

# Lab rEst



CITTÀ METROPOLITANE, AREE INTERNE: la competitività territoriale nelle Regioni in ritardo di sviluppo

Rivista del Laboratorio di Estimo e Valutazioni economico-estimative

Dipartimento PAU - Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria





## Editorial

### Editoriale

**F. Calabrò, L. Della Spina** .....p.3  
*The Planning Act as a Result of an Economic Evaluation Process.*  
*The Rational Choice between Determinism and Hermeneutics*  
L'atto progettuale come esito di un processo di valutazione economica. La scelta razionale tra Determinismo ed Ermeneutica



## Heritage and Identity

### Patrimonio e Identità

**M. Cerreta, G. Daldanise** ..... p.5  
*A Culture-Led Strategy for Pisticci Regeneration*  
Una strategia culture-led per la rigenerazione di Pisticci

**L. Lopez, A. Pineiro Antelo, I. Gusman** ..... p.11  
*Online Sources and Heritage Management. The Case of the Portuguese Way of Saint James in Galicia (Spain)*  
Risorse online e gestione patrimoniale. Il caso del cammino portoghese di Santiago in Galizia (Spagna)



## Local Development: Urban Space, Rural Space, Inner Areas

**F. Solano, N. Colanna, M. Marani, M. Pollino** ..... p.21  
*GIS and Remote Sensing Techniques for the Assessment of Biomass Resources for Energy Uses in Rome Metropolitan Area*  
Analisi geospaziali per la valutazione della biomassa all'interno di un'area protetta nel contesto dell'area metropolitana di Roma

**F. Tajani, P. Morano, F. Di Liddo** ..... p.27  
*Roles and Risks of the Subjects Involved in Public-Private Partnerships: the Feasibility Analysis of an Enhancement Investment in the City of Rome (Italy)*  
Complementarietà dei ruoli dei soggetti coinvolti in procedure di partenariato pubblico privato per l'efficacia degli interventi e la diversificazione dei rischi di mercato: analisi di fattibilità di un progetto di valorizzazione nella città di Roma



## Urban Regeneration, PPP, Smart Cities

### Rigenerazione Urbana, PPP, Smart Cities

**K. Lykostratis, M. Giannopoulou** ..... p.34  
*Urban Configuration in the Local Definition of Land Values*  
Configurazione urbana nella definizione locale dei valori fondiari

**A. Nesticò** ..... p.41  
*The Economic analysis of the Project Risk. Criteria and Techniques*  
L'analisi economica del rischio di progetto. Criteri e tecniche

## Mobility, Accessibility, Infrastructures

### Mobilità, Accessibilità, Infrastrutture

**D. Lo Bosco, M. Giunta, F. Scopelliti** ..... p.49  
*Proposal of an Integrated Approach Sustainability - Resilience for Road Rehabilitation after an Extreme Event*

Metodologia di approccio integrato sostenibilità - resilienza nella riabilitazione delle infrastrutture di trasporto dopo eventi estremi

**D. Lo Bosco, G. Leonardi, R. Ferrara, V. La Fauci** ..... p.56  
*Evaluation of Global Comfort for Train Passengers*

Valutazione del comfort globale a bordo di un veicolo ferroviario

## Environment, Energy, Landscape

### Ambiente, Energia, Paesaggio

**G. Fresca, C. Toscano, F. Pulice, R. Barberi** ..... p.62  
*High Efficiency Solar Microcogeneration at Low Power Scale*  
Microcogenerazione solare ad alta efficienza e piccola scala energetica

**S. Giuffrida, F. Gagliano, M.R. Trovato** ..... p.68  
*Identifying Archaeological Districts. A topology of the Landscape Values*  
L'identificazione dei bacini archeologici e la topologia dei valori di paesaggio

## DIRETTORI SCIENTIFICI

Francesco Calabrò - Lucia Della Spina

## COMITATO SCIENTIFICO

Simonetta Valtieri - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Angela Barbanente - *Politecnico di Bari*

Nicola Boccella - *Università La Sapienza, Roma*

Nico Calavita - *San Diego State University, California (USA)*

Roberto Camagni - *Politecnico di Milano*

Vincenzo Del Giudice - *Università di Napoli Federico II*

Maurizio Di Stefano - *ICOMOS Italia*

Giuseppe Fera - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Fabiana Forte - *Seconda Università di Napoli*

Olivia Kyriakidou - *Athens University of Economics and Business*

Giovanni Leonardi - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Livia Madureira - *University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*

Domenico E. Massimo - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Mariangela Monaca - *Università di Messina*

Carlo Morabito - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Pierluigi Morano - *Politecnico di Bari*

Mariangela Musolino - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Grazia Napoli - *Università degli Studi di Palermo*

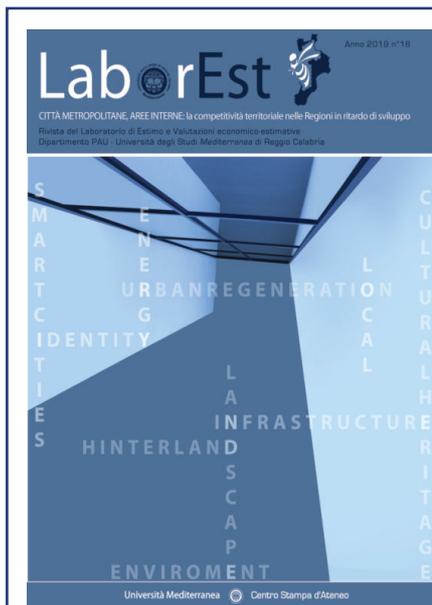
Antonio Nesticò - *Università degli Studi di Salerno*

Marco Poiana - *Università Mediterranea di Reggio Calabria*

Michelangelo Russo - *Università di Napoli Federico II*

Eleni Salavou - *Athens University of Economics and Business*

Luisa Sturiale - *Università di Catania*



**Rivista fondata da**  
**Edoardo Mollica**

**DIRETTORE RESPONSABILE**  
Simonetta Valtieri

## LaborEst

*CITTÀ METROPOLITANE, AREE INTERNE*  
N. 18/Giugno 2019

### COMITATO EDITORIALE

Stefano Aragona, Maria Cerreta,  
Marinella Giunta, Giuseppe Modica,  
Francesco Tajani, Maria Rosa Trovato

### STAFF EDITORIALE

Angela Vigliani (Coordinatrice),  
Giancarlo Bambace, Daniele Campolo,  
Giuseppina Cassalia, Carmen De Gaetano,  
Immacolata Lorè, Tiziana Meduri,  
Alessandro Rugolo, Raffaele Scrivo,  
Carmela Tramontana

**SEGRETERIA DI REDAZIONE E GRAFICA**  
Immacolata Lorè, Angela Vigliani

*Isr. Trib. di Reggio Cal. n. 12/05*  
ISSN 1973-7688  
ISSN online 2421-3187

*Versione elettronica disponibile sul sito:*  
<http://pkp.unirc.it/ojs/index.php/LaborEst>  
[www.laborest.unirc.it](http://www.laborest.unirc.it)  
Info: [laborest@unirc.it](mailto:laborest@unirc.it)

### SITO WEB

Angela Vigliani

### PROGETTO GRAFICO

Giuseppina Cassalia, Claudia Ventura

### COPERTINA

Grazia Baio

### LOGO DI COPERTINA

Alessandro Rugolo

### CENTRO STAMPA DI ATENEO

M. Spagnolo, G. Fotia, S. Pippia

### EDITORE

Università Mediterranea di Reggio Calabria  
Centro Stampa di Ateneo

### ABBONAMENTI

Annuale (2 fascicoli) € 30,00 + spese postali  
1 fascicolo € 16,00 + spese postali

*Gli articoli pubblicati dalla rivista LaborEst sono sottoposti a una doppia procedura di "blind peer review" da parte di studiosi di Università italiane e straniere.*

***The Planning Act as a Result of an Economic Evaluation Process.***

***The Rational Choice Between Determinism and Hermeneutics***

# L'ATTO PROGETTUALE COME PROCESSO DI VALUTAZIONE ECONOMICA. LA SCELTA RAZIONALE TRA DETERMINISMO ED ERMENEUTICA

*Francesco Calabrò, Lucia Della Spina*

*Responsabili scientifici LaborEst*

*francesco.calabro@unirc.it; lucia.dellaspina@unirc.it*

Tra le tante definizioni di Economia, particolarmente significativa appare quella di Robbins: "L'economia è la scienza che studia la condotta umana come una relazione tra scopi e mezzi scarsi applicabili a usi alternativi". D'altro canto, un progetto, così come un piano o un programma, può essere considerato un insieme di scelte di soluzioni ritenute idonee a soddisfare determinati bisogni, cioè a perseguire determinati scopi.

In altri termini, una scelta progettuale è frutto di una valutazione circa la capacità di una soluzione di rispondere al bisogno/problema per il quale è ipotizzata.

Tale valutazione prende in esame e mette in relazione, pertanto, due insiemi: quello dei bisogni e quello delle soluzioni possibili, al fine di costruirne un terzo, costituito dalle scelte progettuali.

Tra tutte le soluzioni alternative in grado di rispondere a un determinato bisogno con diversi gradi di soddisfazione (efficacia), il progettista seleziona quella che, confluendo nell'insieme delle scelte progettuali, consente di ottimizzare l'uso delle risorse, massimizzando così il benessere complessivo ottenibile con il budget a disposizione. Si tratta, in questo caso, di un problema di massimizzazione dell'efficienza partendo da livelli diversi di efficacia.

Il progetto, pertanto, in quanto strumento che mette in relazione scopi e mezzi scarsi per raggiungerli, costituisce implicitamente l'esito di un processo di valutazione economica.

Parafrasando il postulato estimativo della previsione, si potrebbe considerare la valutazione come un carattere immanente dell'atto progettuale.

E' evidente che esso non sia solo questo.

Soprattutto se si parla di progetto architettonico, nell'atto progettuale coesiste una componente di creatività che non può essere ricondotta all'ambito ontologico della razionalità.

Volendo provare a esplicitare, in maniera estremamente semplificata, la differenza tra progetto come esito valutativo e progetto come atto creativo, potremmo individuare nella gratuità la chiave di lettura che consente di operare il discrimine.

Un progetto, come detto pocanzi, nasce per rispondere a bisogni materiali, mentre la creazione artistica è invece un'espressione umana con finalità comunicative di quello che, con termine generico, potremmo definire "spirito"; la creazione artistica, cioè, è priva di scopi materiali.

Sotto il profilo teorico, per comprendere il processo mentale che consente di passare dalla conoscenza di un bisogno alla formulazione di un'ipotesi di soluzione, può essere utile comprendere preliminarmente il modo in cui veniamo a conoscenza della realtà, dei bisogni che intendiamo soddisfare. Stame individua tre diversi approcci teorici alla valutazione:

- l'approccio positivista-sperimentale, in cui l'elemento di confronto è rappresentato dagli obiettivi del programma (*goal oriented*); la valutazione consiste nel verificare se e come essi siano stati raggiunti;
- l'approccio pragmatista - della qualità, nel quale il confronto avviene con standards di qualità; la valutazione consiste nel verificare quanto ci si avvicini a quegli standards;
- l'approccio costruttivista - del processo sociale, in

cui ci si confronta con ciò che viene considerato un successo dagli stakeholders; la valutazione consiste nello spiegare perché in quella specifica situazione quel risultato sia considerato un successo.

Patassini, riferendosi alle scuole filosofiche cui fanno riferimento, riconduce invece a due gli approcci valutativi:

- *Evidence based - EV*, di stampo positivista, razionale, che utilizza modelli di tipo deterministico;
- *Practice oriented - PV*, nel quale il valutatore è interprete del processo.

Se il progetto è un'ipotesi di trasformazione della realtà, e la valutazione è il processo logico che porta il progettista/programmatore/ pianificatore a individuare la soluzione progettuale, passando per l'analisi dei bisogni (scopi) e le alternative disponibili (mezzi), il problema è il modo in cui si conosce la realtà, le sue regole di mutamento, il senso e il significato di ciò che accade nella realtà.

I tre approcci valutativi individuati da Stame fanno riferimento a tre grandi scuole filosofiche:

- il Neo-Positivismo, che attribuisce un ruolo privilegiato alle scienze sperimentali nel processo di acquisizione della conoscenza e al Determinismo la capacità esplicativa dei rapporti causa-effetto; il Positivismo e il Determinismo ritengono che si possano applicare le leggi naturali e le scienze esatte anche alla conoscenza delle dinamiche sociali;
- il Pragmatismo, che pone l'uomo e la sua esperienza al centro della propria metodologia conoscitiva, che si apre, pertanto, anche all'influsso della psicologia. Esso rivolge una critica radicale al pensiero cartesiano. Non ha senso il dubbio assoluto, ogni dubbio deve scaturire da un problema concreto e determinato, né ha senso ricercare il significato astratto delle idee, ma invece il loro significato scaturisce dalle conseguenze che esse producono;
- i movimenti che si richiamano alla Fenomenologia (Costruttivismo ed Ermeneutica, innanzi tutto); Il Costruttivismo e l'Ermeneutica affidano il processo conoscitivo all'interpretazione soggettiva, basata sul dialogo sociale.

Il Costruttivismo (cui si rifanno intellettuali come Wittgenstein, Cacciari, Vattimo, Calvino, Escher ecc.) considera la rappresentazione della realtà come il risultato dell'attività costruttrice delle nostre strutture cognitive, assumendo spesso una prospettiva relativistica e soggettivistica.

Anche per i costruttivisti più vicini al Razionalismo, che pur affermano l'esistenza di una realtà oggettiva, quello che conta è solo la realtà percepita dai soggetti.

Dalla stessa radice del Costruttivismo nasce l'Ermeneutica, che è, come noto, una filosofia generale dell'esistenza fondata sulla prassi, sull'interpretazione della realtà attraverso l'attribuzione di significati; essa è anche la scienza dell'interpretazione dei testi, è uno sforzo di comprensione che, andando al di là del testo stesso, ricostruisce la *mens auctoris*. Dilthey, in particolare, attraverso l'Ermeneutica, punta a fondare la legittimità e l'autonomia delle scienze dello spirito rispetto alle scienze della natura cui si appella il positivismo.

Tanto per il Costruttivismo quanto per l'Ermeneutica, la conoscenza è una forma di comprensione del significato: la differenza è che il Costruttivismo lo ricerca in ciò che accade intenzionalmente, mentre l'Ermeneutica lo ricerca anche negli eventi non intenzionali.

Per lungo tempo, nel campo della valutazione economica di piani, programmi e progetti di uso del territorio si è operato un discrimine di fondo tra metodi monetari e non monetari: entrambe le famiglie, però, facevano sostanzialmente riferimento a un approccio di tipo deterministico alla scelta razionale.

In realtà, il tentativo di utilizzare le scienze esatte nel campo degli studi sociali presenta indubbi vantaggi, soprattutto in termini di percezione dall'esterno, in particolare da parte di decisori pubblici e dei non addetti ai lavori, dell'affidabilità dei risultati della valutazione in quanto risultati oggettivi, privi di influenze soggettive. Basti pensare all'enorme credito di cui gode ancora oggi l'Analisi Costi Benefici, malgrado i suoi evidenti limiti.

L'esperienza, però, mette in evidenza che esistono aspetti delle dinamiche sociali che il Determinismo non è in grado di cogliere. La prospettiva di ricerca che oggi appare più interessante, quindi, alla luce delle considerazioni svolte finora, appare quella che punta a integrare l'approccio deterministico con quello ermeneutico, al fine di completare il quadro conoscitivo e comprendere appieno la realtà e le dinamiche che la determinano.

Solo così sarà possibile, attraverso le scelte progettuali, formulare risposte effettivamente in grado di rispondere ai bisogni dei cittadini.



## A Culture-Led Strategy for Pisticci Regeneration

# UNA STRATEGIA CULTURE-LED PER LA RIGENERAZIONE DI PISTICCI\*

Maria Cerreta<sup>a</sup>, Gaia Daldanise<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento DiARC, Università degli Studi di Napoli Federico II, via Toledo 402, 80134 - Napoli, Italia

<sup>b</sup>Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS), CNR, via Guglielmo San Felice 8, 80134 - Napoli, Italia  
maria.cerreta@unina.it; g.daldanise@iriss.cnr.it

### Abstract

At European, national, regional and local level, several strategies are related to culture-led regeneration: creative reuse of common goods, new cultural districts, place branding for cultural heritage. In this scenario, the research aims at responding to a yet open question in culture-led regeneration policies: how a cultural and creative process for an iconic cultural heritage could implement inclusive strategies of urban regeneration through evaluation processes? The paper explains the “Community Branding (Co-Bra)” approach able to combine cultural values, creativity, management models and multi-criteria/multi-group evaluation methods for a culture-led regeneration strategy. Within the framework of Matera ECoC 2019, the Co-Bra method was tailor-made on Pisticci (MT) case study, experimenting a creative community for urban regeneration, starting from the historic centre valorisation: so-called “PLUS hub” - Pisticci Sustainable Urban Lab. The key results of this action-research path are achieved especially in combining economic, social and cultural resources to ensure the sustainable and competitive advantage for local development.

**KEY WORDS:** *Community branding, Culture-led regeneration, Community Impact Evaluation, Cultural and Creative Enterprises.*

## 1. Introduzione

Negli ultimi decenni, all'interno del dibattito interdisciplinare sulla rigenerazione urbana, il filone culture-led [1] sta diventando cruciale nelle pratiche di sviluppo sostenibile e partecipato.

All'interno della pianificazione strategica, la cultura diventa un motore di sviluppo locale nel coniugare l'equità sociale con la crescita economica, superando le criticità e scoprendo nuove opportunità di attrattività economica e sociale. In quest'ottica, i piani e i progetti guidati dalla cultura [2] si arricchiscono di un punto di vista interdisciplinare, promuovendo metodologie e strumenti creativi in grado di individuare e promuovere i valori delle comunità urbane in una prospettiva sistemica di rete.

Le competenze creative all'interno dei processi decisionali generano innovazione, trasformazioni del patrimonio costruito, promuovono forme innovative di produttività culturale, e diventano occasione per condividere valori e progetti all'interno di nuove comunità in una prospettiva multi-livello e multi-attoriale.

In particolare, le politiche, le strategie e le pratiche culturali [3] mostrano il ruolo chiave delle relazioni e delle interazioni tra città, patrimonio culturale e comunità per la diffusione dei processi di sviluppo sostenibile attraverso una visione a lungo termine con un miglioramento continuo nel breve/medio periodo [4].

All'interno di questo scenario, il settore emergente delle imprese culturali e creative ha un particolare potenziale di sviluppo, in quanto genera occupazione ed incremento del benessere economico: come si evince dal rapporto Symbola, il 6% del PIL italiano nel 2017 è costituito da questo settore [5]. Numerose stanno diventando anche le fonti di finanziamento alternative ai modelli tradizionali, come dimostrano il programma “Europa Creativa” e gli incentivi “Cultura Crea” [6, 7]. Allo stesso tempo, nell'ambito degli approcci integrati di sviluppo e trasformazione per una rigenerazione urbana *culture-led*, gli approcci valutativi multi-gruppo orientati alla valorizzazione integrata del patrimonio culturale [8, 9] si concentrano sulla combinazione di componenti economiche, sociali, ambientali e culturali, secondo una prospettiva multi-stakeholder,

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei due autori. Tuttavia i prg 1 e 2 sono di Maria Cerreta, i prg 4 e 5 di Gaia Daldanise. La metodologia del prg 3 è condivisa dagli autori.

con l'obiettivo di costruire nuove comunità creative e di supportarle nei processi decisionali.

In questa prospettiva, la domanda di ricerca si concentra su una questione ancora aperta riguardante le politiche e le strategie per il patrimonio culturale e la rigenerazione urbana: come un processo culturale e creativo, attivato per uno specifico patrimonio, può implementare strategie inclusive di rigenerazione urbana supportate da processi di valutazione?

Il focus della ricerca è orientato a dimostrare come un processo di co-valutazione creativa e co-design del patrimonio culturale, espressione di valori iconici ed identitari, sia in grado di rigenerare nuove opportunità di sviluppo locale. L'articolo cerca di rispondere alla suddetta domanda di ricerca attraverso la seguente struttura: la prima parte (Sez. 2) definisce gli obiettivi del percorso di ricerca, la seconda (Sez. 3) delinea l'approccio metodologico, il cosiddetto *Community Branding* (Co-Bra), un processo creativo di co-valutazione e co-produzione applicato al centro storico di Pisticci (MT), la terza (Sez. 4) presenta il caso studio di PLUS (Pisticci Laboratorio Urbano Sostenibile), quale hub culturale e creativo di comunità (PLUS hub), l'ultima (Sez. 5) mostra i risultati raggiunti dall'implementazione dell'intero processo.

### 2. Obiettivi

Nell'attuale scenario, si evidenzia come investire nella conoscenza e nella valutazione multi-stakeholder rappresenti una strategia di sviluppo e di crescita di impatto culturale, sociale, politico ed economico. Il processo valutativo, inteso come processo di apprendimento e negoziazione [10], sia all'interno di ogni sua fase che nel suo complesso, mira a produrre un cambiamento (individuale e/o collettivo) di un gruppo o una organizzazione.

Di conseguenza, finalità ed obiettivi del processo non possono prescindere dal cambiamento che s'intende perseguire, sia a livello organizzativo e nel contesto specifico. Il processo diventa così un modo di interpretare in chiave sistemica i valori complessi del territorio, aggregando, integrando competenze e reti di saperi dove si coniugano in modo sinergico dimensioni cognitive, percettive ed emozionali. In tal senso, un processo culturale e creativo che voglia sensibilizzare la comunità e abilitarla a strategie sistemiche di tutela e valorizzazione del patrimonio culturale mira a riattivare in maniera creativa e integrata il *genius loci*, ricostruendo legami con esso, utilizzando metodi di conservazione integrata del patrimonio e attivando azioni innovative di valutazione e gestione culturale. Nelle recenti pratiche e politiche urbane *place-based* [11] e *community-based* [12], sta assumendo un ruolo chiave il processo di pianificazione strategica del *place-branding* [13], che pone al centro la percezione e le esperienze che abitanti, studenti, turisti e investitori vi-

vono rispetto ai luoghi. In tal senso esso si connota quale processo di valorizzazione di risorse endogene ed esogene verso la scoperta e realizzazione di idee e azioni per (ri)costruire i caratteri culturali distintivi e il senso di un luogo [14]. In tale prospettiva, la ricerca in oggetto presenta un processo strategico strutturato per una comunità specifica di riferimento (*community-based*) perseguendo i seguenti obiettivi:

- sviluppare azioni di comunità per la valorizzazione identitaria del patrimonio culturale;
- rendere la comunità consapevole e in grado di auto-organizzarsi;
- costruire una rete di saperi e soggetti per mettere a valore le risorse locali;
- favorire una gestione culturale efficiente delle risorse umane e territoriali;
- co-creare attività culturali ed economiche partecipate;
- individuare azioni di tutela attiva del patrimonio culturale;
- programmare occasioni di confronto locale e internazionale.

### 3. Metodologia

Il processo di ricerca e azione proposto, definito *Community Branding* (Co-Bra) [15] e sperimentato nel Comune di Pisticci, in Basilicata, a partire dal processo di *Build up* per Matera ECoC 2019, integra fasi, approcci, strumenti e risultati scientifici con azioni, esperienze e risultati che comunità, enti di ricerca e istituzioni, lavorando insieme sul campo, hanno prodotto sul territorio.

In collaborazione con alcuni referenti locali, è stata strutturata la proposta dell'approccio *Co-Bra*, finalizzata ad innescare il processo di rigenerazione urbana a partire dalla valorizzazione del centro storico pisticcese (il Rione Dirupo). Il processo è stato interpretato quale "metodo attivo" orientato ad analizzare criticità e opportunità nella loro complessità e prevedendo il coinvolgimento diretto dei partecipanti mediante la sperimentazione, la discussione all'interno di laboratori esperienziali, di cui gli attuali membri di "PLUS hub" (Pisticci Laboratorio Urbano Sostenibile) sono stati i facilitatori.

Il principale fabbisogno riscontrato nella comunità creativa di PLUS riguardava il potenziamento di capacità auto-organizzative per la messa a sistema e a valore delle risorse e delle relazioni tra identità locale tradizionale e innovativa, all'interno di una rete di saperi e soggetti.

Nell'ambito degli approcci propri della *Deliberative Multi-Criteria Evaluation* (DMCE) [16], *Co-Bra* utilizza connessioni fisiche e digitali per far emergere le percezioni locali,

combinando all'interno delle 12 fasi della tradizionale *Community Impact Evaluation* [17]: il place branding per la governance dell'offerta culturale locale; il place marketing per la gestione della domanda culturale locale; il *Community Planning*, per identificare un sistema di servizi integrati legati alla produzione creativa locale [18]. Si tratta di un processo ibrido [19], che utilizza strumenti creativi esperienziali di azione sul territorio insieme a strumenti tecnici di valutazione per ottenere risultati in termini di apprendimento, *capacity building* e valutazione degli impatti locali. Metodi multi-criterio, come il *PROMETHÉE* [20], insieme ad approcci gestionali, come il *Business Model Canvas*, strumenti di narrazione, come lo *storytelling walkabout*, modalità di co-design, come il *World Café*, e l'analisi finanziaria di "PLUS" come hub culturale creativo [21], hanno permesso di individuare le alternative di intervento preferibili.

Partendo dalle analisi desk sul territorio comunale e dalle analisi effettuate durante le iniziative *Build Up* per le comunità creative di Matera 2019, la proposta di *Community Branding* è stata strutturata al fine di supportare una reale rigenerazione del territorio e provare a supportare l'attivazione di una rete di realtà culturali e creative lucane attraverso una serie di fasi (vedi Fig.1).

Nella fase 1 del processo *Co-Bra*, la raccolta di dati da database nazionali e locali (ISTAT, Comune di Pisticci) ha permesso di identificare le priorità territoriali attraverso il metodo dello studio di caso [22] definendo la visione, la missione e gli obiettivi del processo.

Grazie all'ascolto delle storie di comunità e alla definizione delle vocazioni territoriali emerse dal *Walkabout* [23] all'interno della fase 2, è stato strutturato un modulo di indagine per stabilire una conoscenza approfondita delle percezioni della comunità sulle tradizioni locali e sulle iniziative innovative. Il modulo di rilevazione, realizzato con l'ausilio del software SurveyMonkey [24] e attraverso il metodo Delphi [25], [26], è stato utile per raccogliere punti di vista comuni e divergenti dei diversi gruppi di attori sociali, economici e culturali. Le elaborazioni dei questionari, realizzate avvalendosi di una scala Likert, riguardano 110 soggetti classificati per tipologia di attività lavorativa e per frazioni territoriali di appartenenza. Successivamente, all'interno della fase 3, lo strumento dei tavoli di co-design ha consentito la costruzione di tre gruppi di discussione sui temi della governance, delle attività e della sostenibilità economica di PLUS hub.

I due approcci utilizzati all'interno dei tavoli di lavoro (il metodo *World Café* e la *Value Proposition del Business Model Canvas*) mirano a definire i servizi territoriali a partire dai bisogni della comunità locale.



Fig. 1 - Steps Co-Bra  
(Fonte: Daldanise e Cerreta, 2018)

Partendo dalle vocazioni alternative "community-based" e durante le esperienze sul territorio fatte con la collaborazione di tutti i partecipanti al processo di co-creazione (co-valutazione e co-design), sono state individuate le azioni progettuali basate su quattro variabili "esperienziali": (1) recupero di beni materiali e immateriali; (2) piattaforme digitali; (3) servizi per cittadini residenti e temporanei; (4) "patto urbano". Dopo aver stabilito le azioni progettuali, i macro-criteri (hardware, software, orgware, virtual ware) corrispondenti alle categorie di investimento per il place-branding e i criteri E, S, C (economico, sociale e culturale), sono stati definiti gli obiettivi settoriali per la valutazione degli impatti per settori della comunità. Gli impatti diretti e indiretti (D, I) sui vari settori della comunità sono stati classificati per variabili esperienziali. Partendo dalle tipologie di impatto, è stata strutturata la matrice per la valutazione delle vocazioni alternative attraverso indicatori economici, sociali e culturali, elaborati a partire da due framework principali: il quadro europeo sulla cultura e la democrazia [27], gli indicatori AUDIS di riqualificazione urbana [28].

È stata applicata una scala di valutazione qualitativa (9 punti), attraverso la procedura di aggregazione *PROMETHÉE* (*Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations*): un metodo multicriterio in cui viene applicata alla base della valutazione una procedura di outranking per calcolare i gradi di preferenza degli stakeholder rispetto ad un determinato scenario [20].

Dai risultati emersi dal processo di valutazione multicriterio, da cui si evince che la Vocazione 4 PLUS densità artigianale e creativa costituisce lo scenario preferibile, e attraverso un'analisi finanziaria per l'implementazione del brand PLUS nella Vocazione 4, è stato definito un quadro di costi/opportunità dell'implementazione di PLUS hub. In questo modo è stato possibile esplicitare i benefici economici e sociali di una governance multilivello collaborativa, in grado di implementare un processo di rigenerazione urbana. L'analisi finanziaria è stata strutturata

con una classificazione dei costi e dei ricavi dell'hub culturale e creativo per sei categorie tematiche: autofinanziamento; raccolta fondi; piattaforma collaborativa; biglietteria; fornitura di servizi; investimenti privati.

### 4. Caso di studio

La rigenerazione guidata dalla cultura può essere considerata un modello attuale e innovativo, in grado di interpretare le relazioni tra i processi di rigenerazione e la produzione di capitale sociale e umano, di riconoscere nella cultura la capacità di influenzare specifiche azioni progettuali e di identificare e valutare gli impatti dei processi attivati, con particolare riferimento alla dimensione umana e sociale [29].

La sinergia tra cultura e rigenerazione urbana risulta efficace se è in grado di fornire un quadro comune che riunisce le diverse problematiche (economiche, sociali e ambientali), e in cui la cultura diventa uno strumento abilitante e auto-poietico, capace di essere un collegamento tra le diverse componenti della vita urbana, le strategie chiave di problem-solving, e le comunità locali direttamente coinvolte nell'identificazione e attuazione del cambiamento, in un processo cooperativo di ri-tessitura sociale e urbana, a partire dal patrimonio culturale.

In tale ottica, le piccole realtà hanno un grande potenziale di network territoriale e di rigenerazione culturale, sia per la minore complessità sociale che per la capacità di sviluppare relazioni di prossimità.

In tale prospettiva, Pisticci, espressione di una rete di micro-comunità creative, con le sue peculiarità naturalistiche e la sua matrice di cultura contadina e artigiana, può essere il contesto abilitante per sviluppare questi processi. Pisticci è il terzo comune lucano con circa 17.900 abitanti, il territorio si estende per circa 231 kmq tra i fiumi Basento e Cavone, che separano Pisticci dai comuni di Bernalda e Montalbano Jonico, e si affaccia sul Mar Ionio. La città è situata in posizione centrale, vicino a Matera (47 km) e Potenza (92 km) e confina con i comuni di Craco, Ferrandina, Pomarico e Scanzano Jonico. Si divide in diversi quartieri, tra i quali il più popoloso è Marconia, mentre il centro (centro storico di Pisticci) è caratterizzato da 16 quartieri. Il centro storico (il cosiddetto "Rione Dirupo") è inserito nel catalogo del Patrimonio Ambientale tra le 100 meraviglie mondiali della piccola grande Italia ("Pisticci: Rione Dirupo, una tra le 100 meraviglie d'Italia", 2011).

Inoltre, la ricchezza di risorse legate al patrimonio fisico-culturale di Pisticci e alla biodiversità del paesaggio circostante (i cosiddetti "Calanchi") emerge da alcuni progetti di ricerca e studi condotti in collaborazione tra l'Università e il Comune [30]. Allo stesso tempo, la varietà delle risorse culturali e umane deriva dalle storie dei cittadini sulle tradizioni locali e dalla sensibilità di ini-

ziative spontanee (come gli "Imbianchini di bellezza", il progetto di turismo di comunità "P-stories", il festival cinematografico internazionale "Lucania Film Festival", l'esperimento teatrale "Teatro lab").

PLUS hub, Pisticci Laboratorio Urbano Sostenibile, nasce nel 2017 a partire dall'esperienza degli "Imbianchini di bellezza", un gruppo di volontari che promuove i principi di inclusione sociale, economica e sostenibilità ambientale attraverso il recupero dei vecchi spazi abbandonati nel Rione Dirupo (vedi Fig. 2).



Fig. 2 - Veduta del centro storico di Pisticci  
(Fonte: PLUS hub a.p.s.)

Promotore di "PLUS hub" è l'associazione PLUS, capofila dell'accordo di partenariato con cui è nato "PLUS hub". Partner del progetto sono il Comune di Pisticci, il DiARC dell'Università Federico II di Napoli, il CNR-IRISS di Napoli, la Cattedra UNESCO di Matera dell'Università della Basilicata. Obiettivo dell'accordo è costruire un programma di ricerca e azione sul territorio al fine di aprire le sperimentazioni culturali, spaziali e sociali a diversi soggetti interni ed esterni alla città.

PLUS diventa una comunità creativa che mira a fornire strumenti operativi per riconvertire l'economia locale in declino, dopo il fallimento dell'industria chimica della Val Basento, e rigenerare l'intero territorio.

### 5. Risultati / Conclusioni

Il processo *Co-Bra* è orientato ad incrementare l'attrattività del territorio e ad implementare la produzione culturale e creativa locale per uno sviluppo sostenibile attento alle specificità delle risorse locali (culturali, ambientali, sociali ed economiche).

Il primo risultato scientifico, raggiunto grazie a questo processo, riguarda l'elaborazione dell'approccio metodologico della proposta sperimentale che coniuga, da un lato, gli aspetti gestionali e organizzativi per la messa in rete delle competenze e, dall'altro, la valutazione/ pianificazione degli impatti culturali, sociali ed economici per la comunità interessata.

All'interno della fase 2, attraverso l'analisi del grado di soddisfazione/preferenza ("stakeholder satisfaction") delle iniziative e delle tradizioni locali, i risultati chiave consistono nella categorizzazione delle:

- preferenze distinte per le frazioni di Pisticci;
- preferenze individuate per la tipologia di stakeholder.

Per quanto riguarda la fase 3 di co-design e co-valutazione di PLUS hub sono stati raggiunti i seguenti risultati:

- co-costruzione e attivazione di PLUS hub (Pisticci Sustainable Urban Laboratory);
- elaborazione delle matrici di bisogni/azioni per PLUS hub suddivise per modello di governance, attività culturali, e sostenibilità economica;
- elaborazione di matrici degli impatti economici, sociali e culturali e degli impatti sui settori della comunità;
- elaborazione della matrice degli indicatori sociali, culturali ed economici di rigenerazione urbana;
- valutazione delle vocazioni alternative attraverso il metodo multicriterio PROMETHEE.

Nella successiva fase (step 4), l'evidenza empirica dei risultati ha permesso di definire possibili coalizioni e conflitti, identificando:

- le matrici dei costi/ricavi di PLUS hub (analisi finanziaria);
- le mappe degli stakeholder con l'individuazione delle coalizioni e dei conflitti;
- le mappe degli stakeholder per la definizione di un patto urbano che definisce la percentuale di costi e la percentuale di ricavi/anno per partner.

In una logica di ricerca-azione sul territorio, oltre ai risultati scientifici, sono stati individuati dei risultati concreti sul territorio, quali: l'accordo di partenariato tra l'associazione PLUS, il Comune e gli enti di ricerca; la concessione gratuita, da parte del Comune, all'associazione PLUS di sei edifici pubblici del centro storico (le cosiddette "lammie"); la partecipazione e la vittoria a bandi nazionali (PON FSE "per la scuola, competenze e ambienti per l'apprendimento" 2014-2020, Programma "Magna Grecia" del MIBACT, "Matera 2019 - Capitale per un giorno", "Residenze Matera 2019"); la partecipazione al workshop di co-progettazione "Val Basento-Matera" all'interno del progetto dello studio Cucinella per il padiglione "Arcipelago Italia" (Biennale di Venezia 2018); l'approvazione della variante urbanistica al Piano Regolatore Generale vigente per consentire il riuso degli immobili nel centro storico, nel Rione Dirupo, e la loro variazione di destinazione d'uso. Dalle attività di ricerca e azione realizzate si evidenzia l'esigenza di elaborare strategie di rigenerazione urbana aperte e flessibili, che coniughino valorizzazione economica e culturale per garantire uno sviluppo e un vantaggio competitivo sostenibile dei territori [31].

In tale prospettiva, il processo culturale e creativo [32] che sottende l'approccio *Co-Bra*, con le differenti fasi e i relativi strumenti di valutazione e azione, diventa un modello riproducibile anche in altre realtà, in cui gli strumenti e le azioni siano attenti alle specificità delle comunità di riferimento, con un monitoraggio continuo nelle sue diverse fasi.

## Bibliografia

- [1] Miles S., Paddison R., *Introduction: The rise and rise of culture-led urban regeneration*. In: *Urban Studies*, vol. 42, n. 5 - 6, pp. 833 - 839, 2005
- [2] Sacco P., Ferilli G., Blessi G.T., *Understanding culture-led local development: A critique of alternative theoretical explanations*. In: *Urban Studies*, vol. 51, n. 13, pp. 2806 - 2821, 2014
- [3] KEA European Affairs, *Culture for Cities and Regions*, 2017
- [4] Fusco Girard L., Nijkamp P., *Energia, bellezza, partecipazione: la sfida della sostenibilità: valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*. Vol. 112, Franco Angeli, Milano, 2004
- [5] Unioncamere-Fondazione Symbola, *Io sono Cultura. L'Italia della qualità e della bellezza sfida la crisi*, 2017
- [6] European Commission, *Creative Europe*, 2019. Informazioni su: <https://ec.europa.eu/programmes/creative-europe/>
- [7] Invitalia, *Cultura Crea*, 2019. Informazioni su: <https://www.invitalia.it/cosa-facciamo/creiamo-nuove-aziende/cultura-a-crea>
- [8] Fusco Girard L., Cerreta M., *Il patrimonio culturale: strategie di conservazione integrata e valutazioni*. In: *Economia della Cultura*, n. 2, pp. 175 - 186, 2001
- [9] Macharis C., Bernardini A., *Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach*. In: *Transport policy*, vol. 37, pp. 177 - 186, 2015
- [10] Fusco Girard L., Nijkamp P., *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*. Vol. 74. FrancoAngeli, 1997
- [11] Barca F., *An agenda for a reformed cohesion policy. A place-based approach to meeting European Union challenges and expectations*, 2009
- [12] Reed M. G., *Power relations and community-based tourism planning*. In: *Annals of Tourism Research*, vol. 24, n. 3, pp. 566-591, 1997
- [13] Dinnie K., *City branding: Theory and cases*. Palgrave macmillan, New York, 2011
- [14] Govers R., Go F., *Place branding-glocal, physical and virtual identities constructed, imagined or experienced*. Palgrave Macmillan, New York, 2009.
- [15] Cerreta M., Daldanise G., *Community branding as a collaborative decision making process*. In: *The 17th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2017)*, Trieste, 2017
- [16] Proctor W., Drechsler M., *Deliberative multicriteria evaluation*. In: *Environment and Planning C: Government and Policy*. Vol. 24, n. 2, pp. 169 - 190, 2006
- [17] Lichfield N., *Community Impact Evaluation*. University College Press, London, 1996
- [18] Unioncamere-Fondazione Symbola, *Io sono Cultura. L'Italia della qualità e della bellezza sfida la crisi*, 2018
- [19] Venturi P., Zandonai F., *Imprese ibride: Modelli d'innovazione sociale per rigenerare valori*. EGEA spa, Milano, 2016
- [20] Brans J.P., Mareschal B., *The PROMETHEE methods for MCDM; the PROMCALC, GAIA and BANKADVISER software*. In: *Readings in mul-*

tiple criteria decision aid, Springer, pp. 216 - 252, 1990

[21] Bertacchini E.E., Pazzola G., *Torino creativa. I centri indipendenti culturali sul territorio torinese*. Edizioni GAI, Torino, 2015

[22] Yin R. K., *Case study research: Design and methods*. In: 5th ed. Londra, Sage, 2013

[23] Urban experiences, Walkabout I Luoghi di Zonzo. Primo episodio a Pisticci, 2016. Informazioni su: <https://www.urbanexperience.it/eventi/walkabout-luoghi-zonzo-primo-episodio-pisticci/>

[24] Baker B., *Destination branding for small cities: The essentials for successful place branding*. Creative Leap Books, Portland, 2007

[25] Bolognini M., *Democrazia elettronica: metodo Delphi e politiche pubbliche*. Carocci, Roma, 2001

[26] Pacinelli A., *Metodi per la ricerca sociale partecipata*. Vol. 4, FrancoAngeli, Milano, 2008

[27] Consiglio d'Europa, Convenzione Faro, 2011

[28] AUDIS, Linee guida per la rigenerazione urbana, 2014

[29] Billi A., Tricarico L., *Regional Development Policies in Italy: How to Combine Cultural Approaches with Social Innovation*. In: New Metropolitan Perspectives (ISHT 2018). Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 101. Reggio Calabria, pp. 277 - 287, 2018

[30] Cerreta M., Inglese P., Manzi M. L., *A multi-methodological decision-making process for cultural landscapes evaluation: the Green Lucania project*. In: Social and Behavioral Sciences, n. 216, pp. 578 - 590, 2016

[31] Vorhies D.W., Morgan N.A., *Benchmarking marketing capabilities for sustainable competitive advantage*. In: Journal of Marketing, vol. 69, n. 1, pp. 80 - 94, 2005

[32] Skoglund W., Laven D., *Cultura, Creatività e Agenda di sostenibilità: l'esperienza di Östersund nella rete delle città creative dell'UNESCO*. In: LaborEst, n. 17, pp. 10 - 14, 2018



**Online Sources and Heritage Management.****The Case of the Portuguese Way of Saint James in Galicia**

# RISORSE ONLINE E GESTIONE PATRIMONIALE. IL CASO DEL CAMMINO PORTOGHESE\*

*Lucrezia Lopez, María de los Ángeles Piñero Antelo, Inês Gusman*

*University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spagna*

*lucrezia.lopez@usc.es; manxeles.pineiro@usc.es; ines.gusman@gmail.com*

**Abstract**

Information and Communications Technologies (ICTs) are important vehicles for disseminating cultural values. On one hand, they are effective ways of increasing the inhabitants' awareness of past and identity dimensions of their place and so contribute to preserve heritage. On the other hand, they attract new visitors and enhance their knowledge about heritage. Consequently, in recent years, the use of ICTs to make the information about heritage more accessible is widely used by public administration. Recognising the enabling role of the ICTs for heritage promotion and as a driver for cultural sustainability, this study aims to investigate the use of online sources in two stages of the Portuguese Coastal Way of St. James, Baiona and Combarro (Pontevedra, Galicia, Spain). To develop this case study a qualitative content analysis methodology was applied. The sources researched fall into three categories: mobile applications (APPs), websites and social media. Results show that substantial investment is required, in terms of both effort and resources, to bring about ITC-based territorial promotion.

**KEY WORDS:** *Online Sources, Heritage Management, Cultural Sustainability, Portuguese Coastal Way of St. James, Galicia.*

**1. Introduzione**

Una delle tendenze della società contemporanea è l'esplosione d'interesse nell'utilizzo del Web per creare, mettere insieme e distribuire le informazioni sia in modo istituzionale, sia su base volontaria, coinvolgendo in tal modo gli stakeholders (*parti interessate*) che erano di solito esclusi dalla possibilità di produrre informazione [1, 2]. L'Informazione Geografica Volontaria (*orig. Volunteered Geographical Information*) (VGI) è un'importante fonte di geo-informazione, soprattutto quando mancano le notizie ufficiali. La VGI ha anche un grande potenziale per essere utilizzata e incorporata nei siti web, nelle applicazioni su cellulari e in altri strumenti tecnologici prodotti da organizzazioni e istituzioni, poiché può esserci un riscontro sulle notizie ufficiali sotto forma di contenuti prodotti dagli utenti [3].

Di conseguenza, le ICT (Information and Communication Technologies) stanno diventando un'utile modalità per studiare, gestire e preservare i beni culturali.

Con tali considerazioni iniziali, gli obiettivi generali di questa ricerca sono:

- 1) Migliorare la conoscenza delle dinamiche, dei benefici e dei valori economici e sociali del patrimonio storico, come fattore d'innovazione attrattivo verso un territorio;
- 2) Fornire conoscenza riguardo le potenzialità e l'utilizzo delle ICT per la gestione del patrimonio culturale;
- 3) Fornire ai decisori politici modalità praticabili per utilizzare la gestione del patrimonio culturale come linea guida per la gestione locale sostenibile.

