

Linea 5.3

Piano di adattamento al cambiamento climatico e implementazione di strategie di intervento per la salvaguardia del patrimonio architettonico

responsabile prof. Anna Saetta

*Fabrizio Antonelli (Iuav), Federica Appiotti (Iuav), Mattia Bertin (Iuav), Paolo Faccio (Iuav),
Laura Fregolent (Iuav), Giulia Lucertini (Iuav), Filippo Magni (Iuav), Francesco Musco (Iuav),
Fabio Peron (Iuav), Piercarlo Romagnoni (Iuav), Anna Saetta (Iuav), Maria Chiara Tosi
(Iuav), Elisabetta Zendri (UnIVe)*

e tutti i collaboratori, assegnisti, dottorandi, tecnici

LINEA 5.3

Le attività previste dalla Linea 5.3. sono state definite secondo una **prospettiva interdisciplinare che coinvolge le discipline del “progetto”**:

dalla pianificazione territoriale all’urbanistica, dalla tecnica delle costruzioni al restauro, dalla fisica tecnica e ambientale alla petrografia e scienze della conservazione dei materiali.

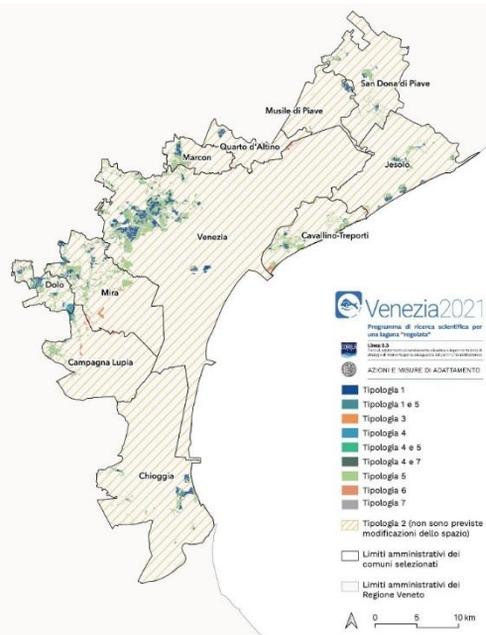
WP 5.3.1: Definizione del piano di adattamento della laguna di Venezia e della Città Metropolitana

WP 5.3.2: Costruzione di specifiche strategie d’intervento per la conservazione del patrimonio culturale

WP 5.3.3: Formazione e comunicazione internazionale



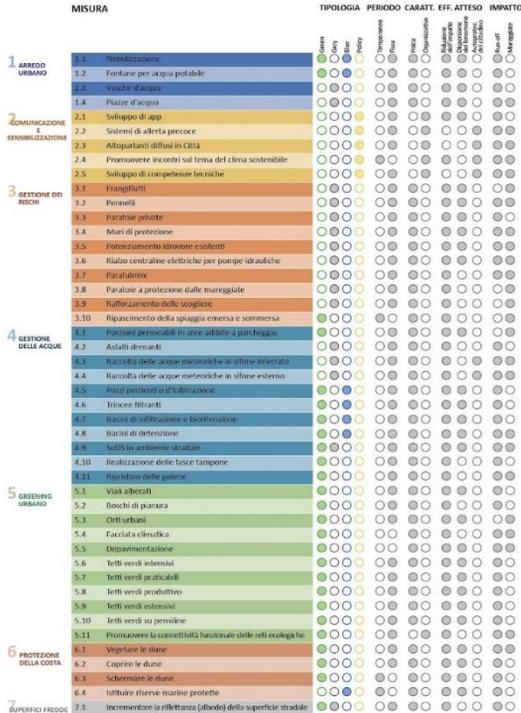
WP 5.3.1: Definizione del piano di adattamento della laguna di Venezia e della Città Metropolitana



Piano di adattamento territoriale, che indica misure, azioni e politiche che possono e devono essere messe in atto per mitigare gli impatti del cambiamento climatico come l'eccesso d'acqua (inondazioni, allagamenti, bombe d'acqua, ecc.) e le possibili ondate di calore. In questo modo il territorio potrà dirsi adattato alle diverse condizioni climatiche future.

Carta Azioni e Misure del Piano di adattamento territoriale.

