

ARTICLE INFO

Received 05 May 2024
 Revised 12 May 2024
 Accepted 20 May 2024
 Published 30 June 2024

PATRIMONIO CULTURALE E TRANSIZIONE ENERGETICA

Una lezione dal passato

CULTURAL HERITAGE AND ENERGY TRANSITION

A lesson from the past

Xavier Casanovas, José A. Alonso Campanero, Tiziana Campisi

ABSTRACT

Nel complesso panorama della transizione energetica, il Patrimonio Culturale emerge come un pilastro fondamentale della 'innovability', suggerendo una lezione dal passato. Storicamente la cultura tecnica ha saputo adattare la sapienza costruttiva alle risorse energetiche disponibili, dimostrando sorprendente resilienza e innata propensione all'innovazione. L'adeguamento energetico associato alla conservazione di questo Patrimonio deve preservare l'identità mediterranea che in questo saggio si intende trattare; le tecnologie tradizionali si rivelano ancora attuali e quelle energetiche moderne vanno integrate ad esse armoniosamente. Questa simbiosi tra passato e presente riveste un'importanza cruciale dal punto di vista pratico e simbolico: riconnettersi con le nostre radici culturali nel dirigersi verso un futuro più sostenibile, assicura un percorso indolore verso l'efficienza energetica.

In the complex landscape of energy transition, Cultural Heritage emerges as a fundamental pillar of 'innovability', suggesting a lesson from the past. Historically, technical culture has been able to adapt building wisdom to available energy resources, demonstrating surprising resilience and an innate propensity for innovation. The energy adaptation associated with conserving this heritage must preserve the Mediterranean identity this essay aims to address; traditional technologies are still relevant today, while modern energy technologies require harmonious integration. This symbiosis between past and present is of crucial practical and symbolic importance: reconnecting with our cultural roots in moving towards a more sustainable future ensures a painless path to energy efficiency.

KEYWORDS

patrimonio culturale, recupero tecniche costruttive energetiche tradizionali, valorizzazione, innovazione tecnologica compatibile

cultural heritage, recovery of traditional energy construction techniques, valorisation, compatible technological innovation

Xavier Casanovas, Technical Architect and Construction Engineer, is an International Expert in Urban Regeneration, Heritage Restoration and Sustainable Rehabilitation. Former Director of the Technical Service of Architectural Rehabilitation in Barcelona, he is President of the RehabiMed Association (Spain), Lecturer in Spanish and International Universities and Coordinator of international projects on Cultural Heritage Protection. E-mail: xavier.casanovas.b@gmail.com

José A. Alonso Campanero, Technical Architect and Construction Engineer, is the Director of Proskene Slp (Spain), a consulting company for the Conservation and Restoration of Architectural Heritage. He has directed interventions and projects in more than 70 listed buildings, archaeological sites, Cultural Heritage and monuments for public and private clients. E-mail: jose.alonso@proskene.com

Tiziana Campisi, Associate Professor of Architectural Engineering at the Department of Architecture of the University of Palermo (Italy), researches traditional building techniques, building and technological recovery projects, compatible and sustainable building techniques, structural safety and accessibility of use. E-mail: tiziana.campisi@unipa.it



La sostenibilità è oggi tema fondamentale nel dibattito sulla conservazione e gestione del Patrimonio, accolta come una sfida imprescindibile nell'ambito della conservazione e valorizzazione del costruito con valenza storico-culturale. Originariamente enunciato e promosso nel Rapporto Brundtland (WECD, 1987) sul finire degli anni Ottanta del XX secolo, il tema della sostenibilità è stato successivamente integrato nel contesto dei Beni Culturali attraverso la Conferenza intergovernativa dell'UNESCO (1998) sulle politiche culturali per lo sviluppo tenutasi a Stoccolma nel 1998, tema inizialmente incentrato su tre pilastri (economico, sociale e ambientale) declinato poi anche nella sfera culturale su un quarto pilastro.

Nel corso degli anni sono emerse diverse interpretazioni circa la consistenza dell'impegno necessario per raggiungere livelli di alta qualità e sostenibilità del Patrimonio Culturale (Blanc, 2020; Carbonara, 2021); tra queste: il rapporto tra conservazione e fruizione, attraverso processi integrati e dinamici; l'adozione di soluzioni preventive per garantire la longevità del patrimonio edilizio tradizionale e di pregio; nuove forme di governance, con attenzione alla dimensione identitaria locale e la partecipazione dei cittadini nelle decisioni sul futuro del Patrimonio; il riconoscimento del contributo economico del Patrimonio nei confronti della società e del contesto; il valore della dimensione sociale e la continua reinterpretazione dei siti; infine, l'attenzione ad altri aspetti cruciali per il futuro del Patrimonio Culturale.¹

Se da un lato si avverte la necessità di mettere in campo azioni di messa in valore, di fruizione e di comunicazione, necessarie a riattivare il Patrimonio Culturale risolvendo la tradizionale dicotomia fra le principali istanze 'conservativa' e 'fruitiva' (Ruggieri and Sposito, 2012; Sposito and Scalis, 2018), dall'altro, rispetto alle nuove sfide della contemporaneità, occorre riflettere sul ruolo che il Patrimonio ricopre nella questione ambientale, con particolare riferimento all'emergenza climatica (Fig. 1; Franco and Mauri, 2024).

È sempre più frequente, infatti, leggere notizie che riportano eventi meteorologici estremi con conseguenze irreversibili per il Patrimonio Culturale: solo l'anno scorso incendi devastanti hanno colpito migliaia di ettari di foreste in Spagna, Italia e Grecia, mentre inondazioni in Libia hanno cancellato interi villaggi; inoltre se le temperature continueranno ad aumentare al ritmo attuale, lo scioglimento delle calotte polari causerà un irreparabile innalzamento del livello del mare. Nel 2018 la rivista *Nature Communication* ha pubblicato uno studio (Reimann et alii, 2018) sui rischi dell'erosione costiera e delle inondazioni per siti riconosciuti come Patrimonio dell'Umanità lungo le coste del Mediterraneo: le conclusioni erano e sono ancora desolanti, prevedendo parziali o totali sommersioni di città come Venezia e siti archeologici come Leptis Magna in Libia.

Nel 2019 l'Europa ha approvato il Green Deal (European Commission, 2019) per affrontare gli effetti della crisi climatica; questa e altre serie di iniziative politiche mirano a rendere l'Europa climaticamente neutra entro il 2050, oltre che a ridurre le emissioni di carbonio del 55% entro il 2030 rispetto ai precedenti livelli rilevati nel 1990 (Eckert and Kovalevska, 2021; Skjærseth, 2021). Per raggiungere questi obiettivi, sono stati stanziati mille miliardi di euro per politiche di mitiga-

zione, adattamento e resilienza, con inevitabile impatto sul Patrimonio Culturale (European Commission, 2021, 2022).

Il comparto edilizio risulta essere, come è noto, grande consumatore di energia (IEA, 2021), necessaria a fornire comfort e adeguati servizi ai suoi fruitori e a mitigare le emissioni di gas serra; rispetto a questa criticità si evidenziano due approcci essenziali e complementari finalizzati in primo luogo a migliorare l'efficienza per ridurre il consumo energetico e, in secondo luogo, a integrare fonti energetiche rinnovabili per alimentare i servizi richiesti.

Se il miglioramento delle prestazioni energetiche del Patrimonio costruito risulta un obiettivo essenziale per affrontare l'emergenza climatica, tuttavia le misure attuate per questa necessaria transizione energetica possono potenzialmente metterne a rischio i valori tipologici, materico-costruttivi e talvolta anche strutturali. Occorre infatti ricordare che le direttive europee e il loro recepimento nelle legislazioni nazionali dei Paesi del Vecchio Continente spesso raccomandano, a titolo di esempio, l'isolamento termico in facciata e in copertura: questo approccio può migliorare significativamente l'efficienza energetica di una parte considerevole del costruito, ma può anche comportare alterazioni sostanziali della facies e dei caratteri architettonici peculiari di quegli edifici che hanno un'elevata rilevanza culturale.²

Interventi indiscriminati su alcuni tipi di involucro rischiano di incidere negativamente sul valore storico-estetico e di contribuire all'omologazione, cancellando linguaggi, stili e stratificazioni che nel tempo hanno contribuito a definire, oltre che l'identità di un manufatto architettonico, anche il carattere di una città o di un sito (Saleh and Saied, 2017). È chiaramente manifesta la contraddizione in termini tra l'efficientamento energetico degli edifici e la conservazione del loro valore storico-culturale: gli interventi di isolamento termico a cappotto spesso confliggono con la presenza di apparati decorativi o con elementi lapidei o lignei a vista, così come con la variegata gamma di altri materiali che sono espressione di un linguaggio compositivo, costruttivo e materico specifici di una consolidata tipologia architettonica.

Sarebbe opportuno che le prestazioni richieste per soddisfare l'efficienza energetica degli edifici tradizionali prevedessero delle esenzioni per gli interventi di adeguamento, che peraltro dovrebbero essere considerati quali miglioramenti necessari, soggetti alla valutazione di esperti nel campo della progettazione del Patrimonio costruito e approvati dagli Enti di tutela, garantendone la compatibilità con gli obiettivi di conservazione (Fig. 2).

Una caratteristica costante del Patrimonio architettonico è poi la trasmissione di conoscenze ed esperienze acquisite nel corso dei secoli da artigiani e architetti, che hanno affinato tecniche e sistemi costruttivi e valorizzato i materiali tradizionali, rispondendo all'esigenza di realizzare edifici duraturi in un equilibrio armonioso tra utilizzo delle risorse locali, comfort degli utenti e salvaguardia dell'ambiente.