Di particolare interesse è lo studio dei social media collegati al Cammino di Santiago e ai suoi pellegrini [4]: emozioni ed esperienze condivise in questi spazi rendono possibile parlare di una nuova modalità di pellegrinaggio, il "pellegrinaggio 2.0" [5].

Inoltre, questa ricerca vuole essere uno studio diagnostico dell'uso delle ICT nella promozione del patrimonio

\* Il presente lavoro si realizza nell'ambito del progetto di ricerca O358\_GEOAPARD\_1\_E Patrimonio cultural da Eurorrexión Galicia-Norte de Portugal: valoración e innovación (Patrimonio Cultural dell'Euroregione Galizia-Nord del Portogallo: valorizzazione ed innovazione), finanziato dall'Unione Europea attraverso il primo programma EP - INTERREG VA España-Portugal (POCTEP).

culturale marittimo. Pertanto, gli obiettivi specifici della stessa sono:

- 1) Analizzare l'adeguatezza delle ICT e il loro uso per promuovere il patrimonio culturale marittimo dei due casi studio: Baiona e Combarro (Pontevedra, Galizia, Spagna);
- 2) Indagare la visibilità dei casi studio sul Cammino Portoghese della Costa;
- 3) Valutare le opportunità per usare le ICT come strumento di promozione del patrimonio marittimo dei due casi di studio raggiunti dall'implementazione dell'intero processo.

Di seguito si realizza una breve revisione bibliografica relativa al patrimonio culturale marittimo, alle nuove tecnologie e al loro potenziale turistico. Segue una rassegna della pianificazione strategica turistica in Galizia.

Per studiare i siti web che si riferiscono al caso di studio, sono stati analizzati applicazioni mobili (*apps*) e social media.

Le informazioni selezionate si riferiscono al patrimonio marittimo delle suddette tappe del Cammino Portoghese della Costa, Baiona e Combarro, più precisamente situate lungo la variante spirituale dello stesso.

I casi di studio sono stati scelti poiché il 2018 è stato dichiarato anno del Cammino Portoghese, inoltre il Ministero della Cultura Spagnolo ha avviato un progetto: "La riscoperta del Cammino Portoghese della Costa", che intende promuovere e pubblicizzare la variante costiera del Cammino, migliorando le potenzialità delle ICT.

Le tappe selezionate come casi di studi presentano similitudini, in primo luogo per la loro posizione sulla costa atlantica della Galizia, e in secondo luogo sono centri storici tutelati. Tuttavia, presentano anche sostanziali differenze dovute al numero di abitanti, al livello di sviluppo turistico e all'uso del patrimonio in termini turistici; difatti, il patrimonio di Baiona è collegato alle grandi imprese nautiche e ai viaggi di scoperta e quello di Combarro alla pesca a bassa scala. La sezione metodologica dettaglia le fonti di ricerca e illustra il loro trattamento; seguono i risultati. L'ultima sezione ricapitola il contributo dello studio e suggerisce indicazioni per future ricerche.

## 2. Letteratura di riferimento

Da un punto di vista teorico, questo studio comprende due tematiche: il patrimonio culturale marittimo e le nuove tecnologie. Da un punto di vista geografico, un monumento è un emblema e un simbolo di un luogo poiché racchiude un sistema di valori e credenze e contribuisce a rappresentare lo spazio geografico [6 - 8].

Il patrimonio produce contenuti per le ICT che cooperano alla produzione ed espressione di valori territoriali [9 - 11].

### 2.1 Patrimonio culturale marittimo

Il patrimonio culturale svolge un importante ruolo nella società attuale, non solo per il suo enorme valore sociale per la comunità e per lo sviluppo di un senso d'identità, ma anche per il suo valore economico dovuto alle attività turistiche e alla visibilità del territorio [7].

In quanto riflesso della relazione fra la popolazione e il suo ambiente, è un fenomeno spaziale intrinseco.

Così, quando guardiamo alle aree costiere, sappiamo che le comunità che vi s'insediano sviluppano strategie, conoscenza, tradizione, opinioni e capacità professionali che sono correlate alla valorizzazione, alle attività commerciali e alle risorse marine. L'enorme valore di questo patrimonio deriva dal fatto che da secoli testimonia le relazioni fra i popoli e il mare, oltre che le sfide necessarie per gestire questa relazione.

Le comunità costiere sono spesso il risultato d'innumerabili scambi culturali che attraversano i mari.

Tuttavia, il patrimonio culturale di queste aree ha acquisito significati e valori tramandati nel tempo, per cui potrebbe essere definito: Patrimonio Culturale Marittimo. Con tale espressione s'indicano i contenuti culturali (del mare e delle terre limitrofe) e i beni intangibili che rappresentano una cultura basata sull'acqua, con valori o interessi antropologici, archeologici, storici, architettonici, artistici, scientifici o letterari [12].

Le comunità che sono dipendenti dalla pesca sembrano avere riconosciuto il valore storico e culturale di tale industria per la comunità, specialmente come punto cardine di una nuova industria turistica.

Perfino laddove la pesca ha cessato di essere la principale risorsa, l'idea di un "patrimonio" della pesca rimane una potenziale fonte di reddito [13]. Oltre ad essere un settore economico, l'industria della pesca fornisce alle città e alle comunità costiere un'identità [14].

In tali aree costiere, speciale attenzione dovrebbe essere posta al fatto che queste città hanno manufatti culturali con valenza patrimoniale. Sono città in cui le attività economiche correlate al mare hanno avuto una posizione cruciale sulla trasformazione urbana.

Il ricco patrimonio culturale marittimo è uno dei punti di forza su cui è necessario basare le strategie di sviluppo locale sostenibile, inoltre si segnala come la conversione o l'adattamento del patrimonio culturale agli usi turistici a volte vuol dire stravolgere le valenze originarie di quel patrimonio [15, 16].

Tuttavia, la valutazione e la progettazione di questo tipo di patrimonio sono importanti in un momento in cui la globalizzazione, lo sviluppo urbano costiero e i cambiamenti ecologici hanno ripercussioni sul patrimonio culturale dei villaggi di pescatori.

## 2.2 Information and Communication Technologies e potenzialità turistiche

Oggi, le nuove tecnologie sono importanti strumenti di comunicazione che rendono possibile distribuire informazioni in maniera rapida e semplice. In un contesto di globalizzazione, le istituzioni e le organizzazioni responsabili della gestione patrimoniale fanno riferimento all'utilizzo intelligente di questi strumenti. Ciò è particolarmente vero nel caso di attività economiche legate al patrimonio, ad esempio l'industria turistica. Come sostengono Werthner e Klein (1999), c'è un'attività basata sull'informazione che può essere perfino considerata come "l'anima" del turismo. Tuttavia, determinata dalla competizione fra destinazioni turistiche, la selezione e la scelta di una particolare decisione dipendono dall'informazione che è messa a disposizione del potenziale turista [17].

Oggi, i turisti usano le nuove tecnologie per migliorare la propria conoscenza e pianificare i loro viaggi; si sta modificando l'atteggiamento verso il viaggio, specialmente nell'acquisto di prodotti e servizi o nella ricerca delle informazioni turistiche. L'ampio uso di strumenti di telefonia mobile (come smartphone e tablet) ha cambiato le modalità di accesso individuale a Internet e alle informazioni in genere [18]. Secondo i dati pubblicati in uno studio condotto da Google, il 77% dei viaggiatori utilizza uno smartphone nel tempo libero per informarsi sui viaggi futuri [19]. I territori e gli operatori economici che vi operano potrebbero utilizzare la tecnologia per costruire forti relazioni con i clienti e per fidelizzarli [20].

Le opportunità offerte dalla digitalizzazione per valorizzare il patrimonio culturale si associano a una domanda molto computerizzata, risultato di una rapida digitalizzazione della società. Secondo il "2017 Digital Yearbook", un rapporto sui social media e le tendenze digitali, il 50% della popolazione mondiale è attualmente connesso a Internet. Esaminando i dati di 238 stati, questo rapporto ha individuato come il 37% della popolazione del mondo è utente attivo dei social media e il 34% è utente attivo dei social media nel mobile. Secondo Garau [21], i dispositivi come smartphone e tablet possono contribuire allo sviluppo culturale e urbano in due modi diversi: "(i) sovrapponendo una mappa con disegni, grafici, modelli fisici, files audio e simulazioni digitali che aiutino gli utenti non esperti a comprendere fenomeni culturalmente complessi, e (ii) integrando elementi virtuali con cui presentarsi sul sito attraverso la visualizzazione del passato, un panorama architettonico storicamente accurato che aiuti ad accrescere la consapevolezza di un luogo sulla base della sua peculiarità storica (al contrario di quella meramente visibile)" (p. 239). Inoltre, la promozione digitalizzata delle risorse culturali e la diffusione delle connessioni web hanno ridotto i costi di accesso e superano limiti geografici e temporali

## 3. La pianificazione strategico-turistica e le ICT nella regione autonoma della Galizia

Il precedente *Plan Integral de Turismo de Galicia 2014-2016* (Piano strategico turistico per la Galizia 2014-2016) [22] aveva lo scopo di consolidare un prodotto turistico basato sul patrimonio e le risorse endogene, conciliandolo con la domanda stagionale e promuovendo la Galizia come una destinazione sostenibile.

Basato sull'incoraggiamento della collaborazione pubblico-privato tra amministrazioni ed esperti, ha messo in risalto l'importanza delle nuove tecnologie e dell'innovazione. Il Piano ha identificato le grandi potenzialità della Regione per competere come destinazione "unica" per la sua naturale bellezza paesaggistica, la qualità delle sue terme e la gastronomia, il grande simbolo storico rappresentato dal Cammino di Santiago e un patrimonio artistico e culturale formato da quattro siti Patrimonio Mondiale UNESCO. Questo piano ha ceduto il passo all'elaborazione della *Estrategia 2020 del Turismo de Galicia* (Strategia Turistica Galiziana 2020) [23], in cui il Cammino di Santiago de Compostela figura in maniera prominente. Suddetta strategia contempla i preparativi per l'Anno Santo Giacobeo 2021.

Questo documento, che aderisce agli obiettivi del *Plan Estratégico de Galicia 2015-2020* (Piano Strategico per la Galizia 2015-2020) [24], risalta l'importanza data dall'amministrazione regionale e dal settore all'utilizzo sostenibile del paesaggio attraverso il turismo, promuovendo, da una parte, interventi come quelli correlati con il turismo marittimo e, d'altra parte, recuperando il patrimonio tangibile e intangibile delle città costiere tradizionali e lo sviluppo turistico dei centri storici delle città. La sfida generare consapevolezza dell'unicità degli aspetti del patrimonio delle aree costiere della Galizia coinvolge la promozione del turismo marittimo come modalità per far conoscere ai turisti la cultura marinara, implementando progetti basati sul patrimonio tangibile e intangibile e la gastronomia di piccoli centri portuali e villaggi di pescatori dove vi è una pesca di bassa scala, raccolta di molluschi e allevamento di pesci.

Vi è tuttavia una grande similitudine fra gli obiettivi della Strategia Turistica Galiziana 2020 e quelli delle Strategie per lo Sviluppo Locale (*Local Development Strategies - LDS*) progettate e implementate attraverso Gruppi di Azione Locale per la Pesca (*Fisheries Local Action Groups - FLAGs*) nelle aree costiere fin dal 2007.

Quest'ultime sono state elaborate per difendere il patrimonio culturale, riconoscendo in tal modo i suoi effetti positivi sulla diversificazione dell'economia locale, fondamentalmente attraverso il turismo.

Ecco perché la Strategia Turistica Galiziana 2020 esalta la necessità di coordinare le azioni dell'amministrazione e del settore turistico con quelle intraprese dai FLAGs in modo da sviluppare il turismo marittimo nelle città di

pesca e i loro centri storici [25, 26].

Vi è anche un altro punto d'incontro fra la strategia regionale e le strategie di sviluppo locale per le aree costiere: il loro comune obiettivo di utilizzare l'innovazione e le nuove tecnologie come fattore chiave per incrementare il turismo nei prossimi anni e utilizzare Internet per migliorare le comunicazioni e i servizi turistici. Tali comuni interessi hanno favorito la presentazione di progetti di sviluppo finalizzati alla promozione turistica nei borghi di pesca, hanno messo in evidenza l'importanza del patrimonio tangibile e intangibile e hanno tratto vantaggio dalle opportunità offerte da Internet e dalle ICT per sviluppare prodotti ed esperienze inusuali e innovativi.

Infine, il *Plan Director do Camiño de Santiago 2015-2021* (Piano Strategico del Cammino di Santiago 2015-2021) [27] ha lo scopo di proteggere e preservare l'identità del Cammino. Fissa le linee guida per promuovere il suo patrimonio culturale e naturale. Ha tuttavia lo scopo di soddisfare le necessità dei pellegrini del ventunesimo secolo, migliorando l'ospitalità e l'accoglienza. Il Piano Strategico del Cammino di Santiago è concepito per accrescere la coesione sociale e territoriale e per continuare a costruire l'identità universale della Galizia e dell'Europa. Il suo principale target sono i pellegrini, specialmente quelli che andranno a Santiago durante il prossimo Anno Santo Giacobeo nel 2021. Tuttavia, ciò costituisce una visione di medio termine, basata su una cooperazione globale fra le principali istituzioni pubbliche interessate al Cammino.

#### 4. Un'introduzione all'area di studio

L'area studiata combina due fattori territoriali ed identificativi per la Galizia: la costa e il Cammino di Santiago. Per tali ragioni sono state scelte due città costiere (Baiona e Combarro) che sono anche tappe del Cammino Portoghese della Costa. Questi acquisirono importanza nel dodicesimo secolo, quando consentì il consolidamento degli itinerari e dei commerci economici e culturali. L'itinerario Portoghese ha tre varianti, che si dipartono dalla strada principale delle città portoghesi di Lisbona-Coimbra-Porto ad ovest per ricongiungersi di nuovo a Redondela (Spagna).

Il Cammino Portoghese si divide, pertanto, in Cammino Portoghese Interno, Cammino Portoghese del Nord e Cammino Portoghese della Costa (vedi Fig. 1), ed è sulla variante spirituale dell'ultima di queste che si collocano Baiona e Combarro. Il grafico a seguire (vedi Fig. 2) mostra che negli ultimi anni il Cammino Portoghese della Costa sta registrando un aumento di presenze, consolidandosi progressivamente come ulteriore itinerario giacobeo, però soprattutto come itinerario "internazionale". Il numero di pellegrini che ha percorso il Cammino Portoghese della Costa è passato da 7.329 (2,43% del to-

tale dei pellegrini) nel 2017 a 13.841 (4,23%) nel 2018, registrando una crescita pari a 88%.



Fig. 1 - Il Cammino Portoghese della Costa: la variante spirituale (Fonte: Elaborazione propria)

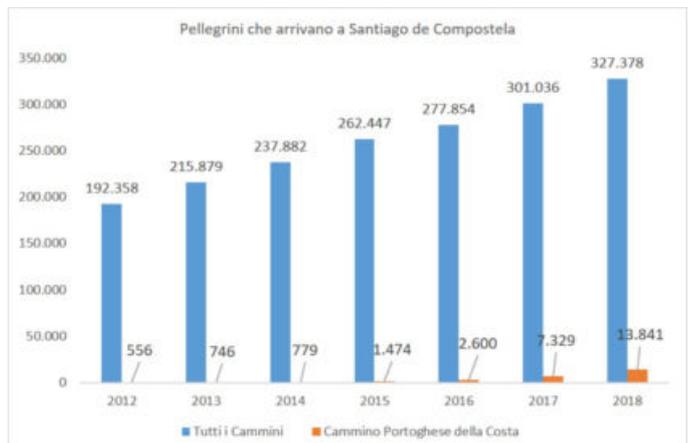


Fig. 2 - Evoluzione comparativa del numero totale di pellegrini che percorrono i Cammini di Santiago e dettaglio del Cammino Portoghese della Costa (Fonte: Elaborazione propria a partire dai dati statistici pubblicati dall'Ufficio del Pellegrino)

Entrambe le città costiere oggetto di studio hanno centri storici di grande valore, protetti dalla legislazione regionale e con piani di protezione che, in grande misura, determinano le azioni e gli sviluppi futuri.

Avendo identificato la scarsa conoscenza del loro patrimonio marittimo come una debolezza di queste aree, sono state inserite clausole nelle strategie di sviluppo locale. Queste hanno incluso la creazione di piattaforme e applicazioni (siti web, app e mappe interattive) con informazioni sull'ambiente e sul patrimonio marittimo di tali aree costiere.

Baiona e Combarro sono due cittadine appartenenti di Gruppi di Azione Locale per la pesca (Ría de Arousa e Ría de Vigo-A Guarda), che hanno già adottato strategie di sviluppo per il periodo 2014-2020. Attualmente, stanno cercando modalità alternative per diversificare l'economia e potenziare l'identità della costa promuovendo e recuperando il loro patrimonio marittimo.

Baiona è una città sulla costa con una popolazione totale di 12.072 abitanti [28] (vedi Fig. 3).

Ha quasi 4 km di spiagge, che la fanno una delle maggiori destinazioni turistiche "sole e spiaggia" della Galizia, ed ha un significativo patrimonio, grazie all'importanza del suo porto, al quale si associa uno dei suoi "meriti storici", essendo considerata la città che ricevette per prima la notizia dell'arrivo di Cristoforo Colombo in America.

A prova di ciò, una replica della nave che portò la notizia, la caravella La Pinta, è ora una delle principali attrazioni turistiche della città.



Fig. 3 - Baiona  
(Fonte: Propria elaborazione)

Combarro è un paese di 1.869 abitanti nella municipalità di Poio [28] (vedi Fig. 4).

Il suo centro storico è stato dichiarato Patrimonio di Interesse Culturale nella categoria nazionale Monumenti Storici Artistici e Pittoreschi nel Decreto 3394/1972 del 30 novembre. La sua protezione è inclusa nel Piano di Protezione Speciale per il Centro Storico di Combarro. La preservazione dei suoi palazzi rende Combarro un'importante testimonianza dell'architettura popolare galiziana, poiché ha mantenuto gli stili architettonici tradizionali, che confermano il legame della popolazione con il mare. Una delle più importanti e uniche caratteristiche di Combarro è che ha più di sessanta granai (*hórreos* in spagnolo) situati di fronte al mare; questi sono oggi i maggiori elementi di attrazione del patrimonio in termini di risorse turistiche.



Fig. 4 - Combarro  
(Fonte: Propria elaborazione)

#### 4.1 Fonti e metodologia

Le fonti di ricerca ricadono in tre categorie: applicazioni mobili (più comunemente note come apps), siti web e social media (in questo caso si analizzano quelli più ampiamente usati, Facebook, YouTube e Twitter).

Il criterio di selezione è stato la loro natura istituzionale, poiché ciò rende possibile accertare che il committente del settore pubblico usi le risorse tecnologiche per promuovere e produrre innovazione nell'area.

Le fonti analizzate provengono dalle amministrazioni nazionali, regionali e locali o sono state sviluppate o promosse da organizzazioni, associazioni e fondazioni.

I siti web sono importanti strumenti tecnologici per promuovere destinazioni turistiche e permettono ai potenziali visitatori di pianificare il loro viaggio [29 - 31], ma è difficile misurare la loro qualità e adeguatezza perché non vi è nessuna specifica metodologia per questo settore [32].

Le applicazioni mobili completano questo processo informativo, aiutando gli utenti durante il loro viaggio verso la loro meta. Dopo che il viaggio è stato effettuato, i suddetti social media consentono ai visitatori di tenersi in contatto con la destinazione visitata [33], perpetuando così il legame creato fra la destinazione e il visitatore durante il viaggio.

Dal punto di vista metodologico, durante i mesi di ottobre-novembre 2017 sono stati realizzati la raccolta e l'analisi dei contenuti in funzione di una serie di categorie interpretative. Nello specifico, esse sono: lo scopo principale delle fonti e il loro target, il tipo di ICT e le relative funzioni, la presenza d'informazioni circa i casi di studi e le possibilità interattive degli utenti.

Questo studio esamina dieci pagine web e i loro profili nei social media e tre app. Google è stato utilizzato come motore di ricerca. Data la natura comparativa di questo studio, i risultati sono presentati utilizzando un semplice sistema a griglia (vedi Tab. 1, 2).

## Patrimonio e Identità

Nome	URL	Scopo principale	Social media	Risorse ICT utilizzate
Mar Galaica Turismo Mariñeiro	www.margalaica.net	Migliorare l'offerta di Mar Galaica	Facebook, Twitter e YouTube	Gallerie fotografiche e Google maps.
Turismo de Baiona	www.turismodebaiona.com	Illustrare le strutture turistiche di Baiona	Facebook, Twitter e YouTube	Gallerie fotografiche, visore GIS, auto-guide e opuscoli elettronici.
Rías Baixas.info	www.riasbaixas.info	Promuovere le risorse turistiche del "Rías Baixas".	Non attivato	Gallerie fotografiche e Google maps.
Turgalicia	www.turismo.gal	Presentare le strutture turistiche della Galizia	Facebook, Twitter, YouTube, Instagram e Google+	Gallerie fotografiche, video, mappe di geolocalizzazione interattive, esperienze virtuali a 360° e referenze da altri utenti.
Terras de Pontevedra, Xunta de Galicia	www.terrasdepontevedra.org	Promuovere le risorse turistiche dell'area di Pontevedra.	Facebook, Twitter, YouTube, Instagram e Flickr	Gallerie fotografiche, auto-guide, QR cod e geo-guide (Google maps).
Turismo Rías Baixas	www.turismoriasbaixas.com	Promuovere le risorse turistiche della "Rías Baixas".	Facebook, Twitter e YouTube	Connessioni per: Twitter, Instagram, Facebook, YouTube. Iper-testi, Gallerie fotografiche e Google maps.
Descubre el Camino Portugués por la Costa	www.caminoporlacosta.es	Pubblicizzare l'itinerario Costiero Portoghese del Cammino di Santiago	Facebook, Twitter, YouTube e Instagram	Connessioni per: Twitter, Facebook, Google+. Gallerie fotografiche, blog e commenti dei pellegrini.
Camino Xacobeo	www.caminodesantiago.gal		Facebook, Twitter, Instagram e YouTube	Iper-testo, galleria fotografica, blog, pianificazione risorse del viaggio e calendario degli eventi.
Camino de Santiago. El camino de las Estrellas	www.caminosantiago.org	Aiutare nella preparazione del Cammino.	Facebook e Twitter	Galleria fotografica, mappe dinamiche, opuscoli elettronici, mappe dal National Geographic Institute ed interviste a dei pellegrini
Variante Espiritual.com	www.varianteespiritual.com	Presentare la variante spirituale del Cammino della Costa	Facebook, Twitter e Google+	Iper-testo, galleria fotografica e Google Maps.

Tab. 1 - Esempio di contenuto analizzato: Siti web e social media correlati  
(Fonti: Varie, Elaborazione propria)

Nome	URL	Scopo principale	Risorse ICT utilizzate
Camino Santiago en Galicia	www.caminodesantiago.gal/gl/prepareate/utilidades-e-servizos-tecnoloxicos/app-do-camino	Fornisce informazioni su tutti gli itinerari del Cammino di Santiago in Galizia	Gallerie fotografiche e Google maps
Baiona Guía Oficial	www.villasmarineras.es/es/content/aplicacion-es-moviles	Propone le strutture turistiche a Baiona	Galleria fotografica, guide audio e Google maps
Turismo de Poio	play.google.com/store/apps/details?id=es.concellopoio.turismodepoio	Propone le strutture turistiche a Poio. Con particolare riferimento a Combarro	Google maps

Tab. 2 - Esempio di contenuti analizzati: Apps  
(Fonti: Varie, Elaborazione propria)

### 5. Risultati

I risultati sono presentati seguendo l'ordine degli obiettivi specifici elencati nell'introduzione.

#### 5.1 Analisi dell'appropriatezza delle ICT e del contesto per promuovere il patrimonio culturale marittimo dei due casi studio

La maggior parte delle risorse tecnologiche usate sui siti web analizzati non è creata dalle istituzioni medesime, ma si basa su altre tecnologie già disponibili su Internet, come le mappe di geolocalizzazione di Google Maps, su cui è possibile selezionare e visualizzare la localizzazione dei luoghi d'interesse.

In aggiunta ai video, la risorsa multimediale comune a tutti i siti web è la galleria fotografica. In alcuni casi, ci sono anche opuscoli elettronici. Sul sito web *Terras de Pontevedra*, vi sono anche un'audio-guida e codici QR per le at-

trazioni turistiche a Combarro. Un'altra risorsa molto importante è la pianificazione del viaggio, con informazioni turistiche generali, come nel caso di *Rías Baixas.info*, *Terras de Pontevedra* e *Turgalicia*. In aggiunta a questi servizi, le necessità dei turisti possono essere personalizzate secondo le preferenze. Questo è il caso del sito web *Camino Xacobeo*, che include uno strumento ICT per organizzare un cammino strettamente personale, mentre il sito web *Variante Espiritual* permette di pianificare una *translatio* o un itinerario sul mare. In ultimo, il sito web *Turgalicia* offre una sezione dedicata a "esperienze visuali a 360°". Di solito, questi siti web non offrono alcuna specifica informazione sul patrimonio marittimo, perché già incluso tra le offerte generali.

Riguardo al comportamento delle organizzazioni elencate sui social media, è possibile identificare una significativa presenza su Facebook, Twitter e YouTube. Sebbene siano utilizzati altri media, questi ultimi sono quelli più frequen-

temente usati e i più dinamici. I social media usati dalle istituzioni sono sempre strumenti di comunicazione per integrare i loro siti web. Per questo motivo, alcuni dei social media sono usati per postare contenuti sviluppati per il sito web, come nel caso delle pagine Facebook e Twitter del *Turismo Rías Baixas* e *Variante Espiritual*.

Siti web come *Turismo Baiona*, *Villas Marineras*, *Mar Galaica*, *Concello de Poio* e *Descubriendo el Camino Portugués por la Costa* comunicano sui social media semplicemente condividendo contenuti dai loro siti web, giornali locali o i social media e i siti web di altre istituzioni. Altri siti, come *Turismo Rías Baixas* (vedi Fig. 5), *Camiño Xacobeo* e *Turgalicia*, postano pubblicazioni originali sui loro social media. Sebbene le risorse sui tre social media Facebook, YouTube e Twitter siano molto simili, il solo sito che viene aggiornato più volte al giorno è *Turgalicia*. *Turismo de Baiona*, *Turismo das Rías Baixas* e *Camiño Xacobeo* e *Villas Marineras* pubblicano aggiornamenti quasi quotidianamente; *Mar Galaica* e *Concello de Poio* a intervalli di 1 o 2 settimane e *Descubriendo el Camino Portugués por la Costa* è stato aggiornato l'ultima volta nel 2015. Guardando alla performance dei casi studio sui social media, si notano grandi differenze circa la "popolarità". L'istituzione con la migliore posizione sui social media sembra essere *Camiño Xacobeo*, con 82.427 followers su Facebook, 11.000 su Twitter e 1.311 su YouTube. Altre due organizzazioni con buona visibilità sono *Turgalicia*, con 76.625 followers su Facebook, 19.800 su Twitter e 1.793 su YouTube.

*Turismo Rías Baixas* ha 17.348 followers su Facebook e 21.800 su Twitter, più 248 followers per il suo canale YouTube. *Turismo Baiona* ha numeri meno significativi: 77.181 followers su Facebook, 2.376 su Twitter e 80 su YouTube. La pagina Facebook dell'Associazione *Villas Marineras* ha 2.236 followers, *Mar Galaica* 407, *Concello de Poio* soltanto 63 e *Descubriendo el Camino Portugués por la Costa* 249. I luoghi con i siti web e i social media che hanno maggiori risorse tecnologiche e sono più dinamici hanno maggiore interazione con l'utenza.



Fig. 5 - Presentazione del contenuto storico sul sito del Turismo Rías Baixas.  
(Fonte: [www.turismoriasbaixas.com](http://www.turismoriasbaixas.com))

Vi sono tre apps istituzionali, che sono state analizzate: *Camino de Santiago en Galicia* (vedi Fig. 6), disegnata dal governo regionale della Galizia come parte del progetto *Smart Camino*, che si è sviluppata dal Piano Strategico *Smart Tourism*; *Baiona Guía Oficial*, realizzata dall'Asso-

ciazione *Villas Marineras*, che riunisce sei municipalità turistiche sulla costa atlantica della Spagna e ha lo scopo di promuovere la qualità turistica connessa con la sua cultura marittima, e, infine *Turismo de Poio*, sviluppata dalla municipalità cui appartiene Combarro. L'app *Camino de Santiago* offre la possibilità di accedere ai database del patrimonio gestiti dall'Agenzia Turistica Galiziana; presenta informazioni aggiornate sul patrimonio, sebbene manchino informazioni specifiche relative al patrimonio marittimo. Tuttavia, non vi sono video, opuscoli o audio-guide e, in generale, le attrazioni turistiche degli scenari non rivestono un ruolo principale.

La app *Baiona Guía Oficial* fornisce informazioni sui punti di interesse nella città, con un'audio-guida, un sistema di geolocalizzazione e informazioni sulle sistemazioni in ostello, ma non promuove in modo specifico il suo patrimonio marittimo. Lo stesso avviene per la app *Turismo de Poio*, che fornisce informazioni turistiche di base, organizzate come una tradizionale guida cartacea e poca possibilità di interazione da parte dell'utente.

Sebbene vi sia qualche dettaglio sul patrimonio architettonico, ciò è descritto usando un itinerario consigliato per visitare la città, ma non è accompagnato da alcuna fotografia o mappa che possa aiutare a identificare le strutture descritte. Le apps per Baiona e Combarro hanno un'attraente interfaccia utente in termini di design grafico, carattere tipografico, colori etc., ma la loro funzionalità, guardando alla quantità di funzioni che possono essere eseguite, è piuttosto limitata.



Fig. 6 - App: Cammino di Santiago  
(Fonte: [www.caminodesantiago.gal/gl/preparete/ utilidades-e-servizos-tecnoloxicos/app-do-camiño](http://www.caminodesantiago.gal/gl/preparete/ utilidades-e-servizos-tecnoloxicos/app-do-camiño))

## 5.2 Indagare la visibilità dei casi di studio lungo il Cammino Portoghese della Costa

La presentazione di Baiona e Combarro sul sito web *Turgalicia*, dipendente dall'ufficio turistico della Regione Autonoma, è strutturata in sezioni quali: "Localizzazione", "Cammino", "Da non perdere", "Da Conoscere" e "Borgo Particolare".

Queste informazioni sono accompagnate da una mappa interattiva (Google Maps) e una galleria fotografica, e nel caso di Baiona, è menzionato il *Cammino Portoghese*. Sul sito web *Camino Xacobeo*, la tappa Baiona-Vigo è descritta usando una mappa di geolocalizzazione.

Selezionando l'opzione Patrimonio Culturale, il centro storico di Baiona è presentato con una galleria fotografica (delle quattro foto, solo due si riferiscono alle strutture del patrimonio), testo (non ipertesto) e una mappa di Google. Sul sito web *Turismo de Baiona* viene fatto un riferimento al Cammino Portoghese della Costa, con qualche notizia su dove acquisire il "Passaporto del Pellegrino", l'accoglienza e due opuscoli. Sui siti web infine, sembra manchi il Cammino Portoghese della Costa che attraversa Baiona e Combarro, qualcosa cui si potrebbe porre rimedio con un collegamento ipertestuale.

Sebbene un pò di promozione del patrimonio per i due casi studio si rintraccia sui social media di tutti i siti web, cambiano le modalità di comunicazione e coinvolgimento del patrimonio culturale marittimo.

I più importanti siti a questo riguardo sono *Turismo Baiona*, *Villas Marineras*, *Descubriendo el Camino Portugués por la Costa Variante espiritual* e *Turismo Rías Baixas*. Su tutti questi siti può essere notata una chiara intenzione di comunicare un prodotto turistico correlato al patrimonio marittimo culturale. La pubblicazione di video promozionali e storici per pubblicizzare il patrimonio culturale marittimo è uno strumento con grande potenzialità e questi sono stati usati come risorsa sulle pagine di *Turismo Baiona*, *Turismo Rías Baixas* e *Turgalicia*.

Vi sono numerose apps sul Cammino di Santiago tanto nel dominio pubblico e soprattutto nel privato. Alcune di esse offrono informazioni su parecchi itinerari e altre si focalizzano su uno specifico itinerario, per esempio, il Cammino Portoghese, o su molti dei suoi scenari.

Un'analisi delle apps istituzionali mostra che soltanto due di loro si riferiscono ai Cammini qui studiati: il Cammino Portoghese della Costa e la sua variante spirituale. In primo luogo, l'app *Camino de Santiago en Galicia* presenta informazioni focalizzate sul Cammino di Santiago, con itinerari, programmazione e valutazione delle esperienze. Il suo obiettivo è quello di dare "attenzione generale" ai pellegrini e aspira a diventare un "social medium" su cui i pellegrini possono condividere le loro esperienze. Sull'app vengono fornite informazioni ufficiali sulle tappe (durata, distanza e luoghi di interesse) che possono essere personalizzate per adattarsi al profilo del pellegrino; per fare ciò è necessario essere utente registrato.

La capacità operativa per gli utenti è elevata, poiché permette loro di creare e condividere notizie e collegare testi e materiali multimediali e immagazzinarli in un diario, in modo da pubblicare un e-book, usando il formulario disponibile e condividerlo con gli altri utenti.

Il testo, accompagnato dalle informazioni visive che i pellegrini possono creare e condividere pubblicando il proprio e-book, è un esempio di VGI sul Cammino di Santiago. Sebbene le risorse tecnologiche siano limitate a una galleria fotografica e a mappe di geolocalizzazione, questa app produce informazioni multidirezionali.

In secondo luogo, l'app *Turismo de Poio*, sviluppata dal

Consiglio Locale di Poio, ha una sezione sul tratto del Cammino Portoghese della Costa che passa attraverso la municipalità, e Combarro è segnalato sul Cammino. Perfino così, le notizie sono limitate a una mappa statica che mostra questa variante del Cammino di Santiago, senza alcun collegamento ipertestuale o notizie aggiuntive, ciò la rende di scarso utilizzo.

Tuttavia, quest'applicazione fa includere referenze per visite ed è in questa sezione che il patrimonio culturale di Combarro diviene punto di interesse, sebbene sia molto evidente, nella descrizione non sia menzionato che il Cammino di Santiago attraversi la città.

### 5.3 Indagare le opportunità delle ICT per valorizzare il patrimonio marittimo di Baiona e Combarro

Flessibilità, adattabilità e versatilità sono le dimensioni che le ICT apportano alla cultura [34, 35]. Le più accattivanti risorse multimediali dal punto di vista visivo sono omesse, come le visite virtuali a 360°, che consentono agli utenti di vedere come sono le cose realmente attraverso immagini totalmente immersive e consentono loro di viaggiare in un luogo da ogni parte del mondo. Immagini sferiche possono anche essere utilizzate affinché gli utenti possano esplorare un luogo nella sua interezza.

Non vi è alcun utilizzo di ricostruzioni e schermi interattivi in 3D, attraverso cui "conoscere" il patrimonio architettonico nella realtà. Non vi è nessuna mappa interattiva, quindi è necessario un più ampio utilizzo di queste risorse multimediali.

Niente è stato detto sull'uso delle risorse di marketing fornite dai social media per accrescere la visibilità dei siti sul web, come inserzioni o la creazione di campagne promozionali, eventi e gruppi su Facebook. È da notare che soltanto *Turgalicia* usa frequentemente questo tipo di materiale. Un'ampia varietà di strumenti di marketing esiste sui social media ed è disponibile per espandere le comunicazioni dei siti web, ma i siti qui analizzati ne mostrano un ridotto uso.

Soprattutto, è da notare che questi siti usano frequentemente risorse multimediali come immagini e video. Ciò è particolarmente vero per i siti *Turgalicia*, *Camino Xacobeo*, *Turismo Rías Baixas* e *Turismo de Baiona*. Inoltre, essi frequentemente usano hashtags (una parola chiave preceduta dal simbolo #) come #damegalicia, #camiño-portuguésdacosta.

In generale, è emerso che le apps analizzate sottoutilizzavano le opportunità per promuovere il patrimonio marittimo. Le apps includono elementi del patrimonio utilizzando cataloghi di beni culturali, ma un numero significativo di quelli riguardanti il patrimonio marittimo tende a mancare. La app *Camino de Santiago en Galicia*, sviluppata dalla Giunta della Galizia, include strumenti di realtà aumentata; in tal modo gli utenti possono cercare le risorse nelle vicinanze lungo il loro itinerario utilizzando un

sistema di geo-posizionamento.

Questa applicazione mobile ha contribuito a diminuire la "rigidità" delle informazioni istituzionali sul Cammino di Santiago presente sul Web, che limita i contributi dai pellegrini riguardo ai loro interessi e preoccupazioni durante i preparativi e in viaggio.

Questa limitazione si riflette nel fatto che il sito, molto spesso usato dai pellegrini per organizzare il loro Cammino, non era la pagina web ufficiale, ma una privata, Eroski Consumer, che funge da luogo d'incontro e offre consigli e suggerimenti su un forum aperto ai pellegrini [4]. Similmente, nelle due app istituzionali con informazioni su Baiona e Combarro, meno attenzione è posta al patrimonio materiale e immateriale che in alcuni casi è menzionato, ma non è il focus dell'applicazione.

## 6. Conclusioni

L'attuale priorità strategica di utilizzare le ICT per valorizzare le interrelazioni con il patrimonio attraverso le nuove risorse multimediali offre la possibilità di migliorare la promozione delle aree storiche della Galizia, così come quelle lungo il Cammino di Santiago.

Le nuove tecnologie e la loro velocità e immediatezza nel generare informazioni dovrebbero essere favorite dagli organismi pubblici coinvolti nella protezione e promozione del patrimonio culturale. Un patrimonio ricco e vario, materiale e immateriale, che costituisce l'eredità culturale delle città costiere, e in alcuni luoghi è promosso come patrimonio culturale marittimo (botteghe di falegnami sulla riva, reti e attrezzi, moli, fabbriche di vecchie salature e inscatolamento, etc.). Perfino così, molti di questi elementi del patrimonio sono assenti dai cataloghi ufficiali delle risorse culturali e quindi dalle applicazioni mobili che dipendono da questi cataloghi, ma che hanno la possibilità di essere aggiornate e di incorporare nuove voci usando contenuti generati dagli utenti [3].

Le nuove tecnologie diffondono cultura al pubblico in modo conveniente e attrattiva [35], ma il loro attuale stato è tuttora lontano dal garantire un accesso democratico alla conoscenza. Dall'analisi svolta, in primo luogo si evince che promuovere il patrimonio marittimo della costa, in maniera specifica nei due casi studio di Baiona e Combarro, è coerente con la crescita di un prodotto come il Cammino Portoghese della Costa che garantisce valore aggiunto all'esperienza turistica degli utenti lungo il Cammino.

Le nuove tecnologie sono uno strumento con un grande potenziale per mostrare la complementarità tra questi elementi e garantire visibilità al ricco patrimonio marinaro della Galizia. L'analisi proposta delle risorse tecnologiche disponibili su Internet mostra chiare debolezze dal punto di vista del messaggio e degli strumenti tecnologici utilizzati per promuovere questo patrimonio.

È richiesto un investimento sostanziale, in termini di sforzo e risorse, per usare l'ICT ai fini della promozione territoriale, che sarebbe possibile con sinergie territoriali. Intensificare le dinamiche innovative, promuovendo le attrazioni del territorio che sono ispirate dai documenti di pianificazione sopra citati, richiama ciò che Tim Berners-Lee [36] ha definito come il "principio di inter-creatività (interattività + creatività)", in altre parole, "costruire le cose insieme attraverso il Web". Riposizionare le informazioni redatte dalle istituzioni sulle risorse tecnologiche e le interazioni con gli utenti possono essere i fattori chiave per presentare e gestire il ricco patrimonio di un territorio famoso come Cammino di Santiago.

## Aknowledgemet

Il lavoro dell'autrice Inês Gusman è stato finanziato dalla borsa di studio di Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BD/131392/2017).

