

I CARATTERI LOCALI DELL'ARCHITETTURA STORICA COME STRUMENTO DI MIGLIORAMENTO ENERGETICO

IMPROVING THE ENERGY PERFORMANCE OF HISTORIC BUILDINGS THROUGH THEIR LOCAL FEATURES

Enrico Genova*

ABSTRACT - Il contributo espone un metodo per definire, su specifici contesti locali, un quadro generale di conoscenze utile a migliorare le prestazioni energetiche e ambientali dell'architettura storica in modo compatibile con le esigenze di conservazione. Tale approccio si fonda sull'analisi dei caratteri ricorrenti del patrimonio storico locale alla scala del componente tecnico, dell'edificio e dell'aggregato urbano. Attraverso un'applicazione al Centro Storico di Palermo, si mostra la validità del metodo proposto nelle analisi a vasta scala, nell'elaborazione di indirizzi normativi e strategie finanziarie, nel valutare l'efficacia e la compatibilità di possibili interventi di miglioramento energetico.

This paper describes a methodology aimed to develop, for specific local contexts, a general framework of knowledge useful to improve the energy and environmental performances of historic buildings, in a way compatible to the conservation of its material and aesthetic features. This approach consists in analysing the recurring characteristics of the local architectural heritage, from the scale of building components to the urban dimension. As highlighted by an application to the historic centre of Palermo, this method is useful for carrying out large-scale energy analyses, for developing regulations and financial strategies, for assessing the effectiveness and compatibility of energy upgrade measures.

KEYWORDS: *Architettura storica; miglioramento energetico; tipologia edilizia.*

Historic architecture; energy improvement; building topology.

Fig.1 - Francesco Zerilli, Veduta della Marina di Palermo, 1836, cm 55,5 x 88,5, Collezione Carige.



I requisiti sempre più stringenti che oggi s'impongono agli edifici sembrano destinati ad ampliare il divario prestazionale tra le costruzioni recenti e quelle storiche. Eppure, per la conservazione di queste ultime la continuità nell'uso è una condizione imprescindibile (Carbonara, 2014). Per evitare i rischi connessi a un adeguamento obbligatorio ai requisiti di legge, nel corso degli ultimi decenni si è accettato anche in sede normativa che le prestazioni del patrimonio architettonico storico piuttosto siano migliorate nei limiti consentiti dalle esigenze della conservazione. Questo criterio, sviluppato dapprima per la sicurezza strutturale e l'accessibilità (Lucchi e Pracchi, 2013), si sta estendendo ora al campo dell'efficienza energetica, pur nel complesso quadro normativo che distingue gli edifici tutelati da quelli non soggetti a vincolo. Ne danno evidenza la recente norma tecnica europea EN 16883:2017 e, in ambito nazionale, le linee guida elaborate dal Ministero dei Beni Culturali (MIBACT, 2015).

Nell'ottica di accrescere le prestazioni energetiche e ambientali del patrimonio storico, diversi studi propongono di adattare a questo criteri e protocolli sviluppati per la progettazione del nuovo e per il recupero dell'edificato recente (Valcovich et al., 2014). Ne sono esempi i sistemi per valutare la sostenibilità degli interventi di recupero (GBC Italia, 2016), le applicazioni del *Life Cycle Assessment* al campo del restauro (Paleari et al., 2014), le proposte di classificazione tipologica (Broström et al., 2014). Sull'opportunità d'impiegare questi strumenti per la pianificazione e la progettazione del miglioramento prestazionale dell'architettura storica si è sviluppato un ampio dibattito scientifico (Biscontin e Driussi, 2014; De Vita, 2009).

Infatti, le semplificazioni che essi introducono contrastano con l'approccio "caso per caso" cui il concetto di miglioramento saldamente si lega.

Stato dell'arte - Seguendo un approccio tipico del restauro architettonico, numerose ricerche affrontano il miglioramento energetico e ambientale del patrimonio storico attraverso l'analisi di casi di studio, spesso monumentali, soggetti a un'accurata diagnosi energetica e talvolta all'applicazione concreta di interventi (significativi a tal proposito sono i progetti europei *3encult* ed *Effesus*). In tal modo si mira a definire esempi progettuali e pratiche di miglioramento trasferibili ad altri edifici (Historic Scotland, 2012). Per il costruito storico, però, questo procedimento è ostacolato sia dalla limitata disponibilità di dati termometrici per l'involucro sia dalle difficoltà connesse alla diagnosi energetica.

