

Gli impatti dei cambiamenti climatici sui beni culturali di Ancona

C. Cacace², R. Gaddi¹, A. Giovagnoli², M. Cusano¹, P. Bonanni¹

¹ ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (Servizio Monitoraggio e Prevenzione degli impatti sull'Atmosfera, Settore Impatti e Piani di Risanamento)

² ISCR: Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro

Introduzione

Gli effetti dei cambiamenti climatici sui beni di interesse storico- artistico sono stati affrontati, dalla comunità scientifica internazionale, solo in anni recenti.

Nel 2007 nell'ambito del progetto europeo Noa's Ark, è stato pubblicato il "*Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes*" in cui sono state elaborate le previsioni dei parametri climatici in Europa fino al 2100 e realizzate le "mappe di danno", che rappresentano i potenziali impatti del clima e dell'ambiente sui materiali costituenti il patrimonio culturale [1].

I risultati ottenuti nel progetto citato indicano che le variazioni di temperatura, il contenuto d'acqua all'interno dei materiali, l'umidità relativa dell'aria, le precipitazioni e le concentrazioni di inquinanti atmosferici sono i principali responsabili dei processi che contribuiranno, nel futuro prossimo, ad incrementare i fenomeni di deterioramento dei beni esposti all'aperto.

Lo studio realizzato per il patrimonio culturale di Ancona, nell'ambito del progetto LIFE ACT (Adapting to Climate Change in Time) si è basato sull'analisi della vulnerabilità (stato di conservazione) di alcuni dei beni selezionati nella città e della pericolosità territoriale (potenziali impatti) stimata nello scenario attuale e in un scenario futuro.

La correlazione tra la vulnerabilità dei beni e la pericolosità calcolata a livello comunale, ha consentito di determinare, quali siano i monumenti di Ancona, tra quelli esaminati, da ritenere potenzialmente più a rischio al fine di individuare le opportune strategie di adattamento per la riduzione degli impatti.

Il progetto ACT (Adapting to Climate Change in Time)

Il problema degli impatti sociali, economici, culturali e ambientali connessi ai cambiamenti climatici, è stato affrontato recentemente nell'ambito del progetto LIFE ACT (Adapting to Climate Change in Time) avviato nel gennaio del 2010 e tuttora in fase di completamento¹ [2].

Il progetto, cui hanno partecipato i comuni di Ancona (Italia), Bullas (Spagna), Patrasso (Grecia) con il supporto di ISPRA, ha l'obiettivo di analizzare gli impatti dei cambiamenti climatici a livello comunale e di individuare le opportune strategie, da suggerire alle autorità locali, per favorire l'adattamento del territorio ai mutamenti climatici attuali e futuri.

Il progetto, si è basato inizialmente sull'acquisizione, da parte di ciascuno dei tre comuni coinvolti, di tutte le informazioni relative agli scenari climatici futuri previsti per Ancona, Bullas e Patrasso fino al 2100; sulla base dei dati raccolti ogni città ha selezionato i settori ritenuti più vulnerabili e maggiormente esposti all'azione del clima, sui quali sono state realizzate analisi più approfondite dei potenziali impatti. I risultati ottenuti sulle aree tematiche selezionate, consentiranno a ciascuno dei tre comuni, di definire le linee guida contenenti le strategie di adattamento da implementare per la riduzione degli impatti a livello locale. Il comune di Ancona ha individuato, tra i settori da analizzare, le infrastrutture, le coste, le frane e il patrimonio culturale.

Nei paragrafi successivi sono stati riportati il metodo e i risultati dello studio realizzato da ISPRA e dall'ISCR (Istituto per la Conservazione e il Restauro di Roma) riguardo ai potenziali effetti del clima sul patrimonio culturale di Ancona.

¹ La conclusione del progetto è prevista per la fine del 2012.

I potenziali impatti dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale di Ancona: metodo e risultati

L'invecchiamento dei materiali è un processo irreversibile che interessa tutti i manufatti; proprio per questo motivo negli ultimi anni, in parallelo ad un crescente interesse per la conservazione delle opere d'arte, è andato sviluppandosi un nuovo modo di affrontare il problema con un punto di vista propriamente scientifico, che costituisce un valido supporto alle decisioni da affrontare nelle fasi di restauro e di gestione o manutenzione dei manufatti stessi.