## Nota:

Il presente lavoro è una versione ampliata e rivista della seguente pubblicazione:

Lopez L., Piñero Antelo M.A., Gusman, I., *The Portuguese Coastal Way and Maritime Heritage. An Outstanding Debt with the New Technologies*. In: Calabró F., Bevilacqua C. e Della Spina L. (Eds.): *New Metropolitan Perspectives Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*. Volume 1. Springer International Publishing AG, Cham, pp. 165 - 172, 2018

## Bibliografia

- [1] Elwood S., Mitchell K., *Another politics is possible: Neogeographies, visual spatial tactics, and political formation*. In: *Xartographica*, 48(4), pp. 275 - 292, 2013
- [2] Goodchild M.F., *Citizens as sensors: The world of volunteered geography*. In: *GeoJournal*, 69, pp. 211 - 221, 2007
- [3] Fernández Castrillo C., *Prácticas transmedia en la era del prosumidor: Hacia una definición del Contenido Generado por el Usuario (CGU) CIC*. In: *Cuadernos de Información y Comunicación*, 19, pp. 53 - 67, 2014
- [4] del Río M., *Tendencias y nuevos modelos de peregrinación en el Camino de Santiago, Santiago de Compostela*, 2015. Informazioni su: [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/13845/TFM\\_miniadelrio\\_tendencias\\_caminodesantiago.pdf?sequence=1](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/13845/TFM_miniadelrio_tendencias_caminodesantiago.pdf?sequence=1)
- [5] Lopez L., *How long does the Pilgrimage Tourism Experience to Santiago de Compostela last*. In: *International Journal of Religious Tourism and Pilgrimage*, 1(1), pp. 1 - 8, 2013
- [6] Cosgrove D., *Studio Geografico del simbolismo ambientale: retrospettiva e prospettiva*. In: *Atti XXIV Congresso Geografico Italiano*, pp. 255 - 268. Bologna: Pàtron, 1989
- [7] Graham B., Ashworth G.J., Tunbridge J., *A Geography of Heritage*. London, Arnold, 2000

- [8] Lois González R., Castro Fernández B., Lopez L., *From Sacred Place to Monumental Space: The Mobility along the Way to St. James*. In: *Mobilities*, 11(5), pp. 770 - 788, 2015
- [9] Cosgrove D., *Social Formation and Symbolic Landscape*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1998
- [10] Choay F., *Alegoría del Patrimonio*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2007
- [11] Riegl A., *El culto moderno a los monumentos: caracteres y origen*. Tradotto da López A.P., Madrid: Visor, 1987
- [12] Baron A.T.O., *Constructing the Notion of the Maritime Cultural Heritage in the Colombian Territory: Tools for the Protection and Conservation of Fresh and Salt Aquatic Surroundings*. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea, Office of Legal Affairs, United Nations, 2008
- [13] Nadel-Klein J., *Granny baited the lines: perpetual crisis and the changing role of women in Scottish fishing communities*. In: *Women's Studies Int. Forum*, 23(3), pp. 363 - 372, 2000
- [14] Brookfield K., Gray T., Hatchard J., *The concept of fisheries-dependent communities. A comparative analysis of four UK case studies: Shetland, Peterhead, North Shields and Lowestoft*. In: *Fisheries Research*, 72, pp. 55 - 69, 2005
- [15] Carbonell E., *Maritime Heritage and Fishing in Catalonia*. In: *Coll. Antropol*, 38(1), pp. 289 - 296, 2014
- [16] Santana A., *Patrimonio cultural y turismo: reflexiones y dudas de un anfitrión*, 2005. Informazioni su: <https://www.naya.org.ar/congreso/ponencia3-10.htm>
- [17] Fodness D., Murray B., *Tourist information search*. In: *Annals of Tourism Research*, 24(3), pp. 503 - 523, 1997
- [18] TOURISMLink, *The European Tourism Market, its structure and the role of ICTs*. Brussels: The TOURISMLink Consortium, 2012
- [19] Google, *The 2014 Traveler's Road to Decision*, 2014. Informazioni su: [https://storage.googleapis.com/think/docs/2014-travelers-road-to-decision\\_research\\_studies.pdf](https://storage.googleapis.com/think/docs/2014-travelers-road-to-decision_research_studies.pdf)
- [20] Dixit M., Belwal R., Singh G., *Online Tourism and Travel - Analysing Trends from Marketing Perspective*, 2006. Informazioni su: [https://www.academia.edu/567058/ONLINE\\_TOURISM\\_AND\\_TRAVELANALYSING\\_TRENDS\\_FROM\\_MARKETING\\_PERSPECTIVE](https://www.academia.edu/567058/ONLINE_TOURISM_AND_TRAVELANALYSING_TRENDS_FROM_MARKETING_PERSPECTIVE)
- [21] Garau C., *From territory to smartphone: Smart fruition of cultural heritage for dynamic tourism development*. In: *Planning Practice and Research*, 29(3), pp. 238 - 255, 2014
- [22] Xunta de Galicia. *Plan Integral de Turismo de Galicia 2014-2016* [Strategic Tourism Plan of Galicia 2014-2016]. Informazioni su: [https://issuu.com/turismodegalicia/docs/pitg\\_detallado\\_2014\\_03\\_05](https://issuu.com/turismodegalicia/docs/pitg_detallado_2014_03_05)
- [23] Xunta de Galicia, Turismo de Galicia, Clúster Turismo de Galicia (Eds), 2017, *Estrategia del Turismo de Galicia 2020*. Disponibile su: [https://www.turismo.gal/docs/mdaw/mjk2/~edisp/turga296028.pdf?langId=es\\_ES](https://www.turismo.gal/docs/mdaw/mjk2/~edisp/turga296028.pdf?langId=es_ES)
- [24] Xunta de Galicia, *Plan estratégico de Galicia 2015-2020*, 2015. Informazioni su: <http://www.planestrategicogal.es/presentacion>
- [25] Grupo de Acción Local do Sector Pesqueiro (GALP). *Ría de Pontevedra. Estratexia de desenvolvemento local da zona pesqueira da Ría de Pontevedra e a súa área de influencia. Estratexia 2015-2020*. Informazioni su: <http://mar.xunta.gal/es/o-mar/o-sector/grupos-de-accion-local-do-sector-pesqueiro/estratexias-de-desenvolvemento-local-participativas>
- [26] Grupo de Acción Local do Sector Pesqueiro (GALP) ; Ría De Vigo - A Guarda. *Estratexia de Desenvolvemento Local Participativo. 2014-2020*. Informazioni su: <http://mar.xunta.gal/es/o-mar/o-sector/grupos-de-accion-local-do-sector-pesqueiro/estratexias-de-desenvolvemento-local-participativas>
- [27] Xunta de Galicia. *Plan Director e Plan estratéxico do Camiño de Santiago 2015-2021* [Strategic Plan of the Way to St. James 2015-2021]. Informazioni su: <http://www.caminodesantiago.gal/documents/17639/293816/Plan%20director%20estrategicogal%20Cami%C3%B1o%20de%20Santiago.pdf?version=1.0>
- [28] INE, Instituto Nacional de Estadística, 2015
- [29] Fernández Cavía, J., Vinyals Mirabent S., López Pérez, M., *Calidad de los sitios web turísticos oficiales de las comunidades autónomas españolas*. *BiD. Textos universitarios de biblioteconomía y documentación*, 31, 2013. Informazioni su: <http://bid.ub.edu/es/31/fernandez2.htm>
- [30] Lee W., Gretzel U., *Designing persuasive destination websites: a mental imagery processing perspective*. In: *Tourism Management*, 33(5), pp. 1270 - 1280, 2012
- [31] Palmer A., *The Internet challenge for destination marketing organizations*. In: Morgan N., Pritchard A., Pride R. (Eds.): *Destination branding: creating the unique destination proposition*. Oxford, Elsevier, pp. 128 - 140, 2005
- [32] Law R., Qi S., Buhalis D., *Progress in tourism management: A review of website evaluation in tourism research*. In: *Tourism management*, 31(3), pp. 297 - 313, 2010
- [33] Pepe M.S., Bournique R., *Using Social Media As Historical Marketing Tool For Heritage Sites In Eastern New York State*. In: *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 33(1), pp. 123 - 134, 2016
- [34] Carreras Monfort C. (Eds.), *Evaluación TIC en el Patrimonio Cultural. Metodología y estudio de casos*. Barcelona, Universitat Oberta de Catalunya, 2009
- [35] Lois González R.C., Castro Fernández B., *Un novo museo para a cidade de Compostela da renovación arquitectónica á dimensión virtual da catedral*. In: *Compostellanum*, 56(1-4), pp. 397 - 415, 2011
- [36] BernersLew T., *Realising the full potential of the web*, 1997. Informazioni su: <http://www.w3.org/1998/02/Potential.html>



*GIS and Remote Sensing Techniques for the  
Assessment of Biomass Resources for energy Uses  
in Rome Metropolitan Area*

# ANALISI GEOSPAZIALI PER LA VALUTAZIONE DELLA BIOMASSA ALL'INTERNO DI UN'AREA PROTETTA NEL CONTESTO DELL'AREA METROPOLITANA DI ROMA\*

*Francesco Solano<sup>a</sup>, Nicola Colonna<sup>b</sup>, Massimiliano Marani<sup>b</sup>, Maurizio Pollino<sup>b</sup>*

*<sup>a</sup>Dipartimento di AGRARIA, Università Mediterranea, Via dell'Università 25, 89124 - Reggio Calabria, Italia*

*<sup>b</sup>ENEA, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00123 - Roma, Italia*

*francesco.solano@unirc.it; nicola.colonna@enea.it; massy191090@hotmail.com; maurizio.pollino@enea.it*

## **Abstract**

The Metropolitan city of Roma Capitale (Italy) represents a vast area, including many municipalities with the purpose to strength the promotion and coordination of economic and social development. Natural Parks included in the Metropolitan area are able to provide ecosystem services and resources such as agricultural and forest products as well as biomass resources that could be an opportunity to replace fossil fuels, make the city more climate friendly and, at the same time, to relaunch the sustainable management of forest that are often abandoned and prone to degradation risk. The goal of this paper is to investigate and update the actual distribution of the main forest types of the Bracciano-Martignano Regional Natural Park, through GIS and Remote Sensing techniques, in order to assess the biomass potential present in the forest areas. Results showed that there are about 20,000 t of woody biomass per year available and confirmed the importance of Sentinel-2 satellite data for vegetation applications, reaching a high overall accuracy. Rationale forest management can be strategic to deal both with forest degradation and city energy supply.

**KEY WORDS:** *Sentinel-2 (S-2), Remote sensing, GIS, Biomass Energy, Forestry, Spatial Analysis, Rome Metropolitan Area.*

## **1. Introduzione**

La Città Metropolitana di Roma Capitale è stata istituita nel 2015, secondo la legge n. 56/2014. Essa rappresenta una vasta area, comprendente 121 Comuni, i cui scopi non sono solo legati al ruolo istituzionale, ma sono inerenti anche a funzioni specifiche, tra le quali la promozione e il coordinamento dello sviluppo economico e sociale, al fine di garantire il sostegno alle attività economiche e di ricerca che siano innovative e coerenti con la vocazione dell'area metropolitana. L'ampio territorio naturale della Città Metropolitana è in

grado di fornire servizi ecosistemici (aria, acqua, ricircolo nutrienti) e anche risorse (prodotti agricoli, zootecnici e ittici, legname), a coloro che vi vivono, e per le sue qualità attira un significativo flusso turistico locale che, pur generando una pressione sulle risorse, costituisce soprattutto una ottima opportunità per sostenere la manutenzione e valorizzare le aree agricole e forestali ed i loro prodotti. Tale area potrebbe potenzialmente offrire prodotti a base di legno per l'energia, che sono presenti in grandi quantità ma sottoutilizzati, mentre la città è un grande consumatore di energia, con un impatto emissivo significativo.

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei quattro autori.

# Sviluppo Locale: Spazio Urbano, Spazio Rurale, Aree Interne

L'uso razionale della risorsa biomassa può rappresentare un'opportunità per sostituire parzialmente i combustibili fossili e rendere la città più rispettosa degli impegni post-Kyoto e allo stesso tempo offrire un'opportunità per lo sfruttamento economico delle foreste che sono spesso abbandonate e soggette a fenomeni di degrado (incendi, frane). Dato che all'interno dell'area metropolitana di Roma sono incluse molte aree verdi, nell'ambito del presente lavoro ci si è posti l'obiettivo di stimare il potenziale contributo ottenibile dalla biomassa di origine forestale presente nel territorio per soddisfare una frazione del consumo di combustibili delle aree limitrofe: tale studio è stato condotto attraverso analisi basate sui GIS [1] e dati cartografici e satellitari.

L'obiettivo è quello di fornire un supporto ad una migliore e più corretta gestione delle risorse di biomassa forestale locale, nel contesto di un'area come un parco naturale adatta alla conservazione della biodiversità e allo sviluppo del turismo, senza però compromettere i servizi ecosistemici, ma piuttosto migliorandoli.

## 2. Materiali e metodi

### 2.1 Area di studio e Processamento dei dati

La ricerca è stata condotta all'interno del Parco Naturale Regionale di Bracciano-Martignano, ricadente nel contesto dell'Area Metropolitana di Roma Capitale (vedi Fig. 1).

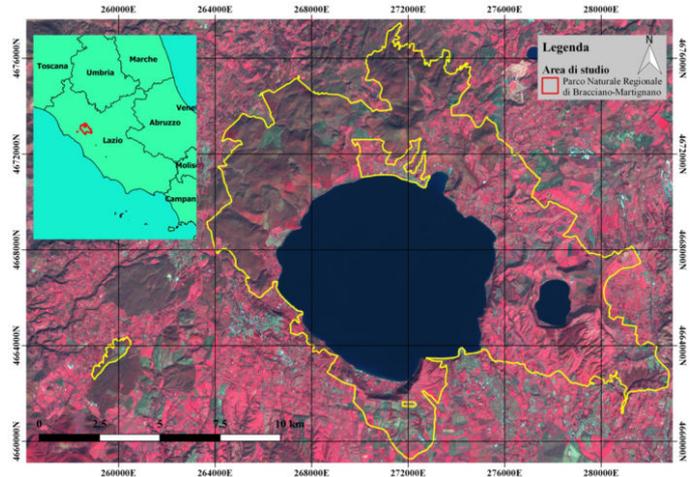


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio. Immagine Sentinel-2 (acquisita il 29 agosto 2017), combinazione delle bande in falso colore infrarosso [NIR-Red-Green = 843]. La linea continua gialla rappresenta il confine del Parco Naturale Regionale di Bracciano-Martignano (Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

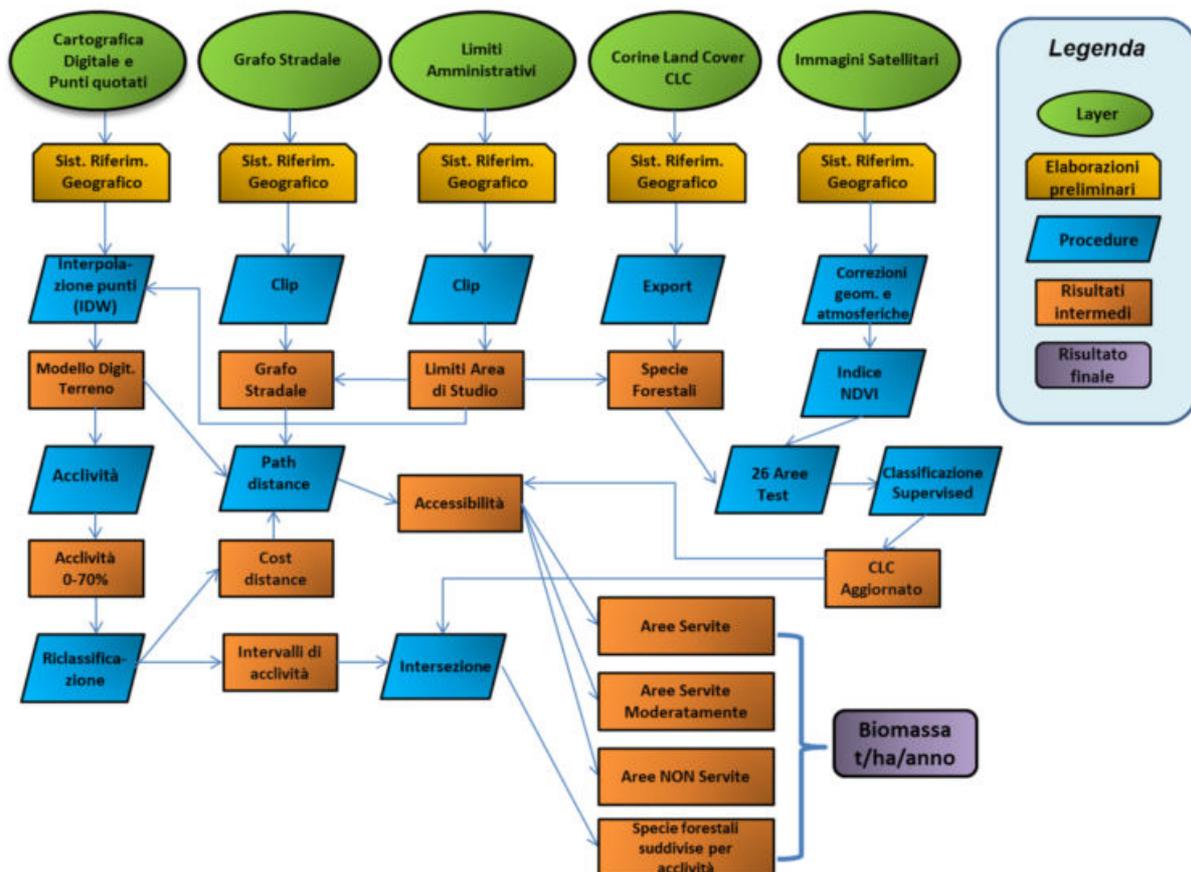


Fig. 2 - Flusso di lavoro dell'elaborazione dati per la stima del potenziale di biomassa forestale (Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

L'area si estende per 16.682 ettari comprendendo le città di Anguillara Sabazia, Bassano Romano, Bracciano, Campagnano di Roma, Manziana, Monterosi, Oriolo Romano, Roma (XV Municipio), Sutri e Trevignano Romano, compresi nella vasta area dei Monti Sabatini.

L'area analizzata è caratterizzata da un paesaggio eterogeneo, con la presenza del lago di Bracciano, diverse attività agricole, aree edificate e zone naturali come faggete, castagneti e querceti nelle aree montuose.

Facendo riferimento all'obiettivo di questa ricerca, viene proposta una metodologia specifica per mappare l'attuale consistenza delle risorse forestali e stimare il potenziale di biomassa presente in questi habitat (si veda il workflow nella figura [vedi Fig. 2]).

## 2.2 Disponibilità e accesso ai dati

Per effettuare le analisi geospaziali, è stata eseguita preliminarmente una indagine sulla disponibilità dei dati.

In tabella (vedi Tab. 1) è riportato l'elenco completo dei dati e delle informazioni utilizzate. In particolare, alcuni dati sono stati opportunamente elaborati (ad esempio, tramite procedure di importazione GIS, selezione per attributi o per area, sovrapposizione spaziale, interpolazione punti, ecc.) al fine di adattarli alle peculiarità e alla particolare situazione territoriale dell'area di studio.

Dato	Origine	Elaborazioni
Corine Land Cover 4 livello (formato shape file)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
Cartografia Digitale del Lazio, 1:5,000 (formato shape file)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	No
Punti delle elevazioni (5x5m) formato file .dxf	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
DTM e Acclività (5x5m) Derivati dai punti delle elevazioni (formato file raster)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
Confini delle aree Monumentali (formato shape file)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
Immagine satellitare Sentinel-2 (formato file raster)	<a href="https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home">https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home</a>	Si
Rete stradale (formato shape file)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
Rete stradale	<a href="https://www.openstreetmap.org/">https://www.openstreetmap.org/</a>	Si
Confini amministrativi (formato shape file)	<a href="https://dati.lazio.it/">https://dati.lazio.it/</a>	Si
Ortofoto (RGB) Servizio WMS	<a href="http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/">http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms/</a>	No

Tab. 1 - Dati, fonti, origine ed elaborazioni dei dati  
(Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

## 2.3 Dati satellitari e processamento delle immagini

I dati telerilevati da satellite, opportunamente elaborati, rappresentano una delle fonti più importanti per analizzare le caratteristiche e le dinamiche della copertura del suolo [3], costituendo un supporto efficace alla pianificazione e alla gestione sostenibile del paesaggio [4].

Per studiare l'area di interesse sono state utilizzate le immagini satellitari Sentinel-2 (S-2), selezionando quelle con minore copertura nuvolosa e scaricandole gratuitamente dal sito web <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (proiezione di mappa UTM-33, datum WGS84, codice EPSG 32633).

Al fine di migliorare la risoluzione spaziale delle bande delle immagini S-2 originali, è stato utilizzato un algoritmo di fusione tra le bande multispettrali di 20 m (B5-B6-B7, Vegetation Red-edge) e le bande con risoluzione spaziale da 10 m (B2-B3-B4-B8, Blue-Green-Red-NIR) attraverso l'algoritmo *hyperspherical colour space* (HCS) [5].

Le immagini sono state così corrette a livello atmosferico e topografico [6] alla riflettanza di superficie, utilizzando

tutte le bande attraverso il modulo ATCOR3 per Erdas Imagine® 2016. Al fine di aggiornare in modo dettagliato la mappa *Corine Land Cover* (CLC) e di individuare e descrivere la distribuzione delle risorse forestali, è stata eseguita una caratterizzazione ed un'analisi di separabilità delle firme spettrali dei diversi tipi forestali sulle immagini S-2 corrette.

È stato così definito un gruppo di usi del suolo ottenendo le loro firme spettrali a partire da una serie di 26 aree di interesse (AOI) - raccolte mediante le classi CLC originali, quindi come set di training per eseguire la classificazione delle immagini. Per l'estrazione della superficie ricoperta dalla vegetazione, si è fatto uso degli indici di vegetazione. In particolare, è stato utilizzato il *normalized difference vegetation index* (NDVI) [7] per ottenere una maschera di vegetazione ad alta risoluzione spettrale all'interno della quale eseguire la classificazione.

L'algoritmo euclidean distance (ED) è stato applicato per misurare la separabilità delle firme spettrali e una matrice di contingenza (CM) per valutare la coerenza dei set di training definiti. I dati derivati dalle AOI sono stati sele-

zionati come campioni di addestramento per eseguire una classificazione supervisionata mediante l'algoritmo MLC (Maximum Likelihood Classification).

Il risultato ottenuto è stato una mappa di copertura del suolo migliorata (ILC - *Improved Land Cover*), più adatta agli scopi dello studio e incentrata sulle aree forestali.

### 2.4 Analisi geomorfologiche

In questa fase, la rappresentazione della topografia attraverso un modello digitale del terreno (DTM) è stata fondamentale per descrivere le caratteristiche geomorfologiche e dell'area di studio [8].

A tal fine, è stata sfruttata la cartografia tecnica digitale, in scala 1: 5.000, fornita dalla Regione Lazio, che contiene uno strato specifico costituito dai punti quotati (in formato .dxf) che descrive la topografia di tutta la regione. Tali punti sono stati interpolati utilizzando il metodo della distanza inversa ponderata (IDW), generando uno strato informativo di tipo raster che rappresenta il DTM dell'area, con risoluzione spaziale di 5x5 m.

Quindi, dal DTM sopra menzionato, è stata derivata la mappa delle pendenze (espresse in percentuale).

Lo strato informativo delle pendenze è stato poi suddiviso in 4 classi diverse (con intervalli uguali del 20%) [9].

Il passo successivo, in ambiente GIS, è consistito nel sovrapporre lo strato delle pendenze e la mappa ILC, al fine di classificare ulteriormente le classi di copertura del suolo forestale, anche in funzione dell'acclività dei versanti.

### 2.5 Analisi della viabilità e mappatura dell'accessibilità

Ai fini della valutazione dell'accessibilità per le attività selvicolturali, è stata prodotta, in ambiente GIS, la mappa delle aree servite da strade. Essa è stata elaborata sulla base di operazioni di *Map-Algebra*, basate sugli approcci proposti in altre esperienze italiane utilizzate in contesti simili [10, 11] e tenendo conto della distanza euclidea di ciascuna area considerata in relazione alla pendenza dei versanti. L'approccio scelto per determinare le aree forestali servite da strade si riferisce al metodo di valutazione dell'accessibilità forestale proposto da Hippoliti [12], che si basa sulla determinazione del tempo che un operatore può impiegare per raggiungere a piedi l'area dell'utilizzazione dalla più vicina strada accessibile ai veicoli (adatta per le operazioni con macchine forestali).

I parametri considerati nella valutazione dell'accessibilità all'area sono: (i) la distanza dell'area dalla strada e (ii) la differenza di quota dell'area rispetto al punto di partenza sulla strada. L'area di interesse è stata quindi indicizzata in base al tempo di percorrenza [12] e in relazione alle caratteristiche di pendenza, ottenendo una cosiddetta mappa *raster cost distance*. La distanza dalla strada (distanza reale) e la differenza di quota sono state calcolate mediante il DTM (5x5 m) sopra menzionato.

Attraverso una funzione GIS per il calcolo delle distanze cumulate (*Path Distance*), è stato creato un nuovo set di dati che rappresenta il grado di accessibilità di ciascun punto della mappa.

La classificazione delle aree forestali di interesse, in relazione all'accessibilità per scopi selvicolturali, è stata quindi ripartita in tre classi: (1) aree servite; (2) aree moderatamente servite; (3) aree scarsamente servite.

### 2.6 Stima della biomassa forestale

L'ultimo passo dell'approccio seguito ha riguardato la sola considerazione dei tipi forestali più frequenti, tra cui i castagneti, querceti, boschi di faggio e rimboschimenti di pini. Partendo da un *dataset* derivato da una ricerca bibliografica per l'area di studio, per la stima della biomassa forestale ottenibile, sono stati utilizzati i dati della provvigione legnosa per ettaro per le differenti tipologie forestali, forniti da professionisti ed esperti locali in possesso di una conoscenza approfondita e specifica del territorio.

Questo dato è stato quindi riferito all'area forestale, ottenuta dalla carta aggiornata dei tipi forestali ILC, che ha portato alla stima di un approvvigionamento di legname espresso in  $t \cdot ha^{-1}$ .

## 3. Risultati

### 3.1 Stima della biomassa forestale

La copertura forestale è caratterizzata principalmente da querce [13], castagni, faggi e pinete artificiali. I boschi di faggio (*Fagus sylvatica* L.) sono considerati patrimonio dell'UNESCO e siti di interesse comunitario (SIC).

I tipi forestali che occupano la maggiore superficie sono i castagneti con 1.992 ha ed i querceti con 2.087 ha totali (vedi Fig. 3).

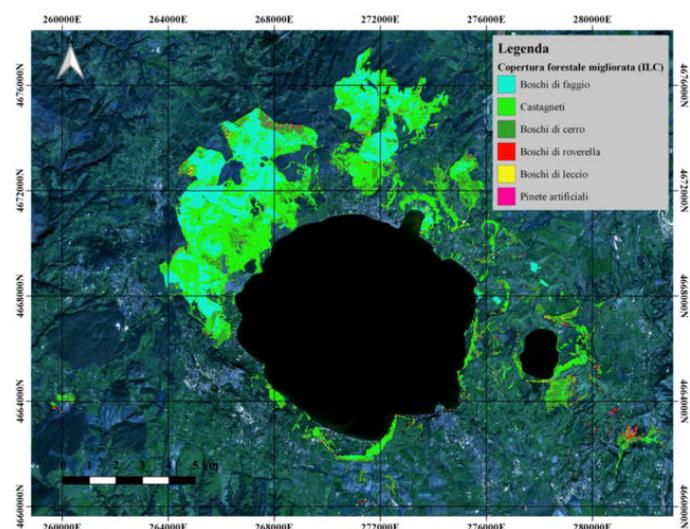


Fig. 3 - Mappa della copertura forestale migliorata (ILC)  
(Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

Inoltre, è possibile osservare che la maggior parte del territorio ha un eccellente livello di accessibilità (vedi Fig. 4).

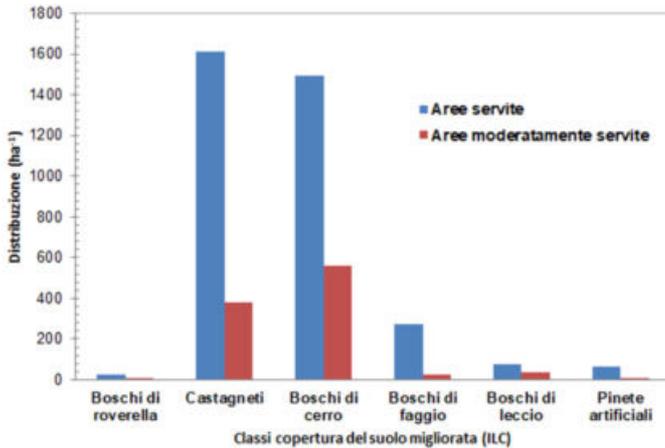


Fig. 4 - Distribuzione dei principali tipi forestali in relazione al grado di accessibilità per scopi selvicolturali, basata sulle classi derivate dalla copertura del suolo migliorata (ILC) (Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

Infatti la cartografia classificata dell'accessibilità presenta principalmente due livelli: aree servite e aree moderatamente servite. Su una superficie totale di 4.533 ha, circa 3.547 ha sono stati classificati come aree servite e 1.006 ettari come aree moderatamente servite (vedi Tab. 2).

Livello di accessibilità	Copertura suolo	Superficie [ha]	Superficie utilizzabile (4% del totale) [ha]	Biomassa [t]
Aree Servite	Querceti	1.521	61	6.710
	Castagneti	1.614	65	9.100
Aree Moderatamente servite	Querceti	566	23	2.530
	Castagneti	378	15	2.100
Totale		4.079	164	20.440

Tab. 2 - Distribuzione dei principali tipi forestali basati sulla copertura del suolo migliorata (ILC) dell'area di studio (Fonte: Elaborazione propria degli autori [2])

### 3.2 Viabilità e valutazione dell'accessibilità

La maggior parte del territorio dell'area di studio è dotato di una buona rete stradale.

Questa rete è caratterizzata da strade/piste utili sia per l'accesso ai boschi da parte degli operatori forestali, sia per l'accesso dei mezzi forestali.

### 3.3 Caratterizzazione e distribuzione della biomassa

Dopo aver stimato la superficie delle aree accessibili e delle aree moderatamente accessibili, è stata stimata la biomassa forestale ottenibile sull'intera superficie.

Come punto di partenza sono state valutate tutte le specie forestali presenti nel territorio, per definire il cosiddetto potenziale lordo di biomassa, per poi passare a identificare le specie effettivamente utilizzabili a fini energetici (potenzialmente disponibili), considerando solo i bo-

schi di querce e castagno. Per le foreste di querce si è valutata una resa media di circa 100 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> per cui si stimano circa 110 t·ha<sup>-1</sup> di provvigione legnosa, mentre per i boschi di castagno per una media di 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> si è stimata una provvigione di circa 140 t·ha<sup>-1</sup>.

In conformità con la legge forestale regionale, per gestire in modo sostenibile il patrimonio forestale, si è ipotizzato che solo il 4% dell'intera superficie di studio possa essere utilizzato ogni anno.

Dai risultati ottenuti è stato possibile stimare che l'area di interesse è in grado di fornire circa 20.440 t di biomassa forestale ogni anno senza incidere sul potenziale di produzione forestale locale.

## 4. Conclusioni

I risultati confermano l'importanza dell'utilizzo della banda del *Red-edge* delle immagini Sentinel-2 per le applicazioni riguardo la vegetazione, grazie alla possibilità di poter combinare un'alta risoluzione spaziale di 10 m con l'utilizzo di una peculiare firma spettrale per analizzare il comportamento della vegetazione.

La classificazione delle immagini per la distribuzione dei boschi ha suggerito che, quando queste immagini si integrano con altri dati ancillari, diventa possibile mappare le specie nonché effettuare altri studi su scala regionale con un'elevata accuratezza complessiva [14].

Nella mappa ILC, le specie forestali che occupano la superficie maggiore sono i castagni (*Castanea sativa Mill.*) con 1.992 ettari e le querce (principalmente cerro e roverella) con 2.087 ettari in totale.

L'analisi dell'accessibilità, incentrata sulle aree forestali, definita in base alla disponibilità e dislocazione delle strade e alle pendenze dei versanti, ha mostrato come nei boschi presenti nell'area la quantità potenziale complessiva di biomassa potrebbe essere facilmente utilizzata e raccolta a fini energetici in quanto ricadente nella zona classificata come servita.

Secondo un gran numero di esperienze [15, 16] una buona accessibilità è una condizione preliminare per lo sfruttamento tecnico ed economico delle risorse forestali, ma non è sufficiente.

I prossimi passi del presente studio riguarderanno l'analisi della logistica della biomassa legnosa e la domanda potenziale di calore per esigenze di riscaldamento al fine di collegare la domanda di energia alla disponibilità delle risorse e promuovere la raccolta e l'uso della biomassa come volano per lo sviluppo locale.

### Bibliografia

- [1] Modica G., Laudari L., Barreca F., Fichera C.R., *A GIS-MCDA Based Model for the Suitability Evaluation of Traditional Grape Varieties*. In: *Int J Agric Environ Inf Syst*, 5, pp. 1 - 16 , 2014
- [2] Solano F., Colonna N., Marani M., Pollino M., *Geospatial analysis to assess Natural Park biomass resources for energy uses in the context of the Rome Metropolitan Area*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds): *New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 100, Springer, Cham, 2018
- [3] Nolè G., Lasaponara R., Lanorte A., Murgante B., *Quantifying Urban Sprawl with Spatial Autocorrelation Techniques using Multi-Temporal Satellite Data*. In: *Int J Agric Environ Inf Syst*, 5, pp. 19 - 37, 2014
- [4] Di Palma F., Amato F., Nolè G., Martellozzo F., Murgante B., *A SMAP Supervised Classification of Landsat Images for Urban Sprawl Evaluation*. In: *ISPRS Int J Geo-Information* 5: p. 109, 2016
- [5] Padwick C., Scientist P., Deskevich M., Pacifici F., Smallwood S., *WorldView-2 pan-sharpening*. In: *Asprs 2010*, 48, pp. 26 - 30, 2010
- [6] Pflug B., Makarau A., Richter R., *Processing Sentinel-2 data with ATCOR*. In: *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly 2016, pp. 17 - 22, Vienna, Austria. 2016
- [7] Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W., *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with Ertis*. In: Stanley Freden C, Mercanti, Enrico P., Becker MA (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite 1 Symposium*. NASA, Washington, D.C., USA, 1974
- [8] Modica G., Pollino M., Lanucara S., La Porta L., Pellicone G., Di Fazio S., Fichera C.R., *Land suitability evaluation for agro-forestry: Definition of a web-based multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS): Preliminary results*. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, pp 399 - 413, Cham, 2016
- [9] Hippoliti G., Piegai F., *Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno*. Compagnia delle Foreste, Arezzo, 2000
- [10] Chirici G., Marchi E., Rossi V., Scotti R., *Analisi e valorizzazione della viabilità forestale tramite G.I.S.: la foresta di Badia Prataglia (AR)*. In: *L'Italia For e Mont*, pp. 460 - 481, 2003
- [11] Bulfoni D., De Vetta R., Magrini A., *Pianificazione della viabilità forestale. Impiego di dati lidar nella Foresta di Fusine (UD)*. In: *Sherwood*, pp. 19 - 24, 2010
- [12] Hippoliti G., *Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile forestale*. In: *L'Italia Forestale e Montana*, pp. 242 - 255, 1976
- [13] Modica G., Solano F., Merlino A., Di Fazio S., Barreca F., *Laudari L., Fichera C.R., Using Landsat 8 imagery in detecting cork oak (Quercus suber L.) woodlands: a case study in Calabria (Italy)*. In: *J Agric Eng* 47, p. 205, 2016
- [14] Di Fazio S., Modica G., Zoccali P., *Evolution Trends of Land Use/Land Cover in a Mediterranean Forest Landscape in Italy*. In: *ICCSA 2011. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6782, pp 284 - 299. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011
- [15] Colonna N., Del Ciello R., Petti R., *Biomasse agroforestali: valutare il potenziale a scala regionale*. In *Ambiente Risorse e Salute*, 127, pp. 20 - 24, 2010
- [16] Lupia F., Pulicani P., Colonna N., *Un modello di processamento per lo sfruttamento ottimale delle biomasse legnose*. In: *Atti IX Conferenza Utenti ESRI*, Aprile 2006, Roma, 2006



*Roles and Risks of the Subjects Involved in  
Public-Private Partnerships: the Feasibility Analysis  
of an Enhancement Investment in the City of Rome (Italy)*

# COMPLEMENTARIETA' DEI RUOLI DEI SOGGETTI COINVOLTI IN PROCEDURE DI PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO PER L'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI E LA DIVERSIFICAZIONE DEI RISCHI DI MERCATO: ANALISI DI FATTIBILITA' DI UN PROGETTO DI VALORIZZAZIONE NELLA CITTA' DI ROMA\*

*Francesco Tajani<sup>a</sup>, Pierluigi Morano<sup>b</sup>, Felicia Di Liddo<sup>a</sup>*

*<sup>a</sup>Dipartimento di DiAP, Sapienza Università di Roma, Via Flaminia, 359 - 00196, Roma, Italiad*

*<sup>b</sup>Dipartimento DICAR, Politecnico di Bari, via Orabona, 4 - 70125, Bari, Italia*

*francesco.tajani@uniroma1.it; pierluigi.morano@poliba.it; felicia.di@hotmail.it*

## **Abstract**

The present paper deals with the evaluation of the financial sustainability of a public property enhancement initiative, realized by a public-private partnership procedure. The development of the Discounted Cash Flow Analysis has provided for a preliminary phase in which the public and private subjects involved in the initiative have been identified, the respective roles have been specified and the costs and the revenues have been assessed. The research highlights the relevant support that, in the initial steps of the definition of an investment in public-private partnership, may result from the disaggregation and the specification of the different roles of all the subjects involved in the initiative. The functions mix provided by the enhancement process and the different management modalities allow the private investor to transfer the risks of the initiative to subjects most competent in their specific market sector. The performance indicators determined for the case study have outlined the financial feasibility of the investment for the private investor.

**KEY WORDS:** *Public-Private Partnerships, Discounted Cash Flow Analysis, Financial Sustainability, Public Property Assets Enhancement.*

## **1. Introduzione**

Nell'attuale situazione economica, caratterizzata da una persistente scarsità di risorse pubbliche, il Partenariato Pubblico Privato (PPP) costituisce uno strumento fondamentale, in grado di colmare il gap esistente tra la limitatezza delle risorse finanziarie pubbliche disponibili e la necessità di valorizzazione del patrimonio immobiliare pubblico [1, 2].

Il progressivo coinvolgimento dell'investitore privato nelle iniziative di riqualificazione dei beni di proprietà pubblica evidenzia come tale forma di collaborazione rappresenti attualmente un'efficace procedura per la riconversione funzionale di opere di interesse collettivo, quale conseguenza della contrazione delle capacità di spese dello Stato e degli Enti pubblici. E', dunque, acclarato che le tecniche di PPP rappresentino una valida alternativa di finanziamento degli interventi sul territorio, capaci di dare

\* La ricerca nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto degli autori.

una risposta immediata alle esigenze contingenti di ammodernamento e miglioramento del patrimonio architettonico e culturale del Paese [3, 4].

L'impiego di procedure di cooperazione tra le Pubbliche Amministrazioni e gli investitori privati, inoltre, favorisce l'inclusione di appropriate competenze organizzative nel processo di trasformazione e gestione di un bene pubblico. In questa ottica, il PPP costituisce attualmente una interessante soluzione non solo al deficit di carattere finanziario che contraddistingue le casse dello Stato, ma anche alla limitatezza di competenze imprenditoriali nel settore pubblico che, in tal modo, affida a soggetti terzi (privati) l'esercizio di attività in grado, da un lato, di rivitalizzare beni sottoutilizzati o dismessi mediante opportune riconversioni funzionali, dall'altro, di soddisfare le esigenze delle comunità di nuovi spazi di interesse collettivo [5, 6]. Le relazioni che si stabiliscono tra i diversi soggetti coinvolti nelle iniziative di PPP sono spesso molteplici, e dipendono principalmente dalla complessità e dalla onerosità dell'investimento.

La partecipazione di un investitore privato, singolo o più frequentemente in forma societaria o consorziale, in un processo di recupero e trasformazione di un bene pubblico, presuppone il soddisfacimento del criterio di convenienza finanziaria dell'operazione, ovvero la capacità dell'intervento di remunerare il capitale inizialmente investito e di generare un adeguato profitto per l'operatore privato: è evidente che l'imprenditore investirà i propri capitali, assumendosi i rischi dell'iniziativa, laddove la valutazione della fattibilità dell'intervento attesti che i ricavi saranno maggiori dei costi di trasformazione e di gestione [7, 8].

Nell'ambito della vasta gamma degli strumenti operativi di PPP, in Italia la "concessione di valorizzazione" consente di riattivare il patrimonio immobiliare pubblico, attraverso l'assegnazione ad operatori privati del diritto di utilizzare gli immobili per un arco temporale determinato, a fronte della loro riqualificazione, riconversione funzionale e manutenzione ordinaria e straordinaria (art. 3-bis del D.L. n. 351/2001, modificato e integrato dalla L. 228/2012). In ragione dei numerosi impatti positivi che queste modalità di gestione di immobili pubblici sono in grado di generare a livello locale e sovra-locale, sono perentorie: *i*) una rigorosa e mirata azione di programmazione degli interventi da eseguire sul territorio urbano, *ii*) una selezione di quelli realizzabili con il ricorso a capitali privati, *iii*) un'adeguata valutazione della convenienza dello strumento di PPP impiegato tramite la verifica *ex ante* della sostenibilità finanziaria dell'iniziativa [9].

## 2. Obiettivo del lavoro

La presente ricerca si inserisce nel contesto delineato. In particolare, nel lavoro è sviluppata la verifica della fattibilità finanziaria di un'iniziativa di PPP, relativa alla rifunzionalizzazione di un bene pubblico ubicato nella città di Roma (Italia), mediante la procedura di "concessione di valorizzazione". La valutazione delle convenienze dell'operazione per le parti private coinvolte nel processo di valorizzazione presuppone la esplicitazione dei ruoli assunti da ciascun soggetto che prende parte all'iniziativa e delle relazioni che si stabiliscono tra le diverse figure coinvolte [10]. Nell'ottica di una efficace sinergia tra la Pubblica Amministrazione e gli investitori privati, si evidenzia la necessità di chiarire le diverse posizioni ricoperte da ciascun soggetto, al fine, *in primis*, di modulare la struttura delle fonti di finanziamento necessarie per la buona riuscita dell'operazione e dei rispettivi ricavi ed, *in secundis*, di condurre una valutazione della convenienza nell'utilizzo dello strumento di PPP.

L'analisi del caso di studio oggetto della presente ricerca consente di contemperare la molteplicità dei soggetti coinvolti in iniziative di rigenerazione urbana mediante procedure di PPP e di delinearne il conseguente sistema "a cascata". Il lavoro è strutturato come segue.

Nella sezione 3 è descritto il caso studio, relativo all'iniziativa di valorizzazione dell'ex-Direzione Magazzini del Commissariato sito nel quartiere Ostiense di Roma; specificati i ruoli assunti da ciascun soggetto coinvolto nell'iniziativa, sono identificate le voci di costo (di investimento e di gestione) e di ricavo che definiscono le voci economiche di una *Discounted Cash-Flow Analysis*, al fine di valutare la sostenibilità finanziaria dell'operazione per il soggetto privato promotore dell'iniziativa; è dunque effettuata la valutazione finanziaria dell'operazione, determinando i relativi indicatori di performance. Nella sezione 4 sono commentati i risultati ottenuti e sono discusse le conclusioni del lavoro.

## 3. Il caso studio

### 3.1 Stato di fatto

Il caso studio riguarda un'ipotesi di concessione di valorizzazione dell'edificio dell'ex-Direzione Magazzini del Commissariato, di proprietà pubblica, sito in Roma (Italia), nel quartiere Ostiense, in via del Porto Fluviale.

L'immobile, costruito nel 1918, è un ex magazzino militare inserito nel 'Piano delle Alienazioni e Valorizzazioni degli immobili militari della città di Roma', approvato dal Comune di Roma (soggetto pubblico proprietario) nel 2010, in quanto manufatto non più utilizzato per le funzioni originarie e riconvertibile a nuovi usi. Attualmente l'intera area urbana, nella quale ricade lo stabile, pre-

senta notevoli criticità, causate dai diffusi caratteri di degrado che caratterizzano la porzione del quartiere Ostiense: presenza di strutture abusive ed illecitamente occupate, carenza di parcheggi e zone verdi, alto indice di inquinamento acustico generato dalla vicinanza del sito alla ferrovia e dal flusso elevato e continuo di mezzi di trasporto su gomma, essendo l'immobile ubicato in corrispondenza dell'intersezione di due importanti assi stradali (Via Ostiense e Via del Porto Fluviale).

Dal 2003 l'immobile risulta occupato abusivamente da famiglie di immigrati e si presenta in avanzato stato di degrado.

### 3.2 Descrizione dell'intervento di valorizzazione

Il progetto proposto prevede, da una parte, il recupero e la riqualificazione del manufatto esistente e, dall'altra, la realizzazione ex novo di un edificio adiacente al preesistente, destinato ad accogliere una serra idroponica per la produzione e la vendita al pubblico di ortaggi.

Nella figura (vedi Fig. 1) sono rappresentati gli interventi previsti dall'iniziativa in analisi.

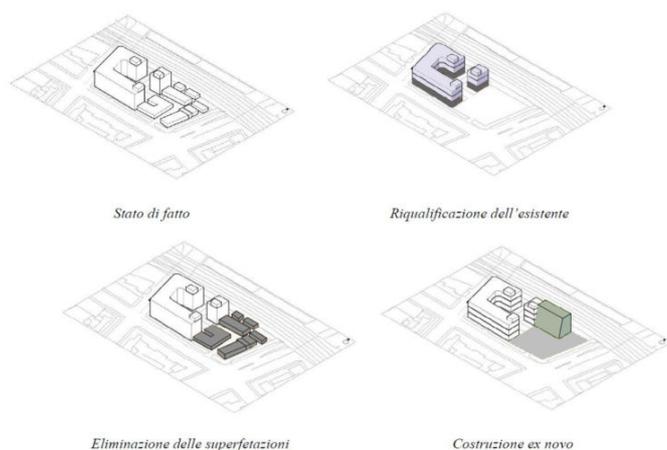


Fig. 1 - Rappresentazione volumetrica dei principali interventi previsti  
(Fonte: Propria elaborazione)

Con riferimento al fabbricato da ristrutturare, al piano terra si prevedono spazi destinati alla ristorazione, aule per attività di formazione e corsi di lingua ed una sala conferenze; il primo ed il secondo livello dell'edificio saranno occupati da alloggi di diversa consistenza da utilizzare per affitti brevi (es. bed & breakfast) e da locali destinati ad ospitare uffici.

Nelle figure (vedi Figg. 2 e 3) sono riportate le planimetrie di progetto dell'edificio esistente con l'indicazione delle funzioni previste per ciascuno spazio.

Il corpo di fabbrica da realizzare ex novo si pone in continuità con il volume dello stabile esistente e sarà sede di una serra idroponica. In particolare, l'immobile si componerà di tre livelli fuori terra: al primo livello si collocheranno gli spazi destinati alla vendita al dettaglio delle

colture prodotte, ai livelli successivi saranno posti i cestelli per la coltivazione degli ortaggi. Il piano interrato dell'edificio di nuova realizzazione ospiterà un parcheggio interrato per auto. La figura (vedi Fig. 4) riporta la planimetria di progetto dell'edificio di nuova costruzione con l'individuazione delle funzioni proposte.

Completa il progetto di trasformazione immobiliare la sistemazione dello spazio pubblico esterno, mediante la creazione di una piazza prospiciente l'edificio della serra (vedi Fig. 5). Ciascuna destinazione individuata nella trasformazione dell'ex-Direzione Magazzini del Commissariato risponde alle principali esigenze rilevate nell'area urbana di riferimento. Gli effetti indotti dall'intervento di valorizzazione immobiliare sull'intero sistema urbano del quartiere Ostiense coinvolgono diversi settori: *i)* economico, attraverso la realizzazione della serra idroponica, generatrice di importanti opportunità legate all'offerta di nuovi posti di lavoro, *ii)* sociale, mediante la riqualificazione di una zona attualmente in stato di degrado, *iii)* ecologico-ambientale, tramite la produzione di generi alimentari controllati e di qualità, evitando lo sfruttamento di ampie superfici agricole.