(Tipologia 1: arredo urbano; Tipologia 2: comunicazione e sensibilizzazione; Tipologia 3: gestione dei rischi; Tipologia 4: gestione delle acque; Tipologia 5: greening urbano; Tipologia 6: protezione della costa; Tipologia 7: superfici fredde).



In supporto al piano sono poi stati sviluppati due ulteriori documenti:

Definizione di un sistema di gestione dell'emergenza e della ricostruzione che evidenzia gli step e le azioni necessarie per la messa in sicurezza dell'area d'interesse

Selezione degli indicatori volti alla valutazione delle azioni di adattamento per le amministrazioni pubbliche coinvolte, che può essere utilizzata per le valutazioni d'impatto delle misure proposte.

Diagramma riassuntivo delle azioni e misure di adattamento.

- (a) **Costruzione del quadro conoscitivo e relativa mappatura dal punto di vista ambientale e climatico, socio-economico e di governance.** Il quadro conoscitivo integrato è stato elaborato per la parte più ambientale e climatica sugli scenari definiti nella Linea 5.1 e sulla valutazione degli impatti, vulnerabilità e rischi della Linea 5.2;
- (b) **Zonizzazione del territorio e definizione delle strategie, politiche, azioni e misure di adattamento selezionate, descritte e analizzate:** (i) politiche in grado di gestire l'area lagunare e peri-lagunare in modo coerente con il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità e resilienza; (ii) azioni e misure puntuali in grado di adattare il territorio (naturale ed antropico) agli impatti del cambiamento climatico;
- (c) **Definizione di un sistema di gestione dell'emergenza e di ricostruzione in grado di supportare le amministrazioni nelle 3 fasi dell'emergenza:** (i) prima dell'evento estremo, attraverso azioni di prevenzione e allerta; (ii) durante l'evento estremo coordinando politiche e azioni con la normale gestione della protezione civile; (iii) post-evento attraverso una linea di politiche ed azioni volte ad una ricostruzione coerente con gli obiettivi della sostenibilità e della resilienza;
- (d) **Modello di supporto alla decisione multi-criteriale:** attraverso una serie di indicatori è in grado di considerare vari parametri decisionali (obiettivi, valori, costi, ecc.) per supportare azioni che meglio seguano le aspettative degli *stakeholders* e i valori dei decisori.

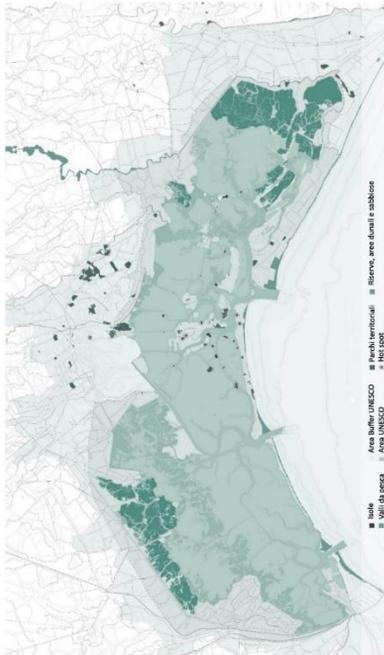
WP 5.3.2: Costruzione di specifiche strategie d'intervento per la conservazione del patrimonio culturale

- Sviluppo del tema attraverso contributi fortemente interdisciplinari, a garanzia di una visione integrata e completa del tema

L'interdisciplinarietà del gruppo Luav-UniVE ha reso necessario contributo allo sviluppo di una **metodologia condivisa e coordinata** negli obiettivi specifici attraverso la costante di **teoria e sperimentazione**, che viene ad esplicitarsi nelle relazioni tra **l'analisi indiretta** delle fonti bibliografiche e storiche e le **attività di campo e laboratoriali**.

- attività svolte nei comuni di “terraferma” selezionati per la ricerca inerente il Piano di adattamento al cambiamento climatico (WP 5.3.1)
- le attività di questo WP si sono rivolte all'analisi del **contesto lagunare** (laguna e bacino scolante) e del **tessuto della città storica di Venezia** e affrontare alla scala architettonica e urbana l'analisi di singoli edifici rappresentativi.

