



***Parte 1 – CONSERVAZIONE***



## 1– LA CONSERVAZIONE PREVENTIVA AL MUSEO DELLA SPECOLA

di M. R. Carotenuto

*È inutile continuare a ripetere, con Dostoevskij,  
che la Bellezza salverà il mondo:  
la Bellezza non salverà nulla se noi non salveremo la Bellezza!*

*(Salvatore Settis)*

### 1.1 – La conservazione preventiva dei beni museali

La conservazione del patrimonio culturale materiale si pone come obiettivo la salvaguardia dell'integrità ed autenticità del patrimonio affinché ne venga garantita la trasmissione nel tempo e la sua accessibilità alle generazioni presenti e future. Secondo la definizione adottata nel 2008 dalla Commissione Conservazione dell'International Council Of Museums (ICOM-CC), la conservazione prevede tre modalità di azione, distinte per gli obiettivi previsti e per le azioni adottate: conservazione preventiva, conservazione curativa e restauro. Le misure ed interventi coinvolti in ciascuno di tali ambiti devono rispettare il valore sociale, culturale e spirituale degli oggetti e le loro proprietà fisiche<sup>1</sup>.

La conservazione preventiva, nello specifico, è stata definita come “l'insieme delle misure e delle azioni tese a evitare o ridurre al minimo futuri deterioramenti o perdite. Esse sono condotte sull'ambiente e nel contesto del bene, generalmente un insieme di beni, a prescindere dalle loro condizioni o epoca. Tali misure ed azioni sono indirette, non interferiscono con i materiali e la struttura dei beni e non ne modificano l'aspetto”<sup>2</sup>.

Contrariamente al restauro, la conservazione preventiva si focalizza sull'intera collezione di un museo, piuttosto che sul singolo bene, e prevede azioni che mirino a prevenire o a ridurre il degrado dei materiali costituenti gli oggetti custoditi, intervenendo sul contesto e sull'ambiente in cui l'oggetto si trova, piuttosto che sul bene stesso.

Rientrano tra gli interventi indiretti previsti da tale pratica: lo studio dei beni costituenti le collezioni e il loro contesto ambientale, la valutazione e gestione di eventuali agenti di deterioramento presenti nell'ambiente di conservazione, la pianificazione e implementazione di procedure per la corretta movimentazione e

---

<sup>1</sup> Risoluzione adottata da ICOM-CC alla 15a Conferenza Triennale di New Delhi, 22-26 settembre 2008 e ratificata alla 22ª Assemblea Generale dell'ICOM, Shanghai, 2010

<sup>2</sup> Ibidem

trasporto delle opere, di piani di emergenza in caso di calamità e di piani di manutenzione ordinaria.

In una prospettiva a lungo termine, la conservazione preventiva rappresenta la più efficace forma di conservazione dei beni culturali in quanto riduce, nel tempo, la necessità di intervenire su di essi, con interventi costosi e invasivi, consentendo di gestire e investire al meglio le -spesso scarse! - risorse economiche e umane di cui si dispone.

Sebbene tale pratica sia prevista in Italia anche a livello legislativo<sup>3</sup> come attività fondamentale per assicurare la conservazione del patrimonio culturale e venga considerata irrinunciabile secondo il "Code of Ethics for museums" (ICOM, 2006)<sup>4</sup>, ancora troppo esiguo è il numero di piani di conservazione preventiva adottati a regime nei musei o parchi archeologici o dimore storiche del territorio nazionale.<sup>5</sup>

Ciò che sembra ostacolare la diffusione di tale pratica in Italia è quel “cambiamento di mentalità” di cui parlava G. De Guichen (consulente del Centro internazionale di studi per la conservazione e il restauro dei beni culturali - ICCROM) nel 1995<sup>6</sup>, dal *come* a *perché* conservare gli oggetti, dalla cultura del restauro, del

---

<sup>3</sup> **Decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 ("Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137")**, all'articolo 29: “La conservazione del patrimonio culturale è assicurata mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro”;

**Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998)**, Ministero Per i Beni e le Attività Culturali. Di questo documento ci si limita a citare quanto indicato all'AMBITO VI:

“[...] La gestione delle collezioni museali deve prevedere come elemento imprescindibile il perseguimento di obiettivi di qualità in merito a:

1. Conservazione e restauro. Devono essere osservati precisi criteri di conservazione preventiva, attraverso il monitoraggio delle condizioni ambientali, e secondo principi di di restauro e di manutenzione, al fine di garantire la sicurezza e la piena fruibilità dei manufatti [...]”;

AMBITO VI, SOTTOAMBITO 1 - norme per la conservazione e il restauro comprendenti l'esposizione e la movimentazione. “La gestione delle collezioni museali deve fondarsi su idonee politiche volte a garantire la prevenzione dei rischi di degrado che possono interessare le collezioni stesse, affinché esse possano essere trasmesse alle future generazioni. Il museo deve essere dotato di un idoneo piano di prevenzione nei confronti dei fattori umani, ambientali e strutturali che possono generare rischi per la conservazione dei manufatti. Tale piano deve riguardare tutte le possibili situazioni in cui le opere vengono esposte temporaneamente o permanentemente al pubblico, conservate nei depositi, soggette ad interventi di restauro o movimentate all'interno e all'esterno del museo”.

<sup>4</sup> Il Codice Etico ICOM per i Musei è un testo di riferimento che fissa gli standard per la pratica dei professionisti che operano in campo museale. Adottato nel 1986 e rivisto nel 2004, esso riflette i valori e i principi condivisi da ICOM e dalla comunità museale internazionale.

<https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/code-of-ethics/>

<sup>5</sup> Simon Lambert, *Italy and the history of preventive conservation*, CeROArt 6, 2010 e

<https://www.journalchc.com/2018/11/23/conservazione-preventiva-nei-grandi-musei-e-non-solo/>

<sup>6</sup> “[...] Preventive conservation is an old concept in the world of museum, but it is only within the last 10 years that it has started to become more organized. It requires a profound change in mentality.

Where yesterday one saw objects, today one should see collections.

Where yesterday one saw rooms, one should see buildings.

Where yesterday one thought in days, one should now think in years.

Where yesterday one saw a person, one should see teams.

singolo oggetto e della misura d'urgenza a quella della prevenzione, delle collezioni e del lungo termine.

Questo cambio di rotta è possibilmente rallentato anche dal fatto che la conservazione preventiva non porta a risultati “visibili”, in grado di “creare business” nell'immediato come quelli ottenuti da un intervento di restauro. Per molte istituzioni significa, infatti, investire soldi in attività prive di *appeal* per il pubblico, dal cui sostegno dipende l'istituzione stessa; in altri termini, occuparsi delle immediate esigenze di conservazione di un pezzo importante o esposto di frequente può sembrare molto più significativo e urgente!<sup>7</sup>

A questo si aggiungono le difficoltà legate alla necessità di abbinare un'elevata competenza specialistica di coloro che si occupano della conservazione del patrimonio e a cui si richiede la capacità di collaborare e dialogare in maniera efficace con diversi specialisti, all'impegno da parte delle amministrazioni di integrare la conservazione preventiva nella politica di gestione dell'istituzione stessa, riconoscendola come unica pratica in grado di preservare nel tempo i beni di cui sono responsabili.<sup>8</sup>

Dal 2018 l'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo affronta un importante investimento su questo fronte, lavorando su un progetto di conservazione preventiva per le collezioni scientifiche del Museo della Specola e per la sensibilizzazione degli stakeholders, a livello nazionale ed internazionale, sull'importanza di tale pratica.

Questa sfida è un virtuoso esempio di progetto di conservazione preventiva del patrimonio in ambito regionale e rappresenta, anzi, il primo e unico progetto di questo tipo in Italia per la gestione delle collezioni scientifiche custodite presso gli osservatori astronomici della rete INAF.

## **1.2 Il progetto di conservazione preventiva del Museo della Specola**

Il progetto ha la finalità di identificare e gestire i rischi<sup>9</sup> e le minacce a cui gli oggetti sono esposti nelle sale del Museo al fine di ridurre il loro impatto sui beni, nel modo più efficiente ed efficace possibile.

---

Where yesterday one saw short-term expenditure, one should see long-term investment.  
Where yesterday one shows day-to-day action, one should see programs and priorities.  
Preventive conservation means taking out a life insurance for museum collections.[...]. G.De Guichen, 1995

<sup>7</sup> Jeffrey Levin, *Preventive Conservation*, in Newsletter 7.1 Winter 1992, The Getty Conservation Institute

<sup>8</sup> Idem

<sup>9</sup> Con il termine “rischio” si intende “la possibilità che qualcosa che avrà un impatto negativo sugli oggetti esposti possa verificarsi”. L'impatto dei rischi è espresso in termini di perdita di valore: questa non si riferisce soltanto ad un qualsiasi tipo di danno materiale al bene, ma piuttosto alla perdita di informazioni di cui esso è portatore o l'incapacità di accedere al bene stesso. (The ABC method - A risk management approach to the preservation of cultural heritage - by ICCROM and CCI, 2016)

Conoscere le reali e specifiche esigenze dell'intero sistema "museo" consente di stabilire le priorità di intervento e di pianificare *policies* e strategie adeguate per intervenire in tempo sulle cause dei degradi prima che se ne manifestino gli effetti.

La tutela delle collezioni della Specola pone svariate sfide:

- presenza di materiali eterogenei con esigenze diverse;
- esistenza di teche storiche che limitano la possibilità di intervento su esse;
- collocazione del Museo all'interno di un palazzo storico;
- mancanza di spazi per un adeguato stoccaggio degli oggetti non esposti;
- limitata disponibilità di risorse economiche.

Soprattutto quest'ultimo punto genera non poca preoccupazione in coloro che si occupano della gestione del Museo, specialmente in un periodo storico come questo in cui ci si ritrova a fronteggiare una crescente domanda di accesso da parte degli utenti e a rispondere all'appello, a livello internazionale, per un maggiore impegno sul tema della sostenibilità.

Aver chiaro quali sono le priorità e, quindi, su quale fronte sia più opportuno investire le risorse di cui si dispone, per ottimizzarne l'uso e ottenere il massimo beneficio possibile a lungo termine, è fondamentale per la gestione del museo.

