

SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS FOR MEDITERRANEAN TOURISM INFRASTRUCTURES

Abstract

The present article moves from the Research outcomes of the international project GREAT Med, "Generating a Risk and Ecological Analysis Toolkit for the Mediterranean". The two year project, developed under the coordination of two Departments of the Sapienza University of Rome, and funded by the European Commission, under the Cross-border Cooperation Programme "ENPI CBC Mediterranean Basin". The project goal is to develop strategies, methodologies and techniques for the conservation and enhancement of marine-coastal areas, paying attention to risks related to human activities, with a special care for sustainable use of coastal areas. Among the expected outcomes, a special attention would be paid to the dissemination of identified best practices on renewable materials, recycled, from upcycled and reusable. Those renewable materials will be employed for drywall construction techniques, in order to design eco-sustainable residential infrastructures.

Keywords: GREAT Med project, high environmental risk, Mediterranean coastal areas, sustainable building materials, tourism infrastructures.

Introduction

The coastal areas of the Mediterranean Basin are of fundamental importance for the European Union, not only because they host a very significant percentage of EU citizens, but also because along those coastlines are located very relevant economic activities and extremely valuable ecosystems. The Mediterranean coasts extend for about 46,000 kilometers, of which 45% are accumulation sandy and gravel coasts and the remaining 55% rocky coasts [1]. Among the 34 biodiversity hotspots identified worldwide by CBD, the Mediterranean basin is the second largest, with around 17.000 marine animal species and around 25.000 plants and over 13.000 unique ecosystems, along with some of the most beautiful coastal cultural landscapes in the world [2]. However, the increasing pressure of anthropogenic activities, seriously endanger nowadays, natural and cultural values, through pollution, coastal erosion and general depletion of resources [3]. The general high value and great potential of coastal areas around the world, and especially along the Mediterranean shores, therefore require innovative solutions to prevent and eventually minimize the possible damage of those natural, cultural but also economic values.

The coastal urbanization process, in particular



Fig. 1 – Tourist coastal eco-friendly infrastructures

the massive construction of touristic infrastructures, using conventional techniques and materials, is one of the main reasons of biodiversity loss in the Region, carrying progressively to a dramatic modification of the Mediterranean coastal values [4]. The Barcelona Convention, adopted in 1976 was the first legally binding multilateral instrument for the environmental protection of the Mediterranean Sea from pollution; the Convention was afterward modified, by extending its field of application to inland marine waters connected to the Mediterranean basin and its coastal areas. Agenda 21 chapter 17 calls the coastal signatory countries, including the EU, to apply the principles of integrated management and sustainable development of coastal areas. The methodology developed during the GREAT Med project offers to local/government planners and policy makers an easy-to-use tool, in order to facilitate the implementation of ICZM (Integrated Coastal Zone Management) principles on coastal territories.

Methodology for the identification of sustainable building materials for environmental risk mitigation

The project involves four different pilot areas selected along the Mediterranean coasts. The selected sites are: the Gulf of Cagliari in Italy, the coast of the PACA region in France, the Gulf of Gabés in southern Tunisia and the coastal areas of Byblos and Beirut in Lebanon. The developed multi-scale methodological approach is a flexible, interdisciplinary and adaptable tool, to be applied on several different threats. The main risk to be analyzed is any way remaining the over-urbanization and tourism development processes, approached into

different levels of evaluation for both coastal ecosystems and socio-economic conditions. The first step is to evaluate the state of biodiversity vulnerability, together with the identified anthropogenic pressures, with the aim to focus on some priority areas of intervention, in order to preserve and/or restore the ecological integrity of the coastlines taken into consideration. A further step is concerning the identification of building techniques and methodologies, together with best available technologies and eco-compatible materials, suitable for mitigating anthropogenic impacts in natural coastal environments.

Identification of the main risk indicators

A good definition of vulnerability is: "... the extent to which a system is susceptible and unable to cope with injury or damage" [5]. State of Biodiversity is in general considered as good indicator of the vulnerability of ecosystems, especially if referred to vegetation: a high diversity of plants (intended as high variety of species each one in few exemplars) is normally corresponding to a greater vulnerability of the site. The availability of biological data is often the main obstacle in order to properly assessing the vulnerability of biodiversity in a given place. In the case studies in France, it was possible collecting information on biodiversity on existing databases, while in Italy, Tunisia and Lebanon primary data were obtained from field surveys during the development of the project. Spatial analysis was conducted using ESRI GIS Qgis and ArcGIS@ 10.X software. To assess the vulnerability of biodiversity it is necessary to collect data on habitats and plant species related to the field test area. The selection of the mentioned areas was carried out in collaboration with sectorial experts, also

on the basis of national, European and international directives and conventions, assigning each selected area a value class in a classification based on three classes, assigning one as the minimum value up to three as maximum value. The values evaluated for each indicator are then summed to obtain an overall score, named as biodiversity vulnerability index (BVI), with values ranging from 4 up to a maximum of 12. Those scores are clustered in three levels of vulnerability, namely low, medium and high.