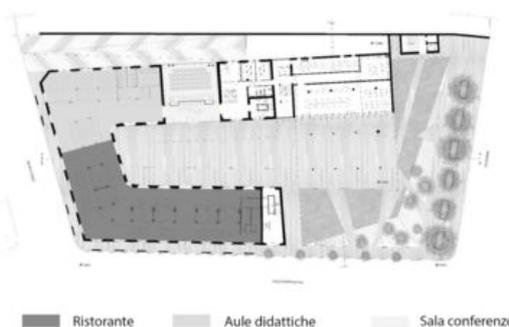


Fig. 2 - Planimetria dello stato di progetto relativo all'edificio esistente (piano terra)  
(Fonte: Propria elaborazione)



Fig. 3 - Planimetria dello stato di progetto relativo all'edificio esistente (piano tipo)  
(Fonte: Propria elaborazione)



Fig. 4 - Planimetria dello stato di progetto relativo all'edificio di nuova costruzione  
(Fonte: Propria elaborazione)



Fig. 5 - Vista complessiva dell'intervento  
(Fonte: Propria elaborazione)

### 3.3 I soggetti coinvolti nell'iniziativa di valorizzazione

L'ipotesi assunta nel presente lavoro è che il Comune di Roma, attuale proprietario del compendio immobiliare in disuso, scelga, all'interno della gamma degli strumenti operativi di PPP, la procedura di "concessione di valorizzazione" per la riqualificazione dello stabile e l'avvio di un processo di ammodernamento strutturale e funzionale di cui necessita l'intero quartiere urbano.

In particolare, si assume che le operazioni di ristrutturazione e di nuova realizzazione dei fabbricati siano condotte da un promotore privato (*soggetto principale*), in cambio della concessione d'uso temporaneo dell'immobile di durata pari a 20 anni. Alla scadenza della concessione, il soggetto pubblico rientra nella piena disponibilità dell'immobile, con l'acquisizione di ogni trasformazione, miglioria, addizione e accessione ad esso apportate.

Nel dettaglio, al *soggetto principale* competono i costi dei lavori di ammodernamento e di nuova costruzione e quelli derivanti dalla conseguente gestione della serra idroponica. Inoltre, il *soggetto principale* concederà in locazione a diversi soggetti privati il ristorante (*soggetto A*), le aule destinate ad ospitare corsi di lingua ed attività di formazione (*soggetto B*), i locali per uffici (*soggetto C*), la sala conferenze (*soggetto D*), le residenze (*soggetto*

*E*) e le autorimesse (*soggetto F*). I soggetti *B* (locatari delle aule per attività formative) e *D* (locatari della sala conferenze) non rappresentano due figure "fisse", in quanto si ipotizza che sia le aule, che la sala conferenze, siano locate a differenti soggetti che pagano un canone per l'uso temporaneo degli spazi, limitato quindi in ragione della durata delle specifiche attività.

Allo stesso modo, i soggetti *C* (locatari degli uffici) ed *E* (locatari delle residenze) identificano sinteticamente le differenti entità ai quali saranno dati in locazione le superfici corrispondenti. La figura (vedi Fig. 6) rappresenta la struttura a cascata dei soggetti coinvolti nell'operazione di riqualificazione immobiliare condotta tramite la procedura di concessione di valorizzazione.

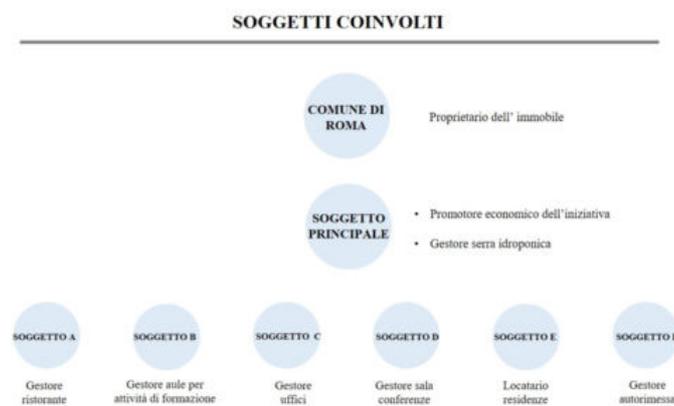


Fig. 6 - Soggetti coinvolti nell'iniziativa di valorizzazione in analisi  
(Fonte: Propria elaborazione)

Nella figura (vedi Fig. 7) è proposta una rappresentazione schematica della suddivisione dei costi e dei ricavi attinenti a ciascun soggetto privato coinvolto nell'iniziativa: le frecce "in uscita" (→) rappresentano gli esborsi (C) per il relativo soggetto privato, mentre le frecce "in entrata" (←) esprimono i guadagni - ricavi da gestione (R) - per il relativo investitore. I canoni di locazione (L) pagati da ciascun soggetto affittuario, per semplicità di raffigurazione, sono rappresentati dalle sole frecce "in entrata" per il soggetto principale.

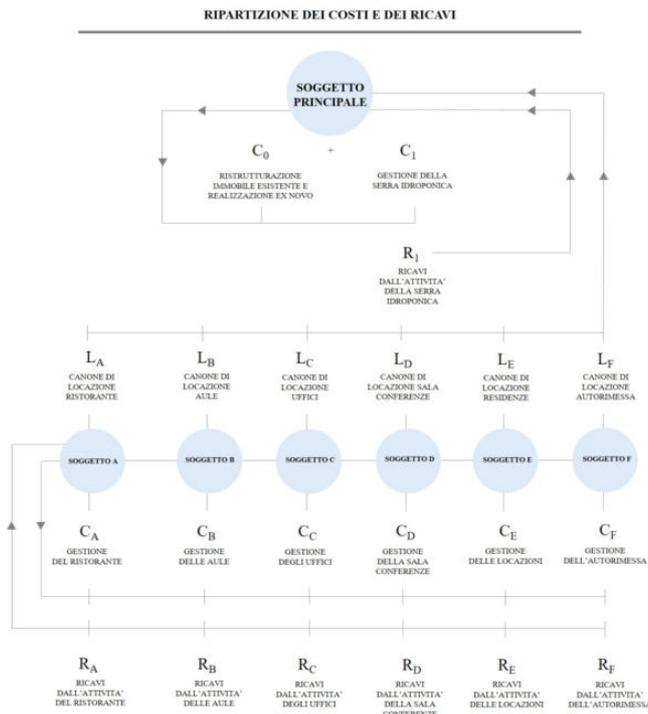


Fig. 7 - Voci di costo e ricavo relative a ciascun soggetto privato coinvolto nell'operazione di valorizzazione  
 (Fonte: Propria elaborazione)

### 3.4 Valutazione della sostenibilità finanziaria dell'iniziativa per l'investitore privato promotore

La verifica della convenienza finanziaria dell'iniziativa, effettuata dal punto di vista esclusivo del *soggetto principale* (in forma individuale o societaria), viene condotta mediante lo sviluppo di una *Discounted Cash Flow Analysis* (DCFA). Le condizioni di fattibilità del progetto sono verificate in termini di Valore Attuale Netto (VAN), Tasso Interno di Rendimento (TIR) e Rapporto Ricavi-Costi attualizzati (R/C). La disponibilità da parte del *soggetto principale* ad accettare il meccanismo di cooperazione con la Pubblica Amministrazione si fonda sulla convenienza privata dell'intervento e, dunque, sulla capacità dell'iniziativa di ripagare l'esborso monetario iniziale, di remunerare i costi di gestione e di generare un surplus finanziario.

### 3.5 La stima dei costi

I costi dell'iniziativa concernono: *i)* l'*investimento* per la ristrutturazione e sistemazione delle preesistenze (immobile e area esterna) e per la realizzazione del nuovo edificio (C0 in Fig. 7), *ii)* la *gestione*, diretta per la serra idroponica (C1 in Fig. 7) ed indiretta per le destinazioni d'uso concesse in locazione a terzi (CK in Fig. 7, con K = A, ..., F).

### 3.5.1 Costi d'investimento

La misura sommaria dei costi di costruzione è stata desunta dai listini delle opere pubbliche e private attualmente in vigore nella Regione Lazio, e validati attraverso indagini formali condotte presso imprese di costruzione operanti nella città di Roma.

Il costo totale d'investimento stimato è pari a 5.931.543,00 €, che comprende i costi relativi, rispettivamente, alla ristrutturazione dell'edificio esistente, alla realizzazione del nuovo plesso, alla sistemazione dell'area scoperta esterna, alle spese tecniche ed alle spese generali che ne derivano.

Le spese tecniche e le spese generali sono determinate in misura percentuale, pari rispettivamente al 6% e 3% del costo di costruzione.

### 3.5.2 Costi di gestione

Nell'ipotesi che il promotore dell'iniziativa assuma il ruolo di gestore diretto della serra idroponica e conceda la gestione delle restanti funzioni previste (ristorante, aule per la formazione, sala conferenza, uffici, abitazioni e autorimessa) a terzi, in cambio di un corrispettivo monetario pari al canone *meritato* per la locazione delle rispettive superfici, i costi di gestione del promotore sono relativi alla fase di esercizio della serra idroponica ed alle spese connesse all'affitto degli spazi concessi a soggetti differenti. I costi di gestione diretta della serra - unica attività a rimanere nella piena gestione del promotore privato - riguardano i costi di pulizia dello stabile, le spese della manodopera, dell'elettricità e le spese di acquisto dei prodotti per la piantumazione e la crescita delle colture, ed ammontano ad un totale di 105.270,00 €/anno.

I costi relativi alla gestione annua degli spazi dati in locazione concernono le imposte legati alla registrazione dei contratti di locazione (1% del canone annuo), le spese di inesigibilità e/o morosità (2% del canone annuo), le rate di accantonamento per spese straordinarie (0,75% del costo di costruzione), le rate assicurative (0,10% del costo di costruzione), le provvigioni su locazione pagate una tantum agli agenti immobiliari (10% del canone di locazione). Il costo totale di gestione stimato è pari a 227.370,00 €/anno.

### 3.6 La stima dei ricavi

I ricavi dell'investimento provengono: *i)* dalla locazione degli spazi dell'edificio esistente, destinati ad ospitare i locali del ristorante, le residenze, gli uffici, la sala conferenze e le aule per la formazione; *ii)* dalla locazione del piano interrato dell'edificio di nuova costruzione adibito ad autorimessa; *iii)* dalla gestione dei locali della serra idroponica. I ricavi da locazione degli spazi dell'edificio esistente e delle autorimesse, relativi ad un periodo di analisi coincidente con l'arco temporale di durata della concessione di valorizzazione (20 anni), sono in totale

## Sviluppo Locale: Spazio Urbano, Spazio Rurale, Aree Interne

pari a 551.396,00 €/anno. In particolare, si osserva che i ricavi da locazione sono stimati a partire dai canoni di mercato per la zona omogenea della città di Roma in cui è ubicato il compendio da valorizzare e relativi a ciascuna destinazione d'uso prevista. I ricavi da gestione della serra idroponica sono stimati pari a 334.725,00 €/anno e derivano dalla vendita delle colture prodotte all'interno del sistema idroponico. In particolare, tali ricavi sono quantificati ipotizzando un prezzo medio di vendita dei prodotti, mentre la quantità totale di produzione annua è determinata sulla base della superficie destinata ad ospitare la serra. Di ciascuna coltura sono, in primo luogo, stimati il prezzo all'origine medio annuo, la produzione media annua praticata ordinariamente in serra, il numero di piante al m<sup>2</sup>, la quantità prevista di ciascuna varietà coltivata (al m<sup>2</sup>) e la quantità stimata da produrre al kg. Di ciascuna coltura, inoltre, sono valutati i cicli produttivi durante l'anno e sono stimati i ricavi relativi a ciascun prodotto della serra [11, 12]. Pertanto, i ricavi totali stimati per il soggetto privato sono pari a 886.121,00 €/anno.

### 3.7 Sviluppo della DCFA

Lo sviluppo della DCFA consente di verificare la fattibilità dell'investimento dal punto di vista del promotore privato. Con riferimento al caso studio analizzato, il periodo di

analisi è stato fissato in 20 anni ed è suddiviso in tre fasi principali: la fase di *cantiere* (due anni) prevede la realizzazione dell'intervento nella sua totalità, considerando sia la ristrutturazione dell'edificio esistente che la realizzazione *ex novo* dell'edificio della serra idroponica; la fase di *sviluppo* (due anni), nella quale si ipotizza l'avvio dei processi di produzione della serra, delle vendite e dei conseguenti ricavi. In particolare, si prevede un primo anno della fase di sviluppo (ovvero terzo anno del periodo di analisi), in cui i ricavi sono pari al 30% dei ricavi annui ordinariamente attesi, ed un secondo anno (quarto anno del periodo di analisi), in cui si ipotizza un indice di sviluppo pari al 70%; la fase di *regime*, in cui l'attività della serra è pienamente avviata e genera il 100% dei ricavi annui stimati. La situazione prospettata rispecchia l'ordinario processo che caratterizza un'attività produttiva: in corrispondenza dei primi anni del periodo di analisi (fase di cantiere), sono concentrati i costi di investimento; nella successiva fase di sviluppo, rappresentata da un arco temporale più o meno lungo, si verifica il progressivo 'decollo' dell'attività con la conseguente crescita dei ricavi per il promotore privato; infine, l'entrata a pieno regime permette all'investitore il rientro del capitale iniziale impiegato e il possibile ottenimento di un surplus finanziario. La figura (vedi Fig. 8) illustra una sintesi dello sviluppo della DCFA per il caso studio analizzato.

	Fase di cantiere		Fase di sviluppo		Fase di regime		
	ANNO 1	ANNO 2	ANNO 3	ANNO 4	ANNO 5	....	ANNO 20
<b>Costi di investimento</b>							
Costo di realizzazione	€ 1.779.462,89	€ 1.779.462,89					
<b>Costi di gestione</b>							
Edificio serra + Edificio esistente			€ 172.230,28	€ 172.230,28	€ 172.230,28	....	€ 172.230,28
Provvigioni su locazione			€ 55.139,64				
<b>Ammortamento bancario</b>	€ 206.855,58	€ 206.855,58	€ 206.855,58	€ 206.855,58	€ 206.855,58	....	€ 206.855,58
<b>TOTALE COSTI</b>	<b>€ 1.986.318,47</b>	<b>€ 1.986.318,47</b>	<b>€ 434.225,49</b>	<b>€ 379.085,85</b>	<b>€ 379.085,85</b>	....	<b>€ 379.085,85</b>
<b>TOTALE RICAVI</b>			<b>€ 265.836,41</b>	<b>€ 620.284,95</b>	<b>€ 886.121,36</b>	....	<b>€ 886.121,36</b>
<b>Flussi di cassa</b>	-€ 1.986.318,47	-€ 1.986.318,47	-€ 168.389,08	€ 241.199,09	€ 507.035,50	....	€ 507.035,50
<b>Costi attualizzati</b>	€ 1.873.885,35	€ 1.767.816,37	€ 364.584,09	€ 300.271,50	€ 283.275,00	....	€ 118.200,76
<b>Ricavi attualizzati</b>	€ 0,00	€ 0,00	€ 223.201,37	€ 491.323,78	€ 662.161,42	....	€ 276.296,83
<b>Flussi di cassa attualizzati</b>	-€ 1.873.885,35	-€ 1.767.816,37	-€ 141.382,72	€ 191.052,27	€ 378.886,42	....	€ 158.096,07

Fig. 8 - Sviluppo della DCFA per il caso studio analizzato (Fonte: Propria elaborazione)

Nella Tabella (vedi Tab. 1) sono riportati gli indicatori di performance calcolati (VAN, TIR, R/C), considerando un saggio di attualizzazione pari al 6%, coincidente con la soglia di accettabilità dell'investimento per il soggetto promotore, in relazione ai rischi dell'operazione connessi al mercato di riferimento. I risultati ottenuti attestano la convenienza finanziaria dell'operazione.

VAN	466.694 €
TIR	7,34 %
R/C	1,06

Tab. 1 - Indicatori di performance  
(Fonte: Propria elaborazione)

## 4. Conclusioni

Con riferimento all'attuale e diffusa esigenza di efficaci strumenti di PPP per la valorizzazione del patrimonio immobiliare pubblico, nel presente lavoro è stata sviluppata la valutazione finanziaria di un'iniziativa di rifunionalizzazione immobiliare per un compendio di proprietà del Comune di Roma (edificio dell'ex-Direzione Magazzini del Commissariato, nel quartiere Ostiense), da attivare mediante la procedura della concessione di valorizzazione. L'analisi del caso di studio considerato ha permesso di individuare i differenti operatori pubblici e privati coinvolti

nell'iniziativa, rilevando il ruolo - diretto ed indiretto - esercitato da ciascun soggetto all'interno del meccanismo di PPP ed evidenziando i costi ed i ricavi relativi a ciascuno di essi [13]. Il sistema "a cascata", con cui interagiscono i diversi operatori (Pubblica Amministrazione e investitori privati), si attiva nella sola situazione in cui ciascun soggetto trovi una convenienza "personale" nel partecipare all'iniziativa. L'analisi condotta mette in risalto il supporto rilevante che può derivare, nelle fasi iniziali di definizione di un investimento in PPP, dalla disaggregazione delle diverse figure coinvolte nell'iniziativa, consentendo di esplicitare, sistematizzare e chiarire i ruoli di ciascun operatore, i relativi costi da sostenere ed i rientri da incassare [14].

L'implementazione di una DCFA e la valutazione degli indicatori di performance hanno consentito di verificare la capacità dell'operazione di compensare adeguatamente i rischi dell'iniziativa per l'investitore promotore.

La commistione di funzioni previste nel nuovo compendio immobiliare e le diverse modalità di gestione (diretta ed indiretta) hanno permesso, da una parte, di soddisfare il requisito di convenienza finanziaria per l'investitore promotore, dall'altra, di trasferire buona parte dei rischi dell'operazione ai diversi soggetti interessati e, per ciascun settore di mercato, maggiormente competenti.

Infine, poiché le nuove funzioni rispondono ad istanze di sostenibilità sociale (e.g. riqualificazione di un ambito territoriale in stato di degrado mediante realizzazione di nuovi spazi di aggregazione) ed ambientale (attivazione di una serra idroponica, limitando il consumo di suolo agricolo), ulteriori approfondimenti potranno riguardare l'analisi socio-economica dell'iniziativa [15, 16], ovvero la valutazione della convenienza dell'investimento per la collettività.

## Bibliografia

- [1] Guarini M.R., *Self-renovation in Rome: Ex Ante, in Itinere and Ex Post Evaluation*. In: Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications - ICCSA 2016. Lecture Notes in Computer Science, 9789, pp. 204 - 218, Springer, Cham, 2016
- [2] Calabrò F., Della Spina L., *La fattibilità economica dei progetti nella pianificazione strategica, nella progettazione integrata, nel cultural planning, nei piani di gestione. Un modello sperimentale per la valorizzazione di immobili pubblici in Partenariato Pubblico Privato*. In: LaborEst, n. 16, 2018
- [3] Calabrò F., Della Spina L., *Il progetto di fattibilità tecnica ed economica: un'occasione perduta? La cultura della valutazione per la fattibilità e la sostenibilità delle Opere Pubbliche*. In: LaborEst, n. 17, 2018
- [4] Nuti F., *La valutazione economica delle decisioni pubbliche. Dall'analisi costi-benefici alle valutazioni contingenti*. Giappichelli, Torino, 2001

[5] Liu J., ED Love P., Smith J., Regan M., Sutrisna M., *Public-private partnerships: a review of theory and practice of performance measurement*. In: International Journal of Productivity and Performance Management, 63(4), pp. 499 - 512, 2014

[6] Las Casas G., Scorza F., Murgante B., *New Urban Agenda and Open Challenges for Urban and Regional Planning*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.) New Metropolitan Perspectives - ISTH 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, 100, pp. 282 - 288, Springer, Cham, 2018

[7] Shen L., Tam V., Gan L., Ye K., Zhao Z., *Improving sustainability performance for public-private-partnership (PPP) projects*. In: Sustainability, 8(3), p. 289, 2016

[8] Tajani F., Morano P., Di Liddo F., Locurcio M., *Un'interpretazione innovativa dei criteri di valutazione della DCFA nel Partenariato Pubblico-Privato per la valorizzazione del patrimonio immobiliare pubblico*. In: LaborEst, n.16, 2018

[9] Pennisi G., Scandizzo P.L., *Valutare l'incertezza. L'analisi costi benefici nel XXI secolo*. Giappichelli, Torino, 2003

[10] Tajani F., Morano P., *Concession and lease or sale? A model for the enhancement of public properties in disuse or underutilized*. In: WSEAS Transactions on Business and Economics, 11, pp.787 - 800, 2014

[11] Informazioni su: <http://www.ismea.it/istituto-di-servizi-per-il-mercato-agricolo-alimentare>

[12] Informazioni su: <https://www.efsa.europa.eu/it>

[13] Jensen M.C., Meckling W.H., *Theory of the firm: managerial behaviour, agency cost and ownership structure*. In: Journal of Financial Economics, 3(4), pp. 305 - 360, 1976

[14] Rivett P., Speak P., *The financial jungle: a guide to financial instruments*. IFR Publ. , New York, 1991

[15] Carneiro P., Hansen T.K., Heckman J.J., *Removing the veil of ignorance in assessing the distributional impact of social policies*. National Bureau of Economic Research, Cambridge (Massachusetts), 2002

[16] Squire L., Van der Tak H., *Economic analysis of project*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1992



# CONFIGURAZIONE URBANA NELLA DEFINIZIONE LOCALE DEI VALORI FONDIARI

*Konstantinos Lykostratis, Maria Giannopoulou*  
*University of Democritus della Tracia, Xanthi - 67100, Grecia*  
*klykostr@civil.duth.gr; mgian@civil.duth.gr*

## **Abstract**

One of the most important parameter categories that allegedly shapes the land value is location characteristics. Although Space Syntax theory is an analytical tool used for the description of the relationships developed between space and its social aspects, Space Syntax accessibility measures (integration and choice) have not yet gained attention in real estate research. Moreover, in recent years there has been a clear orientation in the interpretation of land values using spatial statistics. The methodology applied herein attempts to explore local correlations between land values and spatial accessibility measures based on the combination of LISA indicators and Space Syntax theory. Xanthi, a medium sized city in northern Greece, is chosen for the application of the model and the visualization of the results, indicating statistically significant correlations between the variables along with spatially varying relationship patterns.

**KEY WORDS:** *Accessibility, Space Syntax, LISA, Objective Land Value.*

## **1. Introduzione e premesse**

Parafrasando il punto di vista sulle costruzioni di Kiel e Zabel [1], per la proprietà terriera in generale, può essere definito che la proprietà terriera urbana è per definizione un bene fisso, quindi il suo valore è plasmato in maniera predominante dalle caratteristiche di localizzazione. Orford [2] nota che le caratteristiche di localizzazione, che sono uniche caratteristiche, sono sinonimo di accessibilità. Le valutazioni dell'accessibilità sono ampiamente usate nelle ricerche immobiliari in quanto definiscono l'economia urbana e la qualità della vita [3, 4].

La sintassi spaziale è una ben nota metodologia di analisi urbana, in quanto usa tecniche computerizzate per analizzare la configurazione urbana.

L'accessibilità è difficile da definire e valutare [5].

Nelle ricerche di valutazione territoriale è principalmente modellata come la distanza dai centri nevralgici degli affari, vicinanza ai trasporti e servizi pubblici come scuole e negozi al dettaglio, o posti di lavoro potenziali (questo tipo di valutazioni sono usate per esempio in [4, 6, 7, 8]).

Studiando la potenzialità come una procedura spaziale [9], la teoria Sintattico Spaziale elabora le valutazioni di accessibilità della griglia urbana in modo da analizzare la morfologia dello spazio urbano e descrivere le relazioni fra lo spazio costruito e i suoi aspetti sociali [10, 11]. L'analisi Sintattico Spaziale tiene conto della dipendenza topologica delle parti che compongono gli spazi urbani aperti, la cui disposizione spaziale definisce la struttura della griglia urbana. Secondo gli sviluppatori Sintattico Spaziali la rete di spazi aperti è un sistema continuo che può essere diviso in segmenti [12], permettendo così alla griglia urbana di essere rappresentata come una mappa assiale [13]. Le mappe assiali sono studiate attraverso grafi assiali che sono analizzati usando la teoria dei grafi [14]. Le valutazioni sintattico spaziali, quantificando l'accessibilità dello spazio urbano, sono basate su analisi grafo spaziali.

Le valutazioni di centralità calcolate e usate in questa ricerca sono su integrazione e scelta, descrivendo le relazioni fra una linea assiale e tutte le altre linee assiali del sistema [9] in termini di topologia, geometria [15] e di-

reazione che definiscono la nozione di distanza [16]. Le valutazioni integrative indicano la frequenza di una tratta verso ogni altra tratta della rete [17], rispecchiando quanto è distante una tratta rispetto ad ogni altra, costituendo una valutazione di prossimità [18], una valutazione rispecchiante quanto sia centrale uno spazio rispetto a tutti gli altri spazi della rete [19]. La scelta valuta il grado di partecipazione di una linea in tutti i più brevi percorsi tra tutte le linee della rete [16].

Sono state proposte differenti analisi di approccio basate sulla distanza rispetto ai percorsi più brevi [15].

L'analisi spaziale basata sulla teoria Sintattico Spaziale può essere effettuata rispetto alla griglia come un esame complessivo delle relazioni fra ogni tratta della rete con tutte le altre tratte (parametri globali) ma può anche essere effettuata per parti della rete definite dalla intensità (in termini Spaziali Sintattici) (parametri locali).

Sebbene la morfologia urbana abbia un ruolo cruciale nella proprietà della struttura di mercato [20], l'accessibilità definita dalla Sintassi Spaziale ha avuto scarsa attenzione nella letteratura della valutazione del suolo [21]. Gli studi correlati alla Sintassi Spaziale con i valori abitativi [22] indicano statisticamente valutazioni significativamente positive con l'integrazione globale invece correlazioni significativamente negative con la scelta nei modelli utilizzando prezzi abitativi [23, 24, 25].

Le interferenze corrispondenti sono raffigurate per integrazione complessiva nei modelli di regressione delle fasce di tassazione della contabilità abitativa [26, 27].

Le correlazioni bivariate rivelano che l'integrazione complessiva è positivamente correlata ai valori del suolo [28]. Tuttavia, Enstrom e Netzell [29] concludono che l'integrazione complessiva aiuta sostanzialmente nell'interpretazione del valore di affitto, rivelando un modello [20]. Tuttavia, si sono notati risultati contrastanti sulla variabile di influenza, probabilmente dovuti a differenti aree di ricerca e schema spaziale [27].

Recentemente, vi è stato un crescente interesse per le statistiche spaziali nella descrizione di fenomeni spaziali come il mercato dei suoli [30, 31], originati dal sempre crescente uso dei dati spaziali. Al contrario rispetto ai dati non spaziali, i dati spaziali coinvolgono gli aspetti spaziali come nel caso delle distanze o misurazioni di fenomeni con referenze spaziali [32, 33].

Le statistiche spaziali coinvolgono tutti gli strumenti necessari per studiare i fenomeni spaziali, così che possano essere interpretati i modelli e le relazioni spaziali. In questo contesto, sono stati proposti *Local Indicators of Spatial Association (LISA)*, quantificando il livello in cui avviene la correlazione spaziale fra due variabili a scala locale, mentre consente di testare la significanza statistica [35]. LISA possono aiutare ad identificare gli *hot spot* [36] le sub aree dell'area di ricerca poiché essi determinano cluster distinguibili [37]. Gli indicatori locali sono generalmente usati in modo da identificare cluster derivanti dalla

correlazione complessiva [38], possibili localizzazioni di clustering specificamente significativi. [36].

La struttura metodologica proposta da questo lavoro cerca di esplorare le relazioni fra il valore del suolo e le valutazioni di accessibilità geometrica, applicando un approccio spaziale che combina gli indicatori LISA e la teoria Sintattico Spaziale in modo da visualizzare gli esempi di correlazione locale. Per essere testata e validata, la struttura viene applicata a Xanthi, una città di media dimensione nel nord della Grecia [22].

## 2. Struttura metodologica e oggetto di analisi

I dati utilizzati in questa ricerca si riferiscono a 7.415 particelle che coprono l'intera città di Xanthi, una città di 55.000 abitanti nel nord della Grecia.

Il tessuto urbano di Xanthi (vedi Fig. 1a) si compone di sezioni distinte con una varietà particolarmente interessante in forma e densità: le parti storiche con un tessuto organico coerente, e le più recenti estensioni con griglia rettangolare o geometrie regolari con grande varietà nella dimensione degli isolati [16].

Le particelle che costituiscono il livello spaziale dell'analisi insieme agli isolati che formano la griglia urbana di Xanthi sono stati modellati in ArcGIS in modo da essere uniti con i necessari dati descrittivi.

La valutazione obiettiva per come stabilita dal ministero delle finanze greco era stata selezionata per essere utilizzata come valutazione del suolo. Ciò è stato determinato dal fatto che, in Grecia, le tasse sulla proprietà e le tasse sulle compravendite, eredità e donazioni sono basate sul valore oggettivo che è determinato dalle condizioni della particella, la capitalizzazione potenziale (definita dal rapporto piano superficie) e la localizzazione della particella (nelle modalità di avere la facciata su una strada commerciale). Tuttavia, i prezzi di transazione e i prezzi di affitto sono basati su un valore oggettivo. In tal modo, il valore oggettivo è stato calcolato per ogni particella.

Le valutazioni spazio sintattiche sono state calcolate usando Depth-mapX [39, 40] Il segmento di analisi angolare [16] è stato scelto in modo da stimare le valutazioni di accessibilità spazio sintattiche. I risultati delle analisi (integrazione complessiva e valori di scelta) sono stati attribuiti per ogni particella di suolo al suo settore più vicino usando le tecniche di aggregazione spaziale ArcGIS.

La bivariata aggregata I di Moran è stata adottata come un indice di correlazione spaziale fra le variabili, in modo da valutare l'esistenza di particolari cluster spaziali.

Quindi, la bivariata aggregata I di Moran è stata utilizzata, per esplorare i modelli spaziali tra le valutazioni geometriche di accessibilità e il valore oggettivo del suolo.

Questi indicatori locali sono stati definiti come:

$$I_{ab} = \frac{z_a w z_b}{n} \quad (1)$$

$$I_{ab}^i = z_a^i \sum_j w_{ij} z_b^j \quad (2)$$

Dove  $w$  è la matrice riga-standardizzata dei pesi spaziali,  $z_a$  è il valore standardizzato del valore oggettivo del suolo (essendo  $z_a^i$  il valore standardizzato alla locazione  $i$ ) e  $z_b$  è il valore standardizzato di accessibilità (essendo  $z_b^j$  il valore standardizzato di locazione di vicinanza).

Il peso della matrice è stato basato sul più immediato valore di vicinanza con 20 vicini scelti come più prossimi, una scelta diffusa nelle analisi immobiliari. La valenza statistica delle relazioni bivariate è basata su un approccio di permutazione con 999 permutazioni random costituite. E' stato usato il software GeoDa [versione 1.12.0] [41] per le analisi e ArcGIS per la mappa di visualizzazione.

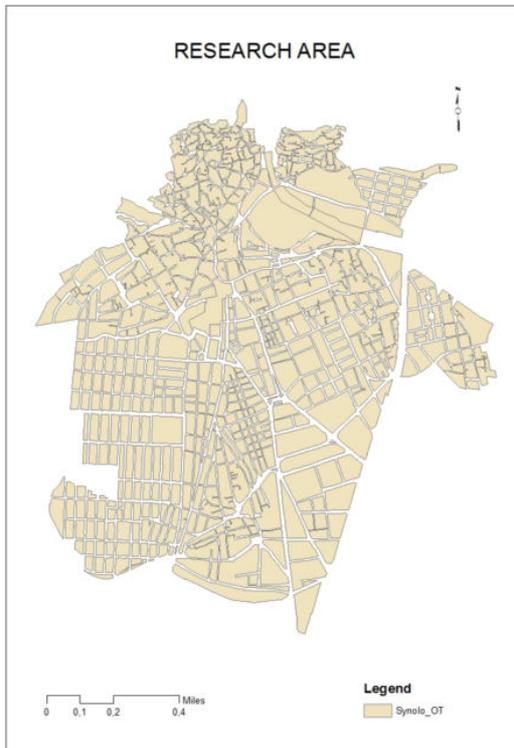


Fig. 1a - Area di ricerca  
(Fonte: Propria elaborazione)

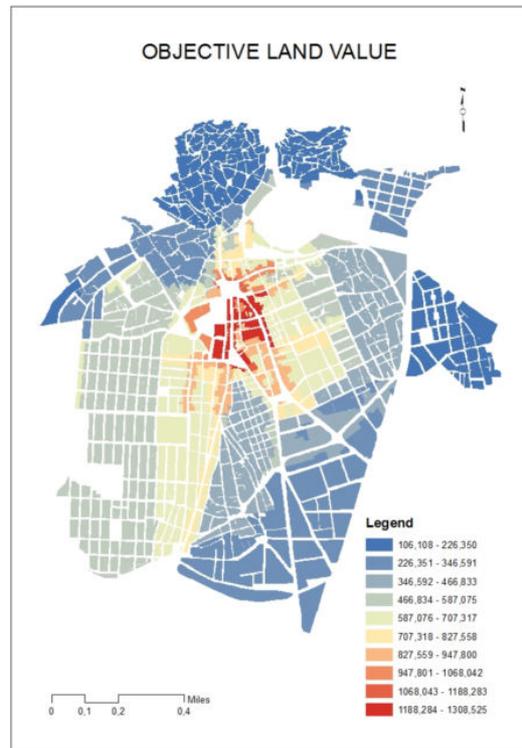


Fig. 1b - Valori oggettivi del suolo  
(Fonte: Propria elaborazione)

### 3. Risultati e considerazioni

Viene presentato nella figura (vedi Fig. 1b) un equivalente intervallo di classificazione dell'obiettivo, con i valori più bassi che risultano nelle parti più vecchie e i più alti nel centro della città.

Rispetto alle figure (vedi Figg. 2.a e 2.b.) è stato scelto un equivalente intervallo di classificazione con le tonalità blu indicanti i valori di accessibilità più bassi crescenti verso il beige e infine con le tonalità rosse indicanti i valori più alti.

La mappa di integrazione (vedi Fig. 2.a) mostra come il centro della città lungo i principali assi viari, e gli assi con le attività commerciali al dettaglio sono altamente integrati, al contrario ovviamente delle aree isolate che circondano il centro urbano della città.

I risultati dell'analisi spaziale sono coerenti con la precedente ricerca [29] correlando i valori di alta integrazione con la griglia del tessuto urbano e i bassi livelli con il cul-de-sac.

In questo caso, le parti più antiche della città con il tessuto organico sono quelle con il più basso livello di integrazione.

La figura (vedi Fig. 2.b) mostra le tratte della rete che sono maggiormente attraversate in ogni possibile scelta di viaggio.

Queste tratte sono attualmente le parti della rete che collegano le aree più vecchie delle città con le più recenti espansioni (come proposto da Law et al., [27]), le attività all'ingrosso e le attività al dettaglio. La correlazione spaziale tra l'integrazione aggregata e il valore del suolo è stata riportata nella tabella (vedi Tab. 1).

Entrambi i casi hanno una [variabile sott.] bivariata di Moran  $I > 0$  con i valori- $z > 100$  al livello  $p = 0.001$ , indicante l'esistenza di correlazioni spaziali positive e di cluster spaziali. Come già affermato Local indicators of association (LISA) identificano la collocazione e il tipo di associazione fra le variabili.

I risultati LISA sono rappresentati nelle mappe 5 e 6, dimostrando che esiste un modello spaziale per entrambi i parametri di accessibilità a scala locale. In generale, osservazioni significative per l'integrazione e la scelta al livello  $p < 0.05$  sono rispettivamente 63% e 52%.

I risultati indicano le differenze nel modello emergente di relazione spaziale tra le parti della città.

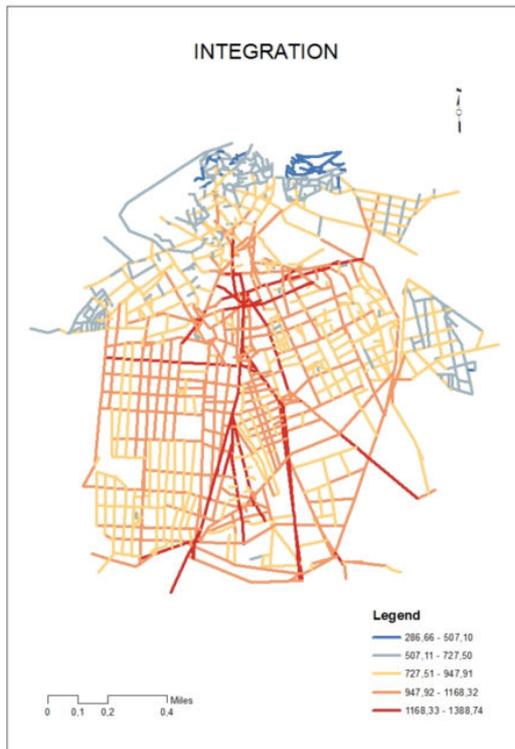


Fig. 2a – Valutazioni di integrazione (raggio 1500 m)  
(Fonte: Propria elaborazione)

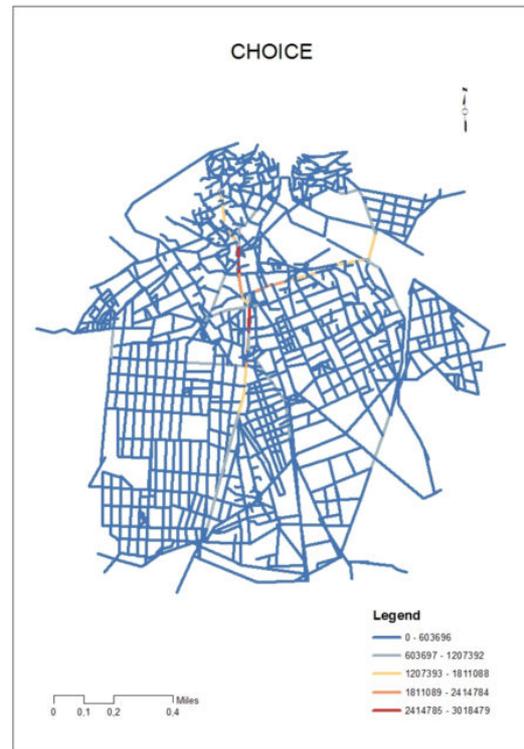


Fig. 2b – Valutazioni di scelta (raggio 1500 m)  
(Fonte: Propria elaborazione)

Variabili	Moran's I	Sd	Valore-z	Valore - p
Integrazione	0,5917	0,0029	201,7121	0,001
Scelta	0,2718	0,0026	105,7353	0,001

Tab. 1 – Correlazione spaziale tra l'integrazione aggregata e il valore del suolo  
(Fonte: Propria elaborazione)

La figura (vedi Fig. 3.a) mostra l'esistenza di entrambe le relazioni, positiva e negativa, fra l'integrazione e i valori oggettivi.

La bassa integrazione e i valori oggettivi del suolo sono collocati nel nord e nell'est di Xanthi, così come le parti più vecchie della città, che sono aree maggiormente residenziali con bassi livelli di Floor Space Index (FSI) (FSI viene usato per valutare la densità).

Una significativa alta integrazione e zone di alto valore oggettivo sono concentrate nelle localizzazioni all'interno, maggiormente intorno al centro cittadino e nelle strade con elevate attività di commercio al dettaglio ed elevato FSI.

Di particolare interesse sono i cluster LH (basso valore oggettivo e alta integrazione) maggiormente collocati nelle zone a sud della città tra gli assi stradali altamente integrati. Questi cluster possono essere divisi in due parti: una collocata al centro cittadino, correlata a valori di alta integrazione, alta densità (espressa attraverso il FSI) ma pochi lotti, e l'altra collocata nell'area più a sud della città, dove, sebbene siano concentrati i valori di alta integrazione, l'FSI è medio.

Nella figura (vedi Fig. 3b) sono rappresentati i risultati dell'analisi LISA per scelta e valori del suolo oggettivi.

Le aree indicate in rosso intenso (HH) indicano che più

elevata è la scelta più elevato è il valore del suolo.

Questa porzione coincide con il centro della città, che è contrassegnato da consistente attività commerciale ed imprenditoriale e gli assi stradali che racchiudono il centro delle attività al dettaglio.

Nelle aree marginali (LL) nel nord, sud e est di Xanthi, i bassi valori oggettivi sono correlati con bassi valori di scelta. Queste aree residenziali sono definite da bassa densità (basso FSI, ridotta altezza degli edifici, case isolate, piccoli lotti).

Di particolare interesse è la regione LH collocata nella parte sud del nucleo vecchio dove i valori oggettivi si correlano negativamente con la scelta.

La complessità della griglia giustifica i più alti valori di scelta, mentre questa parte del vecchio nucleo centrale, sebbene condivide le stesse condizioni di densità dichiarate in precedenza, è un emergente centro di attività gastronomico/ricreative. Infine, un ulteriore cluster (HL) sta crescendo nella parte sudovest della città, dove i più alti valori oggettivi sono osservati assieme a più bassi valori di scelta.

Questa regione (prevalentemente residenziale) diversamente dal nucleo storico, è caratterizzata da alte costruzioni e densità abitativa (alto FSI e alloggi) con un layout urbano che segue un modello a griglia.

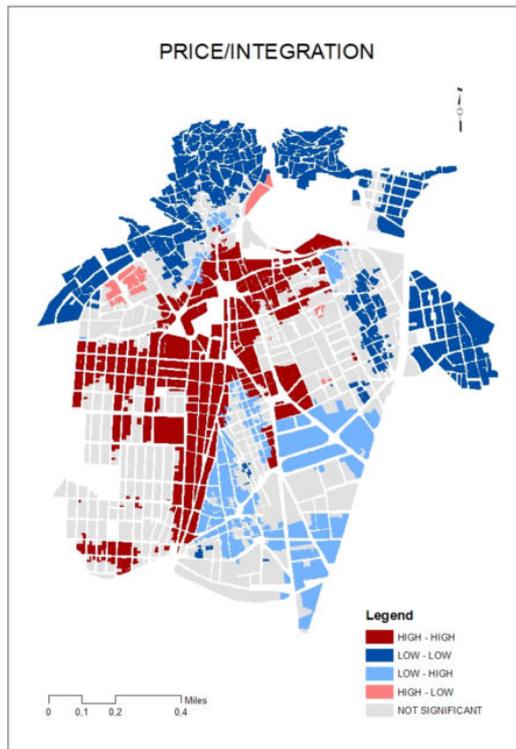


Fig. 3a – Analisi LISA per l'integrazione  
(Fonte: Propria elaborazione)

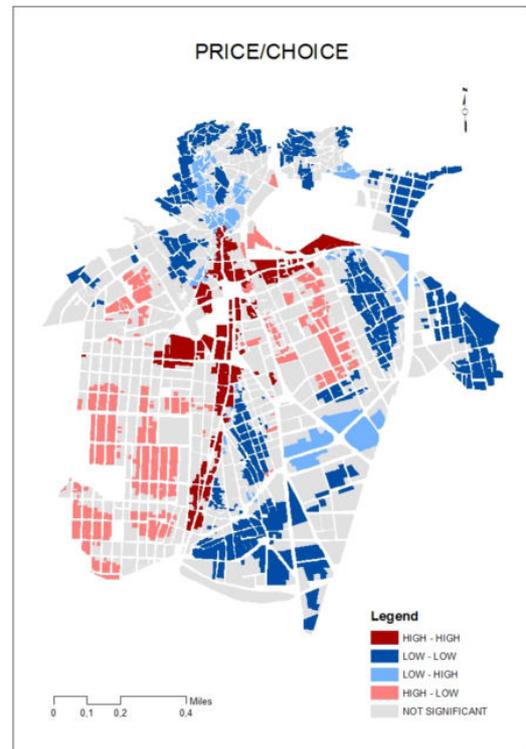


Fig. 3b – Analisi LISA per la scelta  
(Fonte: Propria elaborazione)

## 4. Conclusioni e prospettive

Questa ricerca è stata indirizzata verso le inferenze riguardanti la significativa relazione fra l'accessibilità geometrica e i valori del suolo oggettivi.