Sebbene le maestranze specializzate spesso non siano più disponibili nel contesto locale di appartenenza, ancora oggi la riproposizione della tecnica artigianale preindustriale dimostra il suo approccio innovativo. L'avvento dell'industrializ-

zazione ha segnato un profondo cambiamento nei processi costruttivi, ma l'edilizia tradizionale rappresenta ancora oggi un prezioso 'manuale' da cui trarre lezioni di innovazione resiliente: preservare le originali eccellenze tecnologiche dell'architettura storica appare necessario, nonostante esse siano soggette all'imperativo della transizione energetica. Un esempio lampante è dato dai sistemi bioclimatici passivi, radicati nelle tradizioni costruttive del passato, i quali offrono un'alternativa più sostenibile rispetto all'adozione acritica delle tecnologie contemporanee.

Questa riflessione sostiene la reintroduzione dei metodi costruttivi tradizionali, poiché già intrinsecamente sostenibili (Saeli and Campisi, 2020); l'architettura del passato si distingue, tra l'altro, per la varietà di approcci e la ricchezza di soluzioni, perfettamente adattate ai contesti climatici, ai materiali tipici di ogni territorio e alle esigenze dei suoi abitanti. In una sorta di paradosso, conservando e reinterpretando le tecniche del passato, ci potremmo preparare più consapevolmente all'innovazione tecnologica bioclimatica del futuro.

Con il presente saggio si vogliono illustrare alcune soluzioni progettuali di impronta bioclimatica, desunte anche da viaggi e analisi dirette effettuate dagli autori, che possano offrire un valido spunto di riflessione sulle potenzialità di una riproposizione, anche in chiave energetica, di alcune soluzioni tecnologiche sostenibili riscontrate in edifici con valenza storico-culturale in ambito mediterraneo (Salkini, Greco and Lucente, 2017; Kesseiba and El-Husseiny, 2019): il recupero degli edifici storici con approcci bioclimatici infatti offre spunti di interesse su vari fronti, che vanno dalla oculata scelta dei materiali e dei sistemi costruttivi al risparmio energetico e all'aspetto estetico ornamentale. L'adozione di soluzioni progettuali incentrate sulla sostenibilità ambientale di tecnologie tradizionali non solo valorizza il Patrimonio storico-culturale, ma riduce anche l'impatto derivante dall'introduzione acritica di sistemi di efficientamento energetico, non tradizionali e di nuova generazione.

Allo scopo si prenderanno in esame alcuni casi emblematici di vari Paesi che impiegano materiali locali per un migliore isolamento termico e una maggiore resilienza alle condizioni meteorologiche tipiche della regione. Si tratterà anche della progettazione ottimale di spazi aperti, di facciate e coperture che favoriscono la ventilazione e l'illuminazione naturale e di tecnologie per il controllo solare. Inoltre si affronterà il tema dell'installazione di impianti fotovoltaici, solari termici, geotermici ed eolici, che contribuiscono alla riduzione del consumo energetico e rendono gli edifici storici più sostenibili e resilienti alle sfide climatiche del Mediterraneo; infine si porrà l'accento sulla necessità in ambito europeo della figura di Esperto in Recupero Edilizio e di condividere conoscenze tra Enti di ricerca e mondo del lavoro (professionisti e imprese). L'obiettivo è mostrare come le scelte del passato e le soluzioni innovative e sostenibili del futuro possano coesistere in modo armonioso, dimostrando quanto il Patrimonio storico possa essere un punto di riferimento affidabile per il futuro.

Soluzioni per il controllo solare, la ventilazione naturale e lo sfruttamento dell'inerzia termica
| Un elemento cruciale nella progettazione archi-



Fig. 1 | St Catherine's Monastery in Sinai (Egypt) is an example of introverted architecture to protect against extremely harsh environmental conditions (credit: X. Casanovas).

Fig. 2 | Caravanserai in Nicosia (Cyprus), a highly resilient building typology that easily adapts to new uses by exploiting its bioclimatic behaviour (credit: X. Casanovas).

tettonica è rappresentato dal corretto orientamento degli edifici, al fine di governare l'esposizione diretta alla luce solare o la protezione da essa, ma anche di sfruttare il vento come risorsa rinnovabile per la ventilazione naturale durante il giorno o la notte; una corretta esposizione può produrre infatti benefici intimamente legati al contesto locale.

Nelle città che si sviluppano sui pendii montani la giacitura delle strade segue l'orografia del terreno e la disposizione sfalsata degli edifici, lungo le linee di pendenza suggerite dall'orografia, facilitando la ventilazione trasversale e il soleggiamento (Fig. 3). Al contrario gli insediamenti fortificati, come i villaggi 'ksar' nelle valli presahariane, presentano un impianto urbano compatto e le abitazioni si distinguono per un numero ridotto di aperture sui prospetti, utili a proteggerle da condizioni climatiche estreme, quali escursioni termiche tra il giorno e la notte, o tempeste di sabbia. Nelle regioni desertiche inoltre la vegetazione di palme funge anche da barriera naturale alla luce solare e ai caldi venti meridionali.

In ambito urbano risulta cruciale progettare le architetture su strada tenendo conto delle condizioni climatiche locali: nelle città storiche dell'Europa centrale dal clima freddo è frequente trovare edifici con portici arretrati rispetto al filo di facciata, che forniscono riparo ai pedoni da pioggia e vento; al contrario nelle regioni calde del Mediterraneo e del Medio Oriente i portici (anche voltati) o le logge semi-coperte presentano leggeri pergolati ricoperti da vegetazione decidua, con viti e gelsomini, per schermare i passanti dalla radiazione solare in estate e consentire il passaggio della luce in inverno; questo aspetto, fondamentale per la vita all'aperto delle comunità, promuove anche la socialità, caratteristica tipica delle regioni mediterranee a clima temperato (Fig. 4; Moschella et alii, 2013).

Nei climi caldi una soluzione innovativa per ottimizzare le condizioni ambientali locali è rappresentata dalla costruzione di 'badgir' o torri del vento, una tipologia edilizia che caratterizza il profilo urbano di molte città del Medio Oriente, specialmente in Iran e nelle regioni vicine. A Yazd (Iran), nota come la 'città delle torri del vento', grandi edifici presentano cortili interni con fontane e torri, che creano zone di frescura e tranquillità (Figg. 5, 6); un esempio simile è individuabile nel 'malqaf' a Il Cairo, un sistema costruttivo intelligente che cattura la fresca brezza del Nilo e la indirizza nei principali ambienti domestici, offrendo ventilazione e raffrescamento naturali. In altre zone del Mediterraneo, durante la calda stagione estiva, si sfruttavano le cosiddette 'stanze dello Scirocco', strutture sotterranee artificiali costruite vicino a una fonte d'acqua per ricreare le piacevoli condizioni di frescura tipiche di una caverna naturale. Lo studio e la conservazione di queste strutture sopravvissute costituiscono un valido approccio per comprendere sistemi semplici di raffrescamento passivo, i cui principi potrebbero essere adottati anche in edifici moderni per un efficiente controllo energetico (Saeli and Saeli, 2015; Saeli, Saeli and Campisi, 2014).

Anche l'architettura rupestre, diffusa in molti Paesi, si presenta come una soluzione ideale per le regioni caratterizzate da climi estremi: l'insediamento in grotte naturali o ambienti sotterranei permette di attenuare sia l'intensità del caldo estivo che del freddo invernale, sfruttando l'inerzia termica del terreno e riducendo l'esposizione alle superfici di facciata o di copertura. Ancora oggi questa tipologia architettonica rappresenta una risposta efficace e adeguata alle sfide climatiche di specifiche aree geografiche (Fig. 7; Yaghoubi, Sabzevari and Golnesan, 1991; Musotto, 2017; Liu, Jimenez-Bescos and Calautit, 2023).

Gestione del microclima e sistemi naturali di raffrescamento passivo bioclimatico | La realizzazione di 'spazi filtro', collocati tra l'interno e l'esterno degli edifici, ha sempre favorito un microclima ottimale per il comfort abitativo variabile a seconda della stagione e dell'ora del giorno (Davidová, Barath and Dickinson, 2023; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023). La diversificazione di tali spazi, sia in termini di configurazione che di funzione, spesso contribuisce a definire l'identità architettonica di un luogo, specialmente nel contesto del Patrimonio edilizio.

Un esempio eloquente di questi spazi è rappresentato dalle 'gallerie' presenti ai piani superiori degli edifici storici, aperte o chiuse, che si adattano al clima locale grazie alla loro posizione altimetrica. Queste gallerie utilizzate per attività quotidiane (come l'essiccazione dei raccolti, soprattutto nelle comunità agricole che le utilizzano ancora oggi a tale scopo) sono conosciute con nomi diversi: 'loggia' in Italia, 'solana' in Catalogna, 'riwaq' in Palestina, 'iliakos' a Cipro e altre denominazioni. Questi spazi rivestono un'importanza cruciale non solo nei climi caldi, ma anche in quelli più freddi; in quest'ultimo caso le gallerie coperte fungono da vere e proprie serre, intrappolando il calore utile per il riscaldamento delle stanze interne dell'edificio. Una variante interessante in Medio Oriente è lo 'iwan', un ambiente interno con una facciata aperta che offre uno spazio multifunzionale, sia coperto che scoperto; degna di nota è anche il 'west eddar' arabo (centro della casa), il cui nome dichiara l'importanza della privacy nella cultura islamica (Gaitani, Mihalakakou and Santamouris, 2007).

Non mancano i riferimenti storici alle case con patio (dalla casa ellenistica con peristilio alla domus romana per l'architettura classica) e la tradizione tipologica si è mantenuta viva nei secoli, come testimoniato dai palazzi gotici o rinascimentali

e da tanti altri esempi qualificanti per stile, distribuzione e funzioni; nonostante la sua diffusione storica, geografica e culturale, il patio non è stato mai un elemento monotono: le proporzioni in pianta e in sezione sono attentamente studiate per adattarsi allo specifico contesto, offrendo la migliore risposta al clima locale.