(a) Il quadro conoscitivo del paesaggio lagunare



Atlante Eclettico della Laguna: quadro conoscitivo aggiornato che mette a sistema i progetti passati (realizzati e non), l’incidenza del sistema MOSE, le progettualità future o in corso, per affrontare questioni orientate a scenari per una laguna “regolata”. Un lavoro di accostamento di frammenti (progetti di diversa scala e di differente morfologia) che, selezionati, provano a restituire le specificità dei luoghi, dei tempi e degli attori, con l’obiettivo di dimostrare quanto il territorio lagunare sia denso di questioni afferenti ad ambiti diversi e come la figura del frammento costituisca un dispositivo descrittivo ed interpretativo per la laguna.

Il territorio lagunare inquadrato nell’articolazione dell’area buffer individuata dall’Unesco (1993), l’inquadramento delle riserve naturali, le aree dunali e sabbiose, i parchi e il sistema delle valli da pesca.

(b) Il quadro conoscitivo del rapporto architettura, beni culturali, ambiente

Selezione dei casi studio individuati con diversi criteri:

- ✓ per diversa esposizione ai fenomeni di acque alte
- ✓ per diversa esposizione agli agenti inquinanti del trasporto lungo le vie d'acqua
- ✓ per diversa altimetria del suolo
- ✓ per diverse caratteristiche costruttive dei manufatti
- ✓ etc.

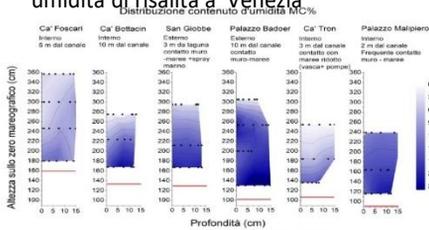
Selezione dei «cantieri pilota»

- 1 -Palazzo Ca' Foscari,
- 2- Ex macello San Giobbe, ora Campus economico di Ca' Foscari
- 3- Palazzo Badoer,
- 4- Palazzo Ca' Tron,
- 5- Palazzo Malipiero,**
- 6- Chiesetta dedicata a San Marco, isola di Torcello,
- 7-Casa Bizantina,**
- 8- Palazzo Ca' Bottacin



(b) Il quadro conoscitivo del rapporto architettura, beni culturali, ambiente

Valutazione quantitativa su casi di studio della distribuzione di umidità e contenuto di Sali solubili in range temporale di oltre 30 anni e integrazione di database sull'entità del processo di umidità di risalita a Venezia.



- Distribuzione umidità MC%, Distribuzione sali solubili SS%
- Speciazione sali
- Valutazione della presenza di metalli pesanti (analisi ICP-MS) nei campioni di laterizio da diversi edifici

Definizione dei processi di risalita capillare su **modelli fisici a scala reale in laboratorio** (in condizioni di temperatura e umidità controllate)



Caratterizzazione intonaci. Individuazione intonaci storici maggiormente diffusi e delle modalità di esecuzione. Indagine propedeutica alla realizzazione di modelli in scala al vero.

Caratterizzazione calcestruzzi. Caratterizzazione chimico fisica e petrografica dei campioni cementizi, armati e non armati, trattati e non trattati, al tempo zero, oggetto di valutazione in fase di monitoraggio.



Campioni realizzati da Stefano Buratti - Consulenza Tecnica materiali e servizi per il restauro presso il Laboratorio [Sgubbi Italiana srl](#), in collaborazione con [Vicat Group](#) e [Ecobeton Italia](#)

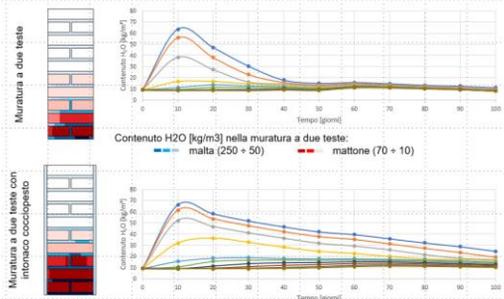
Caratterizzazione dei materiali lapidei. Selezione dei cinque dei litotipi maggiormente diffusi a Venezia. Rilevazione dei valori zero dei parametri che saranno oggetto di valutazione in fase di monitoraggio.