Tuttavia, è più che evidente che la combinazione tra gli strumenti di associazione spaziale e la teoria Sintattico Spaziale consente di far emergere i cluster per la relazione spaziale. Riconoscere i parametri che formano il valore del suolo è un importante processo riguardante le attività immobiliari, gli affitti, il finanziamento delle infrastrutture, gli investimenti o perfino la determinazione e distribuzione delle tasse.

Comprendere la relazione fra questi parametri e il valore del suolo può essere molto utile per i pianificatori urbani così come per gli investitori pubblici e privati in tutti i processi decisionali urbani.

I risultati indicano differenze negli emergenti modelli di relazioni spaziali tra differenti parti della città.

Uno dei più interessanti risultati è che, sebbene alcune parti della città (centro città, nord ed est Xanthi) stanno mostrando le rispettive relazioni spaziali tra valori oggettivi e ogni valutazione di accessibilità, per tutte le altre parti della città soltanto una delle valutazioni mostra una significativa relazione spaziale con i valori oggettivi, tali da far riflettere come entrambi gli indici di accessibilità siano necessari per l'interpretazione del valore del suolo.

Un'interessante idea per future ricerche potrebbe essere focalizzarsi sull'analisi di correlazione spaziale di integrazione e le valutazioni di scelta nei differenti raggi, proba-

bilmente diffondendo in tal modo più luce sul fenomeno della valutazione del suolo. Tuttavia, l'analisi di modelli multivariabili con valutazioni Spazio Sintattiche, pacchetti di dati e variabili strutturali di quartiere può essere applicata per indicare la grandezza di ogni variabile.

## Bibliografia

- [1] Kiel K.A., Zabel J.E., *Location, location, location: The 3L approach to house price determination*. In: *Journal of Housing Economics*, 17(2), pp. 175 - 190, 2008
- [2] Orford S., *Valuing locational externalities: A GIS and multilevel modelling approach*. In: *Environment and Planning B, Planning and Design*, 29(1), pp. 105 - 127, 2002
- [3] Nilsson P., *Natural amenities in urban space - A geographically weighted regression approach*. In: *Landscape and Urban Planning*, 121, pp. 45 - 54, 2014
- [4] Spinney J., Maoh H., Kanaroglou P., *Location and land values: comparing the accuracy and fairness of mass appraisal models*. In: *Canadian Journal of Regional*, 37(1/3), pp. 19 - 26, 2014
- [5] Handy S., *Planning for accessibility: Theory and practice*. In: Levinson D.M., Krizek K.J. (eds.), *Access to Destinations*, pp. 131 - 147, Elsevier Publishers, 2005
- [6] Asabere P.K., Huffman F.E., *Zoning and industrial land values: The case of Philadelphia*. In: *Real Estate Economics*, 19(2), 154 - 160, 1991
- [7] Cervero R., Duncan M., *Neighbourhood composition*

- and residential land prices: Does exclusion raise or lower values?. In: *Urban Studies*, 41(2), pp. 299 - 315, 2004
- [8] Kok N., Monkkonen P., Quigley J.M., *Land use regulations and the value of land and housing: An intra-metropolitan analysis*. In: *Journal of Urban Economics*, 81, pp. 136 - 148, 2014
- [9] Cutini V., *Centrality and Land Use: Three Case Studies on the Configurational Hypothesis*. In: *Cybergeo: European Journal of Geography [Online]*, Systems, Modelling, Geostatistics, document 188, 2001
- [10] Bafna S., *Space syntax: A brief introduction to its logic and analytical techniques*. In: *Environment and Behavior*, 35(1), pp. 17 - 29, 2003
- [11] Teklenburg J.A.F., Timmermans H.J.P., Van Wageningen A.F., *Space syntax: Standardised integration measures and some simulations*. In: *Environment & Planning B: Planning & Design*, 20(3), pp. 347 - 357, 1993
- [12] Hillier B., Hanson J., *The social logic of space*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984
- [13] Hillier B., Penn A., Hanson J., Grajewski T., Xu J., *Natural movement: Or, configuration and attraction in urban pedestrian movement*. In: *Environment & Planning B: Planning & Design*, 20(1), pp. 29 - 66, 1993
- [14] Penn A., Turner A., *Space Syntax Based Agent Simulation*. In: Schreckenberg M., Sharma S.D., (eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, pp. 99 - 114. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2002
- [15] Hillier, B., Lida S., *Network and psychological effects in urban movement*. In: *International Conference on Spatial Information Theory, COSIT 2005, Ellicottville, NY, United States, LNCS, Volume 3693*, pp. 475 - 490. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005
- [16] Hillier B., Vaughan L., *The city as one thing*. In: *Progress in Planning*, 67(3), pp. 205 - 230, 2007
- [17] Hillier B., *Space is the machine: a configurational theory of architecture*. E-edition. Space Syntax: London, UK, 2007
- [18] Karimi K., *A configurational approach to analytical urban design: Space syntax methodology*. In: *Urban Design International*, 17(4), pp. 297 - 318, 2012
- [19] Law S., Stonor T., Lingawi S., *Urban value: Measuring the impact of spatial layout design using space syntax*. In: Kim Y.O., Park H.T., Seo K.W. (eds.), *Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium*, pp. 061.1 - 061.14, Sejong University Press, Seoul, 2013
- [20] Desyllas J., *Berlin in Transition: Using Space Syntax to analyse the relationship between land use, land value and urban morphology*. In: Major M.D., Amorim L., Dufaux D. (eds.), *Proceedings of the First International Space Syntax Symposium*, pp. 04.1 - 04.15, University College London, London, 1997
- [21] Xiao Y., Webster C., Orford S., *Identifying house price effects of changes in urban street configuration: An empirical study in nanjing, china*. In: *Urban Studies*, 53(1), pp. 112 - 131, 2016
- [22] Giannopoulou M., Vavatsikos A.P., Lykostratis K., *A Process for Defining Relations between Urban Integration and Residential Market Prices*. In: Calabrò F., Della Spina L. (eds.), *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 223, pp. 153 - 159. Elsevier, 2016
- [23] Law S., Karimi, K., Penn A. Chiaradia A., *Measuring the influence of spatial configuration on the housing market in metropolitan London*. In: Kim Y.O., Park H.T., Seo K.W. (eds.), *Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium*, pp. 121.1 - 121.20. Sejong University Press, Seoul, 2013
- [24] Matthews J.W., Turnbull G.K., *Neighborhood street layout and property value: The interaction of accessibility and land use mix*. In: *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 35(2), pp. 111 - 141, 2007
- [25] Shen Y., Karimi K., *The economic value of streets: Mix-scale spatio-functional interaction and housing price patterns*. In: *Applied Geography*, 79, pp. 187 - 202, 2017
- [26] Chiaradia A., Hillier B., Barnes Y., Schwander C., *Residential property value patterns in London: space syntax spatial analysis*. In: Koch D., Marcus L., Steen J. (eds.), *Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium*, pp. 015.1 - 015.12. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, 2009
- [27] Narvaez L., Penn A., Griffiths S., *Space Syntax Economics: Decoding accessibility using property value and housing price in Cardiff, Wales*. In: Greene M., Reye, J., Castro A. (eds.), *Proceedings of the Eighth International Space Syntax Symposium*, pp. 1 - 19, Santiago de Chile, 2012
- [28] Min K., Moon J., Kim Y., *The Effect of Spatial Configuration on Land Use and Land Value in Seoul*. In: Kubat A.S., Ertekin O., Guney Y.I., Eyubolu E. (eds.), *Proceedings of the Sixth Space Syntax Symposium*, pp. 080.1 - 080.16, Istanbul, 2007
- [29] Enström R., Netzell O., *Can Space Syntax Help Us in Understanding the Intraurban Office Rent Pattern? Accessibility and Rents in Downtown Stockholm*. In: *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 43(4), pp. 548 - 548, 2011
- [30] Bencardino M., Granata M.F., Nesticò A., Salvati L., *Urban growth and real estate income. A comparison of analytical models*. In: Gervasi O., et al. (eds.), *ICCSA 2016*. LNCS, vol. 9788, pp. 151 - 166, Springer, Cham, 2016
- [31] Bencardino M., Nesticò A., *Urban Sprawl, Labor Incomes and Real Estate Values*. In: Borruso G. et al (eds.), *ICCSA 2017, LNCS, vol. 10405*, pp. 17 - 30. Springer International Publishing, AG 2017
- [32] Casetti E.: *The expansion method, mathematical modeling, and spatial econometrics*. In: *International Regional Science Review*, 20(1 - 2), pp.9 - 33, 1997

- [33] Fotheringham A.S., Brunson C., Charlton M., *Geographically Weighted Regression*, Wiley, 2002
- [34] Anselin L., *Local Indicators of Spatial Association-LISA*. In: *Geographical Analysis*, 27, pp. 93 - 115 1995
- [35] Anselin L., Syabri I., Smirnov O., *Visualizing Multivariate Spatial Autocorrelation with Dynamically Linked Windows*. In: Anselin L., Sergio Rey S. (eds.), *New Tools for Spatial Analysis*. CSISS, Santa Barbara, 2002
- [36] Getis A., *A history of the concept of spatial autocorrelation: A geographer's perspective*. In: *Geographical Analysis*, 40(3), pp. 297 - 309, 2008
- [37] Griffith D.A., *Spatial Autocorrelation*. In: Kitchin R., Thrift N. (eds.), *International Encyclopedia of Human Geography*, pp. 308 - 316, Elsevier, 2009
- [38] McIlhatton D., McGreal W., Taltavul de la Paz P., Adair A., *Impact of crime on spatial analysis of house prices: Evidence from a UK city*. In: *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 9(4), pp. 627 - 647, 2016
- [39] Turner A., *Depthmap 4, A Researcher's Handbook*. Homepage. Informazioni su: <http://www.vr.ucl.ac.uk/depthmap/handbook/depthmap4.pdf>.
- [40] Varoudis T., *DepthmapX - Multi-platform Spatial Network Analyses Software*. Homepage. Informazioni su: <https://github.com/varoudis/depthmapX>.
- [41] Anselin L., Syabri I., Kho Y., *GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis*. In: *Geographical Analysis* 38 (1), pp. 5 - 22, 2006



**The Economic Analysis of the Project Risk.  
Criteria and Techniques**

# L'ANALISI ECONOMICA DEL RISCHIO DI PROGETTO. CRITERI E TECNICHE

Antonio Nesticò

Dipartimento DICIV, Università degli Studi di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132 - 84084, Fisciano (SA), Italia

anestico@unisa.it

## Abstract

With regard to investment initiatives, a careful analysis of the multiple associated risk components is required, even more so if the objectives to be pursued are not only financial but also social, cultural and environmental. The present work envisages taking stock of the risk concept and the techniques commonly used for risk analysis in the economic evaluation of projects. In order to detect critical issues and to outline research perspectives.

**KEY WORDS:** Risk, Uncertainty, Risk Management, Risk Analysis, Economic Evaluation.

## 1. Il concetto di rischio e il processo di risk management

Nella più ampia accezione del termine, per rischio s'intende il verificarsi di determinati eventi che provocano effetti negativi. In tal senso si parla di rischio ogni volta che ad uno specifico accadimento può essere razionalmente associata una prospettiva di danno.

È questo un concetto ampiamente condiviso in ambito economico-aziendale, come risulta dai lavori di Fisher I. [1], Chessa F. [2], Hardy C.O. [3], Sassi S. [4], Knight F.H. [5], Culp C.L. [6]<sup>1</sup>.

Tuttavia, all'idea di rischio come eventualità sfavorevole, ne è affiancata un'altra, più circostanziata rispetto a quella di carattere generale, dacché riferita a situazioni per le quali è possibile stabilire in maniera "oggettiva", ovvero sulla base dei risultati di un esperimento di tipo casuale, la probabilità di accadimento.

Come ebbe a dire Knight F.H. [9], si ha rischio quando la manifestazione degli eventi può essere misurata su base

probabilistica; al contrario di quanto accade nelle condizioni di incertezza, connotate dall'assenza di dati significativi sulla frequenza statistica del fenomeno e pertanto apprezzabili soltanto in modo "sogettivo".

L'incertezza indica quindi uno "stato generico", che non consente la completa conoscenza dello svolgimento dei fatti.

Riprendendo Spencer M.H. e Siegelman L. ([10], pag. 9): «Uncertainty has been defined as a state of knowledge in which one or more alternatives result in a set of possible specific outcomes, but where the probabilities of the outcomes are neither known nor meaningful».

Medesima spiegazione è data da Saraceno P. ([11], pag. 122): «Si può osservare che:

1. nelle decisioni prese in *situazione di incertezza*, i valori assegnati a P non trovano un buon fondamento nelle osservazioni del passato; tali decisioni sono quindi inevitabilmente diverse, a parità di altre condizioni, da operatore a operatore;

<sup>1</sup>Già Gobbi U. ([7], pag. 49) scriveva: «Un'eventualità può essere economicamente *favorevole* o *sfavorevole* per una persona a seconda che la renda più o meno dotata di mezzi per la sua vita; è *indifferente*, se non ha né l'uno, né l'altro effetto. La parola *rischio* si usa talora nel senso di eventualità che abbia conseguenze economiche, buone o cattive; più di frequente nel senso di un'eventualità economicamente sfavorevole».

Né contraddice detto significato la distinzione proposta per le attività d'impresa da Mowbray A.H. e Blanchard R.H. [8] in:

- "rischi speculativi" [*speculative risks*], caratterizzati da evenienze che possono essere sia di perdita che di profitto, e

- "rischi puri" [*pure risks*], per i quali sono prospettati soltanto casi di perdita.

2. nelle decisioni prese in *situazione di rischio*, l'osservazione del passato offre elementi probanti sul valore da assegnare a P; se tale presunzione è fondata e se l'osservazione è fatta in modo corretto diversi operatori non possono quindi non assegnare uguali valori a P. In altri termini la soggettività che è rilevante nella situazione di cui al punto 1) può di fatto cadere nelle decisioni di cui al punto 2), pur permanendo la situazione di rischio;

3. nelle decisioni prese in *situazione di certezza*, l'osservazione del passato induce ad attribuire un valore nullo a tutte le probabilità salvo che ad una; la determinazione si riduce quindi ad una scelta tra le sole alternative contemplate nella colonna corrispondente dell'unica condizione che può verificarsi».

Panati G. e Golinelli G.M. [12] impiegano i termini *certezza deterministica*, *certezza probabilistica* e *incertezza assoluta*.

Pari esegesi è resa anche da Zerby R.O.Jr. e Bellas A.S. ([13], pag. 256) per le finalità applicative proprie dell'analisi costi-benefici di progetti d'investimento: «*Uncertainty* refers to the idea that planners do not know for certain what the state of the world will be. While they realize that different states of the world may occur, the relative probabilities of these states of the world may be unknown. *Risk* is a condition where probabilities are assigned to these different states of the world and active consideration is given to how good or bad the outcomes are in each state of the world».

Knight F.H. ([14], pag. 20) si sofferma sulla misurabilità delle incertezze, distinguendo così tra incertezze misurabili, propriamente dette rischi, e incertezze non misurabili, queste ultime vere incertezze: «It will appear that a measurable uncertainty, or "risk" proper, as we shall use the term, is so far different from an unmeasurable one that it is not in effect an uncertainty at all. We shall accordingly restrict the term "uncertainty" to cases of the non-quantitative type. It is this "true" uncertainty, and not risk, as has been argued, which forms the basic of a valid theory of profit and accounts for the divergence between actual and theoretical competition». Secondo l'interpretazione data, l'effetto dei fattori di rischio può avere caratteri indifferentemente negativi o positivi, configurando quindi possibili perdite, ma anche opportunità per la creazione di maggior valore.

In tal senso si esprimono anche Pennisi G. e Scandizzo P.L. [15], i quali a pag. 227 danno un'interessante definizione di incertezza e di rischio: «In genere si parla di incertezza quando ci si riferisce ad una condizione oggettiva, caratterizzata dalla possibilità che gli eventi futuri siano diversi a seconda dei diversi stati della natura che possono verificarsi.

Si parla invece di rischio per denotare una condizione soggettiva in cui, come conseguenza dell'incertezza, il benessere di uno o più soggetti dipende dal particolare stato della natura che si verificherà.

Si dice in questo caso che il soggetto corre un rischio per indicare che il suo benessere può essere messo a repentaglio (ma può anche essere esaltato) dalla realizzazione di uno o più eventi particolari».

Orbene, a fronte di studi che pure hanno evidenziato limiti nella teorizzazione di Knight F.H. [16, 17], la distinzione tra rischio e incertezza proposta dallo stesso Autore è stata largamente ripresa in letteratura<sup>2</sup> e ha dato impulso a numerosissime ricerche riguardanti:

- la individuazione e la classificazione di rischi e incertezze che attengono alla gestione d'impresa e alle iniziative d'investimento;
- le metodologie e le tecniche applicative per la "valutazione economica" e per l'"analisi economica" del rischio<sup>3</sup>; e poi anche
- i provvedimenti da attuare per fronteggiarne gli effetti.

Si tratta di tre specifici campi di studio i quali tuttavia, riguardati alla luce delle relazioni funzionali tra essi esistenti, compongono nel loro insieme l'unico processo logico-operativo di *risk management*, che richiede dapprima l'identificazione dei rischi, poi la corrispondente *valutazione* e *analisi*, quindi la messa a punto di idonee azioni per il *controllo* delle rischiosità rilevate<sup>4</sup>.

La Figura (vedi Fig. 1) schematizza la sequenza delle fasi necessarie per la gestione del rischio insito nelle attività progettuali.

Nella sostanza, equivalente è l'impostazione che Amelotti L. e Valcalda B. ([32], pagg. 253-280) danno sul *risk management* per progetti d'investimento. In particolare, gli Autori riconoscono momenti, temporalmente successivi nonché interrelati, così intesi:

« - *risk planning*: rappresenta il processo di sviluppo per organizzare una strategia interattiva volta alla identificazione dei parametri direttori delle minacce di rischio, per

<sup>2</sup> Tra i tanti si segnalano: Keynes J.M. [18], Keynes J.M. [19], Borel E. [20], Von Neumann J. e Morgenstern O. [21], Samuelson P.A. [22], Hicks J.R. [23], Saraceno P. [11]. Va comunque osservato che studi attinenti ai criteri utili per la cosiddetta *economia dell'incertezza* risalgono già a Fermat P. e Pascal B. [24], Huygens C. [25], Bernoulli D. [26], Laplace P.S. [27]. Per approfondimenti sull'evoluzione storica dell'analisi e del trattamento del rischio, cfr. Massè P. [28].

<sup>3</sup> Vale la pena sottolineare il differente significato concettuale spesso attribuito ai termini "valutazione economica" e "analisi economica" del rischio. Come spiega Dezzani F. ([29], pag. 20): «Mentre gli studi che particolarmente indagano il riflesso economico degli accadimenti futuri sono studi di "analisi economica" del rischio, quelli finalizzati da ricerche sullo "stato di conoscenza" del manifestarsi degli eventi futuri sono invece studi di "valutazione economica" del rischio medesimo».

<sup>4</sup> La letteratura economico-aziendale tratta di gestione dei rischi nelle attività d'impresa già dai primi decenni del secolo scorso. Dapprima la questione veniva affrontata in termini di *insurance management*, giacché si tendeva quasi esclusivamente a forme di copertura assicurativa; solo a partire dagli anni Cinquanta si comincia a parlare di *risk management* nel senso oggi inteso di processo volto a permeare l'intero iter decisionale. Sugli aspetti storico-evolutivi, qui solo accennati, cfr. Bernstein P. [30], Beretta S. ([31], in particolare alle pagine 20-33).

realizzare i piani operativi, per effettuare valutazioni sull'evoluzione del rischio e per pianificare le risorse necessarie;

- *risk assessment*: rappresenta il processo relativo all'identificazione e classificazione dei rischi nonché alla loro analisi (lessons learned) volta a definirne i dettagli, isolarne le cause, quantificarne gli effetti utilizzando gli strumenti del Project Management quali WBS, networks, cost model, valutazione delle performance, ecc.;

- *risk handling*: rappresenta il processo relativo alla identificazione, selezione e implementazione delle azioni da intraprendere al fine di mantenere il rischio a livelli accettabili in funzione degli obiettivi e dei vincoli del progetto;

- *risk monitoring*: rappresenta il processo che in maniera sistematica evidenzia ed esprime valutazioni circa le performance del risk handling » [pag. 256].

Al paragrafo che segue è dato conto delle tecniche di analisi del rischio più comunemente impiegate nella valutazione economica dei progetti d'investimento.

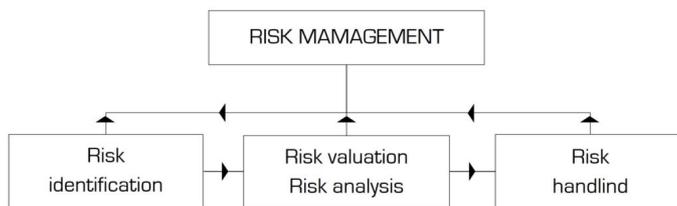


Fig.1 – Il processo di risk management  
[fonte: Propria elaborazione]

## 2. Tecniche per la risk analysis

Una volta individuati i rischi inerenti all'iniziativa progettuale, il processo di *risk management* obbliga a sviluppare la "valutazione economica" e l'"analisi economica" del rischio. Con esse, riprendendo la differenziazione già esposta, si tende rispettivamente ad accertare: in che misura un dato evento si manifesterà; gli effetti dell'evento stesso sull'investimento.

Nel seguito del lavoro, alla maniera di più Autori (fra gli altri, Pennisi G. e Scandizzo P.L., [15], op. cit.), i due termini sono considerati come sinonimi, intendendo indifferentemente per *valutazione* o *analisi* del rischio l'unica fase di studio rivolta nel contempo alla caratterizzazione statistica delle grandezze in esame e alla previsione delle

conseguenze che le distribuzioni di probabilità assegnate ingenerano sugli esiti dell'intervento.

Prima di passare sinteticamente in rassegna le metodologie e le tecniche applicative per la *risk analysis*, vale premettere che pochi e di discutibile validità teorica sono gli approcci utili al valutatore che si trova ad esprimere giudizi di convenienza sulla realizzabilità di progetti in condizioni di incertezza.

Come sostiene Mishan E.J. ([33], pag. 295), «il problema del modo in cui prendere delle decisioni in quelle situazioni in cui l'esperienza passata ha un valore orientativo scarso o nullo, non può essere soddisfacentemente risolto né sul piano della logica né su quello empirico, e tutte le regole che sono state formulate sono applicabili in misura limitata o prive di valore pratico».

La letteratura suggerisce essenzialmente il ricorso:

- all'analisi di sensibilità e/o
- alla valutazione in differenti scenari.

Talvolta vengono proposti lo strumento della programmazione matematica<sup>5</sup> e la logica della teoria dei giochi<sup>6</sup>. Scopo della *sensitivity analysis* è rilevare gli effetti dell'incertezza correlata all'andamento dei parametri in grado di incidere significativamente sui risultati della valutazione. A tal fine si registra la variazione dell'indice di performance dell'iniziativa al modificarsi della misura di un parametro, presupponendo inalterati gli altri.

Ripetendo l'operazione per tutti i fattori prescelti, è dato riconoscere a quale tra questi il progetto è massimamente reattivo.

Sono evidenti i limiti di una siffatta procedura, che innanzitutto assume a base delle elaborazioni numeriche un livello delle grandezze fondamentali prestabilito in maniera soggettiva dall'analista, senza poter disporre di dati sulla probabilità di manifestazione degli eventi; procedura che, inoltre, impone un'analisi sviluppata separatamente per ogni singola variabile, e dunque trascurando l'effetto congiunto dell'incertezza su più fattori.

Quest'ultimo limite è superato nelle valutazioni condotte con riguardo a differenti scenari, generalmente ottimistico, di massima verosimiglianza e pessimistico<sup>7</sup>.

Per ciascuno, infatti, si ipotizzano plausibili combinazioni dei parametri, col fine di circoscrivere lo spettro dei differenti casi che si conta possano manifestarsi.

<sup>5</sup> Con tale strumento è definita una legge matematica, detta *funzione obiettivo*, che mette in corrispondenza il risultato del progetto con le sue variabili rappresentative. Vincoli associati alla funzione ed espressi sotto forma di equazioni o disequazioni, definiscono l'*insieme di ammissibilità* per i valori delle variabili. Il problema da risolvere consiste quindi nell'ottimizzazione di una funzione a più variabili soggetta al prestabilito sistema di vincoli. In ordine agli aspetti di carattere prettamente matematico cfr., tra i tanti, Hillier F.S. e Lieberman G.J. [34]. Per un'applicazione alla definizione di programmi d'investimento, si veda Morano P. e Nesticò A. [35].

<sup>6</sup> Un'analisi critica sul tema è in Mishan E.J. [33]. Per quanto concerne l'impiego della teoria dei giochi a supporto delle decisioni, cfr. Bennion E.G. [36], Luce R.D. e Raiffa H. [37].

<sup>7</sup> Nei paesi anglosassoni si parla spesso di bop analysis, dove bop è l'acronimo di best, optimistic, pessimistic.

Va da sé l'ampio margine di discrezionalità che la tecnica in esame affida all'operatore, nonché la modesta - se non scarsa - efficacia che a fini decisionali assumono i risultati laddove, come quasi sempre accade, è ampio il ventaglio delle soluzioni passando dallo scenario ottimistico a quello pessimistico<sup>8</sup>.

Diversamente da quanto accade in situazioni di incertezza, numerosi sono i criteri applicabili allorché le stime si eseguono in condizioni di rischio. La logica da seguire può essere quella di:

- far rifluire l'alea in uno dei termini che compongono il valore attuale del progetto;
- ricorrere a strumenti di tipo statistico, quali la media-varianza o la dominanza stocastica;
- adottare analisi di tipo probabilistico;
- riguardare l'intervento in funzione delle sue "opzioni reali", ovvero come fonte di una serie di opportunità che può ingenerare.

La Figura (vedi Fig. 2) schematizza le più note tecniche per la *risk analysis*<sup>9</sup>. Fra tutte, di volta in volta, l'analista sceglie quella che meglio di ogni altra si adatta al caso specifico, essenzialmente in rapporto:

- a) alle *caratteristiche dell'iniziativa progettuale*<sup>10</sup>, dalle quali può dipendere - ad esempio - l'opportunità di procedere frammentando l'evoluzione temporale dell'investimento in più fasi successive, benché interrelate; oppure collocandolo all'interno di un unico percorso, rigidamente strutturato attraverso un predefinito sistema di vincoli<sup>11</sup>;
- b) alla *disponibilità di dati e informazioni necessari ad implementare lo strumento d'analisi*. Risulta poi evidente che la sussistenza nonché l'attendibilità dei dati è a sua volta funzione di una congerie di fattori. Tra questi rientra di certo la possibilità di trovare elementi di riscontro in progetti analoghi a quello oggetto di studio e ricadenti nello stesso sistema territoriale di riferimento; ma rientrano anche le peculiarità del contesto in cui l'intervento è calato, che definiscono un

mercato più o meno trasparente e un quadro economico statico o dinamico ([53], pag. 23).

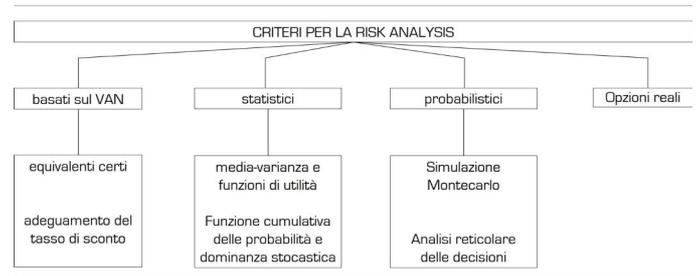


Fig. 2 - Tecniche per l'analisi del rischio (fonte: Propria elaborazione)

Venendo ad una breve disamina dei contenuti essenziali di ciascuna tecnica, appare subito la logica che sottostà agli *equivalenti certi* e all'*adeguamento del tasso di sconto*. Semplicemente riprendendo l'espressione formale del Valore Attuale Netto (VAN), dato dalla somma attualizzata dei *Cash Flows* (CF) attesi dal progetto negli *n* anni del periodo d'analisi:

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

s'intuisce la possibilità di filtrare le componenti di rischio correlate all'iniziativa sostituendo i flussi di cassa cosiddetti "aleatori" con flussi "equivalenti certi" di minore entità<sup>12</sup>; oppure, in alternativa, incrementando il saggio rappresentativo di attività non rischiose con un termine in grado di esprimere il premio per l'alea dell'investimento.

Il valore dei flussi equivalenti certi, la cui natura è tale da imporne l'attualizzazione al saggio prevedibile per impieghi di denaro a rischio nullo, può essere derivato in vari modi. I più noti sono due: quello che si basa sulla costruzione della funzione di utilità del decisore, a partire dalla struttura probabilistica del progetto<sup>13</sup>; e quello che fa ricorso alla teoria del *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Scarsamente utilizzato il primo a causa della non agevole derivazione matematica delle funzioni di utilità, particolar-

<sup>8</sup> Sull'argomento cfr. Chandler J. e Cockle P. [38], Loasby B.J. [39]. Esempificazioni riguardanti sia l'analisi di sensibilità che la valutazione in differenti scenari, sono in Brealey R.A., Myers S.C., Allen F. e Sandri S. ([40], pagg. 234-240). Da segnalare che gli Autori ritrovano nell'analisi del punto di pareggio un diverso modo di applicare l'analisi di sensibilità: «Quando sottoponiamo un progetto all'analisi di sensibilità o quando consideriamo scenari alternativi, ci chiediamo che cosa succederebbe se le vendite o i costi risultassero diversi dalle previsioni. I manager talvolta preferiscono porre questa domanda in termini diversi e si chiedono di quanto le vendite possano diminuire prima che il progetto possa essere in perdita. Questo esercizio è conosciuto come analisi del punto di pareggio» (pag. 238).

<sup>9</sup> Per l'analisi del rischio sono proposti anche altri approcci meno noti. Uno è quello della programmazione matematica, già citato quale strumento utile al trattamento dell'incertezza. Cfr. Mao J.C.T. [41].

Ulteriori modelli vengono derivati da tecniche per la valutazione dei rischi finanziari; in proposito cfr., fra i tanti: Basile I. e Erzegovesi L. [42], Penati A. [a cura di, [43]], Cherubini U. e Della Lunga G. [44]. Del pari, riferimenti scaturiscono da studi sulla teoria delle decisioni di portafoglio, dovuta a Markowitz H.M. [45], originariamente volta alla selezione degli impieghi in titoli mobiliari, poi oggetto di tentativi di generalizzazione agli investimenti immobiliari. Si suggeriscono, in merito: Markowitz H.M. [46], Champernowne D.G. [47]], Bicksler J.L. e Samuelson P.A. [48], Peterson D.M. [49], Copeland T.E. e Weston J.F. [50].

Interessante lettura è il lavoro di Arrow K.J. [51], che si propone di passare in rassegna la letteratura dell'economia, della filosofia, della matematica e della statistica, sul tema della scelta tra soluzioni rischiose.

Di sicuro valore è il testo di Reutlinger S. [52].

<sup>10</sup> È pleonastico dire che le caratteristiche del progetto discendono, almeno in parte, da quelle del settore produttivo di riferimento.

<sup>11</sup> Si pensi ad un progetto che impiega tecnologie "mature" o, diversamente, soluzioni tecniche innovative e non sperimentate. In quest'ultima circostanza, può essere eccessivamente riduttivo escludere future varianti in alcune delle dimensioni che disegnano la struttura originaria dell'intervento.

<sup>12</sup> Il fondamento razionale degli equivalenti certi sta nel concetto di avversione al rischio. Si veda Dallochio M. ([54], pag. 339).

<sup>13</sup> Sul tema cfr. Schlaifer R. [55], Allen D.E. [56], Ingersoll J.E. Jr. [57].

mente se da ricondurre a più interventi, è di dimostrata validità e di più semplice utilizzo il secondo, stante la sua caratteristica di trovare nel mercato le informazioni necessarie ad implementarne il modello di calcolo.

Come è detto in Pivato G. (a cura di, [58], pag. 934), la tesi del CAPM è che «in un mercato finanziario “perfetto” ed in condizioni di equilibrio, il rendimento di ogni titolo è pari alla somma del *saggio di interesse* e di un “*premio*” per il rischio sistematico. Tale maggiorazione è tanta più elevata quanto minore è l’attitudine del rendimento del titolo stesso a fluttuare in armonia con il mercato.

La componente di rischio di origine casuale, che può essere eliminata con un’opportuna diversificazione di portafoglio, non esercita invece alcuna influenza sul tasso in esame».

E poi è specificato: «Del rischio si fanno due parti: la componente *diversificabile* (o *non sistematica*) è eliminata dagli stessi operatori, con la formazione del portafoglio ottimale di mercato; la componente *non diversificabile* (o *sistematica*) si ricollega invece alle maggiori o minori discrepanze che possono verificarsi fra le fluttuazioni dei rendimenti del particolare titolo in esame, da un lato, e del portafoglio ottimale, dall’altro.

L’equazione che esprime il modello è la seguente:

$$\mu(r_j) = i + \beta_j \cdot | \mu(r_m) - i | , \quad (2)$$

ove  $\mu(r_j)$  è il rendimento atteso, rispetto al prezzo, per il titolo  $j$ esimo;  $i$  è il saggio di interesse per attività finanziarie esenti da rischio;  $\mu(r_m)$  è il rendimento atteso del portafoglio ottimale di mercato;  $\beta_j$  è un coefficiente espressivo dell’entità del rischio sistematico previsto del titolo. Precisamente, è:

$$\beta_j = \text{Cov} [r_j, r_m] / \sigma^2(r_m) \text{ » }^{14}. \quad (3)$$

<sup>14</sup> Per una chiara trattazione in merito al CAPM, cfr. Copeland T.E. e Weston J.F. [50], Brealey R.A., Myers S.C., Allen F. e Sandri S. [40]. Cfr. anche Lumby S. [59], Damodaran A. [60], Damodaran A. [61], Massari M. [62], Pastorello S. [63].

<sup>15</sup> Secondo Ventriglia F. [[64], pagg. 140 e 141], che pure riprende Sobrero M. [65], si assegnano «premi per il rischio più alti ai progetti di investimento più rischiosi, ovvero caratterizzati da un elevato grado di incertezza relativa all’entità e alla dislocazione temporale dei flussi monetari attesi. Quest’approccio, tuttavia, conduce spesso a distorsioni eccessive, derivanti dal fatto che i flussi finanziari di un investimento sono tanto più penalizzati dai tassi di attualizzazione, quanto più risultano distanti dal momento della decisione. L’utilizzo di premi per il rischio arbitrariamente alti, e per di più costanti nel tempo, dà luogo a tassi di attualizzazione crescenti geometricamente, mentre è quasi mai vero che un investimento sia caratterizzato da incertezza avente la stessa dinamica. È vero, invece, che per alcuni investimenti gran parte dell’incertezza si estingue, normalmente, nei primi anni di vita del progetto. Di conseguenza l’alea decresce nel tempo. In definitiva, l’aggiustamento per il rischio secondo l’approccio soggettivo si traduce spesso in incrementi arbitrari dei tassi di sconto, che crescono geometricamente, abbattendo con la stessa progressione i valori dei flussi finanziari più distanti nel tempo». Fra i testi che trattano il tema del premio per il rischio, cfr. Cornell B. [66], Ibbotson R., Goetzmann W. e Kogut B. [67].

<sup>16</sup> Sull’aggiustamento del tasso di sconto per il rischio secondo il CAPM, si veda Ventriglia F. [[64], pagg. 140-148].

<sup>17</sup> I concetti di rendimento medio atteso e di varianza del rendimento si appaiono di primaria importanza ai fini della valutazione economica dei progetti dacché, considerati congiuntamente, permettono di interpretare in modo corretto il rischio dei capitali investiti.

In termini statistici, la formula del *rendimento medio atteso*  $R$  - stimato attraverso il VAN o il TIR o altro indicatore più adatto per interpretare i risultati dell’analisi - si esplicita come la media ponderata dei diversi rendimenti  $R_s$  ( $s = 1, \dots, n$ ) che l’intervento si ritiene possa generare al verificarsi di differenti scenari, laddove il fattore di ponderazione  $P_s$  è dato dalle probabilità associate a ciascuno degli  $n$  scenari:

$$R = \sum_{s=1}^n P_s \cdot R_s$$

La *varianza*  $\sigma^2$  è la media del quadrato degli scarti dei rendimenti  $R_s$  associati all’iniziativa rispetto al valore medio  $R$ :

$$\sigma^2 = \sum_{s=1}^n P_s \cdot (R_s - R)^2$$

La radice quadrata della varianza è la deviazione standard, pure detta scarto quadratico medio. Quantunque varianza e deviazione standard rendano la medesima informazione, concernente la dispersione dei rendimenti intorno alla media, la seconda dà il vantaggio di restituire la misura del rischio nella stessa unità di misura in cui sono forniti i valori attesi o osservati e la loro media.

Ampiamente più diffuso è il criterio che consiste nel sommare un premio  $p$  per il rischio dello specifico investimento, al tasso  $r_f$  in grado di remunerare allocazioni di denaro *risk free*. In tal modo si interviene sul denominatore della formula del VAN, lasciando invariati i flussi di cassa aleatori al numeratore<sup>15</sup>.

Nella prassi, l’aliquota  $p$  è sovente stabilita in modo soggettivo dal valutatore, in base alla propria esperienza oppure con l’intento di fissare una soglia minima di redditività al di sotto della quale rinunciare al progetto. Ovviamente, così procedendo, nessun concreto processo di *risk analysis* è posto in essere.

Più frequente dovrebbe essere invece un approccio *oggettivo*, volto ad adeguare il tasso di sconto alla rischiosità propria dell’iniziativa secondo le regole dettate dalla citata teoria del CAPM<sup>16</sup>.

Fra le tecniche statistiche per l’analisi del rischio sono ricomprese quella della media-varianza e quella della dominanza stocastica, entrambe attuabili allorché è possibile associare una distribuzione di probabilità all’indice di performance che sintetizza gli effetti generati dall’investimento. Com’è noto, il significato di una curva probabilistica è chiaro alla luce dei corrispondenti valore medio e varianza, che definiscono rispettivamente il valore tendenziale medio di rendimento del progetto e la sua “qualità” in termini di dispersione dei valori intorno a quello di tendenza centrale<sup>17</sup>.

Evidentemente, una iniziativa è da preferire rispetto ad un’altra se esprime un più alto valore medio dell’indice di valutazione e una minore dispersione.

Se non si verifica una tale circostanza, allora per la selezione degli interventi occorre esplicitare le funzioni di utilità del decisore.

Alle corrispondenti complicazioni di carattere matematico si può sopperire richiamando la nozione di dominanza stocastica<sup>18</sup>, una volta accertata la sussistenza delle informazioni statistiche necessarie a costruire la funzione cumulativa delle probabilità del VAN per ciascuno degli investimenti da mettere a confronto. Detta funzione restituisce sull'asse delle ordinate la probabilità che il VAN sia uguale o inferiore al corrispondente valore letto sull'asse delle ascisse. Sovrapponendo le funzioni cumulative di due progetti, è semplice riconoscere quello contraddistinto da dominanza stocastica.

È importante sottolineare che l'applicabilità dei criteri statistici dipende dalla disponibilità di dati oggettivi e dalla capacità di trattarli.

Sul tema, Dallochio M. ([54], pagg. 311 e 312) aggiunge: «L'attribuzione di una distribuzione di probabilità ai rendimenti di un progetto implica dunque un certo grado di soggettività da parte del decisore. Al fine di ridurre l'incertezza che caratterizza il processo di formulazione delle stime si effettua spesso un'analisi sulle *performance storiche* relative a progetti che presentano un livello di rischio simile a quella del progetto da valutare». Ulteriori riflessioni sono in Azzini L. [69] e in Piccolo D., Vitale C. [70].

Ampiamente sperimentato è lo strumento probabilistico della simulazione Montecarlo, idoneo ad interpretare esaurientemente la rischioosità derivante da un certo numero di parametri rilevanti ai fini dell'esito di un investimento. Associando a ciascuno di tali parametri una distribuzione di probabilità e simulando statisticamente, con l'ausilio di un software di calcolo, un elevato numero di combinazioni dei relativi valori, si perviene alla legge di probabilità del VAN.

La vasta bibliografia sull'argomento testimonia l'impiego della tecnica in molteplici settori e, in particolare, in seno alla Valutazione economica dei Progetti. Utili letture di approfondimento sono Carsberg B. [71], Hertz D.B. e Thomas H. [72], Mason F. [73], Sawides Savvakis C. [74], Vose, D. [75], Jackel P. [76].

Un cenno merita infine l'approccio delle *opzioni reali*, che pone l'accento sul problema dell'influenza reciproca esistente tra decisioni attuali ed opportunità future nonché, per conseguenza, sulle possibilità di modificare termini dell'iniziativa progettuale in un momento successivo al suo concreto avvio, in funzione di cambiamenti intervenuti nel quadro economico, politico, sociale e ambientale di riferimento. Sostituendo il concetto di probabilità con quello di volatilità, secondo la teoria delle opzioni reali, «i progetti di investimento in attività reali vanno visti come fonte di una serie di opportunità che il management, passando da un'impostazione passiva ad una attiva, è in grado di cogliere al verificarsi di determinate condizioni di scenario» (Micalizzi A., [77], pag. 102).

Anche qui numerosi sono i riferimenti d'interesse. Fra gli altri: Brenner M. [78], Stool H.R. e Whaley R.E. [79], Trigeorgis L. [80], Schlosser M. [81].

### 3. Conclusioni

La rischioosità di un progetto d'investimento è in modo indubitabile uno degli elementi che con maggiore forza ne condiziona la concreta realizzazione. L'operatore economico decide se destinare capitali ad una nuova attività di produzione a seconda che il mercato di riferimento sia più o meno conosciuto, in rapporto alle caratteristiche della domanda e dell'offerta, in dipendenza della stabilità del clima politico-economico generale, parametri da cui dipende il grado di rischio dell'intervento.

Si comprendono quindi le molteplici classificazioni dei progetti proprio in ragione dell'alea connessa a ciascuno di quei parametri [82, 83] e, nel contempo, gli approfondimenti di natura teorica che autori italiani e stranieri dedicano al problema.

Eppure, a fronte dell'assoluta centralità del tema nelle questioni concernenti l'allocazione delle risorse, sia pubbliche che private, non sempre nella pratica delle valutazioni economiche l'analisi del rischio è considerata con la dovuta attenzione. Difatti, spesso le iniziative progettuali presentate per il finanziamento pubblico risultano carenti. Così, occorre auspicare l'implementazione di tecniche per la valutazione del rischio d'investimento.

Occorre, però, anche rilevare i limiti associabili alle procedure proprie dell'Enterprise Risk Management e alle tecniche tradizionali di valutazione del rischio, siano queste fondate sul criterio del Valore Attuale Netto (equivalenti certi e adeguamento del tasso di sconto), ma anche strutturate su base statistica (media-varianza e dominanza stocastica) o probabilistica (simulazione Montecarlo, analisi reticolare delle decisioni).

Le logiche tradizionali, infatti, generalmente non portano in conto rischi ambientali e sociali. Pertanto, per progetti in opere civili e in campo infrastrutturale, la ricerca può guardare alla definizione di modelli per l'analisi del rischio basati su logiche ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), già delineate dalla agenzia governativa inglese *Health and Safety Executive* (HSE) per problematiche legate alla salute e alla sicurezza in settori ad alta rischioosità come quelli nucleare, energetico, Oil&Gas.

Si tratta di protocolli d'indagine e di strumenti operativi attraverso i quali è possibile rendere tollerabili i rischi d'investimento, laddove risultino ALARP, ossia tanto bassi quanto ragionevolmente praticabili. Con l'obiettivo di perseguire un bilanciamento "triangolare" tra rischi, costi di mitigazione e benefici corrispondenti.

Un modello siffatto, a partire dall'individuazione delle di-

<sup>18</sup> Per una semplice lettura sul concetto di dominanza stocastica, si rinvia a Dallochio M. ([54], pagg. 320-324). Per approfondimenti: Goodwin P. e Wright G. [68].

verse componenti di rischio, non solo finanziarie, ma anche per l'ambiente, antropizzato e naturale, permette di selezionare le opzioni utili al contenimento del rischio stesso in un progetto, rendendo altresì trasparenti i processi decisionali.