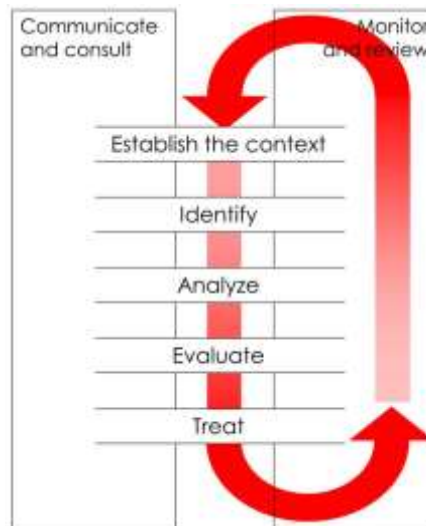


Fig.1 - Ciclo di gestione del rischio, ISO 31000:2009 Standard for Risk Management.  
(© Government of Canada, Canadian Conservation Institute. CCI 96638-0021)

Per il progetto è stato adottato un approccio tecnico-scientifico le cui fasi principali sono rappresentate dall'*analisi* del contesto in cui i beni sono custoditi,

dall'*identificazione, analisi e valutazione dei rischi* - interni ed esterni al museo - che minacciano le collezioni e dalla conseguente *pianificazione* di azioni che riducano o eliminino le cause di tali rischi e il loro impatto sui beni.

Vi sono delle attività che necessariamente devono esser svolte durante l'intero processo ciclico (vedi fig. 1): "*comunicazione e confronto*" con specialisti di vari settori, responsabili del museo, stakeholders, etc. e "*monitoraggio e revisione*" delle valutazioni fatte di volta in volta e delle informazioni in nostro possesso, per registrare eventuali cambiamenti intervenuti nel sistema esaminato e per valutare l'efficacia delle misure attuate.

### 1.2.A -Fase 1: l'*analisi del contesto*

La prima fase ha previsto l'analisi di aspetti rilevanti del contesto in cui le collezioni sono collocate.



Fig. 2 - Aspetti rilevanti del contesto in cui si collocano le collezioni (*A Guide to Risk Management of Cultural Heritage*, ICCROM and Canadian Conservation Institute, 2016)

Sono state raccolte informazioni riguardanti, in particolar modo, le *policies* interne dell'istituzione INAF-OAPa (per l'uso, l'accesso, il prestito degli oggetti, la gestione delle collezioni, delle visite e degli interventi di manutenzione e restauro), gli attori coinvolti, il contesto socio-culturale in cui il Museo si inserisce, il suo contesto fisico (caratteristiche della zona in cui si trova l'edificio che accoglie il Museo) e gli oggetti costituenti la collezione.

E' stato indagato anche il modo in cui è distribuita, per l'istituzione, l'attribuzione di valore tra i beni custoditi: individuare gli oggetti maggiormente significativi per l'ente è fondamentale per stabilire le priorità di intervento ed impiegare al meglio le risorse di cui si dispone.

In Appendice A, si riporta l'elenco di una selezione di beni considerati "principali" (LOP), sulla base di aspetti estetici, storici e scientifici identificati come rilevanti dall'INAF-OAPa.

### **1.2.A.1 - Schede per il rilevamento dello stato di fatto degli oggetti (Condition Reports)**

La compilazione di schede conservative è un'operazione di primaria importanza in cui si approfondisce la conoscenza delle collezioni e se ne registra lo stato di salute.

Gli *Atti di indirizzo inerenti criteri tecnico-scientifici e standard di funzionamento e sviluppo dei musei*, emanati in attuazione del D.Lgs. n. 112/98, sanciscono che: "Ai fini della programmazione degli interventi di restauro e della definizione delle modalità di esposizione, immagazzinaggio e movimentazione è opportuno che il museo si doti di una scheda conservativa contenente informazioni specifiche su materiali costitutivi, procedimenti esecutivi e stato di conservazione dei manufatti, periodicamente aggiornata [...].[...] Il museo deve programmare gli interventi di manutenzione, conservazione e restauro sulla base degli elementi conoscitivi e delle priorità emerse dalla schedatura conservativa."

Per gli strumenti scientifici elencati nella LOP (vedi Appendice A) sono state elaborate delle specifiche schede per il rilevamento dello stato di fatto, utilizzando come modello le schede ministeriali dell'Istituto Centrale per il Restauro di Roma (ICR)<sup>10</sup>, reputate particolarmente complete e ben strutturate. In Appendice B, si riporta la scheda utilizzata per la documentazione dello stato conservativo di globi, busti e dipinti e la scheda elaborata specificamente per gli strumenti scientifici.

Si segnala che gli oggetti erano già stati catalogati nelle schede PST, in una versione semplificata e disponibile nel portale dei Beni Culturali INAF "Polvere di Stelle".

Nelle schede di rilevamento sono stati riportati vari dettagli degli oggetti, dalla collocazione e relativi rischi connessi alla loro esposizione, alla descrizione degli elementi costitutivi e del loro stato di fatto, dai dati storici agli interventi effettuati su di essi nel tempo. Oltre all'analisi e descrizione dei degradi osservati, sono state segnalate criticità e proposti interventi o accorgimenti - anche urgenti - da adottare per non peggiorare lo stato di conservazione dei beni esposti.

Le opere, ove possibile e necessario, sono state ispezionate con l'ausilio di un microscopio USB digitale portatile per indagare la stratigrafia del bene e analizzare nel dettaglio la natura di alcuni degradi.

---

<sup>10</sup> Scheda per il rilevamento e la documentazione, Istituto Centrale per il Restauro - Servizio Informazione Insegnamento e Documentazione © ICR 1999/2001



Fig. 3 - Ispezione delle superfici del globo terrestre (R. Bonne, fine XVIII secolo) per mezzo di un microscopio USB digitale portatile.

La compilazione delle schede è stata svolta in collaborazione con il responsabile scientifico del Museo, Dott.ssa Ileana Chinnici, e il tecnico Sig. Filippo Mirabello che da decenni collabora al restauro e alla manutenzione della collezione ed è, quindi, a conoscenza di preziose informazioni tecniche su ogni singolo oggetto che è importante registrare perché non vadano perdute.

Allo stato attuale, soltanto parte degli oggetti è stata fotografata nel dettaglio; il lavoro di documentazione è stato, infatti, interrotto in seguito alle subentrate restrizioni anti-covid19 per l'accesso in Osservatorio.

Fotografare l'oggetto e i suoi particolari è fondamentale per registrarne lo stato di fatto al momento della compilazione delle schede: tale documentazione consente di monitorare il bene negli anni, valutare la comparsa di eventuali cambiamenti e gli effetti delle condizioni ambientali a cui è esposto.

Sia le schede che le riprese fotografiche richiedono aggiornamenti regolari, specialmente se gli oggetti vengono spostati, prestati o sottoposti ad interventi di manutenzione o vengano apportate modifiche all'ambiente di conservazione.



## 1.2-B - Fase 2: Identificazione dei rischi

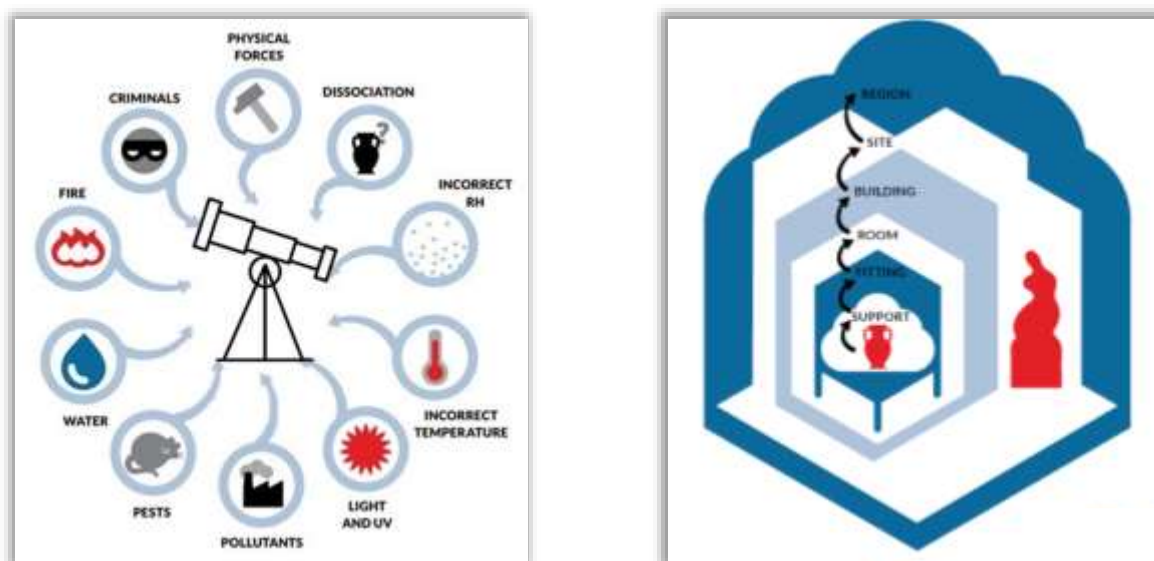


Fig. 4 - I 10 agenti di deterioramento e i 6 livelli in cui un oggetto può essere contenuto, individuati da ICCROM e CCI nella guida “The ABC method - A risk management approach to the preservation of cultural heritage”, 2016

Nel lavoro di identificazione dei rischi, si è ricorsi a strumenti condivisi dal Canadian Conservation Institute (CCI)<sup>11</sup> e dal Centro internazionale di studi per la conservazione ed il restauro dei beni culturali (ICCROM)<sup>12</sup> per una valutazione sistematica dei possibili fattori che potrebbero minacciare le collezioni – da eventi catastrofici improvvisi a lenti e gradual processi di deterioramento causati da agenti chimici, fisici, biologici - e dei “livelli” in cui gli oggetti sono immersi e da cui tali minacce potrebbero provenire.

Tra gli agenti di deterioramento (vedi fig. 4), si è dato al momento priorità allo studio dei valori di temperatura e di umidità relativa e all’analisi della qualità dell’aria all’interno delle sale espositive.