(c) Modelli ed indicatori per valutazioni di vulnerabilità

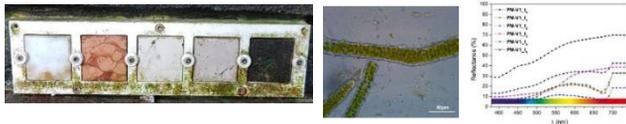
Murature: casi reali e sperimentazione in situ e di laboratorio su modelli in scala al vero

Simulazione termo-igrometrica dinamica – software WUFI 2D



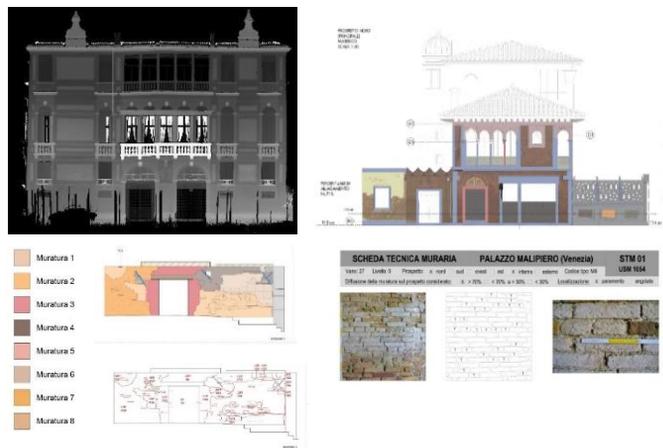
Sistemi di monitoraggio delle pareti di prova in muratura

Materiali lapidei: sperimentazione in situ e di laboratorio



Monitoraggio trimestrale a Palazzo Malipiero: micrografia di cellule algali, spettri di riflettanza, variazione del colore totale per il campione in pietra d'Istria, determinazione dell'erosione superficiale

Restituzione alla scala architettonica: i «cantieri pilota»



Analisi a scala architettonica della vulnerabilità per Palazzo Malipiero e Casa Bizantina, con caratterizzazione dei materiali, forme di degrado e dissesto, lettura stratigrafica e interventi pregressi rilevati.

(c) risultati:

Modelli ed indicatori per valutazioni di vulnerabilità

Set di indicatori multidisciplinari condivisi dello stato di conservazione

| Indicatore | Descrittore | Tipologia di informazioni da ottenere | Metodologia di raccolta dati |
|------------|-------------|---------------------------------------|--|
| | | | A. Informazioni operative / macroscopiche / empiriche / qualitative (operatore formato/professionista) B. Informazioni strumentali / quantitative (tecnico specialista) |

Struttura della tabella degli indicatori condivisi per lo stato di conservazione.

Nella metodologia di raccolta dei dati si è distinta la possibilità di ricorrere a personale di vario livello di qualificazione professionale ➔ possibilità di razionalizzazione dei sistemi di monitoraggio e controllo rapportato alla disponibilità economica finanziaria e di programmazione

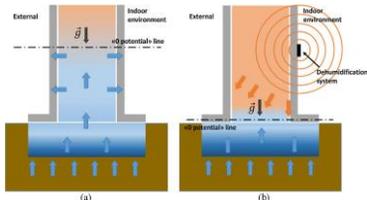
| INDICATORE | DESCRITTORE |
|---|---|
| ➔ CARATTERISTICHE DEL MATERIALE | |
| Caratteristiche minero-petrografiche e chimiche | Analisi chimica complessiva Analisi delle caratteristiche strutturali/tessiturali e valutazione fasi mineralogiche primarie e secondarie contenute |
| Caratteristiche fisiche | Osservazione morfologica di superficie Porosità Densità Coefficiente di assorbimento d'acqua capillare Capacità di assorbimento d'acqua superficiale Compattezza Colore |
| ➔ Caratteristiche meccaniche | Resistenza a compressione |
| STATO DI CONSERVAZIONE | |
| Presenza-di-umidità | Distribuzione di umidità |
| Presenza e determinazione di sali solubili | Analisi visiva della presenza di efflorescenze saline, sub-efflorescenze, distacchi Analisi mineralogica e chimica Distribuzione dei Sali solubili |
| Biodeterioramento | Cianobatteri, alghe e organismi superiori |
| Degrado fisico | Presenza e tipo di degrado fisico del materiale Presenza e tipo di degrado fisico del giunto orizzontale |
| Alterazione chimica | Prodotti secondari di alterazione e depositi superficiali |
| ➔ ESPOSIZIONE E PARAMETRI AMBIENTALI | |
| Esposizione ambientale | Analisi del colore |
| Collocazione | Parametri ambientali di zona Principali inquinanti atmosferici Ambiente confinato/ non confinato Collocazione nel contesto urbano Diretto contatto con canale Altimetria Parametri ambientali interni |
| ➔ Condizioni microclimatiche | |
| INTERVENTI PREGRESSI | |
| Identificazione intervento | Deumidificazione Smontaggio, rimontaggio, demolizione, rimozione Ricomposizione, riadesione, ancoraggio Pulitura Consolidamento e rinforzo Integrazione Protezione |

