaborative Decision-Making processes for local innovation: The CoULL methodology in living labs approach"*, in Amenta L., Russo M., van Timmeren A. (eds), *Regenerative Territories*, GeoJournal Library, Vol. 128, Springer, Cham, 2022.

CERRETA M., PANARO S., POLI G., *A spatial decision support system for multifunctional landscape assessment: A transformative resilience perspective for vulnerable inland areas*, Sustainability, Vol. 13, No. 5, 2021, 2748.

CERRETA M., POLI G., REGABULTO S., MAZZARELLA C., *A multi-dimensional decision-making process for regenerative landscapes: A new harbour for Naples (Italy)*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019, Springer International Publishing, 2019, pp. 156-170.

CERRETA M., CANNATELLA D., POLI G., SPOSITO S., *Climate change and transformability scenario evaluation for Venice (Italy) port-city through ANP method*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2015, Springer International Publishing, 2015, pp. 50-63.

CHECKLAND P., POULTER J., *Learning for action: A short definitive account of soft systems methodology, and its use for practitioners, teachers and students*, John Wiley and Sons, 2007.

CHEON S.H., CHUNG-YEE L., WANG Y., *Processing time ambiguity and port competitiveness*, Production and Operations Management, Vol. 26, No. 12, 2017, pp. 2187-2206.

CHOWDHURY M.M.H., HAQUE MUNIM Z., *Dry port location selection using a fuzzy AHP-BWM-PROMETHEE approach*, Maritime Economics and Logistics, 2022.

CORTICELLI R., PAZZINI M., MAZZOLI C., LANTIERI C., FERRANTE A., VIGNALI V., *Urban regeneration and soft mobility: The case study of the Rimini canal port in Italy*, Sustainability, Vol. 14, No. 21, 2022, 14529.

CURRIE W., GALLIERS B., *Rethinking management information systems: An interdisciplinary perspective*, Oxford University Press, 1999.

DALY, H.E., COBB J.B. JR, *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*, Green Print, 1990.

