

innovAZIONI

per la SOSTENIBILITÀ LOCALE

1
**20
23**





INDICE

1

Il Patrimonio culturale e gli effetti del cambiamento climatico: esempi di azioni di riduzione e gestione del rischio

2

L'intervista: i progetti SHELTER (Sustainable Historic Environments hoListic reconstruction through Technological Enhancement and community-based Resilience) e SIRIUS (Strategie per la gestione del patrimonio culturale a rischio)

3

Le buone pratiche selezionate dalla banca dati GELSO

4

L'approfondimento: i progetti HYPERION (Tecnologie, servizi e strumenti per supportare l'adattamento dei centri storici ai cambiamenti climatici) e WATERISKULT (la vulnerabilità dei beni culturali in ambiente sottomarino)

5

Bandi per buone pratiche, eventi, news



Redazione: Stefania Viti, Ilaria Leoni, Alessandra Luzi

Area Valutazioni economiche, contabilità e sostenibilità ambientale, percezione e gestione sociale rischi ambientali.

Progetto grafico: Sonia Poponessi. Area per la comunicazione istituzionale, la divulgazione ambientale, eventi pubblici e comunicazione interna.

Per scriverci: buonepratichegelso@isprambiente.it

In copertina: monitoraggio degli effetti microclimatici sul degrado dei monumenti nel sito dimostrativo di Venezia, progetto HYPERION

In questa pagina: allagamento dell'area di Santa Croce (Ravenna), progetto SHELTER

Il Patrimonio culturale e gli effetti del cambiamento climatico: esempi di azioni di riduzione e gestione del rischio

L' aumento dell'intensità e della frequenza degli eventi meteorologici estremi, le ondate di calore, la siccità, le alluvioni, gli incendi e l'aumento del livello del mare non mettono solo a rischio il futuro del nostro pianeta ma hanno un impatto negativo anche sul patrimonio culturale, con una frequenza crescente nel tempo. Inoltre, tali disastri e catastrofi impongono sfide di conservazione nuove e in continua evoluzione e creano la necessità di urgenti approcci innovativi di conservazione e salvaguardia, per rafforzarne la resilienza.

Le conseguenze degli eventi climatici estremi per il settore del patrimonio culturale non sono ancora state trattate o approfondite in modo adeguato. Lo stesso Green Deal europeo, risposta dell'UE alle grandi sfide poste alle nostre società e tabella di marcia per raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050, non cita in modo esplicito il patrimonio culturale.

Un elemento di complessità è rappresentato dall'assenza di metodologie comuni e riconosciute per ottenere informazioni affidabili, dati quantitativi o conoscenze approfondite sulle condizioni del patrimonio culturale.

L'Unesco già nel 1972 ha adottato la Convenzione sulla protezione del patrimonio mondiale, culturale e naturale dell'umanità, proprio con lo scopo di definire una lista dei siti di eccezionale importanza da un punto di vista culturale o naturale al fine di attivare una cooperazione internazionale per la protezione di tale patrimonio culturale universale.

Nel 2006, il Comitato del patrimonio mondiale Unesco ha adottato la relazione "Prevedere e gestire gli effetti dei cambiamenti climatici sul patrimonio mondiale", una "Strategia per aiutare gli Stati parte della convenzione ad attuare risposte gestionali appropriate", e un Documento di policy sull'impatto dei cambiamenti climatici sui siti del patrimonio mondiale. Nella sua versione più recente, il documento di policy, aggiornato nel 2016 in risposta al crescente numero di

siti del Patrimonio Mondiale interessati dal cambiamento climatico, stabilisce gli obiettivi da raggiungere entro il 2030 al fine di prevenire, evitare o ridurre al minimo i danni, utilizzando le risorse in modo efficiente, promuovendo la resilienza climatica e la riduzione delle emissioni di gas serra nel settore culturale. Il documento entra inoltre nel dettaglio di azioni suggerite ai singoli Stati firmatari della Convenzione, affinché definiscano accordi di adattamento climatico, misurino il miglioramento della capacità adattiva dei siti del Patrimonio mondiale, implementino azioni per ridurre l'impronta di carbonio nella gestione dei siti d'interesse e istituiscano quadri normativi a sostegno di queste azioni.

Con lo stesso orizzonte temporale l'Agenda 2030 dell'ONU ha incluso un target (il target 11.4) che fa esplicito riferimento alla necessità di potenziare gli sforzi per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo.

Nel 2021, con la Dichiarazione di Roma, approvata dai Ministri della cultura del G20, viene ulteriormente sottolineato il ruolo della cultura e dei settori creativi per lo sviluppo sostenibile. La cultura si avvia così ad assumere un ruolo più centrale, anche grazie al lavoro del Climate heritage network, lanciato nel 2019. Il Network internazionale lavora per incentivare la considerazione del settore artistico-culturale nel policy-making nell'ambito del riscaldamento globale.

Il Network ha lanciato, con l'orizzonte temporale 2022-2024, la nuova edizione del proprio Action plan e si pone due principali obiettivi: accrescere l'azione di contrasto al climate change e implementare le politiche a favore del clima inserendo la cultura e il patrimonio, al fine di creare eque strategie low-carbon.

A livello italiano, vista la grande rilevanza del patrimonio culturale e la vulnerabilità di alcuni luoghi caratteristici per il nostro Paese, tra cui Venezia, la tutela del patrimonio culturale è stata inserita nel Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.



Nella versione del Piano di dicembre 2022, emerge come l'acqua svolga un "ruolo predominante come fattore di degrado diretto e indiretto dei materiali costituenti i beni culturali. Inoltre, si conferma il ruolo del surriscaldamento termico nell'aumento del rischio di danneggiamento e di perdita irreversibile di paesaggi ed edifici storici.

La sfida che si pone oggi per tutti i tipi di patrimonio culturale, dai siti archeologici al patrimonio architettonico, ai paesaggi è quella di evitare il mal adattamento facendo in modo che il patrimonio culturale si adegui ai cambiamenti climatici, evitando il mal adattamento.

In questo numero del bollettino vengono proposte alcune buone pratiche, tratte dalla nostra banca dati, a protezione del patrimonio culturale realizzate come esempi di soluzioni potenzialmente replicabili in situazioni diverse.

Tra esse troviamo il progetto ARCH, che ha sviluppato un set di strumenti per l'identificazione, la valutazione e la gestione dei rischi, tra cui l'ARCH Disaster Risk Management Framework, un ciclo combinato di gestione del rischio di disastri (DRM) e adattamento ai cambiamenti climatici.

Il progetto STRENCH che nasce con l'obiettivo di migliorare le capacità del settore pubblico e privato di mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici e dei pericoli naturali capitalizzando modelli climatici, indici di rischio, valutazione della vulnerabilità, servizi e prodotti sviluppati, testati e applicati in precedenti progetti Interreg e H2020.

Il progetto CHEERS che ha l'obiettivo di rafforzare la protezione delle risorse culturali alpine, affrontando la gestione dell'emergenza e dei danni dovuti a rischi naturali, e di ridurre la vulnerabilità dei beni culturali, attraverso strumenti e metodi nazionali e transnazionali, schemi di governance e linee guida di intervento.

L'intervista è dedicata ai progetti SHELTER e SIRIUS, che hanno come obiettivo l'elaborazione di piani di gestione del rischio di catastrofi basati sulle caratteristiche specifiche del patrimonio culturale e il miglioramento delle procedure di monitoraggio, prevenzione e mitigazione dei rischi a cui questo è esposto.

L'approfondimento è dedicato al progetto Hyperion, rivolto alla realizzazione di una piattaforma in grado di fare previsioni sulla vulnerabilità al rischio climatico dell'intero tessuto urbano delle città d'arte.



L'intervista: i progetti SHELTER e SIRIUS per l'incremento della resilienza e la riduzione della vulnerabilità del patrimonio culturale

L'elaborazione di piani di gestione del rischio di catastrofi basati sulle caratteristiche specifiche del patrimonio culturale e il miglioramento delle procedure di monitoraggio, prevenzione e mitigazione dei rischi a cui questo è esposto sono gli obiettivi principali dei progetti SHELTER (Sustainable Historic Environments holistic reconstruction through Technological Enhancement and community-based Resilience) e SIRIUS (Strategie per la gestione del patrimonio culturale a rischio).

Abbiamo chiesto alla Prof.ssa Mariangela Vandini, referente scientifica del progetto e responsabile del Laboratorio Diagnostico e Coordinatrice della Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali presso il Dipartimento di Beni Culturali dell'Università di Bologna di illustrarci le finalità dei progetti e gli obiettivi conseguiti.

Shelter

Come nasce l'idea del progetto Shelter in relazione al tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici e che genere di attività sono state previste?

