

SMC N.17 2023 | Traditional Construction Vs. Sustainable Issues



SMC N.17 2023

▲ Indice dei contenuti

SMC MAGAZINE N. SEVENTEEN/2023

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2022-16/>)

001_COVER AND INDEX (<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-001/>)

005_ TRADITIONAL CONSTRUCTION: BIOCLIMATIC VOCATION AND RECOVERY STRATEGIES

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-005/>)

Dora Francese

017_ BOARDS AND INFORMATION

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-017/>)

FOCUS ON TRADITIONAL CONSTRUCTION VERSUS SUSTAINABLE ISSUES

018_ TRADITION AND INNOVATION IN BIOCLIMATIC TECHNOLOGIES FOR CONTROLLING OUTDOOR MICROCLIMATES IN THE MEDITERRANEAN REGION

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-018/>)

Luigi Alini, Francesco Nocera, Maurizio Detommaso

023_ THE IMPACT OF MODIFYING COURTYARD WALL GEOMETRIES ON THERMAL PERFORMANCE AND NATURAL VENTILATION OF TWO-STOREY BUILDING

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-023/>)

Ahmed A. Freewan, Anas Khatatbeh

029_ THE PROPAGATION OF PRESSURES IN A PANEL OF STONE MATERIAL

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-029/>)

Luca Buoninconti

039_ RESTORATION OF MARRAKECH ANCIENT MEDINA FONDOUKS (MOROCCO) STEPS AND PROCESSES. Case of Fondouk El Kebbaj

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-039/>)

A. Khiara, K. Rkha Chaham, S. Bensallam, M. Ibnoussina

046_ TANKING UP WITH ARCHITECTURE. The Lago do Jardim de Jericó in Valverde, Portugal

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-046/>)

Stefanos Antoniadis, Luigi Stendardo

051_ THE HIDDEN INGENUITY IN THE GREEK RURAL ARCHITECTURE

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-051/>)

Dimitrios Kontaxakis, Eleni Nikopoulou, Fani Vavili

057_ ENVIRONMENTAL RETROFITTING OF A SCHOOL BUILDING STOCK. NOTES FOR A DESIGN PROCESS MODEL (<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-057/>)

Roberto Bosco, Savino Giacobbe, Renata Valente

063_ AT THE ROOTS OF ARCHITECTURE. THE PROJECT IN THE MEDITERRANEAN RURAL LANDSCAPE (<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-063/>)

Bruna Di Palma

069_ BUILD UP A MODEL FOR ASSESSING SUSTAINABLE URBAN REDEVELOPMENT PERFORMANCE (<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-069/>)

Mustafa Al-Alwani, Suad Al-Fatlawi

073_ PLACES THAT TEACH HOW TO LIVE IN THE AGE OF ECOLOGICAL TRANSITION

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-073/>)

Rosa Maria Vitrano

089_ DEVELOPING NEW METHOD FOR MORE SUSTAINABLE TRADITIONAL STREETS

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-089/>)

M. Al-Alwani, M. Chabuk

093_ ROCKFALL AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE SORRENTO-AMALFI PENINSULA

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-093/>)

Paolo Budetta

099_ BUILDING PERFORMANCE SIMULATION: A COMPARISON BETWEEN TWO DESIGN PROPOSALS FOR A RESIDENTIAL BUILDING

(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/rivista/2023-17/2023-17-099/>)

Angelo Picariello, Luca Buoninconti, Dora Francese

Scopus[®] (<https://www.scopus.com/>)



Cerca nel sito



SMC è la rivista ufficiale semestrale di **SMC – Sustainable Mediterranean Construction Association**. Soggetta a Revisione tra Pari. **Indicizzata su Scopus** dal 2019, riconosciuta dal 2016 **Rivista di Classe A** dall'ANVUR – Area 08, settori 08C1, 08D1, 08E1, 08E2 e 08F1.



(<https://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu/it/>)

Edito da: Luciano Editore

Via P. Francesco Denza, 7
80138 Naples – Italy

www.lucianoeditore.net (<http://www.lucianoeditore.net>)

info@lucianoeditore.net (<mailto:info@lucianoeditore.net>)

editoreluciano@libero.it (<mailto:editoreluciano@libero.it>)

ISSN on-line: 2420-8213

ISSN print: 2385-1546

© 2023 Sustainable Mediterranean Construction - Fondata il 1 Marzo 2013 - Via Posillipo, 69 80123
Napoli - Italia | C.F. 95180230633

PLACES THAT TEACH HOW TO LIVE IN THE AGE OF ECOLOGICAL TRANSITION

Abstract

The objective of this study is to identify actions that contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda for the islands of the Sicilian Region. The study was carried out as part of the GR.ITA research agreement between the University of Granada and the University of Palermo, with the aim of analysing those Mediterranean territories that help biodiversity to thrive with measurable improvements in environmental, social and economic performance.

Specifically, the actions planned for the decarbonisation of the island of Pantelleria are analysed, investigating some possible solutions to increase the robustness and resilience of buildings, as a necessary challenge also in terms of conservation and/or retrofitting of existing buildings.

The study delves into the robustness and resilience of buildings, both through a documentary analysis of the concepts and in experimental terms with investigations on sample buildings.

Keywords: *Carbon neutrality, energy transition, climate change mitigation, renewable-energy sources, rural architecture*

Introduction

The traditional architectural heritage of the Sicilian islands is the result of a culture characterised by construction techniques and systems that exploit natural resources to generate original artefacts and building technologies that can easily be traced back to the concepts of eco-sustainability. These settlements, by integrating solutions inspired by new scientific advances in the field of urban ecology, are able to cope with some of the environmental threats and prepare for the ecological transition with a view to mitigating, compensating and optimising the environmental and landscape impacts that the various types of renewable energy sources may induce. Seven Sicilian islands have been selected by the Clean Energy for EU Islands Secretariat: Favignana, Levanzo, Marettimo (Egadi) Lampedusa, Linosa (Pelagie), Salina (Eolie) and Pantelleria, which can be considered the leading island for the energy transition process, as it can represent a key context for innovative energy interventions. On this island, tradition offers us healthier, richer and more cohesive places that help

biodiversity thrive with measurable improvements in climate and water resilience as well as environmental performance.

The primary objective of this study is the identification of actions that will contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals envisaged by the 2030 Agenda for the island's territory and, in particular, to the decarbonisation of Pantelleria. The ambitious goal is to reach carbon neutrality, which international politics -through the Green Deal agreements- recently promised to achieve by 2050. Collateral goals are also important because energy dependence on non-EU countries will have to be reduced and biodiversity will have to be increased, improving the health and well-being of the inhabitants.

According to the Global Status Report for Buildings and Construction, buildings are responsible for 36 per cent of global energy demand and 37 per cent of energy-related CO₂ emissions. The decarbonisation process for buildings is therefore one of the decisive solutions to achieve the transition of the sector, which will also be driven by an increased electrification of end-uses and the deployment of renewable energy sources.

1. Research investigation context

The research's investigation context is the island of Pantelleria, whose building heritage is characterised by "dammusi", traditional, mainly historical buildings, whose decarbonisation challenge is perfectly attainable as they are naturally predisposed to it due to their environmental characteristics. According to the Island of Pantelleria's Energy Transition Agenda, the residential sector accounts for 38 per cent of the island's electricity consumption, with an index of around 50 per cent and a self-sufficiency level of just 1 per cent. Therefore, the improvement of energy performance and the exploitation of renewable sources for energy supply are identified as key actions for the decarbonisation process. Other GR.ITA research contexts are the Sicilian islands (Egadi, Aeolian) and the Balearic Islands for Spain.

The cognitive-comparative survey methodology highlighted national and local environmental constraints, while also considering all aspects of the impact of FER in the short and long term, in order to realise an ambitious ecological and energy plan for the decarbonisation of territories.

1.1 Decarbonisation goals

Humanity's dependence on fossil fuels since the industrial revolution is among the main causes of the earth's climate change. Human activities over the last century and a half have initiated the so-called "anthropogenic greenhouse effect", which is the effect of emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases (GHG) into the atmosphere (EGP, 2022). According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the anthropogenic greenhouse effect is the major cause of global warming. Rising global temperatures and an increase in extreme weather events are manifest phenomena of climate change. At COP 26¹ in November 2021, nations reconfirmed their commitment, already made in the Paris Agreement², to limit global warming to below 2°C and to aim for 1.5°C (UNFCCC, 2021). In order to achieve the goals of the Paris Agreement: "by 2030, the built environment must halve its emissions, whereby 100 per cent of buildings must be carbon neutral in operation, with widespread energy efficiency retrofits of existing assets well underway, and embodied carbon must be reduced by at least 40 per cent. By 2050, all new and existing buildings should be zero-emission throughout their life cycle, including operational and embodied emissions"³ (UNEP, 2021). "Zero operational energy buildings are buildings whose energy consumption throughout the year is offset by the production of renewable energy" (UNEP, 2021)⁴.

The Clean Energy for all European Package consists of eight new laws that European countries have to convert into national laws (EC, 2019b)⁵. In particular, the Directive on the Energy Performance of Buildings (EU 2018/844) defines the strategy for the retrofitting of existing buildings (EC, 2018b) and the Renewable Energy Directive (EU 2018/2001) that delimits the criteria for the inclusion of renewable energy sources in the European energy system to a share of 32% by 2030 (EC, 2018b).

Furthermore, in 2020 the European Commission presented the Renovation Wave strategy concerning the energy efficiency of buildings and the decarbonisation efforts of the sector. Specifically, the decarbonisation of buildings is characterised by:

1. improvement of the energy performance of the building envelope;
2. electrification;
3. use of renewable sources;

4. management of electrical loads to optimise the use of energy generated from renewable sources and reduce the impact on the grid. The building sector legislative initiatives described are part of the European Climate Mitigation Strategy (EEA, 2022a).

This seemingly linear picture is, however, vulnerable considering both environmental parameters (increased frequency and/or unpredictability of climate change) and the different demands of occupants, also due to unexpected events that are reflected in living. We refer in particular to the latest events that caused a different behaviour of the inhabitants: in 2019, the COVID-19 pandemic, which led to a different energy consumption of residential buildings (Chinthavali et al., 2022) [2]; in 2022, the invasion of Ukraine by Russia, which caused an upheaval in the global energy market. Indeed, Europe is almost totally dependent on Russian fossil fuels (EC, 2022). To cope with this circumstance, the European Commission presented the REPowerEU Plan⁶. (Enerdata, 2022). In addition to these man-made disasters, there are also frequent natural disasters (floods, heat waves and earthquakes): the most recent is the strong earthquake in Turkey and Syria. In this framework, it becomes increasingly urgent to work on the concepts of robustness and resilience of buildings, adaptation strategies being complementary to mitigation strategies.

1.2 Building robustness assessment

The first definition of robustness was given by Taguchi - for the industrial sector - defining it as: "the state in which the performance of a technology, product or process is minimally sensitive to the factors that cause variability (whether in the production or user environment) and ages at the lowest unit cost of production" (Taguchi et al., 2000) [3].

According to Fowlkes, "a product or process is said to be robust when it is insensitive to the effect of sources of variability, even if the sources themselves have not been eliminated" (Fowlkes et al., 1995). [4] Recently, several definitions of 'robustness' have emerged in the relevant literature:

- "(...) ability of a building to function effectively and remain within acceptable margins under most possible changes caused by internal and/or external events" (Homaei et al., 2020) [5];

- "(...) ability to maintain relatively high performance in all possible weather/climate conditions" (Hangxin et al., 2019) [6];

- "(...) ability of a building to maintain performance in the presence of uncertainties arising from abnormal building operation and/or external conditions" (Kotireddy et al., 2018) [7].

- "(...) ability of a building to deliver performance with minimal variation in a continuously changing environment compared to the initial performance assessed in the favourable environment (Moazami et al., 2019a). [8]

Homaei's graph (Fig.1) shows the probabilistic distributions of robust and non-robust design outcomes applied to building performance.

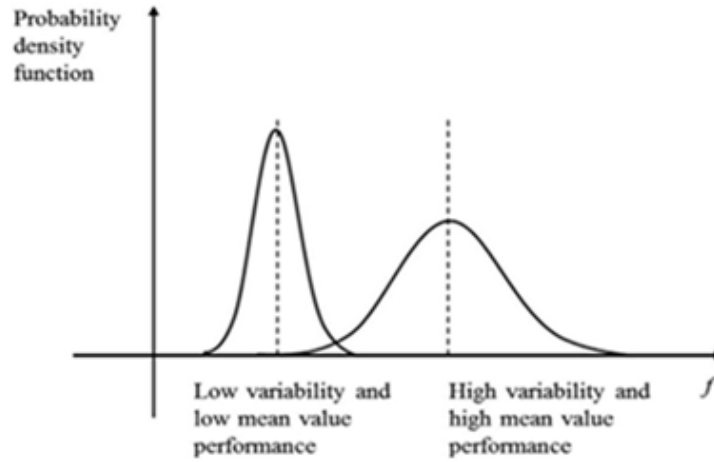


Fig.1 Probabilistic distributions of robust and non-robust designs results applied to buildings performance (Moazami et al., 2019b)

| Parameters affecting robustness | Building envelope | Building systems | Renewable energy sources |
|---------------------------------|---|--|---|
| | Thermal mass Window-to-wall ratio Transmittance value U value of glazing Wall solar absorptance Roof solar absorptance Overhang projection ratio Infiltration flow rate Material (embodied emissions) | Heating system: Type (electric, natural gas, GSHP, ASHP, pellets, etc.) Generator efficiency Efficiency loss of system Fluents Inlet and outlet temperatures DHW generation system Hot water volume Generator efficiency Ventilation system: Average air change rate Heat recovery efficiency Electric efficiency Lighting Luminous efficacy | Photovoltaic system: PV capacity PV system area PV efficiency PV performance ratio PV orientation (azimuth/tilt angle) Solar domestic hot water (DHW) system: Solar DHW system area Heat pump: Heat pump capacity Coefficient of performance (COP) Thermal storage or battery capacity |

Tab.1 Parameters affecting robustness

| Robustness performance indicators | Energy performance | Comfort performance | Environmental performance | Economic performance |
|-----------------------------------|---|--|--|--|
| | - Annual energy consumption [kWh/m ² /y] - Energy consumption for heating [kWh/m ² /y] - Energy consumption for cooling [kWh/m ² /y] - Primary energy consumption [kWh/m ² /y] - Total energy use [kWh/m ² /y] | - Number of unacceptable comfort level hours [h] - Operative temperature [°C] | - Total GHG emissions [kgCO ₂ e/m ² /y] - CO ₂ emissions [kgCO ₂ /y] - Life Cycle Environment Impact (LCEI): GHG emissions over the life cycle [kgCO ₂ e/m ² /y] | - Additional investments costs [€] - Levelized Cost of energy [€/MWh] - Life Cycle Cost (LCC) [€/m ²] - Global costs [€/m ²] - Discount payback time [years] |

Tab.2 Robustness performance indicators.

Robust designs (scenarios) are those whose performance indicator results do not exceed the robustness margins. According to the probabilistic approach, the most robust scenarios are in fact those in which the performance indicators show the least variation (standard deviation) around the target (mean) performance (Homaei et al., 2020) [9]. When analysing the different approaches, it emerged that the method of assessing robustness is not yet standardised. In reviewing the data from the case studies

conducted, it was found that: in the presence of common parameters influencing robustness, similar performance indicators are found.

Table 1 shows the main parameters affecting robustness, distinguished between building envelope, building systems and renewable energy sources; Table 2 shows the main performance indicators most widely used in the literature to assess robustness, in the energy, environmental and economic domains.

As Homaei's studies highlight, robustness assessment is as important as performance assessment during the design phase (Homaei et al., 2020) [10]. The vulnerability of building performance to possible variations during the operational phase can sometimes be responsible for the discrepancy between the building's actual performance and that expected during the design or renovation phase (Fabi et al., 2013) [11]. For these reasons, it is necessary to assess the robustness properties at an early stage in order to identify appropriate intervention strategies, i.e. to assess how to improve the robustness of the building while ensuring high energy efficiency.