- DEAN M., *Participatory multi-criteria analysis methods: Comprehensive, inclusive, transparent and user-friendly? An application to the case of the London gateway port*, Research in Transportation Economics, Vol. 88, 2021, 100887.
- ELKINGTON J., *Accounting for the triple bottom line*, Measuring Business Excellence, Vol. 2, No. 3, 1998, pp. 18-22.
- EUROPEAN COMMISSION, *Ports 2030, Gateways for the Trans European Transport Network*. Communication from the Commission, COM (2013)295, Luxemburg, 2013.
- FRIEND J, HICKLING A., *Planning under pressure*, Routledge, 2012.
- GAGATSI E., GIANNOPOULOS G., AIFANTOPOULOU G., CHARALAMPOUS G., *Stakeholders-based multi-criteria policy analysis in maritime transport: From theory to practice*, Transportation Research Procedia, Vol. 22, 2017, pp. 655-664.
- GIMENEZ C., SIERRA V., RUDON J., *Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line*, International Journal of Production Economics, Vol. 140, No. 1, 2012, pp. 149-159.
- HARTWICK J.M., "Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources", in *The Economics of Sustainability*, Routledge, 2002.
- JARDAS M., SCHIOZZI D., *Application of multi-criteria analysis of determining sea port development models in the spatial concept of a town, based on the example of the town of Rovinj*, Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette, Vol. 27, No. 1, 2020.
- KOVAČIĆ M., *Selecting the location of a nautical tourism port by applying PROMETHEE and GAIA methods study – Croatian Northern Adriatic*, PROMET – Traffic and Transportation, Vol. 22, No. 5, 2012, pp. 341-351.
- LAMI I.M., TAVELLA E., *On the usefulness of soft OR models in decision making: A comparison of problem structuring methods supported and self-organized workshops*, European Journal of Operational Research, Vol. 275, No. 3, 2019, pp. 1020-1036.
- LAMI I.M., TODELLA E., *A multi-methodological combination of the strategic choice approach and the Analytic Network Process: from facts to values and vice versa*, European Journal of Operational Research, Vol. 307, No. 2, 2023, pp. 802-812.
- LAMI I.M., TODELLA E., *Facing urban uncertainty with the strategic choice approach: The introduction of disruptive events*, Rivista Di Estetica, No. 71, 2019, pp. 222-240.
- LIBARDO A., PAROLIN A., *Multicriteria analysis evaluating Venice port development*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 48, 2012, pp. 2545-2554.
- LOREN I V., TWRDY E., LEP M., *Cruise port performance evaluation in the context of port authority: An MCDA approach*, Sustainability, Vol. 14, No. 7, 2022, 4181.
- MARTINSUO M., ANTILA R., *Practices of strategic alignment in and between innovation project portfolios*, Project Leadership and Society, Vol. 3, 2022, 100066, pp. 1-9.
- MCINTOSH R.D., BECKER A., *Applying MCDA to weight indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports*, Environment Systems and Decisions, Vol. 40, No. 3, 2020, pp. 356-370.
- MINGERS J., ROSENHEAD J., *Problem structuring methods in action*, European Journal of Operational Research, Vol. 152, No. 3, 2004, pp. 530-554.
- MUNDA G., "Multicriteria evaluation in a fuzzy environment: The Naiade method", in *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*, Physica-Verlag HD, 1995, pp. 131-148.
- NGUYEN L.C., THAI V.V., NGUYEN D.M., TRAN M.D., *Evaluating the role of dry ports in the port-hinterland settings: Conceptual framework and the case of Vietnam*, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol. 37, No. 4, 2021, pp. 307-320.
- PEARCE D.W., ATKINSON, G.D., *Capital theory and the measurement of sustainable development: An indicator of 'weak' sustainability*, Ecological Economics, Vol. 8, No. 2, 1993, pp. 103-108.
- PERIĆ HADŽI A., *Evaluation of development partnership scenarios of the Croatian seaports using MAMCA analysis*, Pomorstvo, Vol. 36, No. 1, 2022, pp. 135-146.
- PESCE M., TERZI S., AL-JAWASREH R.I.M., BOMMARITO C., CALGARO L., FOGARIN S., RUSSO E., MARCOMINI A., LINKOV I., *Selecting sustainable alternatives for cruise ships in Venice using multi-criteria decision analysis*, Science of The Total Environment, Vol. 642, 2018, pp. 668-678.
- RAAD N.G., RAJENDRAN S., SALIMI S., *A novel three-stage fuzzy GIS-MCDA approach to the dry port site selection problem: A case study of Shahid Rajaei port in Iran*, Computers and Industrial Engineering, Vol. 168, 2022, 108112.
- SAATY T., *The Analytic Hierarchy Process (AHP) for decision making*, Kobe, Japan. 1980.
- SACCO S., CERRETA M., *A decision-making process for circular development of city-port ecosystem: The East Naples case study*, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2022 Workshops, Springer International Publishing, 2022, pp. 572-584.
- SANTOS A.G., MACHADO R., *Multiple-criteria analysis model to the location of dry ports in urban areas: A case study in Garuva city, Santa Catarina State, Urbe*. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Vol. 12, 2020.
- STEIN M., ACCIARO M., *Value creation through corporate sustainability in the port sector: A structured literature analysis*, Sustainability, Vol. 12, No. 14, 2020, 5504.
- VIDAL R.V.V., ROSENHEAD J. and MINGERS J. (eds.), *Rational analysis for a problematic world revisited, problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, Wiley, Chichester, 2001, European Journal of Operational Research, Vol. 161, No. 2, 2005, pp. 582-583.
- WHITE L., *Evaluating problem-structuring methods: Developing an approach to show the value and*

Valutare la sostenibilità delle trasformazioni città-porto: Analisi decisionale multi-criteriale (MCDA) per la selezione di un portafoglio di alternative

effectiveness of PSMs, Journal of the Operational Research Society, Vol. 57, No. 7, 2006, pp. 842-855.

WILSON M.C., WU J., *The problems of weak sustainability and associated indicators*, International Journal of Sustainable Development and World Ecology, Vol. 24, No. 1, 2016, pp. 44-51.

Riferimenti Internet

World Port Sustainability Program (WPSP), www.sustainableworldports.org.

Associazione Internazionale delle Città Portuali (AIVP), www.aivp.org.

Docks The Future, www.docksthefuture.eu/project/.

Conferenza delle Nazioni Unite sul commercio e lo sviluppo (UNCTAD), www.unctad.org.

PROGRAMMA DI SVILUPPO DELLE NAZIONI UNITE (UNDP), www.undp.org.