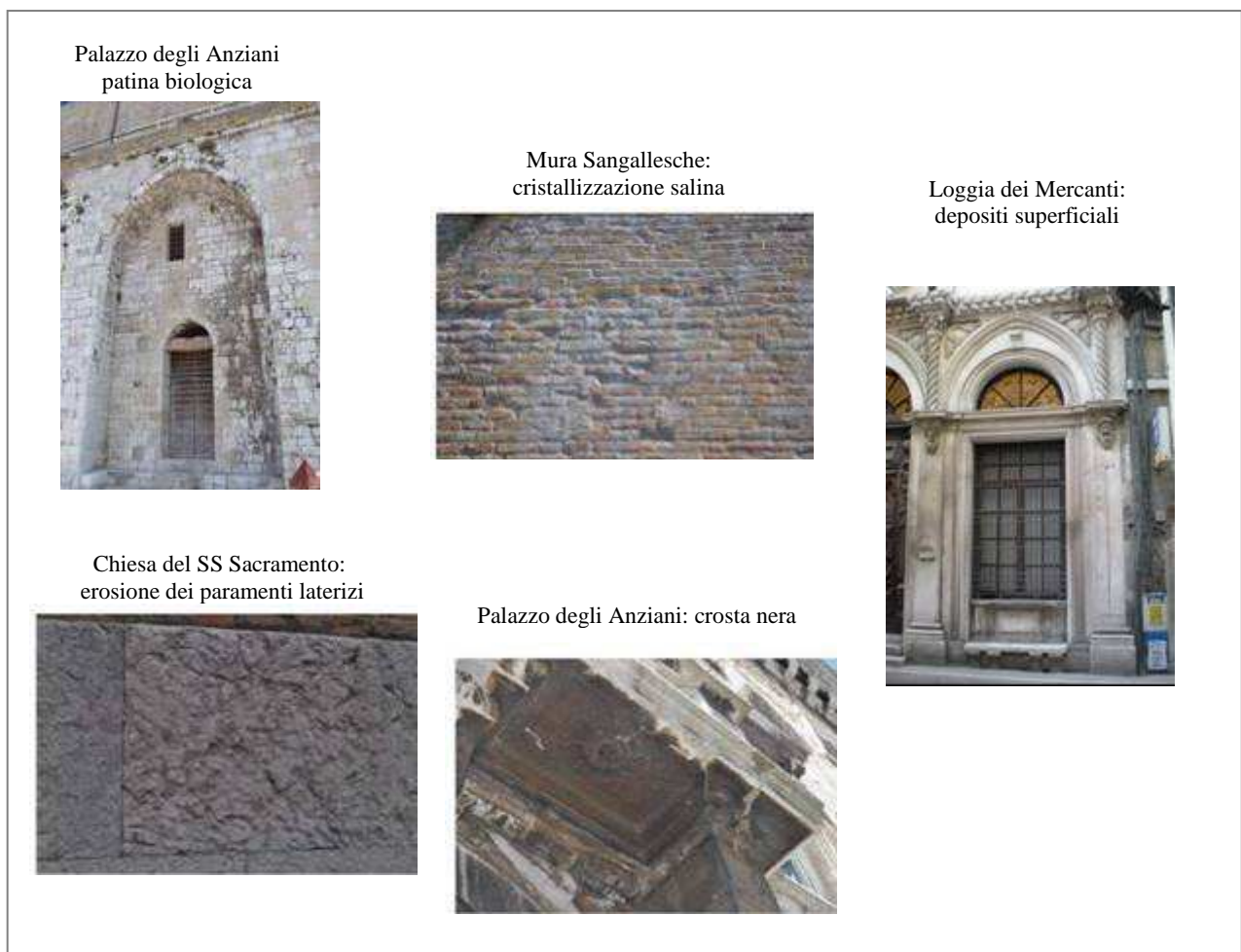
La valutazione del rischio per i beni di interesse storico-artistico, richiede una conoscenza approfondita della distribuzione e delle caratteristiche chimico-fisiche del patrimonio culturale presente in un determinato territorio.