A further Morphological or Environmental Sensitivity Index (ESI) was initially conceived in 1979 by the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and implemented in Italy by IUAV University [6] and later on by Sapienza University [7]. ESI maps have been essentially developed to assess coastal sensitivity to hydrocarbon pollution, providing in a GIS environment a summary of coastal resources considered in danger in the event of an oil spill. The ESI index is including fauna (such as birds and clams), flora (such as tidal plains and swamps) together with artificial features (such as parks and public beaches, piers and other coastal resources). Such maps are a very useful tool for coastal authorities in order to identify vulnerable areas in the unfortunate event of an oil spill, establishing protection priorities and identifying recovery strategies. According to this approach, three main threat indicators have been identified:

- Habitat Fragmentation Hazard Index (HFI);
- Exposure to Hazardous and Noxious Substances, HNS/Anthropogenic Hazard Index (HNSI);
- exposure to hydrocarbons index, (SEI).

To evaluate the process of habitats fragmentation, ecosystems and landscape units due to e.g. urban expansion and development of infrastructure networks, and to harmonize the indicators for the four pilot areas, the fragmentation was determined through the Global Land Cover (GLD). GLD is a global database, built on ground, atmospheric and satellite data and information, with a spatial resolution ranging from 1 square kilometer. Five landscape parameters were taken into consideration in order to provide a number of information, such as urban coverage, road length, average and maximum size of the areas occupied by natural and semi-natural habitats and total dimension of the relative borders [8]. All individual values were reclassified and summed for calculating an overall score, which is the Habitat Fragmentation Index (HFI) in a scale between 6 (low impact) up to 18 (high impact). All original indices (BVI, HFI, HNSI and SEI) needs to be recalculated on a scale of 1 to 5, in order to combine the vulnerability and hazard indices within the mentioned five levels. With the aim to identify the priority areas of intervention for the risk of fragmentation of natural ecosystems (Habitat Fragmentation Risk Index - HFRI), the Biodiversity Vulnerability Index (BVI) was multiplied by the Habitat Fragmentation Hazard Index (HFI), according to the risk matrix. To determine the priority areas for action for the risk of

anthropogenic, hazardous and noxious substances (Anthropogenic Risk Index - HNS), the Biodiversity Vulnerability Index (BVI) was multiplied by the Anthropogenic Hazard Index (HNS/Anthropogenic Hazard Index - HNSI), according to the risk matrix. To establish the areas with priority for intervention in case of oil pollution (OSRI Index), the biodiversity vulnerability index (BVI) was multiplied by the environmental sensitivity index (ESI), by the index of coastal exposure to oil (SEI) [9].

Identification of building systems, technologies and environmentally friendly materials

Risk-related Technical-building solutions have been identified, to be integrated in the building process in full respect of the ecosystemic values. A special attention was paid to the use of environmentally friendly materials, offering a good compromise between the safeguard objectives and the socio-economic development needs of the territory.

To mitigate the risks associated with exposure to harmful and dangerous substances (HNS) and hydrocarbons (SEI) it is necessary to intervene essentially using suitable materials for roads and other infrastructures. In particular, the interventions focused on replacing traditional asphalt mixtures, essentially derived from hydrocarbons, with eco-asphalts made from the organic fraction of unsorted garbage. This paving road technology is based on the production of a mineral biomass, which allows the recycling use of the stabilized out-organic fraction from the mechanical biological treatment plants. For the construction of road embankments and rainwater retention basins, crushed out of use tires that can also be used, thanks to their resistance, draining, anti-vibration and sound-absorbing properties. In addition, all rainwater collection systems on the sides of driveways, parking lots, near the service areas must be equipped with mechanical oil separator systems, able of eliminating pollutants dispersed in water. To mitigate the risks associated with fragmentation and loss of habitat caused by urbanization process, it is essential to respect the main requirements for sustainable planning such as prefabrication, mobility, flexibility, reversibility, energy self-sufficiency, bioclimatic and the choice of certified renewable, local, recyclable materials, coming from upcycle and sustainable throughout the entire life cycle [10] (Fig. 01).

The preparation of off-site building components allows a considerable reduction in construction time with consequent savings in terms of costs, reduction of accident risks and environmental impacts related to noise, air, soil and water pollution and waste production. The most suitable building systems for the construction of tourist architectures of sustainable service can be grouped as follows:

- structure with prefabricated elements/components to be assembled on site;
- structure with prefabricated modular units to be assembled on site;
- single-block structure prefabricated and pre-

assembled.

The easy mobility of built structures is an important choice, for offering the possibility to move the structures from one beach to another or from the beach to the hinterland in wintertime or in the low tourist season. The design of mobile floating structures connected to the mainland with walkways can further preserve the coast [11] (Fig. 02).