<sup>11</sup> Il CCI è un'agenzia operativa speciale del Dipartimento federale del patrimonio culturale canadese. L'istituto svolge attività di ricerca nel campo dei beni culturali e fornisce informazioni e servizi riguardanti la conservazione del patrimonio canadese attraverso la sua esperienza nella scienza della conservazione, nel restauro e nella conservazione preventiva.

<sup>12</sup> L'ICCROM è un'organizzazione intergovernativa che opera al servizio dei suoi Stati membri per promuovere la conservazione di tutte le forme di patrimonio culturale, in ogni regione del mondo. L'istituzione opera nello spirito della Dichiarazione Universale dell'Unesco sulla Diversità Culturale del 2001, che afferma che “il rispetto della diversità delle culture, la tolleranza, il dialogo e la cooperazione in un clima di fiducia e di mutua comprensione sono tra le migliori garanzie di pace e di sicurezza internazionali.”

Per oltre sessant'anni l'ICCROM ha cooperato con gli Stati membri per sostenerli nella tutela del patrimonio all'interno e all'esterno dei loro confini. Lavorando a livello internazionale e governativo, in collaborazione con istituzioni e professionisti sul campo, l'organizzazione intende coinvolgere e informare le nuove generazioni di professionisti e il grande pubblico interessato al patrimonio.

In futuro si prevede di analizzare anche gli altri potenziali agenti di deterioramento e, per ciascuno di essi, si cercherà di stimare la probabilità che possano verificarsi nel contesto specifico del Museo della Specola e i possibili effetti. Questo lavoro consentirà di individuare i rischi a più alto impatto, quelli considerati “non accettabili” per l’istituzione, e di settare le priorità di intervento (fase 4 - valutazione del rischio). Passo successivo sarà la *pianificazione* di azioni che riducano o eliminino le cause di tali rischi e il loro impatto sui beni.

### **1.2.B.1 Rilevamento dei parametri termoigrometrici**

*Premessa* - È noto come le condizioni microclimatiche degli ambienti museali possano innescare o aggravare processi di degrado dei materiali costituenti i beni custoditi, attraverso meccanismi di tipo chimico, fisico o biologico, e come esse contribuiscano ad aumentare o ridurre le loro “aspettative di vita”.

Le condizioni ambientali possono influire in vari modi sugli oggetti e questi rispondere secondo modalità altrettanto diverse: ogni materiale infatti porta su di sé una storia specifica, fatta di tecnica esecutiva, di adattamenti all’ambiente e di interventi di manutenzione o restauro che hanno rimosso materiale originario o ne hanno aggiunto del nuovo. Questi aspetti generano una risposta che è tipica e specifica di ciascun oggetto e che richiede, pertanto, una valutazione altrettanto peculiare.

Trovare un giusto equilibrio per garantire condizioni di conservazione ottimali per intere collezioni risulta, dunque, complesso.<sup>13</sup>

Va tenuto conto del fatto che, spesso, tentativi posti in essere allo scopo di rendere gli ambienti idonei, sulla base di indicazioni internazionali o standard che indicherebbero determinati valori di Umidità Relativa (UR) e Temperatura (T) come ideali per certe tipologie di beni, possono in realtà portare al risultato opposto.

Come specificato nella norma UNI EN 15757: 2010 “Conservazione dei beni culturali – Specifiche concernenti la temperatura e l’umidità relativa per limitare i danni meccanici causati dal clima ai materiali organici igroscopici”, beni che hanno stabilito nel tempo un “equilibrio” con certe condizioni microclimatiche, specifiche del

---

<sup>13</sup> Il DLG 10-05-2001 “Atto di indirizzo sui criteri tecnico scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei”, all’Ambito VI - Sottoambito I, nella Premessa al Paragrafo 2. “Parametri ambientali” recita: “La complessità e la varietà degli oggetti che costituiscono i beni culturali rendono particolarmente difficile l’individuazione e la definizione assoluta degli intervalli e dei limiti dei parametri ambientali, intesi come valori critici e ottimali, per la buona conservazione delle opere. Pertanto la corretta utilizzazione delle tabelle relative a tali intervalli e limiti [...] deve essere sempre e necessariamente accompagnata da una specifica metodologia di interpretazione basata sui seguenti punti:

- valutazione dello stato di conservazione del manufatto;
- studio degli andamenti dei parametri microclimatici, di illuminazione e della qualità dell’aria dell’ambiente in cui il manufatto si trova; [...]
- giudizio complessivo di valutazione “stato di conservazione/ambiente”;
- conoscenza dell’interazione del manufatto con l’ambiente”.

contesto in cui sono conservati, non dovrebbero essere sottoposti a nuovi valori di T e UR solo perché definiti a priori “più idonei”. Cambiamenti improvvisi causano, infatti, stress di vario tipo e il manifestarsi di nuove forme di degrado. Neanche i più sofisticati e costosi sistemi di condizionamento o deumidificazione, attivati con l’obiettivo di mantenere le condizioni quanto più possibile all’interno dei ristretti range previsti dalle norme, sono privi di rischi: eventuali malfunzionamenti, infatti, possono provocare problemi conservativi anche molto gravi.

La citata norma, dunque, suggerisce di spostare il focus del controllo ambientale dalla ricerca e implementazione di valori ideali, allo studio e comprensione del caso specifico e delle condizioni di conservazione reali.

Viene, dunque, introdotto un diverso orientamento rispetto all’approccio tradizionale con lo sviluppo, in campo europeo, del concetto del “clima storico”<sup>14</sup> e della sua priorità (concetti già introdotti dalla UNI 10969: 2002 “Beni Culturali - Principi generali per la scelta e il controllo del microclima per la conservazione dei beni culturali in ambienti interni”). Fondamentalmente si prende atto che, per ogni materiale, esistono specifici intervalli microclimatici particolarmente favorevoli alla conservazione (soprattutto in termini di umidità relativa) ma, nel caso di manufatti acclimatati ad un proprio clima storico, questi non possono allontanarsene senza essere esposti a rischio di danno (a meno che, ovviamente, le condizioni conservative si siano dimostrate sfavorevoli alla conservazione)<sup>15</sup>.

Il lavoro di seguito presentato aderisce a queste indicazioni; esso include anche lo studio della situazione climatica presente all’esterno del Museo della Specola per valutarne l’incidenza sul microclima interno e le prestazioni dell’edificio che accoglie il museo, aspetti determinanti per qualsiasi pianificazione futura.

---

<sup>14</sup> Il clima storico è definito nella UNI EN 15757: 2010 come l’insieme delle “condizioni climatiche in un microambiente dove un oggetto culturale è sempre stato conservato o è stato tenuto per un lungo periodo di tempo (**almeno un anno**) e al quale esso si sia acclimatato.”

<sup>15</sup> A tal proposito, si riporta un breve estratto dall’articolo “*Il clima storico per la conservazione dei beni culturali: materiali organici e variazioni microclimatiche*” (D. Camuffo, 2014) che espone i concetti base espressi nella norma in esame: «Si consideri ad esempio un manufatto ligneo, che si trovi in buone condizioni conservative all’interno del proprio clima storico: si è adattato e ha ben risposto alla naturale variabilità stagionale e giornaliera, e non corre alcun rischio sinché tali condizioni vengono mantenute. Tuttavia, se il clima cambiasse, o le fluttuazioni di UR eccedessero la variabilità rispetto ai valori storici di assuefazione, si potrebbe entrare in una zona di rischio pericolosa per l’integrità fisica del manufatto. Viceversa, se il danno deriva dall’intensità delle sollecitazioni, ogni riduzione della variabilità di UR rispetto ai valori medi è da considerarsi positivamente. Se invece le condizioni conservative si sono dimostrate sfavorevoli alla conservazione, la norma impone di prendere opportuni provvedimenti, secondo uno studio specifico a scopo preventivo della situazione e del manufatto che dovrà essere fatto da professionisti esperti nei campi multidisciplinari interessati. Del resto è quanto previsto dall’art 29 comma 1 del DLG 22-01-2004, n.42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio” che recita: “La conservazione del patrimonio culturale è assicurata mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro».

*Un primo monitoraggio (2013-2014)* - Tra il 2013 e il 2014 è stata avviata la prima campagna di monitoraggio dei parametri termoigrometrici delle sale espositive, in seguito alla comparsa di efflorescenze saline nelle pareti della Sala Circolare e di fenomeni di ossidazione delle superfici metalliche del Cerchio di Ramsden. Datalogger HOBO UX 100-011<sup>16</sup> sono quindi stati posizionati nelle varie sale (vedi fig. 5).

Dopo circa un anno di monitoraggio, i dati sono stati analizzati dal Prof. Aurelio Agliolo Gallitto (Dipartimento di Chimica e Fisica, Università degli Studi di Palermo), dall'Ing. Vincenzo Franzitta (Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici, UNIPa) in collaborazione con la Dott.ssa Ileana Chinnici e il sig. Filippo Mirabello.