È infatti possibile individuare le potenziali minacce nei confronti di un aggregato di beni situato in una specifica area, se si conoscono gli elementi strutturali e la composizione dei monumenti considerati. E' inoltre fondamentale conoscere contemporaneamente, le caratteristiche geografiche (geologia, idrologia, pendenza) e ambientali del territorio con cui i beni interagiscono.

I fattori climatici (temperatura, umidità relativa dell'aria, vento, precipitazioni) e l'inquinamento atmosferico sono i principali responsabili dei principali processi fisici, chimici e biologici che portano al deterioramento dei diversi materiali (pietra, legno, metallo, ecc.) costituenti i beni culturali.

I monumenti calcarei, analizzati nel presente lavoro, sono generalmente sottoposti a fenomeni di erosione superficiale, biodeterioramento, cristallizzazione dei sali e a cicli di gelo e disgelo che favoriscono fenomeni di disgregazione e decoesione degli elementi componenti il manufatto (fig. 1).

Fig. 1: Alcune delle tipologie di degrado rilevate sui beni di natura calcarea di Ancona



L'approccio metodologico, seguito in questo studio per la stima del potenziale rischio per i beni culturali di Ancona, è quello descritto nella Carta del Rischio del Patrimonio Culturale (ISCR, 1995) [3]. Il rischio individuale di un bene si ottiene moltiplicando la *vulnerabilità* (lo stato di conservazione) di un monumento considerato per la *pericolosità territoriale* (la potenziale aggressione ambientale esercitata sui beni dal territorio) [4].

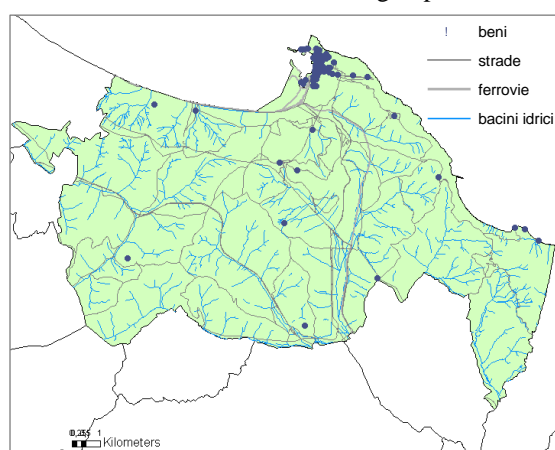
Le informazioni sulla vulnerabilità dei monumenti sono state acquisite utilizzando il metodo schedografico proposto nella Carta del Rischio, attraverso apposite fasi di schedatura che hanno interessato 27 beni (architettonici ed archeologici) selezionati nella città.

La pericolosità territoriale è stata stimata, in questo studio, quantificando la potenziale perdita di materiale calcareo (erosione) per i beni, in funzione delle precipitazioni, dell'umidità relativa dell'aria e delle concentrazioni di inquinanti atmosferici.

La vulnerabilità

Nella banca dati della Carta del Rischio [5] al momento sono stati georeferiti ad Ancona circa 120 beni (architettonici ed archeologici) collocati principalmente nella parte nord est della città (fig. 2).

Figura 2: Distribuzione dei beni architettonici ed archeologici presenti nella banca dati della Carta del Rischio



Dei 120 beni georeferiti sono stati selezionati 25 beni architettonici e 2 beni archeologici (tab.1) sui quali è stata redatta la schedatura conservativa [6].