Da un punto di vista termico il patio funziona come un 'serbatoio' di aria la cui temperatura è in grado di refrigerare con ventilazione naturale gli ambienti adiacenti, soprattutto nei climi desertici laddove si presenta con ridotte dimensioni in pianta e con fronti prospicienti che hanno un'altezza tale da ombreggiare per buona parte della giornata la sua superficie calpestabile; nei climi più temperati è possibile realizzare un patio più ampio, pur mantenendo intatte le sue funzioni bioclimatiche e organizzative (Fig. 8). Oltre alla corretta progettazione geometrico-dimensionale, un patio necessita tanto di vegetazione endemica, che offre ombra e refrigerio, quanto di acqua, sotto forma di fontane appositamente allocate, in quanto la sua evaporazione abbassa le temperature percepite e contribuisce al benessere ambientale (Zamani, Heidari and Hanachi, 2018; Guedouh and Zemmouri, 2017).

Il condizionamento degli edifici tramite sistemi bioclimatici naturali è fortemente influenzato dalle condizioni climatiche locali; i sistemi di raffrescamento naturale non si attivano sempre e comunque e ciò ha determinato pratiche di adattamento nell'utilizzo delle stanze in relazione alla stagione nella quale si poteva garantire ai suoi abitanti il necessario benessere termoisolante (Fig. 9).

Anche la progettazione di coperture e sistemi di facciata in ambito Mediterraneo ha da sempre tenuto in considerazione la zona climatica di riferimento, cercando di massimizzarne lo sfruttamento e garantire una maggiore protezione dai raggi solari. Mentre i sistemi di copertura a volte intercettano la maggior parte della luce solare diretta e altre volte si configurano con la geometria delle

volte e delle cupole per ridurre l'impatto del calore sugli spazi interni sottostanti e l'azione del vento, nei climi molto caldi si prevedono finestre sulle facciate esposte a est e ovest, investite da una minore radiazione solare (Haghighi, Golshaahi and Abdinejad, 2015; Faghieh and Bahadori, 2011).

Nelle regioni con elevato irraggiamento solare pensiline e falde dei tetti sporgenti delineano una soluzione semplice ed efficace: sfruttando la diversa angolazione dei raggi solari si può fornire ombra durante l'estate e consentire al sole di riscaldare gli ambienti indoor in inverno. Per migliorare la ventilazione naturale nei climi caldi la pratica costruttiva in area mediterranea suggerisce anche di installare piccole aperture di ventilazione nella parte superiore di porte e finestre (sopralluce), agevolando così l'uscita dell'aria calda dalle stanze e attivando la ventilazione (Fig. 10).

Traspirabilità dell'involucro, sistemi di regolazione della luce e l'esperienza condivisa di un progetto europeo | Nell'edilizia preindustriale si

ricorreva ampiamente a materiali locali facilmente disponibili, come terra cruda, pietra, mattone, malta di calce o gesso e legno, insieme a materiali agricoli come la paglia. Questa pratica si basava sul requisito massivo dei muri portanti in terra cruda o pietra, sfruttando l'inerzia termica per migliorare il comfort interno: le pareti funzionavano come 'serbatoio' di calore, rilasciandolo gradualmente all'interno e garantendo una temperatura confortevole durante la notte; lo stesso principio si applicava alle coperture piane in terra battuta o ad altre tipologie di lastri solari. Importante era anche la traspirabilità delle murature storiche, che consentiva di bilanciare l'umidità esterna e interna grazie alla capacità di stabilire un equilibrio igrometrico tra il contenuto d'acqua assorbito ed evaporato sia allo stato liquido che gassoso, ottenuto con l'impiego di materiali lapidei molto porosi e rivestimenti traspiranti come intonaci a base di calce, gesso

o terra cruda (Figg. 11, 12; Zeayter, El-Bastawissi and Mohsen, 2022).

L'architettura storica offre anche varie soluzioni per regolare l'illuminazione all'interno degli edifici, attraverso una gamma diversificata di elementi architettonici come porte, portefinestre e finestre caratterizzate da forme geometriche diverse. Questi elementi tecnici mirano principalmente a soddisfare tre requisiti principali: isolamento termico, ombreggiamento e ventilazione. Altri elementi tecnici di pratico e rapido utilizzo sono le tende, realizzabili con diversi materiali e di differenti tipologie, la cui regolazione consente di calibrare la quantità di luce da filtrare negli ambienti interni. Nelle società islamiche questi elementi tecnici sono tutt'ora impiegati per garantire la privacy; nello specifico la 'mashrabiya' è una griglia di legno che scherma le aperture, consente il libero passaggio di aria e luce e al contempo garantisce una protezione da sguardi indiscreti e la visibilità verso l'esterno (Figg. 13, 14; Bagasi and Calautit, 2020; Taki and Kumari, 2023).

Se è vero che la sfida della Conservazione dell'architettura storica risiede nella capacità progettuale di bilanciare il mantenimento dei suoi valori intrinseci con l'adattamento alle tecnologie contemporanee, è altrettanto fondamentale considerare la durabilità e la resilienza dimostrate dal Patrimonio costruito nel corso dei secoli. Questi aspetti sottolineano l'adattabilità versatile delle tecniche costruttive tradizionali, suggerendo l'imperativo che gli interventi di restauro rispettino i materiali e i metodi tradizionali: un restauro / recupero responsabile deve valutare ogni aspetto dell'edificio, mantenendo la sua integrità storica pur rispondendo alle moderne esigenze di funzionalità, estetica e sostenibilità. Per far ciò si richiede una comprensione profonda degli aspetti strutturali e dei sistemi costruttivi, evitando interventi speculativi e fornendo orientamenti chiari per il futuro utilizzo dell'edificio; solo dopo una valutazione esaustiva sarà



Fig. 3 | Berat (Albania) lies perfectly on the mountainside, so solar radiation is equally suitable for all dwellings (credit: X. Casanovas).



Fig. 4 | In the city of Aleppo (Syria), stretches of road are protected from the sun, either by covered passages with stone vaults or by using vegetation (credit: X. Casanovas).

possibile introdurre sistemi di controllo ambientale attivo, privilegiando l'uso di fonti di energia rinnovabile.

In quest'ottica assume rilevanza il progetto europeo Smart Rehabilitation 3.0³, cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma Erasmus+, che si propone di colmare il divario tra l'offerta formativa nel settore del recupero edilizio e le reali esigenze sociali con la creazione di un nuovo profilo professionale, l'Esperto in Recupero Edilizio. Tra gli scopi del progetto vi è anche l'istituzione di una biblioteca digitale open access per la diffusione delle conoscenze costituita da due database: il primo cataloga informazioni sulle attuali innovazioni tecnologiche, classificandole in base alle diverse parti dell'edificio e ai relativi sistemi costruttivi, con particolare attenzione ai materiali originali e alle tecniche costruttive compatibili e innovative; il secondo si concentra invece su interventi di restauro e recupero esemplari del Patrimonio edilizio storico, analizzando tipologie edilizie, esempi di rifunzionalizzazione, ecc.⁴

Il progetto esplora strategie di recupero edilizio "intelligente" applicabili all'architettura mediterranea tradizionale, con il fine di valutare una possibile integrazione di tecnologie moderne e pratiche sostenibili nel processo di restauro e conservazione degli edifici storici. Elemento cruciale di queste strategie è l'impiego di materiali avanzati e metodi costruttivi che rispettino le caratteristiche originali degli edifici, garantendo al contempo una maggiore affidabilità strutturale ed efficienza energetica. Tra le soluzioni adottate vi è l'implementazione di tecnologie intelligenti – come sensori, sistemi digitali e sistemi avanzati di gestione dell'energia – per monitorare e ottimizzare le condizioni ambientali all'interno degli edifici storici, contribuendo così a preservarne il valore storico e migliorarne la sostenibilità.

Energie rinnovabili e costruito storico | Affrontare il cambiamento climatico richiede nuove modalità di produzione dell'energia che consentano il passaggio dalle fonti fossili a quelle rinnovabili co-

me il solare, l'eolico e il geotermico, avviando una transizione con nuove sfide per la conservazione e la valorizzazione degli edifici tradizionali e dei monumenti che animano il dibattito nel mondo scientifico e delle professioni: da una prospettiva volta alla protezione dei valori del Patrimonio emerge infatti una certa riluttanza verso l'impegno di pannelli fotovoltaici su edifici e siti monumentali, sebbene il divieto di tali impianti impedisce agli abitanti dei centri storici e dei beni tutelati di accedere a un'energia pulita, contraddicendo le più recenti politiche internazionali e della Comunità Europea per contrastare il cambiamento climatico (De Medici, 2021).

Il recente conflitto in Ucraina ha prodotto un significativo aumento dei costi energetici e impedire l'autoapprovvigionamento creerebbe un danno economico ai proprietari di immobili dal valore storico-culturale; allo stesso tempo impedire la realizzazione di campi eolici e fotovoltaici in ambito extraurbano ostacolerebbe l'accesso all'energia pulita anche per i residenti dei centri storici



Fig. 5, 6 | In the City of Yazd (Iran), as in all regional cities, wind towers help create a very efficient natural cooling and ventilation system in almost all buildings (credits: X. Casanovas).

Fig. 7 | The troglodytic village of Esplugu de Cuberes (Spain) clearly exploits the soil's thermal inertia in summer and winter (credit: X. Casanovas).