Diverse norme tecniche riportano dati termici e igrometrici per materiali (UNI 10351:2015, UNI EN ISO 10456:2008, UNI EN 1745:2012) e componenti tecnici (UNI 10355:1994, UNI/TR 11552:2014) propri delle pratiche costruttive storiche. Tuttavia, queste raccolte hanno carattere generale e raramente si adattano alle specificità del patrimonio locale. Esempio eloquente è quello delle murature, per le quali anche in uno stesso ambito geografico le caratteristiche dei materiali adoperati possono variare sensibilmente e ricchissima è la casistica delle tecniche costruttive impiegate. La letteratura scientifica è concorde nell'indicare che, se fondato sulle raccolte disponibili, il calcolo delle proprietà termiche (in particolare la trasmittanza) mostra discrepanze significative rispetto alle prestazioni effettive delle murature, le quali fortemente incidono sul comportamento



Fig. 2 - Una veduta del Centro Storico di Palermo: in primo piano la Chiesa di Sant' Ignazio all'Olivella, a destra la Cattedrale e il Palazzo Reale.

complessivo dell'involucro edilizio, quindi sulle opportunità e sui limiti di miglioramento (Baker, 2013; Bellotti e Sangalli, 2014).

Le difficoltà di un'accurata diagnosi energetica sono dettate dal carattere spesso fortemente disomogeneo dei componenti tecnici, risultato della complessa evoluzione costruttiva degli edifici, fatta di trasformazioni e consolidamenti susseguiti nel corso di secoli. Inoltre, in molti casi le stesse esigenze di conservazione non consentono di svolgere indagini distruttive necessarie per caratterizzare l'edificio dal punto di vista materico e costruttivo. Emerge dunque la necessità di definire un quadro generale di conoscenze sulle prestazioni energetiche e ambientali del costruito storico, nonché sui vantaggi e sui rischi connessi al loro miglioramento. Tale esigenza riguarda soprattutto l'*architettura elencata*. Diversamente dal patrimonio monumentale, infatti, essa non sempre è soggetta a tutela e quindi a controlli stringenti di compatibilità degli interventi; di conseguenza, è più esposta al rischio di un'applicazione acritica di soluzioni volte a una maggior efficienza energetica, eventualmente a scapito del valore culturale dell'edificio (Ambrogio e Zuppiroli, 2013). Il presente contributo, anche attraverso un'applicazione al Centro Storico (Figg. 1, 2) (Genova et al.,

2017), mira a dimostrare che lo studio dei caratteri ricorrenti dell'architettura storica, se riferito alla sua dimensione locale, costituisce un valido strumento d'indagine per valutare l'efficacia e la compatibilità di misure di miglioramento energetico. Le specificità locali, infatti, influenzano le prestazioni energetiche e ambientali del costruito storico e le possibilità di accrescerle.

Metodologia - Per definire un quadro di conoscenze sulle prestazioni energetiche e ambientali dell'architettura storica è necessario che i suoi caratteri locali siano indagati attraverso un approccio multiscala, che dagli elementi tecnici spazi alla costruzione nel suo complesso, fino al contesto urbano. A queste scale, infatti, attengono i parametri che determinano il fabbisogno energetico di un edificio per il riscaldamento e il raffrescamento. Essi includono le caratteristiche materiche, costruttive e dimensionali dei componenti d'involucro, la distribuzione degli spazi interni, l'organizzazione delle unità immobiliari, la morfologia dell'edificio, la sua interazioni con l'ambiente circostante. La metodologia adottata in questo contributo, partendo da quella proposta da Broström et al. (2014), la sviluppa integrandola con l'approccio proprio dei manuali del recupero (Giovannetti,

1997). In particolare, per mezzo di tipologie edilizie si sintetizzano le caratteristiche dimensionali, distributive e aggregative dell'architettura storica locale e i limiti dettati dalle esigenze di conservazione e dalle norme di tutela. Così è possibile individuare un numero contenuto di edifici rappresentativi, attraverso i quali elaborare linee d'indirizzo per il miglioramento energetico del patrimonio architettonico analizzato, sulla base di simulazioni termiche e igrometriche in regime dinamico. A tal fine è necessario costruire un repertorio di dati termici e igrometrici sui materiali e sulle tecniche costruttive ricorrenti nella tradizione locale. Pertanto, l'analisi tipologica e lo studio degli edifici rappresentativi devono accompagnarsi a campagne sistematiche di misura in opera e in laboratorio, volte a caratterizzare le prestazioni termiche e igrometriche dei componenti d'involucro per i materiali e le soluzioni costruttive più diffusi nella tradizione architettonica locale.

Le diverse scale d'indagine proposte sono funzionali alle esigenze di pianificare e progettare il miglioramento energetico del patrimonio storico. Infatti, esaminando le prestazioni attuali e potenziali degli edifici rappresentativi è possibile valutare l'efficienza energetica dell'intero comparto edilizio analizzato, con precisione sufficiente a

definire strumenti normativi e urbanistici, strategie finanziarie e linee d'indirizzo per gli interventi di miglioramento. Al contempo, attraverso un'accurata diagnosi energetica e il confronto fra misure alternative d'intervento, le costruzioni rappresentative possono fungere da modelli progettuali, secondo l'accezione che a questi è attribuita dai manuali del recupero. Infine, una raccolta di dati termici e igrometrici per i materiali e i componenti tecnici della tradizione locale contribuisce all'attendibilità delle indagini a vasta scala e costituisce un valido strumento per verificare e integrare l'analisi energetica di singole costruzioni.