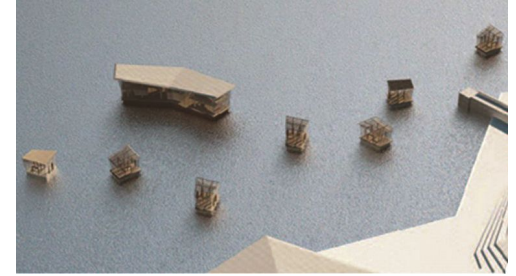


Fig. 2 – Floating squares

Touristic features with easy-to-move characteristics in order to promptly respond to changes is the best option in order to have structures to be used during tourist season, reducing the environmental impact. Flexibility is strictly connected to versatility, modularity, easy maintenance and dry assemblage; it also allows the amortization of realization costs, because the adaptability of the product can extend its life cycle in time.

The reversibility of the building work is mainly achieved by preferring a system of low impact ground connections, allowing the easy return of used sites to original state and dry assemblage for facilitate decommissioning and potential materials reuse.

To ensure energy self-sufficiency, an integrated micro energetic building-plant planning is essential, according to a perfect combination of bioclimatic principles and plants powered by renewable energy sources. Once the planning approaches were identified, in order to create tourist structures in fragile environmental contexts, the main construction materials that identified the needs described above were selected. Not all traditional Mediterranean materials such as clay, lime, reeds, ceramic, wood, marble, bricks, straw, stone, sand and glass, are suitable for the dry building system chosen to reduce environmental impacts. The following table shows a selection of opaque and transparent materials that can be used to create eco-compatible tourist-accommodation facilities (Tab 01).

Conclusions

The research brought interesting results for all the stakeholders involved in the integrated management of the Mediterranean coasts, both at the level of territorial government and organizations that deal with tourism and environmental sustainability. The main output of the application of the proposed methodology and applied to the four case studies, was the assessment of the dangers directly or indirectly linked to anthropic activities, such as industries, agriculture and tourism infrastructures. The quantities of hydrocarbons that for each area can be released into the sea

Tab. 1 - Selection of opaque and transparent materials for eco-compatible tourist and accommodation

CONSTRUCTION MATERIALS		RAW MATERIAL ORIGIN	FIELDS OF APPLICATION	Environmental characteristics				
				Renewable	Reusable	Recyclable		
DRYWALL SYSTEM	OPAQUE MATERIALS	WOOD	Solid wood	Comes from conifers such as spruce, silver fir, pine, larch and douglasia (Douglas pine)	load-bearing structures (beams and pillars)	X	X	X
			Glulam	It comes from conifers such as spruce, silver fir, pine, larch, but also broadleaf wood such as beech, ash, oak, locust or chestnut.	load-bearing structures (beams and pillars)	X	X	X
			Plywood (XLAM)	Comes from conifers such as spruce, silver fir, pine, larch and douglasia	Visible elements with load-bearing and stiffening functions (exposed curtain walls, roofs, ceilings with exposed beams))	X	X	X
			Recomposed wood (OSB, MDF)	Solid wood (mostly low-value wood), sawdust, planing chips, etc., and increasingly recycled wood are used.	Rigid coatings and realization of wall and floor elements for framed structures	X	X	X
			Pallet	Products with very different types of wood such as fir, pine, poplar, beech	Horizontal and vertical cladding elements	X	X	X
	METALS	Hot-rolled steel profiles open profiles (IPE, HE, HD, HP parallel wing profiles), I Profiles with inclined wings (IPN), U Profiles with parallel wings (UPE), U Profiles with inclined wings (UPN), Angles with equal sides and Angles with unequal sides (L) Hot-rolled profiles (closed profiles): Round tubes, Square tubes, Rectangular tubes Cold rolled profiles	Iron-carbon alloy	Double-T profiles are mainly used as beams and columns in frame structures. C-profiles and angles are mainly used as truss rods or bracing rods.		X	X	
		Cold bent sheets	Iron-carbon alloy	horizontal and vertical closing elements		X	X	
		Corten steel (CORrosion resistance + TENSile strength)	material with a low alloy content (originally 0.2-0.5% copper, 0.5-1.5% chromium and 0.1-0.2% phosphorus)	horizontal and vertical closing elements		X	X	
		TRANSPARENT MATERIALS	GLASS	Photovoltaic glass	high efficiency polycrystalline silicon cells suitable for architectural integration and use in insulating glass	horizontal and vertical closing elements		X
				Low emissivity coated glass	Glass coated on the surface with metal oxides through an electromagnetic process	used for windows and curtain walls		X
Selective glass	Glass coated on the surface with metal oxides through pyrolysis			used for windows and curtain walls		X	X	
Thermochromic glass	Glass with a thin layer of polymeric aqueous solution, enclosed between two external plastic films, which remains transparent up to a critical temperature, above which the material becomes white and reflects solar radiation.			used for windows and curtain walls		X	X	
PLASTIC	Polymethyl methacrylate (PMMA), methacrylate or polymethacrylatePlexiglas, Perspex, Oroglas)			formed of polymers of methyl methacrylate,	facade cladding, safety glass, skylights, doors, partitions, parapets		X	X
	ETFE(Ethylene Tetrafluoro Ethylene)	plastic material containing partially fluorinated fluoropolymer	plugging and roofing		X	X		
	PTFE (teflon)	synthetic tetrafluoroethylene polymer formed from carbon and fluorine	Tensile structures		X	X		