(d) Metodi per la definizione del piano di intervento e manutenzione

Stato dell'arte sui **systemi di trattamento di umidità da risalita capillare**. Disamina dei sistemi



A titolo esemplificativo: Interruzione risalita capillare mediante barriera meccanica e chimica.



Sifone di Knapen nella muratura e sistema elettrosmotico.

Sperimentazione dell'efficacia di **prodotti protettivi per murature intonacate e materiali cementizi**.



Sperimentazione in atto presso la Scuola Edile di Padova, con la collaborazione del restauratore Giorgio Berto della ditta Unisve



Campioni realizzati da Stefano Buratti - Consulenza Tecnica materiali e servizi per il restauro, presso il Laboratorio [Sgubbi Italiana s.r.l.](#), in collaborazione con [Vicat Group](#) e [Ecobeton Italia](#)

(d) risultati: Metodi per la definizione del piano di intervento e manutenzione

Set di indicatori multidisciplinari condivisi per
l'intervento di mitigazione.

| Macro-criterio (Compatibilità, Efficacia, Sostenibilità) | | | | |
|---|-------------|---------------------------------------|--|------------------------|
| Indicatore | Descrittore | Tipologia di informazioni da ottenere | Metodologia di raccolta dati | Criteri di valutazione |
| <i>Per interventi su materiali e/o unità tecnologiche</i> | | | | |
| | | | A. Informazioni operative / macroscopiche / empiriche / qualitative (operatore formato/professionista) | |
| | | | B. Informazioni strumentali / quantitative (tecnico specialista) | |

Struttura della tabella degli indicatori condivisi per l'intervento con le informazioni relative al tipo di operatore e ai criteri di valutazione. Nella metodologia di raccolta dei dati si è distinta la possibilità di ricorrere a personale di vario livello di qualificazione professionale, possibilità di razionalizzazione dei sistemi di monitoraggio e controllo, reportato alla disponibilità economico finanziaria e di programmazione.

| INDICATORE | DESCRITTORE |
|--|--|
| COMPATIBILITÀ DEL SISTEMA SUPPORTO-INTERVENTO | |
| Chimica del prodotto conservativo | Caratterizzazione del supporto Caratterizzazione del prodotto conservativo |
| Fisica dell'intervento conservativo | Per interventi superficiali su materiali: Forme di alterazione o degrado Per interventi su unità tecnologiche Forme di alterazione o degrado Forme di dissesto |
| Reversibilità | Per interventi superficiali su materiali: Stima della capacità del prodotto o intervento di essere rimosso/sostituito nel tempo Per interventi su unità tecnologiche: Possibilità di ricondurre l'unità tecnologica alle condizioni pre-intervento senza danneggiare o perdere parte del materiale / unità tecnologica originali. |
| Ritratibilità | Per interventi superficiali su materiali: Caratterizzazione del prodotto conservativo Caratterizzazione del supporto |
| Conservazione di materiale storico | Per interventi su unità tecnologiche: Caratterizzazione dell'intervento conservativo, caratterizzazione del supporto Per interventi superficiali su materiali e/o unità tecnologiche: Quantificazione comparativa |
| Variazione del comportamento strutturale | Per interventi su unità tecnologiche: Modellazione strutturale e monitoraggio <i>pre</i> e post-intervento |
| EFFICACIA | |
| Miglioramento delle proprietà chimico-fisiche | Per interventi superficiali su materiali: Assorbimento d'acqua superficiale ovvero riduzione assorbimento d'acqua per capillarità; Riduzione del contenuto di umidità nelle murature; Variazione cromatica; Variazione di resistenza meccanica |
| Durabilità del trattamento conservativo | Per interventi superficiali su unità tecnologiche: Riduzione del contenuto di umidità nelle murature Variazione di resistenza meccanica. Per interventi superficiali su materiali: Stima intervallo di tempo Per interventi superficiali su unità tecnologiche Stima intervallo di tempo |
| SOSTENIBILITÀ | |
| Sostenibilità economica | Per interventi superficiali su materiali e/o unità tecnologiche: Valutazione economica; Stima dei costi di applicazione, manutenzione e controllo |
| Sostenibilità ambientale | Per interventi superficiali su materiali: Sicurezza del prodotto Per interventi su unità tecnologiche Quantità percentuale del materiale riutilizzabile, qualità/ incidenza e smaltimento del materiale non riutilizzabile. |
| Sostenibilità sociale | Per interventi superficiali su materiali e/o unità tecnologiche e architetture: Qualità degli operatori/formazione, Incidenza dei protocolli di intervento sui livelli occupazionali, Conservazione delle tradizioni locali e dei caratteri identitari dell'architettura |