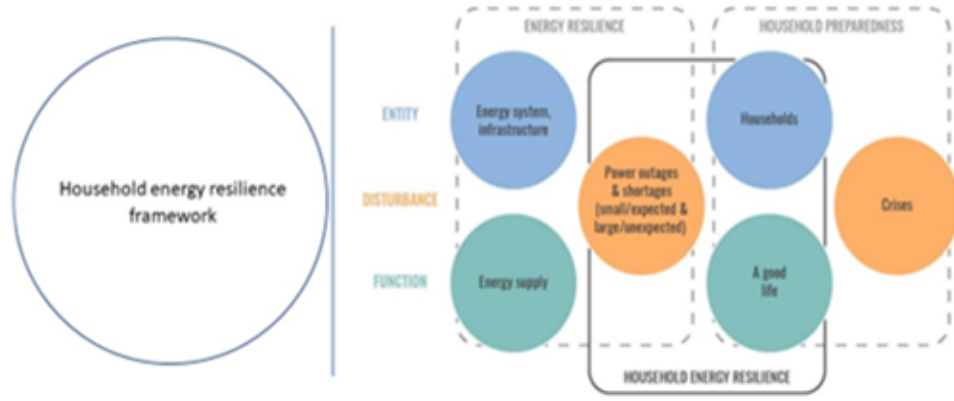


Fig.2 Household energy resilience framework (Hasselqvist et al., 2022)

1.3 Building resilience assessment

Energy security is defined by the International Energy Agency (IEA) as: "uninterrupted availability of energy sources at an affordable price" (IEA, 2022). In this view, system resilience is: "the ability of a system to continue to serve its purpose, even during a shock or crisis" (Hewitt et al., 2019) [12], where uninterrupted energy supply is precisely the purpose. Resilient buildings must be able to recover an acceptable level of performance and continue to provide their services even after the occurrence of an unforeseen event (Moazami et al., 2019a) [13]. Therefore, the power system is considered as a resilience entity and power supply is the function to be sustained (Hasselqvist et al., 2022). [14] (Fig. 2)

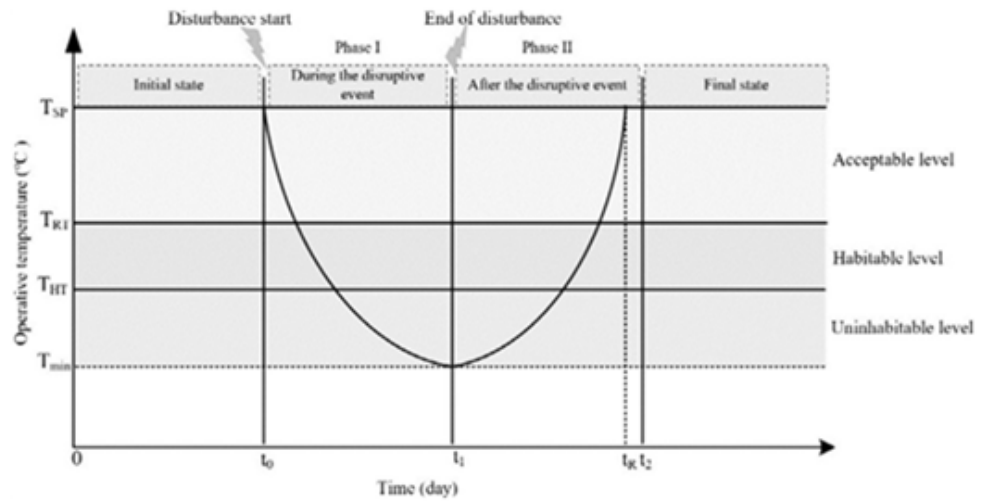


Fig.3 Conceptual illustration of curve for resilience assessment (Homaei et al., 2021)

Resilience at the building level is normally defined as: resilience thermal, which reflects on occupant comfort and is calculated in relation to the thermal performance of the building during and after a specific unforeseen event (Homaei et al., 2021) [15]. The performance indicator can be the indoor air temperature that is related to occupant comfort. The Homaei diagram (Fig. 3) reproduces the performance indicator and the time frame adopted for the assessment of thermal resilience (Homaei et al., 2021) [16]. The results are identified in Table 3, where the common parameters influencing thermal resilience and similar performance indicators, classified according to building envelope, building systems and renewable energy sources, are reported.

| | | |
|---|---------------------------------|--|
| Parameters affecting thermal resilience | Building envelope | <ul style="list-style-type: none"> - Insulation thickness - Transmittance value - g-value of glazing - Wall solar absorptance - Roof solar absorptance - Wall thermal emissivity - Roof thermal emissivity |
| | Building systems | <ul style="list-style-type: none"> Heating and cooling system - Fan efficiency - Pump efficiency - Capacity of heating system - Capacity of cooling system - Generator efficiency Ventilation system - Heat exchanger efficiency - Specific Fan Power |
| | Renewable energy sources | <ul style="list-style-type: none"> - PV area - Battery size - Thermal storage capacity |
| | Comfort performance | <ul style="list-style-type: none"> - Indoor operative temperature [°C] - Indoor air temperature [°C] - Indoor relative humidity [%] |

Tab.3 Parameters affecting thermal resilience and Tab.4 Thermal resilience performance indicators

1.4 Relationship between robustness and resilience

The relationship between resilience and robustness, as described in Moazami's graph (Fig.4), represents the ability of buildings to provide acceptable levels of performance and functional requirements. The graph demonstrates that robust buildings exhibit higher performance with less sensitivity to uncertainties during the operational phase, compared to non-robust and non-resilient buildings. However, a resilient building allows it to withstand adversity and recover from it,

returning to the expected level of performance and maintaining the building's functionality at all times.

The definition of resilience therefore includes that of robustness, while the opposite is not implied, i.e. if a building is robust, and is able to withstand, it is not always able to recover its performance to avoid permanent consequences to the system (Moazami et al., 2019a). [17]

The analysis of the different approaches selected guided the research by applying the

parameters set out above to the retrofit of buildings chosen as case studies on the island of Pantelleria. The retrofit phase focused on: the verification of robustness and resilience requirements, in order to meet both mitigation and adaptation objectives. This showed that buildings must reduce consumption and emissions to mitigate their impact on the environment and society, and must also have those requirements that make them adaptive to foreseeable and unpredictable future events.

2. Pantelleria: leading island for decarbonisation

2.1 Pantelleria's Energy Transition Agenda (2020)

The cognitive survey of the territory carried out with the help of the 2015 Sustainable Energy Action Plan and the 2020 Agenda for the Energy Transition of the Island of Pantelleria. In which it is noted that electricity is the main energy vector, accounting for 43% of final energy consumption. The largest share of electricity consumption (heating, cooling, sanitary water), is 38% in the residential sector, considering both permanent and summer holiday homes. According to the 2015 Sustainable Energy Action Plan, space heating is provided by electric heaters and domestic hot water production by storage water heaters (responsible for 30% and 37% of final energy consumption). According to the 2020 Energy Transition Agenda, the self-sufficiency of the residential sector in relation to supply from renewable sources is low, i.e. only 1%. (Fig. 5) The Municipality of Pantelleria's 2015 Sustainable Energy Action Plan shows that the residential sector is responsible for 25.8% of total CO2 emissions.

The Municipality of Pantelleria's Energy Transition Agenda indicated the six pillars for the energy transition in order to achieve complete decarbonisation by 2050:

- 1.energy efficiency and consumption reduction;
- 2.electricity production from renewable sources;
- 3.energy self-sufficiency of buildings and distributed energy production;
- 4.sustainable mobility;
- 5.energy storage;
- 6.creation of energy communities.

Five-year targets were also set to support the island's energy transition, including those related to energy self-sufficiency for the residential sector and the reduction of CO2 emissions (Fig. 6).

2.2 Legal framework of the island of Pantelleria

National Legislation

Integrated National Plan for Energy and Climate (2020): the plan sets national targets to 2030 in terms of energy efficiency, renewable sources and CO2eq.emissions - Ministerial Decree 14/02/2017.

Provisions for the progressive coverage of the needs of non-interconnected minor islands through energy from renewable sources: promotes the implementation of systems for the exploitation of renewable sources for private customers.

- Presidential Decree 4/6/2013 no. 63 [...], Urgent provisions [...] on energy performance in buildings for the settlement of infringement proceedings initiated by the European Commission, as well as' other provisions on social cohesion: concerns tax deductions between 50% and 85% to improve the energy efficiency of buildings. Regarding naturalistic and landscape aspects of 2016 is the Decree of

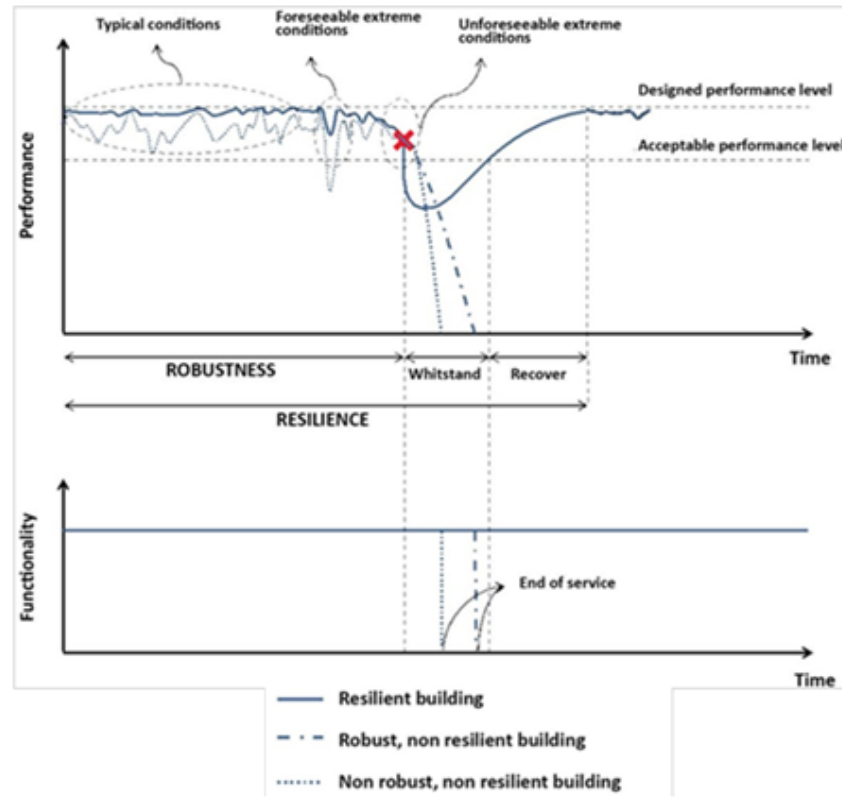


Fig.4 Framework for buildings robustness and resilience properties (Moazami et al., 2019a)

the President of the Republic 7/10/2016 n. 235, Istituzione of the National Park Island of Pantelleria and of the National Park Authority Island of Pantelleria. The territory of the Park is divided into three zones, each of which is characterised by constraints different. Regional Legislation - National Energy Plan of the Sicilian Region (2019, updated to 2021): the plan sets regional objectives to 2030 in view of the energy transition and the island of Pantelleria is identified as a pioneer island. - Presidential Decree 10/10/2017, "definition of criteria and identification of areas unsuitable for the construction of plants for the production of electricity from wind power [...]": identifies the areas unsuitable for the construction of wind power plants; these include the territory of the island of Pantelleria.

According to the Assessorial Decree of 26/07/1976, "Declaration of significant public interest of the island of Pantelleria", the entire territory, with the exception of the built-up area, is said to be an area of "significant public interest" and is subject to a landscape constraint as laid down in the Assessorial Decree of 12/12/1997 N. 8102, Landscape Territorial Plan of the island of Pantelleria. The Decree prohibits the installation of solar and wind energy systems on the roofs of buildings. In addition, authorisation from the Superintendence is required for ground installation.

Local legislation

The General Regulatory Plan of the Municipality of Pantelleria, Technical Implementation Rules (2014), regulates

interventions on existing dammuso buildings, providing constraints for the conservation of the island's architectural heritage.

3. Traditional Pantelleria construction

3.1 Typology and construction system

The dammuso is a type of construction that is built in close connection with the available environmental resources. This artefact of rural origin, expresses a particular quality of the internal and external environments that have a great impact on health (Iwaro and Mwashu, 2013) [18] and the wellbeing of the local community, contributing to the sustainable development of places. (Radojicic et al, 2012) [19] Dammuso architecture is an environmentally efficient construct, precisely because it optimises natural resources (Lányi, 2007) [20] and incorporates the principles of socio-economic and ecological sustainability (McLennan, 2004) [21].

Like all forms of vernacular architecture, it is created to meet specific needs, adapting to the values, economies and ways of life of the cultures that produce them (Oliver, 1997) [22]. It is also sustainable in terms of durable, low-maintenance and energy-sensitive constructions.

The abundance of stone material from reclaimed land contributed to the birth of the construction process of this artefact, whose main characteristic is determined by the use of local stone.

The Mediterranean world consigns to stone its image of an entirely built landscape, an extraordinary amalgam of nature and culture. (Vidal De La Blache, 1948) [23].

The “dammuso” is a simple building typology based on a square or rectangular core consisting of a hall, alcove and dressing room.(Fig.8) For centuries, the typology and construction technique has remained unchanged, varying only a few parameters such as size and finish, both inside and out, depending on the intended use whether dwelling, warehouse, cellar or stable. The openings are round-arched with the entrance door in the centre supported by the architrave; a half-moon is walled onto the architrave, which fills the arch at the apex. The buildings used as dwellings have plastered interior walls and terracotta or majolica tiled floors, while those used as stables have unplastered stone walls and vaults and earthenware floors. Therefore, an essential construction in its distributive and structural layout that, at the same time, requires careful construction practice in the execution, both of the very thick masonry (1.00-2.00 m) made of sacking with a sloping external face, and of the particular real vaulted roof, also made of stone material. The latter, with its humpbacked extrados, had the function of quickly channelling the scarce and therefore precious rainwater into the downpipes that channelled it into the cistern. This simple construction solution of the past, is continually re-proposed even in the construction of new dammusi respecting the forms and techniques of the local tradition (Vidal De La Blache, 1948). [24]

Five local building types are identified prevalent dammusi (Fig.9), observing their geometric layout and the position of the rooms:

- Single-partite (single-cell) dammuso
- Two-partite dammuso (double cell)
- Tripartite dammuso (triple cell)
- Multi-partite dammuso (aggregation of cells, accessories and appurtenances)
- Palazzetto dammuso

The elevation of the masonry involved firstly the positioning of the cellars (...), and then the elevation of the box face composed of two faces (...) filled with waste material and earth (...). Once the masonry was completed up to the shaft line, a horizontal wooden structure was placed (...). On these beams, stones were placed with the addition of táiu (earth mixed with water) to form the direction of the vault. At the same time, the horizontal wooden beams were placed between the rows of the sketched vault and crossed at the corners. This structure thus formed the soffit of the formwork and the gaps between beam and beam were filled with táiu and stone; the vault was finally regularised by a further layer of táiu to form the negative of the vault itself. Once the formwork had been defined, the stone masonry and the finishing of the external masonry was immediately carried out by filling the interstice between the walls and the vault with stone rubble (...). A layer of earth was spread over these stones to shape the extrados (...). The earth of the extrados formed a good base for the subsequent mixture and fulfilled the important function of cushioning the beating, carried out for several days with wooden mallets, of the waterproof

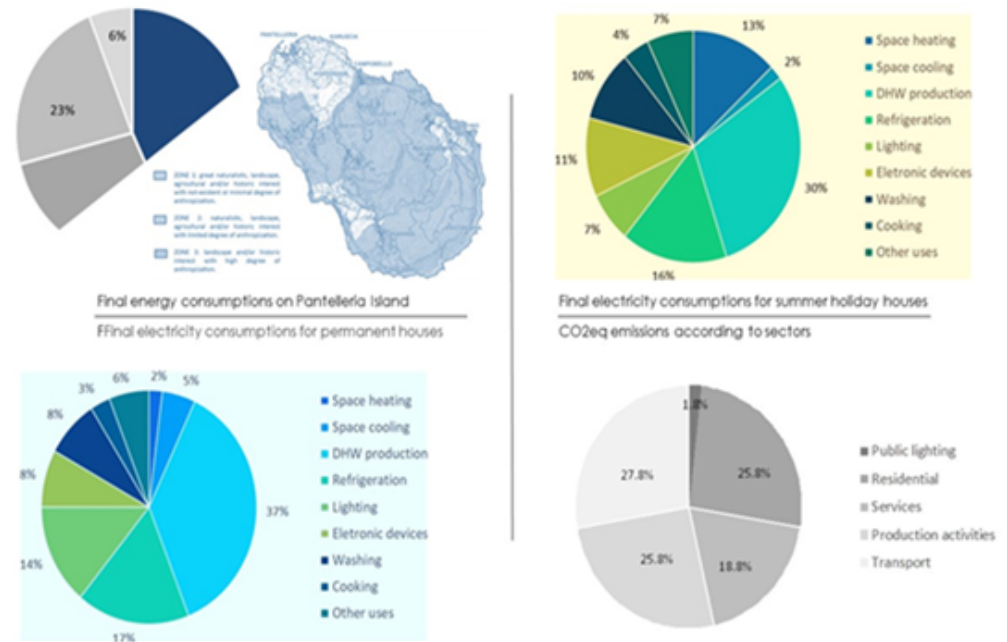


Fig.5. Final energy consumptions on Pantelleria Island Final electricity consumptions for permanent houses - Final electricity consumptions for summer holiday houses - CO2eq emissions according to sectors (by “Piano D’Azione per l’Energia Sostenibile del Comune di Pantelleria” and “Agenda per la Transizione Energetica”)