Tabella 1: Elenco dei beni schedati

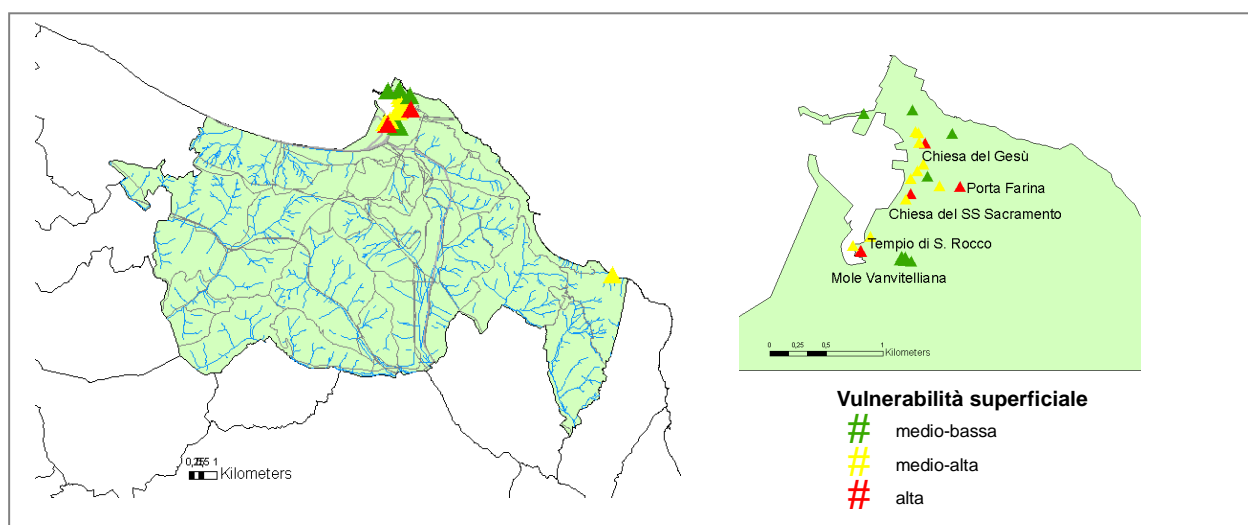
	DENOMINAZIONE		DENOMINAZIONE
1	Mura Sangallesche	15	Chiesa di Santa Maria della Piazza
2	Edificio B (Ex Foresteria - Cittadella)	16	Ex Chiesa di S. Agostino
3	Torre di guardia (Cittadella)	17	Chiesa di S. Maria di Portonovo
4	San Ciriaco	18	Chiesa di S. Domenico
5	Edificio A (Ex Foresteria- Cittadella)	19	Palazzo Ferretti
6	Fuciliera (Cittadella)	20	Rivellino
7	Arco Clementino	21	Tempio di San Rocco
8	Immobile sito in Comune di Ancona (Vecchio faro)	22	Porta Farina
9	Palazzo Mengoni-Ferretti	23	Chiesa del Gesù
10	Palazzo Bosdari	24	Chiesa del SS Sacramento
11	Palazzo degli Anziani	25	Mole Vanvitelliana o Lazzaretto
12	Chiesa dei SS. Pellegrino e Filippo Neri	26	Arco di Traiano
13	Porta Pia	27	Anfiteatro di Ancona
14	Loggia dei Mercanti		

Nella schedatura conservativa di ogni bene viene stimata l'intensità di 6 tipologie di danno che possono essere riscontrate per ogni elemento costruttivo e decorativo; ogni tipologia di danno, viene successivamente classificata graduando gravità, estensione e urgenza secondo una scala di intensità suddivisa in più livelli.

I dati raccolti hanno consentito il calcolo della *vulnerabilità superficiale* che descrive lo stato di conservazione delle superfici in funzione dell'aggressione esercitata dai fattori climatici ed ambientali. I risultati ottenuti per Ancona sono stati confrontati con le vulnerabilità dei beni, a livello nazionale, che ricadono entro una fascia costiera di 30 km dalla linea del mare. Dal confronto emerge che le percentuali dei danni schedati nel comune di Ancona sono in linea con la tipologia dei danni rilevati sull'intero campione di beni selezionati.

I monumenti anconetani risultano inoltre caratterizzati in generale da una vulnerabilità medio – alta (figura 3).

Figura 3: Classificazione della vulnerabilità superficiale dei beni architettonici selezionati ad Ancona



I beni con i valori di vulnerabilità più alta (peggiore stato di conservazione) sono la Mole Vanvitelliana o Lazzaretto, il Tempio di San Rocco, la Chiesa del SS Sacramento, Porta Farina e la Chiesa del Gesù.

La pericolosità territoriale (impatti)

Nella Carta del Rischio la pericolosità territoriale (potenziale livello di aggressione ambientale) associata al degrado causato dai parametri climatici e all'inquinamento atmosferico è definita pericolosità ambientale- aria ed è calcolata in funzione dell'indice di annerimento e dell'indice di erosione².