Applicazione al patrimonio storico di Palermo - Una ricca letteratura (Giovanetti, 1997) descrive i materiali e le tecniche costruttive dell'architettura storica palermitana. Tuttavia, soprattutto per quanto concerne l'involucro, sono pochi i dati disponibili sulle prestazioni energetiche e ambientali così come le applicazioni documentate di interventi di miglioramento. L'analisi dei caratteri ricorrenti dell'architettura storica palermitana (Fig. 3) consente di definire pratiche di miglioramento prestazionale compatibili con la conservazione del patrimonio indagato ed efficaci rispetto a un fabbisogno significativo di energia per il raffrescamento. Inoltre, poiché gli interventi edilizi sull'architettura storica della città sono già regolati secondo un approccio tipologico, il metodo descritto permette d'indagare le possibilità d'integrazione fra l'esigenza del miglioramento energetico e le modalità d'intervento consentite dalla normativa vigente.

Le attività edilizie sul centro storico di Palermo sono regolate da un Piano Particolareggiato Esecutivo (1993), che, con un approccio poi esteso all'intero territorio comunale, descrive il patrimonio architettonico per mezzo di tipologie edilizie. A ciascuna sono associate specifiche modalità d'intervento, per le quali, nell'ottica del miglioramento energetico, assumono particolare rilievo la consistenza degli elementi tipologici da conservare e la distinzione tra restauro e ristrutturazione edilizia. Per le architetture residenziali, inoltre, la descrizione tipologica del piano tiene conto delle caratteristiche dimensionali, distributive e aggregative degli edifici, le quali ne influenzano il fabbisogno energetico e la qualità ambientale interna. Per legare le tipologie del P.P.E. alle prestazioni energetiche e ambientali delle costruzioni, al "mandamento Castellammare", porzione del Centro Storico di Palermo, si è applicato (Genova et al., 2015) il metodo di categorizzazione proposto dal progetto europeo *Effesus* (Broström et al., 2013). Questo sintetizza le caratteristiche dimensionali e aggregative degli edifici e le restrizioni di tutela, seguendo una struttura concettuale adattabile alle specificità del Centro Storico indagato e ai dati per esso disponibili.

Nel caso di Palermo, la descrizione per categorie edilizie si basa su tre parametri: il volume, che esprime le dimensioni geometriche della costruzione; la frazione libera del perimetro di base, che sintetizza le caratteristiche morfologiche e aggregative; la tipologia assegnata dal P.P.E., che rende conto delle restrizioni che le esigenze di conservazione impongono al miglioramento energetico. Per i due parametri quantitativi, attraverso un'analisi statistica del comparto edilizio si

sono individuati dei valori di soglia che distinguono le categorie edilizie. Per i vincoli di conservazione, invece, le tipologie del P.P.E. sono state raccolte in tre "livelli di tutela", che si fondano principalmente sulla distinzione tra le tipologie che ammettono la ristrutturazione e quelle che prescrivono il restauro. Risultato dell'analisi è un sistema di dodici categorie edilizie, che mettono in relazione le tipologie del piano urbanistico e le relative prescrizioni normative con i caratteri edilizi che influenzano l'efficacia e la compatibilità degli interventi di miglioramento energetico e ambientale (Fig. 4). In relazione al campione analizzato, per ogni categoria si sono calcolati i valori medi del volume, dell'area di sedime e della frazione libera del perimetro di base (Tab. 1), impiegandoli poi per identificare costruzioni rappresentative di ciascun gruppo.

Nelle categorie edilizie che comprendono l'architettura monumentale, gli intervalli di variazione di queste caratteristiche evidenziano come le specificità dell'edificio prevalgano sui caratteri ricorrenti della categoria. In questo caso, nel quale l'approccio seguito si accosta all'approfondimento di casi di studio, può essere opportuno esaminare più costruzioni esemplari, anche per tener conto delle molteplici funzioni cui gli edifici monumentali sono adibiti. L'architettura minore, invece, si mostra più idonea a una descrizione per categorie e lo studio dettagliato delle costruzioni rappresentative permette di elaborare scelte progettuali più facilmente adattabili alle caratteristiche dei singoli edifici. Come evidenziato, la diagnosi energetica degli edifici rappresentativi può essere sfruttata per stimare le prestazioni energetiche del comparto edilizio indagato, se si tiene conto della composizione e della consistenza delle rispettive categorie. L'attendibilità del risultato è legata anche alla corretta individuazione delle caratteristiche termiche e igrometriche dell'involucro. A riprova della necessità di raccolte di dati specifiche per il contesto locale, misurazioni di conduttanza e conducibilità termica svolte sulle murature storiche palermitane e sui materiali che le costituiscono hanno evidenziato discrepanze anche significative fra i valori misurati e quelli desumibili dalle norme tecniche esistenti (Genova et al., 2017).