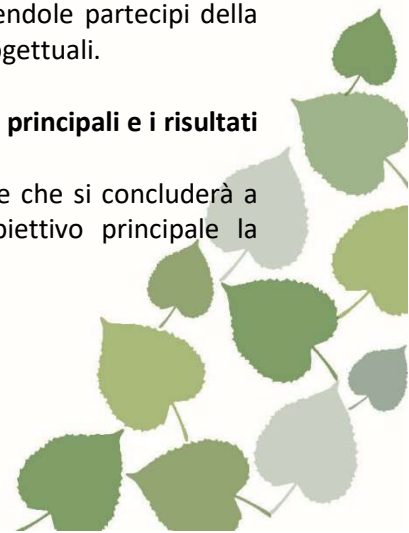
Guardando agli ultimi decenni, fortemente segnati dagli effetti del cambiamento climatico, il patrimonio culturale si è trovato esposto sempre più agli effetti dei disastri naturali amplificati da questo fenomeno, ponendo quindi nuove sfide ai decisori politici e ai gestori delle aree del patrimonio culturale. Per affrontare con successo le minacce poste dagli effetti del cambiamento climatico, è sempre più riconosciuta la necessità di un approccio olistico. Il progetto H2020 SHELTER, coordinato dall'istituto di ricerca spagnolo TECNALIA e di cui il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Edilizia e Costruzioni (CIRI EC) dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna è partner, mira a sviluppare un quadro di conoscenze basato sui dati e sul coinvolgimento dei cittadini che riunisca la comunità scientifica e i

gestori del patrimonio culturale. L'obiettivo del consorzio, che riunisce 23 partner da 9 Paesi europei, è quindi di definire una serie di strategie, metodologie e strumenti per aumentare la resilienza e ridurre la vulnerabilità nelle aree di interesse storico.

I risultati ottenuti sono stati testati in 5 aree europee, gli Open Lab, diversi per tipologia, scala e rischi a cui essi sono esposti, scelti in quanto rappresentativi delle principali sfide climatiche e ambientali della regione di riferimento. Tre a livello urbano - Dordrecht (NL), distretto di Seferihisar (TK), Santa Croce a Ravenna (IT) - e due su scala transfrontaliera - il bacino del fiume Sava nell'area balcanica e il Parco Naturale Serra Do Xurés in Galizia (ES), gli Open Lab hanno permesso di convalidare gli esiti del progetto messi a punto dai partner tecnici. Le interazioni con gli Open Lab consentono un continuo scambio di conoscenze locali, permettendo di interagire con le comunità e le parti interessate, rendendole partecipi della co-creazione di soluzioni progettuali.

Quali sono stati gli obiettivi principali e i risultati ottenuti?

SHELTER, iniziato nel 2019 e che si concluderà a giugno 2023, ha come obiettivo principale la



messa a punto di un framework operativo di conoscenza d'eccellenza, ovvero una piattaforma di dati multi-scala e multi-source in grado di fornire le informazioni necessarie per una pianificazione e una governance adattiva con un occhio di riguardo al patrimonio e alla sua salvaguardia.

Una piattaforma ricca di risorse per le autorità locali, i decisori politici, il sistema di protezione civile, i proprietari e i gestori dei beni culturali, i professionisti della conservazione per avviare una trasformazione delle aree patrimoniali verso un ambiente più resiliente, circolare e inclusivo che sfrutti le opportunità offerte dalla complementarità delle conoscenze dei vari settori, per una migliore risposta ai rischi naturali. Il lavoro su aree studio diverse fra loro e la vasta gamma di rischi considerata, garantisce un'alta replicabilità dei modelli informativi e database, servizi e strumenti sviluppati, sia come insieme che come singoli risultati.

Attraverso il sito web del progetto (www.shelter-project.com) sono fruibili gli esiti del lavoro, che spaziano da metodologie e strumenti, oltre ad una Wiki, un'ontologia tradotta in 5 lingue diverse che permette di disporre di un vocabolario comune tra partner ed enti locali e i prodotti (deliverable) delle diverse attività. La fine del progetto vedrà inoltre l'implementazione sul sito web di una step-by-step guide che permetterà ai diversi utenti di accedere facilmente ai vari ambiti di lavoro dei risultati ottenuti in questi anni.

A livello locale, le attività del progetto SHELTER hanno permesso di costituire un team interdisciplinare di ricercatori del Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale in Edilizia e Costruzioni (CIRI-EC) dell'Università di Bologna, riunendo competenze diverse e complementari per lavorare nel complesso di Santa Croce, l'Open Lab di Ravenna. Il complesso si trova nel centro della città e rientra nella buffer zone dell'area monumentale di San Vitale, uno degli otto WHS della città. La Chiesa di Santa Croce era nell'antichità un edificio unico con il Mausoleo

di Galla Placidia costruito sui resti di una domus romana, ancora oggi parzialmente visibile nell'area archeologica circostante. I passati scavi archeologici hanno definito l'attuale configurazione del bacino dell'area, interessato da fenomeni di allagamento e subsidenza delle acque sotterranee. Inoltre, sebbene si trovi in una zona a sismicità relativamente bassa, la precarietà della struttura della Chiesa la rende potenzialmente vulnerabile alle scosse sismiche. La sua collocazione all'interno di una buffer zone UNESCO e il complesso modello di governance hanno reso l'area di Santa Croce un prototipo ideale da un lato per avviare un dialogo con gli stakeholder sui temi della resilienza e della gestione del rischio rilevanti per tutti i siti del patrimonio della città, dall'altro, per studiare il contesto di un sito UNESCO senza interferire direttamente con esso.



Particolare dell'area archeologica di Santa Croce – Ravenna

Il Dipartimento di Beni Culturali è anche promotore del progetto SIRIUS, insieme a Fondazione Flaminia e al Comune di Ravenna. Quali sono le sue peculiarità per quanto riguarda i rischi legati agli impatti dei cambiamenti climatici?

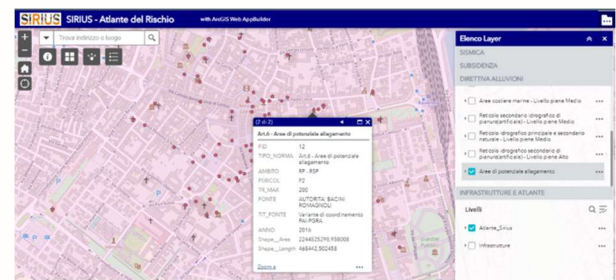
Il [Progetto SIRIUS - Strategie per la gestione del patrimonio culturale a rischio \(unibo.it\)](#) ha l'obiettivo di supportare gli Enti e le Istituzioni locali e la cittadinanza di Ravenna nella prevenzione, mitigazione e monitoraggio dei rischi a cui il patrimonio culturale è esposto. Alluvioni, eventi meteorologici estremi, terremoti e maremoti ma anche rischi derivanti direttamente dalle azioni dell'uomo possono minacciare la sopravvivenza di quelle espressioni e testimonianze storiche e culturali che rappresentano l'identità della Comunità stessa. Quindi, sebbene il progetto SIRIUS non nasca specificatamente legato ai soli impatti del cambiamento climatico in atto, nella sua fase iniziale di raccolta dati ne ha tenuto ovviamente e prioritariamente conto. Un riferimento specifico può essere fatto sia al rischio alluvioni (che è predominante nel territorio ravennate), sia all'ingressione marina (che è un fenomeno attenzionato dalle Autorità locali).

Secondo il recente "Rapporto di ISPRA sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati", 4.1% della popolazione italiana risiede in territori affetti dal rischio di allagamenti o inondazioni e il 7.8% del nostro patrimonio culturale rientra negli stessi territori. Ancora più significativo è che circa il 7.4% dei Comuni italiani presenta almeno 1/5 del proprio territorio in cui questo fenomeno è altamente probabile. Con circa l'11.6% del territorio potenzialmente allagabile, l'Emilia-Romagna si colloca tra le regioni a più elevata pericolosità.

Alla naturale propensione territoriale a questi fenomeni si devono anche aggiungere gli effetti determinati dal cambiamento climatico in atto

(con conseguente incremento di eventi meteorologici estremi) e l'eccessiva antropizzazione, spesso collegata a fenomeni di sfruttamento intensivo del territorio, che sono concause del rischio.

L'integrazione dei diversi set di dati resi esplorabili attraverso l'impiego di un sistema digitale georeferenziato (GIS) – Atlante del Rischio (accessibile liberamente dal sito di progetto SIRIUS), la condivisione di buone pratiche d'intervento e la costruzione di una vera e propria "Cultura del rischio", hanno permesso l'avvio di un processo di adeguamento e miglioramento delle procedure di tutela e salvaguardia a beneficio del Patrimonio Culturale locale e della Comunità stessa.



Esempio di pagina dell'Atlante del Rischio SIRIUS

Sono state promosse attività di formazione per un potenziamento delle competenze nel settore?

In entrambi i progetti sono stati coinvolti gli studenti dell'Università di Bologna, sia durante attività didattiche curricolari, sia in progetti di tesi di laurea e di ricerca dottorale e post-dottorale. In particolare, per il progetto SIRIUS le attività di formazione sono state rivolte principalmente agli studenti dei corsi di studio del Dipartimento di Beni Culturali (Università di Bologna – Campus di Ravenna).