## Bibliografia

- [1] Fisher I., *La natura del capitale e del reddito*. In: Biblioteca degli Economisti - Serie 5a, vol. IV, UTET, Torino, 1922
- [2] Chessa F., *La teoria economica del rischio e dell'assicurazione*, vol. I, CEDAM, Padova, 1929
- [3] Hardy C.O., *Risk and risk-bearing*, The University of Chicago Press, Chicago, 1931
- [4] Sassi S., *Il sistema dei rischi d'impresa*, Vallardi, Milano, 1940
- [5] Knight F.H., *Rischio, incertezza e profitto*, La Nuova Italia, Firenze [traduzione italiana da: Risk, Uncertainty and Profit, 1921], 1960
- [6] Culp C.L., *The Risk Management Process. Business Strategy and Tactics*, John Wiley & Sons, New York, 2001
- [7] Gobbi U., *Trattato di Economia*, Società Editrice Libreria, Milano, 1919
- [8] Mowbray A.H., Blanchard R.H., *Insurance*, McGraw-Hill, New York, 1961
- [9] Knight F.H., *Risk, Uncertainty and Profit*, The London School of Economics and Political Science, London, 1921
- [10] Spencer M.H., Siegelman L., *Managerial Economics*, Homewood, Irwin, Illinois, 1964
- [11] Saraceno P., *La produzione industriale*, Libreria Universitaria, Venezia, 1970
- [12] Panati G., Golinelli G.M., *Tecnica economica industriale e commerciale. Imprese, strategie e management*, vol. I, NIS, Roma, 1991
- [13] Zerbe R.O.Jr., Bellas A.S., *A Primer for Benefit-Cost Analysis*, Edward Elgar, Cheltenham [UK] - Northampton, Massachusetts, 2006
- [14] Knight F.H., *Risk, Uncertainty and Profit*, University Press, Chicago, 1971
- [15] Pennisi G., Scandizzo P.L., *Valutare l'incertezza. L'analisi costi benefici nel XXI secolo*, Giappichelli, Torino, 2003
- [16] De Finetti B., *Theory of probability*, John Wiley & Sons, New York, 1970
- [17] Orsi R., *Probabilità e inferenza statistica*, il Mulino, Bologna, 1985
- [18] Keynes J.M., *A treatise on Probability*, MacMillan and Co., London and New York, 1921, 2a ed. 1929
- [19] Keynes J.M., *The General Theory of Employment, Interest and Money*, New York, 1936
- [20] Borel E., *Traité du calcul de probabilité et ses applications*, 1924-34
- [21] Von Neumann J., Morgenstern O., *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton, 1944
- [22] Samuelson P.A., *Probability, Utility and the Independence Axiom*, Econometrica, 1952
- [23] Hicks J.R., *Valore e capitale*, UTET, Torino, 1959
- [24] Fermat P., Pascal B., *Six letters on the dice game*, 1654
- [25] Huygens C., *De ratiociniis in ludo aleae*, Amsterdam, 1657
- [26] Bernoulli D., *Specimen theoriae novae de mensura sortis. Commentarii academiae scientiarum imperialis Petropolitanae* [traduzione di Louise Sommer in Exposition of a new theory on the management of risk, 1954, Econometrica], 1730, 1731, 1738
- [27] Laplace P.S., *Essai Philosophique sur les Probabilités*, Courcier, Parigi, 1814
- [28] Massè P., *La scelta degli investimenti. Criteri e metodi*, ETAS KOMPASS, Milano [traduzione italiana di Luigi Bianchi e Paola Morbilli], 1965
- [29] Dezzani F., *Rischi e politiche d'impresa*, Giuffrè, Milano, 1971
- [30] Bernstein P., *Più forti degli dei. La straordinaria storia del rischio*, IISole24Ore, Milano, 2002
- [31] Beretta S., *Valutazione dei rischi e controllo interno*, EGEA, Milano, 2004
- [32] Amelotti L., Valcalda B., *Il ciclo di vita della gestione dei progetti. Dall'approccio tradizionale all'analisi dei rischi*, Guerini e Associati, Milano, 1998
- [33] Mishan E.J., *Analisi costi-benefici*, ETAS, Milano [traduzione italiana di Nanni Negro], 1974
- [34] Hillier F.S., Lieberman G.J., *Ricerca operativa*, McGraw-Hill, Milano, 2006
- [35] Morano P., Nesticò A., *Un'applicazione della programmazione lineare discreta alla definizione dei programmi di investimento*, Aestimum n. 50, University Press, Firenze, 2007
- [36] Bennion E.G., *Capital Budgeting and Game Theory*, Harvard Business Review, n. 34 [ristampato in: Financial Decision-Making, a cura di Mock E.J., 1967, International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania], 1956
- [37] Luce R.D., Raiffa H., *Games and Decisions: introduction to Critical Survey*, John Wiley & Sons, New York, 1967
- [38] Chandler J., Cockle P., *Techniques of Scenario Planning*, McGraw-Hill, New York, 1982
- [39] Loasby B.J., *The use of Scenarios in Business Planning*. In: Unknowledge and Choice in Economics, edited by Frowen S.F., MacMillan, Houndmills and London, 1990
- [40] Brealey R.A., Myers S.C., Allen F., Sandri S., *Principi di Finanza aziendale*, McGraw-Hill, Milano, 2006
- [41] Mao J.C.T., *Quantitative Analysis of Financial Decisions*, MacMillan, New York, 1969
- [42] Basile I., Erzegovesi L., *L'analisi del rischio degli investimenti mobiliari*, EGEA, Milano, 1989
- [43] Penati A., *Il rischio azionario e la Borsa*, EGEA, Milano, 1991
- [44] Cherubini U., Della Lunga G., *Il rischio finanziario*, McGraw-Hill, Milano, 2001
- [45] Markowitz H.M., *Portfolio Selection*. In: Journal of Finance, 1952
- [46] Markowitz H.M., *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley & Sons, New York, 1959
- [47] Champenowne D.G., *Uncertainty and Estimation in Economics*, vol. I, II, III, Oliver & Boyd (Edinburgh) and Holden Day (San Francisco, California), 1969
- [48] Bicksler J.L., Samuelson P.A., *Investment Portfolio Decision-Making*, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 1974
- [49] Peterson D.M., *Financial Ratios and Investment Results*, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 1974
- [50] Copeland T.E., Weston J.F., *Financial Theory and Corporate Policy*, Addison-Wesley, New York, 1992
- [51] Arrow K.J., *Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-taking Situations*. In: Econometrica, Journal of the Econometric Society, vol. 19, n. 4, The University of Chicago, Illinois, 1951
- [52] Reutlinger S., *Techniques for Project Appraisal under Uncertainty*, World Bank (Staff Paper n. 10), John Hopkins Press, Baltimore, 1970
- [53] Morano P., Nesticò A., *L'analisi delle serie storiche per la gestione degli aspetti incerti nella stima indiretta del reddito aziendale*. In: Rivista dell'Agenzia del Territorio n.1/2006, Stabilimenti tipografici Carlo Colombo S.p.A., Roma, 2006

- [54] Dallochio M., *Finanza d'azienda. Analisi e valutazioni per le decisioni d'impresa*, EGEA, Milano, 1995
- [55] Schlaifer R., *Analysis of Decision under Uncertainty*, McGraw-Hill, New York, 1969
- [56] Allen D.E., *Finance: A Theoretical Introduction*, Martin Robertson, Oxford, 1983
- [57] Ingersoll J.E. Jr., *Theory of Financial Decision Making*, Rowman & Littlefield, Totowa, New Jersey, 1987
- [58] Pivato G., *Trattato di Finanza aziendale*, FrancoAngeli, Milano, 1993
- [59] Lummy S., *Investment Appraisal and Financing Decisions*, Chapman & Hall, London, 1991
- [60] Damodaran A., *Investment Valuation. Tools and techniques for determining the value of any asset*, John Wiley & Sons, New York, 1996  
a
- [61] Damodaran A., *Manuale di valutazione finanziaria*, McGraw-Hill, Milano, 1996 b
- [62] Massari M., *Finanza aziendale: valutazione*, McGraw-Hill, Milano, 1998
- [63] Pastorello S., *Rischio e rendimento. Teoria finanziaria e applicazioni econometriche*, Il Mulino, Bologna, 2001
- [64] Ventriglia F., *La strategia di innovazione. Opzioni e problematiche valutative*, Giappichelli, Torino, 2005
- [65] Sobrero M., *La gestione dell'innovazione. Strategia, organizzazione, tecnica operativa*, Carocci, Roma, 1999
- [66] Cornell B., *The Equity Risk Premium: The Long-Run Future of the Stock Market*, John Wiley & Sons, New York, 1999
- [67] Ibbotson R., Goetzmann W., Kogut B., *The Equity Risk Premium: Research and Practice*, Oxford University Press, Oxford, 2004
- [68] Goodwin P., Wright G., *Decision Analysis for Management Judgment*, John Wiley & Sons, New York, 2004
- [69] Azzini L., *Istituzioni di Economia d'Azienda*, Giuffrè, Milano, 1982
- [70] Piccolo D., Vitale C., *Metodi statistici per l'analisi economica*, il Mulino, Bologna, 1984
- [71] Carsberg B., *Analysis for Investment Decisions*, Accountancy Age, London, 1974
- [72] Hertz D.B., Thomas H., *Risk Analysis and its Applications*, John Wiley & Sons, New York, 1983
- [73] Mason F., *Metodi quantitativi per le decisioni*, Giappichelli, Torino, 1992
- [74] Sawides Sawakis C., *Risk Analysis in Investment Appraisal*. In: Project Appraisal Journal, vol. 9, n. 1, Guildford, Surrey, UK, 1994
- [75] Vose D., *Quantitative Risk Analysis: A Guide to Monte Carlo Simulation Modelling*, John Wiley & Sons, New York, 1996
- [76] Jackel P., *Monte Carlo Methods in Finance*, John Wiley & Sons, New York, 2002
- [77] Micalizzi A., *Opzioni reali. Logiche e casi di valutazione degli investimenti in contesti di incertezza*, EGEA, Milano, 1997
- [78] Brenner M., *Option Pricing and Applications*, Lexington Books, Massachusetts, 1983
- [79] Stool H.R., Whaley R.E., *Future and Options: Theory and Applications*, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1993
- [80] Trigeorgis L., *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*, Praeger, London, 1995
- [81] Schlosser M., *Modelli operativi di Finanza aziendale*, Prentice Hall International, Hemel Hempstead - ISEDI, UTET Libreria, Torino, 1999
- [82] Buttignon F., *La strategia aziendale e il valore economico del capitale*, CEDAM, Padova, 1990
- [83] Dixit A.K., Pindyck R.S., *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, 1994



*Proposal of an Integrated Approach  
Sustainability - Resilience for Road Rehabilitation  
after an Extreme Event*

# METODOLOGIA DI APPROCCIO INTEGRATO SOSTENIBILITA' - RESILIENZA NELLA RIABILITAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE DOPO EVENTI ESTREMI\*

*Dario Lo Bosco, Marinella Giunta, Francesco Scopelliti*

*Dipartimento DICEAM, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Via dell'Università, 25- 83124, Reggio Calabria, Italia  
marinella.giunta@unirc.it; dario.lobosco@unirc.it; francesco.scopelliti@unirc.it*

## Abstract

Sustainability and resilience are relevant concepts in design and management of transport infrastructures. Sustainability refers to concept of development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their ones. Resilience is linked to the occurrence of extreme events during the life cycle of infrastructures and it is a measure of the ability of recovery the previous functionality. Traditionally, the two concepts are applied separately even if they present a significant number of similar characteristics. The better solutions in transport infrastructures design, maintenance and rehabilitation should lead to an improvement of both qualities. This paper presents an integrated approach sustainability-resilience as a useful tool in the decision-making process where different alternatives of rehabilitation after an extreme event are considered. Sustainability and resilience are estimated based on LCCA. The integrated perspective allows addressing an appropriate amount of technical, economic and environmental issues and is an useful tool for the identification of the most efficient solution.

**KEY WORDS:** *Transport Infrastructures, Rehabilitation, Sustainability, Resilience, Extreme Event.*

## 1. Introduzione

La costruzione, la gestione e la riabilitazione delle infrastrutture viarie determinano impatti ambientali significativi. Inquinamento atmosferico, consumo di energia, rumore, occupazione di territorio, sfruttamento di risorse naturali sono impatti rilevanti da tenere in considerazione. D'altro canto, la capacità di una strada di resistere a una perturbazione singolare (terremoto, alluvione, frana etc..) durante la sua vita di esercizio è una proprietà fondamentale per continuare a garantire la funzionalità ad essa assegnata. Nella costruzione e gestione delle strade, i concetti di *sostenibilità* e *resilienza* stanno diventando sempre più rilevanti.

Il concetto di *sostenibilità*, salito alla ribalta alla fine degli anni '80, è diventato un tema centrale nella politica mondiale. Brundtland et al. (1987) [1], nel rapporto Our Common Future, definisce per la prima volta il modello di sviluppo sostenibile, come "lo sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni".

La sostenibilità è un modello caratterizzato da una visione olistica e riunisce tre dimensioni: ecologia, economia e società [2].

Un altro concetto importante, connesso al verificarsi di eventi estremi durante il ciclo di vita di un'infrastruttura, è la *resilienza*. In generale, la resilienza è una misura della capacità di un sistema di resistere a un evento straordi-

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei tre autori  
LaborEst n. 18/2019. doi: 10.19254/LaborEst.18.07

nario e di recuperare in modo efficiente e rapido il danno indotto da tale evento.

Nel caso delle infrastrutture stradali, la resilienza si riferisce alla capacità di fornire un determinato livello di servizio anche dopo il verificarsi di un evento estremo e di recuperare la funzionalità corretta il più rapidamente possibile. Di solito i due concetti, che rappresentano due qualità desiderate delle infrastrutture, sono applicati seguendo approcci separati.

In letteratura si riscontrano pochi tentativi di combinare i due concetti, benché un'analisi approfondita della sostenibilità e della resilienza dimostri un significativo numero di caratteristiche simili [2, 3].

Più in dettaglio, entrambi affrontano una visione olistica e nelle valutazioni riferite alle infrastrutture utilizzano le categorie economiche e sociali come base per la misurazione. Sono simili anche gli strumenti e i metodi di calcolo applicati per le valutazioni: *Life Cycle Assessment* (LCA), *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) e *Multi-Criteria Analysis* (MCA) sono metodologie che possono gestire efficacemente entrambi i concetti. Infine, la sostenibilità e la resilienza hanno assunto negli ultimi anni una grande importanza nella ricerca e nella pratica.

Sono da considerare quali scelte preferenziali nella progettazione, manutenzione e riabilitazione delle infrastrutture stradali quelle che portano ad un miglioramento di entrambi questi requisiti.

Per quanto sopra, nel presente documento viene presentato un approccio integrato da applicare alla valutazione delle alternative di riabilitazione dopo un evento estremo, al fine di identificare la soluzione di intervento ottimale, ossia quella che riesce a coniugare efficacemente i requisiti di sostenibilità e resilienza. Al fine di consentire l'applicabilità dell'approccio, viene anche proposto un metodo basato sulla LCCA per la valutazione quantitativa della sostenibilità e della resilienza.

In definitiva, gli attuali limiti della letteratura risiedono nella trattazione separata della sostenibilità e della resilienza. Inoltre, sono reperibili solo pochi approcci integrali, [4, 5] specificamente progettati per la valutazione delle infrastrutture, in generale gli studi riguardano la valutazione della sostenibilità e della resilienza di singole parti delle infrastrutture (es: ponti) [6, 7].

La proposta di un approccio integrato ed integrale, che attraverso la valutazione quantitativa dei due aspetti ne consente la loro contestuale considerazione nei processi decisionali, rappresenta l'aspetto innovativo del lavoro.

## 2. Sostenibilità: definizione e metodi di valutazione

La sostenibilità è generalmente associata alla definizione fornita dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo nel 1987, ossia: "... sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni ...".

Le tre dimensioni accettate a livello internazionale come struttura consolidata per il modello concettuale della sostenibilità, sono quella economica, quella ecologica e quella sociale [8]. Il concetto di redditività economica si riferisce alla finanza pubblica e si basa sulla valutazione finanziaria ed economica degli investimenti.

La sostenibilità ambientale si basa sul quadro delle esternalità. La sostenibilità sociale si basa su un quadro di politiche pubbliche in cui sono fondamentali la fornitura di servizi, la governance e l'equità sociale [9].

Spesso, nella pratica corrente, le decisioni economiche superano di gran lunga le decisioni ambientali e sociali nel settore delle costruzioni infrastrutturali, dove solitamente si fanno le scelte per massimizzare i profitti, sia a breve che a lungo termine. Alla luce di questa evidenza, l'implementazione del concetto di sostenibilità dipende in larga misura dalla capacità e dalla facilità di misurare e stimare variabili economiche, ambientali e sociali di breve e lungo periodo e convertirle in benefici e costi [10]. Anche se la maggior parte dei professionisti ed esperti di settore è convinta dell'importanza della sostenibilità, la mancanza di metodi convincenti e di dati ne ostacola l'applicazione durante la fase decisionale. D'altra parte, è anche difficile convincere gli investitori che aumentare la spesa iniziale potrebbe giovare a lungo termine.

In questo contesto, la Valutazione del ciclo di vita nota come *Life Cycle Assessment* (LCA) e l'analisi dei costi del ciclo di vita, *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) sono strumenti efficaci per valutare la sostenibilità della costruzione e della riabilitazione delle infrastrutture di trasporto [11].

L'LCA è un metodologia di valutazione degli aspetti ambientali associati ad un prodotto o ad un servizio che considera gli impatti ambientali lungo la durata del ciclo di vita dalla culla alla tomba (cradle to grave) ossia: dall'acquisizione delle materie prime alla produzione, all'uso fino allo smaltimento finale. La LCCA è uno dei migliori strumenti disponibili per valutare i vantaggi e i costi della costruzione dell'infrastruttura. Consente di stabilire le prestazioni dell'infrastruttura in base ai costi di costruzione, gestione e manutenzione/rinnovo.

Questa tecnica si basa sul valore temporale del denaro ed esprime il costo del ciclo di vita dell'infrastruttura come Valore Attuale (VA). In altre parole, il costo totale di costruzione, gestione, manutenzione e dismissione dell'infrastruttura è espresso come una singola somma di denaro, valutata oggi, necessaria per coprire questi costi nel corso del ciclo di vita considerato.

Possono essere prese in considerazione le valutazioni per esprimere la performance delle infrastrutture, possono essere ampliate stimando quantitativamente e monetizzando anche le esternalità ambientali.

I principali svantaggi dei metodi LCA e LCCA sono il tempo e i costi necessari per l'esecuzione di una valutazione rigorosa. In alcuni casi, i dati relativi ai parametri occorrenti sono mancanti o incompleti.

### 3. Resilienza: aspetti e misure

Il concetto di resilienza si fonda su undici aspetti:

1. quattro proprietà principali (robustezza, ridondanza, intraprendenza e rapidità);
2. quattro dimensioni principali (tecnica, organizzativa, sociale ed economica);
3. tre risultati principali (maggiore affidabilità, minori conseguenze socio-economiche, rapido recupero) [2, 12] (vedi Fig.1).

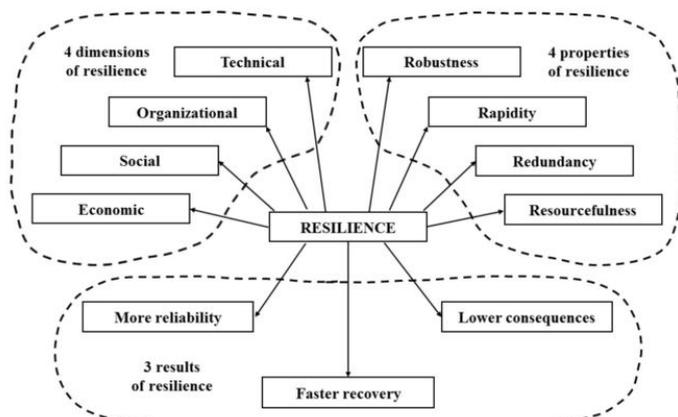


Fig. 1 - Aspetti della resilienza [Fonte: [8]]

Per quanto riguarda le proprietà principali:

- la *robustezza* tiene conto della ridotta probabilità di degrado o perdita di funzione in caso di disturbo o evento estremo;
- la *ridondanza* si riferisce alla duplicazione di componenti o funzioni critiche di un sistema allo scopo di aumentarne l'affidabilità;
- l'*intraprendenza* è la capacità di identificare i problemi, stabilire le priorità e applicare risorse monetarie, umane, tecnologiche nel processo di recupero in modo da soddisfare le priorità stabilite e raggiungere gli obiettivi;
- la *rapidità* è la capacità di soddisfare le priorità e raggiungere rapidamente gli obiettivi per contenere le perdite, ripristinare funzionalità ed evitare interruzioni future.

Per quanto riguarda le dimensioni della resilienza:

- la *dimensione tecnica* comprende tutti gli aspetti relativi alla costruzione e ad altri aspetti tecnologici e si riferisce alla capacità del sistema fisico di garantire un livello accettabile/desiderato di prestazione dopo un evento critico;
- la *dimensione organizzativa* considera la capacità dell'organizzazione che gestisce l'infrastruttura di prendere decisioni e intraprendere azioni utili per raggiungere una maggiore robustezza, ridondanza e rapidità;
- la *dimensione sociale* considera l'impatto sulla comunità e le misure di mitigazione;
- la *dimensione economica* si riferisce ai costi diretti e indiretti derivanti dalla riduzione della funzionalità e dalla riabilitazione.

I risultati della resilienza sono:

- *Maggiore affidabilità*: minore probabilità che l'infrastruttura raggiunga gli stati limite.
- *Rapido Recupero*, ovvero la celerità con cui viene ripristinata la funzionalità durante un disastro. Questa è una caratteristica fondamentale dei sistemi resilienti.
- *Conseguenze socio-economiche minime*, questo risultato è garantito dal raggiungimento dei due precedenti risultati: bassa probabilità di riduzione del livello di servizio e rapido recupero.

Qualsiasi analisi e decisione basata sulla resilienza richiede una misura quantitativa delle prestazioni del sistema [13]. In generale, le prestazioni di una rete di trasporto si misurano con parametri quali: capacità di flusso [14], connettività [15, 16], tempo di viaggio [17, 18]. Queste metriche, utili per misurare le prestazioni della rete in normali condizioni di servizio, risultano, tuttavia, inadeguate a rappresentare la suscettibilità della rete a pericoli naturali caratterizzati da bassa probabilità di accadimento ed elevate conseguenze (terremoti, inondazioni, ecc.).

Per superare tale inadeguatezza, più recentemente, sono state proposte altre metriche più idonee a misurare la capacità della rete dopo un disastro, quali: la connettività post-disastro e il costo di trasporto tra più coppie di origine e destinazione in una rete [19], la copertura e l'accessibilità ai sistemi di trasporto [20], la ridondanza di percorso tra tutte le coppie origine-destinazione nell'ambito di una rete [21].

### 4. Modello integrato: sostenibilità - resilienza

#### 4.1 Approccio concettuale

L'approccio integrato sostenibilità-resilienza nella riabilitazione di un'infrastruttura viaria dopo un evento estremo, qui proposto e descritto, consente di identificare la soluzione di intervento ottimale come quella che coniuga il minor costo totale con le più elevate prestazioni alle perturbazioni nella vita post-evento.

L'approccio è articolato in tre fasi principali:

*Fase 1: Individuazione delle alternative di riabilitazione.*

*Fase 2: Stima della sostenibilità attraverso la determinazione del costo del ciclo di vita di ciascuna alternativa.*

*Fase 3: Stima della resilienza, in termini monetari, dell'infrastruttura riabilitata, per ogni alternativa di intervento.*

*Fase 4: Individuazione della alternativa ottimale.*

Nella Fase 1, per individuare le alternative di riabilitazione, è importante considerare fattori tecnici, economici e temporali. Per quanto riguarda i fattori tecnici occorre prendere in considerazione i seguenti aspetti inerenti alla strategia di riabilitazione:

- Geometria plano-altimetrica della strada;
- tipo di rilevato (materiali, geometria, ....);
- tipo di gallerie (mono-direzionale, bi-direzionale);
- tipo di ponti (travi in acciaio, travi prefabbricate in cemento, campata, ...);
- tipo di opere idrauliche (di piattaforma e di continuità);
- tipo di pavimentazione, barriere di sicurezza, segnaletica e altre dotazioni per la sicurezza.

Lo scenario di alternative da mettere a confronto deve anche tenere conto dei costi di intervento e del tempo necessario per ripristinare la funzionalità dell'infrastruttura. Sulla base della preliminare considerazione di questi elementi, alcune soluzioni possono, infatti, dimostrarsi inappropriate (troppo onerose in termini di tempi e/o di costi) e quindi essere escluse dalle analisi successive.

Nella Fase 2 si stima la sostenibilità di ciascuna alternativa basandosi su metodi quali: LCA, LCCA. Nell'approccio qui proposto si applica l'LCCA, che è uno strumento di analisi economica, ampiamente usato in ingegneria, che consente di quantificare tutti i costi associati ad una determinata opzione del progetto (nuovo progetto o progetto di riabilitazione).

L'analisi dei costi del ciclo di vita considera, infatti:

- i *costi di agenzia* (intesa come ente proprietario o gestore dell'infrastruttura) per la costruzione, l'esercizio, la manutenzione e la dismissione;
- i *costi dell'utenza* per ritardi subiti per la presenza dei cantieri, durante le operazioni di manutenzione e

ricostruzione;

- i *costi ambientali*, quali ad esempio quelli correlati alle emissioni di CO<sub>2</sub>, al consumo di energia, al potenziale di riscaldamento globale (GWP), per la costruzione, l'esercizio, la manutenzione e la dismissione.

Stimando tutti questi costi, la LCCA consente di determinare e dimostrare i meriti economici di ciascuna alternativa in modo analitico e di conseguenza aiuta le agenzie ad individuare quella più sostenibile [22, 23].

Nella Fase 3, per valutare la resilienza è importante considerare:

- la necessità di monetizzare questa proprietà, per una facile considerazione di essa nei processi decisionali;
- i principali eventi che possono creare una perturbazione e incidere sulla funzionalità dell'infrastruttura;
- la probabilità associata al verificarsi di questi eventi.

Ogni infrastruttura, in base alle sue caratteristiche peculiari (geometria plano-altimetrica, tipo di rilevato, tipologia di opere d'arte, ecc. ), nel caso di eventi estremi, si comporta in modo diverso in termini di perdita di funzionalità e di conseguenza di costi e di tempi occorrenti per il ripristino della precedente funzione.

Il costo di ripristino, ovvero il costo della ricostruzione dell'intera infrastruttura o di sue parti dopo un evento estremo, e il tempo necessario, che incide notevolmente sui costi sostenuti dagli utenti, possono essere convenientemente utilizzati per valutare la resilienza in termini monetari. Va notato che il costo per il ripristino è legato alle due proprietà della resilienza, robustezza e ridondanza, (maggiore è la robustezza e la ridondanza, maggiore è il costo di ricostruzione), mentre il tempo di ripristino dipende dalle altre due proprietà: intraprendenza e rapidità. La ricostruzione produce anche impatti ambientali, la cui monetizzazione consente una valutazione globale e omni-comprendente dei costi della resilienza.

È utile rilevare che i costi della ricostruzione post-evento sono esborsi diversi e aggiuntivi rispetto a quelli riferiti al normale ciclo di vita dell'infrastruttura ricostruita (costi della sostenibilità).

Nella Fase 4, sulla base dei costi della sostenibilità e della resilienza, si stabilisce l'alternativa ottimale.

La figura (vedi Fig. 2) mostra un diagramma esplicativo dell'approccio integrato descritto.



Fig. 2 - Modello integrato sostenibilità - resilienza [Fonte: Propria elaborazione]

3.2 Modello di calcolo dei costi

$$C_{amb} = \sum_k \sum_j Q_{kj} * C_{kj} \tag{3}$$

Nel presente paragrafo si illustra il modello per stimare i costi della sostenibilità e della resilienza.

Basandosi sull'approccio LCCA, il costo della sostenibilità,  $C_{sos}$ , di una data alternativa di riabilitazione può essere valutato come:

$$C_{sos} = C_{ag} + C_{ut} + C_{amb} \tag{1}$$

dove  $C_{ag}$ , è il costo dell'agenzia per la costruzione, la manutenzione e lo smontaggio,  $C_{ut}$  fa riferimento al costo sostenuto dall'utenza dell'infrastruttura per i ritardi prodotti dalle attività di manutenzione e ricostruzione,  $C_{amb}$  è il costo degli impatti ambientali prodotti dalle attività di costruzione, manutenzione e smontaggio.

I costi dell'utenza sono correlati ai ritardi dovuti ai rallentamenti o alla percorrenza di itinerari alternativi che devono essere misurati alla scala di rete.

Secondo Bocchini et al. [2], possono essere calcolati attraverso la seguente espressione:

$$C_{ut} = [N_L * (C_{t,L} + C_{op,L}) + N_P * (C_{t,P} + C_{op,P})] * T_{ric} * t_{rit} \tag{2}$$

dove  $N_L$  e  $N_P$  sono riferiti rispettivamente al numero giornaliero di mezzi leggeri e pesanti che subiscono le limitazioni nella circolazione per le attività di manutenzione e ricostruzione,  $C_{t,L}$  e  $C_{t,P}$ , sono rispettivamente il costo del tempo degli utenti dei mezzi leggeri e pesanti,  $C_{op,L}$  e  $C_{op,P}$  sono i costi operativi all'ora (consumo carburante, olio, ecc...) per auto e mezzi pesanti,  $T_{ric}$  è il tempo in giorni per manutenzione e ricostruzione,  $t_{rit}$  è il ritardo in ore al giorno subito dall'utenza.

Le attività connesse alla riabilitazione delle infrastrutture (produzioni materiali, trasporti, attività di costruzione, discariche) determinano impatti ambientali (emissione di CO2, consumo di energia, ecc...) quantificabili attraverso la seguente espressione [23]:

dove  $Q_{kj}$  — è la quantità del j-th impatto prodotto dalla k-esima attività e  $C_{kj}$  — il costo unitario dell'impatto.

I costi sopra descritti sono riferiti a periodi diversi della vita dell'infrastruttura, e quindi necessitano di essere scontati rispetto a un periodo di riferimento. A tale scopo, è possibile adottare il valore attuale (VA) del costo, e dunque calcolare il valore attuale della sostenibilità,  $VA_{sos}$  come:

$$VA_{sos} = \sum_j C_j / (1+r)^n \tag{4}$$

dove  $C_j$  sono i costi del ciclo di vita (agenzia, utenti e ambientali),  $r$  è il tasso di attualizzazione,  $n$  è il numero di anni che intercorre tra quello in cui occorre il costo e quello di riferimento.

La valutazione della resilienza enfatizza l'impatto del danno infrastrutturale e del tempo occorrente per il pieno recupero della funzionalità a seguito di eventi caratterizzati da una bassa probabilità di accadimento e da potenziali conseguenze elevate.

In questo senso, è possibile associare a ciascuna alternativa di riabilitazione considerata il costo del recupero totale della funzionalità in caso di evento indesiderato.

La spesa per il ripristino della funzionalità è discontinua durante la vita di servizio, perché è correlata appunto al verificarsi di un evento estremo.

Ogni evento è caratterizzato da una probabilità di accadimento. Di conseguenza, il costo per il recupero della funzionalità si può valutare attraverso la seguente equazione:

$$C_{res} = \sum_j P_i * C_{res,i} \tag{5}$$

dove  $P_i$  è la probabilità di accadimento dell'evento  $i$  e  $C_{res,i}$  è il costo totale per il ripristino della funzionalità dopo l'evento  $i$ .

Tale costo comprende le tre classi di costo considerate per la sostenibilità e, in particolare, il costo di agenzia per la ricostruzione dell'infrastruttura, il costo sopportato dall'utenza durante la ricostruzione (calcolato secondo equazione [2]) ed il costo ambientale, (calcolato secondo equazione [3]).

È utile evidenziare che il costo della ricostruzione dipende dal livello di resilienza che si desidera per l'infrastruttura riabilitata (maggiore è la resistenza, la robustezza e la ridondanza, maggiore sarà il costo di ricostruzione).

Mediante la monetizzazione dei due aspetti più importanti, ad ogni alternativa  $k$  è possibile associare un costo totale  $CT_k$  dato dall'espressione:

$$CT_k = VA_{\text{sos},k} + C_{\text{res},k} \quad (6)$$

dove  $VA_{\text{sos},k}$  e  $C_{\text{res},k}$  sono rispettivamente il costo attualizzato della sostenibilità e il costo della resilienza.

La strategia di riabilitazione a minor costo totale è quella ottimale. Seguendo l'approccio proposto, gli aspetti principali associati alla sostenibilità ed alla resilienza sono considerati allo stesso tempo e in un processo di interazione reciproca.

#### 4. Conclusioni

Resilienza e sostenibilità sono due qualità dell'infrastruttura che dovrebbero essere perseguite contemporaneamente nel processo decisionale relativo alla progettazione, manutenzione e ricostruzione delle infrastrutture viarie, anche se in alcuni casi il perseguimento della resilienza può essere in conflitto con la ricerca della sostenibilità.

La considerazione di questi due aspetti consente di stabilire la migliore strategia di riabilitazione di un'infrastruttura dopo un evento estremo.

I disastri naturali (terremoti, frane, alluvioni) stanno diventando sempre più importanti, e quindi la valutazione della resilienza delle infrastrutture e la selezione delle strategie di recupero più efficaci sono essenziali. La sfida principale, nella considerazione della sostenibilità e della resilienza nei processi decisionali, è la loro quantificazione.

Nel presente lavoro viene proposto un approccio integrato e un metodo per stimare, in termini monetari, la sostenibilità e la resilienza di una determinata alternativa di riabilitazione dopo un evento estremo.

Per la stima della sostenibilità è stata efficacemente applicata l'analisi del costo del ciclo di vita.

Per la resilienza, la stima accurata dei costi di ricostruzione, dipendenti dal livello di resilienza che si desidera raggiungere, dei costi subiti dall'utenza, a causa della perdita di funzionalità delle infrastrutture, e dei costi ambientali, relativi alle attività di ricostruzione, è una procedura valida per valutare una strategia di riabilitazione.

La prospettiva integrata proposta consente di tenere in considerazione una quantità adeguata di questioni tecniche, economiche e ambientali ed è uno strumento utile per l'identificazione della soluzione più efficace.

Le applicazioni pratiche della metodologia proposta riguardano la valutazione e la scelta della soluzione di intervento più efficace su infrastrutture di trasporto che subiscono una perdita di funzionalità, parziale o totale, a seguito di eventi estremi. Il successo dell'applicazione dipende dalla completezza dei dati occorrenti per le valutazioni economiche.

#### Bibliografia

- [1] Brundtland G., Khalid M., Agnelli S., Al-Athel S., Chidzero B., Fadika L. Singh M., *Our Common Future*. [\'Brundtland Report\']. Oxford University Press, Oxford, 1987
- [2] Bocchini P., Frangopol D., Ummenhofer T., Zinke T., *Resilience and Sustainability of Civil Infrastructure: Toward a Unified Approach*. In: Journal of Infrastructure Systems, 20(2), 2013
- [3] Zinke T., Bocchini P., Frangopol D.M., Ummenhofer T., *Combining Resilience and Sustainability in Infrastructure Projects*. In: Proc. of the 3rd International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, October 3 - 6, Vienna, Austria, pp. 2450 - 2457, 2012
- [4] Yao H., Shen L., Tan Y., Hao J., *Simulating the impacts of policy scenarios on the sustainability performance of infrastructure projects*. In: Automat. Const., 20(8), pp. 1060 - 1069, 2011
- [5] Fernández-Sánchez G., Rodríguez-López F., *A methodology to identify sustainability indicators in construction project management - Application to infrastructure projects in Spain*. In: Ecol. Ind., 10(6), pp. 1193 - 1201, 2010
- [6] Bocchini P., Frangopol D.M., *Optimal resilience- and cost-based post-disaster intervention prioritization for bridges along a highway segment*. In: J. Bridge Eng., 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000201, pp. 1 - 13, 2013
- [7] Gervásio H., *Sustainable design and integral life-cycle analysis of bridges*, Ph.D. thesis, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Coimbra, Portugal, 2010
- [8] Otto S., *Bedeutung und Verwendung der Begriffe nachhaltige Entwicklung und Nachhaltigkeit: Eine empirische Studie*. In: Dissertation, Jacobs University Bremen, Jacobs Center on Lifelong Learning and Institutional Development, Germany, 2007
- [9] Reddy V.R., Kurian M., Ardakanian R., *Life-cycle Cost Approach for management of Environmental Resources*. A primer. Springer ISBN 978-3-319-06286-0, 2014
- [10] Chong W.K., Pokharel S.K., Leyden C., *A Proposed Application of Using LCCA to Measure Cost of Sustainable Design*. In: Proc. of CME 2007 Conference "Construction Management and Economics: Past, Present and Future", 16 - 18 July, Reading, United Kingdom, pp. 519 - 526, 2007
- [11] Giunta M., Bressi S., D'Angelo G., *Life Cycle Cost Assessment of Bitumen Stabilised Ballast: a novel maintenance strategy for railway track-bed*. In: Construction and Building Materials, 172, pp. 751 - 759, 2018
- [12] Bruneau M., Chang S.E., Eguchi R.T., Lee G.C., O'Rourke T.D., Reinhorn A.M., Shinozuka M., Tierney K., Wallace W.A., von Winterfeldt D., *A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities*. In: Earthquake Spectra, 19(4), pp. 733 - 752, 2003
- [13] Zhang W., Wang N., *Resilience-Based Risk Mitigation for Road*

Networks. In: Structural Safety, 62, pp. 57 - 65, 2016

[14] Nagurney A., Giang Q., *A Network Efficiency Measure for Congested Networks*. In: EPL (Europhys Lett), 79(3), p. 38005, 2007

[15] Chen A., Yang H., Lo H.K., Tang W.H., *Capacity Reliability of a Road Network: an Assessment Methodology and Numerical Results*. In: Transportation Research Part B: Methodological, 36(3), pp. 225 - 252, 2002

[16] Clark S., Watling D., *Modelling Network Travel Time Reliability under Stochastic Demand*. In: Transportation Research Part B: Methodological, 39(2), pp. 119 - 140, 2005

[17] Asakura Y., Kashiwadani M., *Traffic Assignment in a Road Network with Degraded Links by Natural Disasters*. In: Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 1(3), pp. 1135 - 52, 1995

[18] Chen A., Kim J., Zhou Z., Chootinan P., *Alpha Reliable Network Design Problem*. In: Transportation Research Record 2029, pp. 49 - 57, 2007

[19] Peeta S., Sibel S.F., Gunnec D., Viswanath K., *Pre-Disaster Investment Decisions for Strengthening a Highway Network*. In: Computers and Operations Research, 37(10), pp. 1708 - 1719, 2010

[20] Chang S.E., Nojima N., *Measuring Post-Disaster Transportation System Performance: the 1995 Kobe Earthquake in Comparative Perspective*. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice, 35(6), pp. 475 - 494, 2001

[21] Ip W.H., Wang Q., *Resilience and Friability of Transportation Networks: Evaluation, Analysis and Optimization*. In: IEEE Systems Journal, 5(2), pp. 189 - 198, 2011

[22] Giunta M., *Assessment of the Sustainability of Traditional and Innovative Rail Track System*. In: Proc. of International Conference on Traffic and Transport Engineering, 24 - 25 November, Belgrade, Serbia, 2016

[23] Giunta M., Praticò F.G., *Design and Maintenance of High-Speed Rail Tracks: a Comparison between Ballasted and Ballast-Less Solutions Based on Life Cycle Cost Analysis*. In: Transport Infrastructure and Systems: Proceedings of the AIIT International Congress, 10 - 12 April, Rome, Italy, 2017



# VALUTAZIONE DEL COMFORT GLOBALE ALL'INTERNO DI UN VEICOLO FERROVIARIO\*

*Dario Lo Bosco<sup>a</sup>, Giovanni Leonardi<sup>a</sup>, Riccardo Ferrara<sup>b</sup>, Valeria La Fauci<sup>a</sup>*

*<sup>a</sup>Dipartimento DICEAM, Università Mediterranea, Via dell'Università 25, 89124 - Reggio Calabria, Italia*

*<sup>b</sup>R&D Engineer, Sim&Cure, Montpellier, Francia*

*dario.lobosco@unirc.it; giovanni.leonardi@unirc.it; riccardo85ferrara@gmail.com; valeria.lafauci@hotmail.it*

## Abstract

The aim of this study is to propose a method for the evaluation of railway passengers' comfort in relationship to temperature, noise, and vibration. Estimated the single comfort for every sensation considered, the global comfort is evaluated with the Hyper-Sphere Method [1]. The human-vehicle-infrastructure-environment variables which influence comfort are individuated. Thus, their value and correspondent global comfort could be evaluated in management strategy or predicted in design problem. The results show how to construct the hyper-sphere in which the surface is representative of best possible condition for human comfort and the center represents the minimum.

**KEY WORDS:** *Thermal Comfort, Vibration, Noise, Global Comfort, Hyper Sphere, Train Passengers, Railway.*

## 1. Introduzione

Lo scopo principale dell'articolo proposto consiste nel definire un singolo indice di comfort che rappresenti il grado di soddisfacimento globale dei passeggeri in relazione alle tre variabili considerate: temperatura, rumore e vibrazioni. Gli stati di comfort relativi ad ognuna di queste variabili sono stati ben documentati ed analizzati in numerosi studi.

La società americana ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) [2, 3] si è occupata di valutare gli effetti delle variabili ambientali sul comfort termico.

Yang & Kang [4] hanno studiato il comfort acustico in spazi pubblici urbani all'aperto, ma senza trovare un coefficiente di correlazione soddisfacente tra il livello equivalente di decibel Leq e l'indice di comfort.

Huston et al. [5] hanno analizzato la dipendenza tra il grado di comfort, l'ampiezza e la frequenza delle vibrazioni, ma senza arrivare a una metodologia per legare il comfort alle variabili progettuali.

Il presente studio esamina come le variabili del sistema uomo-veicolo-infrastruttura-ambiente interagiscono tra loro producendo e condizionando rumore, vibrazioni e temperatura e, quindi, influenzando il comfort dei passeggeri.

Tale approccio vuole, quindi, mettere in correlazione alcuni fattori che possono maggiormente influenzare il benessere del passeggero, infatti, appare evidente l'impossibilità di definire un indice di comfort che descriva in maniera completa la sensazione del passeggero.

## 2. La Metodologia

Inizialmente è stata eseguita una divisione delle variabili relative al sistema uomo-veicolo-infrastruttura-ambiente in due sotto-insiemi:

- sotto-insieme H: che include le n variabili appartenenti al sistema "uomo" (human subset);
- sotto-insieme E: comprendente le m variabili relative

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei quattro autori.

al sistema “veicolo-infrastruttura-ambiente” (environment subset).

Sono state individuate, tra le  $n+m$  variabili del sistema in esame, quelle che influiscono direttamente nelle variazioni di comfort relativo analizzato: termico, acustico e vibrazionale.

Il passo successivo è consistito nel definire le tre funzioni relative: temperature / comfort-index, noise/comfort-index e vibration/comfort-index. Infine, per ogni variabile ed ogni funzione, è stato possibile definire un intorno corrispondente ad una variazione di comfort relativo, compreso tra una soglia inferiore (massimo comfort) ed una superiore (minimo comfort).

La soglia superiore di ciascuna variabile viene valutata massimizzando la funzione di comfort relativo, mentre tutte le altre variabili sono fisse in corrispondenza della soglia inferiore e viceversa. Le  $n+m$  variabili rappresentano pertanto, da un punto di vista geometrico,  $n+m$  assi dello spazio  $R^{n+m}$  (vedi Fig. 1).

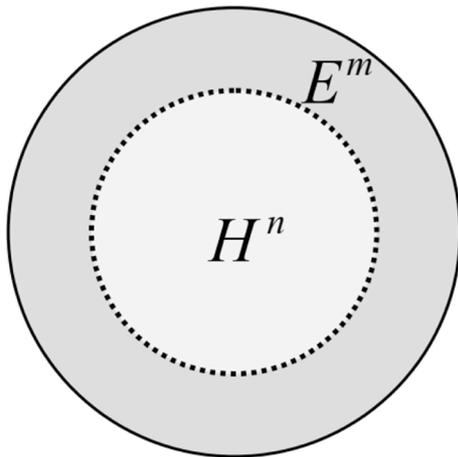


Fig. 1 - Spazio  $R^{n+m}$   
[Fonte: [1]]

Una volta definite le variabili e le soglie associate, al fine di uniformare le dimensioni dello spazio definito e far coincidere l'origine degli assi in un unico punto (in corrispondenza della soglia minima), risulta opportuno effettuare un'operazione di normalizzazione.