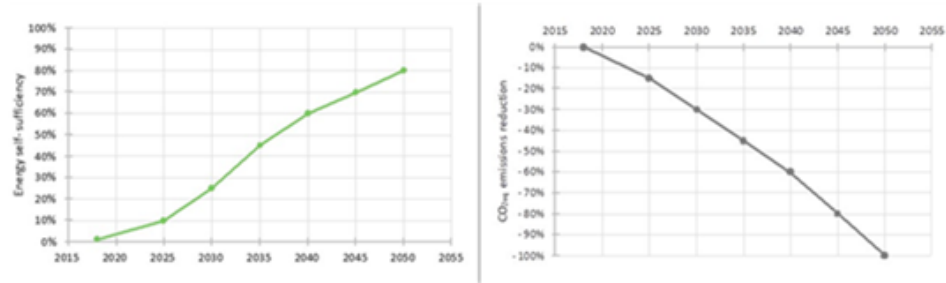


Fig.6. Objectives for residential sector energy self-sufficiency - Objectives for CO2eq emissions reduction (by “Agenda per la Transizione Energetica”)

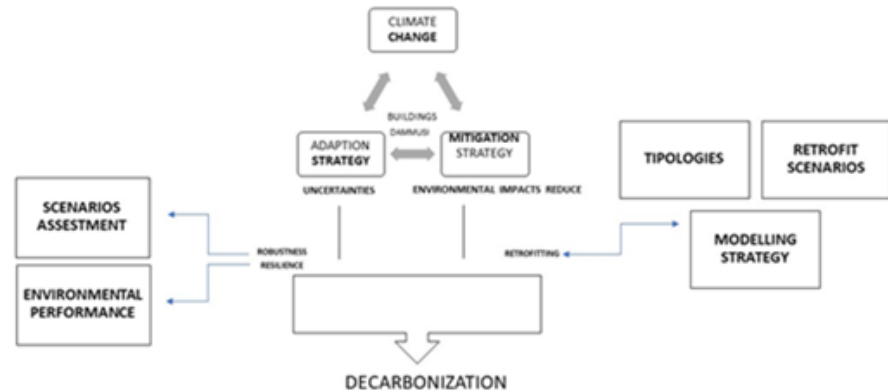


Fig.7. Map of the workflow and methodology (GR.ITA Research, 2022)

layer of lime and tuff, generally mixed a month before use. Finally, everything was made more compact and waterproof with one or more coats of lime with a brush". (De Giovanni, 1998) [25].

Next to the dammuso is the "palazzetto" (Fig.10), which epitomises the characteristics of a farm but at the same time also of a residence. It consists of a central body, generally with two elevations, and lower rooms set against one or more elevations, destined for wine-making activities. The residential area is located on the first floor and thus takes on the function of the "piano nobile". Common features of the dammuso are the "aquintata" masonry, the use of vaults, and the humpbacked roof for the rainwater collection system. The accurate technological-constructive investigations conducted on these artefacts, aided by considerable photographic documentation, reveal the following characteristics:

- The ground floor presents a masonry of considerable thickness, built using the sack construction technique, with the external face generally inclined.
- The first floor, on the other hand, is built with masonry made of squared ashlar bonded with lime mortar. This masonry settlement makes it possible to considerably reduce thicknesses and to build the walls plumb.
- The horizons are real vaults with the humpbacked extrados typical of dammusi vaults.
- Balconies have a stone balcony, supported, almost always, by four stone corbels, sometimes monolithic, sometimes formed by two overlapping pieces jutting out from each other.
- The staircase, in stone material, is almost always supported by a rampant royal vault.
- The presence of numerous architectural elements (portals, corbels, window sills, etc.), made of stone material, give greater decorum to the building.

Surveys covering the entire island have identified one hundred and nine palazzetti: twenty-six, known as rural palazzetti, are located in the countryside and can certainly be considered the oldest; eleven are classified as agro-urban palazzetti, because although they have the characteristics of the first typology, over the years they have been incorporated by urban building expansion; thirteen urban palazzetti have also been traced, located in a number of smaller towns (contrade Khamma, Tracino and Scauri); fifty-nine are found in the urban centre of Pantelleria.

"Rural palazzetti" are the clearest example of how this building typology was slowly transformed and structured within the territory of Pantelleria.

If one analyses the oldest palazzetti built in the open countryside, and thus far from the security that the city walls infused, one immediately notices that their morphology is very close to that of a coastal watchtower; they have the appearance of a fortified artefact, they were in fact built in an elevated position, almost as if to control the surrounding territory, they are provided with small

openings and are devoid of any decorative elements or balconies.

With the passage of time, the "palazzetti" also take on a different conformation: the shape becomes more open, the elevations are enriched with balconies, exhibits, windowsills, and a site is chosen that offers a more pleasant view, be it a hill or a flat place. A significant example is the palazzetto Ficani in Kaddiuggia. Built in the mid-19th century, it has an almost square plan: it has two elevations with sloping walls, where very small windows open, except for the south-west elevation without any openings. In terms of construction, the ground floor has thick sack masonry, while the masonry on the first floor is made of square stone ashlar, which allow for a considerable reduction in the wall section. The horizons, in the two elevations, are real barrel or barrel vaults with pavilion heads. The extrados of the roof vaulting echoes the canons of the dammusi, with the specific function of conveying rainwater into the cistern. From a distributional point of view, the rooms on the ground floor are used for agricultural activities with a storeroom and wine cellar, while the first floor, reached by an internal stone staircase with a barrel vault, is reserved for the residence and consists of the minimum module of the dammuso, i.e. bedroom, alcove and dressing room.

In the agro-urban palazzetti, the residential aspect is evident above all in the elevations, which no longer denote a Spartan "facies" without ornamentation but, on the contrary, show greater refinement, which is expressed in the details such as exhibits, cornices, corbels and moulded cornices. The palace thus becomes a "status symbol" of the owner.

A significant example of this is the D'Aiotti building in Itria, which was built in the early 20th century (Fig. 10).

We are no longer in the presence of a tower house, with small openings and without any decorative elements on the outside, the D'Aiotti building in fact has all the elements of a stately villa. Particularly interesting is the north-east elevation, with a large terrace bordered by an artistic balustrade in stone material, with small columns interspersed with small pillars with a moulded sill. Of excellent workmanship are the other decorative elements, also made of stone material, such as string-course cornice, shows, cornices, decorative panels, which enrich the three most significant fronts. A crowning cornice in stone defines the volumetry. In terms of construction, all the structural elements, walls, horizons and stairs have the same characteristics as those already described for the rural buildings. The survey goes on to analyse the modifications and transformations that depended to a large extent on the new uses linked to tourism, which especially for urban buildings made their identification difficult. Some artefacts, despite the alterations and extensions they have undergone, still retain their original characteristics, in particular traces of the ancient sack walls and real vaults. For the rest,

we are in the presence of modestly constructed buildings that have lost their traditional architectural references, becoming anonymous buildings. As far as building energy systems are concerned, in most of the dammusi there are no space heating and cooling systems. According to the Municipality of Pantelleria's Sustainable Energy Action Plan (2015), space heating is mainly provided by electric stoves. Domestic hot water production, on the other hand, is provided almost exclusively by storage water heaters. Therefore, electricity is the main energy vector used. Electricity is mainly taken from the local power grid and renewable energy sources are currently not exploited.

3.2 Construction and environment: retrofitting scenarios

The study delved into the performance of Pantelleria's traditional buildings in terms of energy and environment, through a set of performance indicators with the objective of identifying possible strategies capable of improving both energy efficiency and robustness and resilience to potential future stresses, and thus orienting the building redevelopment phase (simulation of possible retrofit solutions) according to these objectives. In particular, five typologies were selected, including dammusi and palazzetti, representative of the local built heritage, and their current energy needs and consumption were assessed; alternative energy retrofit strategies were analysed, in line with existing regulatory constraints for the protection of the island's historical and architectural heritage. Through energy simulations, retrofit scenarios were compared, exploring the ability to reduce the environmental impact of dammusi and improve their robustness and resilience. The analysis of the results showed that the implementation of retrofit solutions can provide significant reductions in the consumption and emissions of dammusiums and, at the same time, increase their levels of robustness and resilience. The results of these scenarios demonstrate that the implementation of a set of retrofit solutions on a building scale can provide significant reductions in consumption and emissions. Strategies involving a complete retrofit of the listed building types and the integration of renewable energy sources were identified as the most effective for the transition of the island's building stock towards decarbonisation and adaptation. In fact, it is shown how the implementation of strategies necessary to achieve the decarbonisation goals of buildings, as envisaged by the Mitigation Strategy, can often also improve the robustness and resilience of buildings, as envisaged by the Adaptation Strategy. The study identified the main types of existing residential dammusi, identified as archetypes by assessing their energy performance and then extended the results to the entire building stock of which they are representative. The archetypes approach allowed for analyses aimed in particular at:

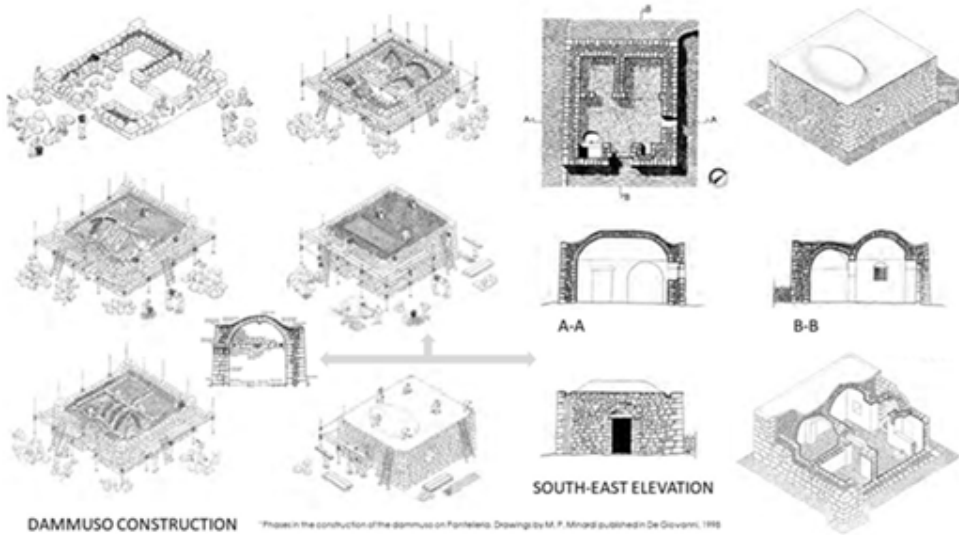


Fig.8, Building the rural dammuso (De Giovanni, 1998)

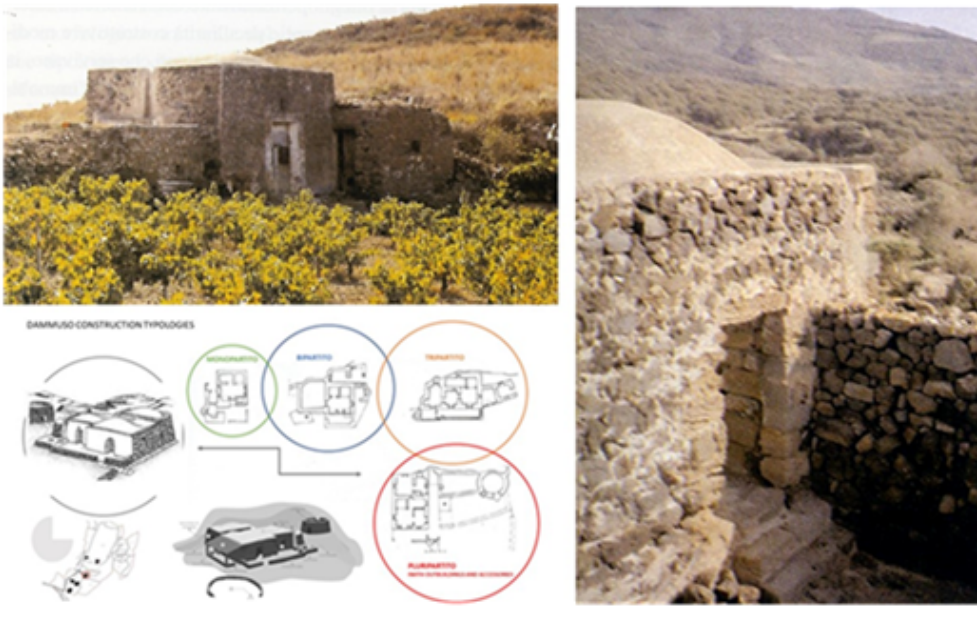


Fig.9, Analysis of building types: dammusi and palazzetti (GR.ITA Research, 2022)

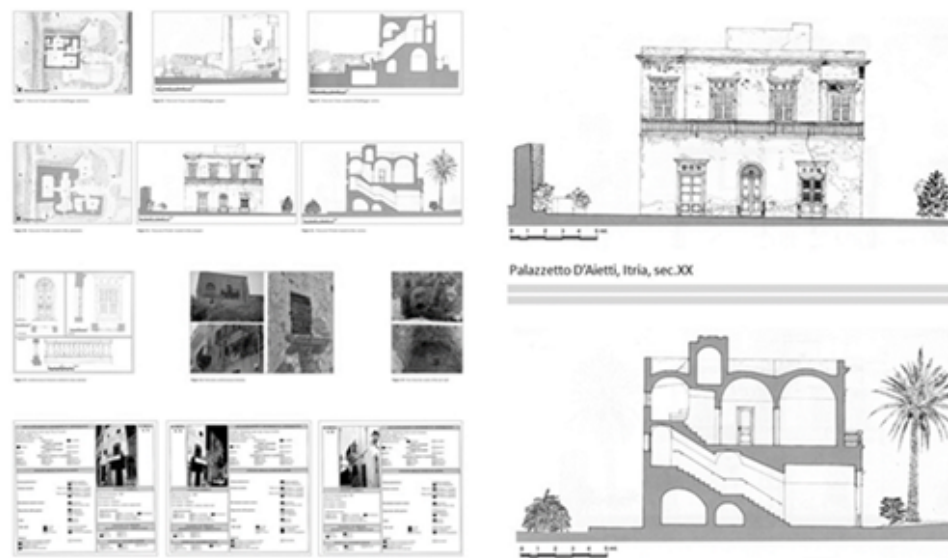


Fig.10, Study of historical "Palazzetto" (GR.ITA Research, 2022)

- quantitative assessment of the energy and environmental performance of the dammuso through the calculation of relevant annual indicators (e.g. energy needs, consumption, emissions);
- definition of possible energy retrofit strategies energy related to the envelope, energy systems and integration of renewable sources;
- estimation of the improvement of the energy and environmental performance of the dammuso through the calculation of relevant annual indicators (e.g. energy requirements, consumption, emissions)
- verification of improved robustness and resilience levels.

3.3 Strategies for the robustness and resilience of Pantelleria dammuso

The "green" characteristics of buildings must be synergetic with the "resilient" and "robustness" ones (Hewitt et al., 2019). [26] According to the different studies consulted, the main characteristics that work together to make a building robust and resilient are:

- architectural features;
- energy self-sufficiency;
- the verification of residents actions.