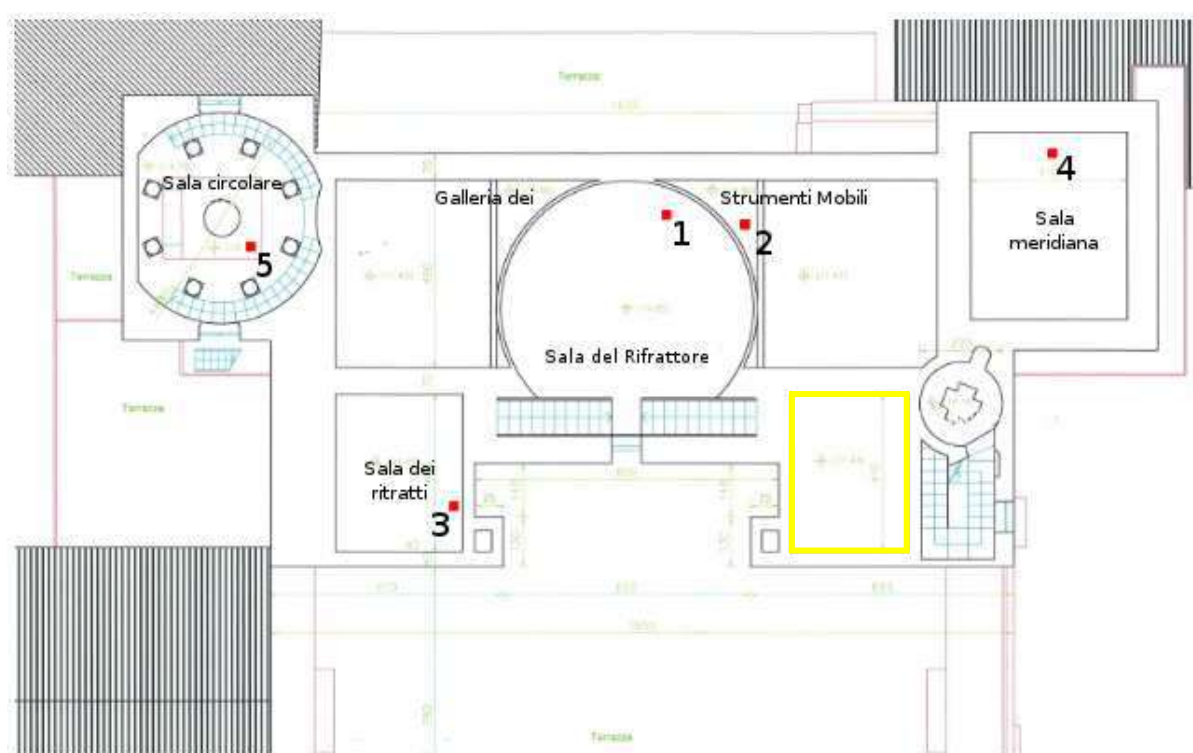


Fig. 5 - Planimetria del Museo. I quadratini rossi indicano la posizione dei sensori HOBO nelle varie sale espositive. Si noti che lo stanzone meteorologico (riquadro con contorno di colore giallo) non è stato incluso in questa campagna di monitoraggio.

I valori rilevati sono stati comparati con quelli indicati dalla normativa UNI 10829:1999 “Beni di Interesse Storico Artistico. Condizioni Ambientali di Conservazione. Misurazione ed Analisi” per le varie tipologie di materiali presenti

<sup>16</sup> Si tratta di sensori della ONSET Computer Corporation (US) in grado di rilevare in ambienti interni temperatura - con una precisione del  $\pm 0.21^{\circ}\text{C}$  per valori compresi tra  $0^{\circ}$  e  $50^{\circ}\text{C}$  - e umidità relativa - con una precisione del  $\pm 2.5\%$  per valori compresi tra il 10% e il 90%. Per un maggiore approfondimento sui dettagli tecnici dei dispositivi si rimanda al sito della ONSET: <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/ux100-011a/>

nella collezione. Dall'analisi dei dati, è emerso che le condizioni climatiche delle stanze non erano particolarmente idonee a garantire la corretta conservazione degli oggetti esposti. Misure specifiche venivano, quindi, indicate per ogni sala per il miglioramento delle condizioni conservative e per il raggiungimento di valori specifici di temperatura e umidità relativa, così come suggeriti dalla norma. Il rapporto relativo a questo primo monitoraggio è riportato in Appendice C.

Nel 2018, su disposizione del Direttore, Dott. Fabrizio Bocchino, sono state adottate alcune delle misure ivi suggerite:

- (Giugno 2018) accensione del sistema di condizionamento 24 ore su 24, con le seguenti modalità: "modalità invernale che mantiene la temperatura a 19°C ed una estiva a 24°C, con umidità intorno al 55% in entrambi i casi. Per le stagioni di mezzo, la temperatura è impostata a 22°C";

- (Ottobre 2018) installazione e attivazione 24 ore su 24 di un condizionatore nella sala Circolare e di uno nella sala Meridiana (con le stesse modalità sopra indicate).

Tra le misure suggerite era previsto anche il collocamento di filtri UV per i vetri esterni del Museo: tale intervento, già pianificato nel 2018, risulta, tuttavia, non ancora attuato al momento.

*Il monitoraggio del 2019* - Nel 2019 è stata avviata una nuova campagna di monitoraggio ambientale delle sale espositive, includendo stavolta anche lo stanzino meteorologico, con lo scopo di valutare gli effetti e l'efficacia delle misure adottate dal 2018.

I sensori HOBO sono stati mantenuti nella stessa collocazione stabilita per la campagna precedente, in modo da disporre di dati comparabili.

Al termine della campagna, durata un anno circa, i dati registrati sono stati analizzati e confrontati con quelli restituiti dalla campagna precedente, quando i sistemi di condizionamento non erano attivi a regime.

I dati ottenuti da entrambe le campagne sono stati, inoltre, comparati con i dati termoisometrici registrati all'esterno dell'edificio negli stessi periodi<sup>17</sup>, per valutare la relazione e l'incidenza del clima esterno sul microclima interno e le prestazioni dell'edificio che accoglie il museo.

Il rapporto completo relativo a questa analisi è riportato in Appendice D.

---

<sup>17</sup> I dati meteorologici di cui si dispone sono registrati da una stazione collocata nella terrazza a cui si accede dal museo e sono, quindi, rappresentativi della reale situazione climatica esistente intorno l'edificio.

Lo studio condotto ha avuto i seguenti obiettivi:

- valutare la situazione microclimatica interna delle sale prima e dopo l'accensione dei sistemi di condizionamento;
- individuare le criticità della situazione attuale in relazione alle esigenze conservative della collezione;
- suggerire condizioni ambientali quanto più caute per la conservazione dell'intera collezione che tengano conto delle caratteristiche dell'edificio, della storia microclimatica degli oggetti e di quanto osservato durante lo studio svolto su di essi.

Disporre dei valori rilevati nel periodo antecedente l'accensione a regime dei sistemi di condizionamento ha fornito importanti indicazioni circa il precedente "clima storico" a cui la collezione è stata soggetta dalla fondazione del Museo (2001) fino al 2018. Si precisa che l'attuale "clima storico", così come definito dalla norma UNI EN 15757:2010<sup>18</sup>, corrisponde a quello generato in seguito all'accensione dei sistemi di condizionamento e al quale le opere dovrebbero essersi ormai acclimatate e adattate.

L'insieme delle informazioni raccolte in questa fase potrebbe, in futuro, essere utilizzato per un ulteriore studio finalizzato alla riduzione di emissioni e consumi di energia superflui per una gestione del museo più "green", responsabile ed efficiente, in linea con gli sforzi portati avanti a livello internazionale. I dati rilevati nei diversi cicli di monitoraggio sono utili, infatti, anche per valutare la possibilità di non tenere in funzione i condizionatori 24 ore su 24 ore, riducendo il loro utilizzo solo in determinati periodi dell'anno o in parte delle giornate.

*Confronto dei risultati dei due monitoraggi* - È necessario fare alcune premesse alla luce delle quali valutare le osservazioni riportate:

- per entrambe le campagne, non si dispone di dati relativi ad un intero anno;
- della campagna di rilevamento condotta tra il 2013 e il 2014, al momento dello studio qui esposto, si disponeva dei soli grafici riportati nel rapporto consegnato all'Osservatorio Astronomico (appendice C) e non dei dati orari di temperatura e umidità relativa (da cui sono stati ottenuti i valori medi giornalieri riportati nei grafici in questione): questo non ha pertanto consentito di analizzare l'andamento dei parametri termoigrometrici nell'arco delle singole giornate;
- i punti in cui si è scelto di posizionare i sensori potrebbero aver influito sull'attendibilità dei dati rilevati: alcuni di questi erano stati, infatti, collocati a contatto

---

<sup>18</sup> Il clima storico è definito nella UNI EN 15757: 2010 come l'insieme delle "condizioni climatiche in un microambiente dove un oggetto culturale è sempre stato conservato o è stato tenuto per un lungo periodo di tempo (**almeno un anno**) e al quale esso si sia acclimatato."

con le superfici metalliche degli strumenti o con superfici marmoree, altri vicino al flusso dell'aria condizionata (si veda ad esempio, il sensore della Sala del Merz, collocato davanti la bocchetta del sistema di condizionamento, al di sopra della teca), altri in aree in cui il ricambio d'aria risulta essere limitato e, nel caso della sala del Cerchio di Ramsden e del telescopio Merz, in numero non adeguato per il rilevamento di eventuali gradienti verticali presenti nelle sale;

- per entrambe le campagne, non sono stati annotati eventuali malfunzionamenti agli impianti o circostanze insolite di vario tipo che potrebbero aver influito sui valori monitorati.

Umidità Relativa: La campagna di monitoraggio del 2019 ha restituito dei valori di umidità relativa che si aggirano in media tra il 30% e il 75%. Picchi ben oltre il 75% - 80% sono stati registrati, anche per lunghi periodi di tempo, prevalentemente nella Galleria degli Strumenti mobili nel periodo estivo (Fig. 6), nella Sala Meridiana durante la stagione estiva e autunnale (Fig. 7), e nella Sala del Merz tra la primavera e l'estate (Fig. 8).