Conclusioni - La conservazione del valore culturale dell'architettura storica richiede l'analisi approfondita delle peculiarità del singolo edificio anche nel campo dell'efficienza energetica e del miglioramento della qualità ambientale interna. Il riferimento ai caratteri ricorrenti del patrimonio storico locale, in apparenza contraddittorio rispetto a questa necessità, al contrario è utile per delineare un quadro generale di conoscenze sulle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici storici e sull'efficacia e la compatibilità degli interventi di miglioramento. La metodologia descritta in questo contributo, spaziando dalla scala urbana a quella del componente tecnico, consente sia di elaborare linee d'indirizzo sia d'individuare buone pratiche d'intervento, specifiche per un determinato contesto locale. A tal fine è centrale l'analisi di edifici che possano considerarsi rappresentativi del patrimonio indagato. Essi sono impiegabili per stimare le prestazioni dell'intero comparto edili-

zio, attraverso le generalizzazioni proprie degli approcci tipologici. Al contempo, mitigano queste semplificazioni poiché consentono d'indagare aspetti più strettamente legati alle specificità della singola costruzione: le possibilità di ventilazione naturale connesse al numero di affacci, alla morfologia dei vani scala e alla presenza di cortili; le problematiche relative all'utilizzo degli spazi sotto tetto; l'influenza del numero di unità immobiliari sulla praticabilità degli interventi di miglioramento energetico; nell'architettura monumentale, la commistione fra spazi a fruizione continua e intermittente.

In quest'ottica l'applicazione al Centro Storico di Palermo, in particolare la descrizione mediante categorie edilizie, collega direttamente la questione dell'efficienza energetica alla normativa urbanistica vigente e alle modalità d'intervento che questa ammette per gli edifici storici della città. Il caso di studio analizzato costituisce dunque un riferimento interessante per il contesto siciliano, soprattutto alla luce della nuova legislazione regionale sul recupero dei centri storici. Infatti le categorie proposte per il patrimonio palermitano, insieme all'approfondimento di costruzioni rappresentative, sono utili per valutare a scala urbana i miglioramenti conseguibili con diverse modalità d'intervento ma anche per esaminare le possibilità d'integrazione fra l'istanza dell'efficienza energetica e le pratiche consolidate di restauro e conservazione dell'architettura storica. In conclusione, la metodologia esposta consente di elaborare criteri e modelli progettuali che, sulla base dei caratteri edilizi ricorrenti in ambito locale, guidino la scelta degli interventi verso soluzioni compatibili con le caratteristiche formali e materiali proprie di ciascun edificio.

ENGLISH

Continuity in the use is essential for preserving the

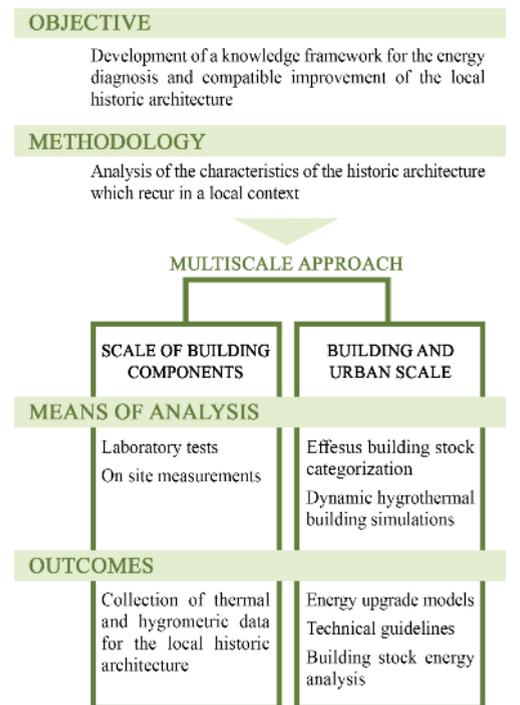
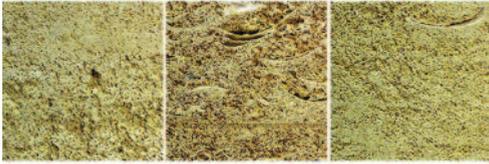


Fig. 3 - Metodologia proposta all'architettura storica di Palermo.

SCALE OF BUILDING COMPONENTS

Thermal and hygrometric performances of historic stone walls



Stones: hygrothermal characterization of calcarenites



Walls: on site measurements of thermal conductance



BUILDING AND URBAN SCALE

Building categorization of part of the historic centre of Palermo



Dynamic thermal simulations of representative buildings



Therefore, it is necessary to develop a general framework of knowledge concerning the energy and environmental performances of historic constructions but also benefits and risks of their improvement. This is particularly important for vernacular, not listed, architecture. It is more exposed than monumental buildings to the risks of energy upgrade measures which are not respectful of its material and aesthetic features (Ambrogio and Zuppiroli, 2013).