REFERENCES

[1] A. Calcagno Maniglio, (a cura di), *Paesaggio costiero, sviluppo turistico sostenibile*, Gangemi Editore, 2009.

[2] R.A. Mittermeier, P.B. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C. Goettsch Mittermeier, J. Lamoreux, G.A.B. da Fonseca, *Hotspots Revisited. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, Chicago: University of Chicago Press, 2005.

[3] A. Cuttelod, N. García, D. Abdul Malak, H. Temple, V. Katariya, "The Mediterranean: A Biodiversity Hotspot Under Threat", in *Vié, J.C., HiltonTaylor, C., Gland, S.N. (Eds.), The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species*, Switzerland: IUCN.

[4] Relazione AEA, Problemi prioritari per l'ambiente mediterraneo, n. 4, 2006. (ISSN 1725-9177).

[5] H.J. De Lange, S. Sala, M. Vighi, J.H. Faber, "Ecological vulnerability in risk assessment - a review and perspectives", in *Science of the Total Environment*, vol. 408, issue number 18, 2010, pp. 3871-3879.

[6] F. Cinquepalmi, D. Schiuma, D. Tagliapietra, C. Benedetti and A. Zitelli, "Prevention of hydrocarbons sea pollution: Sensitivity Index Maps for the Venice Lagoon as integral component of oil-spill contingency planning and response", in *Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 18, Wessex Institute of Technology, Cancun (Mexico), 1998, pp. 197-207.

[7] F. Gugliermetti, F. Cinquepalmi, D. Astiaso Garcia, "The use of environmental sensitivity indices (ESI) maps for the evaluation of oil spill risk in Mediterranean coastlines and coastal waters", in *Sustainable Development 2007. Third international conference on Sustainable development and planning*, Wessex Institute of Technology, vol. 102, 2007, pp. 593-600.

[8] K. McGarigal, M.C. Neel, E. Ene, FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, 2002, Amherst, <http://www.umass.edu/landeco/research/frags tats/fragstats.html>

[9] A. Al Shami, G. Harik, I. Alameddine, D. Bruschi, D. Astiaso Garcia, M. El-Fadel, "Risk assessment of oil spills along the Mediterranean coast: a sensitivity analysis of the choice of hazard quantification", in *Science of The Total Environment*, vol. 574, 2017, pp. 234-245.

[10] F. Cinquepalmi, F. Cumo, E. Pennacchia, *BAT (Best Available Technologies) applicate alle infrastrutture costiere sostenibili. Best Available Technologies for sustainable coastal infrastructures*, FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy, 2016.

[11] A. R. Cherubini, A. Botta, I. Djuric, *galleggianti*

due to the washout of roads, parking lots and similar areas, from cars and other agricultural and commercial circulating vehicles were also assessed. These results were used to generate a Shoreline Exposure Index (SEI) which identifies all the areas that could be most at risk to the environment. These results are then integrated with any threats deriving from spills and overflow of dangerous substances and/or hydrocarbons from storage or maritime traffic, which are outside the area of interest of this report. The methodology was applied to approximately 82 km of coastline: 10 in Tunisia, 23 in Lebanon, 23 in France and 26 in Italy. By considering separately the different possible risks found for each hazard, different areas with different intervention priorities were obtained within the same pilot area; for example in France the area to be monitored for the risk of oil spillage does not coincide with the one identified as more disposed to be affected by the future urbanization of the coastline. Lebanon is the country most subject to the risk of habitat fragmentation, which is

the one most closely connected to the issue of material resources used in service infrastructures; as an example, the map of the area under study with the related indexed risk levels is shown in figure 03.