Fig. 8 | The Azem Palace in Damascus (Syria) is an exemplary case of managing vegetation and water evaporation to create a microclimate in large, attractive and comfortable courtyards (credit: X. Casanovas).

e degli edifici tutelati. È quindi essenziale trovare un equilibrio tra la conservazione del Patrimonio e la produzione di energia sostenibile, il che implica l'esplorazione di soluzioni e tecnologie innovative che riducano al minimo l'impatto paesaggistico e massimizzano l'utilizzo di energie rinnovabili, contribuendo sia alla sostenibilità ambientale sia alla conservazione del Patrimonio (Fig. 15).

I criteri di valutazione dell'impatto degli impianti solari sugli edifici storici varia notevolmente tra i Paesi europei. Edimburgo, tra le prime città a impegnarsi nella decarbonizzazione, ha installato i pannelli fotovoltaici sul Castello, riconosciuto dall'UNESCO Patrimonio dell'umanità: un'attenta analisi condotta da specialisti del settore, volta a mitigare l'impatto⁵, ha trovato la soluzione posizionando i pannelli dietro i parapetti; una soluzione simile è stata adottata nelle Cattedrali di Gloucester⁶ e York⁷ o sulla copertura della Sala delle Udienze Paolo VI, progettata dall'architetto Pier Luigi Nervi e limitrofa alla Basilica di San Pietro nella Città del Vaticano, il cui impianto si estende su una superficie di 5.000 mq⁸ (Karimi et alii, 2024). In Spagna la mancanza di norme specifiche sull'installazione di impianti fotovoltaici sui tetti dei centri storici e degli edifici tutelati ha creato notevoli problemi e ostacolato il progresso in questo settore.

Alternativa rinnovabile valida per l'edilizia storica è l'energia geotermica; pur implicando la perforazione di pozzi profondi per lo scambio di energia con il terreno, la tecnologia offre una fonte energetica inesauribile e indipendente dalle condizioni atmosferiche, come dimostrato dalla loro applicazione con successo nel Complesso monumentale del Recinte Modernista de Sant Pau a Barcellona⁹ (Dotor, Onecha and González, 2014), sebbene sia più indicata per insediamenti di grandi dimensioni, richiedendo un significativo impegno economico per la realizzazione delle opere civili (Fig. 16; Chavot et alii, 2018).

Appare utile menzionare l'importante lavoro svolto dall'ICOMOS Spagna, che ha riunito un gruppo di esperti provenienti da varie regioni del Paese per affrontare in modo pratico le sfide connesse allo sviluppo delle energie rinnovabili nel contesto del Patrimonio Culturale. Il frutto di questo impegno è la pubblicazione nel 2023 di Linee Guida per l'installazione di impianti di energia rinnovabile e soprattutto per limitarne il potenziale impatto sul Patrimonio (UNESCO et alii, 2022) mediante l'impiego di strumenti come le Heritage Impact Assessment (HIA; Ashrafi, Neugebauer and Kloos, 2022).¹⁰

Le HIA si presentano come preziosi strumenti elaborati da specialisti del settore per individuare i possibili effetti che i progetti di efficienza energetica potrebbero avere sulla salvaguardia o la gestione del Patrimonio Culturale, con l'obiettivo di evitare soluzioni standardizzate e preservare la varietà tipologica e paesaggistica di ciascuna area geografica. Esse identificano le zone coinvolte, conducono un'analisi approfondita del contesto specifico, valutano gli impatti, esplorano alternative valide e prendono in considerazione eventuali misure di mitigazione e valorizzazione (Seyedashrafi et alii, 2017). Gli studi si avvalgono di foto aeree e fotomontaggi per comprendere meglio la complessità e l'integrazione dei nuovi sistemi e infrastrutture, facilitando così il processo decisionale; un esempio tipico è la valutazione della fat-

tibilità dell'installazione di pannelli solari su edifici con tetti piani o inclinati per garantire un impatto visivo minimo o limitare l'installazione nelle parti meno visibili (Rodwell and Turner, 2018).

Oltre che valutare l'impatto paesaggistico degli impianti, le HIA conducono un'analisi dettagliata sulle condizioni strutturali delle coperture che, a causa dei nuovi carichi, potrebbero richiedere interventi di consolidamento, rinforzo strutturale o modifiche alle strutture esistenti, oppure danneggiare le scandole, le tegole, le murature d'attico o le strutture lignee di pregio. Nonostante siano strumenti efficaci le HIA devono ancora individuare ulteriori analisi di protezione e di minore impatto paesaggistico, implementando misure di compensazione economica per le comunità locali e incentivando la creazione di partenariati pubblico / privato per condividere i benefici.

Da queste riflessioni emerge che l'obiettivo di conciliare i cambiamenti climatici con la conservazione del Patrimonio Culturale può essere raggiunto attraverso le seguenti strategie: coinvolgere tutte le parti interessate nei processi decisionali; evitare soluzioni progettuali e tecniche standardizzate, attivando valutazioni specifiche dell'impatto sul Patrimonio costruito e paesaggistico; elaborare soluzioni legislative innovative e una gestione fiscale favorevole per le comunità locali coinvolte; promuovere le migliori pratiche attraverso la redazione di documenti come il World Heritage and Wind Energy Planning pubblicato dall'UNESCO (2021) in collaborazione con il Ministero francese della Transizione Ecologica, che include casi studio di impianti sostenibili (Fig. 17).¹¹

Conclusioni | Il saggio ha messo in evidenza che i temi dell'efficienza energetica e della sostenibilità sono cogenti e che un approccio alla Conservazione del Patrimonio Culturale improntato alla 'innovability' un è obiettivo cruciale. Tale approccio per il miglioramento dell'efficienza energetica dei Beni culturali deve essere anche strategico nel valutare prioritari l'autenticità, l'integrità e il valore storico-culturale degli edifici e dei paesaggi, senza precludere a priori l'integrazione di tecnologie innovative finalizzate a ridurre l'impatto ambientale e massimizzare le prestazioni energetiche.

Nell'ambito dei paesaggi culturali la produzione su larga scala di energia attraverso turbine eoliche e pannelli solari può avere un impatto significativo; pur contribuendo alla decarbonizzazione la loro presenza può alterare il carattere identitario dei paesaggi costieri e dell'entroterra poiché le turbine eoliche diventano elementi predominanti nel paesaggio e i campi fotovoltaici modificano la percezione del paesaggio attraverso riflessi e cambiamenti cromatici (Lucchi, 2022). Garantire una transizione equa verso la decarbonizzazione significa affrontare e non ignorare questioni di natura strategico-politica poiché il paesaggio viene modificato dall'influenza / interferenza di queste installazioni e delle infrastrutture associate, innescando una serie di effetti secondari sulle comunità locali, quali lo spopolamento, l'abbandono di mestieri e tradizioni, la riduzione dell'attività agricola e dell'allevamento e, non da ultimo, anche un forte impatto sul turismo culturale.

Una delle sfide principali sta proprio nel trovare un equilibrio tra la necessità di preservare i sistemi costruttivi originari e i valori paesaggistici e di ridurre il consumo energetico anche attraverso il

monitoraggio dei consumi e il coinvolgimento degli utenti (Gaspari et alii, 2022). È indubbio che gli interventi volti a migliorare l'efficienza energetica nel Patrimonio Culturale offra benefici tangibili, ben oltre la riduzione delle emissioni di carbonio: attraverso l'isolamento termico e l'efficientamento dei sistemi di illuminazione e di climatizzazione si migliora il comfort, la sicurezza e l'accessibilità degli utenti con significativi vantaggi economici e gestionali, contribuendo al contempo a una distribuzione più efficace delle risorse e una sostenibilità a lungo termine.

Today, sustainability is a critical issue in the debate on heritage conservation and management and finds wide acceptance as an unavoidable challenge in preserving and enhancing the built heritage with historical and cultural value. Originally enunciated and promoted in the Brundtland Report (WECD, 1987) in the late 1980s, the topic of sustainability came later in the context of Cultural Heritage through the UNESCO (1998) Intergovernmental Conference on Cultural Policies for Development, held in Stockholm in 1998, a topic initially focused on three pillars (economic, social and environmental); then, it declined in the cultural sphere on a fourth pillar.

Over the years, different interpretations have emerged about the consistency of the commitment needed to achieve high quality and sustainability levels of Cultural Heritage (Blanc, 2020; Carbonara, 2021); among them, the relationship between conservation and fruition through integrated and dynamic processes; the adoption of preventive solutions to guarantee the longevity of traditional and valuable built heritage; new forms of governance, with attention to the local identity dimension and the participation of citizens in decisions on the future of the Heritage; the recognition of the economic contribution of the Heritage towards society and the context; the value of the social dimension and the continuous reinterpretation of sites; finally, the attention to other crucial aspects for the future of the Cultural Heritage.¹

If, on the one hand, there is the need to put in place actions of valorisation, fruition and communication necessary to reactivate the Cultural Heritage by resolving the traditional dichotomy between the main instances of 'conservative' and 'fruitful' (Ruggieri and Sposito, 2012; Sposito and Scalisi, 2018), on the other hand, concerning the new challenges of contemporaneity, it is necessary to reflect on the role that the Heritage plays in the environmental issue, with particular reference to the climate emergency (Fig. 1; Franco and Mauri, 2024).

It is increasingly common to read news reports of extreme weather events with irreversible consequences for Cultural Heritage: last year alone, devastating fires affected thousands of hectares of forests in Spain, Italy and Greece, while floods in Libya wiped out entire villages; furthermore, if temperatures continue to rise at the current rate, the melting of the polar ice caps will cause an irreparable rise in sea levels. In 2018, the journal Nature Communication published a study (Reimann et alii, 2018) on the risks of coastal erosion and flooding for recognised World Heritage sites along the Mediterranean coast: the conclusions

were and still are bleak, predicting partial or total submergence of cities such as Venice and archaeological sites such as Leptis Magna in Libya.