Through an application to the historic centre of Palermo (Fig. 1, 2), this paper aims to demonstrate that studying the recurring features of local historic architecture is useful for investigating the effectiveness and compatibility of energy efficiency measures (Genova et al., 2017). Indeed, the peculiarities of the local context strictly influence the energy performance of the architectural heritage and the possibilities of its improvement.

Methodology - In order to develop a framework of knowledge about improving the energy performance of historic buildings, the investigation of their local characteristics requires a multiscale approach, ranging from the urban context to the envelope components. In this way it is possible to consider the numerous parameters which determine the building energy demand for heating and cooling. Inter alia they include the envelope geometry, materials and construction features, the distribution of inner spaces, the organization of housing units, the building morphology, the interactions with the surrounding environment.

Referring to the approach proposed by Broström et al. (2014), the methodology followed in this paper uses building categories to summarise the geometrical, distribution and aggregation features of the local historic architecture and the constraints set by conservation needs and protection laws. Consequently, a limited number of representative buildings can be identified. Through dynamic thermal and hygrometric simulations, representative constructions support the development of technical guidelines for the compatible energy improvement of the architectural heritage. However, examining exemplary buildings requires reliable thermal and hygrometric data for the materials and construction techniques recurring in the local context. Therefore, the typology analysis and the detailed study of representative buildings have to combine with a systematic characterization of envelope materials and components, by means of both in situ and laboratory tests. The multiscale character of this methodology is useful for both planning and designing the energy improvement of the architectural heritage. By examining the current and potential performances of representative constructions, the energy efficiency of the historic building stock can be assessed, to provide input to regulations, urban plans and economic strategies. At the same time, the exemplary buildings can be intended as design models, by means of detailed energy diagnosis and the comparison of alternative upgrade measures. Finally, a collection of hygrothermal data for local historical materials and components contributes to the reliability of large-scale energy analyses and supports the diagnosis of single constructions.

Application to the architectural heritage of

Fig. 4 - Applicazione della metodologia proposta all'architettura storica di Palermo.

architectural heritage (Carbonara, 2014), but the current restrictive requirements for the building sector appear to consolidate the gap of energy performance between recent and historic buildings. For the purpose of limiting the risks related to compulsory compliance with normative requirements, legislation accepts that historic buildings should be improved respecting the needs of conservation. This approach, first developed for structural reinforcement and accessibility (Lucchi and Pracchi, 2013), is being extended to the field of energy efficiency. This is evident in the guidelines developed by the Italian Ministry of Cultural Heritage (MIBACT, 2015) and in the recent standard EN 16883:2017.

In order to improve the energy and environmental performances of historic buildings, several studies propose adapting criteria and protocols developed for new buildings and for the refurbishment of recent constructions (Valcovich et al., 2014). The rating systems of building sustainability (GBC Italia, 2016), the use of Life Cycle Assessment in the field of architectural restoration (Paleari et al., 2014), the proposals for typology approaches (Broström et al., 2014) are significant examples. A wide-ranging scientific debate has arisen over the suitability of these tools for planning and designing compatible energy and environmental enhancements of the historic architecture (Biscontin and Driussi, 2014; De Vita, 2009). Indeed, the simplifications they imply may contrast with the case by case approach, which the concept of improvement is strictly related to.

Background - Following a criterion typical of the architectural restoration, numerous research projects focus on the energy and environmental

improvement of historic buildings by analysing case studies, generally monumental constructions, where detailed energy diagnosis and occasionally upgrade measures are carried out. The purpose is to facilitate approaches transferable to other projects (Historic Scotland, 2012). However, this procedure is impeded both by the limited availability of hygrothermal data for the historic building envelope and by the difficulties to analyse in detail the energy performance of historic constructions.

Several technical standards report thermal and hygrometric data for materials (UNI 10351:2015, UNI EN ISO 10456:2008, UNI EN 1745:2012) and components (UNI 10355:1994, UNI/TR 11552:2014) used in traditional buildings. Nonetheless, these collections are general and rarely suitable for the peculiarities of local architectural heritage. From this point of view, masonry is a meaningful example, since the materials and techniques used for its construction may vary greatly even in the same geographic context. Indeed, scientific literature gives evidence that calculating the thermal properties of traditional solid walls (especially thermal transmittance) from existing data collections results in significant discrepancies with the actual performances of the historic building envelope (Baker, 2013; Bellotti and Sangalli, 2014). Hence, the influence on the assessment of opportunities and limits to the energy improvement is relevant. The difficulties of an accurate energy diagnosis are related firstly to the lack of homogeneity, which affects historic building components even in the same construction, owing to changes and reinforcements occurred over the centuries. Furthermore, in several cases the needs of conservation do not permit carrying out destructive tests, which may be crucial to reliably assessing the building thermal properties.