In relation to the first and second points we can certainly state that the dammuso is, due to its construction and environmental characteristics, a building with a strong vocation for robustness and resilience. In order to better define strategies and characteristics that can improve it, both the retrofit phase and the operational and management phase must be evaluated. In particular, the retrofit of the dammuso must be based on the robustness of the performance in terms of energy consumption and emissions (Ascione et al., 2017) [27] and to the behaviour of the occupants (Kotireddy et al., 2018) [28]. Indeed, envelope interventions can improve the thermal resilience of the building, ensuring acceptable thermal comfort even in the absence of building services, due to power outages potentially caused by extreme natural events (Homaei et al., 2021). [29] (Fig. 11)

With regard to plant systems, resilience can be improved by installing or replacing existing ones (most dammusi use electrically powered but obsolete heat and/or cooling sources) with efficient, solar-based systems increase the robustness of building performance in terms of greenhouse gas emissions (Walker et al., 2022) [30]; (Galimshina et al., 2020) [31]. Furthermore, efficient, electricity-based systems can also facilitate building resilience in the event of atypical operating conditions during a shock event (Hewitt et al., 2019) [32], especially when combined with renewable energy or battery systems. Indeed, the inclusion of photovoltaic systems and electricity storage batteries can equip the building with robust solutions in terms of greenhouse gas emissions, especially in countries where the carbon intensity of the electricity grid mix is significantly higher (Walker et al., 2022) [33], and optimise the thermal resilience of buildings in the event of a power outage, activating the energy self-

sufficiency of dammusi that ensures the functionality of the systems (Homaei et al., 2021) [34]; (Sun et al., 2020) [35]. For the operational phase, the main input is the actions and choices of the occupants to manage the dammuso, to which some qualitative hints and suggestions can be given to support its solidity and resilience. In this regard, Hasselqvist has provided a definition of household energy resilience that states: "As an integral part of everyday life, household energy resilience is about ensuring a good life by adjusting the activities performed, the time at which they are performed, and the manner in which they are performed in the face of anticipated and unexpected energy disruptions and shortages, as well as preparing for future adjustments to activities and more radical changes to reduce the need for adjustments" (Hasselqvist et al., 2022) [36]. With this in mind, while dammusi must reduce consumption and emissions to mitigate their impact on the environment and society, they must also have characteristics that make them adaptive to uncertain and unpredictable future events. Facilitating the integration of renewable energies is the way forward together with local citizenship, which must be motivated and supported with incentive mechanisms. The knot to be unravelled remains the revisiting of environmental constraints that are at times incongruent and at times even paradoxical or rather outdated with respect to environmental needs themselves.

3.4 Green systems and renewable energy

Among the parameters examined: the multifunctional benefits such as evapotranspiration, thermal insulation, shading, comfort characteristics, wind-blocking capacity and evaporative cooling effect of green surfaces to reduce the cooling demand of buildings. (Cuce, 2017) [37]. Susorova et al [38] point out that solar radiation, building orientation and air temperature have a significant impact on the thermal behaviour of buildings with respect to relative air humidity and wind speed. In addition to improving the thermal performance of buildings and indoor air quality, vertical green systems protect the building envelope from environmental effects such as excessive sunlight and strong winds. Green systems can influence wind speed and significantly reduce the temperature of the outer wall. Although temperatures are generally mild on Pantelleria, strong winds are frequent, especially the mistral that blows from Sardinia, but also the sirocco from Africa, which can bring desert sand. In summer, the wind from Africa can bring very high temperatures, even at night: the lows can stay at 28/30 °C. In fact, it has been established in studies that green surfaces absorb about 70 per cent of incoming solar radiation and also positively influence 'wind blocking'. The wind-blocking characteristic depends on the density and permeability of the canopy, the orientation of the façade and the wind speed

itself (Fang, 2014) [39]. By changing the wind direction and speed with vertical vegetation, a layer of stagnant air is formed due to the leaves and foliage of the vegetation (Eumorfopoulou, 2009) [40]. In addition, evapotranspiration increases with wind speed by improving the transfer of water vapour from the plant to the environment. Such green systems can thus influence wind speed and significantly reduce the temperature of the outer wall (Susorova, 2014) [41], they also influence human psychology due to the resulting natural landscape impact. (Hunter, 2014) [42] (Perez, 2017) [43]. A study conducted in Spain by Perez (Perez, 2014) [44] was selected for the identification of the types of green systems to be adopted for the energy improvement of buildings, as well as their robustness and resilience. Perez highlights the strong thermal reduction provided by the double-skin green façade. The air gap allows the regulation of environmental conditions for winter and summer: lower temperature and relative humidity in winter and lower temperature and higher relative humidity in summer. This characteristic can be attributed to the wind barrier effect and evapotranspiration effects. The study of the type of green wall to be built on the existing elevations (traditional green wall, modular green wall, double-skin green wall) was applied to four buildings with different exposures, highlighting the need for a correct relationship with the climatic factors of the context and a dedicated design on the optimal configuration of the position of the plants (greenery), potting, essence and type of shading foliage. (Fig.12,13,14,15) The use of green walls has to be connected with the use of renewable energy systems that are currently not very applicable as the Pantelleria territory is a protected area. A contradiction in regulatory and environmental terms, since the use of these systems is not

only compatible but necessary for the transition. The studies carried out show the urgent need to identify the real installable capacity of new FER plants in terms of wind and photovoltaics, both from a regulatory and urban planning point of view. The participation of inhabitants and local authorities in renewable energy projects would also produce substantial added value in terms of acceptance and access to additional capital that translates into local investment, more consumer choice and greater participation in the energy transition. With this in mind, GR.ITA research investigated and compared the current regulations and prospects, in terms of integration of renewable energy sources - FER, for the Egadi and Aeolian Islands (Agenda for Transition - Italy) and for the Balearic Islands (Agenda for Transition - Spain).

3.5 Facilitating the integration of renewable energy sources

a-Comparison with the Egadi Islands and the Aeolian Islands (Italy) - Transition Agenda In the Clean Energy Transition Agenda - CETA, for the Egadi Islands, currently under development, the working group has developed several decarbonisation strategies to pursue zero greenhouse gas emissions by 2050. In particular, it is noted that they have not yet analysed the decarbonisation scenarios already produced but have already identified the installable capacity of new FER plants in terms of wind and photovoltaics. In addition, based on the assessment of FER availability, the installable capacity for each island in the archipelago has been identified, divided into rooftop and land-based plants. Wind power capacity, on the other hand, was assessed on the basis of the current regulations in force, with a relaxation of the Important Bird Area (IBA) constraint. It is shown that the available technical potential of roof-mounted

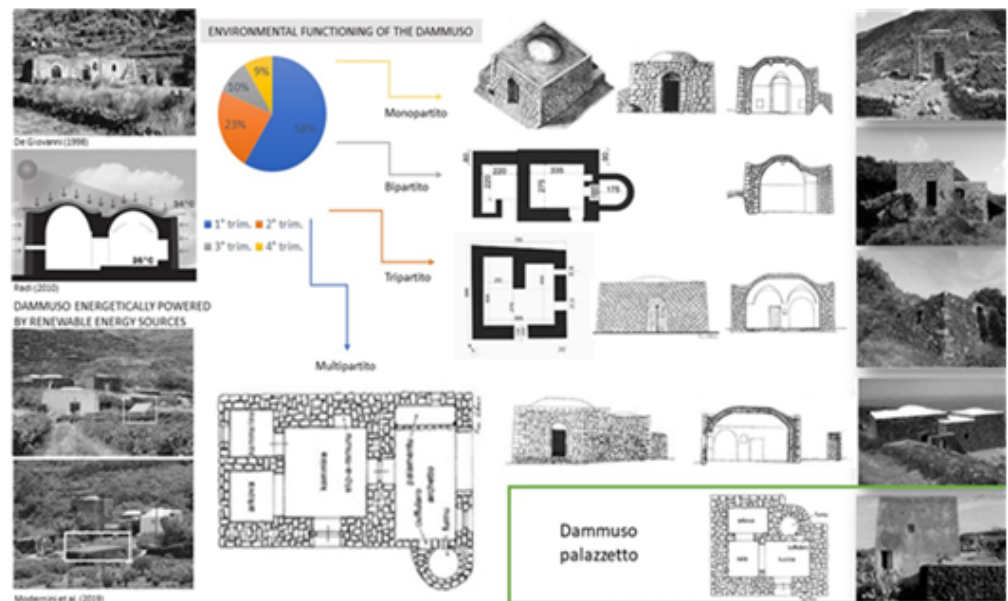


Fig.11, Left, Dammuso Energetically powered by Renewable Energy Sources (GR.ITA Research, 2022)

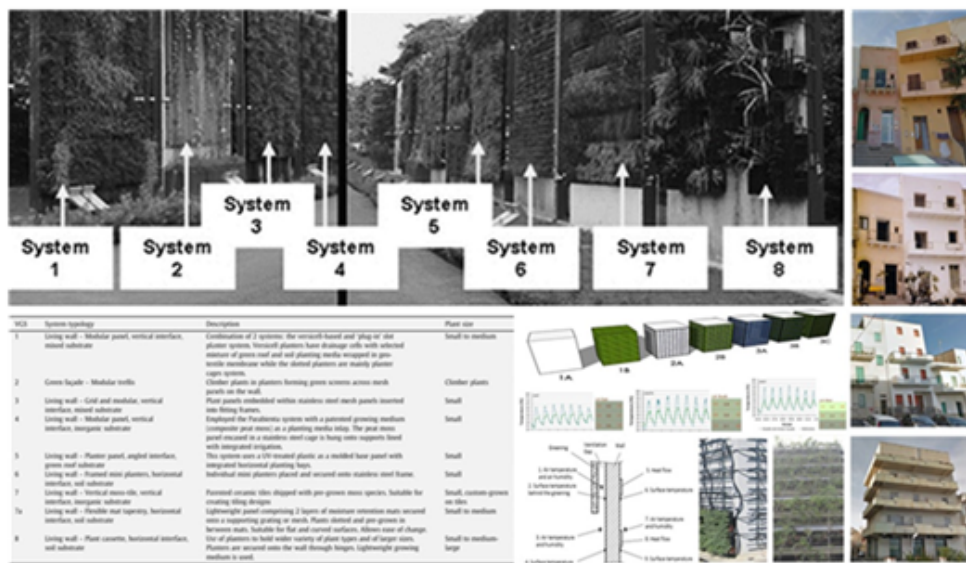


Fig.12 Picture and description of vertical greenery systems by Perez [43]; To the right: facades of buildings in the urban centre of Pantelleria

considerable advancement of the targets. To this end, efforts must be made to improve the regulatory framework, which currently places considerable limits on the use of photovoltaics, but especially on the use of wind energy. Specifically in Favignana, the action plan on existing buildings to date has been limited to the assessment of photovoltaic potential and concerns the exploitation of roofs and suitable surfaces. With regard to the potential of roofs, the calculation follows the methodology set out by Moscoloni et al. In this approach, the solar potential on roofs is the result of the combination of local regulatory and environmental constraints, combined with the assessment of the solar resource and assumptions on the typical characteristics of solar systems. For the three municipalities of the island of Salina, the only one of the Aeolian Islands selected by the Clean Energy for EU Islands Secretariat, Sustainable Energy Action Plans (S.E.P.) were developed and approved. The plans focus on the reduction of fossil fuel consumption in passenger transport, the modernisation of residential and municipal buildings, and the installation of solar and photovoltaic panels. Although the plans set specific targets and budgets for individual actions, six years after their publication, only very few of the actions described have been realised.

b-Comparison with the Balearic Islands (Spain)

-Actions for energy transition

The comparison with the Balearic Islands shows how Spain lends itself to be the leading country for environmental policy change in Europe. In fact, in the last decade, it has gone beyond the Union's targets, showing us with its 'National Plan for Energy and Climate' the urgency of the environmental issue and, at the same time, the ways forward. The proposed plan is capable of combining growth and sustainable development, through significant projects, innovative solutions with a high technological impact, aimed at improving the

lives of communities.

In turn, the Balearic Islands have proposed a climate change plan focusing on energy transition with the goal of achieving 100 per cent renewables and electric mobility by 2050 on the islands of Mallorca, Menorca, Ibiza and Formentera. The regional government is now enacting a climate change law aimed at boosting renewable energy.

The energy transition plan is based on the closure of the coal-fired Alcúdia power plant, located in Majorca and owned by Endesa, part of the Enel Group, by 2025. In parallel, five-year plans will be defined through which binding emission targets for companies will be introduced and work will be done to reach 100 per cent by 2035. Photovoltaic solar energy currently accounts for 2 per cent of energy production (80 MW) and is essentially the only renewable source installed in the Balearic Islands. The regional government intends to make photovoltaic installations on large car parks compulsory by 2025, while already by 2020 all new large buildings, such as hospitals and supermarkets, have already phased in solar installations. Wind power is also seen as a possibility, especially on Menorca. The regional government intends to increase renewable energy to 35 per cent by 2030 and 100 per cent by 2050, but so far some wind and solar power projects have been held back by local opposition due to their visual impact; even the Balearics are not immune to the so-called Nimby syndrome (Not in my back yard).

Conclusions and future developments

The decarbonisation of the building sector is now a central theme in national and international economic policy discussions. It is related to energy efficiency, end-use electrification and the integration of renewable energy sources. In contrast, little attention is paid to the robustness and resilience characteristics of buildings, even though these aspects are absolutely pertinent and linked to the pursuit of energy efficiency

and decarbonisation goals.

Deepening these aspects, and starting from a review of the literature on the main definitions and characteristics of robustness and resilience, the study proposes a change of pace on intervention strategies for the decarbonisation and ecological transition of the Sicilian islands. While on the one hand it is indeed essential to reduce the environmental impact of buildings, increasing their energy efficiency and introducing zero-emission energy systems, on the other hand, buildings must be equipped with useful systems to cope with foreseeable and unpredictable events, increasing their robustness and resilience to this end.

With this in mind, the study analysed traditional Pantelleria architecture by systemising knowledge for the definition of sustainable and appropriate design criteria relating primarily to the robustness and resilience requirements of buildings (rural and urban) and of dammusi in particular, testing and comparing possible retrofit strategies.

Results obtained and in progress

In the light of in-depth field investigations, the studies carried out within the GR.ITA (UNIPA_UGR) international research convention, which will support the decarbonisation and ecological transition, demonstrate the actual potential of the island's architectural heritage.

Investigations:

- (a) Classification of the typological and technological features of the dammusi. Specifically in relation to the study on rural buildings (dammusi). The study examined the characteristics of traditional Pantelleria architecture: compactness, essentiality of materials, functionality. These characteristics are repeated throughout the island, but are used in different ways, in relation to the specific conditions of the context (orographic conditions, exposure to winds, steepness, etc.) in the different areas of the island.
- b) Checking the sustainability of the context - ability of the traditional building system to respond to environmental needs using only local resources;
- c) Recognition of the sustainability of the context in terms of environmental compatibility to the inclusion of renewable energy sources;
- d) Review of national and local environmental constraints, considering all aspects of the impact of FER, in the short and long term, giving more space to the positive effects of the same considering the abundant availability of natural resources in our territory.

Results:

- In itinere elaboration of an appropriate plan of interventions on the built environment in relation to the different types of renewable sources differentiated in relation to the different environmental needs of the rural and urban built environment.

- In itinere experimentation and verification of green solutions for the energy requalification of rural (dammusi) and urban buildings (use of green walls for the requalification of the existing built environment in the urban centre

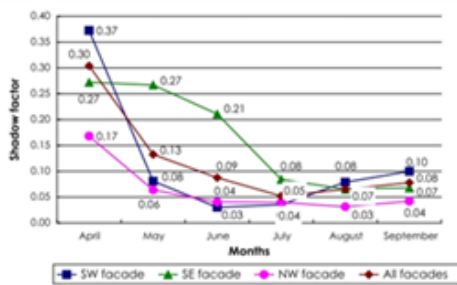


Fig.13 Shadow factor in a double – skin facade (Perez. 2017)



Fig.14 Shadow factor in a double – skin facade (Perez. 2017)

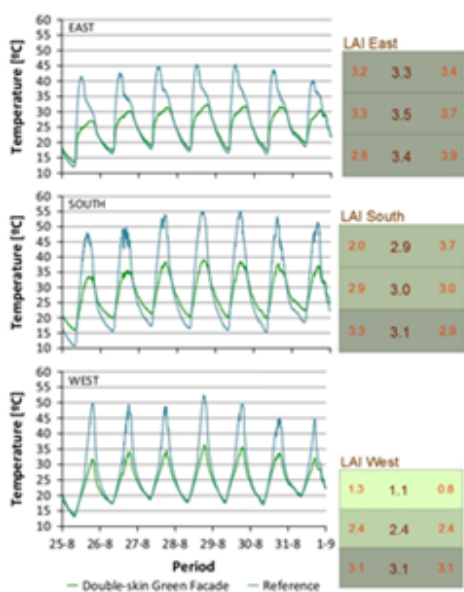


Fig.15 Evolution of external surface building wall temperatures during the 4^o week of August 2015 and related LAI values (Perez. 2017)

of Pantelleria and in the sea front of the port area).

The analysis of the results of the elaborated retrofit solutions highlighted the significant reductions in consumption and emissions of the buildings investigated as case studies and, at the same time, the increase in their robustness and resilience levels through the use of green systems associated with the use of renewable energy sources.