Come esempio significativo, nell'ambito dell'insegnamento in Fisica applicata per i beni culturali (a.a. 2021-2022), gli studenti hanno svolto attività di lavoro in gruppi finalizzata all'identificazione, valutazione e prioritizzazione dei rischi impattanti su monumenti ed edifici storici del patrimonio culturale ravennate. In



prospettiva, nel mese di maggio prossimo, si svolgerà un laboratorio didattico, “Obiettivo 18”, in cui il tema del patrimonio culturale a rischio sarà declinato nell’ambito degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell’Agenda ONU 2030.

Queste esperienze sono considerate propedeutiche alla pianificazione di un percorso di aggiornamento che coinvolga operatori di settore e funzionari di Enti che, sul territorio, sono preposti alla tutela e salvaguardia del patrimonio.

Sono state avviate attività di informazione e di sensibilizzazione ed eventualmente in che modo hanno coinvolto coloro che vi hanno aderito?

Le attività di informazione e sensibilizzazione sono state rivolte direttamente alla Cittadinanza di Ravenna, coinvolgendo diverse fasce di età. Sono stati realizzati eventi aperti alla cittadinanza, come ad esempio il convegno Beni culturali e ambientali a rischio. Competenze, formazione e strategie territoriali, tenutosi a Ravenna in novembre 2019 che ha costituito, a tutti gli effetti, la nascita dell’idea del progetto SIRIUS.

In occasione della Notte Europea dei Ricercatori 2021, il gruppo di ricerca del progetto SIRIUS ha realizzato un percorso interattivo che, facendo leva sull’aspetto emozionale, invitava i visitatori a riflettere sul concetto di patrimonio culturale a rischio, stimolando così una riflessione su cosa la perdita di questo patrimonio avrebbe comportato in termini di identità socio-culturale e senso di appartenenza alla Comunità.

Attraverso fotografie, video e suoni, il percorso, chiamato “Sotto una buona stella”, si sviluppa in quattro sezioni tematiche (Osserva, Ascolta, Scopri e Tuteliamo). In quell’occasione, il pubblico aveva apprezzato soprattutto la possibilità di osservare il patrimonio culturale cittadino, attorno cui vive la propria quotidianità, sotto una diversa lente. Tutti i prodotti di questa esperienza sono ora liberamente fruibili attraverso il sito web di progetto.

Gli studenti delle scuole superiori hanno partecipato, invece, al percorso PCTO “I-Care:

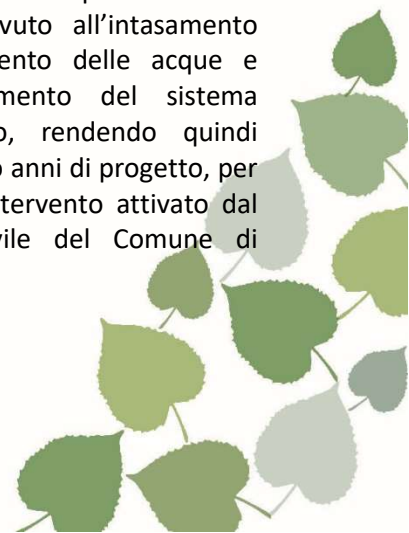
Insieme per la Comunicazione del Patrimonio Culturale a rischio”: un’esperienza in cui, guidati dal gruppo di ricerca, hanno elaborato strategie di comunicazione specificatamente dedicate al tema. Combinando lezioni frontali, per trasmettere ai giovani partecipanti alcune nozioni di base sul concetto di patrimonio culturale a rischio, con attività pratico-laboratoriali, per comprenderne la complessità, il percorso vede ora gli studenti impegnati nell’elaborazione di propri progetti di comunicazione rivolti ad un target di loro coetanei e che saranno presentati alla Cittadinanza durante la prossima Notte Europea dei Ricercatori.



Percorso PCTO I – CARE

In entrambi i progetti (Shelter e Sirius) sono state riscontrate criticità ed eventualmente come sono state affrontate?

Per il progetto SHELTER le principali criticità riscontrate nell’Open Lab di Ravenna hanno riguardato la complessa gestione di un sito, l’area di Santa Croce, attualmente di proprietà del Comune e della Diocesi e parzialmente mantenuto dalla SABAP Ravenna. In particolare, il problema di una mancata manutenzione costante ha determinato in più occasioni l’allagamento dell’area dovuto all’intasamento delle linee di allontanamento delle acque e nonché del malfunzionamento del sistema generale di emungimento, rendendo quindi necessario, in questi quattro anni di progetto, per ben due volte, il pronto intervento attivato dal settore di Protezione Civile del Comune di



Ravenna e realizzato da una Associazione di Protezione Civile locale (RC Mistral), con squadre di volontari formati per lo specifico intervento e coordinati dai tecnici della Soprintendenza. A tale proposito tra i documenti finali che verranno consegnati ai proprietari dell'area nel sito, si segnala un Piano di Conservazione/Manutenzione Preventiva e Programmata la cui efficacia risulterà strategica solo all'indomani di una revisione generale dell'impianto di emungimento del sito. Per il progetto SIRIUS la principale criticità finora affrontata ha riguardato la dispersione dei dati da mettere a sistema per la costituzione dell'Atlante del Rischio. I dati disponibili a livello regionale, sia per quanto concerne il rischio territoriale, sia per la mappatura del patrimonio culturale, sono numerosi; tuttavia, essi sono distribuiti attraverso diversi depositi online e sono stati creati per scopi differenti da quello proposto dal progetto SIRIUS. La difficoltà maggiore è stata, dunque, individuare e reperire questi diversi dataset e trovare la modalità più efficace per metterli in comunicazione. Per sciogliere questa criticità, oltre al supporto delle Istituzioni, è stato fondamentale l'apporto di un gruppo di ricerca motivato che, attraverso un'approfondita ricerca preliminare e il recupero di tutti i dati, ha poi sviluppato un sistema georeferenziato di esplorazione dei dati. Questo strumento, chiamato "Atlante del Rischio" fruibile liberamente dal sito del progetto, permette di visualizzare a quali rischi impattanti sul territorio il patrimonio culturale è esposto.

È possibile ipotizzare, sulla base delle metodologie impiegate, sviluppi futuri per entrambi i progetti?

Per il progetto SHELTER il team di ricerca interdisciplinare ha implementato una strategia di monitoraggio dell'area con una serie di sensori e rilievi che affrontano i rischi di subsidenza, terremoto e allagamento da acque sotterranee. L'obiettivo finale del Ravenna Open Lab è di definire piani di manutenzione e conservazione

preventiva e programmata che consentano ai gestori di affrontare i rischi a cui questa - e altre aree del patrimonio culturale della città - sono esposte. Le attività di ricerca e monitoraggio hanno infatti permesso di testare metodologie che porteranno alla definizione di strategie di gestione replicabili in altri siti del patrimonio culturale della città che si trovano ad affrontare rischi e sfide istituzionali simili.

Nel suo essere un progetto fortemente a scala locale, il progetto SIRIUS, nasceva dalla volontà di esplorare gli approcci già proposti a livello internazionale e provare a scolarli su un piano più ristretto. A livello internazionale, infatti, da alcuni anni sono disponibili raccomandazioni e suggerimenti elaborati su specifici casi studio virtuosi, come nel caso delle collezioni museali. SIRIUS si prefiggeva di valutarne una possibile "applicazione estesa" su tipologie diverse di patrimonio culturale. Da questa esperienza è derivata, all'interno del gruppo di ricerca, la consapevolezza che questi modelli internazionali rappresentano sia potenzialità che criticità nella loro traduzione a livello locale. È dunque ipotizzabile che, nel futuro, si continui a valutarne entrambi gli aspetti per giungere finalmente da una strategia il più possibile condivisa. La prospettiva di una consistente implementazione del progetto SIRIUS è garantita dall'inserimento dello stesso nello spoke 6 – *History, Restoration and Conservation of Cultural Heritage* del progetto CHANGES, del PNRR Next Generation EU del Ministero dell'Università e della Ricerca.

Le buone pratiche pratiche selezionate dalla banca dati GELSO



DESCRIZIONE

Il progetto ARCH, acronimo di "Advancing Resilience of Historic Areas against Climate-related and other Hazards", è un'iniziativa finanziata dall'Unione Europea che ha sviluppato un quadro di gestione del rischio per i disastri al fine di valutare e migliorare la resilienza delle aree storiche a cambiamenti climatici e calamità naturali. Il progetto ARCH si è concentrato sull'identificazione, la valutazione e la gestione dei rischi, nonché sulla promozione della cooperazione tra le parti interessate, come le autorità locali, i proprietari di immobili e la comunità locale.

Il progetto ha coinvolto varie città europee, tra cui le italiane Camerino, Alba e Appignano del Tronto, che rappresentano diverse sfide e opportunità per la conservazione del patrimonio culturale e naturale.