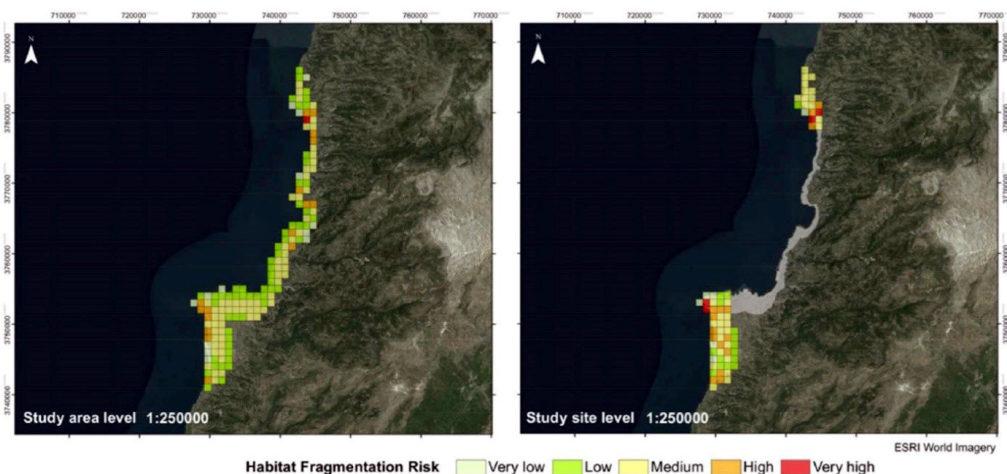


Fig. 3 - Map with the identification of the level of risk related to fragmentation and loss of habitat caused by urbanization processes in Lebanon

galleggianti. Floating squares. Un modello per il Mediterraneo. A Mediterranean model, FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy, 2016.

NOTES

1. The two Departments of the University of Rome La Sapienza are that of Electrical and Energy Astronautical Engineering (DIAEE) and Environmental Biology's one.
2. The World Tourism Organization provides the following definition of sustainable tourism development "meets the needs of present tourist and host regions while protecting the con-time and enhancing opportunities for the future. Sustainable tourism development must integrate the management of all resources in such a way that economic, social and aesthetic needs can be fulfilled while maintaining cultural integrity, essential ecological processes, biological diversity and living systems".

MATERIALI EDILIZI SOSTENIBILI PER INFRASTRUTTURE TURISTICHE MEDITERRANEE

Abstract

Il presente articolo si muove dai risultati della ricerca del progetto internazionale GREAT Med, "Generating a Risk and Ecological Analysis Toolkit for the Mediterranean". Il progetto biennale, sviluppato sotto il coordinamento di due Dipartimenti¹ della Sapienza Università di Roma, è stato finanziato dalla Comunità Europea, nell'ambito del Programma di cooperazione transfrontaliera "ENPI CBC Bacino del Mediterraneo". Il progetto è finalizzato all'elaborazione di strategie, metodologie e tecniche per la conservazione e la valorizzazione delle aree marino-costiere, con particolare attenzione ai rischi connessi alle attività antropiche e alla fruibilità sostenibile delle aree stesse. La ricerca mira a disseminare le best practice individuate relative ai materiali rinnovabili, di riciclo, provenienti da upcycle, riutilizzabili, impiegati nelle tecniche costruttive a secco, da adottare per progettare infrastrutture ricettive eco-sostenibili e ben integrate nel contesto costiero, con l'obiettivo finale di salvaguardare l'identità dei luoghi.

Parole chiave: Progetto GREAT Med, elevato rischio ambientale, Zone costiere mediterranee, materiali edilizi sostenibili, infrastrutture turistiche

Introduzione

Le zone costiere mediterranee rivestono un'importanza fondamentale per l'Europa in quanto ospitano una quota molto significativa di cittadini dell'UE, nonché attività economiche pertinenti e preziosi ecosistemi. Le coste mediterranee si estendono per circa 46.000 chilometri di cui il 45% è costituito da coste di accumulazione e il restante 55% da coste rocciose [1]. Tra i 34 hotspot di biodiversità identificati a livello mondiale, il bacino del Mediterraneo è il secondo più grande, con circa 17.000 specie animali marine e circa 25.000 specie vegetali e più di 13.000 peculiari di questo ecosistema, insieme ad alcuni dei più bei paesaggi culturali costieri del mondo [2]. Tuttavia, la crescente pressione esercitata dalle attività antropogeniche sta mettendo seriamente in pericolo gli habitat naturali e i paesaggi culturali, causando l'inquinamento idrico, l'erosione costiera e il depauperamento generale delle risorse [3]. L'elevato valore e le grandi potenzialità delle zone costiere richiedono pertanto soluzioni innovative per contrastare i danni descritti. Il processo di urbanizzazione delle aree costiere, in particolare la costruzione delle infrastrutture turistiche con tecniche e materiali tradizionali, è uno delle principali cause della perdita della biodiversità e della conseguente irrimediabile alterazione del litorale mediterraneo [4].

La Convenzione di Barcellona adottata nel 1976 è il primo strumento giuridicamente vincolante per la protezione ambientale del Mar Mediterraneo dall'inquinamento; essa è stata successivamente modificata ampliando il campo di applicazione alle

acque marine interne connesse con il bacino del Mediterraneo e le sue zone costiere.

Il capitolo 17 dell'Agenda 21 invita i paesi firmatari costieri, compresa l'UE, ad applicare i principi della gestione integrata e dello sviluppo sostenibile delle zone litoranee.