In questo studio, in particolare, è stato stimata l'erosione, fenomeno dovuto all'azione sinergica delle precipitazioni e delle deposizioni di inquinanti che favorisce i processi di dissoluzione chimica del carbonato di calcio (componente principale dei manufatti calcarei) con la conseguente perdita di materiale superficiale [7].

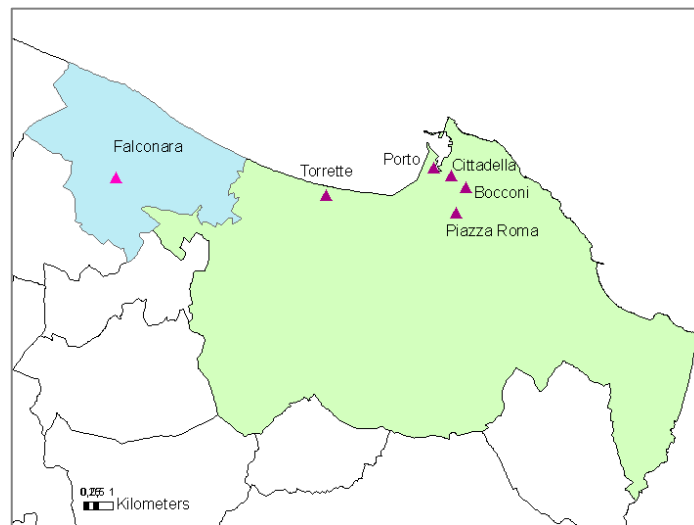
² Il modello di rischio descritto nella CdR è stato costruito individuando tre *domini di pericolosità* (potenziale livello di aggressione del territorio in cui i monumenti sono situati): statico – strutturale, ambientale – aria e antropico. Il *rischio ambientale – aria*, rappresenta il danno subito dai materiali a causa dei fattori climatici e ambientali (inquinamento atmosferico) caratteristici del territorio in cui i monumenti sono collocati e si calcola moltiplicando la pericolosità ambientale aria per la vulnerabilità superficiale del bene considerato.

La stima dell'erosione annua è stata realizzata, applicando l'algoritmo di Kucera³ [8], nello scenario attuale e in un ipotetico scenario futuro, allo scopo di valutare se le variazioni dei parametri climatici e ambientali comporteranno un'eventuale diminuzione o un incremento della perdita di materiale per i manufatti calcarei.

L'erosione nello scenario attuale è stata stimata utilizzando i dati registrati ad Ancona negli ultimi 9 anni.

In particolare sono state utilizzate le precipitazioni annue e l'umidità relativa media annua, misurate presso la stazione di Falconara e le concentrazioni medie annue degli inquinanti atmosferici (NO₂, O₃, SO₂ e PM₁₀) registrate presso le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria presenti ad Ancona (figura 4).

Figura 4: Localizzazione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria di Ancona e della stazione meteorologica di Falconara



Poichè i dati di concentrazione dei quattro inquinanti necessari per l'elaborazione della perdita di materiale, non sono disponibili per tutte le centraline presenti sul territorio l'erosione annua (tab. 2) è stata stimata nel periodo 2003-2010⁴ in corrispondenza delle stazioni di Cittadella (fondo urbano) e di Bocconi (traffico urbano).

Tabella 2: Erosione annua (in µm/anno) stimata dal 2003 al 2010 presso le centraline di Bocconi e Cittadella

	Erosione (µm/anno) Bocconi	Erosione (µm/anno) Cittadella
2003	7,3	-
2004	7,4	-
2005	7,5	-
2006	7,2	-
2007	8,2	6,7
2008	-	6,7
2009	-	6,0
2010	-	6,3

³ $R = 4 + 0.0059 \cdot [SO_2] \cdot Rh_{60} + 0.054 \cdot Rain \cdot [H^+] + 0.078 \cdot [HNO_3] \cdot Rh_{60} + 0.0258 \cdot [PM_{10}]$

con R = recessione superficiale (µm/anno); [SO₂] = concentrazione di biossido di zolfo media annua (µg/m³); [HNO₃] = concentrazione di acido nitrico media annua (µg/m³); [PM₁₀] = concentrazione di particolato atmosferico media annua (µg/m³); Rh₆₀ = (R_h)-60 (%) con R_h = umidità relativa media annua; [H⁺] = concentrazione di ioni idrogeno (mg/l); Rain = precipitazioni annue (mm/anno)