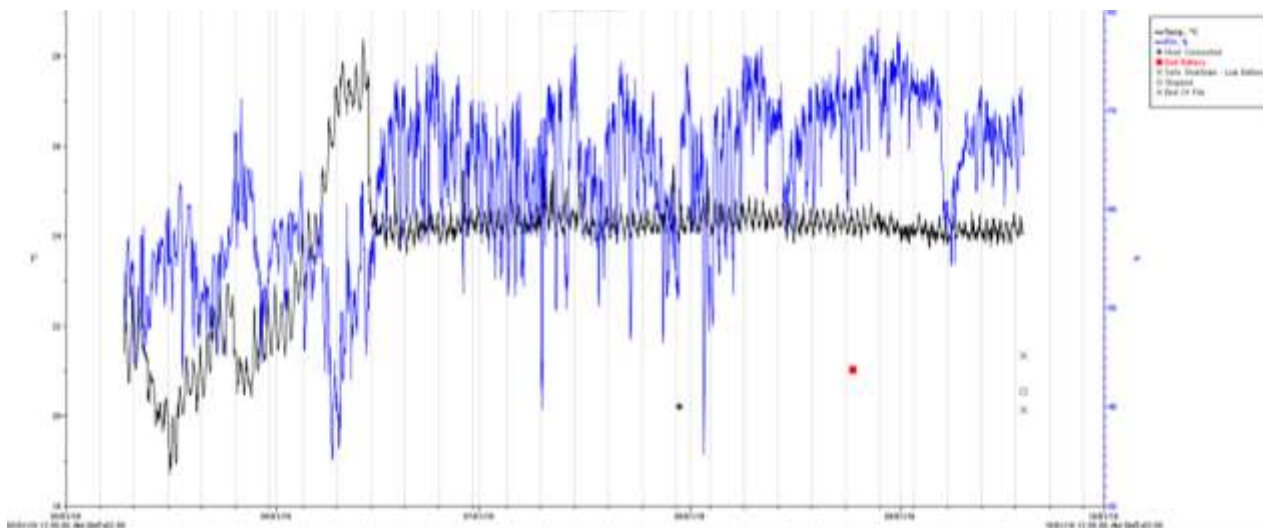


Fig. 6 - Grafico riportante i dati rilevati dal 14 marzo al 9 maggio 2019 nella Galleria degli strumenti mobili. In blu, l'andamento dei valori orari dell'umidità relativa. In nero, i valori orari della temperatura

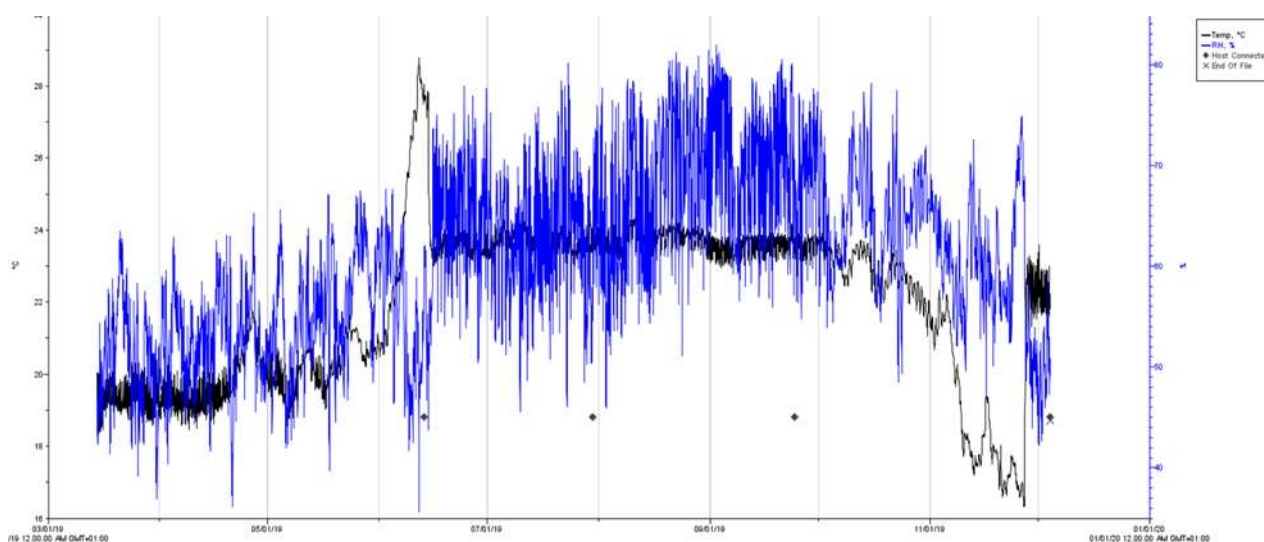


Fig. 7 - Grafico riportante i dati rilevati dal 14 marzo al 4 dicembre 2019 nella Sala Meridiana. In blu, l'andamento dei valori orari dell'umidità relativa. In nero, i valori orari della temperatura.

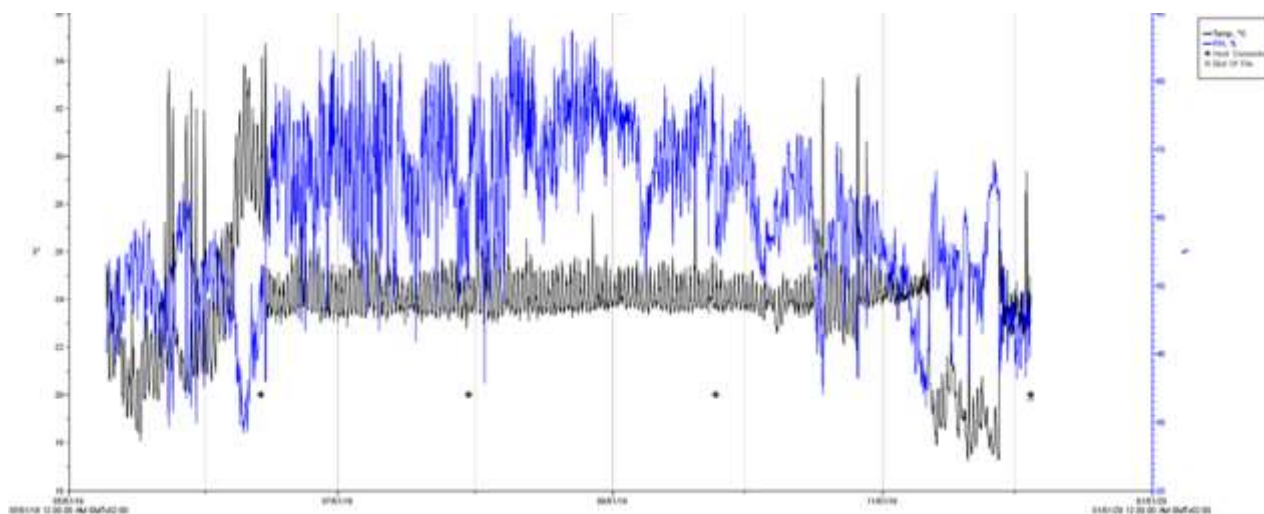


Fig. 8 Grafico riportante i dati rilevati dal 9 maggio al 4 dicembre 2019 nella Sala del Merz. In blu, l'andamento dei valori orari dell'umidità relativa. In nero, i valori orari della temperatura.



Escursioni giornaliere dell'ordine del 10-15% in media si riscontrano quasi giornalmente nelle sale e, talvolta, anche più volte nell'arco di una stessa giornata. Comuni a tutti gli ambienti sono anche escursioni di entità maggiore, del 20%-25% e del 30%: fluttuazioni di questo tipo, che talvolta si verificano anche nel giro di poche ore, sono state registrate più frequentemente nella Sala del Merz durante l'intero periodo di monitoraggio (da maggio a dicembre) e nella Galleria degli Strumenti mobili nel periodo estivo.

Rispetto a quanto restituito dalla campagna di monitoraggio precedente, i valori medi di UR e le escursioni massime giornaliere del 2019 risultano tendenzialmente più elevati.

Comparando i dati rilevati all'interno delle sale con quelli registrati all'esterno dell'edificio, si osserva per entrambi i periodi analizzati un andamento delle escursioni giornaliere e dei valori medi abbastanza simile tra interno ed esterno, con valori medi all'interno ed escursioni massime giornaliere che si mantengono inferiori rispetto a quelli presenti al di fuori del museo (Figg. 9, 10, 11, 12). Nel 2019 si registra però, all'interno, un aumento dell'entità delle escursioni massime giornaliere e dei valori medi di UR rispetto al 2013-2014 che nel caso, ad esempio, della Sala Meridiana (Fig.11) e della Sala dei Direttori, raggiungono valori molto prossimi ai valori medi riscontrati all'esterno (periodo tra giugno e settembre). Nei grafici si osserva, inoltre, un aumento, per il 2019, dei giorni caratterizzati da elevati valori medi di UR rispetto a quelli registrati all'esterno negli stessi periodi: tale situazione si verifica principalmente nella Sala Circolare, nella Galleria degli Strumenti mobili, nella Sala Meridiana (Fig. 11) e nella Sala del Merz, nel periodo tra giugno e ottobre.

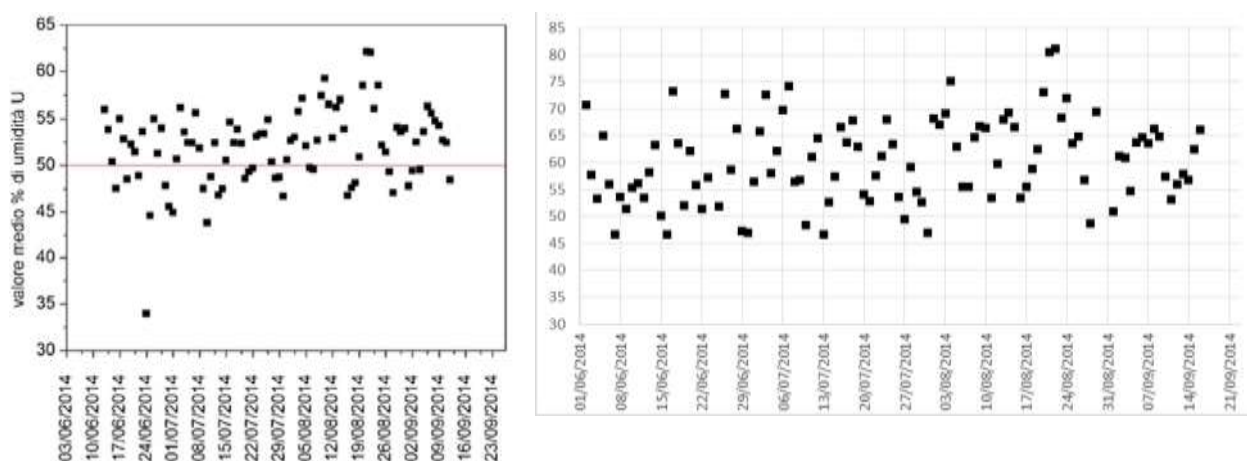


Fig. 9 - Valori medi giornalieri in % registrati nel 2014, all'interno della sala Meridiana (a sx) e all'esterno dell'edificio (a dx)