La metodologia sviluppata durante il progetto GREAT Med offre ai pianificatori e alle governance uno strumento di facile utilizzo in grado di agevolare l'attuazione del processo ICZM (Integrated Coastal Zone Management) nei territori costieri.

Metodologia per l'individuazione dei materiali sostenibili per la mitigazione del rischio ambientale

Il progetto ha coinvolto quattro diverse aree pilota selezionate lungo la costa mediterranea. Tali siti sono: il Golfo di Cagliari in Italia, la costa della Regione PACA in Francia, il Golfo di Gabès nel sud della Tunisia e le zone costiere a Byblos e a Beirut in Libano.

L'approccio metodologico multi-scala sviluppato è flessibile, interdisciplinare e adattabile, applicabile a diverse tipologie di minacce, principalmente processi di urbanizzazione e sviluppo turistico, a differenti livelli di conoscenza degli ecosistemi e a varie situazioni socioeconomiche.

Il primo passo ha lo scopo di valutare la vulnerabilità della biodiversità e le principali pressioni antropiche, per identificare le aree con priorità d'intervento al fine di preservare e/o ripristinare l'integrità ecologica delle coste.

Il passaggio successivo riguarda l'individuazione di sistemi costruttivi, migliori tecnologie disponibili e materiali eco-compatibili, idonei alla mitigazione degli impatti antropici negli ambienti naturali costieri.

Individuazione dei principali indicatori di rischio

Per vulnerabilità si intende "la misura in cui un sistema è suscettibile e non è in grado di far fronte a lesioni o danneggiamenti" [5].

La biodiversità è considerata in generale come un indicatore della vulnerabilità dell'ecosistema, soprattutto se riferita alla vegetazione: una maggiore diversità vegetale, corrisponde ad una maggiore vulnerabilità del sito. La disponibilità dei dati biologici spesso costituisce l'ostacolo principale per condurre la valutazione del livello di vulnerabilità della biodiversità presente in un determinato luogo. Nei casi studio in Francia sono state usate le informazioni raccolte nei database esistenti, mentre in Italia, Tunisia e Libano sono stati impiegati dati primari ottenuti da indagini effettuate sul campo durante lo sviluppo del progetto. Le analisi spaziali sono state effettuate attraverso i software ESRI GIS Qgis e ArcGIS® 10.X. Per valutare la vulnerabilità della biodiversità è necessario raccogliere dati relativi alle specie vegetali e agli habitat che caratterizzano il luogo oggetto di studio. La selezione delle aree è stata effettuata in collaborazione con esperti del settore, anche sulla base di direttive e convenzioni nazionali, europee e internazionali, assegnando ad ogni area selezionata una classe di valore su tre classi, da una (valore minimo) a tre (valore massimo). I valori classificati di tutti gli indicatori vengono poi sommati per ottenere un punteggio complessivo, definito Biodiversity Vulnerability Index (BVI), con valori che vanno da quattro a un massimo di dodici.

Sono stati distinti tre livelli di vulnerabilità: bassi, medi e alti. È stato utilizzato un indice morfologico o Indice di Sensibilità Ambientale (Environmental Sensitivity Index - ESI), ideato inizialmente nel 1979 dalla National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAAA) e implementato in Italia dall'Università IUAV di Venezia [6] e dalla Sapienza Università di Roma [7]. Le mappe ESI forniscono una sintesi delle risorse costiere che sono a rischio in caso di fuoriuscita di petrolio che includono fauna (come uccelli e banchi di molluschi), flora (come piane di marea e paludi) e risorse umane (come parchi e spiagge pubbliche). Queste mappe sono uno strumento molto utile per le autorità costiere, al fine di identificare le zone vulnerabili nell'evento sfortunato di una fuoriuscita di petrolio, stabilire le priorità di protezione e identificare

le strategie di bonifica e recupero. Sono stati individuati tre principali indicatori di minacce:

- la frammentazione e la perdita dell'habitat legati all'urbanizzazione, Habitat Fragmentation Hazard Index (HFI);
- l'esposizione a sostanze nocive e pericolose, HNS/Anthropogenic Hazard Index (HNSI);
- l'esposizione agli idrocarburi, Shoreline exposure index to oil (SEI).

Per valutare il processo di frammentazione di habitat, ecosistemi e unità di paesaggio dovuto ad esempio dell'espansione urbana e dello sviluppo di reti infrastrutturali, e per armonizzare gli indicatori relativi alle quattro aree pilota, la frammentazione è stata determinata attraverso la Global Land Cover, un database globale della copertura del suolo, basato su dati e informazioni satellitari, con risoluzione spaziale di 1 km².

Sono state prese in considerazione cinque parametri del paesaggio che forniscono informazioni su diversi aspetti: la copertura urbana relativa, la lunghezza delle strade, la dimensione media e massima delle aree occupate da habitat naturali e seminaturali e la lunghezza totale dei loro relativi confini [8].