In 2019, Europe approved the Green Deal (European Commission, 2019) to address the effects of the climate crisis; this and other sets of policy initiatives aim to make Europe climate-neutral by 2050, as well as to reduce carbon emissions by 55% by 2030 compared to previous levels in 1990 (Eckert and Kovalevska, 2021; Skjærseth, 2021). One trillion euros are needed for mitigation, adaptation and resilience policies to reach these targets (European Commission, 2021, 2022).

The building sector is known to be a large consumer of energy (IEA, 2021), which is necessary to provide adequate comfort and services to its users and to mitigate greenhouse gas emissions; two essential and complementary approaches to this critical issue highlight, aimed firstly at improving efficiency to reduce energy consumption and secondly at integrating renewable energy sources

to power the required services. If improving the built heritage's energy performance is essential in facing the climate emergency, the measures implemented for this necessary energy transition can potentially jeopardise its typological, material-constructive, and sometimes even structural values. One should remember that European directives and their transposition into national legislation in the countries of the Old Continent often recommend, for example, thermal insulation of façades and roofs. This approach may significantly improve the energy efficiency of a considerable part of the built environment. Still, it may also entail substantial alterations to the facies and distinctive architectural features of buildings with a high cultural relevance.²

Indiscriminate interventions on certain types of envelope risk negatively affecting the historical-aesthetic value and contributing to homologation, erasing languages, styles and stratifications that, over time, have contributed to defining not only

the identity of an architectural artefact but also the character of a city or a site (Saleh and Saied, 2017). There is an apparent contradiction in terms between the energy efficiency of buildings and the preservation of their historical and cultural value: thermal insulation measures often clash with the presence of decorative apparatuses or visible stone or wooden elements, as well as with the variegated range of other materials that are the expression of a compositional, constructive and material language specific to a consolidated architectural typology.

It would be advisable for the performance requirements to meet the energy efficiency of traditional buildings to include exemptions for retrofitting as necessary improvements, subject to evaluation by experts in the field of built heritage design and approved by the conservation authorities, ensuring their compatibility with conservation objectives (Fig. 2).

A constant feature of architectural heritage is the transmission of knowledge and experience acquired over the centuries by artisans and architects. These people have refined building techniques and systems and enhanced the value of traditional materials, responding to the need to create durable buildings that harmoniously balance the use of local resources, user comfort, and environmental protection.

Although specialised artisans are often no longer available in their local context, even today, the revival of pre-industrial craftsmanship demonstrates its innovative approach. The advent of industrialisation has marked a profound change in construction processes. However, traditional buildings still represent a valuable 'handbook' from which lessons of resilient innovation can be learnt: preserving the original technological excellence of historical architecture seems necessary despite being subject to the imperative of energy transition. A prime example is passive bioclimatic systems, rooted in the building traditions of the past, which offer a more sustainable alternative to the uncritical adoption of contemporary technologies.

This reflection advocates reintroducing traditional building methods, which are already intrinsically sustainable (Saeli and Campisi, 2020). The architecture of the past is distinguished, among other things, by the variety of approaches and the wealth of solutions, perfectly adapted to the climatic contexts, the typical materials of each territory, and the needs of its inhabitants. In a paradox, by preserving and reinterpreting past techniques, we could prepare ourselves more consciously for the bioclimatic technological innovation of the future.

This essay aims to illustrate several design solutions with a bioclimatic imprint, also deduced from journeys and direct analyses carried out by the authors, which may offer valid food for thought on the potential of a re-proposition, also in terms of energy, of specific sustainable technological solutions found in buildings with historical and cultural value in the Mediterranean area (Salkini, Greco and Lucente, 2017; Kesseiba and El-Husseiny, 2019): the renovation of historic buildings with bioclimatic approaches offers interesting insights on various fronts, ranging from the judicious choice of materials and construction systems to energy savings and ornamental aesthetics. Adopting de-



Fig. 9 | Traditional three-arched loggias in Beirut (Lebanon) allow the creation of multifunctional spaces with filtered light, depending on the time of year and needs (credit: X. Casanovas).

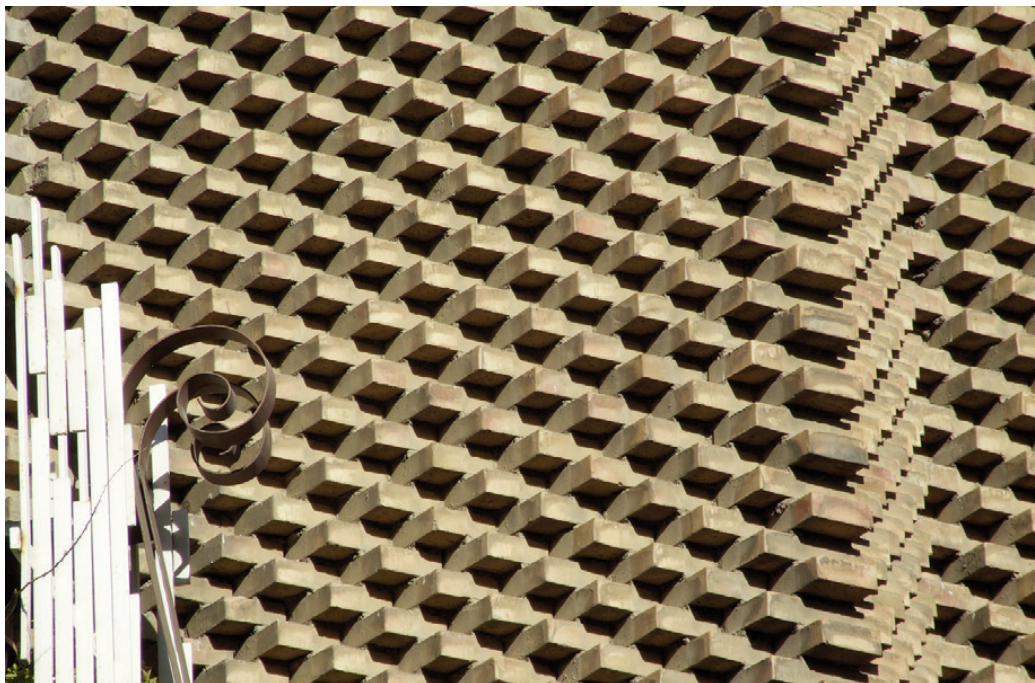


Fig. 10 | A façade in Esplugues (Spain): the settling of the bricks creates shaded areas and reduces the impact of solar radiation on the façade (credit: X. Casanovas).

Figs. 11, 12 | Aleppo (Syria) and Baia Mare (Romania): the use of traditional materials directly linked to the local context is essential to maintaining the sustainability of Cultural Heritage (credits: X. Casanovas).

sign solutions centred on the environmental sustainability of traditional technologies enhances the historical and Cultural Heritage. It reduces the impact of the uncritical introduction of non-traditional, new-generation energy efficiency systems.

For this purpose, we will examine some emblematic cases from various countries that use local materials for better thermal insulation and resilience to typical regional weather conditions. The optimal design of open spaces, façades, and roofs for ventilation, natural lighting, and solar control technologies will also receive attention. It will also discuss the installation of photovoltaic, solar thermal, geothermal and wind energy systems that help reduce energy consumption and make historic buildings more sustainable and resilient to the climate challenges of the Mediterranean. Finally, the need in Europe for experts in Building Restoration figures and the sharing of knowledge between research institutes and the world of work (professionals and companies) stands out. The aim is to show how the choices of the past and the innovative and sustainable solutions of the future can coexist harmoniously, demonstrating how historical heritage can be a reliable reference point for the future.

Solutions for solar control, natural ventilation, and exploitation of thermal inertia | A crucial element in architectural design is the correct orientation of buildings. It governs direct exposure to or protection from sunlight and exploits wind as a renewable resource for natural ventilation during the day or night; correct exposure can produce benefits intimately linked to the local context.

In cities developed on mountain slopes, the layout of streets follows the orography of the terrain and the staggered arrangement of buildings along the slope lines suggested by the orography, facilitating cross-ventilation and sunshine (Fig. 3). On the contrary, in fortified settlements, such as

the 'ksar' villages in the pre-Saharan valleys, have a compact urban layout and the dwellings feature a small number of openings in the façades, which are helpful to protect them from extreme climatic conditions, such as temperature fluctuations between day and night, or sandstorms. In desert regions, the palm vegetation also acts as a natural barrier to sunlight and hot southerly winds.

In urban areas, it is crucial to design street architecture with the local climatic conditions in mind: in the historical cities of central Europe with a cold climate, it is expected to find buildings with arcades set back from the façade line, which shelter pedestrians from rain and wind; on the contrary, in the warm regions of the Mediterranean and the Middle East, porticoes (even vaulted) or semi-covered loggias have light pergolas covered with deciduous vegetation, with vines and jasmine, to shield passers-by from solar radiation in summer and allow light to pass through in winter; this aspect, fundamental for the outdoor life of communities, also promotes sociability, a typical characteristic of Mediterranean regions with a temperate climate (Fig. 4; Moschella et alii, 2013).

In hot climates, an innovative solution to optimise local environmental conditions is the construction of 'badgir' or wind towers. This building typology characterises the urban profile of many cities in the Middle East, especially in Iran and neighbouring regions. In Yazd (Iran), known as the 'city of wind towers', large buildings feature inner courtyards with fountains and towers, creating zones of coolness and tranquillity (Figs. 5, 6); a similar example can be found in the 'malqaf' in Cairo, an intelligent building system that captures the cool breeze of the Nile and directs it into the main domestic spaces, offering natural ventilation and cooling. During the hot summer in the Mediterranean, people exploited the so-called 'Sirocco rooms', artificial underground structures built near a water source to recreate a natural cave's pleas-

ant, excellent conditions. The study and conservation of these surviving structures provide a valuable approach to understanding simple passive cooling systems, the principles of which could also be adopted in modern buildings for efficient energy control (Saeli and Saeli, 2015; Saeli, Saeli and Campisi, 2014).