Palermo - Materials and construction techniques typical of the historic buildings of Palermo are the subject of a rich scientific literature (Giovanetti, 1997). Nevertheless, not many data are available for the energy performance of this architectural heritage. Similarly, few improvement measures are documented, especially for what concerns the building envelope. By analysing the local recurring characteristics which influence the energy performance of historic constructions (Fig. 3), it is possible both to identify energy improvement practices compatible with the principles of conservation and to assess their effectiveness in a climate where the energy demand for cooling is significant. Furthermore, a typology approach is currently used to regulate building activities on the architectural heritage of Palermo. Therefore, through the methodology here discussed, the possibilities of combining the needs for energy efficiency with the interventions currently permitted can be examined.

The maintenance and development of the historic centre of Palermo are governed by an urban plan (Piano Particolareggiato Esecutivo del centro storico, 1993), which categorises this architectural heritage by means of typologies. Then extended to the entire urban territory, this description associates specific ways of intervention to each typology. Also with regard to energy efficiency, the most relevant differences concern the typology elements to be preserved and the distinction between typologies allowing renovation or requiring restoration. Moreover, the connection to the dimensional, distribution and aggregation features of buildings is noticeable in the P.P.E. typologies which include residential

constructions. For the purpose of relating the P.P.E. typologies to the building energy performances, a representative part of the historic centre of Palermo (“mandamento Castellammare”) has been analysed (Genova et al., 2015). The categorization method that the European project Effesus specifically developed for historic building stocks (Broström et al., 2013) has been followed. It combines building dimensions, aggregation features and conservation restraints through a methodological structure which can be adapted to both the peculiarities of the historic district and the available data.

In the case study of Palermo three parameters have been chosen: the building volume, as expression of the building size; the ratio of free ground perimeter, which summarises morphology and aggregation features; the P.P.E. typology, as description of conservation restraints to the improvement of energy performance. Through a statistical analysis of the building stock, thresholds have been determined for the two quantitative parameters. Conversely, with regard to conservation restraints (third parameter), the P.P.E. typologies have been sorted into three “levels of protection”. They are based on both the distinction between renovation and restoration and the building features protected for each typology. The categorization has resulted in twelve building categories, which connect the P.P.E. typologies to building features influencing the effectiveness and compatibility of energy upgrade measures (Fig. 4). Based on the features of the analysed stock, average values of building volume, ground floor area and ratio of free ground perimeter have been calculated for each category (Tab. 1). They are used

for identifying representative constructions. In the building categories including monumental constructions, the ranges of these parameters highlight that the peculiarities of each building overcome the recurring features of the corresponding category. In this case the approach followed is closer to the in depth analysis of case studies. Consequently, studying more than one building may be convenient, also for the purpose of examining the different functions monumental architecture may host. Conversely, vernacular buildings are more suitable for categorization and therefore, the detailed examination of representative constructions is useful for developing upgrade models more adaptable to the features of single buildings.

The energy diagnosis of representative constructions can be used to estimate the energy performances of the analysed building stock. The reliability of the results strictly depends on the thermal and hygrometric characteristics estimated for the envelope. As proof of the need of data collections specific to the local context, measurements of thermal conductance and conductivity carried out on historic stonewalls in Palermo and on their materials have shown relevant discrepancies with information based on the existing collections (Genova et al., 2017).

Conclusions - Preserving the cultural value of historic buildings requires detailed analysis of the peculiarities of each construction. This is essential also for the purpose of improving the energy efficiency and the indoor environmental quality of historic buildings. Studying the recurring features of the local historic architecture may appear contradictory to this assumption. Conversely, this approach is useful to develop a general framework of knowledge about the energy and environmental performances of historic buildings and about the effectiveness and compatibility of upgrade measures. By moving from the urban scale to the envelope components, the methodology described in this paper allows both developing guidelines and identifying best practices specific to local contexts. For this purpose, the detailed analysis of representative constructions is essential. On the one hand, they can be used to estimate the energy performance of a historic building stock, through the simplifications which characterize the typology approaches. On the other hand, the analysis of representative buildings mitigates these simplifications, since aspects strictly related to the features of single buildings can be examined. These aspects include the possibilities of natural ventilation (related to the number of free façades and to the morphology of stairwells and courtyards), the problems related to the refurbishment of attics, the influence the number of housing units has on the feasibility of energy upgrade measures, the mix of temporary and continuous use of the inner space in monumental buildings.