Tutti i singoli valori sono stati riclassificati e poi sommati per calcolare un punteggio complessivo, che costituisce l'Habitat Fragmentation Index (HFI) che va da 6 (basso impatto) a 18 (alto impatto).

Tutti gli indici originali (BVI, HFI, HNSI e SEI) devono essere ricalcolati su una scala comune da 1 a 5, per poter combinare gli indici di vulnerabilità e di pericolo senza alcuna ponderazione inferiore o superiore a qualsiasi indice. Per individuare le aree con priorità d'intervento per il rischio di frammentazione degli ecosistemi naturali (Indice di rischio di frammentazione dell'habitat - HFRI), è stato moltiplicato l'indice di vulnerabilità della biodiversità (BVI) per l'indice di pericolo di frammentazione dell'habitat (HFI), secondo la matrice di rischio.

Per determinare le aree con priorità d'intervento per il rischio di sostanze antropogeniche, pericolose e nocive (Indice di rischio antropogenico - HNS), è stato moltiplicato l'indice di vulnerabilità della biodiversità (BVI) per l'indice di pericolo antropogenico (HNS/Anthropogenic Hazard Index - HNSI), secondo la matrice di rischio. Per stabilire le aree con priorità d'intervento per il rischio di inquinamento da idrocarburi (Indice OSRI), è stato moltiplicato l'indice di vulnerabilità della biodiversità (BVI) per l'indice di sensibilità ambientale (ESI), per l'indice di esposizione del litorale al petrolio (SEI) [9].

Individuazione dei sistemi costruttivi, tecnologie e materiali ecocompatibili

Sulla base degli elementi di rischio, sono state identificate soluzioni tecnico-costruttive in grado di integrarsi nel pieno rispetto del contesto naturalistico, nonché alcuni materiali ecocompatibili, che possono offrire un compromesso tra gli obiettivi di salvaguardia e quelli di sviluppo socio-economico del territorio. Per mitigare i rischi associati all'esposizione a sostanze nocive e pericolose (HNS) e agli idrocarburi (SEI) risulta necessario intervenire essenzialmente attraverso l'impiego di materiali idonei per le strade e altre infrastrutture. Si tratta in particolare di sostituire le tradizionali miscele di asfalto, essenzialmente derivate da idrocarburi, con eco-asfalti realizzati dalla frazione organica dei rifiuti indifferenziati. Tale tecnologia è basata sulla produzione di una biomassa minerale che consente il recupero della frazione organica stabilizzata in uscita dagli impianti di trattamento meccanico biologico. Per la realizzazione di rilevati stradali e bacini di ritenzione delle acque piovane possono essere utilizzati anche pneumatici fuori uso frantumati o interi grazie alle loro proprietà indeteriorabili, drenanti, antivibranti e fonoassorbenti. Inoltre, tutti i sistemi di raccolta delle acque meteoriche ai lati delle strade carrabili, dei parcheggi, in prossimità delle aree di servizio devono essere equipaggiati con sistemi disoleatori meccanici in grado di eliminare inquinanti dispersi nelle acque. Per mitigare i rischi connessi alla frammentazione e alla perdita dell'habitat causati dai processi di urbanizzazione, è fondamentale rispettare i principali

requisiti per una progettazione sostenibile quali la prefabbricazione, la mobilità, la flessibilità, la reversibilità, l'autosufficienza energetica, la bioclimatica e la scelta di materiali certificati rinnovabili, locali, riciclabili, provenienti da upcycle e sostenibili durante l'intero ciclo di vita [10] (Fig. 01). La preparazione dei componenti edilizi fuori opera o edilizia off-site consente una notevole riduzione dei tempi di cantiere con conseguenti risparmi in termini economici, di riduzione dei rischi di infortunio e degli impatti ambientali legati all'inquinamento acustico, atmosferico, del suolo e delle acque e di produzione dei rifiuti. I sistemi costruttivi più idonei per la realizzazione di architetture turistiche di servizio sostenibili sono raggruppabili come segue:

- struttura ad elementi/componenti prefabbricati da assemblare in sito;

- struttura a moduli componibili prefabbricati da assemblare in sito;

- struttura a blocco unico completo prefabbricato e pre-assemblato.

La mobilità è importante per offrire la possibilità, a seconda delle esigenze, di spostare le strutture da una spiaggia all'altra o dalla spiaggia all'entroterra per esempio nel periodo invernale o della bassa stagione turistica. La progettazione di strutture galleggianti mobili collegate alla terraferma con passerelle può ulteriormente preservare la costa [11] (Fig. 02).

La capacità di un sistema di essere agevolmente variato per poter rispondere tempestivamente ai mutamenti del contesto in cui è inserito, ne garantisce la permanenza nel tempo. La flessibilità è strettamente connessa alla versatilità, alla modularità, a una facile manutenibilità e all'assemblaggio a secco; essa permette anche di ammortizzare i costi di realizzazione perché la capacità di adattamento del manufatto può estenderne il ciclo di vita grazie agli usi diversi a cui si può prestare.