Rupestrian architecture, which is widespread in many countries, is also an ideal solution for regions characterised by extreme climates: settlement in natural caves or underground environments makes it possible to mitigate both the intensity of summer heat and winter cold by exploiting the thermal inertia of the ground and reducing exposure to façade or roof surfaces. Even today, this architectural typology represents an effective and appropriate response to the climatic challenges of specific geographical areas (Fig. 7; Yaghoubi, Sabzevari and Golsheshan, 1991; Musotto, 2017; Liu, Jimenez-Bescos and Calautit, 2023).

Microclimate management and natural bioclimatic passive cooling systems | The creation of 'filter spaces', located between the interior and exterior of buildings, has always favoured an optimal microclimate for living comfort that varies according to season and time of day (Davidová, Barath and Dickinson, 2023; El-Hitami, Mahall and Serbest, 2023). The diversification of such spaces, both in terms of configuration and function, often contributes to defining the architectural identity of a place, especially in the context of built heritage.

An eloquent example of these spaces is the 'galleries' on the upper floors of historic buildings, open or closed, adapting to the local climate due to their altimetric position. These tunnels used for everyday activities (such as crop drying, especially in farming communities that still use them for this purpose) have a variety of names: 'loggia' in Italy,

'solana' in Catalonia, 'riwaq' in Palestine, 'iliakos' in Cyprus and other names. These spaces are crucial in hot and cold climates; in the latter case, the covered galleries act as veritable greenhouses, trapping heat for heating the building's inner rooms. An interesting variant in the Middle East is the 'iwan', an interior room with an open façade offering a multifunctional space, both covered and uncovered; also noteworthy is the Arabic 'west ed-dar' (centre of the house), whose name declares the importance of privacy in Islamic culture (Gaitani, Mihalakakou and Santamouris, 2007).

There is no shortage of historical references to patio houses (from the Hellenistic house with peristyle to the Roman domus for classical architecture), and the typological tradition has been kept alive over the centuries, as witnessed by Gothic or Renaissance palaces and many other qualifying examples in terms of style, distribution and functions. Despite its historical, geographical and cultural diffusion, the patio has always been varied: the proportions in plan and section play an important role in adapting to the specific context, offering the best response to the local climate.

From a thermal point of view, the patio functions as a 'reservoir' of air whose temperature can cool the adjacent spaces with natural ventilation, especially in desert climates where it has small plan dimensions and fronts that are high enough to shade its walkable surface for a good part of the day; in more temperate climates it is possible to create a larger patio while maintaining its bioclimatic and organisational functions intact (Fig. 8). In addition to proper geometric-dimensional design, a patio needs both endemic vegetation, which provides shade and coolness, and water, in the form of specially allocated fountains, as its evaporation lowers perceived temperatures and contributes to environmental well-being (Zamani, Heidari and Hanachi, 2018; Guedouh and Zemmouri, 2017).

Local climatic conditions strongly influence the air conditioning of buildings using natural bioclimatic systems; natural cooling systems do not always and in all cases activate, and this has led to adaptation practices in the use of rooms about the season in which the necessary thermo-hygrometric comfort could be ensured for its inhabitants (Fig. 9). The design of roofing and façade systems in the Mediterranean has traditionally dealt with the climatic zone of reference, seeking to maximise its exploitation and provide greater protection from the sun's rays. While roofing systems sometimes intercept most of the direct sunlight and at other times are configured with the geometry of vaults and domes to reduce the impact of heat on the interior spaces below and the action of the wind, in very hot climates, windows will be on the east- and west-facing façades, which suffer less solar radiation (Haghighi, Golshaahi and Abdinejad, 2015; Faghih and Bahadori, 2011).

In regions with high solar radiation, canopies and overhanging roof pitches provide a simple and effective solution: exploiting the different angles of the sun's rays can provide shade during the summer and allow the sun to warm indoor spaces in the winter. To improve natural ventilation in hot climates, construction practice in the Mediterranean area also suggests installing small openings at the top of doors and windows (fanlights), thus facilitating the escape of warm air from rooms and activating ventilation (Fig. 10).

The breathability of the envelope, light regulation systems and the shared experience of a European project |

In pre-industrial construction, readily available local materials such as unfired earth, stone, brick, lime mortar or gypsum and wood were widely used, together with agricultural materials such as straw. This practice was based on the massive requirement of load-bearing walls made of unfired earth or stone, exploiting thermal inertia to improve internal comfort: the walls functioned as 'reservoirs' of heat, gradually releasing it inside and guaranteeing a comfortable temperature during the night, the same principle applies to flat rammed earth roofs and other types of solar slabs. Also noteworthy was the breathability of historical masonry, which allowed for the balancing of external and internal humidity thanks to the ability to establish a hygrometric balance between the absorbed and evaporated water content in both the liquid and gaseous state, achieved through the use of highly porous stone materials and breathable coatings such as lime, gypsum or unfired earth plasters (Fig. 11, 12; Zeayter, El-Bastawissi and Mohsen, 2022).

Historical architecture also offers various solutions for regulating the lighting inside buildings through various architectural elements such as doors, French windows and windows characterised by different geometric shapes. These technical elements aim to fulfil three main requirements: thermal insulation, shading and ventilation. Other practical and quick-to-use technical elements are curtains, as they can come in various materials and types, and their adjustment allows you to regulate the amount of light filtering into interior spaces. In Islamic societies, these technical elements remain in use to ensure privacy; in particular, the 'mashrabiya' is a wooden grid that screens openings, allowing air and light to pass freely while at the same time protecting against prying eyes and visibility to the outside world (Fig. 13, 14; Bagasi and Calautit, 2020; Taki and Kumari, 2023).

While it is true that the challenge of Historic Architectural Conservation lies in the design's ability to balance the preservation of its intrinsic values with adaptation to contemporary technologies, it is equally fundamental to consider the durability and resilience demonstrated by the built heritage over the centuries. These aspects emphasise the versatile adaptability of traditional building techniques, suggesting the imperative that restoration interventions respect traditional materials and methods: responsible restoration / recovery must evaluate every aspect of the building, maintaining its historical integrity while meeting modern requirements for functionality, aesthetics and sustainability. It requires an in-depth understanding of structural aspects and building systems, avoiding speculative interventions and providing clear guidelines for the future use of the building; only after an exhaustive evaluation will it be possible to introduce active environmental control systems, favouring the use of renewable energy sources.

From this perspective, the European project Smart Rehabilitation 3.0³, co-financed by the European Union under the Erasmus+ programme, is relevant. It aims to bridge the gap between the training offered in the building rehabilitation sector and the real social needs by creating a new professional profile, the Building Recovery Expert. Among the aims of the project is also the estab-

lishment of an open-access digital library for the dissemination of knowledge, consisting of two databases: the first catalogues information on current technological innovations, classifying them according to the different parts of the building and their construction systems, with a focus on original materials and compatible and innovative construction techniques; the second focuses on exemplary restoration and recovery interventions of the historical building heritage, analysing building types, examples of functionalisation, etc.⁴

The project explores 'intelligent' building restoration strategies applicable to traditional Mediterranean architecture to evaluate a possible integration of modern technologies and sustainable practices in historic buildings' restoration and conservation process. A crucial element of these strategies is using advanced materials and construction methods that respect the buildings' original characteristics while ensuring excellent structural reliability and energy efficiency. Solutions include implementing smart technologies – such as sensors, digital systems and advanced energy management systems – to monitor and optimise the environmental conditions inside historic buildings, thus helping preserve their historical value and improve their sustainability.

Renewable energies and historic buildings |

Tackling climate change requires new ways of producing energy that allow a shift from fossil fuels to renewable sources such as solar, wind and geothermal, initiating a transition with new challenges for the conservation and enhancement of traditional buildings and monuments that animate the debate in the scientific and professional worlds: from a perspective aimed at the protection of heritage values, there emerges a certain reluctance towards the use of photovoltaic panels on buildings and monumental sites, even though the ban on such installations prevents the inhabitants of historical centres and protected properties from having access to clean energy, contradicting the most recent international and European Community policies to combat climate change (De Medici, 2021).

The recent conflict in Ukraine has resulted in a significant increase in energy costs, and preventing self-supply would create economic damage for owners of heritage buildings; at the same time, avoiding the construction of wind and photovoltaic fields in suburban areas would hinder access to clean energy even for residents of historic centres and listed buildings. It is, therefore, essential to strike a balance between heritage conservation and sustainable energy production, which implies exploring innovative solutions and technologies that minimise landscape impact and maximise the use of renewable energy, contributing to both environmental sustainability and heritage conservation (Fig. 15).

The criteria for assessing the impact of solar installations on historic buildings varies widely between European countries. Edinburgh, one of the first cities to commit to decarbonisation, installed photovoltaic panels on the Castle, a UNESCO World Heritage Site: a careful analysis conducted by specialists in the field, aimed at mitigating the impact⁵, found the solution by placing the panels behind the parapets; a similar solution is in place at Gloucester Cathedrals⁶ and York⁷ or on the roof of the Paul VI Audience Hall, designed by



Fig. 13 | The Assam Pacha in Damascus (Syria) is a building covered by large domes, open or closed, with large spaces and different forms of natural lighting; the building underwent restoration while respecting and preserving all the values of its architectural identity (credit: X. Casanovas).

Fig. 14 | The architecture of the City of Jeddah (Saudi Arabia) features large 'mashrabiyyas' (roshans); their preservation is an essential element for urban regeneration while respecting heritage values (credit: X. Casanovas).