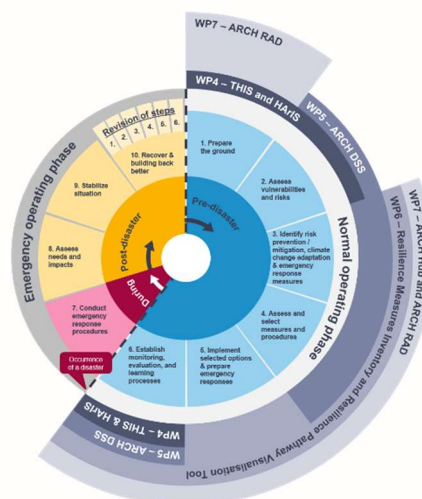
ATTIVITÀ

La valutazione dello stato dell'arte condotta inizialmente ha messo in evidenza alcuni punti focali su cui rivolgere le attività del progetto, quali in particolare l'integrazione tra la gestione del patrimonio culturale e la gestione del rischio di catastrofi e l'inclusione delle comunità locali, delle pratiche locali e delle conoscenze tradizionali nella gestione del rischio per le aree storiche.

Per ognuna delle città pilota (Bratislava, Camerino, Amburgo e Valencia) è stato redatto un rapporto di base multidimensionale, in relazione alle aree storiche selezionate, su gestione del patrimonio culturale, riduzione del rischio di disastri e adattamento ai cambiamenti climatici. Sulla base di questi rapporti, i

partner del progetto hanno condotto incontri di match-making con ogni città per abbinare i problemi locali alle soluzioni specifiche fornite da ARCH. Oltre agli incontri di match-making, ogni città pilota di ARCH ha identificato i "partenariati locali" e ha sviluppato un piano di lavoro per le attività locali.

Sulla base del lavoro esplorativo, ARCH ha sviluppato un ciclo combinato di gestione del rischio di disastri (DRM) e adattamento ai cambiamenti climatici, l'ARCH Disaster Risk Management Framework.



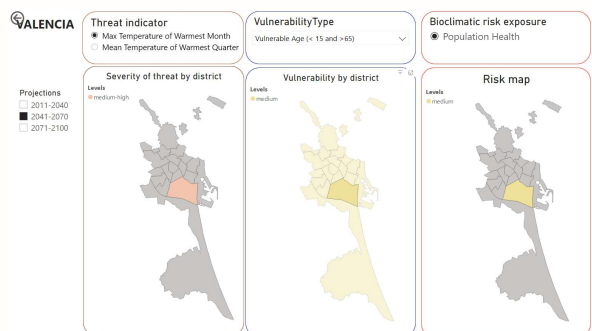
Schema dell'ARCH Disaster Risk Management Framework. Fonte: <https://savingculturalheritage.eu/>

L'ARCH DRM Framework è specificamente rivolto alle aree storiche e aiuta gli attori dei settori della gestione del patrimonio, della gestione del rischio di catastrofi e dell'adattamento ai cambiamenti climatici a capire quali sono i passi necessari per sviluppare un piano combinato di gestione del rischio di catastrofi e di adattamento ai cambiamenti climatici.

RISULTATI/IMPATTI

Nel corso dei tre anni del progetto, i partner hanno elaborato un set di strumenti rivolti alla resilienza, alla gestione del rischio di catastrofi e all'adattamento ai cambiamenti climatici del patrimonio culturale e delle aree storiche. Ogni strumento è stato messo a punto attraverso un processo di co-creazione ed è stato testato in una delle città pilota. ARCH HUB è uno sportello unico per trovare indicazioni, strumenti e altre risorse per costruire la resilienza delle aree storiche. La pagina delle risorse dell'HUB fornisce non solo i link diretti a tutti gli strumenti ARCH, ma anche una selezione di risorse che hanno informato gli approcci ARCH e ne integrano i risultati. Il Sistema Informativo Aree Storiche e il Sistema Informativo Minacce e Pericoli (ARCH HARIS e THIS), sono sistemi geo-informativi interconnessi basati sul web che forniscono informazioni sulle condizioni delle aree storiche e del patrimonio culturale e sui rischi, nonché informazioni ambientali.

Le informazioni fornite dai due sistemi informativi sono usate dall'ARCH Decision Support System (o ARCH DSS) per la valutazione della vulnerabilità e del rischio in diversi scenari (storici e artificiali). Il DSS è stato utilizzato dalla Città di Camerino nell'ambito del processo di ricostruzione post-sisma.



ARCH Decision Support System: valutazione della vulnerabilità della popolazione <15 >65 alle ondate di calore per la Città di Valencia. Fonte: <https://websites.fraunhofer.de/arch/project/arch-decision-support-system/>

Successivamente all'elaborazione dei diversi scenari, la selezione delle misure da adottare è supportata dall'ARCH Resilience Measures Inventory (RMI), una raccolta di oltre 250 misure per costruire la resilienza

del patrimonio locale, sia per il patrimonio edilizio urbano che per quello agricolo. In questo tool, le misure proposte possono essere filtrate in base ai rischi pertinenti, ad esempio incendi e ondate di calore. L'RMI è integrato dal Resilience Pathway Visualization Tool (RPVT), per creare visualizzazioni grafiche dei percorsi di resilienza.

L'ARCH Resilience Assessment Dashboard (RAD), invece, aiuta le città a valutare la maturità della resilienza delle loro aree storiche e a monitorarla nel tempo. Si tratta di uno strumento di autovalutazione che può essere utilizzato in versione "rapida" o "dettagliata", a seconda della quantità di tempo e di informazioni a disposizione degli utenti. Il RAD è stato testato a Bratislava, che sta lavorando al documento strategico Bratislava 2030, incentrato sullo sviluppo locale e sulle azioni contro il cambiamento climatico.

ARCH ha lavorato anche sulla standardizzazione, producendo un CEN Workshop Agreement (o "CWA") sullo sviluppo della resilienza delle città - CWA 17727 su un quadro di gestione del rischio di disastri/adattamento ai cambiamenti climatici per le aree storiche. Il CWA si basa sul Disaster Risk Management Framework elaborato dal progetto e ha l'obiettivo di definire una visione più completa della resilienza, che combina la gestione del rischio di disastri e le attività di adattamento ai cambiamenti climatici per i centri storici.

TRASFERIBILITÀ

Le soluzioni tecnologiche elaborate dal progetto sono state testate sia dalle città partner (Bratislava, Camerino, Amburgo e Valencia) sia da una rete di apprendimento reciproco costituita da altri 12 comuni europei, garantendo un'ampia replicabilità dei risultati del progetto.

Un elemento chiave del progetto è stato la "co-creazione" dei tool sviluppati, un approccio che ha coinvolto gli stakeholder cittadini nel perseguimento degli obiettivi del progetto, favorendo l'applicabilità, l'accettazione e la replicabilità dei risultati.





DESCRIZIONE

Il progetto CHEERS - *Cultural HERitagE. Risks and Securing activities* ha sviluppato e attuato l'idea innovativa di coinvolgere nella tematica della prevenzione e della gestione delle emergenze per rischi naturali anche l'aspetto legato alla salvaguardia dei beni culturali, mettendo a disposizione protocolli, linee guida e metodologie per la messa in sicurezza del capitale culturale.

Cheers ha focalizzato l'attenzione sull'arco alpino, un territorio fragile dal punto di vista ambientale ma con un ricco patrimonio culturale, espressione delle identità locali che contribuisce fortemente al mantenimento delle economie locali. Le catastrofi naturali che colpiscono il territorio alpino e che rischiano di essere aggravate dai cambiamenti climatici, rappresentano una grave minaccia in termini di sicurezza e fruizione dei beni culturali.

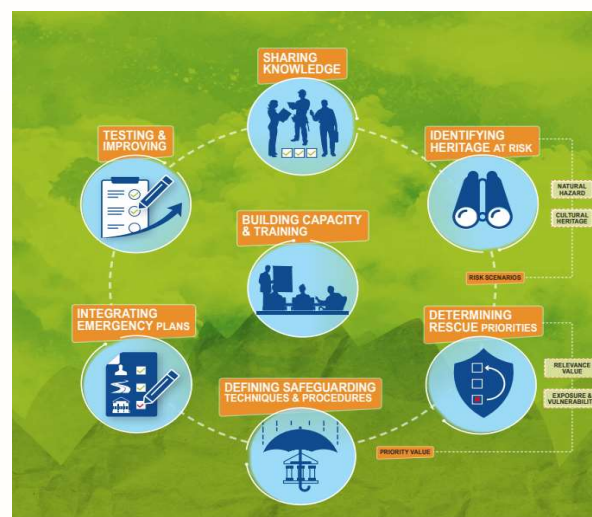
Nella valutazione del rischio, nella riduzione del pericolo e nella gestione dei disastri l'attenzione viene posta soprattutto sulla protezione delle vite umane e delle infrastrutture, mentre la salvaguardia delle risorse culturali non è altrettanto adeguatamente affrontata.