The architecture of Pantelleria's dammusi testifies to a clear identity and an almost innate principle of 'resilience' for continuous adaptation to the changing conditions of the

environment, which can also find greater support from a conscious and appropriate use of FER. From this point of view, Pantelleria is therefore a valid test bed for the realisation of fully sustainable energy, thanks to its remarkable landscape heritage and limited overall land availability.

However, it is important to emphasise that technologies for the exploitation of RES have environmental and social impacts that must be carefully evaluated. The estimation of the technical potential of photovoltaic systems and onshore wind turbines is indeed a common problem in the energy transition roadmap, addressed by many authors and from different perspectives, duly screened in the course of the research.

Within this framework, the study helped to highlight how a coordinated and holistic approach to building retrofits is needed now more than ever, bearing in mind also that buildings must be able to cope with various risks caused by foreseeable and unpredictable environmental events. A qualitative assessment of the improvement in robustness and resilience was therefore carried out when comparing retrofit solutions on dammusi and urban buildings by introducing appropriate green solutions.

Future work could be developed in terms of quantitatively assessing the resilience of dammusi by varying external climatic conditions (to simulate the increase in outdoor air temperature due to the consequences of climate change) in energy simulations, measuring the sensitivity of their performance in terms of consumption.

In addition, the resilience of buildings to energy supply disruptions, due to extreme natural events, could be quantitatively assessed through energy simulations, analysing the capacity of on-site renewable systems and batteries to guarantee the continuation of minimum heating, cooling or hot water services, even in the presence of blockages, thus maintaining indoor thermal comfort conditions at an acceptable level.

Another assessment of the prospects for ecological transition was carried out in terms of comparison with the other Sicilian islands (and in particular with the Egadi Islands and Salina, the only one of the Aeolian Islands selected by the Clean Energy for EU Islands Secretariat) and with the Balearic Islands, since these, and indeed the entire Spanish territory, have a more vigorous political and economic awareness in terms of pursuing ecological and energy transition objectives. The study highlighted how Pantelleria shows a progression of research in the field that is not yet visible in other Sicilian territories, while in terms of environmental policies the Balearic Islands are much more evolved, especially in terms of strategies for energy supply from renewable sources.

In Italy, what unfortunately remains is the evidence of more than twenty years of very advanced academic studies in the sector, centred on energy saving through the use of FER, but not assisted by a corresponding national ecological policy in terms of the actual

practical resolution of the problems, which are further slowed down by a bureaucratically cumbersome legislation.

Today, energy policy is more than ever linked to social policies, and to the definition of the real needs of territories and inhabitants. It must also be realised that environmental policies cannot be based solely on projections shaped by the same corporations that now control the energy market.

There still needs to be a greater review of national and local environmental constraints, considering all aspects of the impact of FER in the short and long term, giving more space to the positive effects of FER and considering the abundant availability of natural resources in our territory. We must add favourable legislation to an ambitious ecological and energy plan, which the use of different types of renewable energy sources will provide. The comparative study of the actions carried out so far for the decarbonisation of the territories has shown how Spain (and in Europe it is not the only one) is already in the right direction, Italy could accompany it starting with the development and implementation of appropriate policies for the islands of the Sicily Region, whose environmental condition, in line with the shared value creation (CSV) model, shows that it is already particularly prone to a possible progressive transition.

Acknowledgments

The translation from French and English to Italian of the basic texts of this study and from Italian to English of this article are by Sara Manuela Cacioppo, editorial translator.

REFERENCES

- [1] Homaei S., Hamdy M., A robustness-based decision-making approach for multi-target high performance buildings under uncertain scenarios, *Applied energy* 267 (2020), 114868.
- [2] Chinthavali S., Tansakul V., Lee S., Whitehead M., Tabassum A., Bhandari M., Munk J., Zandi H., Buckberry H., Kuruganti T., Hill J., Cortne C., COVID-19 pandemic ramifications on residential Smart homes energy use load profiles, *Energy & Buildings* 259 (2022).
- [3] Taguchi G., Chowdhury S., Taguchi S., *Robust engineering: Learn How to Boost Quality While Reducing Costs & Time to Market*, McGraw-Hill Professional Pub, 2000.
- [4] Fowlkes W.Y., Creveling C.M., *Engineering Methods for Robust Product Design: Using Taguchi Methods in Technology and Product Development*, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- [5] Homaei S., Hamdy M., 2020, op.cit.
- [6] Hasselqvist H., Renstrom S., Stromberg H., Hakansson M., Household energy resilience: Shifting perspectives to reveal opportunities for renewable energy futures in affluent contexts, *Energy Research & Social* 88 (2022), 102498.
- [7] Kotireddy R., Hoes P., M. Hensen J.L., A methodology for performance robustness assessment of low-energy buildings using scenario analysis, *Applied Energy* 212 (2018), 428-442
- [8] Moazami A., Carlucci S., Geving S., Robust and resilient buildings: A framework for defining the protection against climate uncertainty, *IOP Conf. Series, Material Science and Engineering* 609, 2019a, 609:72068; Moazami A., Carlucci S., Nik V.M., Geving S., Towards climate robust

- buildings: An innovative method for designing buildings with robust energy performance under climate change, *Energy & Buildings* 202 (2019b), 109378.
- [9] Homaei S., Hamdy M., 2020, op.cit.
- [10] Homaei S., Hamdy M., 2020, op.cit.
- [11] Fabi V., Buso T., Andersen R.K., Corgnati S.P., Olesen B.W., Robustness of building design with respect to energy related occupant behavior, in *Proceedings of 13th IBPSA Conference*, Chambéry, France, 25-28, 2013.
- [12] Hewitt E., Oberg A., Coronado C., Andrews C., 2019, op.cit.
- [13] Moazami A., Carlucci S., Geving S., 2019a, op.cit.
- [14] Hasselqvist H., Renstrom S., Stromberg H., Hakansson M., 2022, op.cit.
- [15] Homaei S., Hamdy M., 2021, op.cit.
- [16] Homaei S., Hamdy M., 2021, op.cit.
- [17] Moazami A., Carlucci S., Geving S., 2019a, op.cit.
- [18] Iwaro J., Mwasha A., The impact of sustainable building envelope design on building sustainability using Integrated Performance Model. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2(2), pp. 167-272, 2013.
- [19] Radojicic Z., Islamovic S., Petrovic N., Jeremic V., A novel approach to evaluating sustainable development. *Problemy Eko-rozwoju/Problems of Sustainable Development*, pp. 81-85, 2012.
- [20] Lányi E., The basic principles of sustainable architecture. *Periodica Polytechnica Architecture*, 38(2), pp. 79-81, 2007.
- [21] McLennan J.F., The philosophy of sustainable design: the future of architecture. Kansas City, Mo: Ecotone, 2004.
- [22] Oliver P., *Encyclopaedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997, pp. xxi-xxviii.
- [23] Vidal De La Blache P., *Principes de la Géographie humaine*, Paris, 1948, p. 155.
- [24] Vidal De La Blache P., 1948, op.cit.
- [25] De Giovanni G., 1998, *Pantelleria: materia e memoria*, su "Demetra", n. 11, Alloro ed. Palermo, p. 26.
- [26] Hewitt E., Oberg A., Coronado C., Andrews C., Assessing "green" and "resilient" building features using a purposeful systems approach, *Sustainable Cities and Society* 48, 2019.
- [27] Ascione F., Bianco N., De Masi R.F., Mauro G.M., Vanoli G.P., Resilience of robust cost- optimal energy retrofit of buildings to global warming: A multi-stage, multi-objective approach, *Energy and Buildings* 153 (2017).
- [28] Kotireddy R., Hoes P., M. Hensen J.L., A, 2018, op.cit.
- [29] Homaei S., Hamdy M., 2021, op.cit.
- [30] Walker L., Hischier I., Schlueter A., Scenario-based robustness assessment of building system life cycle performance, *Applied Energy* 311 (2022), 118606
- [31] Galimshina A., Moustapha M., Hollberg A., Padey P., Lasvaux S., Sudret B., Habert G., Statistical method to identify robust building renovation choices for environmental and economic performance, *Building and Environment* 183 (2020) 107143
- [32] Hewitt E., Oberg A., Coronado C., Andrews C., 2019, op.cit.
- [33] Walker L., Hischier I., Schlueter A., 2022, op.cit.
- [34] Homaei S., Hamdy M., 2021, op.cit.
- [35] Sun K., Specian M., Hong T., Nexus of thermal resilience and energy efficiency in buildings: A case study of a nursing home, *Building and Environment* 177 (2020) 106842
- [36] Hasselqvist H., Renstrom S., Stromberg H., Hakansson M., 2022, op.cit.
- [37] Cuce E. Thermal regulation impact of green walls: An experimental and numerical investigation. *Appl Energy* 2017;194:247-54
- [38] Susorova I, Angulo M, Bahrami P, Brent S. A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. *Build Environ* 2013;67:1-13.
- [39] Feng H, Hewage K. Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings. *Energy Build* 2014;75:281-9
- [40] Eumorfopoulou EA, Kontoleon KJ. Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. *Build Environ* 2009;44:1024-38
- [41] Susorova I, Azimi P, Stephens B., 2014, op.cit.
- [42] Hunter AM, Williams NSG, Rayner JP, Aye L, Hes D, Livesley SJ. Quantifying the thermal performance of green façades: a critical review. *Ecol Eng* 2014;63:102-13
- [43] Pérez G, Coma J, Sol S, Cabeza LF. Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect. *Appl Energy* 2017;187:424-37.
- [44] Pérez G, Coma J, Sol S, Cabeza LF., 2017, op.cit.

NOTES

1. CCOP stands for Conference of the Parties. Parties (196 countries and Europe) are the signatories of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), which is a treaty agreed in 1994. The treaty envisages annual international conferences on climate change, the Conferences of Parties (COP) (UNFCCC, 2021).
2. The Paris Agreement was agreed at COP21 in 2015 (UNFCCC, 2021).
3. The goal was set by the United Nations Framework Convention on Climate Change's Marrakech Partnership for Global Climate Action Human Settlements Pathway, co-led by GlobalABC. It was also adopted by the #BuildingToCOP26 Coalition (UNEP, 2021).
4. The definitions, provided in Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector, p. 25, (UNEP, 2021) are based on those described in Zero energy building definitions and policy activity: An international review, OECD/IPEEC, 2018
5. The European Green Deal is a set of transformative policies agreed by European Commission in 2019 to lead Europe to reduce net greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030 and to achieve climate neutrality by 2050 (EC, 2019a).
6. REPowerEU provides for measures to reduce energy dependency on Russia "through energy savings, diversification of energy supplies, and accelerated roll-out of renewable energy to replace fossil fuels in homes, industry and power generation" (EC, 2022).

LUOGHI CHE INSEGNANO A VIVERE NELL'ERA DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Sommario

Obiettivo di questo studio è l'identificazione di azioni che contribuiscano al raggiungimento dei Sustainable Development Goals previsti dall'Agenda 2030 per le isole della Regione Siciliana. Lo studio si è svolto nell'ambito della convenzione di ricerca GR.ITA, tra l'Università di Granada e l'Università di Palermo, con l'obiettivo di analizzare quei territori del Mediterraneo che aiutano la biodiversità a prosperare con miglioramenti misurabili nelle prestazioni ambientali, sociali ed economiche. Nello specifico si analizzano le azioni previste per la decarbonizzazione dell'isola di Pantelleria, indagando alcune possibili soluzioni per aumentare la robustezza e la resilienza degli edifici, come sfida necessaria anche

in termini di conservazione e/o di riadattamento degli edifici esistenti.

Lo studio approfondisce la robustezza e la resilienza degli edifici, sia attraverso un'analisi documentale sui concetti, sia in termini sperimentali con indagini su edifici presi a campione.

Parole chiave: Decarbonizzazione, transizione energetica, mitigazione del cambiamento climatico, fonti energetiche rinnovabili, architettura rurale.

Introduzione

Il patrimonio architettonico tradizionale delle isole siciliane è il risultato di una cultura caratterizzata da tecniche e sistemi costruttivi che sfruttano le risorse naturali per generare manufatti originali e tecnologie costruttive che possono essere facilmente riconducibili ai concetti ecosostenibilità. Questi insediamenti, integrando soluzioni ispirate ai nuovi progressi della scienza nel campo dell'ecologia urbana, sono in grado di fronteggiare parte delle minacce ambientali e predisporre alla transizione ecologica in un'ottica di mitigazione, compensazione ed ottimizzazione degli impatti ambientali e paesaggistici, che le varie tipologie di fonti energetiche rinnovabili potranno indurre. Sette sono le isole siciliane selezionate dal Segretariato Clean Energy for EU Islands: Favignana, Levanzo, Marettimo (Egadi) Lampedusa, Linosa (Pelagie), Salina (Eolie) e Pantelleria, che può essere considerata l'isola guida per il processo di transizione energetica, in quanto può rappresentare un contesto chiave per interventi energetici innovativi. In quest'isola la tradizione ci offre luoghi più sani, più ricchi e più coesi che aiutano la biodiversità a prosperare con miglioramenti misurabili in termini di resilienza climatica e idrica, nonché di prestazioni ambientali.

Obiettivo primario di questo studio è l'identificazione di azioni che contribuiscano al raggiungimento dei Sustainable Development Goals previsti dall'Agenda 2030 per il territorio isolano ed in particolare alla decarbonizzazione del territorio di Pantelleria. L'ambizioso obiettivo è quello di arrivare alla carbon neutrality, che la politica internazionale - attraverso gli accordi del Green Deal - ha recentemente promesso di raggiungere entro il 2050. Anche gli obiettivi collaterali sono importanti perché si dovrà ridurre la dipendenza energetica dai paesi extra UE e incrementare la biodiversità, migliorando la salute e il benessere degli abitanti. Secondo il *Global Status Report for Buildings and Construction*, gli edifici sono responsabili del 36% della domanda globale di energia e del 37% delle emissioni di CO2 legate all'energia. Il processo di decarbonizzazione per gli edifici è dunque una delle soluzioni decisive per realizzare la transizione, che sarà guidata anche da una maggiore elettrificazione degli usi finali e dalla diffusione delle FER fonti di energia rinnovabili.

1. Contesto di indagine della ricerca

Contesto di indagine della ricerca è l'isola di Pantelleria, il cui patrimonio edilizio è caratterizzato dai dammisi, edifici tradizionali prevalentemente storici, la cui sfida per la decarbonizzazione risulta essere raggiungibile essendone naturalmente predisposti per le loro caratteristiche costruttive e ambientali. Secondo l'Agenda per la Transizione Energetica dell'Isola di Pantelleria, il settore residenziale rappresenta il 38% del consumo di energia elettrica, con un indice di circa il 50% del consumo di energia elettrica e con un livello di autosufficienza di appena l'1%. Pertanto, il miglioramento delle prestazioni energetiche e lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per l'approvvigionamento energetico sono identificati come azioni chiave per il processo di decarbonizzazione. Altri contesti di indagine della ricerca GR.ITA sono le isole siciliane (Egadi, Eolie) e le isole Baleari per la Spagna. La metodologia di indagine

di tipo conoscitivo-comparativo ha messo in luce vincoli ambientali nazionali e locali, considerando anche tutti gli aspetti dell'impatto delle FER a breve e a lungo termine, al fine di realizzare un piano ecologico ed energetico ambizioso per la decarbonizzazione dei territori.