Fig. 15 | In Legazpi (Spain), as in many other rural contexts, photovoltaic panels are now in place, substantially impacting the territory (credit: X. Casanovas).

Fig. 16 | The installation of geothermal energy in the St. Pau Complex in Barcelona (Spain) achieved excellent levels of comfort, without the systems being visible, in a UNESCO World Heritage monument (credit: X. Casanovas).

Fig. 17 | In Budapest (Hungary), a UNESCO World Heritage Site, the challenge of integrating renewable energies is not an easy one, and through various solutions, a balance between energy sustainability and respect for heritage is being sought (credit: X. Casanovas).

architect Pier Luigi Nervi and adjacent to St. Peter's Basilica in the Vatican City, whose installation covers an area of 5,000 sqm⁸ (Karimi et alii, 2024). In Spain, the need for specific regulations on installing photovoltaic systems on the roofs of historic centres and listed buildings has created significant problems and hindered progress in this area.

A viable renewable alternative for historic buildings is geothermal energy. However, implying the drilling of deep wells to exchange energy with the ground, the technology offers an inexhaustible and weather-independent energy source, as demonstrated by their successful application in the Monumental Complex of the Recinte Modernista de Sant Pau in Barcelona⁹ (Dotor, Onecha and González, 2014), although it is more suitable for large settlements, requiring a significant economic commitment for the implementation of civil works (Fig. 16; Chavot et alii, 2018). It is worth mentioning the important work carried out by

ICOMOS Spain, which has brought together a group of experts from different regions of the country to address practically the challenges related to the development of renewable energy in the context of Cultural Heritage. The fruit of this effort is the publication in 2023 of Guidelines for the installation of renewable energy installations and especially for limiting their potential impact on Heritage (UNESCO et alii, 2022) through the use of tools such as Heritage Impact Assessments (HIA; Ashrafi, Neugebauer and Kloos, 2022).¹⁰

HIAs present themselves as valuable tools developed by specialists in the field to identify the possible effects of energy efficiency projects on the preservation or management of Cultural Heritage, avoid standardised solutions, and preserve each geographical area's typological and landscape variety. They identify affected areas, conduct an in-depth analysis of the specific context, assess impacts, explore viable alternatives and consider possible mitigation and enhancement

measures (Seyedashrafi et alii, 2017). Studies make use of aerial photos and photomontages to understand better the complexity and integration of new systems and infrastructures, thus facilitating decision-making; a typical example is the assessment of the feasibility of installing solar panels on buildings with flat or sloping roofs to ensure minimal visual impact or limit installation in the least visible parts (Rodwell and Turner, 2018).

In addition to assessing the landscape impact of installations, HIAs conduct a detailed analysis of the structural condition of roofs that, due to new loads, may require consolidation, structural reinforcement or modifications to existing structures, or damage to shingles, roof tiles, attic masonry or valuable wooden structures. Despite being practical tools, HIAs must identify further analyses of protection and reduced landscape impact, implement economic compensation measures for local communities and encourage public / private partnerships to share the benefits.

From these reflections, it emerges that the objective of reconciling climate change with the preservation of Cultural Heritage research activities is possible through the following strategies: involving all stakeholders in decision-making processes, avoiding standardised design and technical solutions, activating specific assessments of the impact on the built heritage and landscape; elaborating innovative legislative solutions and favourable fiscal management for the local communities involved; promoting best practices through the drafting of documents such as the World Heritage and Wind Energy Planning published by UNESCO (2021) in collaboration with the French Ministry of Ecological Transition, which includes case studies of sustainable installations (Fig. 17).¹¹

Conclusions | The essay highlighted that the issues of energy efficiency and sustainability are compelling and that an ‘inability’ approach to Cultural Heritage Conservation is a crucial objective. Such an approach to improving the energy efficiency of Cultural Heritage must also be strategic in prioritising the authenticity, integrity, and historical-cultural value of buildings and landscapes without precluding the integration of innovative technologies aimed at reducing environmental impact and maximising energy performance.

Notes

1) For more information, see the webpages: culture.ec.europa.eu/it/cultural-heritage/cultural-heritage-in-eu-policies/sustainability-and-cultural-heritage; cordis.europa.eu/article/id/400947-heritage-at-risk-eu-research-and-innovation-for-a-more-resilient-cultural-heritage; whc.unesco.org/en/wind-energy/protecting/ [Accessed 4 May 2024].

2) For more information, see the webpage: europarl.europa.eu/news/it/press-room/20230206IPR72112/energy-performance-of-buildings-climate-neutrality-by-2050 [Accessed 4 May 2024].

3) For more information on RehabiMed publication, see the webpage: rehabimed.net/category/publications/rehabimed-method/ [Accessed 4 May 2024].

4) For more information, see the webpages: smart-rehabilitation.eu; smart-rehabilitation.eu/digital-library/ [Accessed 4 May 2024].

5) For more information, see the webpage: historiconvironment.scot/about-us/news/bright-future-for-edinburgh-castle-as-solar-panels-installed/ [Accessed 4 May 2024].

6) For more information, see the webpage: historicengland.org.uk/advice/caring-for-heritage/places-of-worship/cathedrals/gloucester/ [Accessed 4 May 2024].

7) For more information, see the webpage: archbishopofyork.org/news/latest-news/pioneering-york-minster-leads-way-photovoltaic-roof-installation-plan [Accessed 4 May 2024].

8) For more information, see the webpage: geagency.it/vaticano-sempre-piu-sostenibile-con-pannelli-solari-colonnine-e-led/ [Accessed 4 May 2024].

9) For more information, see the webpages: santpaubarcelona.org/en/noticia/la-doble-certificacio-iso-14-001-i-15-001-un-reconeixement-a-la-gestio-ambiental-i-energetica-del-recinte-modernista/; usgbc.org/projects/sant-pau-recinte-modernista-complex [Accessed 4 May 2024].

10) For more information, see the webpage: whc.unesco.org/en/activities/907 [Accessed 4 May 2024].

11) For more information, see the webpage: whc.unesco.org/en/wind-energy-planning/ [Accessed 4 May 2024].

Within cultural landscapes, large-scale energy production through wind turbines and solar panels can have a significant impact; while contributing to decarbonisation, their presence can alter the identity character of coastal and inland landscapes as wind turbines become predominant elements in the landscape and photovoltaic fields alter the perception of the landscape through reflections and colour changes (Lucchi, 2022). Ensuring an equitable transition to decarbonisation means addressing and not ignoring issues of a strategic-political nature as the landscape is modified by the influence / interference of these installations and associated infrastructures, triggering a series of secondary effects on local communities, such as depopulation, the abandonment of trades and traditions, the reduction of agricultural activity and livestock breeding and, last but not least, also a substantial impact on cultural tourism.

One of the main challenges is to find a balance between the need to preserve original building systems and landscape values and to reduce energy consumption also by monitoring consumption and involving users (Gaspari et alii, 2022). There is no doubt that interventions aimed at improving energy efficiency in Cultural Heritage offer tangible benefits far beyond the reduction of carbon emissions: through thermal insulation and the improve-

References

Ashrafi, B., Neugebauer, C. and Kloos, M. A. (2022), “Conceptual Framework for Heritage Impact Assessment – A Review and Perspective”, in *Sustainability*, vol. 14, issue 1, article 27, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14010027 [Accessed 4 May 2024].

Bagasi, A. A. and Calautit, J. K. (2020), “Experimental field study of the integration of passive and evaporative cooling techniques with Mashrabiya in hot climates”, in *Energy and Buildings*, vol. 225, article 110325, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110325 [Accessed 4 May 2024].

Blanc, F. (2020), “Patrimoni in divenire – Progettare la loro rigenerazione | Heritages in progress – Designing their regeneration”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 54-63. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/852020 [Accessed 4 May 2024].

Carbonara, G. (2021), “La ‘valorizzazione’ – Per una rinnovata vitalità dei monumenti | ‘Valorisation’ – For a renewed vitality of the monuments”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 9, pp. 54-61. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/952021 [Accessed 4 May 2024].

Chavot, P., Masseran, A., Bodin, C., Serrano, Y. and Zougrana, J. (2018), “Geothermal Energy in France – A Resource Fairly Accepted for Heating but Controversial for High-Energy Power Plants”, in Manzella, A., Allansdottir, A. and Pellizzone, A. (eds), *Geothermal Energy and Society*, vol. 67, Springer, Cham, pp. 105-122. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-319-78286-7_8 [Accessed 4 May 2024].

Davidová, M., Barath, S. and Dickinson, S. (2023), “Ambienti culturali con prospettive non solo umane – Prototipazione attraverso ricerca e formazione | Cultural environments with more-than-human perspectives – Prototyping through research and training”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 165-178. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13142023 [Accessed 4 May 2024].

De Medici, S. (2021), “Italian Architectural Heritage

and Photovoltaic Systems – Matching Style with Sustainability”, in *Sustainability*, vol. 13, issue 4, article 2018, pp. 1-23. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su13042108 [Accessed 4 May 2024].

Dotor, A., Onecha, B. and González, J. L. (2014), “El bienestar térmico más allá de las exigencias normativas – Dos casos, dos enfoques | Thermal Comfort beyond legislation – Two examples, two approaches”, in *International Conference – Energy efficiency in historic buildings, Madrid, 29-30 September 2014*, pp. 201-209. [Online] Available at: upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85214/Eenergy-efficiency-and-historic-buildings_Acta.pdf [Accessed 4 May 2024].

Eckert, E. and Kovalevska, O. (2021), “Sustainability in the European Union – Analyzing the Discourse of the European Green Deal”, in *Journal of Risk and Financial Management*, vol. 14, issue 2, article 80, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/jrfm14020080 [Accessed 4 May 2024].