Ogni variabile è stata, pertanto, sostituita dalla sua normalizzata associata tramite le equazioni [2]:

$$\begin{cases} \tau_1 = \frac{\alpha_1 - \alpha_1^i}{\alpha_\Delta}, \dots, \tau_m = \frac{\alpha_m - \alpha_m^i}{\alpha_\Delta} \alpha_\Delta = (\alpha^s - \alpha^i) \\ \tau_1 = \frac{Z_1 - Z_1^i}{Z_\Delta}, \dots, \tau_n = \frac{Z_n - Z_n^i}{Z_\Delta} Z_\Delta = (Z^s - Z^i) \end{cases} \quad [2]$$

Appare dunque evidente che lo spazio ivi definito racchiude in sé la geometria di un'ipersfera di equazione [3] in cui la superficie è rappresentativa delle condizioni di massimo comfort e l'origine indica invece il punto di minimo.

$$\tau_1^2 + \dots + \tau_n^2 + \tau_1^2 + \dots + \tau_m^2 \leq 1 \quad [3]$$

I vettori appartenenti all'iperspazio la cui norma soddisfa l'equazione [3] si trovano all'interno dell'ipersfera, il loro modulo è pertanto rappresentativo di ogni particolare condizione tale che l'Indice di Comfort Globale:  $GCI \in [0;1]$ .

Il vettore comfort globale, qui definito, ha un duplice impiego:

- in fase di progetto, è uno strumento di scelta tramite il quale risulta semplice individuare l'alternativa ottima; tale alternativa sarà infatti quella che massimizza il modulo del vettore;
- in fase di management dei veicoli ferroviari, può essere di ausilio nella gestione delle variabili che possono essere regolate direttamente in corsa o durante le operazioni di manutenzione.

### 3. Il Comfort Termico

Le sensazioni di comfort termico scaturiscono dal bilancio energetico [6] uomo-ambiente la cui equazione, per unità di superficie è scrivibile come segue:

$$S = M - W_k - E_{sk} - E_r - C - R - C_k \quad [4]$$

dove  $S$  è l'energia istantanea scambiata con l'ambiente (vedi Tab. 1).

Affinché vi sia equilibrio e, dunque, si verifichi una sensazione di comfort, occorre che tale scambio non avvenga, o, comunque, sia limitato il più possibile, ovvero, al limite,  $S$  deve risultare nullo. Alcune delle variabili dell'equazione, [4] che appartengono al sistema *uomo*, non sono indipendenti, e possono essere scritte in funzione di variabili appartenenti al sistema *ambiente*, pertanto, più in generale, si ha equilibrio se l'equazione [5] è soddisfatta:

$$f(M, W, I_{cl}, rh, t_{mr}, t_{sk}, E_{sw}) = 0 \quad [5]$$

L'equazione sopra definita risulta formalmente identica alle equazioni previste dalla teoria di comfort-equilibrio proposta da Leonardi & Ferrara [1].

Variabili introdotte nell'eq. [4]	
$M$	indice metabolico
$W_k$	lavoro esterno
$E_{sk}$	calore scambiato per evaporazione tramite pelle
$E_r$	calore scambiato tramite respirazione
$C$	calore scambiato per convezione tra il corpo umano (coperto da indumenti) e superfici esterne
$R$	calore scambiato per irraggiamento tra il corpo umano (coperto da indumenti) e superfici esterne
$C_k$	calore scambiato per conduzione tra pelle ed oggetti solidi
Variabili introdotte nell'eq. [5]	
$E_{sw}$	calore scambiato tramite sudorazione
$rh$	umidità relativa dell'aria
$t_{mr}$	temperatura media radiante
$t_{sk}$	temperatura della pelle
$I_{cl}$	indice del tipo di abbigliamento, funzione della resistenza termica e della permeabilità al vapore

Tab. 1 - Elenco delle variabili  
(Fonte: [1])

Flanger [7] ha condotto dei sondaggi su un gran numero di soggetti, registrando l'indice di comfort espresso da ciascuno in relazione a determinate variabili relative al sistema uomo-ambiente. In seguito, studiandone la correlazione, ha proposto la relazione seguente per predire tale indice [PMV - Predicted Mean Vote].

$$\begin{aligned}
 PMV &= (0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028) \\
 &\cdot \{(M - W) - 3.05 \\
 &\cdot 10^{-3}[5733 - 6.99 \cdot (M - W) - p_a] \\
 &- 0.42[(M - W) - 58.15] - 1.7 \cdot 10^{-5}M \\
 &\cdot (5867 - p_a) - 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3.96 \\
 &\cdot 10^{-8}f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] - f_{cl}h_c \\
 &\cdot (t_{cl} - t_a)\} \quad [6]
 \end{aligned}$$

Variabili introdotte nell'eq. [6]	
$p_a$	pressione parziale di vapore
$f_{cl}$	rappporto di superficie coperta/nuda del corpo umano
$t_a$	temperatura dell'aria
$t_{cl}$	temperatura superficiale degli indumenti
$h_c$	coefficiente medio di convezione per lo scambio di calore pelle-aria
Scala di percezione termica	
+	3 hot
+	2 warm
+	1 slightly warm
	0 neutral
-	1 slightly cool
-	2 cool
-	3 cold

Tab. 2 - Variabili introdotte nell'eq. [6] e scala di percezione  
(Fonte: [1])

In condizioni di normalità, durante un viaggio, le persone sono sedute, pertanto il tasso metabolico può essere assunto  $M=58,15 \text{ W/m}^2$  [6]. Per lo stesso motivo il lavoro esterno è nullo,  $W_k=0$ . La pressione parziale di vapore può essere calcolata tramite formule empiriche [7] in funzione della temperatura e dell'umidità relativa.

$$\begin{aligned}
 P_a &= rh \cdot P_s \\
 \ln(P_s) &= \frac{\alpha_1}{T} + \alpha_2 + \alpha_3 T + \alpha_4 T^2 + \alpha_5 T^3 + \alpha_6 T^4 + \alpha_4 \ln(T) \quad [7]
 \end{aligned}$$

Il rapporto di superficie coperta/nuda del corpo umano può essere calcolato come segue:

$$f_{cl} = \begin{cases} 1.00 + 1.290I_{cl} \text{ for } I_{cl} < 0.078 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \\ 1.05 + 0.645I_{cl} \text{ for } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W} \end{cases} \quad [8]$$

dove  $I_{cl}$  dipende dal tipo di indumenti indossati dai passeggeri, e dunque dalla stagione e dalle condizioni meteorologiche esterne. Il coefficiente medio di convezione per lo scambio di calore pelle-aria:

$$h_c = \begin{cases} 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} \text{ for } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1\sqrt{v_{ar}} \\ 12.1\sqrt{v_{ar}} \text{ for } 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad [9]$$

con:

$$\begin{aligned}
 v_{ar} &= v_a + 0.005 \left( \frac{M}{A_{DU}} - 58.15 \right) \\
 A_{DU} &= 2.02(w_b)^{0.425}(h|b)^{0.725}
 \end{aligned}$$

dove  $V_{ar}$  è la velocità dell'aria relativa (nel caso studio la velocità dell'aria percepita dai passeggeri all'interno delle carrozze);  $A_{DU}$  rappresenta la superficie corporea calcolabile tramite la formula empirica di Dubois [8] in funzione dell'altezza e del peso. Nella fattispecie, occorre fare riferimento a valori medi (es. in Italia,  $h'_m=1.75\text{m}$ ;  $h'_w=1.65\text{m}$ ;  $\Rightarrow h'=1.70\text{m}$ ;  $w'=75\text{kg} \Rightarrow A_{DU}=1.86\text{m}^2$ ). La temperatura superficiale degli indumenti:

$$\begin{aligned}
 t_{cl} &= 35.7 - 0.028(M - W) - I_{cl} \{3.96 \cdot \\
 &10^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a)\} \quad [10]
 \end{aligned}$$

La temperatura dell'aria è un dato di ingresso, essendo regolabile dall'impianto di condizionamento.

La temperatura media radiante può essere calcolata come segue:

$$t_{mr} = \sum t_i F_{P,i} \quad [11]$$

dove  $t_i$  è la temperatura dell'i-esima superficie isotermica visibile dal passeggero (una parete, la finestra, un pezzo di mobilio della carrozza, un altro passeggero, etc.);  $F_{P,i}$  è il fattore prospettico (o angolare) tra il soggetto-p e la superficie-i.

Una volta calcolate tutte le variabili è possibile eseguire una stima dell'indice di comfort per mezzo della [6].

Il passo finale è quello di individuare le variabili indipendenti che possono essere regolate e/o controllate in fase di progetto/gestione:

- $\alpha 1$ : isolamento termico;
- $\alpha 2$ : potenza dell'impianto di condizionamento (capacità di regolare temperatura dell'aria ed umidità relativa);
- $\alpha 3$ : velocità dell'aria;
- $\alpha 4$ : temperatura media radiante.

Le soglie di comfort suggerite delle norme ISO Standard 77302 [9] sono  $PMV \in [-0.5; +0.5]$ . Un altro parametro, proposto da Flanger [7], particolarmente utile per la stima dei livelli di comfort, è la percentuale di passeggeri non soddisfatti (PPD - predicted percentage of dissatisfied passengers) calcolabile con la seguente equazione:

$$PPD = 100 - 95e^{-(0.03353PMV^4 + 0.21PMV^2)} \quad [12]$$

Tale indice è funzione della sola variabile  $PMV$ , ed è pertanto possibile valutare le soglie di comfort del  $PPD$  direttamente dal grafico (vedi Fig. 2). Per  $PMV \in [-0.5; +0.5]$ ,  $PPD$  varia da 0% al 10%.

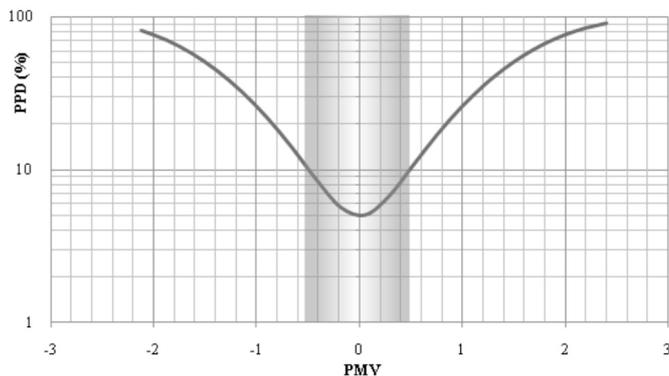


Fig. 2 - Grafico tipo della funzione  $PPD=f(PMV)$   
[Fonte: [1]]

Infine, l'ultimo passo consiste nel valutare per ogni variabile le soglie ed i campi di variazione  $\alpha \Delta = \alpha^s - \alpha^i$  come mostrato nel primo paragrafo (vedi Tab. 3).

PMV - Predicted Mean Vote						
dipende da:						
$M$	$W$	$t_a$	$t_{mr}$	$P_a$	$f_{cl}$	
fissato	fissato	regolabile da:	regolabile da:	dipende da:	dipende da:	dipende da:
0 [W/m <sup>2</sup> ]	0 [W/m <sup>2</sup> ]	sistema di condizionamento	disposizione dei posti, finestre, etc.	$T$ non regolabile (dato di progetto)	$rh$ regolabile da: sistema di condizionamento (dato di progetto)	$I_{cl}$ non regolabile (dato di progetto)
		$h_r$	$t_{cl}$			
		dipende da:	dipende da:			
		$v_{ar}$	$t_a$	$M, W$	$I_{cl}, f_{cl}, t_a$	
dipende da:		←	←	←		
$v_a$	$A_{DU}$					
regolabile da:	fixed					
velocità e direzione del getto d'aria condizionata	e.g. 1.86 [m <sup>2</sup> ] (media italiana)					

Tab. 3 - PMV - Predicted Mean Vote  
[Fonte: [1]]

#### 4. Il Comfort Acustico

In un veicolo ferroviario, le vibrazioni ed i rumori avvertiti dagli utenti trovano origine dalle medesime cause; la differenza consiste nel mezzo attraverso il quale si propagano. L'onda sonora di pressione si propaga nell'aria, le vibrazioni meccaniche invece, attraverso strutture solide. Entrambi i fenomeni sono caratterizzati da frequenza e ampiezza.

La caratterizzazione in frequenza, oltre che in ampiezza, risulta particolarmente rilevante se si tiene conto del fatto che l'orecchio umano non è ugualmente sensibile a tutte le frequenze. In particolare, tale sensibilità risulta meno accentuata per toni a frequenze basse (poche decine di Hz) ed a frequenze alte (oltre i 15 kHz). Per paragonare le percezioni relative a due suoni uguali in ampiezza, ma differenti in frequenza, occorre utilizzare un filtro di ponderazione che simuli la risposta dell'apparato uditivo.

A tale scopo le norme ISO 226 [10] hanno proposto una metodologia e un filtro ad hoc.

L'obiettivo di questo studio consiste nel semplificare l'interpretazione dei dati relativi a rilievi/predizioni di emissioni sonore, proponendo un metodo di valutazione/previsione del comfort funzione di un'unica variabile: il livello di dB.

L'ipotesi che sta alla base di questa semplificazione è stata verificata da dati sperimentali mostrati in seguito. La veridicità di tale assunzione trova spiegazione nella casualità della frequenza relativa alle onde sonore emesse da un veicolo ferroviario. Infatti, variando di continuo la frequenza delle onde sonore emesse, la sensazione uditiva associata a un lasso di tempo, anche breve, risulta relativa ad una serie di suoni a frequenza random abbracciante un largo dominio di variazione. Pertanto, risulta statisticamente valida l'operazione di ritenere la percezione uditiva indipendente da un parametro che varia con casualità. Al fine di verificare sperimentalmente l'ipotesi sono stati utilizzati i dati rilevati da un esperimento condotto da Yamaguchi et al. [11]. In questo esperimento un gruppo di persone con capacità uditive normali (studenti con età compresa tra i 20 ed i 22 anni) è stato sottoposto ad un'emissione sonora a frequenza random e livello di dB variabile ogni 5 secondi. I soggetti sono stati invitati ad indicare in un questionario la sensazione di comfort uditiva percepita in una scala da 1 a 7 (vedi Tab. 4).

$F_i$	Impressioni
1	molto calmo
2	abbastanza calmo
3	leggermente calmo
4	medio
5	leggermente rumoroso
6	piuttosto rumoroso
7	molto rumoroso

Tab. 4 - Scala di percezione del rumore  
[Fonte: [1]]

I dati rilevati durante l'esperimento hanno permesso a Yamaguchi et al. [11] di tracciare sette curve sperimentali, rappresentanti la distribuzione di frequenza dell'indice di comfort in funzione ai livelli di dB emessi.

Volendo considerare solo l'indice di comfort più frequente in ciascuna delle sette distribuzioni, è possibile costruire un singolo grafico in cui l'ordinata rappresenta proprio l'indice di comfort e in ascissa si hanno i livelli di dB.

Una volta determinati i punti sperimentali, l'equazione di regressione, che ha restituito risultati ottimali, è la relazione esponenziale di Stevens [12] tra stimolo fisico ed intensità percepita:

$$\psi = k\varphi^n \quad (13)$$

dove  $\psi$  rappresenta la percezione,  $\varphi$  lo stimolo,  $k$  ed  $n$  sono due parametri da valutare a seconda del fenomeno esaminato. Modificando opportunamente l'equazione, è stata integrata una taratura sulla soglia minima di dB che ha scaturito il massimo comfort ( $F_i=1$ ).

$$\begin{cases} F_i = k(L_k - L_{k,0})^n - F_0 \\ k = 0.50; n = 0.64; L_{k,0} = 64dB; F_0 = 1 \end{cases} \quad (14)$$

Adottando tali valori, la regressione segue strettamente l'andamento della curva sperimentale (vedi Fig. 3) ed il coefficiente di regressione risulta più che soddisfacente ( $R^2=0,9989$ ).

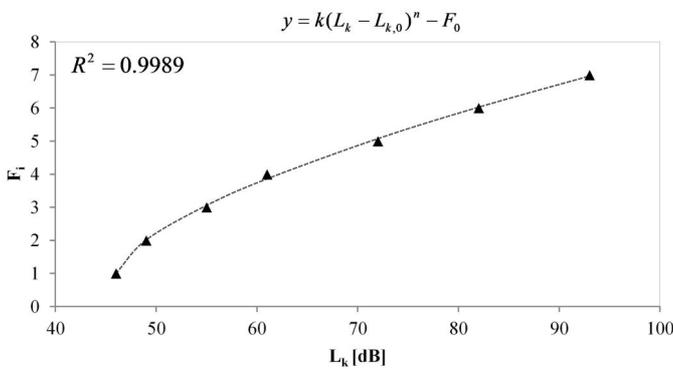


Fig. 3 - Relazione "Indice di comfort - livello di rumore" (Fonte: [1])

Occorre infine individuare le variabili progettuali che influenzano il livello di rumore valutando le relative soglie inferiore e superiore come visto in precedenza.

Le variabili individuate risultano le seguenti:

- α1: isolamento acustico;
- α2: velocità del veicolo ferroviario;
- α3: indice di difettosità della ruota;
- α4: indice di difettosità della rotaia;
- α5: indice di tortuosità.

## 5. Comfort Vibrazionale

Numerosi indici per la valutazione del disturbo prodotto dalle vibrazioni in ambito ferroviario sono stati proposti nella recente letteratura scientifica.

Generalmente molti di questi indici legano il disturbo fisico con l'accelerazione trasmessa al corpo del passeggero. Inoltre, in questo caso, come nel comfort acustico, le sensazioni umane dipendono sia dall'ampiezza e sia dalla frequenza della sollecitazione.

L'accelerazione nelle tre direzioni: lungo la direzione di marcia del treno [asse x], lungo asse verticale [asse z] e lungo l'asse trasversale [asse y], deve essere misurata attraverso accelerometri o stimata con l'ausilio di una simulazione 3D. È, quindi, possibile calcolare l'indice di comfort secondo il metodo ISO 2631 [13].

I tre valori di accelerazione misurati o stimati devono essere pesati con un filtro e successivamente è possibile calcolare il root mean square RMS:

$$a_w^{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} a_w^2 dt} \quad (15)$$

L'indice di comfort è calcolato come:

$$a = \sqrt{k_x(a_{xw}^{r.m.s.})^2 + k_y(a_{yw}^{r.m.s.})^2 + k_z(a_{zw}^{r.m.s.})^2} \quad (15)$$

I valori limite dell'indice di comfort, che dimensionalmente è un'accelerazione [ $m/s^2$ ], sono:  $\alpha \in [0; 0.53]$ .

Molte delle variabili che influenzano i valori dell'accelerazione e, quindi, il relativo comfort, sono le stesse viste nel caso del rumore, poiché l'origine è la stessa.

Le variabili individuate, pertanto, sono:

- α1: il sistema di smorzamento (ammortizzatori);
- α2: la velocità del veicolo ferroviario;
- α3: indice di difettosità della ruota;
- α4: indice di difettosità della rotaia;
- α5: indice di tortuosità.

L'ultima fase consiste nel calcolare  $\alpha_{\Delta} = \alpha^s - \alpha^i$  come illustrato nel primo paragrafo.

## 6. Conclusioni

Nel modello proposto, dopo aver esplicitato tutte le variabili considerate e calcolato i relativi campi di variazione, è possibile definire l'ipersfera e il relativo vettore del comfort globale, nello spazio  $R^{n+m}$ .

È necessario, tuttavia, fare alcune considerazioni conclusive sulle variabili umane, infatti, anche se queste hanno un'evidente correlazione con il comfort, soprattutto quello

termico, non sono state considerate nell'ipersfera in quanto non regolabili (come visto in [3]). Queste variabili sono considerate come condizioni limite nel calcolo computazionale, cioè il campo variazionale delle variabili deve essere ricalcolato al variare della: stagione, temperatura esterna e umidità; condizioni che influenzano le scelte di vestiario dei passeggeri.

Per quanto, invece, concerne il comfort acustico, nonostante la frequenza del rumore sia rilevante nella determinazione della percezione dei passeggeri, i risultati sperimentali dimostrano che è possibile definire una relazione diretta tra indice di comfort e l'ampiezza delle onde sonore al variare casuale della frequenza. Pertanto, indice di comfort vibrazionale e acustico non dipendono dai fattori umani, un'eccezione può essere fatta nel caso di treni letto, nei quali i passeggeri, stando in posizione orizzontale, hanno una percezione del comfort vibrazionale modificata.

## Bibliografia

- [1] Leonardi G., Ferrara R., *Comfort globale e sicurezza d'esercizio nelle infrastrutture viarie: un modello matematico per l'analisi delle relazioni uomo-veicolo-infrastruttura-ambiente*. In: Supplemento ai Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, Serie II, No. 83, pp. 209 - 218, Palermo (Italy), 2011
- [2] ASHRAE, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE Standard 55-1992
- [3] ASHRAE, *Thermal Comfort*. ASHRAE Handbook: Fundamentals, 2001
- [4] Yang W., Kang J., *Acoustic comfort evaluation in urban open spaces*. In: Applied Acoustics, 66, 2005
- [5] Huston D., Zhao X., Johnson C., *Whole-Body shock and vibrations: Frequency and Amplitude dependence of comfort*. In: Journal of Sound and Vibration, 2000
- [6] Butera F.M., *Principles of Thermal Comfort*. Renewable & sustainable energy reviews, 1998
- [7] Fanger P.O., *Assessment of man's thermal comfort in practice*. In: British Journal of Industrial Medicine, 30, pp. 313 - 324, 1973
- [8] DuBois D., DuBois E.F., *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. In: Arch Intern Medicine, 17 :863-71, 1916
- [9] International Standard ISO 7730, *Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and Specifications of the conditions of thermal comfort*, 1984
- [10] International Standard ISO 226:2003 revision, *Acoustics. Normal equal-loudness-level contours*
- [11] Yamaguchi S., Kato Y., Oimatsu K., Saeki T., *A Psychological Evaluation Method for Fluctuating Random Noise Base on Fuzzy Set Theory*. In: Applied Acoustics, 45, 1995
- [12] Stevens S.S., *Psychophysics, Introduction to its Perceptual, Neural and Social Prospects*. Wiley, New York, 1975
- [13] International Standard ISO 2631, *Guide to evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibrations*, 1985
- [14] Leonardi G., Cirianni F., *Analisi dell'efficienza e della sicurezza di esercizio di un'infrastruttura ferroviaria*. In: LaborEst, n. 10, 2015



*High Efficiency Solar Microcogeneration  
at Low Power Scale*

# MICROCOGENERAZIONE SOLARE AD ALTA EFFICIENZA E PICCOLA SCALA ENERGETICA

*Giulia Fresca, Carolina Toscano, Francesco Pulice, Riccardo Barberi*

*Dipartimento di Fisica, Università della Calabria, Via P. Bucci, Cubo 31 C - 87036, Arcavacata di Rende, Cosenza, Italia*

*giuliafresca@gmail.com; ing.toscanocarolina@gmail.com;*

*francescopulice@hotmail.com; riccardo.barberi@fis.unical.it*

## Abstract

This experimental work is focused on a small solar cogeneration system of about 1 kW of electric power and up to 3 kW of thermal power, designed for the decentralised and diffuse production of heat and power with high conversion efficiencies at low power scale. The presented solar system makes use as microcogenerator of an industrial Stirling engine of small size, with an electrical efficiency up to 32%, originally designed for domestic combined heat-power applications in gas boilers. The heat acceptor of the Stirling head has been completely re-engineered for the solar application, together with a solar dish concentrator moved by a suitable two axis tracking system. In one year the average electricity produced is about 185 kWh/m<sup>2</sup> and the average thermal energy is around 858 kWh/m<sup>2</sup>. The resulting annual electrical efficiency is about 9%, but can be improved, and the annual thermal efficiency is about 46%. The collecting surface of the solar dish measures approximately 9.6 m<sup>2</sup>, about the 50% of the collecting surface for an equivalent non-cogenerative system.

**KEY WORDS:** *Energy, Cogeneration, Stirling Engine, Green Energy, Solar Dish.*

## 1. Introduzione

Gli ambiziosi obiettivi nazionali, fissati dalla Commissione Europea per l'anno 2020, pari ad una *copertura con le energie rinnovabili al 17% degli usi finali di energia, nonché le indicazioni verso l'autoproduzione e la distribuzione locale di energia da fonti rinnovabili* indicate nella nuova proposta della Commissione Europea sulle rinnovabili, direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio, risultano fondamentali da perseguire, ma non semplici da conseguire.

Senza dubbio, un ruolo fondamentale per il loro raggiungimento, è affidato a nuove soluzioni tecnologiche per la *green energy*, che sta acquisendo sempre più rilevanza in tutti i comparti produttivi e di consumo. In Calabria, in particolare, le tecniche innovative di energie rinnovabili applicabili, per esempio, nei processi agroindustriali, favoriscono l'efficienza energetica e il risparmio di risorse naturali del territorio. Da questa esigenza locale, che risponde ad una domanda ben più estesa, è partita l'idea di sviluppare nuove soluzioni di produzione energetica di

piccola taglia. Il sistema di micro-cogenerazione presentato si inserisce nel filone di ricerca per lo sviluppo di impianti alimentati dal Sole basati sulla concentrazione della radiazione solare e sulla simultanea produzione di energia elettrica e di energia termica, per massimizzare il rendimento complessivo di generazione solare a parità di superficie occupata.

## 2. Obiettivi

Fuori dell'atmosfera il Sole illumina in media la Terra con circa 1367 W/m<sup>2</sup> di radiazione su un piano perpendicolare ai raggi solari [1]. Tale valore è conosciuto come costante solare. Non tutta questa energia raggiunge la superficie della Terra a causa dell'atmosfera e dei fenomeni ad essa collegati: riflessione, rifrazione, assorbimento e diffusione.

La radiazione solare complessiva che giunge al suolo è la somma di tre contributi principali:

- la radiazione diretta, che è quella che non è assorbita

dall'atmosfera terrestre e arriva sulla superficie terrestre senza deviazioni significative dalla direzione Sole-Terra. La radiazione diretta colpisce una qualsiasi superficie con un unico e ben definito angolo di incidenza;

- la radiazione diffusa (o indiretta), che è quella parte che giunge a terra grazie alla diffusione dei raggi solari a causa dell'aria. È la luce che percepiamo, per esempio, nelle giornate nuvolose e proviene dal cielo senza una direzione ben definita, colpendo quindi una superficie al suolo, distribuendosi su moltissimi angoli di incidenza;
- la radiazione riflessa dal terreno, dall'ambiente o dagli oggetti, che anch'essa non ha in genere una direzione ben definita.

La radiazione solare diretta presenta una densità energetica bassa, che alle latitudini italiane è tipicamente di circa 1000 W/m<sup>2</sup> alle ore 12.00 solari di una giornata chiara. Col cielo sereno la radiazione diffusa è circa il 10% di quella diretta.

I sistemi solari a concentrazione intercettano la sola radiazione solare diretta. Le tecnologie a concentrazione solare, *CSP - Concentrating Solar Power*, consistono nella opportuna focalizzazione di questa componente della radiazione solare con idonei sistemi di specchi e/o di lenti per portare una larga area di radiazione solare su una superficie più piccola, al fine di aumentare la densità energetica disponibile. Il fine ultimo, nel caso in studio, è realizzare le condizioni per poter azionare un ciclo termodinamico con il più alto rendimento possibile e quindi produrre efficacemente potenza meccanica e, di conseguenza, elettrica e calorifica [2].

In termini di efficienza complessiva, l'approccio più efficace è senz'altro quello della cogenerazione, [3, 4, 5] cioè della produzione simultanea di energia elettrica e termica partendo da una singola fonte primaria, come è il Sole, mediante l'uso di un solo sistema integrato.

Questo tipo di produzione energetica presenta benefici economici per il risparmio sul costo dell'energia prodotta, in quanto, rispetto alla generazione separata di energia elettrica e termica, la cogenerazione riduce la quantità di energia primaria utilizzata. Quando la cogenerazione è applicata all'energia solare permette anche di ridurre l'area complessiva delle superfici captanti rispetto alla soluzione tradizionale dei pannelli fotovoltaici affiancati da quelli termici, incrementando, in maniera significativa, l'efficienza complessiva di conversione e ottenendo un minore consumo di suolo. Vanno infine considerati i risparmi nelle emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto all'approvvigionamento energetico tradizionale.

Un impianto di cogenerazione permette, per esempio, di recuperare il calore prodotto da un motore utilizzato per produrre energia elettrica, calore che negli impianti convenzionali non cogenerativi sarebbe invece disperso nel-

l'ambiente.

Questo lavoro descrive un sistema micro-cogenerativo solare per la produzione contemporanea di energia elettrica e termica con potenze di pochi kW: un *CSP a inseguimento a due assi in cui il sistema di micro-cogenerazione è basato su un motore Stirling free piston integrato nel sistema.*

## 2.1. Le Tecnologie ed il Metodo Utilizzato

### 2.1.1. La Cogenerazione

I vantaggi della cogenerazione sono molteplici e possono essere così riassunti:

- **Vantaggi economici:** è sfruttata meglio l'energia della fonte energetica primaria, cioè a parità di energia utile prodotta si consuma meno. I costi di gestione dell'impianto sono quindi ridotti poiché le perdite sono inferiori;
- **Vantaggi ambientali:** anche se il sistema cogenerativo fa uso di fonti fossili, le quantità di combustibile necessarie sono inferiori alle soluzioni non cogenerative con la conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> ;
- **Vantaggi tecnologici:** sono garantiti livelli di qualità di fornitura d'energia elevati. La cogenerazione permette di avere una maggiore flessibilità nella fornitura d'energia riducendo i rischi black-out;
- **Utilizzo razionale delle risorse:** la cogenerazione permette di utilizzare in maniera razionale le risorse energetiche riducendo gli sprechi;
- **Vantaggi finanziari:** la legislazione italiana, nei casi di cogenerazione energetica, prevede semplificazioni amministrative, particolari diritti di scambio sul posto, l'assegnazione di certificati bianchi, che ogni produttore di energia rinnovabile deve comunque obbligatoriamente conseguire, e vantaggi fiscali.

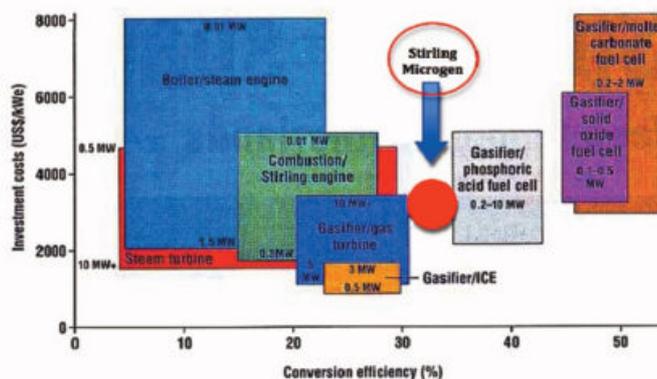


Fig. 1 - Tecnologie di conversione di energia e relative efficienze di conversione con posizionamento relativo del convertitore Stirling adottato per il prototipo di microcogeneratore solare. Sebbene si tratti di un dispositivo di piccola taglia, di potenza energetica elettrica di circa 1 kWe, esso si colloca tra i più economici per la produzione di energia [costo per kWe] e tra i più efficienti, direttamente paragonabile ai sistemi oltre il MW di potenza [Fonte: "Energia in Italia: problemi e prospettive (1990-2020)", Società Italiana di Fisica, Aprile 2008]

### 2.1.2. Il motore Stirling

Uno dei migliori sistemi termodinamici per la realizzazione di microcogeneratori di piccola taglia è il motore Stirling. Come mostrato nella Figura (vedi Fig. 1), esso può raggiungere efficienze molto alte, fino al 33% per la produzione elettrica diretta [6].

Lo Stirling appartiene alla categoria dei motori a combustione esterna, cioè a quella tipologia di motori in cui il combustibile è utilizzato per riscaldare dall'esterno un fluido, che permette la conversione dell'energia termica in lavoro meccanico.

Tale motore, il cui brevetto fu depositato il 27 settembre 1816, prende il nome dal suo inventore, Robert Stirling, nato a Gloag nella contea di Perthshire in Scozia. L'idea nacque dalla volontà di risolvere il problema legato alle esplosioni delle caldaie a vapore. Il suo motore infatti funziona senza caldaia ed in maniera piuttosto semplice: la combustione è esterna, il fluido di lavoro, un gas a pressione modesta, segue un semplice ciclo di riscaldamento, espansione, raffreddamento e compressione. Si tratta quindi di un motore rigenerativo a ciclo chiuso che segue due isoterme a temperature differenti, per raccogliere lavoro meccanico utile, le quali sono collegate tra loro da due trasformazioni isocore rigenerative [7, 8]. Il motore Stirling ha lo stesso rendimento teorico di un ciclo di Carnot e dipende quindi solo dalle temperature massime e minime tra cui si svolge il ciclo termodinamico.

Il motore Stirling utilizzato per il prototipo di microcogeneratore solare è prodotto da *Microgen Engine Corporation Holding* e si tratta dell'unico sistema al mondo oggi disponibile su scala industriale per piccole potenze elettriche. È un motore *free-piston*, disegnato inizialmente da *Sunpower* e destinato al riscaldamento delle grandi abitazioni. Successivamente, lo sviluppo di questo motore è stato curato dal *MEC*, un consorzio di aziende formato da *Viessmann*, *Baxi*, *Remeha* e *Sunpower* stessa e quindi affidato alla *Microgen*.

Le sue caratteristiche principali sono: produzione di corrente alternata a 220 Volt e 50 Hz, potenza elettrica fornita di 1 kW e potenza termica di 3 kW. Le sue curve di funzionamento caratteristiche sono riportate nella Figura (vedi Fig. 2).

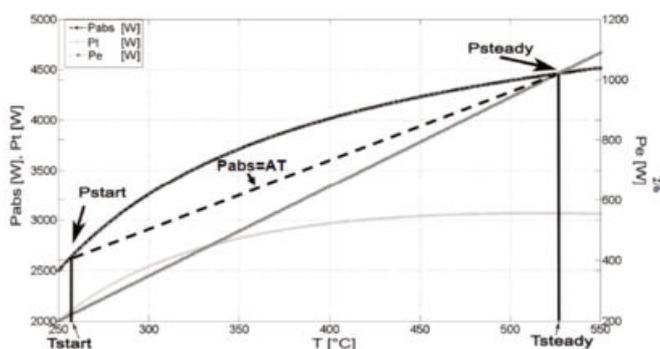


Fig. 2 - Curve caratteristiche di funzionamento del motore Stirling di Microgen  
(Fonte: Propria elaborazione)

Lo Stirling di Microgen è privo di valvole e cinematismi e presenta un funzionamento silenzioso con elevati intervalli di esercizio di diversi anni senza manutenzione.

Il generatore elettrico, un alternatore di tipo lineare, è infatti inserito nel cilindro del motore e nel pistone. Il moto oscillante del pistone motore dello Stirling è così convertito direttamente in energia elettrica alternata e il sistema non richiede un inverter.

*Microgen* sviluppa un sistema microcogenerativo abbinato ad un bruciatore a gas la cui testa riscaldante non è compatibile con l'applicazione del concentratore solare. Questa componente del motore è stata quindi completamente ridisegnata per questa sperimentazione.

La soluzione individuata è consistita nello sviluppo e nella caratterizzazione di un assorbitore di calore, a simmetria cilindrica, di forma tronco conica, disposto sulla testa del motore Stirling, capace di trasferire il calore concentrato sulla superficie frontale e laterale dell'assorbitore verso le alette dello scambiatore di calore interno del motore stesso (vedi Fig.3). L'assorbitore di calore assolve ad una doppia funzione: da una parte serve all'avvio per il preriscaldamento del motore e dall'altra svolge la funzione di volano termico stabilizzatore. In particolare, la capacità termica, individuata tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di bilanciamento termico, riportate nel prossimo paragrafo, presenta dei valori all'interno dell'intervallo 2800 - 3800 J/Kg°C che, se si sceglie il rame come materiale costituente, implica una massa tra 7 e 10 Kg.



Fig.3 - Motore Stirling con la testa tronco conica di assorbimento del calore montata frontalmente (in alto nell'immagine)  
(Fonte: Propria elaborazione)

### 2.1.3. Sistema solar-dish a inseguimento a due assi: Sunny

Il funzionamento del concentratore è parametrizzato tramite l'equazione di bilanciamento energetico, che è rappresentato dall'equazione differenziale ordinaria non lineare:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P_{ric} - P_{abs}(T) - P_{loss}(T)}{C_{termico}} \quad (1)$$

dove:

- $P_{ric}$  potenza termica entrante all'interno del ricevitore;
- $P_{abs}$  potenza termica assorbita dal motore Stirling, le cui curve matematiche di funzionamento caratteristiche del convertitore termodinamico sono quelle della Figura (vedi Fig. 2);
- $P_{loss}$  perdite termiche, radiative e convettive, del sistema a concentrazione solare;
- $C_{termico}$  è la capacità termica ottimizzata per l'assorbitore di calore;
- $T$  è la temperatura di interfaccia tra l'assorbitore di calore e lo scambiatore di calore interno del motore Stirling, costituito da alette in rame che circondano interiormente la testa cilindrica;
- $t$  è il tempo.

La soluzione di queste equazioni descrive l'evoluzione temporale dei parametri principali di funzionamento del sistema a concentrazione solare. In particolare si può modellizzare il comportamento della temperatura  $T$  di interfaccia tra l'assorbitore di calore e lo scambiatore di calore, conoscere la produzione elettrica e termica del concentratore, e quindi le efficienze elettriche e termiche. A seguito della modellazione matematica del sistema sono state definite anche le soluzioni tecnologiche applicative, sviluppando i modelli di dettaglio, realizzando i componenti ed infine testandoli sul campo. In questo modo è stato disegnato l'intero gruppo focale del sistema, che è rappresentato schematicamente insieme alla struttura portante nella figura (vedi Fig. 4).

La captazione e la focalizzazione della radiazione solare sono un problema tecnico delicato e di non facile soluzione tecnica. I fogli metallici utilizzati allo scopo soffrono, per esempio, la doppia curvatura imposta dal profilo di paraboloide di rotazione che hanno i solar dish.

Ciò comporta possibili fratture superficiali che, anche se di piccola entità, possono accelerare i processi di invecchiamento della superficie stessa.

Le deformazioni imposte devono quindi essere le minime possibili, compatibilmente con una distanza focale che permetta una buona movimentazione del solar dish.

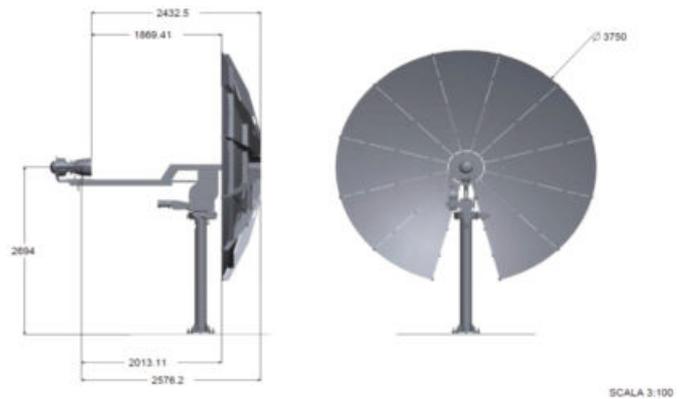


Fig. 4 - Schema del microgeneratore solare a inseguimento a due assi Sunny con ingombri  
(Fonte: Propria elaborazione)

L'elemento ottico principale è un paraboloide di rotazione in alluminio riflettente, con riflettanza speculare di circa 87,8%, una superficie captante netta di circa 9,60 m<sup>2</sup>, realizzato con 11 spicchi triangolari preformati di circa 0,87 m<sup>2</sup> ciascuno. Il paraboloide concentra la radiazione solare sulla testa riscaldante del motore Stirling, che è alloggiato nel fuoco del paraboloide stesso, sostenuto da un braccio portante di circa 2 m di lunghezza.

Il paraboloide è dotato di motori che permettono l'inseguimento continuo del disco solare con un movimento su due assi. Le soluzioni adottate sono state coperte con due brevetti per l'ottimizzazione dell'intero sistema concentratore-ricevitore-testa Stirling [9, 10].

Sono stati anche condotti studi specifici sul calcolo strutturale degli elementi portanti del concentratore, oltre che per le opere edili di installazione dello stesso, al fine di valutare possibili applicazioni commerciali.

La superficie riflettente del paraboloide è stata realizzata con fogli di alluminio ALLMIRR di Alucoil [11]. La superficie dell'ALLMIRR ha una riflettività teorica del 90%, che si riduce a 87,8%, come rilevato con misure spettroscopiche dopo la deformazione del foglio per fargli assumere la forma parabolica richiesta dalla geometria del concentratore. Si tratta quindi di uno specchio ad alta riflessione, formato da fogli di alluminio ed un nucleo di resina di plastica, che rende il prodotto auto-portante. L'ALLMIR è anche un materiale la cui superficie è trattata con tecniche nanotecnologiche che risultano autopulenti, per cui lo sporco e la polvere non vengono trattenuti.

La figura (vedi Fig. 5) è una fotografia dell'isola sperimentale presso il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria con l'implementazione di due sistemi Sunny completi. La sperimentazione e la completa caratterizzazione e ottimizzazione di questi sistemi è ancora in corso.

La figura (vedi Fig. 6) riporta le misure sperimentali dell'irradiazione solare, DNI, espressa in W/m<sup>2</sup>, curva rossa, e della potenza elettrica prodotta dal sistema Sunny, espressa in W, curva blu, in funzione del tempo in una giornata di ottobre a Rende (CS). Si rileva che il sistema ha prodotto energia elettrica per quasi 9 ore con-

tinuative con un picco di potenza elettrica superiore a 1150 W in presenza di un irraggiamento solare di circa 930 W/m<sup>2</sup>.



Fig. 5 - Isola sperimentale presso il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria con due sistemi Sunny  
(Fonte: Propria elaborazione)

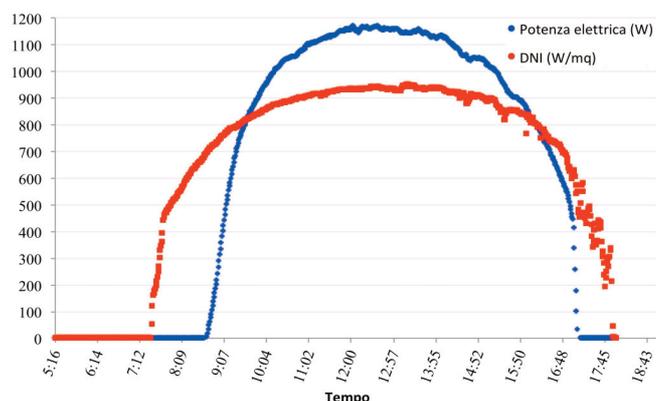


Fig. 6 - Misure sperimentali dell'irradiazione solare, DNI, espressa in W/m<sup>2</sup>, curva rossa, e della potenza elettrica prodotta dal sistema Sunny, espressa in W, curva blu, in funzione del tempo in un giorno di Ottobre a Rende (CS)  
(Fonte: Propria elaborazione)

La figura (vedi Fig. 7) riporta due grafici simili a quelli di figura 6 e relativi alle osservazioni sperimentali di un giorno molto particolare, il 20 Marzo 2015, nel quale si è verificata un'eclissi parziale di Sole facilmente rilevabile dalla riduzione della DNI tra le 9:30 e le 11:30. Dai grafici della figura (vedi Fig. 7) si rileva il comportamento del sistema

di cogenerazione nel periodo dell'eclissi.

Quando la DNI diminuisce da circa 850 W/m<sup>2</sup> verso le 9:26 a circa 500W/m<sup>2</sup> intorno alle 10:30, momento di massima eclisse, il sistema passa da una produzione di circa 1 kW elettrico a circa 450 W. All'aumentare della DNI, nella parte finale dell'eclisse, la produzione del sistema aumenta raggiungendo il picco massimo di circa 1.2 kW elettrici per poi defocalizzare la radiazione concentrata per motivi di sicurezza intorno alle 11:30 e poi riprendere la produzione normale dopo circa 15 minuti. Gli andamenti della figura (vedi Fig. 7) sono interessanti perché mostrano direttamente l'inerzia termica che presenta il sistema di accumulo del calore: le curve della produzione elettrica e della DNI risultano sfasate con un ritardo tipico di 13 minuti. Infatti, la DNI raggiunge un picco alle 9:26 con 846 W/m<sup>2</sup>; mentre la potenza elettrica raggiunge il picco alle 9:39 con 1000 W, con appunto 13 minuti di differenza.