1.1 Obiettivi della decarbonizzazione

La dipendenza dell'umanità dai combustibili fossili, fin dalla rivoluzione industriale, è tra le principali cause del cambiamento climatico terrestre. Le attività umane dell'ultimo secolo e mezzo hanno avviato il cosiddetto "effetto serra antropogenico", che è l'effetto delle emissioni di anidride carbonica e di altri gas serra (GHG) nell'atmosfera (EGP, 2022). Secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), l'effetto serra antropogenico è appunto la maggiore causa del surriscaldamento globale. L'aumento delle temperature del pianeta e l'incremento di eventi meteorologici estremi sono fenomeni manifesti del cambiamento climatico. Alla COP 26¹ del novembre 2021, le nazioni hanno riconfermato l'impegno, già preso con l'Accordo di Parigi², di limitare il riscaldamento globale al di sotto dei 2°C e di puntare a 1,5°C (UNFCCC, 2021). Per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi: "entro il 2030, l'ambiente edificato deve dimezzare le proprie emissioni, per cui il 100% degli edifici deve essere a zero emissioni di carbonio in funzione, con un diffuso retrofit di efficienza energetica del patrimonio esistente ben avviato e il carbonio incorporato deve essere ridotto di almeno il 40%. Entro il 2050, tutti i beni immobili nuovi ed esistenti dovranno essere a zero emissioni nell'intero ciclo di vita, comprese le emissioni operative e quelle incarnate"³ (UNEP, 2021). "Gli edifici a energia operativa zero sono edifici il cui consumo energetico nel corso dell'anno è compensato dalla produzione di energia rinnovabile" (UNEP, 2021)⁴. Il Clean Energy for all European Package consta di otto nuove leggi che i Paesi europei devono convertire in leggi nazionali (CE, 2019b)⁵. In particolare, la Direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (UE 2018/844) definisce la strategia di riqualificazione degli edifici esistenti (CE, 2018b) e la Direttiva sulle energie rinnovabili (UE 2018/2001) che delimita i criteri per l'inserimento delle fonti di energia rinnovabili nel sistema energetico europeo per una quota del 32% entro il 2030 (CE, 2018b). Nel 2020 la Commissione europea ha presentato la strategia Renovation Wave relativa all'efficienza energetica degli edifici e all'impegno di decarbonizzazione del settore. In particolare la decarbonizzazione degli edifici è contraddistinta da:

1. miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio;
2. elettrificazione;
3. uso di fonti rinnovabili;
4. gestione dei carichi elettrici per ottimizzare l'uso dell'energia generata da fonti rinnovabili e ridurre l'impatto sulla rete.

Le iniziative legislative del settore edilizio descritte rientrano nella Strategia europea di mitigazione del clima (EEA, 2022a). Questo quadro apparentemente lineare risulta tuttavia vulnerabile considerando, sia i parametri ambientali (maggiore frequenza e/o imprevedibilità dei cambiamenti climatici), sia le diverse richieste degli occupanti, anche in ragione di eventi inaspettati che si riflettono nell'abitare. Ci si riferisce in particolare agli ultimi avvenimenti che hanno provocato un diverso comportamento degli abitanti: nel 2019 la pandemia COVID-19, che ha comportato un differente consumo energetico degli edifici residenziali (Chinthavali et al., 2022) [2]; nel 2022, l'invasione dell'Ucraina da parte della Russia, che ha causato uno sconvolgimento del mercato energetico globale. L'Europa infatti dipende quasi totalmente dai combustibili fossili russi (CE, 2022). Per fronteggiare questa circostanza la

Commissione europea ha presentato il Piano REPowerEU⁶. (Enerdata, 2022). A queste calamità antropiche si aggiungono le frequenti calamità naturali (inondazioni, ondate di calore e terremoti): ultimo in ordine temporale è il forte terremoto della Turchia e della Siria. In questo quadro diventa sempre più urgente lavorare sui concetti di robustezza e di resilienza degli edifici, essendo le strategie di adattamento complementari alle strategie di mitigazione.

1.2 Valutazione della robustezza degli edifici

La prima definizione di robustezza è stata data da Taguchi -per il settore industriale - definendola come: "lo stato in cui le prestazioni di una tecnologia, di un prodotto o di un processo sono minimamente sensibili ai fattori che causano la variabilità (sia nell'ambiente di produzione che in quello dell'utente) e invecchiano al più basso costo unitario di produzione" (Taguchi et al., 2000) [3]. Secondo Fowlkes: "un prodotto o un processo si dice robusto quando è insensibile all'effetto delle fonti di variabilità, anche se le fonti stesse non sono state eliminate" (Fowlkes et al., 1995). [4] Recentemente nella letteratura di settore si evincono diverse definizioni di "robustezza":

- "(...) capacità di un edificio di funzionare efficacemente e di rimanere entro i margini accettabili nella maggior parte dei possibili cambiamenti causati da eventi interni e/o esterni" (Homaei et al., 2020) [5];
- "(...) capacità di mantenere prestazioni relativamente elevate in tutte le possibili condizioni atmosferiche/climatiche" (Hangxin et al., 2019) [6];
- "(...) capacità di un edificio di mantenere le prestazioni in presenza di incertezze derivanti dal funzionamento anomalo dell'edificio e/o delle condizioni esterne" (Kotireddy et al., 2018) [7].

"(...) capacità di un edificio di fornire prestazioni con una variazione minima in ambiente in continuo cambiamento rispetto alle prestazioni iniziali valutate in ambiente favorevole (Moazami et al., 2019a). [8] Il grafico di Homaei (Fig.1) mostra le distribuzioni probabilistiche dei risultati dei progetti robusti e non robusti applicati alle prestazioni degli edifici. I progetti robusti (scenari) sono quelli i cui risultati degli indicatori prestazionali non superano i margini di robustezza. Secondo l'approccio probabilistico, gli scenari più robusti sono infatti quelli in cui gli indicatori di prestazione mostrano la minore variazione (deviazione standard) intorno alla prestazione target (media) (Homaei et al., 2020) [9]. Nell'analizzare i differenti approcci è emerso che il metodo di valutazione della robustezza non è ancora uniformato. Nella verifica dei dati ricavati dai casi studio effettuati, si evince che: in presenza di parametri comuni che influiscono sulla robustezza si hanno indicatori di prestazione simili. La Tabella 1 riporta i principali parametri che influiscono sulla robustezza, distinti tra involucro edilizio, sistemi edili e fonti di energia rinnovabili. La Tabella 2 riporta i principali indicatori di prestazione adottati in maggior misura in letteratura per valutare la robustezza, in ambito energetico, ambientale ed economico. Come evidenziato dagli studi effettuati da Homaei, la valutazione della robustezza è importante tanto quanto la valutazione delle prestazioni durante la fase di progettazione (Homaei et al., 2020) [10]. La vulnerabilità delle prestazioni degli edifici alle possibili variazioni durante la fase operativa talora può essere responsabile della difformità tra le prestazioni effettive dell'edificio e quelle previste in fase di progettazione o ristrutturazione (Fabi et al., 2013) [11]. Per queste ragioni è necessario valutare le proprietà di robustezza nella fase iniziale per individuare le strategie di intervento appropriate, ovvero valutare come migliorare la robustezza dell'edificio, garantendo in parallelo un'elevata efficienza energetica.

1.3 Valutazione della resilienza degli edifici

La sicurezza energetica è definita dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) come: "disponibilità ininterrotta di fonti energetiche a un prezzo accessibile" (AIE, 2022). In tal ottica la resilienza dei sistemi è: "la capacità di un sistema di continuare a servire il suo scopo, anche durante uno shock o una crisi" (Hewitt et al., 2019) [12], dove la fornitura ininterrotta di energia è appunto lo scopo. Gli edifici resilienti devono essere in grado di recuperare un livello di prestazioni accettabile e continuare a fornire i propri servizi anche dopo il verificarsi di un evento imprevisto (Moazami et al., 2019a) [13]. Il sistema di alimentazione viene pertanto considerato come entità di resilienza e la fornitura di energia è la funzione da sostenere (Hasselqvist et al., 2022). [14] (Fig. 2) La resilienza a livello di edificio viene normalmente definita come: resilienza termica, che riflette sul comfort degli occupanti e si calcola in rapporto alle prestazioni termiche dell'edificio durante e dopo uno specifico evento imprevisto (Homaei et al., 2021) [15]. L'indicatore di prestazione può essere la temperatura dell'aria interna che è correlata al comfort degli occupanti. Il diagramma di Homaei (Fig.3) riproduce l'indicatore di prestazione e l'arco temporale adottato per la valutazione della resilienza termica (Homaei et al., 2021) [16]. I risultati sono stati identificati nella Tabella 3, in cui si riportano i parametri comuni che influenzano la resilienza termica e gli indicatori di prestazione simili, classificati in base all'involucro edilizio, ai sistemi costruttivi e alle fonti di energia rinnovabile. Nella Tabella 4 si riportano le principali variabili per valutare la resilienza termica. Si evidenzia come i sistemi energetici degli edifici contribuiscono alla resilienza complessiva dell'edificio.

1.4 Relazione tra robustezza e resilienza

La relazione tra resilienza e robustezza, come descritto nel grafico di Moazami (Fig.4), rappresenta la capacità degli edifici di fornire livelli accettabili di prestazioni e requisiti funzionali. Il grafico dimostra che gli edifici robusti presentano prestazioni più elevate con una minore sensibilità alle incertezze durante la fase operativa, rispetto agli edifici non robusti e non resilienti. Tuttavia, un edificio resiliente permette di resistere alle avversità e di riprendersi da esse, tornando al livello prestazionale previsto e mantenendo sempre disponibile la funzionalità dell'edificio. La definizione di resilienza include pertanto quella di robustezza, mentre non è sottinteso il contrario, ovvero se un edificio è robusto, ed è in grado di resistere, non sempre è in grado di recuperare le sue prestazioni per evitare conseguenze permanenti al sistema (Moazami et al., 2019a). [17] L'analisi dei diversi approcci selezionati ha guidato la ricerca applicando i parametri su esposti al retrofit degli edifici scelti come casi studio nell'isola di Pantelleria. La fase di retrofit si è concentrata: sulla verifica dei requisiti di robustezza e di resilienza, al fine di soddisfare: sia gli obiettivi di mitigazione, sia quelli di adattamento. In tal modo si è dimostrato che gli edifici devono ridurre i consumi e le emissioni per mitigare il loro impatto sull'ambiente e sulla società, ma devono anche avere quei requisiti in grado di renderli adattivi rispetto a eventi futuri prevedibili e imprevedibili.

2. Pantelleria: isola guida per la decarbonizzazione

2.1 Agenda per la Transizione Energetica" (2020) dell'isola di Pantelleria

L'indagine conoscitiva del territorio è stata Effettuata con l'ausilio del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del 2015 e dell'Agenda per la Transizione

Energetica dell'isola di Pantelleria del 2020. In cui si rileva che l'elettricità è il principale vettore energetico, e rappresenta il 43% dei consumi energetici finali. La quota maggiore del consumo di energia elettrica (riscaldamento, raffrescamento, acqua sanitaria), è pari al 38% del settore residenziale, valutando sia le case permanenti che quelle per le vacanze estive.

Secondo il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del 2015 il riscaldamento degli ambienti viene fornito dai riscaldatori elettrici e la produzione di acqua calda sanitaria da

scaldacqua ad accumulo (responsabili del 30% e del 37% dei consumi finali di energia elettrica).

Secondo l'Agenda per la Transizione Energetica del 2020 in rapporto alla fornitura da fonti rinnovabili l'autosufficienza del settore residenziale è bassa ossia solo dell'1%. (Fig. 5)

Sempre dal Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del Comune di Pantelleria del 2015, si rileva che il settore residenziale è responsabile del 25,8% delle emissioni totali di CO₂.

L'Agenda per la Transizione Energetica del Comune di Pantelleria ha indicato i sei pilastri per la transizione energetica al fine di raggiungere la completa decarbonizzazione entro il 2050:

1. efficienza energetica e riduzione dei consumi;
2. produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili;
3. autosufficienza energetica degli edifici e produzione distribuita di energia;
4. mobilità sostenibile;
5. accumulo di energia;
6. creazione di comunità energetiche.

Sono stati fissati anche gli obiettivi quinquennali a sostegno della transizione energetica insulare, tra cui quelli riferiti all'autosufficienza energetica per il settore residenziale e alla riduzione delle emissioni di CO₂ (Fig. 6).

2.2 Quadro normativo dell'isola di Pantelleria

Legislazione Nazionale

Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (2020): il piano fissa gli obiettivi nazionali al 2030 in termini di efficienza energetica, fonti rinnovabili ed emissioni di CO₂eq.- Decreto Ministeriale 14/02/2017. Disposizioni per la progressiva copertura del fabbisogno delle isole minori non interconnesse attraverso energia da fonti rinnovabili: promuove la realizzazione di sistemi di sfruttamento delle fonti rinnovabili per i clienti privati.

- Decreto del Presidente della Repubblica 4/6/2013 n. 63 [...], Disposizioni urgenti [...] sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché' altre disposizioni in materia di coesione sociale: riguarda le detrazioni fiscali tra il 50% e l'85% per migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

In materia di aspetti naturalistici e paesaggistici del 2016 è il Decreto del Presidente della Repubblica 7/10/2016 n. 235, Istituzione del Parco nazionale Isola di Pantelleria e dell'Ente Parco nazionale Isola di Pantelleria. Il territorio del Parco è suddiviso in tre zone, ognuna delle quali è caratterizzata da vincoli diversi. (Fig.5)

Legislazione Regionale

- Piano Energetico Nazionale della Regione Siciliana (2019, aggiornato al 2021): il piano fissa gli obiettivi regionali al 2030 in vista della transizione energetica e l'isola di Pantelleria è identificata come isola pioniera.

- Decreto Presidenziale 10/10/2017, "definizione dei criteri ed individuazione delle aree non idonee alla realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonte eolica [...]": individua le aree non idonee alla realizzazione di impianti eolici; tra queste vi è il territorio dell'isola di Pantelleria.

Secondo il Decreto Assessoriale 26/07/1976,

"Dichiarazione di notevole interesse pubblico dell'isola di Pantelleria", l'intero territorio ad eccezione dell'abitato, è detto zona di "notevole interesse pubblico" ed è sottoposto a vincolo paesaggistico come

previsto dal Decreto Assessoriale 12/12/1997 n. 8102, Piano territoriale paesistico dell'isola di Pantelleria. Il Decreto vieta l'installazione di impianti solari ed eolici sui tetti degli edifici. Inoltre, per l'installazione a terra è necessaria l'autorizzazione della Soprintendenza.

Legislazione Locale

Piano Regolatore Generale del Comune di Pantelleria, Norme Tecniche di Attuazione (2014), regola gli interventi sugli edifici dammusi esistenti, prevedendo vincoli per la conservazione del patrimonio architettonico dell'isola.

3. La costruzione tradizionale pantesca

3.1 Tipologia e sistema costruttivo

Il dammuso è una tipologia di costruzione che si realizza in stretta connessione alle risorse ambientali disponibili. Questo artefatto di origine rurale, esprime una particolare qualità degli ambienti interni ed esterni che sono molto impattanti sulla salute (Iwaro e Mwashu, 2013) [18] e sul benessere della comunità locale, concorrendo allo sviluppo sostenibile dei luoghi. (Radojicic et al, 2012) [19] L'architettura del dammuso è un costruito efficiente dal punto di vista ambientale, proprio perché ottimizza le risorse naturali (Lányi, 2007) [20] e incorpora i principi della sostenibilità socio-economica ed ecologica (McLennan, 2004) [21]. Come tutte le forme di architettura vernacolare nasce per soddisfare esigenze specifiche, adattandosi ai valori, alle economie e ai modi di vivere delle culture che li producono (Oliver, 1997) [22]. È sostenibile anche in termini di costruzioni durevoli, a bassa manutenzione e sensibili all'energia.