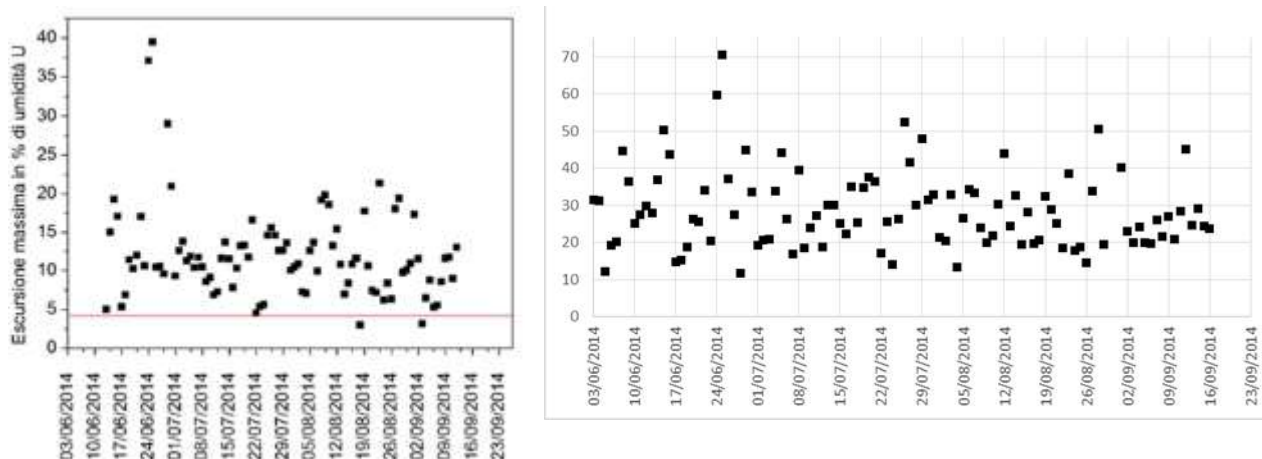


Fig. 10 - Escursioni massime giornaliere in % verificatesi nel 2014, all'interno della sala Meridiana (a sx) e all'esterno dell'edificio (a dx)

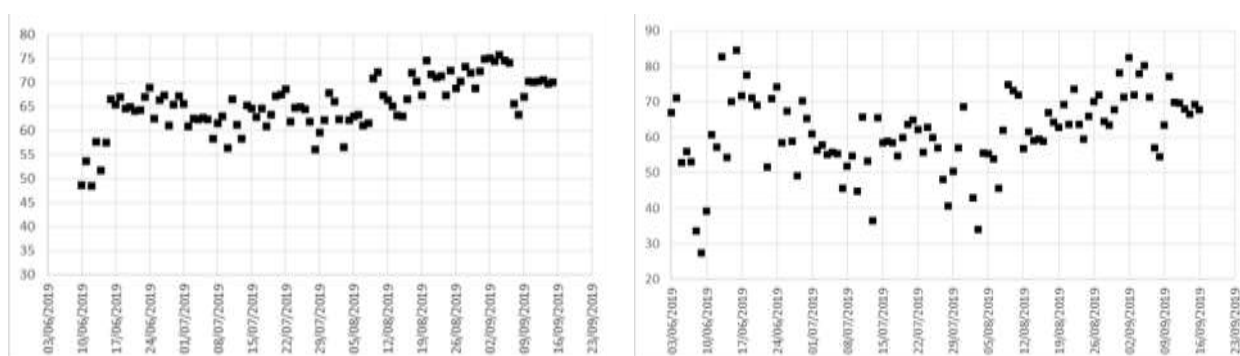


Fig. 11 - Valori medi giornalieri in % registrati nel 2019, all'interno della sala Meridiana (a sx) e all'esterno dell'edificio (a dx)

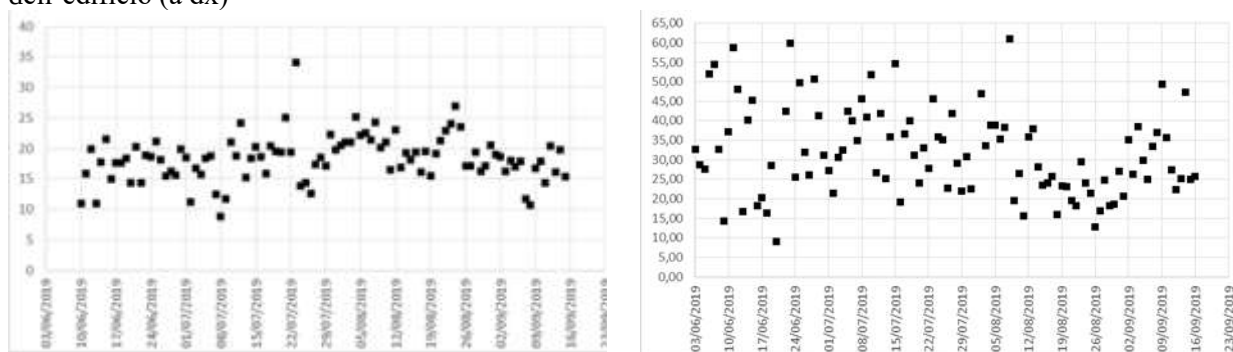


Fig. 12 - Escursioni massime giornaliere in % verificatesi nel 2019, all'interno della sala Meridiana (a sx) e all'esterno dell'edificio (a dx)

In definitiva, quindi, i valori restituiti da entrambe le campagne dimostrano che il microclima del museo risente molto dell'influenza del clima esterno; gli elevati valori di umidità relativa e le forti escursioni che spesso si verificano all'esterno risultano comunque parzialmente attenuati dall'edificio che accoglie il museo, che mostra, dunque, una buona inerzia termica.

L'accensione dei sistemi di condizionamento, tuttavia, sembrerebbe aver alterato la situazione interna precedente, determinando un innalzamento sia dei valori medi di umidità relativa che delle entità delle escursioni massime giornaliere.

Temperatura: La campagna di monitoraggio del 2019 ha restituito valori compresi tra i 14° e i 31°- 32° con escursioni massime giornaliere, in generale, non particolarmente significative (solitamente non si arriva oltre i 4°).

Costituisce un'eccezione la Sala del Merz in cui si registrano continue fluttuazioni dei valori di temperatura, con brusche e importanti escursioni giornaliere tra maggio e giugno (alcuni giorni si verificano escursioni anche di 10-12°), nel mese di ottobre e nel mese di novembre (con escursioni massime giornaliere, talvolta, dell'ordine dei 7°-9°) (Fig. 13).

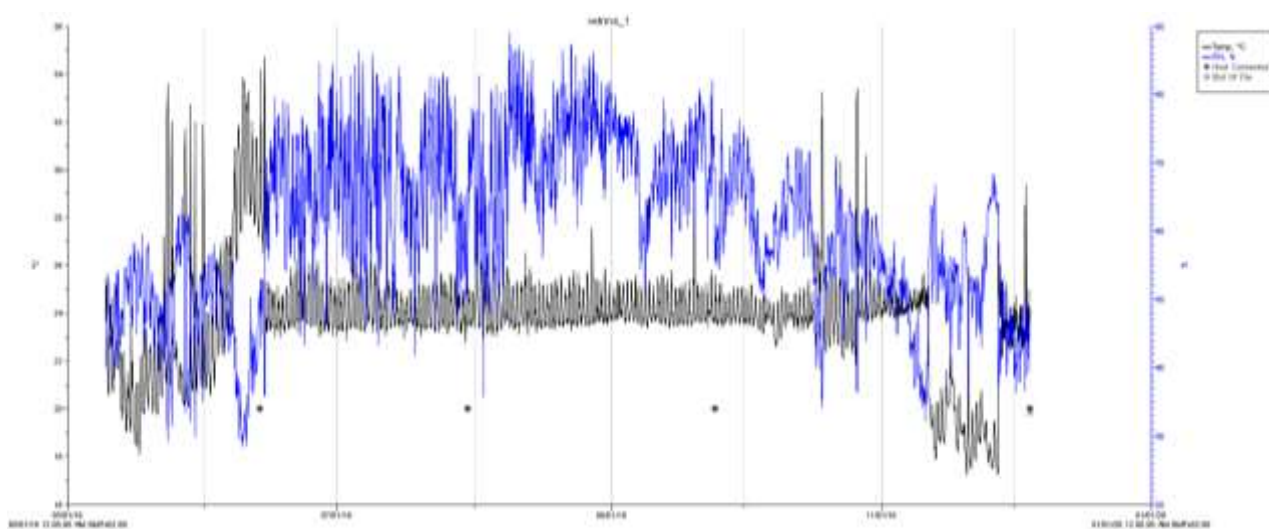


Fig. 13 - Grafico riportante i dati rilevati dal 9 maggio al 4 dicembre 2019 nella Sala del Merz. In blu, l'andamento dei valori orari dell'umidità relativa. In nero, i valori orari della temperatura.

Rispetto alla campagna di monitoraggio precedente, l'andamento dei valori medi della temperatura risulta più lineare nel 2019, con valori per lo più compresi in un intervallo più ristretto di quello in cui ricadevano i valori medi registrati nel 2013.

Le escursioni massime giornaliere appaiono di entità maggiore nel 2019, nel periodo tra ottobre e dicembre (Figg. 14 e 15).