⁴ I valori ottenuti nel periodo 2003-2010 non rappresentano l'andamento della recessione superficiale per quell'arco di tempo, ma indicano la teorica erosione *per ciascun anno* in corrispondenza delle due centraline citate

Nei pressi di Cittadella i valori di erosione ricadono nell'intervallo di 6,0÷6,7 $\mu\text{m}/\text{anno}$ mentre in corrispondenza della stazione di Bocconi risultano essere compresi tra 7,2 e 8,2 $\mu\text{m}/\text{anno}$. Dato che la stima della perdita di materiale è stata ricavata utilizzando per le due centraline gli stessi valori dei parametri climatici, la differenza dei dati ottenuti dipende principalmente dalle diverse concentrazioni di inquinanti misurate nei due punti. Dai risultati ottenuti, si può sostenere che l'impatto attuale, in termini di erosione, è compreso tra 6÷8,2 $\mu\text{m}/\text{anno}$.

Poiché in letteratura⁵ il valore tollerabile di perdita di materiale per i calcari è pari a 8 $\mu\text{m}/\text{anno}$, i risultati ottenuti ad Ancona sono generalmente al di sotto del livello accettabile [9].

Per quanto riguarda lo scenario futuro, l'elaborazione dell'erosione ha comportato una serie di approssimazioni dovute al fatto che sono molte le variabili in gioco per le quali non è possibile quantificare, in modo rigoroso, l'andamento nei prossimi anni. Tuttavia in riferimento a studi realizzati a livello internazionale proprio su questo tema [10], e sulla base dei livelli in aria di alcuni inquinanti misurati nelle 5 stazioni di Ancona, è stato possibile tentare un "esercizio" allo scopo di quantificare, in prima approssimazione, la potenziale erosione nel 2030⁶.

I dati di precipitazioni stimati per questo anno sono stati estrapolati dallo studio realizzato da ISPRA [11], che ha fornito le previsioni delle precipitazioni e della temperatura per Ancona fino al 2100.

I modelli regionali applicati⁷ sono concordi nel prevedere per il 2030 una diminuzione delle precipitazioni, rispetto al trentennio di riferimento 1961 -1990, che, in base ai modelli utilizzati, varia dall'1% al 7%. Per il calcolo dell'erosione è stata considerata la variazione di precipitazioni più significativa (diminuzione del 7%). Poiché non sono disponibili le previsioni dell'umidità relativa al 2100, nel presente lavoro si è assunto che questo parametro rimanga invariato rispetto allo scenario attuale.

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico sono state stimate le concentrazioni degli inquinanti nel 2030 assumendo che il livello di inquinamento mantenga il trend di diminuzione registrato nell'ultimo decennio⁸ [12].

Il trend sugli ultimi 9 anni è stato calcolato per NO_2 e PM_{10} , per i quali è disponibile un maggiore numero di dati; i livelli dei due inquinanti dal 2011 al 2030 sono stati calcolati in corrispondenza delle centraline di Cittadella e Bocconi. I risultati ottenuti prevedono per il 2030 una diminuzione delle concentrazioni dei due inquinanti considerati, in particolare presso la stazione di Bocconi situata in una zona di traffico.

Nell'ipotesi che, come ottenuto dalle elaborazioni effettuate, si verificherà una diminuzione sia delle precipitazioni che dell'inquinamento atmosferico, l'erosione nel 2030, subirà probabilmente un lieve decremento che risulterà più significativo nelle aree direttamente soggette alle emissioni antropiche.

⁵ L'International Co-operative Programme on Effects on Materials (UNECE ICP Materials Programme) ha stabilito valori accettabili di erosione ("acceptable deterioration rate") per alcuni dei materiali costituenti i beni culturali. La definizione della velocità tollerabile di recessione superficiale è stata effettuata sulla base di due componenti: "the tolerable corrosion before action" ricavata dallo stadio di deterioramento del materiale quando il restauro deve ancora cominciare e "the tolerable time between the maintenance" che indica il tempo accettabile tra una manutenzione/restauro e l'altra.