L'abbondanza di materiale lapideo ricavato dai terreni bonificati, ha contribuito alla nascita del processo costruttivo di questo manufatto la cui caratteristica principale è determinata appunto dall'uso della pietra locale. Il mondo Mediterraneo consegna alla pietra la propria immagine di paesaggio interamente costruito, straordinario amalgama di natura e cultura". (Vidal De La Blache, 1948) [23]

Il dammuso è una tipologia costruttiva semplice che si basa su un nucleo quadrato o rettangolare formato da sala, alcova e camerino. (Fig.8) Per secoli si mantiene inalterata la tipologia e la tecnica costruttiva, variando solamente alcuni parametri come le dimensioni e la finitura, sia all'interno che all'esterno, in funzione della destinazione d'uso se abitazione, magazzino, cantina o stalla. Le aperture sono ad arco a tutto sesto con al centro il varco della porta d'ingresso sorretta dall'architrave; sull'architrave è murata una mezzaluna che ne riempie l'arco al vertice. I manufatti destinati ad abitazione presentano le pareti interne intonacate, i pavimenti in cotto o in terracotta maiolicata, mentre quelli adibiti a stalla hanno le pareti e la volta in pietrame non intonacato e i pavimenti in battuto di terra. Dunque una costruzione essenziale nel suo impianto distributivo e strutturale che, allo stesso tempo, richiede un'accurata pratica costruttiva nell'esecuzione, sia della muratura di notevole spessore (1.00-2.00 mt) realizzata a sacco con paramento esterno inclinato, sia della particolare copertura a volta reale, anch'essa in materiale lapideo. Quest'ultima con l'estradosso a schiena d'asino, aveva la funzione di incanalare velocemente la scarsa e quindi preziosa acqua piovana nei pluviali che la convogliavano nella cisterna. Questa semplice soluzione costruttiva del passato, viene continuamente riproposta anche nella realizzazione di nuovi dammusi rispettando forme e tecniche della tradizione locale (Vidal De La Blache, 1948). [24]

Si individuano cinque tipologie edilizie locali prevalenti di dammusi (Fig.9), osservandone l'impianto geometrico e la posizione degli ambienti:

- Dammuso monopartito (monocellulare)
- Dammuso bipartito (doppia cellula)
- Dammuso tripartito (trippla cellula)
- Dammuso pluripartito (aggregazione di cellule, accessori e pertinenze)

- Dammuso palazzetto

L'elevazione della muratura prevedeva dapprima il posizionamento delle cantoniere (...), e poi l'elevazione del paramento a cassa composto da due facce (...) riempite con materiale di risulta e terra. (...) Ultimata la muratura fino alla linea di imposta del vano si disponeva una struttura orizzontale in legno (...). Su queste travi si ponevano delle pietre con l'aggiunta di táiu (terra impastata con acqua) per formare la direttrice della volta. Contemporaneamente si disponevano i travetti orizzontali di legno tra le direttrici della volta abbozzata e ad incrocio agli angoli. Tale struttura costituiva così l'intradosso della cassaforma e gli interstizi fra trave e trave venivano riempiti con táiu e pietra; la volta infine veniva regolarizzata da un ulteriore strato di táiu a formare il negativo della volta stessa. Definita la cassaforma si passava subito alla muratura in pietra ed alla finitura della muratura esterna riempiendo l'interstizio tra i muri e la volta con pietrame di risulta (...). Su queste pietre si stendeva un manto di terra che modellava l'estradosso (...). La terra dell'estradosso costituiva una buona base per il successivo impasto ed assolveva all'importante funzione di ammortizzare la battitura, eseguita per diversi giorni con mazzuole di legno, dello strato impermeabile in calce e tufo, impastato generalmente un mese prima dell'utilizzo. Il tutto infine veniva reso più compatto e impermeabile con una o più mani di calce a pennello". (De Giovanni, 1998) [25]

Al dammuso si accosta il "palazzetto" (Fig.10) che riassume le caratteristiche di fattoria ma nello stesso tempo anche di residenza. Esso è costituito da un corpo centrale, in genere a due elevazioni, e ambienti più bassi addossati su uno o più prospetti, destinati all'attività vinicola. La zona residenziale è situata al primo piano e viene ad assumere, in tal modo, la funzione di "piano nobile". Caratteristiche comuni al dammuso sono la muratura "acquintata", l'uso delle volte, la copertura a schiena d'asino per il sistema di raccolta delle acque piovane. Dalle accurate indagini tecnologico-costruttive condotte su questi manufatti, coadiuvate da una notevole documentazione fotografica, si possono evidenziare le seguenti caratteristiche:

-Il corpo del piano terra presenta una muratura di notevole spessore, realizzata mediante la tecnica costruttiva a sacco, con il paramento esterno generalmente inclinato.

-Il primo piano è realizzato invece con una muratura eseguita con conci squadriati e legati con malta di calce. Questo assetto murario consente di ridurre notevolmente gli spessori e di costruire le pareti a piombo.

-Gli orizzontamenti sono delle volte reali che in copertura presentano l'estradosso a schiena d'asino, tipico delle volte dei dammusi.

-I balconi hanno il ballatoio in pietra, sorretto, quasi sempre, da quattro mensole lapidee, a volte monolitiche, a volte formate da due pezzi sovrapposti e aggettanti l'uno rispetto all'altro.

-La scala, in materiale lapideo, è quasi sempre sorretta da una volta reale rampante.

-La presenza di numerosi elementi architettonici (portali, mensole, davanzali, etc.), realizzati in materiale lapideo, danno maggiore decoro all'immobile.

Dalle indagini estese su tutta l'isola, sono stati individuati centonove palazzetti: ventisei, denominati palazzetti rurali, si trovano nelle campagne e possono essere considerati certamente i più antichi; undici sono classificati palazzetti agro-urbani, perché pur avendo le caratteristiche della prima tipologia, con il trascorrere degli anni sono stati inglobati dall'espansione edilizia cittadina; sono stati rintracciati inoltre tredici palazzetti urbani ubicati in alcuni centri minori (contrade Khamma, Tracino e Scauri); cinquantanove sono quelli presenti nel centro urbano di Pantelleria.

I palazzetti rurali sono l'esempio più evidente di come

questa tipologia edilizia si sia lentamente trasformata e strutturata nell'ambito del territorio pantesco. Se si analizzano i palazzetti più antichi costruiti in piena campagna, e quindi lontano dalla sicurezza che infondeva la cinta muraria della città, si nota subito che la loro morfologia sia molto vicina ad una torre costiera di avvistamento; hanno l'aspetto di un manufatto fortificato, furono infatti costruiti in posizione elevata, quasi a controllare il territorio circostante, sono forniti di piccole aperture e sono privi di qualsiasi elemento decorativo e di balconi. Con il trascorrere del tempo anche i palazzetti assumono una conformazione diversa: la forma diventa più aperta, i prospetti si arricchiscono con balconi, mostre, davanzali e si sceglie un sito che offra una visione più gradevole, sia esso una collina o un luogo pianeggiante. Esempio significativo è il palazzetto Ficani in località Kaddiuggia. Edificato verso la metà del sec.XIX, che presenta una pianta pressoché quadrata: ha due elevazioni con pareti inclinate, dove si aprono finestre molto piccole, ad eccezione del prospetto Sud-Ovest privo di qualsiasi apertura. Sotto il profilo costruttivo al piano terra si ha una muratura a sacco di notevole spessore, mentre l'impianto murario del primo piano è realizzato con conci di pietra squadrata, che consentono di ridurre notevolmente la sezione muraria. Gli orizzontamenti, nelle due elevazioni, sono delle volte reali a botte o a botte con teste di padiglione. L'estradosso della volta di copertura si richiama perfettamente ai canoni di quella dei dammusi, con la funzione specifica di convogliare le acque piovane nella cisterna. Dal punto di vista distributivo, gli ambienti posti a pianterreno sono utilizzati per le attività agricole con un magazzino e la cantina, mentre il primo piano, raggiungibile con una scala interna in materiale lapideo voltata a botte, è riservato alla residenza e si compone del modulo minimo del dammuso e cioè camera, alcova e camerino. Nei palazzetti agro-urbani, l'aspetto residenziale si evince soprattutto nei prospetti che non denunciano più una "facies" spartana senza ornamenti ma, al contrario, evidenziano una maggiore ricercatezza, che si esplica nei particolari come mostre, cornici, mensole e cornicioni modanati. Il palazzetto diventa, in tal modo, uno "status symbol" del proprietario. Ne è esempio significativo il palazzetto D'Aietti, sito in località Itria, che costruito nei primi anni del sec.XX, (Fig.10). Non siamo più in presenza di una casa torre, con piccole aperture e priva all'esterno di qualsiasi elemento decorativo, l'edificio D'Aietti ha infatti tutti gli elementi di una villa signorile. Particolarmente interessante è il prospetto Nord-Est, con un ampio terrazzo delimitato da un'artistica balaustra in materiale lapideo, con colonnine intervallate da pilastri con un davanzale modanato. Di ottima fattura sono gli altri elementi decorativi, anch'essi in materiale lapideo, come cornice marcapiano, mostre, cornici, formelle decorative, che arricchiscono i tre fronti più significativi. Una cornice di coronamento in pietra, ne definisce la volumetria. Sotto il profilo costruttivo tutti gli elementi strutturali, muri, orizzontamenti e scale presentano le stesse caratteristiche già descritte per i palazzetti rurali. L'indagine si inoltra nell'analisi delle modificazioni e trasformazioni dipendenti in larga misura dalle nuove destinazioni d'uso legate al turismo e che specie per i palazzetti urbani ne ha reso difficile l'individuazione. Alcuni manufatti nonostante i rimaneggiamenti e gli ampliamenti subiti, conservano ancora le originarie caratteristiche, in particolare si ha traccia degli antichi muri a sacco e delle volte reali. Per il resto si è in presenza di una edilizia di modesta fattura, che ha perduto i riferimenti architettonici tradizionali, divenendo anonima edilizia di tipo elencale, Per quanto riguarda i sistemi energetici degli edifici, nella maggior parte dei dammusi non sono presenti

sistemi per il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti. Secondo il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile del Comune di Pantelleria (2015), il riscaldamento degli ambienti è fornito soprattutto da stufe elettriche. La produzione di acqua calda sanitaria, invece, è fornita quasi unicamente da scaldacqua ad accumulo. Pertanto, l'elettricità è il principale vettore energetico utilizzato. L'elettricità viene prelevata principalmente dalla rete elettrica locale e le fonti di energia rinnovabili non sono attualmente sfruttate.

3.2 Costruzione e ambiente: scenari di retrofitting

Lo studio ha approfondito le prestazioni delle costruzioni tradizionali pantesche in termini energetici e ambientali, attraverso un set di indicatori prestazionali con l'obiettivo di identificare possibili strategie in grado di migliorare sia l'efficienza energetica sia la robustezza e la resilienza a potenziali sollecitazioni future ed orientare così la fase di riqualificazione edilizia (simulazione di possibili soluzioni di retrofit) in funzione di questi obiettivi. In particolare sono state selezionate cinque tipologie, tra dammusi e palazzetti, rappresentative del patrimonio costruito locale, valutando i loro attuali fabbisogni e consumi energetici; sono state analizzate strategie alternative di retrofit energetico, in linea con i vincoli normativi esistenti per la tutela del patrimonio storico e architettonico dell'isola.

Attraverso le simulazioni energetiche, gli scenari di retrofit sono stati confrontati, esplorando la capacità di ridurre l'impatto ambientale dei dammusi e di migliorarne la robustezza e la resilienza. L'analisi dei risultati ha evidenziato come l'implementazione di soluzioni di retrofit possa fornire notevoli riduzioni dei consumi e delle emissioni dei dammusi e, allo stesso tempo, aumentarne i livelli di robustezza e resilienza. I risultati di questi scenari dimostrano che l'implementazione di un insieme di soluzioni di retrofit a scala di edificio può fornire notevoli riduzioni dei consumi e delle emissioni. Le strategie che prevedono un retrofit completo delle tipologie edilizie catalogate e l'integrazione di fonti energetiche rinnovabili, sono state identificate come le più efficaci per la transizione del patrimonio edilizio presente nell'isola verso la decarbonizzazione e l'adattamento.

Si evidenzia infatti come l'implementazione di strategie necessarie per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione degli edifici, previsto dalla Strategia di mitigazione, possa spesso migliorare anche la robustezza e la resilienza degli edifici, come previsto dalla Strategia di adattamento. Lo studio ha identificato le principali tipologie di dammusi di tipo residenziale esistenti, identificati come archetipi valutandone la prestazione energetica per poi estendere i risultati conseguiti all'intero patrimonio edilizio di cui sono rappresentativi. L'approccio per archetipi ha consentito di eseguire le analisi rivolte in particolare a:

- valutazione quantitativa delle prestazioni energetiche e ambientali dei dammusi attraverso il calcolo di indicatori annuali rilevanti (ad esempio, fabbisogno energetico, consumi, emissioni);
- definizione di possibili strategie di retrofit energetico relative all'involucro, ai sistemi energetici e all'integrazione delle fonti rinnovabili;
- stima del miglioramento delle prestazioni energetiche e ambientali dei dammusi attraverso il calcolo di indicatori annuali rilevanti (ad esempio, fabbisogno energetico, consumi, emissioni);
- verifica del miglioramento dei livelli di robustezza e resilienza.

3.3 Strategie per la robustezza e la resilienza dei dammusi panteschi

Le caratteristiche "verdi" degli edifici devono essere sinergiche con quelle "resilienti" e "robuste" (Hewitt et al., 2019). [26] Secondo i diversi studi consultati, le principali caratteristiche che collaborano a restituire

un edificio robusto e resiliente sono:

1. le caratteristiche architettoniche;
2. l'autosufficienza energetica;
3. la verifica delle azioni dei residenti.

In rapporto al primo e al secondo punto possiamo senz'altro affermare che il dammuso è per le sue caratteristiche costruttive e ambientali, un edificio con una forte vocazione alla robustezza e alla resilienza. Per definire meglio le strategie e le caratteristiche in grado di migliorarlo, bisogna valutare sia la fase di retrofit, sia la fase operativa e di gestione.

In particolare, il retrofit del dammuso deve essere fondato sulla robustezza delle prestazioni in termini di consumi energetici e di emissioni (Ascione et al., 2017) [27] e al comportamento degli occupanti (Kotireddy et al., 2018) [28]. Gli interventi sull'involucro possono infatti migliorare la resilienza termica dell'edificio, garantendo un comfort termico accettabile anche in assenza dei servizi dell'edificio, a causa di interruzioni di corrente potenzialmente causate da eventi naturali estremi (Homaei et al., 2021). [29] (Fig.11) Anche riguardo i sistemi impiantistici, la resilienza può essere migliorata con l'installazione o la sostituzione di quelli esistenti (la maggior parte dei dammusi utilizza fonti di calore e/o raffrescamento di tipo elettrico ma obsoleti) con sistemi efficienti e basati sul solare aumentano la solidità delle prestazioni degli edifici in termini di emissioni di gas serra (Walker et al., 2022) [30]; (Galimshina et al., 2020) [31]. Inoltre, anche i sistemi efficienti e basati sull'elettricità possono agevolare la resilienza dell'edificio in caso di condizioni di funzionamento atipiche durante un evento di shock (Hewitt et al., 2019) [32], soprattutto se abbinati a sistemi per lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili o batterie. L'inserimento di sistemi fotovoltaici e batterie di accumulo dell'energia elettrica può infatti dotare l'edificio di soluzioni robuste in termini di emissioni di gas serra, soprattutto nei Paesi in cui l'intensità di carbonio del mix di reti elettriche è significativamente più elevata (Walker et al., 2022) [33], e ottimizzare la resilienza termica degli edifici in caso di interruzione dell'alimentazione, attivando l'autosufficienza energetica dei dammusi che assicura la funzionalità dei sistemi (Homaei et al., 2021) [34]; (Sun et al., 2020) [35]. Per la fase operativa, l'apporto principale è dato dalle azioni e dalle scelte degli occupanti per la gestione del dammuso, a cui si possono fornire alcune indicazioni e suggerimenti qualitativi per sostenerne la solidità e la resilienza.

A tal riguardo, Hasselqvist ha indicato una definizione di resilienza energetica domestica che così asserisce: "In quanto parte integrante della vita quotidiana, la resilienza energetica delle famiglie consiste nell'assicurare una buona vita attraverso l'adeguamento delle attività svolte, del momento in cui vengono svolte e del modo in cui vengono svolte a fronte di interruzioni e carenze di energia previste e inattese, nonché nella preparazione ad adeguamenti futuri delle attività e a cambiamenti più radicali per ridurre la necessità di adeguamenti" (Hasselqvist et al., 2022) [36].

In tal ottica, se da un lato, i dammusi devono ridurre i consumi e le emissioni per mitigare il loro impatto sull'ambiente e sulla società, dall'altro devono presentare caratteristiche in grado di renderli adattivi rispetto a incertezze ed eventi futuri imprevedibili. Facilitare l'integrazione delle energie rinnovabili è la strada da percorrere insieme alla cittadinanza locale che va motivata e supportata con meccanismi di incentivazione. Il nodo da sciogliere rimane la rivisitazione dei vincoli ambientali talora poco congruenti e talora addirittura paradossali o meglio poco aggiornate rispetto alle stesse necessità ambientali. 7

3.4 Sistemi verdi ed energie rinnovabili

Tra i parametri esaminati: i vantaggi multifunzionali quali evapotraspirazione, isolamento termico,

ombreggiamento, caratteristiche di comfort, capacità di blocco del vento ed effetto di raffreddamento evaporativo delle superfici a verde per ridurre la richiesta di raffrescamento degli edifici. (Cuce, 2017) [37]. Susorova et al. [38] sottolineano che la radiazione solare, l'orientamento dell'edificio e la temperatura dell'aria hanno un notevole impatto sul comportamento termico degli edifici rispetto all'umidità relativa dell'aria e alla velocità del vento. Oltre al miglioramento delle prestazioni termiche degli edifici e della qualità dell'aria interna, i sistemi di verde verticale proteggono l'involucro edilizio da effetti ambientali come l'eccessiva luce solare e i forti venti che caratterizzano l'isola. I sistemi verdi possono influenzare la velocità del vento e ridurre in modo significativo la temperatura del muro esterno. Anche se a Pantelleria le temperature sono in genere miti, il forte vento è frequente soprattutto il maestrale che soffia dalla Sardegna, ma anche lo scirocco dall'Africa, che può portare la sabbia del deserto. In estate il vento dall'Africa, può portare a temperature molto elevate, anche di notte: le minime possono infatti rimanere sui 28/30 °C. È stato infatti accertato, in studi di settore, che le superfici verdi assorbono circa il 70% della radiazione solare in entrata e influiscono positivamente anche sul "blocco del vento". La caratteristica di barriera al vento dipende dalla densità e dalla permeabilità della chioma, dall'orientamento della facciata e dalla stessa velocità del vento (Fang, 2014) [39]. Cambiando la direzione e la velocità del vento con la vegetazione verticale, si forma uno strato d'aria stagnante a causa delle foglie e del fogliame della vegetazione (Eumorfopoulou, 2009) [40]. Oltretutto l'evapotraspirazione aumenta con la velocità del vento migliorando il trasferimento di vapore acqueo dalla pianta all'ambiente. Tali sistemi verdi possono così influenzare la velocità del vento e ridurre notevolmente la temperatura del muro esterno (Susorova, 2014) [41], inoltre influiscono anche sulla psicologia umana grazie all'impatto paesaggistico naturale che ne risulta. (Hunter, 2014) [42] (Perez, 2017) [43].