Sebbene il settore dei beni culturali in Italia sia estremamente normato, spesso mancano le procedure ed il *know-how* necessari per gestire la messa in sicurezza delle risorse culturali in caso di evento calamitoso. Ciò è particolarmente vero quando si tratta di beni non gestiti, beni culturali minori e locali diffusi sul territorio ad esempio, vecchie cappelle che si possono trovare nelle valli alpine. Il progetto si è concentrato su questa lacuna e nello specifico su tre principali aree di rischio: i cambiamenti climatici, i disastri naturali e le attività umane. Cheers, in

particolare, si propone di sviluppare nuove tecnologie e approcci per la valutazione del rischio, la prevenzione e la gestione delle emergenze che coinvolgono i beni culturali, riducendo così i danni causati dai disastri.

ATTIVITÀ

L'approccio tenuto dal progetto ha permesso da un lato di favorire una migliore comprensione dei danni a cui il patrimonio culturale è potenzialmente soggetto e proporre di conseguenza schemi di *governance* che ne riducano la vulnerabilità, tenendo conto sia delle caratteristiche intrinseche dei singoli beni culturali, sia dei rischi specifici a cui tali beni potrebbero essere sottoposti. A questo si è affiancata una stabile cooperazione e condivisione delle conoscenze, nella rete di soggetti coinvolti, supportata da strumenti e metodi che favoriscono questo coordinamento.



Strutturazione del progetto per moduli. Fonte <https://www.alpine-space.eu/project/cheers/>

Gli obiettivi operativi di Cheers hanno riguardato la produzione di una metodologia per le comunità locali

di tutto l'arco alpino finalizzata al riconoscimento e all'identificazione del patrimonio culturale a rischio che necessita di interventi prioritari di salvaguardia. Le attività sono state anche finalizzate al miglioramento della capacità delle comunità locali di gestire gli interventi di salvaguardia dei beni culturali dai rischi naturali, da affiancare alla costruzione di elementi innovativi per la valorizzazione e l'attuazione di politiche nel campo della tutela e del recupero del patrimonio culturale quale capitale territoriale fondamentale.

Questi obiettivi sono stati raggiunti attraverso un approccio olistico e multilivello che ha riguardato la costruzione di una base conoscitiva per identificare il patrimonio culturale in pericolo e l'istituzione di tecniche di conservazione di riferimento per gli operatori del settore. Sono state utilizzate tecnologie innovative per sviluppare anche efficaci strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

sul rischio alluvione nella città di Trento, con lo scopo di ottenere un aggiornamento dei Piani di emergenza della Provincia Autonoma per gestire lo scenario di rischio di esondazione dell'Adige, con interventi di messa in sicurezza dei beni culturali.

Il lavoro sul sito pilota ha riguardato: l'analisi dello scenario dell'evento (l'esondazione dell'Adige), la mappatura dei beni culturali e l'analisi dell'esposizione del patrimonio culturale, identificando i beni potenzialmente esposti e la definizione delle priorità di intervento nella messa in sicurezza degli stessi, attraverso l'assegnazione di un "valore di triage" e una valutazione della vulnerabilità dei beni esposti al rischio. Il valore aggiunto di questo metodo sta nell'aver ricostruito l'intero percorso di valutazione finalizzato alla definizione di una priorità di intervento e quindi nell'aver trovato un equilibrio tra l'istanza qualitativa, che appartiene all'operatore della tutela culturale, e quella quantitativa, quindi misurabile, imposta dalla definizione di una priorità, consentendo di operare valutazioni su scale anche di diverso livello, senza perdere di definizione. L'obiettivo finale è stato quello di valorizzare e proteggere il patrimonio culturale della valle dell'Adige, promuovendo allo stesso tempo l'inclusione sociale e la partecipazione attiva della comunità locale.



Sintesi grafica su panoramica e avanzamento del progetto. Fonte <https://www.facebook.com/CheersALPS>

Per ciascuno dei paesi partner è stata presa in esame un'area pilota, ognuna differente dalle altre per tipologia di beni culturali e pericoli naturali indagati. Per l'Italia l'area pilota scelta è stata la valle dell'Adige, nella Provincia autonoma di Trento, dove si è lavorato

RISULTATI/IMPATTI

Il progetto ha sviluppato un sistema avanzato di monitoraggio e di gestione dei rischi per il patrimonio culturale, basato su un set di strumenti integrati per la creazione di una lista di priorità dei beni.

L'applicazione di tali strumenti prevede la collaborazione fra pianificatori di emergenza, esperti della gestione del patrimonio culturale, con il coinvolgimento di tutti i soggetti portatori di interesse.

In particolare i *tool* creati operano sulla rilevanza e vulnerabilità come ATTACH - *evAluaTion Tool for Alpine Cultural Heritage*, volto a produrre una valutazione indicativa della rilevanza di ciascun bene rispetto al novero complessivo del patrimonio esposto, partendo

da una analisi basata su diverse categorie di valore (storico, estetico e artistico, scientifico, economico, uso e fruizione, comunitario e di identità). ATTACH quindi consente di attribuire ad ogni bene un punteggio che ne esprime la rilevanza e la conseguente componente nella priorità di intervento.

Il secondo *tool* sviluppato è THREAT - *culTural Heritage Risk EvaluATion*, orientato a integrare le valutazioni prodotte da ATTACH con stime rispetto alla vulnerabilità dei beni, consentendo in tal modo di esprimere la probabilità che un bene subisca danni (reversibili o irreversibili) in caso di evento.

Con la realizzazione del Cheers Network è stata possibile la collaborazione concreta tra i diversi soggetti addetti all'emergenza ed esperti dei beni culturali e la predisposizione di una proposta per l'integrazione dei Piani di protezione civile con le specifiche previsioni per la preparazione della salvaguardia dei beni culturali.

Sono stati inoltre organizzati workshop, seminari e training per la formazione di professionisti e operatori del patrimonio culturale.

Tutti gli approcci e gli strumenti prodotti da CHEERS sono poi stati sintetizzati e proposti in un Sourcebook.

Alla luce dei risultati raggiunti, l'Agenzia per la Coesione Territoriale ha incluso Cheers tra i progetti "faro", ovvero quei progetti finanziati dalla CTE (Cooperazione Territoriale Europea) che hanno prodotto cambiamenti effettivi, misurabili e duraturi nei territori coinvolti. L'obiettivo del modello di raccolta di queste progettualità è stato quello di mettere in luce i migliori risultati emersi nel ciclo di programmazione 2014-2020 sulla base di due principali criteri: rilevanza e sostenibilità.

TRASFERIBILITÀ

Il progetto ha lavorato sul tema della tutela e messa in sicurezza dei beni culturali esposti a hazard naturali ed è stato prevalentemente orientato alle attività di pianificazione e prevenzione, elemento che lo ha fortemente caratterizzato. Lo sviluppo di nuovi modelli di pianificazione dell'emergenza per la salvaguardia del patrimonio culturale, costruiti su esperienze pilota condivise, è stato proprio finalizzato alla loro trasferibilità e replicabilità a livello transnazionale.

Inoltre la creazione di un *network* europeo di esperti e professionisti del patrimonio culturale ha garantito la promozione e la condivisione di buone pratiche e di elementi innovativi per la valorizzazione e l'attuazione di politiche di tutela e di recupero dei beni culturali.



Sourcebook finalizzato al trasferimento e alla replicabilità degli approcci metodologici CHEERS. Fonte <https://www.facebook.com/CheersALPS/>





STRENCH

DESCRIZIONE

Il progetto STRENCH – *Strengthening resilience of cultural heritage at risk in a changing environment through proactive transnational cooperation* nasce con l'obiettivo di migliorare le capacità dei decisori politici, delle autorità pubbliche, del settore privato e degli attori sociali di mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici e dei pericoli naturali, al fine di rafforzare la resilienza del patrimonio culturale a rischio utilizzando modelli climatici, valutazioni della vulnerabilità, indici di rischio, strumenti WebGIS sviluppati, testati e applicati in precedenti progetti Interreg e Horizon 2020, specificamente dedicati a questo tema, capitalizzandone i risultati.

Le diverse soluzioni implementate mirano a supportare gli stakeholder locali nel percorso di miglioramento del proprio know-how sul processo di definizione delle priorità di intervento e delle strategie innovative per la salvaguardia del patrimonio culturale esposto a eventi estremi correlati ai cambiamenti climatici.

ATTIVITÀ

Nel corso di due anni di attività del progetto, terminato a febbraio 2022, i partner, ciascuno con i propri siti pilota, da parchi storici, borghi in rovina, palazzi minacciati da inondazioni e incendi a paesaggi culturali esposti a eventi estremi legati al cambiamento climatico, hanno lavorato congiuntamente per realizzare gli obiettivi del progetto.

STRENCH ha contribuito al miglioramento dello strumento WebGIS per la valutazione multirischio, inizialmente elaborato nell'ambito del progetto ProteCHT2save e, promuovendone la sua implementazione nei 7 siti pilota selezionati (come casi

studio), ha fornito agli organi decisionali uno strumento prezioso per la pianificazione futura nella gestione del rischio di catastrofi.

Nel contesto di operatività di STRENCH, il WebGIS è stato specificamente adattato e applicato al fine di proporre soluzioni facilmente utilizzabili come mappe dei rischi climatici ad alta risoluzione spaziale e metodologie per la classificazione della vulnerabilità del patrimonio culturale, incluso il paesaggio.