(e) Sistemi per la definizione del piano di monitoraggio e controllo

1- Realizzazione di un sistema di VISUAL SURVEY per la valutazione dell'entità degli impatti del processo di risalita capillare di acqua di mare nel tessuto architettonico urbano

Il sistema garantisce, attraverso la valutazione di descrittori significativi e facilmente misurabili, la possibilità di MONITORARE lo stato di conservazione degli edifici veneziani

PRODOTTO DELLA RICERCA: strumento di gestione e verifica del patrimonio costruito veneziano => mappe GIS della città di Venezia (con livelli altimetrici) riportanti i diversi descrittori e implementate in solve

- Rising level variation**
 - 1
 - 0
 - 1
 - 2
- altimetry curves (cm)**
 - 20 - 59
 - 59 - 97
 - 97 - 136
 - 136 - 174
 - 174 - 213
 - 213 - 251
 - 251 - 290
 - 290 - 328
- OpenStreetMap**



(e) Sistemi per la definizione del piano di monitoraggio e controllo

Sistemi di controllo speditivo// monitoraggio visivo qualitativo per interventi di finitura e calcestruzzi trattati.



Interventi di finitura: verifica periodica qualitativa dello stato di conservazione: avanzamento del degrado



Provini in calcestruzzo armato realizzati con malta auto-passivante, armati, non trattati

Codice serie di 6: AP VIII A collocati a +1.10 quota di calpestio Ca' Tron.

Monitoraggio visivo T0 e T finale (due lati)

La ricerca svolta sulle murature con riferimento alle dinamiche di risalita capillare ha permesso di valutare la velocità di tale risalita evidenziando il contributo fondamentale dell'evaporazione nel processo. La velocità di flusso capillare e la sua altezza possono essere regolati non solo da interventi invasivi e complessi, come l'introduzione di vasche o di barriere meccaniche con taglio delle murature, ma bensì con una accorta scelta dei materiali in fase di intervento, con particolare attenzione agli impasti di malte da allettamento o per intonaco anche additivati con sistemi idrorepellenti. **Nel dettaglio infatti, con riferimento agli studi su modelli di prova in muratura, i risultati raggiunti nello studio dei fenomeni di risalita capillare e di vulnerabilità di differenti materiali/strutture, mostrano come le murature realizzate con malte commerciali premiscelate, contengano in alcuni casi prodotti idrorepellenti che limitano la risalita capillare nelle strutture.** Questi materiali offrono quindi la possibilità di eseguire interventi di restauro conservativi, senza impattare sull'aspetto complessivo della muratura e limitando il problema della risalita

Il confronto tra intonaci e sistemi di finitura realizzati con le tecniche e i materiali della tradizione e intonaci additivati con prodotti di sintesi allo stato dell'arte, **ha dimostrato macroscopicamente la maggiore durabilità dei primi quando sottoposti a forzanti ambientali (risalita di umidità di soluzioni saline, esposizione a processi di evaporazione in ambiente naturale).** La sperimentazione, per la realizzazione delle pareti di prova e dei trattamenti superficiali, ha coinvolto artigiani e istituti di formazione.