La reversibilità dell'opera edilizia si ottiene principalmente prediligendo un attacco a terra in grado di riportare il sito nello stato di partenza senza alterazioni e l'assemblaggio a secco per un semplice smontaggio e un potenziale riutilizzo dei materiali.

Per garantire l'autosufficienza energetica è fondamentale una progettazione integrata edificio-

impianto, secondo un perfetto connubio tra i principi di bioclimatica ed impianti alimentati a fonti energetiche rinnovabili. Individuati i parametri progettuali per realizzare strutture turistiche in contesti ambientali fragili, sono stati identificati i principali materiali da costruzione rispondenti alle esigenze sopra descritte.

Non tutti i principali materiali edilizi impiegati nell'architettura tradizionale mediterranea quali argilla, calce, canne, ceramica, legno, marmo, mattoni, paglia, pietra, sabbia e vetro, sono confacenti al sistema costruttivo a secco scelto per ridurre gli impatti ambientali.

Nella tabella si riporta una selezione di materiali opachi e trasparenti utilizzabili per realizzare strutture turistico-ricettive eco-compatibili (Tab. 01).

Risultati e conclusioni

La ricerca ha portato a risultati di interesse per tutti gli stakeholder coinvolti nella gestione integrata delle coste del Mediterraneo, sia a livello di governo territoriale che di organizzazioni che si occupano del turismo² e della sostenibilità ambientale.

L'output principale dell'applicazione della metodologia proposta e applicata ai quattro casi studio, è stata la valutazione dei pericoli legati direttamente o indirettamente alle attività antropiche come industrie, agricoltura e infrastrutture turistiche. Sono stati valutati anche i quantitativi di idrocarburi che per ogni area possono essere rilasciati in mare a causa della dilavazione di strade, parcheggi e aree similari, da autovetture e da altri veicoli circolanti agricoli e commerciali.

I risultati della simulazione sono stati utilizzati per generare un Indice di Esposizione Shoreline (SEI) che individua le aree che potrebbero essere più a rischio ambientale. Tali risultati sono poi integrati con eventuali minacce derivanti da sversamenti e fuoriuscite di sostanze pericolose e/o idrocarburi provenienti da stoccaggi o da traffico marittimo, che esulano dall'area di interesse di questo report.

La metodologia è stata applicata a circa 82 km di costa: 10 in Tunisia, 23 in Libano, 23 in Francia e 26 in Italia. Valutando separatamente i diversi possibili rischi riscontrabili per ciascun pericolo, sono state ottenute diverse aree con differenti priorità

d'intervento all'interno della stessa zona pilota; per esempio in Francia l'area da monitorare per il rischio di fuoriuscita di petrolio non coincide con quella identificata come più incline a risentire della futura urbanizzazione della linea di costa.

Il Libano risulta essere il paese più soggetto al rischio di frammentazione dell'habitat che è quello più strettamente connesso al tema delle risorse materiche impiegate nell'infrastrutture di servizio; a titolo di esempio si riporta la mappa dell'area oggetto di studio con i relativi livelli di rischio indicizzati (Fig. 03).

La metodologia proposta essendo flessibile può valutare diversi pericoli e può essere ponderata in relazione alle specifiche esigenze e urgenze locali. Ciò consente di supportare le amministrazioni nella corretta gestione sia ordinaria che straordinaria delle aree costiere, nell'individuazione del luogo dove inserire strutture turistiche, delle tecniche costruttive e delle risorse materiche con cui realizzarle, con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali prodotti dai processi di urbanizzazione.

La ricerca nel campo dei materiali e dei componenti edilizi offre la possibilità di mitigare le trasformazioni ambientali indotte dall'azione antropica attraverso un linguaggio architettonico multidisciplinare, in grado di coniugare l'analisi del contesto, la tecnica costruttiva, le risorse materiche e la componente creativa con l'obiettivo di perseguire una progettazione integrata e sostenibile.

NOTE

1. I due Dipartimenti dell'Università di Roma La Sapienza sono quello di Ingegneria Astronautica Elettrica ed Energetica (DIAEE) e quello di Biologia Ambientale.
2. L'Organizzazione Mondiale del Turismo fornisce la seguente definizione di sviluppo turistico sostenibile: "soddisfa le esigenze delle attuali regioni turistiche e delle regioni ospitanti, proteggendole al tempo stesso e migliorando le opportunità per il futuro". Lo sviluppo sostenibile del turismo deve integrare la gestione di tutte le risorse in modo tale che le esigenze economiche, sociali ed estetiche possano essere soddisfatte mantenendo l'integrità culturale, i processi ecologici essenziali, la diversità biologica e i sistemi viventi".