⁶ Si è scelto di soffermarsi al 2030, in quanto la previsione dell'andamento dell'inquinamento atmosferico al 2100 risulterebbe troppo approssimativa per la variabilità dei parametri presi in considerazione (variabilità legata ai possibili interventi delle politiche sociali finalizzate al miglioramento delle condizioni del benessere umano).

⁷ I dati utilizzati sono stati quelli ottenuti da tre modelli regionali: Regional Climate Models (RCMs): SMHIRCA, CNRM-RM5.1, KNMI-RMCO2 (Fonte ISPRA: Settore Clima e Meteorologia Applicata).

⁸ E' stato calcolato un valore decrescente degli inquinanti, ottenuto sulla base del test di Kendall corretto per la stagionalità, al netto del fondo regionale. Si considera infatti che l'effetto di riduzione dell'inquinamento incida, in prima approssimazione, solo su quella quota parte di inquinamento prodotto dall'attività umana nell'area urbana che si somma al livello di fondo (considerato costante).

Il rischio

Il potenziale rischio cui potrebbe essere soggetto un bene situato in una determinata area, dipende dal suo stato di conservazione e dall'aggressione del territorio con cui il bene stesso interagisce.

Per lo scenario attuale, in questo lavoro, i monumenti risultati potenzialmente più a rischio sono quelli caratterizzati da un peggiore stato di conservazione (vulnerabilità più alta).

Poiché nel 2030 l'erosione ipotizzata non sembra cambiare significativamente rispetto a quella attuale, la variazione del rischio dovrebbe dipendere dalla vulnerabilità che, in uno scenario futuro non si può stimare (sono molte le variabili in gioco per le quali non è possibile quantificare le variazioni nei prossimi decenni).

Per una valutazione qualitativa degli indicatori di rischio, sono stati ipotizzati quindi due scenari in cui la variabile pericolosità territoriale risulta invariata rispetto allo scenario attuale e varia la componente vulnerabilità:

- 1) la vulnerabilità rimane costante o diminuisce (lo stato di conservazione migliora), grazie a periodici interventi di manutenzione o restauro;
- 2) la vulnerabilità aumenta (peggiora lo stato di conservazione).

Nello scenario 1 il rischio rimane costante o diminuisce. Per arrivare a questa situazione quei monumenti che sono risultati da questo primo studio più vulnerabili, dovrebbero essere sottoposti a monitoraggi programmati del loro stato di conservazione ed a eventuali interventi di manutenzione, laddove necessari, allo scopo di mantenere invariato o di migliorare lo stato di conservazione delle superfici.

Nello scenario 2 il rischio aumenta. Questa eventualità potrebbe verificarsi per quei monumenti che, risultati in condizioni critiche, non vengano sottoposti a quegli interventi conservativi finalizzati a renderli meno suscettibili a qualsiasi attacco ambientale.

Conclusioni

Lo studio del rischio connesso ai cambiamenti climatici per i beni culturali di Ancona è stato elaborato utilizzando le informazioni sullo stato di conservazione (vulnerabilità) di alcuni monumenti selezionati sul territorio e i dati dei parametri che influiscono sui processi di degrado (pericolosità territoriale).

Dai risultati ottenuti si può in prima approssimazione sostenere che i beni analizzati ad Ancona risultano caratterizzati in generale da una vulnerabilità medio – alta. E' comunque importante sottolineare che il campione per il quale sono state realizzate le schede di vulnerabilità è insufficiente rispetto alla consistenza dei beni presenti nel database della Carta del Rischio (27 beni analizzati su 120 georeferiti).

Per quanto riguarda la pericolosità territoriale, gli impatti dei cambiamenti climatici sono stati elaborati analizzando la potenziale erosione dei beni architettonici ed archeologici in uno scenario attuale e in uno scenario futuro.

I risultati ottenuti mostrano che la perdita di materiale per i calcari nello scenario attuale è compresa tra 6÷ 8 µm/anno, valori complessivamente inferiori al limite di erosione accettabile (8 µm/anno).