Una specifica sperimentazione su provini in calcestruzzo condotta parallelamente in ambiente lagunare con invecchiamento naturale e in laboratorio tramite invecchiamento artificiale e, ha evidenziato un protocollo di indagine speditiva e strumentale per la valutazione di efficacia dei prodotti protettivi testati, resi disponibili da aziende produttrici. **Significativa problematica si è presentata nell'effetto di modifica tessiturale delle superfici a vista**

ALCUNI ESITI OPERATIVI SULLE MODALITA' DI INTERVENTO

- **Monitoraggio speditivo visivo (macroscopico) svolto anche da personale non qualificato, che può orientare la seconda fase**
- **Indagine strumentale svolta da tecnici o eventualmente diretto avvio dell'intervento.**

Monitoraggio di specifici indicatori di degrado basati sull'osservazione periodica delle superfici urbane, lo sviluppo di un sistema di catalogazione/valutazione e l'inserimento in sistemi georeferenziati ha permesso di evidenziare il ruolo dell'altimetria e della distanza da acqua libere nel miglioramento o peggioramento della conservazione di murature soggette ad umidità di risalita; in particolare sono le fasce tra +110 cm e +130 cm sul livello altimetrico di riferimento (ZMPS), che fino a qualche decennio fa venivano raramente raggiunte dalle inondazioni di marea, ad aver subito un peggioramento delle proprie condizioni. **Ci si attende che questi equilibri possano variare con l'introduzione del sistema MOSE verso una parziale asciugatura delle murature con degrado legato alla cristallizzazione dei sali.**

Messa a punto di un sistema di monitoraggio periodico per il controllo di materiali lapidei, "proposta attuativa" agli Enti tutori e decisori. Sviluppo di un indice generico di deterioramento ed intervento che consente di definire una possibile soglia limite di intervento, in un'ottica di vigile manutenzione o conservazione preventiva puntuale, economica e **in grado di ridurre l'impatto degli interventi in termini di perdita di materia storica.**

Metodologia speditiva visiva sulla base dell'identificazione di forme di alterazione e degrado specifiche per i materiali trattati (intonaci e calcestruzzi armati e non armati).

WP 5.3.3: Formazione e comunicazione internazionale



Il risultato generale raggiunto dal WP è quello della promozione di **una riflessione internazionale sulla gestione e pianificazione della laguna di Venezia** (pre e post MOSE) e dello sviluppo di proposte e scenari di gestione con il contributo di master & PhD students di scuole internazionali di planning e architettura (luav – MIT). Il risultato è stato raggiunto mediante il **Workshop estivo internazionale**, che ha portato allo sviluppo di progetti multidisciplinari a partire da alcuni temi principali quali: economia, turismo, energia, cambiamento climatico e resilienza, e la partecipazione alla **Biennale 2021** con un pannello che illustra il tema della “Venezia resiliente” in esposizione alle Corderie dell’Arsenale.

Pannello esposto alla Biennale 2021 alle Corderie dell’Arsenale sui temi della “Venezia Resiliente”.

Spunti per il futuro

1. Integrazione delle misure identificate nel Piano di adattamento negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica ordinari e cogenti. Proposte concordate con le amministrazioni della laguna
2. Studio e approfondimento sulle implicazioni economiche di eventi siccitosi dovuti al cambiamento climatico sull'agricoltura/itticoltura dell'area.
3. Mappatura degli stakeholder e dei relativi progetti di trasformazione della laguna, per metterli a sistema con scenari complessivi attraverso l'organizzazione di occasioni di confronto e collaborazione.
4. Integrazione delle conoscenze relative all'efficacia e durabilità nel medio e lungo periodo di sistemi di mitigazione del degrado del costruito, anche a fronte dell'attivazione del MOSE.
5. Validazione delle metodologie proposte di analisi, intervento e manutenzione del costruito .
6. Validazione del piano di monitoraggio (sistemi non invasivi) con applicazione estesa a scala urbana per architetture storiche ed appartenenti al XX.
7. Studio dell'impatto degli interventi di conservazione e manutenzione sull'immagine della città urbana.