Lo strumento implementato per la mappatura del rischio contribuisce in particolare alla Priorità 4 del Quadro per la riduzione dei rischi di catastrofi Sendai¹ (Enhancing disaster Preparation and “Build Back Better”) mettendo a disposizione mappe dei pericoli climatici generate applicando servizi satellitari, database orientati alle misure sulle criticità del Cultural Heritage e interventi di priorità per rafforzare la resilienza ai disastri.

Le attività del progetto sono state rivolte anche allo sviluppo di 7 strategie di gestione del rischio sostenibile (una per ogni sito pilota). Per i casi studio sono state rese disponibili l'analisi della vulnerabilità insieme a una metodologia fornita per valutazioni future e/o aggiuntive.

Questi strumenti sono stati sviluppati con il contributo delle parti interessate locali, durante i tavoli di lavoro tenuti annualmente in ciascun sito.

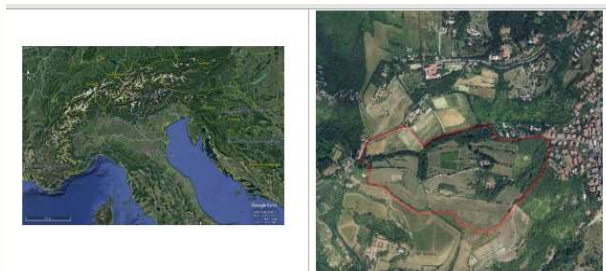
Il caso studio italiano ha riguardato una valutazione del rischio per il Parco di Villa Ghigi, area verde pubblica di proprietà del

¹ Il Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 fissa 7 obiettivi e 4 priorità di azioni per ridurre i rischi di catastrofi, ed è

stato adottato nella terza UN World Conference a Sendai, in Giappone, il 18 Marzo 2015.



Comune di Bologna, situato sulla prima collina in vista della città.



Posizionamento geografico del sito (a sinistra) con delimitazione dell'estensione dell'area (a destra). Fonte <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH/STRENCH-Case-Studies-Summary.pdf>

Tutti gli edifici presenti sono stati esclusi da questa valutazione. L'applicazione del Risk Mapping Tool all'area verde è stata fatta per mostrare il potenziale dello strumento a livello locale. Il parco riassume le caratteristiche e le qualità paesaggistiche e naturalistiche dei colli bolognesi, così come le dinamiche, le vulnerabilità e le problematiche tipiche del territorio collinare, che negli ultimi tempi sono diventate sempre più frequenti e sono spesso legate ad eventi meteorologici estremi.



Uno scorcio dell'edificio di Villa Ghigi. In primo piano e, accanto alla villa, un cedro monumentale (*Cedrus deodara*). Fonte <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH.html>

Oltre a rilevare i beni culturali esistenti presenti presso il sito pilota sono stati indagati gli eventi calamitosi accaduti in passato e i danni connessi, evidenziando le misure poste in essere durante e dopo gli eventi. Sono inoltre state rilevate tutte le altre informazioni importanti utili per la conoscenza approfondita del sito.

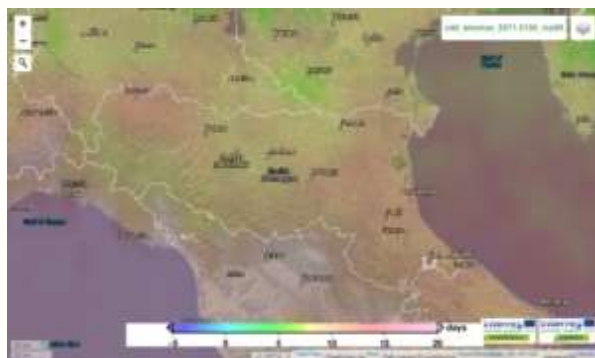


Il mosaico di ambienti che caratterizza il Parco di Villa Ghigi. Fonte <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/STRENCH.html>

Per la gestione del rischio e la salvaguardia dei beni culturali a rischio sono state infine promosse azioni di formazione.

RISULTATI/IMPATTI

Nell'ambito del progetto STRENCH è stato implementato lo strumento WebGIS - Risk Mapping Tool for Cultural Heritage Protection" ideato con l'obiettivo finale di visualizzare in modo interattivo mappe di rischio climatico ad alta risoluzione spaziale. Le mappe di pericolosità degli eventi estremi realizzate mostrano le regioni a rischio nell'Europa centrale e nell'area mediterranea. I dati satellitari utilizzati sono quelli del programma Copernicus, dell'Agenzia spaziale europea. Si possono indagare fattori come forti piogge e periodi di siccità che sono alla base di eventi come inondazioni improvvise, frane e incendi boschivi. A partire dai dati storici è possibile costruire mappe previsionali, basate sulla modellistica climatica, per due periodi futuri (2021-2050 e 2071-2100) e uno storico (1975-2005), con differenti scenari climatici.



Esempio di mappa previsionale che mostra il numero massimo in un anno di giorni asciutti consecutivi previsti nel periodo 2071-2100. Fonte <https://www.fondazionevillaghigi.it/fondazione/storia-e-attivita/indagini-e-progetti/progetto-interreg-strench/>

Le mappe ottenute descrivono come e dove i possibili cambiamenti legati a questi fenomeni influenzeranno i territori e a quali rischi potrà andare incontro il patrimonio culturale (edifici storici, siti archeologici, piccoli borghi in zone montane e costiere, giardini storici, ecc.) da oggi al 2100.

Nell'ambito del progetto, per ogni sito pilota, è stata sviluppata una strategia di gestione del rischio sostenibile per la salvaguardia del patrimonio culturale, considerando diversi scenari di vulnerabilità e pericolo. Le strategie realizzate delineano la loro fattibilità nel contesto dei casi studi selezionati e sono adattate alla conseguente implementazione nei piani di riduzione del rischio a livello locale.

È stato redatto anche un manuale contenente le linee guida per la valutazione della vulnerabilità delle categorie di beni culturali esposti a eventi estremi legati ai cambiamenti climatici (alluvioni, frane, tempeste, forti piogge e incendi). Il manuale consente, se integrato con le mappe dei pericoli, un'accurata valutazione del rischio.

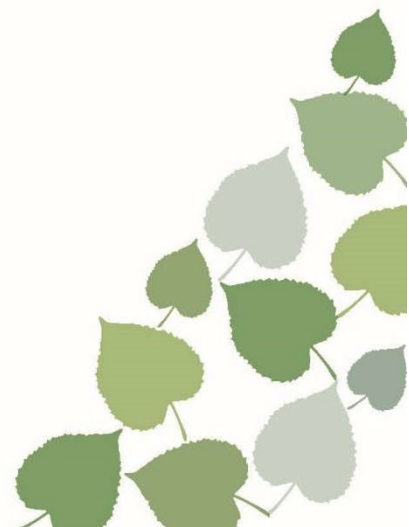
TRASFERIBILITÀ

I pericoli naturali, gli effetti antropogenici e gli eventi di cambiamento climatico estremo mettono costantemente sotto pressione il patrimonio naturale e culturale, con una frequenza crescente nel tempo. Inoltre, tali catastrofi impongono sfide di conservazione nuove e in continua evoluzione e necessità urgenti di un approccio innovativo di conservazione e salvaguardia, in particolare durante condizioni climatiche estreme.

Il progetto STRENCH ha contribuito a rafforzare la cooperazione e lo scambio di informazioni e esperienze tra i diversi attori coinvolti nei processi decisionali, ai diversi livelli, per la protezione e la salvaguardia del patrimonio culturale e naturale a rischio a causa di eventi estremi climatici.

Inoltre, l'uso dei servizi del programma Copernicus e la loro relativa integrazione nello strumento WebGIS

implementato costituiscono una notevole innovazione che produrrà un impatto diretto sulla gestione dei siti del patrimonio naturale e culturale, con un'elevata potenzialità di essere scalabili a nuovi settori minacciati dai cambiamenti climatici.



L'approfondimento: HYPERION - Tecnologie, servizi e strumenti per supportare l'adattamento dei centri storici ai cambiamenti climatici

Monumenti antichi e altri siti culturali sono vulnerabili a minacce naturali come eventi meteorologici estremi o terremoti ed eruzioni vulcaniche ma anche di origine umana, dall'inquinamento al cambiamento climatico. Il progetto HYPERION, finanziato dal programma europeo Horizon 2020, fornirà gli strumenti necessari per comprendere gli effetti del cambiamento climatico, le condizioni meteorologiche estreme, le devastazioni del tempo e gli intensi fenomeni geologici sui monumenti del patrimonio culturale.

Il Prof. Claudio Mazzoli, del Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova, si occupa dell'analisi dei materiali da costruzione e dei processi di degrado. Partner del progetto, ci illustra le attività realizzate dal Dipartimento e i risultati raggiunti.



Il progetto HYPERION (G.A. ID: 821054), iniziato a giugno del 2019 ed in fase di conclusione si è occupato di elaborare modelli di previsione climatica esistenti e loro aggiornamenti, modelli di comportamento idro-termico dei materiali in funzione dei parametri climatici e di tutti i dati derivanti dal monitoraggio di edifici specifici.