El-Hitami, H., Mahall, M. and Serbest, A. (2023), “Ecologia dello spazio – Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere | An ecology of space – Architectural design for transboundary relationships”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 153-164. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13132023 [Accessed 4 May 2024].

European Commission (2022), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – REPowerEU – Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy*, document 52022DC0108, 108 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=COM%3A2022%3A108%3AFIN# [Accessed 4 May 2024].

European Commission (2021), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – ‘Fit for 55’ – Delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality*, document 52021DC0550, 550 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/

TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550&qid=1708525014805 [Accessed 4 May 2024].

European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 4 May 2024].

Faghih, A. K. and Bahadori, M. N. (2011), “Thermal performance evaluation of domed roofs”, in *Energy and Buildings*, vol. 43, issue 6, pp. 1254-1263. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.01.002 [Accessed 4 May 2024].

Franco, G. and Mauri, S. (2024), “Reconciling Heritage Buildings’ Preservation with Energy Transition Goals – Insights from an Italian Case Study”, in *Sustainability*, vol. 16, article 712, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su16020712 [Accessed 4 May 2024].

Gaitani, N., Mihalakakou, G. and Santamouris, M. (2007), “On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces”, in *Building and Environment*, vol. 42, issue 1, pp. 317-324. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.08.018 [Accessed 4 May 2024].

Gaspari, J., Marchi, L., Oberosler, C. and Antonini, E. (2022), “Strumenti di monitoraggio per abitare il risparmio energetico nell’edilizia sociale | Monitoring tools as energy saving enablers in social housing context”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 136-145. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12122022 [Accessed 4 May 2024].

Guedouh, M. S. and Zemmouri, N. (2017), “Courtyard Building’s Morphology Impact on Thermal and Luminous Environments in Hot and Arid Region”, in *Energy Procedia*, vol. 119, pp. 153-162. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.063 [Accessed 4 May 2024].

Haghighi, A. P., Golshaahi, S. S. and Abdinejad, M. (2015), “A study of vaulted roof assisted evaporative cooling channel for natural cooling of 1-floor buildings”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 14, pp. 89-98. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2014.08.005 [Accessed 4 May 2024].

IEA – International Energy Agency (2021), *2020 Global Status Report for Buildings and Construction – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. [Online] Available at: wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR_ES.pdf?sequence=3&isAllowed=y [Accessed 4 May 2024].

Karimi, H., Adibhesami, M. A., Siamak, M., Hoseinzadeh, S., Movafagh, S., Estalkhsari, B. M. and Garcia, D. A. (2024), “Solar energy integration in heritage buildings – A case study of St. Nicholas Church”, in *Energy Reports*, vol. 11, pp. 4177-4191. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.egypro.2024.03.043 [Accessed 4 May 2024].

Kesseiba, K. and El-Husseiny, M.-A. (2019), “Indicazioni per una sostenibilità low-cost dell’edilizia residenziale egiziana | Indications for low-cost sustainability in Egyptian residential construction”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 6, pp. 182-191. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6172019 [Accessed 4 May 2024].

Liu, M., Jimenez-Bescos, C. and Calautit, J. K. (2023), “Passive heat recovery wind tower – Assessing the overheating risk in summertime and ventilation heat loss reduction in wintertime”, in *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 58, article 103310, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.seta.2023.103310 [Accessed 4 May 2024].

Lucchi, E. (2022), “Integration between photovoltaic systems and cultural heritage – A socio-technical comparison of international policies, design criteria, applications, and innovation developments”, in *Energy Policy*, vol. 171, article 113303, pp. 1-32. [Online] Available at: doi.org/

10.1016/j.enpol.2022.113303 [Accessed 4 May 2024].

Moschella, A., Salemi, A., Lo Faro, A., Sanfilippo, G., Detommaso, M. and Privitera, A. (2013), “Historic Buildings in Mediterranean Area and Solar Thermal Technologies – Architectural Integration vs Preservation Criteria”, in *Energy Procedia*, vol. 42, pp. 416-425. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.egypro.2013.11.042 [Accessed 4 May 2024].

Musotto, L. (2017), “Habitat rupestri – Sostenibilità e Performance energetiche | Rupestrian Habitat – Sustainability and Energy Performance”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 2, pp. 61-66. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/282017 [Accessed 4 May 2024].

Reimann, L., Vafeidis, A. T., Brown, S., Hinchel, J. and Tol, R. S. J. (2018), “Mediterranean UNESCO World Heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea-level rise”, in *Nature Communication*, vol. 9, article 4161, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41467-018-06645-9 [Accessed 4 May 2024].

Rodwell, D. and Turner, M. (2018), “Impact Assessments for Urban World Heritage – European Experiences under Scrutiny”, in *Built Heritage*, vol. 2, suppl. 4, pp. 58-71. [Online] Available at: doi.org/10.1186/BF03545684 [Accessed 4 May 2024].

Ruggieri Tricoli, M. C. and Sposito, C. (2012), *I Siti Archeologici – Dalla definizione del valore alla protezione della materia*, Flaccovio, Palermo. [Online] Available at: hdl.handle.net/10447/62166 [Accessed 4 May 2024].

Saeli, M. and Campisi, T. (2020), “Architectural technologies for life environment: passive cooling strategies in the architectures of the Mediterranean area”, in *ArchTheo '20 – Conference Proceedings of V International Architectural Design Conference, Istanbul, Özgür Öztürk Dakam Yayınları, 6 November 2020*, pp. 7-23.

Saeli, M. and Saeli, E. (2015), “Analytical studies of the Sirocco room of Villa Naselli-Ambleri – A XVI century passive cooling structure in Palermo (Sicily)”, in *Journal of Cultural*, vol. 16, issue 3, pp. 344-351. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.culher.2014.06.006 [Accessed 4 May 2024].

Saeli, M., Saeli, E. and Campisi, T. (2014), “The sirocco chambers – Passive cooling structures in the XVI century Palermo area”, in *Proceedings of the 6th International Congress | Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the Mediterranean basin*, vol. II, Valmar, Roma, pp. 86-98.

Saleh H. S. and Saied, S. Z. (2017), “Green Architecture as a Concept of Historic Cairo”, in *Procedia Environmental Sciences*, vol. 37, pp. 342-355. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.064 [Accessed 4 May 2024].

Salkini, H., Greco, L. and Lucente, R. (2017), “Towards Adaptive Residential Buildings Traditional and Contemporary Scenarios in Bioclimatic Design (the Case of Aleppo)”, in *Procedia Engineering*, vol. 180, pp. 1083-1092. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.268 [Accessed 4 May 2024].

Seyedashrafi, B., Ravankhah, M., Weidner, S. and Schmidt, M. (2017), “Applying Heritage Impact Assessment to urban development – World Heritage property of Masjed-e Jame of Isfahan in Iran”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 31, pp. 213-224. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.002 [Accessed 4 May 2024].

Skjærseth, J. B. (2021), “Towards a European Green Deal – The evolution of EU climate and energy policy mixes”, in *International Environment Agreements | Politics, Law and Economics*, vol. 21, pp. 25-41. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s10784-021-09529-4 [Accessed 4 May 2024].

Sposito, C. and Scalisi, F. (2018), “Processo conservativo e significatività – Un approccio metodologico per la progettazione dei sistemi di protezione nei siti archeologici | Conservation process and significance – A methodological approach to plan shelters in archaeological sites”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 4, pp. 45-58. [Online] Available at: doi.org/

10.19229/2464-9309/462018 [Accessed 4 May 2024].

Taki, A. and Kumari, H. (2023), “Examining Mashra-biya’s Impact on Energy Efficiency and Cultural Aspects in Saudi Arabia”, in *Sustainability*, vol. 15, issue 13, article 10131, pp. 1-36. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su151310131 [Accessed 4 May 2024].

UNESCO (2021), *World Heritage and wind energy planning – Protecting visual integrity in the context of the energy transition – Inspiring practices from four European countries*. [Online] Available at: whc.unesco.org/en/wind-energy-planning/ [Accessed 4 May 2024].

UNESCO (1998), *Action Plan on Cultural Policies for Development*, adopted in the Intergovernmental Conference on Cultural Policies for Development, Stockholm, Sweden, 2 April 1998. [Online] Available at: culture-of-peace.info/annexes/declarations/Stockholm.pdf [Accessed 4 May 2024].

UNESCO, ICCROM, ICOMOS and IUCN (2022), *Guidance and Toolkit for Impact Assessments in a World Heritage Context*, UNESCO, Paris. [Online] Available at: icomos.es/wp-content/uploads/2022/10/Guidelines-renewable-energy-related-infrastructures-and-cultural-heritage_ICOMOS-Spain.pdf [Accessed 4 May 2024].

WCED – World Commission for Environment and Development (1987), *Our Common Future World*, Brundtland Report. [Online] Available at: are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html [Accessed 4 May 2024].

Yaghoubi, M. A., Sabzevari, A. and Golneshan, A. A. (1991), “Wind towers – Measurement and performance”, in *Solar Energy*, vol. 47, issue 2, pp. 97-106. [Online] Available at: doi.org/10.1016/0038-092X(91)90040-4 [Accessed 4 May 2024].

Zamani, Z., Heidari, S. and Hanachi, P. (2018), “Reviewing the thermal and microclimatic function of courtyards”, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, pp. 580-595. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.055 [Accessed 4 May 2024].

Zeyter, H., El-Bastawissi, I. Y. and Mohsen, H. (2022), “The impact of plastering on the hygrothermal behaviour of historical sandstone located in the coastal region of Lebanon”, in *APJ | Architecture and Planning Journal*, vol. 28, issue 1, article 11, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.54729/PBEF5462 [Accessed 4 May 2024].