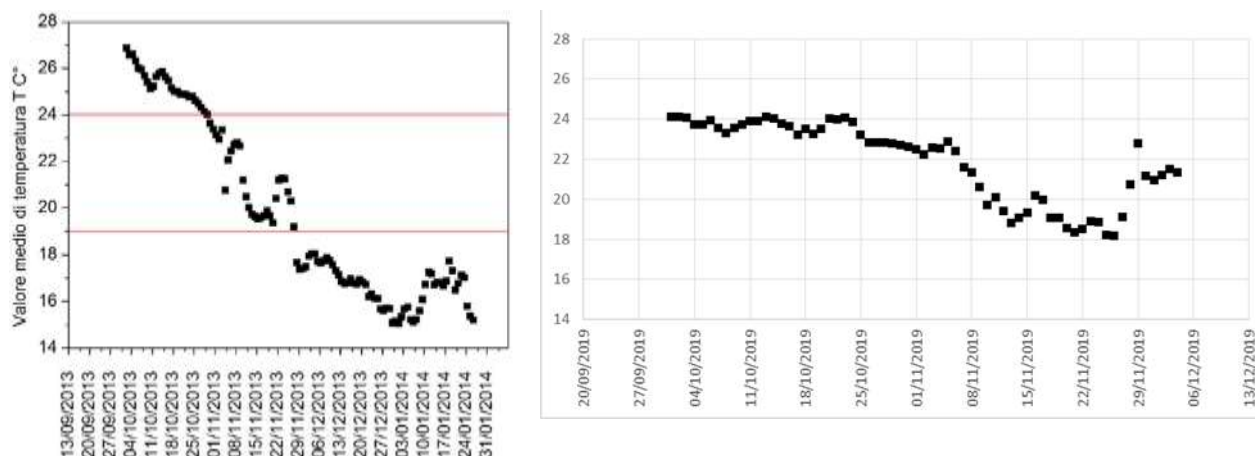


Fig. 14 - Valori medi giornalieri di temperatura registrati nel 2013 (a sx) e nel 2019 (a dx) nella Galleria degli Strumenti mobili da ottobre a dicembre

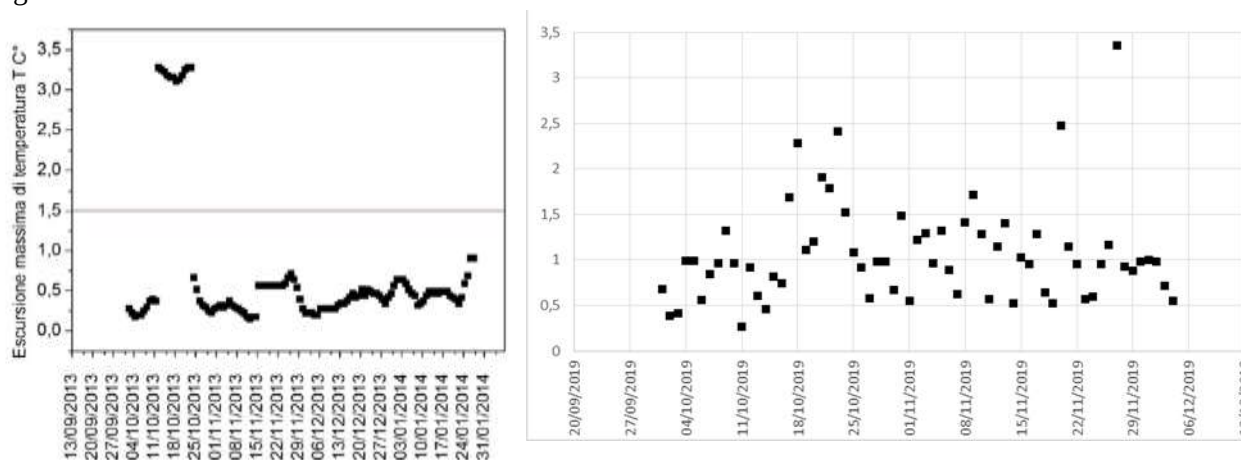


Fig. 15 - Escursioni massime giornaliere di T verificatesi nel 2013 (a sx) e nel 2019 (a dx) nella Galleria degli Strumenti mobili da ottobre a dicembre

Gli impianti di condizionamento sembrerebbero, dunque, riuscire a svolgere, in alcuni casi, un certo controllo sulla temperatura interna delle sale espositive, mantenendola per lo più stabile e su valori medi inferiori rispetto a quelli rilevati tra il 2013 e 2014.

Comparando i dati rilevati all'interno delle sale con quelli registrati all'esterno dell'edificio, si osservano anche in questo caso, per entrambi i periodi analizzati, valori medi leggermente maggiori di quelli rilevati all'esterno (per il periodo compreso tra ottobre-dicembre e tra giugno e settembre) con escursioni massime giornaliere di entità minore.

*Considerazioni sull'attuale situazione microclimatica del Museo in relazione alle esigenze conservative della collezione* - Come premesso, per una collezione eterogenea come quella esposta presso il Museo della Specola (costituita da manufatti in metallo, materiale organico di vario tipo, stucco, etc.) non è possibile stabilire a priori livelli ottimali di temperatura e umidità relativa, date le specificità proprie degli

oggetti e del loro adattamento al particolare clima nel quale sono stati preservati. Il meglio che si può sperare è individuare un range di valori che possano indurre il minimo danno possibile nel lungo termine a tutti i manufatti presenti e che tenga conto della storia climatica della collezione.

Di seguito si tratterà esclusivamente di aspetti relativi all'umidità relativa in quanto, per la collezione in esame, è proprio questo parametro a svolgere un ruolo fondamentale nell'attivazione di fenomeni di degrado.

Per quanto riguarda i metalli, i processi di degrado sono indotti da valori di umidità relativa al di sopra della soglia del 65%: oltre il 65% di umidità relativa, sulle superfici degli oggetti in metallo è presente, infatti, abbastanza acqua adsorbita da provocare processi di corrosione, che possono essere accelerati e resi più dannosi in presenza di inquinanti dispersi nell'aria o di sali presenti nella polvere e/o rilasciati dalle nostre mani quando manipoliamo gli oggetti senza guanti<sup>19</sup>.

La velocità dei processi di corrosione aumenta notevolmente in presenza di valori di UR superiori al 75%.

Valori di umidità relativa che superano tali soglie si riscontrano frequentemente, e per lunghi periodi di tempo, in tutte le sale del Museo, così come descritto nei paragrafi precedenti.

Per i materiali organici e sensibili alle variazioni di umidità relativa, la questione risulta più complessa.

Si è già detto che gli oggetti dal 2018 sono esposti a “nuove” condizioni microclimatiche, generate dall'attivazione dei sistemi di condizionamento 24 ore su 24, e alle quali dovrebbero essersi ormai acclimatati e adattati.

È il caso di sottolineare che, differendo le attuali condizioni microclimatiche da quelle in cui gli oggetti hanno vissuto precedentemente - con valori e fluttuazioni di umidità relativa certamente diversi da quelli a cui gli oggetti si erano assuefatti prima dell'accensione dei sistemi di condizionamento – non si può escludere che i beni, o parte di essi, abbiano sviluppato nuovi segni di degrado o aggravato il loro stato di conservazione in questa fase di adattamento al clima attuale. Non è comunque possibile stabilire se, in effetti, ciò sia accaduto e in che misura, dal momento che non si dispone di un'apposita documentazione che permetta un confronto con la situazione precedente. Durante il recente lavoro di compilazione delle schede, sono stati identificati sollevamenti a carico degli strati di impiallacciatura su alcuni degli

---

<sup>19</sup> I cloruri provenienti dalle mani sono altamente solubili; gli ioni cloruro sono in grado di combinarsi, ad esempio, con il rame, formando composti altamente instabili in presenza di elevati valori di umidità.

strumenti esposti (ad esempio, sul telescopio rifrattore Merz e sul Telescopio Equatoriale Merz), la presenza di attacchi biologici da parte di microorganismi (ad esempio, nel retro della tavola del barometro con termometro di Ramsden) e fenomeni di corrosione diffusi (ad esempio, sul Cerchio Meridiano, sul Cerchio di Ramsden e su parte degli strumenti esposti nelle teche), per i quali non si è in grado di stabilire, dunque, se siano stati dovuti al cambiamento delle condizioni di conservazione o fossero presenti già negli anni precedenti. E', inoltre, da precisare che eventuali danni possono essere al momento non visibili e manifestarsi soltanto in seguito.

Come precedentemente riportato, le condizioni microclimatiche attuali sono caratterizzate da fluttuazioni igrometriche dell'ordine del 10-15% in media e, talvolta, di entità anche maggiore.

Tali escursioni hanno implicato adattamenti da parte dei materiali organici costituenti i beni della collezione e di ciò deve esser tenere conto per definire il range di valori di umidità relativa entro cui mantenersi per indurre il minimo danno possibile nel lungo termine a tutti i manufatti presenti.

Al contrario degli interventi del passato, che suggerivano di raggiungere e mantenere specifici valori di UR e T all'interno di range estremamente ristretti, recentemente si è giunti ad una rivalutazione degli intervalli considerati maggiormente "sicuri", soprattutto dei valori di umidità relativa, individuandone di più ampi (e rilassati!) e realisticamente sostenibili.<sup>20</sup>

Per i materiali organici e sensibili alle variazioni di umidità relativa, uno dei punti in base al quale parametri e relativi range sono stati rivisti, e che si ricollega alla questione "clima storico", è quello inerente al 'proofed fluctuation concept': si parte dall'assunto che, se un oggetto ha subito dei danni causati dal clima a cui è stato sottoposto in passato, alcun nuovo danno si manifesterà finché le condizioni climatiche di conservazione rimangono invariate (a meno che non sia noto che l'oggetto si è indebolito significativamente nel frattempo per altre cause). Ne consegue che gli oggetti potrebbero essere in grado di sopportare fluttuazioni di umidità relativa e di temperatura più ampie di quanto non si pensasse in passato.

---

<sup>20</sup> Erhardt D. et al. 1995, *The determination of allowable RH fluctuations*, WAAC Newsletter, volume 17, number 1; Mecklenburg M. F., and Tumosa C. S. 1991, *Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity*, in "Art in transit", ed.M. F.Mecklenburg. Washington, D.C.: National Gallery of Art.172-214; Mecklenburg M.F. 2007, *Determining the Acceptable Ranges of Relative Humidity And Temperature in Museums and Galleries, Part 1, Structural Response to Relative Humidity*, Smithsonian Museum Conservation Institute; Oreszczyn T. et al. 1994, *Comparative study of air-conditioned and non air-conditioned museums*, Environmental Science, Studies in Conservation

Per mantenere a livelli minimi l'aspettativa di danno a carico dell'intera collezione, mettendo insieme quanto finora esposto, sarebbe consigliabile:

- mantenere i valori di UR tra il 40% e 65%: la maggior parte dei materiali organici tende a rispondere “meglio” a cambiamenti di umidità relativa all'interno di questo range, senza manifestare segni irreversibili, rispetto a microclimi più secchi o più umidi in cui anche piccole fluttuazioni possono essere pericolose per la loro conservazione;<sup>21</sup>

- impedire il superamento della soglia del 65% di umidità relativa: oltre tale valore vengono attivati processi di corrosione sui metalli e aumenta altresì il rischio di proliferazione di muffe sui materiali organici, di idrolisi della cellulosa e altri processi di degrado;

- eliminare le continue e brusche fluttuazioni - soprattutto quelle che si verificano in tempi brevi, nell'arco di giorni e/o di una settimana - e cercare di mantenerle, se non si riesce a ridurre la variabilità, almeno entro un range già esperito dalle opere in esame, attualmente ed in passato, compreso tra il 15% e 20% (i valori proposti rientrano, quindi, all'interno dei “valori storici di assuefazione”). Oltre tale range, potrebbero aumentare le probabilità di indurre nuove sollecitazioni sui materiali.