Per quanto riguarda lo scenario futuro, è stato tentato un esercizio di previsione pur con la consapevolezza che la valutazione degli impatti futuri è del tutto aleatoria perché legata a fattori non ancora presenti ma che potrebbero manifestarsi come effetto di scoperte scientifiche, equilibri economici e fattori geopolitici.

I risultati sono stati ottenuti considerando una diminuzione delle precipitazioni, così come previsto dai modelli climatici utilizzati nel presente progetto e un'ipotesi di riduzione dell'inquinamento atmosferico basata sull'attuale trend di concentrazione degli inquinanti in aria.

Sulla base di tali assunzioni, questo studio sperimentale indica che probabilmente, nel futuro prossimo (2030), l'erosione ad Ancona, presenterà un lieve decremento rispetto ai valori attuali in particolare nelle aree direttamente soggette alle emissioni antropiche.

Per quanto riguarda il potenziale rischio in uno scenario futuro, dato che la pericolosità ipotizzata al 2030 non sembra variare significativamente rispetto a quella calcolata per lo scenario attuale, la variazione del rischio dovrebbe dipendere dalla vulnerabilità futura.

Su questa si può intervenire con opportuni interventi di manutenzione che, se correttamente programmati ed eseguiti, porteranno alla riduzione del livello di rischio stesso.

Le strategie di adattamento da implementare nel campo dei beni culturali consistono quindi principalmente nel monitoraggio programmato dello stato di conservazione dei monumenti. Questo approccio consentirebbe di verificare le condizioni del bene e di intervenire con opportune attività di manutenzione laddove si constatano situazioni critiche, favorendo, in tale modo, la riduzione del numero di interventi di restauro maggiormente invasivi e costosi.

Bibliografia

- [1] Global Climate Change on Built Heritage and Cultural Landscapes- The Noa's Ark project, Atlas and Guidelines_2007
- [2] <http://www.actlife.eu/EN/index.xhtml>
- [3] La cartografia tematica, 1996, carta del rischio del patrimonio culturale, ministero per i beni culturali ed ambientali – ufficio centrale per i beni archeologici, architettonici, storici ed artistici – istituto centrale per il restauro, vol.1- A.T.I. Maris
- [4] *Analisi multi- hazard per la valutazione del rischio locale dei beni culturali*. Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA – l'Aquila 21-24 ottobre 2008
- [7] La cartografia tematica, 1996, carta del rischio del patrimonio culturale, ministero per i beni culturali ed ambientali – ufficio centrale per i beni archeologici, architettonici, storici ed artistici – istituto centrale per il restauro, vol.1- A.T.I. Maris
- [5] <http://www.cartadelrischio.it/>
- [6] G. Accardo, 1999, *La schedatura conservativa: esperienze dell'ICR in relazione alla Carta del Rischio*, Atti Primo Seminario Nazionale sulla Catalogazione.
- [7] P. Bonanni, R. Daffinà, R. Gaddi, A. Giovagnoli, V. Silli , M. Cirillo, 2006, *L'impatto dell'inquinamento atmosferico sui beni di interesse storico - artistico esposti all'aperto*, Rapporto APAT.
- [8] *Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage (Multiasses)- Report 2005*
- [9] <http://www.corr-institute.se/ICP-Materials/web/page.aspx?refid=12>
- [10] B. Denby, J. Horàlek, S. E. Walker, K. Eben, J. Fiala, *Interpolation and assimilation methods for European scale air quality assessment and mapping* , Part I Review and recommendations, ETC/ACC Technical Paper 2005/7, 2005
- [11] F. Desiato, A. Toreti, G. Fioravanti, P. Frascetti, W. Perconti “Baseline Climate Scenario, Climate trends and projections”, LIFE ACT Project 2010
http://issuu.com/actlife/docs/climate_trends_and_projections?mode=a_p
- [12] G. Cattani, A. Di Menno di Bucchianico, D. Dina, M. Inglessis, C. Notaro, G. Settimo, G. Viviano, A. Marconi “*Evaluation of the temporal variation of air quality in Rome, Italy from 1999 to 2008*”, Ann Ist Super Sanità 2010 | Vol. 46, No. 3: 242-253