The application to the architectural heritage of Palermo, notably its building categorization, relates the issue of energy efficiency to the current urban regulation and to the interventions it admits for historic constructions. Therefore, this case study is interesting for the Sicilian context, especially in light of the new regional legislation concerning the restoration of historic centres. Indeed, the application to Palermo suggests that the building categoriza-

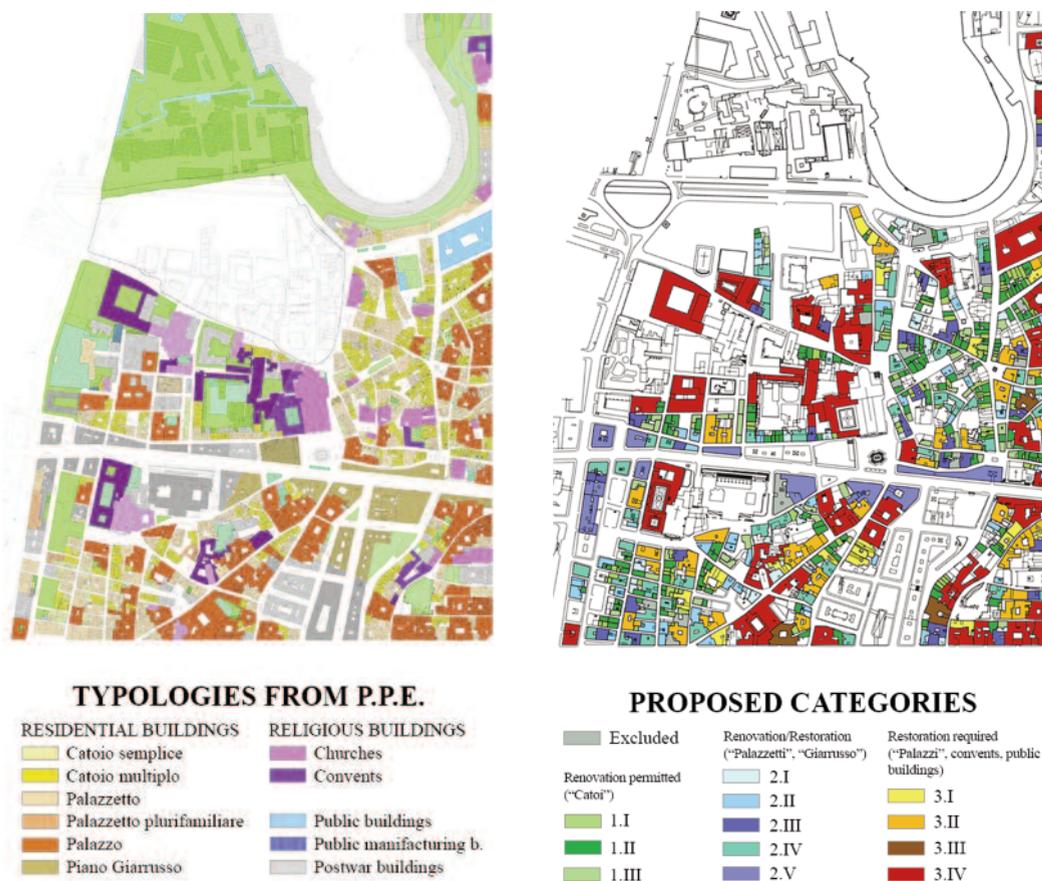


Fig. 5 - Il Mandamento Castellammare del Centro Storico di Palermo: confronto tra le tipologie edilizie del P.P.E. e le categorie proposte.

Category	Thresholds			Incidence			Average values		
	Level of protection	Building volume [m ³]	Free perimeter [%]	Number of buildings [%]	Building volume [%]	Ground floor area [m ²]	Building volume [m ³]	Free perimeter [%]	
1.I	Level 1	≤ 3,500	≤ 33	96	17.3	3.9	64	970	24.6
1.II	Renovation	≤ 3,500	33 ÷ 60	147	26.5	9.1	101	1,488	46.4
1.III		≤ 3,500	≥ 60	46	8.3	3.3	120	1,710	71.5
2.I		≤ 3,500	33 ÷ 60	35	6.3	3.0	135	2,055	47.6
2.II	Level 2	≤ 3,500	≥ 60	41	7.4	4.2	167	2,468	70.7
2.III	Renovation	3,500 ÷ 10,000	33 ÷ 60	29	5.2	5.8	265	4,756	50.8
2.IV	Restoration	3,500 ÷ 10,000	≥ 60	43	7.8	9.4	297	5,242	75.4
2.V		≥ 10,000	≥ 60	10	1.8	7.3	834	17,571	85.9
3.I		3,500 ÷ 10,000	33 ÷ 60	17	3.1	3.9	337	5,520	51.6
3.II	Level 3	3,500 ÷ 10,000	≥ 60	36	6.5	10.5	425	6,967	74.2
3.III	Restoration	≥ 10,000	33 ÷ 60	3	0.5	1.6	762	12,911	54.5
3.IV		≥ 10,000	≥ 60	36	6.5	34.6	1,284	23,027	82.0

Tab. 1 - Descrizione per categorie edilizie del mandamento Castellammare nel Centro Storico di Palermo (Genova et al., 2015).

tion and the detailed analysis of representative buildings support the urban scale assessment of different upgrade measures and the related energy enhancement. At the same time, the categorization is useful for examining the integration of energy efficiency with the current practices of restoration and conservation. In conclusion, by referring to the building features recurring in local contexts, the methodology discussed in this paper is useful for identifying energy improvement measures compatible with the aesthetic and material characteristics of historic buildings.