L'idea generale è stata quella di mettere in piedi una piattaforma che avesse la possibilità di fare previsioni sulla vulnerabilità del rischio dell'intero tessuto urbano delle città d'arte. La piattaforma per la loro valutazione è stata realizzata con una risoluzione a diverse scale, fatta in modo telescopico a seconda del tipo di dato di input, utilizzando sia dati disponibili, ad esempio serie storiche di dati climatici di quella specifica città, sia dati acquisiti in modo continuativo dalle reti di monitoraggio climatiche esistenti.

Le città selezionate per la sperimentazione (Tønsberg in Norvegia, Granada in Spagna, Rodi in

Grecia e Venezia in Italia) sono tutte caratterizzate da condizioni climatiche e rischi potenziali diversi. Per questo motivo la tipologia di sensori applicati è stata individuata attraverso una prevalutazione di rischio; ad esempio, nelle zone a rischio sismico sono stati previsti accelerometri oppure fessurimetri per monitorare le fratture degli edifici. Sono stati considerati inoltre i possibili rischi derivanti da movimenti del suolo, da variazioni dei livelli di marea e del livello del mare, e da cambiamenti di utilizzo del suolo, attraverso piattaforme di monitoraggio basate su droni (fotogrammetria), rilievi di terreno (laser scanner, fotogrammetria, metodi iperspettrali), e da satellite (SAR, sensori ottici multispettrali). Per quanto riguarda i parametri climatici, la piattaforma integra dati provenienti dalle reti di monitoraggio delle diverse municipalità, da reti di sensori installati ad hoc su edifici di particolare interesse, ed integrati nella piattaforma, che è in grado di acquisirli in tempo reale. Per le proiezioni future delle condizioni climatiche la piattaforma si



appoggia invece agli scenari di EURO-CORDEX.



A Venezia è stato preso in esame il caso studio della Torre dell'Orologio di Piazza S. Marco. È stata messa in piedi una rete di monitoraggio di parametri microclimatici sia all'interno dell'edificio, a diversi piani e in diverse posizioni rispetto ai punti cardinali, sia esternamente sulle facciate frontale, posteriore e laterali. Naturalmente la scala di previsione del rischio dipende dalla quantità e tipologia di dati che vengono forniti al sistema; quindi sarà poi cura dell'utilizzatore della piattaforma infittire la rete di monitoraggio per avere una previsione del rischio di maggior dettaglio. All'interno di questa piattaforma, oltre ai monumenti, sono inserite le informazioni relative agli edifici, alle strutture di distribuzione dei servizi (ad esempio quelle relative alla distribuzione dell'acqua potabile, delle fognature, della rete elettrica), alle attività economiche della città, e relativa distribuzione spaziale. Gli edifici sono stati catalogati in base a criteri come età di costruzione, numero di piani, caratteristiche strutturali, destinazione d'uso. Questo perché, nel caso di eventi estremi quali alluvioni, terremoti, inondazioni, trombe d'aria ecc., i danni coinvolgono, oltre al bene culturale, l'intero sistema produttivo che gli ruota intorno. L'idea è appunto quella di avere un approccio olistico alla vulnerabilità in caso di eventi estremi, in modo da giungere ad una previsione realistica dei danni e dei costi diretti e indiretti.

Una parte rilevante per la valutazione del degrado dei monumenti riguarda lo studio dei materiali da

costruzione utilizzati in questi edifici. Sono state campionate e studiate le principali litologie presenti nei monumenti dei diversi siti campione, caratterizzandone le proprietà petro-fisiche; ad esempio sono state analizzate le proprietà microstrutturali, la porosità, la resistenza al carico, le proprietà termiche, la permeabilità al vapore, e così via. Nella Torre dell'Orologio sono stati valutati i diversi materiali utilizzati, come la pietra d'Istria, in lastre di un certo spessore che rivestono la struttura interna in laterizio. Le sezioni dei diversi materiali sono state studiate con i dati acquisiti dalle reti di sensori sulle superfici esterna ed interna oltre all'utilizzo delle serie storiche di dati.

Sulla base delle proprietà petro-fisiche e delle condizioni microclimatiche derivanti dalle reti di monitoraggio poste all'interno e all'esterno dell'edificio, sono stati sviluppati e calibrati dei modelli del comportamento idrotermico che permettono di prevedere la diffusione del calore verso l'interno, la diffusione di umidità, e di una serie di parametri dai quali poi deriva l'efficacia di certi meccanismi di degrado come la cristallizzazione salina, il gelo e disgelo. Questi modelli sono integrati all'interno della piattaforma che è quindi in grado di valutare il comportamento dei materiali, una volta popolata con le relative proprietà

In questo modo sono stati sviluppati dei modelli specifici per contesti diversi. A Venezia, oltre alla Torre dell'Orologio, sono stati monitorati alcuni edifici interamente costruiti in laterizio, mentre in Norvegia sono stati studiati alcuni dei più importanti edifici storici in legno.

Per valutare ancora più in dettaglio gli aspetti relativi al degrado dei materiali, abbiamo inoltre realizzato una serie di esperimenti sia in laboratorio che in esterno.

Uno di questi riguarda gli effetti microclimatici sul degrado, in condizioni climatiche diverse su tre dei siti considerati. Abbiamo costruito dei supporti di forma cubica, sulle cui superfici sono state apposte diverse litologie in modo che lo stesso



materiale si trovi con una lastrina esposta a sud una a nord e una orizzontale.



Di questi cubi ne abbiamo posizionati tre, uno in cima alla Torre dell'Orologio a Venezia, uno sul tetto del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, e uno a Tønsberg in Norvegia. Ogni lastrina è monitorata con un sensore di temperatura ed uno di umidità. Ci sono 12 lastrine di roccia per ogni facciata, 36 per ogni cubo. Il cubo posizionato a Venezia include esclusivamente lastrine di roccia, a Padova e a Tønsberg ci sono anche dei campioni di legno non trattati e trattati con diversi prodotti; in questo caso ovviamente il numero di sensori è maggiore. Attraverso una centralina, a cui possiamo accedere da remoto, siamo in grado di acquisire con una certa frequenza i dati raccolti; a questi si aggiungono inoltre quelli ricavati, sempre in remoto, da una stazione climatica per acquisire ulteriori elementi come temperatura media dell'aria in quel punto, piovosità, umidità relativa

ecc. Analizzando i parametri climatici standard e i dati superficiali sulle lastrine possiamo vedere come le condizioni microclimatiche si discostino dal dato climatico. Queste differenze di condizioni microclimatiche, ovviamente, hanno poi un'influenza sulla velocità del degrado, ed è quindi essenziale tenerne in considerazione se si vuole ottenere una precisa valutazione della vulnerabilità futura.

Dobbiamo pensare che uno dei parametri principali delle equazioni che descrivono la velocità di recessione superficiale di rocce carbonatiche è piovosità media annua di un sito. Poiché la velocità di dissoluzione in realtà non dipende genericamente dalla piovosità di un sito, ma dalla quantità di acqua che effettivamente ruscella su una data superficie, anche l'orientazione di questa rispetto alla pioggia è fondamentale. Se una facciata intercetta una maggiore quantità di acqua rispetto ad un'altra, per quantificare il rischio è necessario sapere come questo parametro effettivamente influenzi non solo in generale la velocità di recessione di quel materiale in quella data località, ma in modo specifico di quella facciata rispetto ad un'altra.

Una sperimentazione in laboratorio è stata effettuata per misurare la velocità di dissoluzione superficiale di rocce carbonatiche in funzione del pH dell'acqua e delle caratteristiche microstrutturali. Eseguendo cicli di immersione ed emersione, abbiamo simulato l'interazione con la pioggia, uno dei principali fattori di degrado in rocce di questo tipo. La perdita di materiale è stata misurata in termini di arretramento della superficie, cioè di recessione superficiale. Pur trattandosi di qualche micron all'anno bisogna considerare l'effetto cumulativo del deterioramento sul bene culturale, che rimane esposto alle condizioni ambientali per decine, centinaia anche per migliaia di anni. Bisogna inoltre considerare che negli ultimi 150-200 anni si è verificata una forte accelerazione della velocità di dissoluzione superficiale, dovuta al fatto che la composizione della pioggia è mutata



dall'industrializzazione in poi a causa dell'inquinamento; quindi il rischio, soprattutto in monumenti costruiti in rocce carbonatiche (marmi oppure calcari), è enormemente aumentato. Per questa ragione è particolarmente importante conoscere con precisione la velocità di recessione superficiale in rocce carbonatiche.

Per fare una valutazione di sviluppo di degrado futuro bisogna anche sapere qual è la condizione attuale di conservazione. Per questo motivo uno dei dati di input della piattaforma è l'analisi delle condizioni di degrado. Sono state realizzate mappe delle diverse litologie utilizzate e mappe del degrado, riportanti tipologia e intensità del deterioramento. Questa parte è stata realizzata in particolare dai colleghi del LAMA (Laboratori di Analisi dei Materiali Archeologici) dell'Università IUAV di Venezia e dall'Università di Padova, Dipartimento di Geoscienze, per quanto riguarda i materiali lapidei ed i laterizi, e dai colleghi di OSLOMET (Oslo Metropolitan University), per il legno.