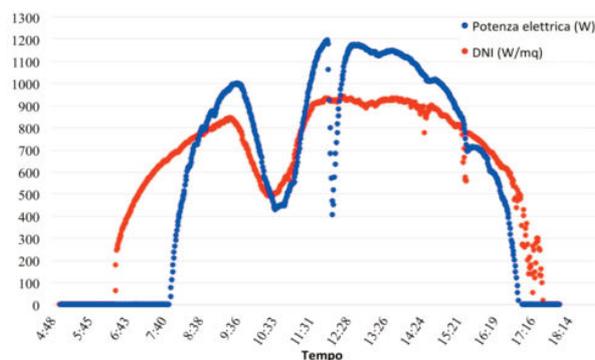


Fig. 7 - Misure sperimentali dell'irradiazione solare, DNI, espressa in W/m<sup>2</sup>, curva rossa, e della potenza elettrica prodotta dal sistema Sunny, espressa in W, curva blu, in funzione del tempo il giorno 20 Marzo 2015, in presenza di una eclissi solare.  
(Fonte: Propria elaborazione)

La Tabella (vedi Tab. 1) riporta i valori medi mensili dell'energia elettrica e di quella termica prodotta in un anno a Rende (CS). Con la superficie captante per l'energia solare di circa 9,6 m<sup>2</sup>, l'energia elettrica media prodotta in un anno risulta circa 185 kWh/m<sup>2</sup> e l'energia termica media prodotta in un anno a 858 kWh/m<sup>2</sup>. Il rendimento elettrico medio annuale risulta di circa il 9%, certamente migliorabile, mentre quello termico raggiunge il 46%.

	Radiazione solare su piano normale DNI (kWh/m <sup>2</sup> )	Energia termica prodotta (kWh)	Energia Elettrica prodotta (kWh)
Gennaio	124	565	83
Febbraio	118	543	80
Marzo	160	700	139
Aprile	182	805	160
Maggio	193	890	147
Giugno	215	930	216
Luglio	225	1.020	193
Agosto	221	980	205
Settembre	202	856	215
Ottobre	177	771	161
Novembre	134	611	94
Dicembre	131	596	86
<b>Totale</b>	<b>2082</b>	<b>9267</b>	<b>1779</b>

Tab. 1 - Valori medi mensili dell'energia elettrica e dell'energia termica prodotta in un anno a Rende (CS) (Fonte: Propria elaborazione)

### 3. Conclusioni

Il sistema cogenerativo presentato ha prodotto in un anno 9267 kWh di energia termica e 1779 kWh di energia elettrica utilizzando una superficie captante di 9,60 m<sup>2</sup> per la radiazione solare. Se si considera un sistema tradizionale non cogenerativo composto da pannelli fotovoltaici col 18% di rendimento e pannelli termici [12, 13] utilizzati in zona climatica C, come è il caso del Comune di Rende, composti da collettori solari piani, vetrati, inclinati verso sud a 39° rispetto al piano orizzontale, per compensare la latitudine locale, ed efficienza ottica di circa 0,80, per produrre la stessa quantità di energia termica ed elettrica del sistema Sunny i pannelli fotovoltaici dovranno occupare 4,6 m<sup>2</sup> mentre i pannelli termici ulteriori 14,38 m<sup>2</sup>. In totale il sistema non cogenerativo necessita di una superficie captante di quasi 19 m<sup>2</sup>, contro i 9,60 m<sup>2</sup> del sistema cogenerativo. La superficie captante del sistema Sunny è quindi circa la metà di quella del sistema non cogenerativo, con un'importante riduzione del 50%. La principale criticità per l'implementazione industriale del sistema cogenerativo sviluppato è data dall'alto costo dei micro-cogeneratori Stirling che, su scala mondiale, sono forniti solo da Microgen, e la cui limitata produzione, qualche decina di migliaia all'anno, determina costi di produzione troppo elevati per applicazioni diffuse, limitandone l'uso pratico a soluzioni di nicchia, quali sistemi per la gestione delle emergenze o per la produzione remota di energia elettrica e termica combinata. L'allargamento di questo mercato, anche grazie al nuovo dispositivo proposto, e la conseguente attesa riduzione dei costi di queste componenti potrebbe però cambiare positivamente lo scenario. La ricerca è ora rivolta a una migliore ottimizzazione del sistema, che ha un rendimento elettrico medio annuale di circa il 9%, non competitivo con altre soluzioni alternative, come il fotovoltaico ad alta efficienza. Questo parametro è però migliorabile con un nuovo design della parte ottica di concentrazione della radiazione solare e l'introduzione di un collettore ottico secondario, che riduca anche le perdite radiative dal collettore termico sulla testa del motore Stirling. Il sistema dovrebbe così poter ottenere un rendimento elettrico medio annuale complessivo di almeno il 12%. Le filiere locali di autoproduzione possono trarre importanti benefici da un impianto cogenerativo di piccole dimensioni, che, anche se con potenze di solo qualche kW, presenti alti rendimenti energetici. Il sistema proposto rappresenta un'innovazione incrementale nel mercato energetico ed è indicato in casi in cui sia prioritaria l'autosostenibilità energetica locale in un contesto di produzione decentralizzata e diffusa di elettricità e calore. Esso è inoltre adatto anche a zone remote e offre una oc-

cupazione di suolo molto ridotta rispetto alle soluzioni tradizionali non cogenerative.

### Acknowledgement

Questa ricerca è stata supportata dal programma Micro-Perla, Pon01\_01840, "Programma di Energie Rinnovabili e Micro-Cogenerazione per l'Agroindustria", finanziato nell'ambito del PON Ricerca e Competitività 2007 - 2013. La ricerca è stata condotta in collaborazione con l'Università della Calabria, il CNR-IPCF, l'ENEA di Trisaia e Innova Solar Energy srl, con la consulenza di Calpark SCpA, il Parco Scientifico e Tecnologico della Calabria, dell'azienda spinoff DeltaE srl e di ICEA, l'Istituto per la certificazione etica e ambientale. Si ringrazia il dott. Giuseppe Lombardo del CNR-IPCF per il contributo al modello teorico del microcogeneratore solare.

### Bibliografia

- [1] Solar Radiation Resource Information database, presente in Renewable Resource Data Center (RReDC). Informazioni su: <https://www.nrel.gov/grid/solar-resource/renewable-resource-data.html>
- [2] Müller-Steinhagen H., Trieb F., *Concentrating Solar Power: a review of the technology*. Ingenia, Issue 18, February/March 2004
- [3] Gestore dei servizi Energetici - GSE, Guida alla Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR, Marzo 2012
- [4] ENEA, Ricerca Sistema Elettrico, Le tecnologie innovative ed efficienti nei sistemi di generazione in assetto co-trigenerativo e nei sistemi integrati con unità a pompa di calore nelle applicazioni industriali e del terziario, Report/RSE/2009/18
- [5] Confindustria, AIMB, Guida alla micro-cogenerazione: efficienza energetica e benefici ambientali con la produzione elettrica distribuita. Informazioni su: [www.confindustriaiaixi.it](http://www.confindustriaiaixi.it)
- [6] Energia in Italia: problemi e prospettive (1990 - 2020), Società Italiana di Fisica, Aprile 2008
- [7] NASA, Stirling Engine Design Manual, NASA-CR -158088, Gennaio 1983
- [8] Naso V., *La macchina di Stirling*, ESA, Milano, 1991
- [9] Abate S., Barberi R., Desiderio G., Lombardo G., *Solar radiation heat absorber for a Stirling motor*, Brevetto Pub. No. WO/2012/016873, International Application No. PCT/EP2011/062744, Publication Date: 09.02.2012, International Filing Date: 25.07.2011, Proprietà di Innova Solar Energy srl, 2012
- [10] Lombardo G., Abate S., Desiderio G., Barberi R., *Metodo di dimensionamento di un generatore solare direttamente esposto alla radiazione solare e generatore solare ottenuto*. Brevetto RM2011A000 181, proprietà di Delta E srl, 2011
- [11] Informazioni su: <https://alucoil.com/northamerica/products/solar-energy/solar-energy-almirr-aluminium-mirror>
- [12] Planning and Installing Solar Thermal Systems - A guide for installers, architects and engineers, Earthscan, Second Edition, 2010
- [13] Duffie J.A., Beckman W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley, Fourth Edition, 2013



*Identifying Archaeological Districts.  
A Topology of the Landscape Values***L'IDENTIFICAZIONE DEI BACINI ARCHEOLOGICI  
E LA TOPOLOGIA DEI VALORI DI PAESAGGIO\****Salvatore Giuffrida<sup>a</sup>, Maria Rosa Trovato<sup>a</sup>, Filippo Gagliano<sup>b</sup>*<sup>a</sup>*Dipartimento DICAR, Università di Catania, Via S. Sofia, 54 - 95125, Catania, Italia*<sup>b</sup>*I.TS "G. Quarenghi, Via Europa, 27 - 24125, Bergamo, Italia**sgiufrida@dica.unict.it; mrtrovato@dica.unict.it; fmgagliano@gmail.com***Abstract**

The archaeological landscape of the Enna province consists of a huge heritage comprising some of the most relevant national sites, such as the Roman Villa del Casale and the City of Morgantina. Some other sites, such as the Necropolis of Realmese, but above all countless remains even from prehistoric ages, currently haven't adequate exposure, as they are completely excluded from the information and itinerary networks. This contribution proposes a pattern aimed at identifying the archaeological district as a significant landscape unit, in which even modest sites can have an appropriate syntactic location. Basing on the data of the Territorial Landscape Plan of the Enna Province, and with the support of an integrated Fuzzy cluster analysis and WebGIS model, we propose a system for the identification of the cultural districts on the grounds of the axiological consistencies between each site and the components of the different declinations of landscape which may be attributed to the territory and may be assumed as the contents of the functions of the cultural and anthropological value of the syntactic units characterized by these values. The model allows the decision maker to generate in real time multiple different configurations of the archaeological districts, that means internally and externally coherent networks of sites and goods, thus increasing the awareness on the "resistance" of some configurations compared to the others.

**KEY WORDS:** *Integrated Ecological Approach, Common Good, Planning and Urban Management.***1. Introduzione: contenuti e obiettivi**

Il paesaggio archeologico [1] costituisce una struttura sommersa, appena potenziale, della memoria comune, a tratti emergente in forme compiute, più spesso dormiente o dispersa.

Si presenta come il residuo fortunatamente risparmiato da pressioni, azioni, condizionamenti di diversa scala, portata e intenzionalità - l'altalenante ed episodico interesse per le antichità, l'asimmetria tra valore artistico e antropologico, specie quanto alle testimonianze più risalenti, la fragilità degli affioramenti, le tante e diffuse indifferenze, la difficoltà della gestione e le sue malintese nozioni. Il corpus legislativo in materia di patrimonio culturale e il Codice dei beni Culturali e del Paesaggio, agiscono a un livello generale, utilizzando un linguaggio in taluni casi astratto, le cui due interpretazioni, quella isti-

tuzionale (delle Soprintendenze) e quella "aziendale" (delle imprese che operano a supporto della ricerca, della tutela e valorizzazione) interagiscono, con esiti non sempre coerenti con le finalità dei disposti di legge, generando un conflitto tra efficienza ed equità sempre molto difficile da rappresentare e ricomporre [2].

Una delle principali criticità del nuovo corso delle politiche archeologiche - un paragrafo del più generale capitolo della sussidiarietà nella gestione del capitale sociale - inaugurato con la prima stesura del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, consiste nella dualità tra la *concretezza* dei valori culturali (estetici e antropologici) e l'*astrazione* del "codice monetario" con cui il sub-sistema economico delimita la propria sfera di esistenza, selezionando quanto di esso fa parte e quanto ne rimane escluso [3, 4].

Nella logica aziendale, lo strumento dell'analisi costi-ri-

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto dei tre autori. Tuttavia Salvatore Giuffrida ha curato i prg 1 e 4, Maria Rosa Trovato i prg 2 e 4, Filippo Gagliano il par 3 e le elaborazioni GIS.

cavi, e in particolare le analisi di sensibilità, mostrano, con puntuale chiarezza, che le variabili strategiche, più legate cioè alla profittabilità, sono quelle economiche, i ricavi e i costi, mentre quelle finanziarie, il tasso di interesse e il costo opportunità del capitale, lo sono meno. Di conseguenza, il risultato di cassa è strettamente legato al più vantaggioso rapporto tra la presenza degli utenti, fluttuante e stagionale, e la consistenza degli impieghi fissi - ammortamenti e costi operativi, questi ultimi prevalentemente legati alla componente lavoro quando adeguatamente tutelata.

Tornando alla relazione tra l'importanza delle variabili economiche e finanziarie, va precisato che queste ultime influenzano meno il risultato solo se l'orizzonte temporale è ristretto, come nel caso nell'Analisi Costi-Ricavi.

Di conseguenza, la frontiera concertativa s'irrigidisce proprio nel confronto tra prospettive di lungo e breve periodo entro cui le variabili economiche e finanziarie pesano in maniera diversa. La seconda, ma non meno importante questione, complementare a quella della dimensione temporale del progetto d'investimento nel territorio archeologico, è la dimensione spaziale o geografica - meglio "topologica" - la questione della identificazione di luoghi a diversificata densità di valore paesaggistico, i bacini archeologici.

Su questo secondo aspetto si concentra questo studio, che propone un modello di analisi spaziale volto alla valutazione paesaggistica dei singoli siti e alla loro attitudine a "consorzarsi" in "unità di paesaggio [5] archeologico". In questa prospettiva, la questione della complementarità tra analisi economica e finanziaria, e tra breve e lungo periodo non è oziosa: la prospettiva di breve periodo e il prevalere delle variabili economiche privilegiano esperienze motivate dall'"emozionalità dissipativa" [6], piuttosto che dall'immaginazione e dalla riflessione.

All'opposto, più solidi indirizzi di politica territoriale, pur volti all'incentivazione di una sana economia del turismo, sostengono la relazione al "soggetto" e la formazione di una coscienza diffusa circa la responsabilità delle comunità insediate nei confronti del lascito al futuro.

Sono queste, dunque, la premessa e l'obiettivo primario del rilancio economico del territorio, nel segno della complementarità virtuosa tra domanda di qualità e qualificazione dell'offerta di paesaggio.

A monte di questa complementarità, tra breve e lungo periodo, tra emozione e riflessione, va ripresa quella più generale, prima richiamata, tra aspetti culturali e antropologici: nella nozione di valore sociale, esse talvolta si combinano, talaltra si escludono.

Il valore culturale è il risultato di un processo di progressiva e via via più estesa astrazione delle motivazioni per cui un'opera è prodotta; l'affermarsi del valore culturale richiede una comunità sovralocale "in ascolto", capace di distillare la concretezza delle motivazioni antropologiche, filtrandone un senso aggiuntivo, un valore di più, un'ecce-

denza, uno scarto - invisibile nell'immediato.

Da parte sua, il valore antropologico recede, confinato in spazi interstiziali in cui tradizioni e idiomi resistono, chissà come, al riparo da airb&b. Il patrimonio archeologico espone proprio questo programma e il conseguente dilemma ricchezza/valore: da una parte una "inflazione" di "reperti nei sottoscala", dall'altra un'intermittente affiorare e sfiorire di siti, denunciano complicità tra attività e politica economica, la prima impegnata nella produzione compulsiva di una cuccagna senza valore, la seconda incapace di disporre della ricchezza necessaria a custodire "il vero valore"; ricchezza senza valore e valore senza ricchezza, dunque [7, 8].

Con riferimento al territorio della provincia di Enna, le cui catene dei Monti Erei hanno accolto storie e leggende, e dato i natali ad archetipi mitologici (il ciclo di Proserpina) presenti in simbologie e rituali di cui tracce ancora permangono [9], il contributo proposto intende indagare questa relazione, tra valore antropologico/culturale e ricchezza territoriale, nella prospettiva di una più esplicita ed efficiente allocazione delle risorse a vantaggio della formazione di unità territoriali definibili come bacini archeologici, secondo gli indirizzi sulla relazione tra etica ed economia delineati da F. Rizzo nel 2004 [10].

Con riferimento alla base di dati del Piano Paesaggistico Territoriale Provinciale di Enna (PTPP), e con il supporto di un modello integrato di *Fuzzy cluster analysis* e *Web-GIS spatial analysis*, si propone qui un sistema di identificazione di bacini archeologici nei termini delle coerenze assiologiche rinvenibili incrociando, per ciascuno dei principali tra i 229 siti censiti nella provincia, caratterizzazioni diverse assunte quali argomenti delle funzioni del valore culturale e antropologico delle unità sintattiche attorno a cui questi valori si addensano.

## 2. Metodo e applicazione

Le valutazioni di paesaggio, e nello specifico del paesaggio archeologico in area vasta [11, 12], hanno due particolarità. La prima è da riferire alla rarefazione del valore da rappresentare, sia quanto ai suoi portatori (i beni o i siti archeologici), sia quanto ai suoi percettori, le comunità insediate; questa combinazione "portatori/percettori", specie nei casi come quello della provincia di Enna, non consente di avere una visione unitaria della rilevanza di un sistema di risorse a bassa riferibilità e identificabilità. La seconda, non meno importante, riguarda la dimensione progettuale di queste valutazioni, rivolte sostanzialmente alle funzioni e alle prospettive del capitale sociale [13], le quali hanno senso nella specificità del problema valutativo qui evidenziato e affrontato - la formazione di una conoscenza robusta circa la possibilità di definire ambiti omogenei d'interesse per l'avvio di strategie di valorizzazione locale nella logica della dimensione

comprenditoriale.

La mancanza di relazione al singolo bene e a una sua predefinita identità esclude la significatività delle valutazioni (monetarie) contingenti, pur se rivolte a valori eminentemente simbolici [14, 15].

Per l'identificazione dei bacini archeologici si sono seguite le seguenti fasi:

1. individuazione dei siti censiti dal (PTPP) di Enna;
2. caratterizzazione dei siti in base ai termini di rilevanza paesaggistica;
3. aggregazione dei siti in bacini sulla base della *fuzzy cluster analysis*;
4. costruzione delle relazioni di similarità e complementarità;
5. produzione di configurazioni alternative.

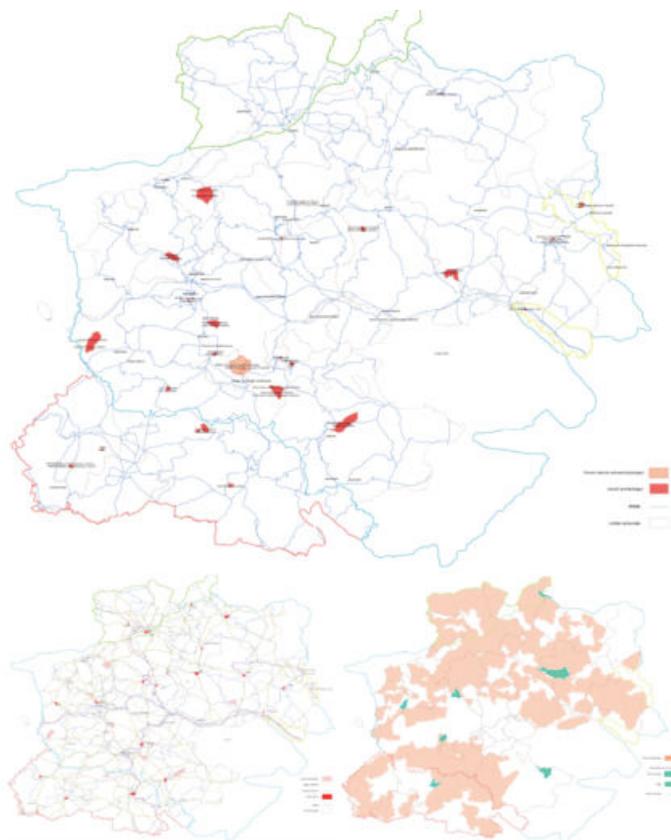


Fig. 1 - Vincoli archeologici e territoriali, e Regie Trazzere  
[Fonte: Propria elaborazione dati PTPP Enna]

I 229 siti della Provincia sono stati inseriti in un database, di cui costituiscono i record; sulla base delle caratteristiche estratte dal PTPP, di ciascuno di essi si è definito il profilo territoriale in termini di rispondenza a una specifica Matrice del paesaggio: 1. Agricolo, 2. Vegetazionale, 3. Geologico, 4. Antropico, 5. Culturale, 6. Infrastrutturale, 7. Costruito.

Il profilo è rappresentato da misure che definiscono funzioni di valore quali le distanze da infrastrutture, presenza di attrattori o detrattori, superficie di aree di maggiore o minor pregio per ciascun tematismo del PTPP, com-

prese entro un raggio di volta in volta stabilito.

I tematismi sono: viabilità storica, contemporanea e ferroviaria; vincoli territoriali e archeologici; beni isolati; cave e discariche; riserve, boschi, SIC e ZPS; usi del suolo; biotopi; assetto geologico.

Al fine di delimitare i bacini archeologici è stata calcolata la matrice delle *distanze geometriche* per la verifica della continuità del bacino (vedi Fig. 1).

Sono state successivamente definite le funzioni di valore delle singole caratteristiche tematiche per ciascuna delle sette matrici paesaggistiche, e per ciascuna di queste ultime uno specifico sistema di pesi che consente di aggregare le caratteristiche nei sette valori di sito riferito a ciascuna matrice.

Successivamente, sono state costruite le matrici delle *distanze di valore* tra i diversi siti per consentire al modello di *fuzzy cluster analysis* di stabilire le relazioni di similarità e complementarità tra i siti.

L'obiettivo della *cluster analysis* è quello di partizionare un insieme di oggetti in due o più cluster, in modo tale che gli oggetti all'interno di un cluster siano simili e gli oggetti in diversi cluster siano dissimili. I metodi di *fuzzy cluster analysis* che utilizzano la teoria *fuzzy set* consentono di associare un'unità a gruppi con un certo grado di appartenenza, espresso da una funzione di appartenenza che assume valori compresi nell'intervallo [0,1].

L'interesse a questi metodi deriva dalla consapevolezza che esiste un certo grado di inesattezza nei dati, che tale metodo è in grado di rappresentare più di quanto possa fare un metodo *crisp*. I metodi per la *fuzzy cluster analysis* sono più ricchi di informazioni, in quanto forniscono il grado di coerenza di una unità con ogni cluster, consentendo di stabilire una gerarchia di gruppo (la gerarchia è data dal diverso grado di appartenenza dell'unità ai gruppi) a cui l'unità può appartenere, in virtù del fatto che i gruppi siano considerati come *set fuzzy* [16].

Una clusterizzazione fuzzy, eseguita con NCSS Statistical software, generalizza i metodi cluster di partizione (come k-means e medoid), consentendo a un elemento del campione di essere parzialmente classificato in più di un cluster, differenziandosi da un approccio di cluster analysis classico, ossia non fuzzy, in cui ogni elemento di un campione è membro di un solo cluster.

Supponiamo di avere  $K$  cluster e definiamo un insieme di variabili  $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}$  che rappresentano la probabilità che l'oggetto  $j$  sia classificato nel cluster  $k$ . Negli algoritmi di partizione cluster in genere, la probabilità che l'oggetto  $j$  sia classificato nel cluster  $k$  assumerà valore 1 e per il resto sarà 0, dato che questi algoritmi classificano un elemento in un unico cluster, mentre nella *fuzzy cluster analysis* l'appartenenza è diffusa tra tutti i cluster e assume valori compresi in tale intervallo di valori.

La funzione di appartenenza  $m_{jk}$ , infatti, può assumere valori tra 0 e 1, con la regola che la somma dei loro valori è pari ad 1. Tale processo può essere definito come una

“fuzzificazione” della configurazione del cluster, che ha il vantaggio di non forzare ogni oggetto in un cluster specifico, anche se ha lo svantaggio di richiedere l’interpretazione di molte altre informazioni.

In letteratura esistono diversi approcci che consentono di condurre una *fuzzy cluster analysis*, che possono produrre una classificazione gerarchica e non gerarchica.

In particolare, i metodi di classificazione non gerarchici forniscono direttamente un certo numero di gruppi fissati a priori, attraverso procedure iterative che cercano di ottimizzare una funzione obiettivo.

Elemento distintivo degli algoritmi utilizzati in una *fuzzy cluster analysis* è rappresentato dalla tipologia di funzione obiettivo utilizzata, sulla base della quale è possibile definire una procedura iterativa diversa per calcolare i gradi di appartenenza dell’unità ai gruppi. In generale, la funzione obiettivo determina per ogni soluzione una misura dell’errore, sulla base della distanza tra i dati e gli elementi rappresentativi del cluster.

L’algoritmo utilizzato per la *fuzzy cluster analysis* con NCSS, minimizza la seguente funzione obiettivo C - Kaufman e Rousseeuw [17] [1], definita sulla base dell’appartenenza al cluster e alle distanze.

$$C = \sum_{k=1}^K \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N m_{ik}^2 m_{jk}^2 d_{ij}}{2 \sum_{j=1}^N m_{jk}^2} \quad (1)$$

Dove  $m_{ik}$  è il grado di appartenenza non nota dell’oggetto  $i$  al cluster  $k$  e  $d_{ij}$  la dissimilarità tra gli oggetti  $i$  e  $j$ ; i gradi di appartenenza devono essere non negativi e con somma pari a uno ([www.ncss.com/software/ncss/](http://www.ncss.com/software/ncss/)).

Il procedimento, sulla base di numero di cluster fissati, genera tutti i core della classificazione e caratterizza tutti gli elementi del campione sulla base dei loro gradi di appartenenza ad essi. I risultati che possono essere considerati significativi sono selezionati sulla base del valore assunto dal coefficiente di ripartizione Dunn normalizzato e dal coefficiente di Kaufman (1990) normalizzato, in cui sono identificati i  $K$  con il valore maggiore del primo coefficiente ed il valore minore del secondo coefficiente.

Nel caso specifico oggetto di studio, il singolo core rappresenta l’elemento del patrimonio archeologico caratterizzato da specifica configurazione e stratificazione delle componenti abiotiche, biotiche e antropiche utilizzate per il controllo degli impatti sulle matrici paesaggistiche [18]. È da sottolineare la relazione tra queste ultime e le matrici ambientali, quanto alle pressioni derivanti da un uso delle infrastrutture non adeguatamente normato nella nuova logica dell’Auditing interno [19].

L’estrazione dei gradi di appartenenza degli altri elementi del patrimonio archeologico del campione al core generato sulla base dell’algoritmo consente di pervenire ad una loro classificazione. In questo caso, una volta implementato l’algoritmo e quindi identificate le classificazioni

degli elementi del patrimonio archeologico, e selezionate fra queste quelle più significative sulla base dei criteri precedentemente richiamati, è possibile procedere con l’interpretazione dei risultati sulla base delle relazioni di continuità, discontinuità e complementarità.

Gli elementi del patrimonio archeologico per il numero di cluster più significativi nel senso precedentemente richiamato possono considerarsi caratterizzati da una relazione di continuità con riferimento al core, quando i risultati dell’analisi riportano per essi gradi di appartenenza significativi al cluster e i cui rapporti  $\{r_{\mu_j}\}$  risultano minori o uguali ad un certo valore  $h$  fissato  $\{r_{\mu_j} \leq h\}$ ; possono considerarsi caratterizzati da una relazione di discontinuità con riferimento al core, quando i risultati dell’analisi riportano per essi gradi di appartenenza al cluster significativi ed i cui rapporti  $\{r_{\mu_j}\}$  risultano maggiore di un certo valore  $h$  fissato  $\{r_{\mu_j} > h\}$ ; possono considerarsi caratterizzati da una relazione di complementarità con riferimento al core, quando i risultati dell’analisi riportano per essi gradi di appartenenza al cluster significativi, ed i cui rapporti  $\{r_{\mu_j}\}$  risultano minori ad un certo valore  $h$  fissato  $\{r_{\mu_j} < h\}$ ; gli elementi che rientrano in questa specifica sezione della classificazione vengono riclassificati come elementi complementari al core, sulla base dei valori assunti rispetto alle matrici Agricola ( $u_{Agr}$ ), Vegetazionale ( $u_{Veg}$ ), Geologica ( $u_{Geo}$ ), Antropico ( $u_{Ant}$ ), Culturale ( $u_{Cul}$ ), Infrastrutturale ( $u_{Infra}$ ), Costruito ( $u_{Costr}$ ) del core e dell’ $i$ -esimo elemento del patrimonio archeologico, nel rispetto della seguente relazione tra gli insiemi cluster; risultante dalla *fuzzy cluster analysis*, core $_j$  e Complementare del core $_j$  [2]:

$$\text{Complementare del core}_j = \left\{ \begin{array}{l} u_{Agr} \mid u_{Agr} \in \text{cluster}_j \text{ e } u_{Agr} \notin \text{core}_j \\ u_{Veg} \mid u_{Veg} \in \text{cluster}_j \text{ e } u_{Veg} \notin \text{core}_j \\ \dots \\ u_{Costr} \mid u_{Costr} \in \text{cluster}_j \text{ e } u_{Costr} \notin \text{core}_j \end{array} \right\} \quad (2)$$

La *fuzzy cluster analysis* consente di identificare gli elementi del patrimonio archeologico caratterizzati sulla base di relazioni di continuità, complementarità e discontinuità ad un certo core. La caratterizzazione di tali relazioni e della loro intensità è strumentale per definire il livello di attrattività del polo/core.

Tale analisi, strumentale per identificare il core e il livello di attrattività di esso, in questo studio è interfacciata con una piattaforma Web GIS, che consente la mappatura sovrapponendo le rappresentazioni delle matrici paesaggistiche degli elementi classificati nei vari cluster e, considerando tutti i core individuati, e la definizione dei bacini archeologici dei Monti Erei.

### 3. Risultati: Bacini archeologici nel territorio Ereo

A dispetto di un assetto socio-economico ancora in affanno, il territorio della provincia di Enna si presenta ricco di potenzialità che possono costituire un significativo serbatoio di opportunità di incremento della base occupazionale e degli investimenti nel settore culturale e del turismo interno [20].

Se ne presenta una sintetica rappresentazione attraverso query GIS a partire, per i presenti fini, dai vincoli archeologici, il reticolo della viabilità storica e i vincoli territoriali e successivamente il mosaico: naturalistico, faunistico, geologico, geomorfologico, vegetazionale e degli usi dei suoli (vedi Fig. 2) [21].

I risultati dell'applicazione del processo (vedi Figg. 3 e 4) sono legati alle relazioni di similarità o di complementarità che si possono alternativamente fare valere a seconda che si voglia restituire un assetto coerente e continuo, ovvero più assortito e complesso.

Nei due casi si è sperimentalmente imposto un vincolo di continuità di 15 km all'interno del quale sono stati indivi-

duati i siti afferenti al bacino. I bacini sono stati definiti a partire da ciascuno dei 229 siti, lanciando funzioni di calcolo che, selezionano i siti compresi entro il raggio stabilito, ne misurano il valore in base alle suddette funzioni di valore e alle misure di prossimità agli attrattori e ai detrattori descritti dal PTPP, e dal punto di vista delle sette matrici paesaggistiche suddette.

L'identificazione per similarità (vedi Fig. 3) segnala la presenza di un paesaggio molto più omogeneo nella parte meridionale della provincia.

Qui è possibile definire, per inviluppo, tre macro-bacini, quello più consistente formato dai siti della parte sud-orientale, quello formato dai siti della parte sud-occidentale e quello dei siti poco più a nord.

Le misure di complementarità mostrano una distribuzione più articolata, che comprende anche gli assetti della parte settentrionale (vedi Fig. 4).

Ulteriori commenti si rinviano a successive elaborazioni e sperimentazioni. Le misure di complementarità mostrano una distribuzione più articolata che comprende anche gli assetti della parte settentrionale.

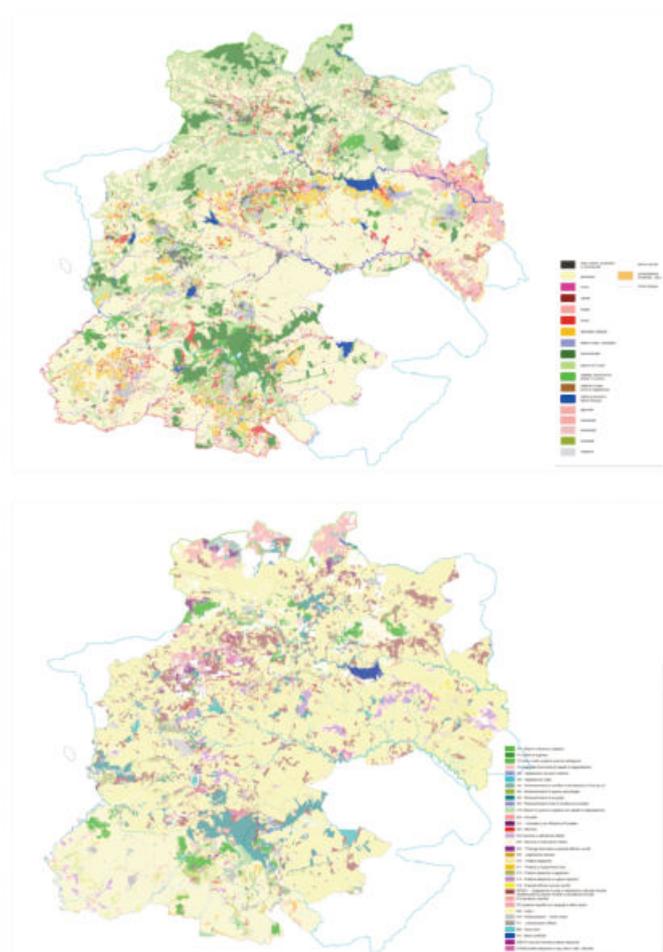


Fig. 2 - Sintesi GIS dei valori territoriali  
(Fonte: Propria elaborazione dati PTPP Enna)

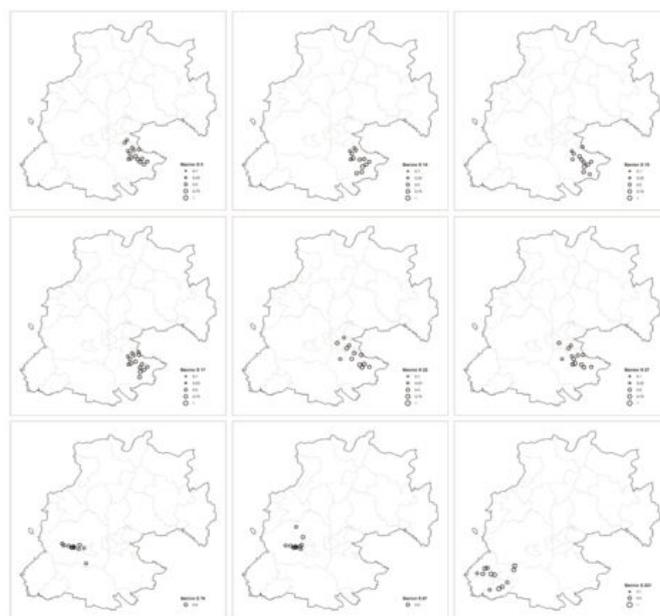


Fig. 3 - Identificazione dei bacini archeologici per similarità  
(Fonte: Propria elaborazione )

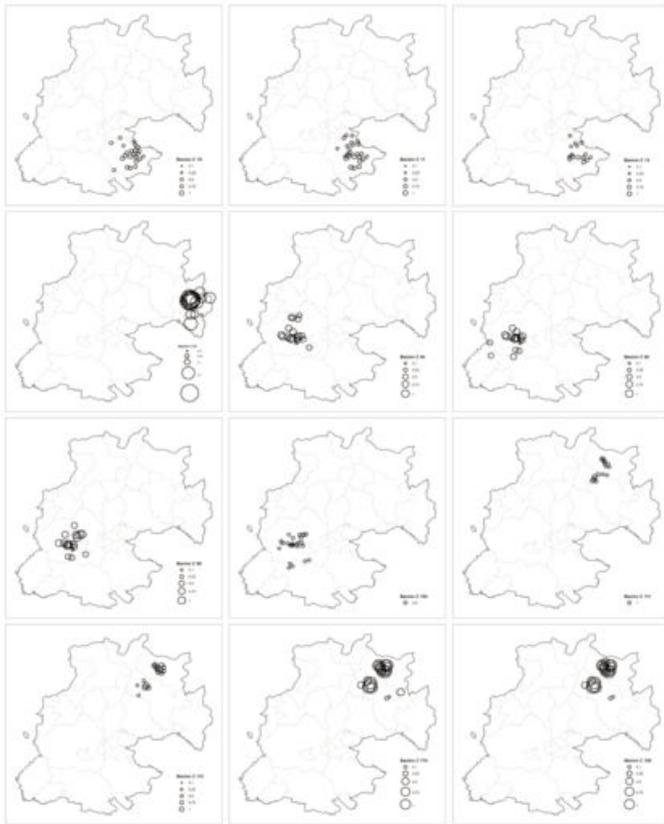


Fig. 4 - Identificazione dei bacini archeologici per complementarità  
(Fonte: Propria elaborazione)

#### 4. Conclusioni

Questo studio sul paesaggio archeologico della provincia di Enna intende fornire una struttura valutativa generale a supporto dei processi decisionali che danno forma al tessuto di regole e opportunità [22, 23] insite nella presenza di questo patrimonio nelle scelte che sostengono l'azione puntuale di utenti e imprese, e nei processi decisionali che informano le politiche territoriali.

Le caratteristiche di generalità, flessibilità ripercorribilità ed emendabilità di un modello di progressiva ri-definizione della topologia dei bacini archeologici, basato su un sistema di regole strutturato, sono coerenti con gli indirizzi di pianificazione strategica di tipo adattivo, le cui indicazioni e prescrizioni variano in ragione dei progressivi approfondimenti della base dei dati e quindi della modificazione della mappatura delle aree in termini di densità di valore [24].

Il supporto valutativo e i contenuti delle funzioni di valore consentono di indicare il rapporto tra investimenti attuali e valore potenziale di ciascun bacino, come differentemente assortito al variare delle strategie di valutazione. La flessibilità del modello - quanto alla possibilità di definire in tempo reale una molteplicità di topologie differenti dei bacini archeologici, cioè di reti internamente ed esternamente coerenti di siti e contesti territoriali di riferimento - consente di accrescere la consapevolezza circa la "resistenza" di alcune configurazioni rispetto ad altre al variare

dei contenuti delle funzioni di valore con cui le caratteristiche si sono tradotte in attributi di valore.

I risultati dell'applicazione hanno restituito una pluralità di conformazioni rilevanti le quali in buona parte evidenziano l'importanza della funzione che il contesto territoriale assume nell'abilitare l'interesse nei confronti di siti e beni altrimenti "muti".

#### Bibliografia

- [1] Calabrò F., Tramontana C., Cassalia G., Rizzuto M.C., *Economic Sustainability in the Management of Archaeological Sites: The Case of Bova Marina (Reggio Calabria, Italy)*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds): *New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 101, pp. 211 - 221. Springer, Cham, 2019
- [2] Napoli G., Giuffrida S., Trovato M.R., *Efficiency versus Fairness in the Management of Public Housing Assets in Palermo (Italy)*. In: *Sustainability*, 11(4), 1199, 2019
- [3] Trovato M.R., Giuffrida S., *The Monetary Measurement of Flood Damage and the Valuation of the Proactive Policies in Sicily*. In: *Geosciences* 2018, 8(4), 141, 2018
- [4] Giuffrida S., Trovato M.R., Giannelli A., *Semiotic-Sociological Textures of Landscape Values. Assessments in Urban-Coastal Areas*. In: *HAICTA 2017: Information and Communication Technologies in Modern Agricultural Development*, pp. 35 - 50, 2019
- [5] Giuffrida S., Trovato M.R., *A Semiotic Approach to the Landscape Accounting and Assessment. An Application to the Urban-Coastal Areas*. In: Salampanis M. et al. (eds.), *8th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment, HAICTA 2017, Volume 2030*, pp. 696 - 708, CEUR Workshop Proceedings, 2017
- [6] Recalcati M., *Il soggetto vuoto*, Feltrinelli, Milano, 2015
- [7] Vlami V., Kokkoris I.P., Zogaris S., Cartalis C., Kehayias G., Dimopoulos P., *Cultural landscapes and attributes of "culturalness" in protected areas: An exploratory assessment in Greece*. In: *Science of the total environment*, vol. 595, pp. 229 - 243, 2017
- [8] Kaeser, M.A., *The Cultural Mediation of Archaeology. Ethics of Complacency or Epistemological Imperative?*. In: *In situ-revue de patrimoines*, vol. 28, 2016
- [9] Pavlidis G., Pavlogeorgatos G., Tsiafakis D., *Recent advances in archaeological predictive modelling for archaeological research and cultural heritage management*. In: *Mediterranean archaeology & Archaeometry*, vol. 14 (4), pp. 143 - 153, 2014
- [10] Rizzo F., *Etica dei valori economici o economia dei valori etici*. FrancoAngeli, Milano, 2004
- [11] Della Spina L., Calabrò F., *Decision Support Model for Conservation, Reuse and Valorization of the Historic Cultural Heritage*. In: Gervasi O. et al. (eds), *Lecture Notes in Computer Science*, vol 10962. LNCS, pp. 3 - 17. Springer, Cham, 2018
- [12] Della Spina L., *Scenarios for a Sustainable Valorisation of Cultural Landscape as Driver of Local Development*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds), *New Metropolitan Perspectives. ISHT 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 100. Springer, Cham, 2019
- [13] Gabrielli L., Giuffrida S., Trovato M.R., *Functions and Perspectives of Public Real Estate in the Urban Policies. The Sustainable Development Plan of Syracuse*. In: Gervasi, O et al. (Eds), *ICCSA 2016, LNCS 9789*, vol. IV, pp. 13 - 28, Springer, London, 2016
- [14] Naselli F., Trovato M. R., Castello G., *An evaluation model for the actions in supporting of the environmental and landscaping rehabili-*

- tation of the Pasquasia's site mining [EN]. In: Murgante B. et al. (eds.), 2014
- [15] Gianelli A., Giuffrida S., Trovato M. R., *Madrid Rio Park. Symbolic values and contingent valuation*. In: Valori e Valutazioni, Issue 21, pp.75 - 85, E-Flow Dei Tipografia del Genio Civile, 2018
- [16] Gabrielli, L., Giuffrida, S., Trovato, M.R., *Gaps and overlaps of urban housing sub market: a fuzzy clustering approach*. In: Green Energy and Technology, Issue 9783319496757, Springer Verlag, pp. 203 - 219, 2017
- [17] Kaufman L., Rousseeuw P.J., *Finding groups in data*, J. Wiley & Sons, New York, 1990
- [18] Giuffrida S., Gagliano F., Nocera F., Trovato M.R., *Landscape assessment and Economic Accounting in wind farm Programming: Two Cases in Sicily*. In: Land 7(4), 2018
- [19] Giuffrida S., Casamassima G., Trovato M.R., *Le norme EMAS-ISO nella valutazione della qualità del servizio idrico integrato*. In: AESTIMUM, vol. 70, pp.109 - 134, Firenze University Press, 2017
- [20] Giuffrida S., Gagliano F., Trovato M.R., *Marketing territoriale nella Provincia di Enna. Modelli per la costruzione dei territori attraverso la mobilità lenta*. In: LaborEst, n. 9, pp. 86 - 92, 2014
- [21] Massimo D.E., Mussolino M., Fragomeni C., Malerba A., *Valutazione della qualità paesaggistica. Individuazione di unità ed elementi di paesaggio*. In: LaborEst, n. 9, pp.102 - 108, 2014
- [22] Barreca A., Curto R., Rolando D., *An innovative methodological and operational approach to developing Management Plans for UNESCO World Heritage Sites: a Geographic Information System for "Ivrea, industrial city of the 20th century"*. In: AESTIMUM, vol. 71, pp. 177 - 213, 2017
- [23] Curto R., Brigato M.V., Coscia C., Fregonara E., *Valutazioni per strategie di sviluppo turistico sostenibile dell'ingliesiente*. In: Territori vol. 69, pp. 123 - 133, 2014
- [24] Curto R., Barreca A., Rolando D., *Restoration, Reuse and Energy retrofit for the enhancement of 20th Century Heritage: a learning experience on the Ivrea Site Inscribed on the UNESCO World Heritage List*. In: Valori e valutazioni, vol. 21, pp. 41 - 58, DEI, Tipografia del Genio Civile, Roma, 2018