REFERENCES

- 1) CARBONARA, G. (2014), "Energy Efficiency as a protection tool - Efficienza energetica come strumento di tutela", in *Proceedings of the Conference on Historical and existing buildings: designing the retrofit: An overview from energy performances to indoor air quality*, Roma, February 26-28, 2014.
- 2) LUCCHI, E. and PRACCHI, V. (ed.) (2013), *Efficienza energetica e patrimonio costruito: La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- 3) MIBACT (2015), *Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale*.
- 4) VALCOVICH, E., BERTO, R. and STIVAL, C.A. (2014), "Edifici di valore storico-architettonico: strumenti operativi di supporto alla progettazione d'interventi di recupero", *Il Progetto Sostenibile*, Vol. 34-35, pp. 30-39.
- 5) GBC Italia (2016), "GBC Historic Building: Sistema di verifica GBC Historic Building: Versione breve ad uso pubblico e divulgativo: Per il restauro e la riqualificazione degli edifici storici", available at: <http://www.gbcaitalia.org/risorse/169locale=it> (accessed 20 March 2017).
- 6) PALEARI, M., LAVAGNA, M., CAMPIOLI, A. and DE ANGELIS, E. (2014), "Valutazione LCA degli interventi

- per la conservazione e manutenzione delle superfici di facciata", in *Atti VIII Convegno della Rete Italiana LCA: I nuovi orizzonti dell'LCA: verso un approccio sistemico e integrato alla progettazione di prodotti, processi e servizi*, Firenze, June 19-20, 2014, ENEA, pp. 101-108.
- 7) BROSTRÖM, T., ERIKSSON, P., LIU, L., ROHDIN, P., STAHL, F. and MOSHFEGH, B. (2014), "A method to assess the potential for and consequences of energy retrofits in Swedish historic buildings", *The historic environment: policy & practice*, Vol. 5, pp. 150-166.
- 8) BISCONTIN, G. and DRIUSSI, G. (ed.) (2014), *Scienza e Beni culturali XXX 2014*, "Quale sostenibilità per il restauro?" Atti del convegno di studi, Bressanone (Bolzano), July 1-4, 2014, Edizioni Arcadia Ricerche, Venezia.
- 9) DE VITA, M. (ed.) (2009), *Città storica e sostenibilità - Historic cities and sustainability: Atti del Convegno*, Firenze, March 17, 2009, Edizioni Regione Toscana, Firenze.
- 10) Historic Scotland (2012), "Refurbishment Case Study 1: Five Tenement Flats, Edinburgh: Wall & window upgrades", available at: <http://www.historic-scotland.gov.uk/refurb-case-study-1.pdf> (accessed 10 January 2016).
- 11) AMBROGIO, K. and ZUPPIROLI, M. (2013), *Energia e restauro: Il miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale tra istanze conservative e prestazionali*, Franco Angeli, Milano.
- 12) GENOVA, E., FATTA, G. and VINCI, C. (2017), "The recurrent characteristics of historic buildings as a support to improve their energy performances: the case study of Palermo", *Energy Procedia*, Vol. 111, pp. 452-461.
- 13) BROSTRÖM, T., BERNARDI, A., EGUSQUIZA, A., FRICK, J. and KAHN, M. (2013), "A method for categorization of European historic districts and a multi-scale data model for the assessment of energy interventions", in *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation EWCHP*, Bolzano, September 16-18, 2013, Felix Verlag editrice, Milano, pp. 153-158.
- 14) GENOVA, E., FATTA, G. and BROSTRÖM, T. (2015), "Categorization of the historic architecture in Palermo for the purpose of energy assessment", in *Proceedings of the International Conference CISBAT*

2015: *Future Buildings and Districts Sustainability from Nano to Urban Scale*, Lausanne, September 9-11, 2015, EPFL, Lausanne, pp. 499-504.

*ENRICO GENOVA (1988), *ingegnere edile-architetto, è Dottore di ricerca in Architettura. Le sue attività di ricerca, svolte presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Palermo, riguardano principalmente le tecniche costruttive, il recupero e il miglioramento prestazionale dell'architettura storica. Alcuni suoi lavori sono pubblicati in atti di convegno, volumi e riviste. Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Architettura (DARCH), Palermo. +39 340/79.40.974., Mail:enrico.genova@unipa.it.*