Un altro aspetto importante del progetto HYPERION riguarda la sensibilizzazione e del coinvolgimento della popolazione sui temi del degrado dei beni culturali. Un esempio è la creazione di un'applicazione (HyperionApp) che il cittadino può scaricare per segnalare situazioni di degrado e, utilizzando uno schema preimpostato, fare una sua valutazione. Lo schema utilizzato per la descrizione delle forme di degrado è prodotto da un organismo europeo ICOMOS (International Council On MONuments and Sites). L'applicazione permette il coinvolgimento di ogni cittadino oltre

a evidenziare la percezione del deterioramento e del degrado nella società civile.

L'evento finale formativo e dimostrativo del progetto HYPERION si svolgerà a Venezia il 20 aprile 2023, presso l'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Palazzo Franchetti, nel corso del quale sarà presentata la piattaforma in modo iterativo, e verrà illustrato come HYPERION abbia sviluppato una piattaforma integrata di valutazione della resilienza utilizzando strumenti esistenti e tecnologie innovative.

Nell'ambito delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici riguardanti i beni culturali il Dipartimento è impegnato in altri interessanti progetti europei. Uno di questi, M3DEA (G.A. ID: 101108204), che inizierà a breve, è incentrato sulla messa a punto di un sistema di analisi sulla velocità del degrado dei beni culturali (in Italia il caso studio riguarderà la Colonna Traiana a Roma) utilizzando dei modelli 3D ad alta risoluzione di parti selezionate confrontando i calchi di età storica.

Per quanto riguarda il tema dei beni sommersi e l'effetto dei cambiamenti climatici sulla velocità del degrado cito inoltre due progetti. Il primo WATERISKULT (G.A. ID: 101022386), iniziato a settembre 2022 si occupa di analisi del degrado in determinati siti e di messa in piedi di esperimenti per valutare effetti come il pH dell'acqua e la temperatura sul degrado, parametri che a loro volta varieranno in funzione dei cambiamenti climatici in modo diverso a seconda dei diversi scenari prospettati dall'IPCC. Il secondo, THETIDA (G.A. ID: 101095253), prende in considerazione un numero di siti presenti in Europa, in modo da considerare condizioni climatiche diverse e oggetti di tipologia diversa, cioè sia materiali lapidei e ceramici di beni sommersi che relitti.



WATERISKULT - la vulnerabilità dei beni culturali in ambiente sottomarino

Abbiamo chiesto al Dr. Luigi Germinario - assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova - di presentarci le caratteristiche principali di WATERISKULT, progetto finanziato dalla UE nell'ambito dei programmi di ricerca Marie Skłodowska-Curie



Può spiegarci quale è lo scopo principale del progetto di ricerca Wateriskult?

Il progetto nasce con l'intento di approfondire quella che finora, purtroppo, è stata in gran parte una discussione prettamente accademica, riguardante la valutazione e la quantificazione dell'impatto del cambiamento climatico sul patrimonio culturale. Nello specifico, il progetto si concentra sulla vulnerabilità dei beni culturali sottomarini, finora passata relativamente in sordina. Tra i vari fattori del cambiamento climatico, uno dei più importanti per i beni sommersi è l'acidificazione degli oceani, causata dall'incremento delle emissioni, in particolare di anidride carbonica, che disciogliendosi nelle acque provoca un abbassamento del pH.



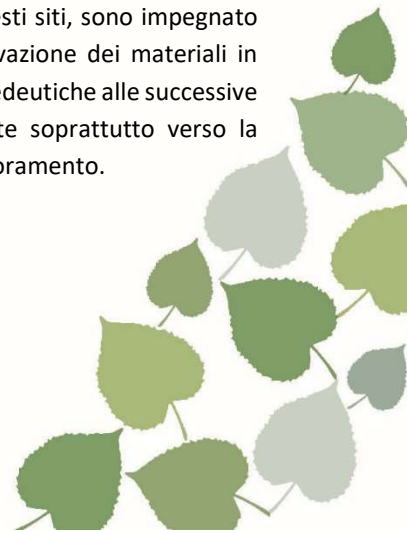
Campionamento di materiali lapidei durante le immersioni nel sito archeologico sommerso di Baia (NA)

L'innalzamento del livello dei mari e i conseguenti aumenti di pressione potrebbero da soli avere scarsi effetti sui beni sommersi ma, in combinazione con l'acidificazione degli oceani, potrebbero influenzare le reazioni di dissoluzione dei materiali antichi. La stessa cosa vale per il riscaldamento degli oceani, in un'ottica più generale di riscaldamento globale. Un altro fattore chiave considerato nel progetto riguarda gli eventi

estremi, nello specifico i cicloni. A causa del cambiamento climatico, i cicloni tropicali ed extratropicali cambieranno (e stanno già cambiando) in intensità e tracce. Considerando le nostre acque, ad esempio, anche i cicloni mediterranei (i cosiddetti Medicane) sono destinati ad aumentare e a mettere ulteriormente a rischio le nostre coste e i fondali. Questo è il quadro generale che riguarda il focus dello studio. Durante questa ricerca, mi avvarrò della collaborazione di ricercatori dell'Università degli Studi di Padova, della Stazione Zoologica Anton Dorn, dell'Università di Hull nel Regno Unito e di diversi organi ministeriali italiani ed esteri. Ad esempio, il Parco archeologico dei Campi Flegrei in Italia, il DRASSM (Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines) in Francia e l'Ephorate of Underwater Antiquities in Grecia.

Quali sono i siti archeologici individuati nell'ambito delle attività del progetto?

Sono stati selezionati tre siti archeologici subacquei oggetto di studio, in Italia (provincia di Napoli), in Francia (Costa Azzurra) e in Grecia (Corinto). Lo studio di questi siti pilota può offrire una panoramica delle condizioni attuali dei beni sommersi nel Mediterraneo e del loro stato di conservazione nel contesto ambientale presente, il che rappresenta un importante punto di partenza per capire gli effetti futuri del cambiamento climatico. In questi siti, sono impegnato in attività subacquee di osservazione dei materiali in opera e campionamento, propedeutiche alle successive analisi di laboratorio, orientate soprattutto verso la caratterizzazione del biodeterioramento.



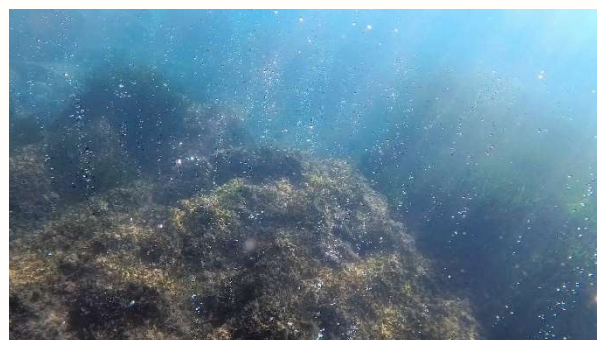
Ci sono altre attività che riguardano lo studio del deterioramento dei materiali antichi?

Oltre ai siti archeologici, è stato individuato un ulteriore sito pilota a Ischia, per esperimenti di monitoraggio in acque naturalmente acide a causa di emissioni gassose di origine vulcanica dai fondali. L'ambiente sottomarino di Ischia ci permette di immaginare ciò che potrebbe avvenire nei prossimi secoli nelle acque di tutto il mondo e di osservare l'erosione dei materiali su scala ridotta, in questo periodo storico e in un ambiente naturale, attraverso degli apparati sperimentali di monitoraggio.



Installazione di unità sperimentali di monitoraggio dei materiali antichi a Ischia (NA)

A questa attività saranno affiancate delle simulazioni in laboratorio, per capire l'effetto sull'erosione dei materiali sia di diversi valori di pH (in combinazione con variazioni di temperatura e pressione), sia delle violente correnti sottomarine che si sviluppano in occasione dei cicloni. Queste sperimentazioni permetteranno di ottenere una quantificazione della velocità di degrado dei materiali archeologici e di come presumibilmente si svilupperà in futuro.



Emissioni vulcaniche di CO2 dai fondali di Ischia (NA)





Bandi per buone pratiche, eventi, news



26-28 aprile 2023 Eurocities Environment Forum 2023

Ghent <https://eurocities.eu/>



25-27 maggio 2023 ChangeNOW 2023

Parigi <https://www.changenow.world>



6 giugno 2023 Eco City World Summit 2023

Londra <https://www.ecocity-summit.com/>



14-16 giugno 2023 Sustainable places 2023

Madrid <https://www.sustainableplaces.eu/>



19-21 giugno 2023 European Climate Change Adaptation (ECCA) Conference: Actionable knowledge for a climate resilient Europe

Dublin <https://ecca2023.eu/>



21-23 giugno 2023 Urban future global conference 2023

Stoccarda <https://urban-future.org/>