Per l'individuazione delle tipologie di sistemi verdi da adottare per il miglioramento energetico degli edifici, nonché di robustezza e resilienza degli stessi, si è selezionato uno studio condotto in Spagna da Perez (Perez, 2014) [44]. Perez evidenzia la forte riduzione termica apportata dalla facciata verde a doppia pelle. L'intercapedine d'aria consente la regolazione delle condizioni ambientali per l'inverno e l'estate: temperatura e umidità relativa più bassa in inverno e temperatura più bassa e umidità relativa più alta in estate. Questa caratteristica può essere attribuita all'effetto barriera al vento e agli effetti di evapotraspirazione. Lo studio della tipologia di parete verde da realizzare sui prospetti esistenti (parete verde tradizionale, parete verde modulare, parete verde a doppia pelle) è stato applicato su quattro edifici con differente esposizione, evidenziando la necessità di una corretta relazione con i fattori climatici del contesto e una progettazione dedicata sulla configurazione ottimale della posizione delle piante (greenery), invasivo, essenza e tipo di chioma ombreggiante. (Figg.12,13,14,15) L'uso delle pareti verdi va connessa con l'uso di impianti a energia rinnovabile attualmente poco applicabile essendo il territorio pantesco area protetta. Una contraddizione in termini normativi e ambientali essendo l'uso di questi sistemi non solo compatibili ma necessari per la transizione. Dagli studi effettuati si evince l'urgente necessità di identificare la reale capacità installabile di nuovi impianti FER in termini di eolico e di fotovoltaico, sia dal punto di vista normativo che urbanistico. La partecipazione degli abitanti e delle autorità locali ai progetti di energia rinnovabile produrrebbe inoltre un sostanziale valore aggiunto in termini di accettazione e di accesso a ulteriori capitali che si traducono in investimenti locali, maggiore scelta per i consumatori e maggiore partecipazione alla transizione energetica.

In tal ottica la ricerca GR.ITA ha approfondito e confrontato le attuali normative vigenti e le prospettive, in termini di integrazione delle fonti di energia rinnovabile – FER, per le isole Egadi ed Eolie (Agenda per la transizione - Italia) e per le isole Baleari (Agenda per la transizione - Spagna).

3.5 Facilitare l'integrazione delle fonti di energia rinnovabile - FER

a-Comparazione con le isole Egadi e le Eolie (Italia) – Agenda per la transizione
Nel Clean Energy Transition Agenda - CETA, per le isole Egadi, attualmente in fase di sviluppo, il gruppo di lavoro ha elaborato diverse strategie di decarbonizzazione per perseguire l'azzeramento delle emissioni di gas serra entro il 2050. In particolare si rileva che non hanno ancora analizzato gli scenari di decarbonizzazione già prodotti ma hanno già identificato la capacità installabile di nuovi impianti FER in termini di eolico e fotovoltaico. Inoltre, sulla base della valutazione della disponibilità di FER, è stata identificata la capacità installabile per ogni isola dell'arcipelago, suddivisa in impianti su tetto e impianti a terra. La capacità eolica, invece, è stata valutata in base alle normative vigenti in vigore, prevedendo un allentamento del vincolo delle Important Bird Area (IBA). Si dimostra infatti che il potenziale tecnico disponibile degli impianti fotovoltaici su tetto potrebbe garantire una notevole progressione degli obiettivi. A tal fine è necessario impegnarsi per migliorare il quadro normativo, che attualmente pone notevoli limiti sia all'uso del fotovoltaico, ma soprattutto sull'uso dell'energia eolica.

Nello specifico a Favignana il piano di azione sul costruito esistente ad oggi si è limitato alla valutazione del potenziale fotovoltaico e riguarda lo sfruttamento dei tetti e delle superfici idonee. Per quanto riguarda il potenziale dei tetti, il calcolo segue la metodologia esposta da Moscoloni et al. In questo approccio, il potenziale solare sui tetti è il risultato della combinazione dei vincoli normativi e ambientali locali, combinati con la valutazione della risorsa solare e le ipotesi sulle caratteristiche tipiche dei sistemi solari. Per i tre comuni dell'isola di Salina, l'unica delle Eolie selezionate dal Segretariato Clean Energy for EU Islands, sono stati sviluppati e approvati i piani d'azione per l'energia sostenibile (P.A.E.S.). I piani si concentrano sulla riduzione del consumo di combustibili fossili nel trasporto di persone, l'ammodernamento degli edifici residenziali e municipali e l'installazione di pannelli solari e fotovoltaici. Sebbene i piani definiscano obiettivi e budget specifici per le singole azioni, a sei anni dalla pubblicazione degli stessi, sono state realizzate soltanto pochissime delle azioni descritte.

b-Comparazione con le isole Baleari (Spagna)
-Azioni per la transizione energetica
Dalla comparazione con le isole Baleari si evince quanto il territorio della Spagna si presti ad essere il Paese guida per il cambiamento delle politiche ambientali in Europa. In quest'ultimo decennio esso infatti si è spinto oltre i target dell'Unione mostrandoci con il suo "Piano nazionale per l'energia ed il clima" l'urgenza del tema ambientale e, al contempo, le strade percorribili. Il piano proposto risulta capace di coniugare crescita e sviluppo sostenibile, attraverso progetti significativi, soluzioni innovative ad alto impatto tecnologico, volte al miglioramento della vita delle comunità.

A sua volta le isole Baleari hanno proposto un piano di lotta ai cambiamenti climatici incentrato sulla transizione energetica con l'obiettivo di arrivare al cento per cento di rinnovabili e mobilità elettrica entro il 2050 sulle isole di Maiorca, Minorca, Ibiza e Formentera. Il governo regionale sta ormai varando una legge sui cambiamenti climatici diretta a potenziare le energie rinnovabili.

Il piano di transizione energetica si basa sulla chiusura della centrale elettrica a carbone di Alcúdia, situata a

Maiorca e di proprietà di Endesa che fa parte del Gruppo Enel, entro il 2025. In parallelo saranno definiti piani quinquennali attraverso i quali verranno introdotti obiettivi vincolanti in materia di emissioni per le imprese e si lavorerà per arrivare al 100 per cento entro il 2035. Il solare fotovoltaico rappresenta attualmente il due per cento della produzione energetica (80 MW) ed è essenzialmente l'unica fonte rinnovabile installata nelle Baleari. Il governo regionale intende rendere obbligatorie le installazioni fotovoltaiche sui grandi parcheggi entro il 2025, mentre già a partire dal 2020 tutti i nuovi grandi edifici, come ospedali e supermercati, hanno già progressivamente installato impianti solari. Anche l'eolico è visto come una possibilità, soprattutto su Minorca. Il governo regionale intende aumentare le energie rinnovabili al 35 per cento entro il 2030 e al 100 per cento entro il 2050 ma fino ad oggi parte dei progetti di energia eolica e solare sono stati frenati dalle opposizioni locali a causa del loro impatto visivo; anche le Baleari non sono infatti immuni alla cosiddetta sindrome Nimby (Not in my backyard).

Conclusioni e sviluppi futuri

La decarbonizzazione del settore edilizio è oggi tema centrale nelle discussioni di politica economica nazionale e internazionale. Essa è correlata all'efficienza energetica, all'elettrificazione degli usi finali e all'integrazione delle fonti di energia rinnovabili. Al contrario, poca attenzione è dedicata alle caratteristiche di robustezza e resilienza degli edifici, pur essendo questi aspetti assolutamente pertinenti e collegati al perseguimento degli obiettivi sull'efficienza energetica e sulla decarbonizzazione. Approfondendo questi aspetti, ed a partire da una revisione della letteratura sulle principali definizioni e caratteristiche di robustezza e resilienza, lo studio propone un cambio di passo sulle strategie di intervento per la decarbonizzazione e transizione ecologica delle isole siciliane. Se da una parte è infatti indispensabile ridurre l'impatto ambientale degli edifici, aumentandone l'efficienza energetica e introducendo sistemi energetici a zero emissioni; dall'altra, gli edifici devono essere dotati di sistemi utili a fronteggiare gli eventi prevedibili e imprevedibili, aumentandone a tal fine la robustezza e la resilienza. In questa ottica lo studio ha analizzato l'architettura tradizionale pantasca mettendo a sistema le conoscenze per la definizione di criteri di progettazione sostenibile e appropriata relative prioritariamente ai requisiti di robustezza e di resilienza degli edifici (rurali ed urbani) ed in particolare dei dammusi, sperimentando e comparando le possibili strategie di retrofit. Risultati ottenuti ed in itinere

Alla luce di approfondite indagini sul campo, gli studi effettuati nell'ambito della convenzione di ricerca internazionale GR.ITA (UNIPA_UGR) che faranno da supporto alla decarbonizzazione e transizione ecologica, dimostrano l'effettiva potenzialità del patrimonio architettonico isolano.

Indagini:

- Classificazione dei caratteri tipologici e tecnologici dei dammusi. Nello specifico relativamente allo studio sull'edificato rurale (dammusi). Lo studio ha esaminato i caratteri dell'architettura tradizionale pantasca: compattezza, essenzialità dei materiali, funzionalità, questi caratteri si ripetono in tutta l'isola, ma sono utilizzati in modo diverso, in rapporto alle condizioni specifiche del contesto (condizioni orografiche, esposizione ai venti, acclività etc) nelle diversificate aree dell'isola.
- Controllo della sostenibilità del contesto - capacità del sistema costruttivo tradizionale di rispondere con l'utilizzo delle sole risorse locali alle esigenze ambientali;
- Ricognizione della sostenibilità del contesto in termini di compatibilità ambientale all'inserimento di fonti di energia rinnovabile;
- Revisione dei vincoli ambientali nazionali e locali,

considerando tutti gli aspetti dell'impatto delle FER, a breve e a lungo termine, dando maggiore spazio alle ricadute positive delle stesse considerando l'abbondante disponibilità di risorse naturali presenti nel nostro territorio.

Risultati:

- Elaborazione in itinere di un piano appropriato di interventi sull'ambiente costruito in rapporto alle diverse tipologie di fonti rinnovabili differenziate in relazione alle diverse esigenze ambientali dell'edificato rurale e dell'edificato urbano.

- Sperimentazione e verifica in itinere di soluzioni green per l'intervento di riqualificazione energetica dei manufatti rurali (dammusi) ed urbani (uso di pareti verdi per la riqualificazione del costruito esistente nel centro urbano di Pantelleria e nel fronte a mare dell'area portuale).

L'analisi dei risultati delle soluzioni di retrofit elaborate ha messo in evidenza le notevoli riduzioni dei consumi e delle emissioni degli edifici indagati come casi studio e, allo stesso tempo, l'incremento dei livelli di robustezza e di resilienza degli stessi mediante l'utilizzo di sistemi verdi associati all'uso di fonti di energia rinnovabile.

L'architettura dei dammusi di Pantelleria ci testimonia un'identità chiara e un principio di "resilienza" quasi innato per un continuo adattamento alle condizioni mutevoli dell'ambiente, che può trovare maggiore supporto anche da un uso consapevole e adeguato delle FER.

In tal ottica Pantelleria rappresenta dunque un valido banco di prova per la realizzazione di un'energia completamente sostenibile, grazie al suo notevole patrimonio paesaggistico e alla limitata disponibilità di terreno complessivo.

Tuttavia, è importante evidenziare che le tecnologie per lo sfruttamento delle FER hanno impatti ambientali e sociali che devono essere attentamente valutati. La stima del potenziale tecnico dei sistemi fotovoltaici e delle turbine eoliche onshore è infatti un problema comune, nella roadmap della transizione energetica, affrontato da molti autori e da diverse

prospettive, opportunamente vagliate nel corso della ricerca.

In tale quadro lo studio ha contribuito a evidenziare quanto oggi sia più che mai necessario un approccio coordinato e olistico al retrofit degli edifici, tenendo presente anche che essi devono essere in grado di far fronte a diversi rischi causati da eventi ambientali prevedibili e imprevedibili. È stata pertanto effettuata una valutazione qualitativa del miglioramento della robustezza e della resilienza nel confronto tra le soluzioni di retrofit sui dammusi e sull'edificato urbano mediante l'introduzione di soluzioni green appropriate. Un lavoro futuro potrebbe essere sviluppato in termini di valutazione quantitativa della robustezza dei dammusi variando le condizioni climatiche esterne (per simulare l'aumento della temperatura dell'aria esterna dovuto alle conseguenze del cambiamento climatico) nelle simulazioni energetiche, misurando la sensibilità delle loro prestazioni in termini di consumi. Inoltre, la resilienza degli edifici alle interruzioni della fornitura energetica, dovute a eventi naturali estremi, potrebbe essere valutata quantitativamente attraverso le simulazioni energetiche, analizzando la capacità di sistemi rinnovabili in loco e di batterie utili a garantire la continuazione dei servizi minimi di riscaldamento, raffreddamento o acqua calda sanitaria, anche in presenza di blocco, mantenendo dunque le condizioni interne di comfort termico a un livello accettabile. Altra valutazione sulle prospettive di transizione ecologica è stata effettuata in termini di comparazione con le altre isole siciliane (ed in particolare con le Egadi e con Salina, l'unica delle Eolie selezionate dal Segretariato Clean Energy for EU Islands) e con le isole Baleari, avendo queste, e in verità tutto il territorio spagnolo, una coscienza politica ed economica più vigorosa in termini di perseguimento degli obiettivi di transizione ecologica ed energetica.

Lo studio ha messo in evidenza come Pantelleria mostra una progressione delle ricerche sul campo non ancora visibili in altri territori siciliani, mentre in termini di politiche ambientali le isole Baleari risultano molto più evolute, soprattutto in merito alle

strategie per l'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili.

In Italia ciò che permane è l'evidenza della presenza ormai più che ventennale di studi accademici di settore molto avanzati e centrati sul risparmio energetico mediante l'uso di FER, ma non coadiuvati da una corrispondente politica ecologica nazionale, in termini di effettiva risoluzione pratica delle problematiche, ulteriormente rallentate da una normativa farraginosa.

Oggi la politica energetica è più che mai legata alle politiche sociali, e alla definizione dei bisogni reali dei territori e degli abitanti. Bisogna anche prendere coscienza che le politiche ambientali non possono però essere fondate solo sulle proiezioni plasmate dalle stesse corporazioni che oggi controllano il mercato energetico.

Occorre ancora una maggiore revisione dei vincoli ambientali nazionali e locali, considerando tutti gli aspetti dell'impatto delle FER a breve e a lungo termine, dando maggiore spazio alle ricadute positive delle stesse e considerando l'abbondante disponibilità di risorse naturali presenti nel nostro territorio. Bisogna aggiungere una legislazione favorevole ad un piano ecologico ed energetico ambizioso, che l'uso delle diverse tipologie di fonti energetiche rinnovabili potrà fornire.

Lo studio comparativo delle azioni fin qui svolte, per la decarbonizzazione dei territori, ha dimostrato come la Spagna (ed in Europa non è l'unica) è già nella giusta direzione, l'Italia potrebbe accompagnarla a partire dallo sviluppo e messa in opera di politiche adeguate per le isole della Regione Sicilia, la cui condizione ambientale, in linea con il modello di creazione di valore condiviso (CSV), dimostra essere già particolarmente votata ad una possibile progressiva transizione.

Riconoscimenti

La traduzione dal francese e dall'inglese all'italiano dei testi di base a questo studio e dall'italiano all'inglese di questo articolo sono di Sara Manuela Cacioppo, traduttore editoriale.