In base ai dati attualmente disponibili e in considerazione delle criticità strutturali di alcune sale espositive, non si è ritenuto possibile pianificare al momento misure specifiche per la gestione del microclima all'interno del museo.

Si è piuttosto ritenuto necessario avviare una nuova-campagna di rilevamento dei dati termoigrometrici per poter disporre di dati maggiormente rappresentativi della situazione microclimatica di ogni sala.

*Pianificazione nuova campagna di monitoraggio, 2020-21:* Nel Gennaio 2020 è stata pianificata un'ulteriore campagna di monitoraggio dei parametri termoigrometrici con lo scopo di continuare a monitorare le sale espositive, soprattutto in questo periodo storico di perdurante rischio COVID in cui il museo viene utilizzato dai ricercatori dell'Osservatorio per altri scopi, con conseguenti ricadute sull'utilizzo dei sistemi di condizionamento.

Rispetto alle campagne precedenti, per cercare di ottenere un'immagine più realistica delle condizioni microclimatiche di ogni stanza, sono state apportate modifiche nella disposizione dei sensori HOBO, incrementato il numero di dispositivi

---

<sup>21</sup> Mecklenburg M.F. 1998, *Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity*, Proceedings of the symposium “Painted wood: history and conservation”, Virginia 11-14 November 1994

in dotazione al Museo di due unità bluetooth<sup>22</sup> e impostata la frequenza di acquisizione dei dati da 60 minuti a 15 minuti.

La disposizione dei sensori ha tenuto conto dei seguenti criteri:

- i dispositivi non sono stati posizionati a contatto con le superfici metalliche degli strumenti, delle teche o con superfici marmoree, in modo che i dati registrati possano essere quanto più rappresentativi e rilevanti per la caratterizzazione dell'ambiente;
- sono state evitate aree in cui il ricambio di aria fosse limitato;
- sono stati collocati quanto più possibile distanti da sorgenti di calore, flussi di aria condizionata e finestre o aperture che potessero interferire con il rilevamento dei dati.

Sia per la sala del Ramsden che per la Sala del Merz è stata pianificata l'introduzione di un ulteriore sensore (per un totale, quindi, di due sensori per ogni sala) per studiare eventuali gradienti termici verticali presenti nelle stanze.

Dal 15 gennaio 2020, infine, il Museo è stato dotato di un'agenda su cui annotare qualunque evento si verifichi nelle sale che implichi afflusso di persone, aperture di finestre e/o accessi alla terrazza ed eventuali spegnimenti degli impianti, malfunzionamenti o modifiche dei valori settati. Tali dati saranno fondamentali per l'interpretazione dei valori registrati durante la campagna di monitoraggio in caso di anomalie rispetto alle condizioni microclimatiche abituali.

La nuova campagna di monitoraggio ambientale è stata avviata circa un anno dopo la pianificazione, nel maggio 2021.

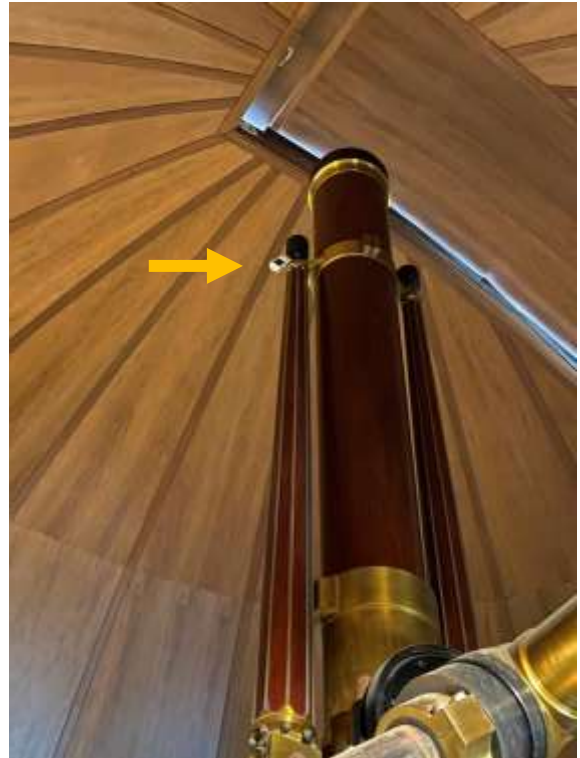
Di seguito si riporta in dettaglio il numero di sensori collocati per ciascuna sala e la loro posizione.

- **Galleria degli strumenti mobili:** n. 1 sensore sospeso tramite filo di nylon al centro della Galleria;
- **Sala del Merz:** n. 2 sensori posizionati a diversa quota rispetto al pavimento: un sensore è stato sospeso ad un'altezza tale da non essere investito dal flusso dell'aria condizionata, al di sotto del perimetro d'imposta della cupola della sala; un secondo, Bluetooth, è stato collocato in cima allo strumento, dalla parte dell'obiettivo, per rilevare i valori all'interno della cupola;

---

<sup>22</sup> I dispositivi bluetooth sono stati acquistati dal Dipartimento di Fisica e Chimica "E.Segrè" dell'Università degli Studi di Palermo





- **Sala Meridiana: n. 1** sensore sospeso, tramite filo di nylon, a metà tra l'ingresso e la parete di fondo.



- **Sala circolare: n. 2** sensori posizionati a diversa quota rispetto al piano di appoggio del Cerchio. I dispositivi sono stati appesi a dei braccetti di un'asta, appositamente realizzata per questa campagna di monitoraggio.

Un sensore bluetooth è stato collocato poco sopra la piastra superiore dello strumento, l'altro in un punto compreso tra il perimetro d'imposta della cupola e il piano di appoggio dello strumento.



- **Stanzino meteorologico: n. 1** sensore sospeso in alto, nell'angolo sinistro della sala, sfruttando delle staffe in metallo già presenti (ci troviamo vicino l'ingresso che collega lo stanzino alla Galleria degli strumenti mobili).



La Sala dei Direttori presenta alcune criticità per il collocamento dei sensori e non è stata quindi inclusa in questa campagna.

Prima dell'avvio del monitoraggio, è stato inviato allo staff dell'Osservatorio un documento riportante le attività che sarebbero state svolte presso il Museo nei prossimi mesi, insieme a delle semplici indicazioni da seguire durante l'intera durata della campagna, affinché tutti potessero essere informati degli studi in corso presso le sale e le normali attività qui svolte non interferissero con il processo di campionamento. La campagna è attualmente in corso e terminerà nel maggio 2022.

### **1.2.B.2 - Studio della qualità dell'aria**

*Premessa* - Nello studio dei fattori di degrado dei materiali costituenti gli oggetti esposti presso il Museo della Specola, ruolo fondamentale ricopre il campionamento e monitoraggio di eventuali inquinanti volatili presenti all'interno delle sale e/o delle teche. Questi, in sinergia con determinati valori di umidità relativa e temperatura, sono in grado di attivare fenomeni di alterazione sui beni, spesso irreversibili, quali corrosione, alterazioni superficiali, indebolimento di materiali organici, etc. È da tener presente che tali processi e i loro conseguenti effetti sono anche influenzati da molte altre variabili quali, ad esempio, la specifica composizione di ciascun oggetto, il suo stato di conservazione e la sua storia conservativa.

Avviare una campagna di rilevamento degli inquinanti presenti al museo era, dunque, fondamentale per valutare i rischi connessi alla loro presenza e per pianificare, di conseguenza, strategie mirate al caso specifico.

Si è scelto di dare priorità a questo tipo di studio in quanto:

- durante la fase di compilazione delle schede, sono state individuate forme di degrado, soprattutto a carico delle superfici metalliche, le cui cause potrebbero essere da ricercare anche nella presenza di inquinanti volatili;
- il Museo è collocato in un edificio storico, non progettato specificamente per la conservazione di collezioni scientifiche, in cui gli inquinanti hanno facile accesso (attraverso porte, finestre, fessurazioni della struttura, sistema di ventilazione, etc.). Gli stessi addetti al Museo e i visitatori sono veicolo di composti inquinanti provenienti dall'esterno;
- all'interno del Museo possono essere presenti svariate potenziali fonti inquinanti: i prodotti utilizzati per le pulizie, ad esempio, rilasciano sostanze che potrebbero interagire con i materiali degli oggetti esposti, così come adesivi, pitture o vernici usate per il restauro delle teche lignee della Galleria o per la costruzione delle teche più recenti o, ancora, per il restauro degli oggetti stessi.

Gli obiettivi che ci si è prefissati con tale studio sono stati, quindi, i seguenti:

- indagare la presenza di eventuali inquinanti all'interno delle sale espositive e delle teche;
- identificare, ove possibile, la loro potenziale fonte;
- valutare il loro impatto sulle opere;
- implementare strategie per la riduzione e controllo degli inquinanti indagati.

*Test qualitativi svolti tra il 2019 ed il 2020* - Nel 2019 sono stati effettuati preliminari spot test di natura qualitativa per l'analisi dell'aria all'interno di alcune

teche del Museo. In questa fase sono state utilizzate le A-D Strips <sup>TM</sup> della Image Permanence Institute, Rochester, N.Y.: si tratta di dispositivi di campionamento passivo a lettura diretta, consistente in striscette di carta che variano di colore in presenza di vapori acidi emessi da un certo tipo di composti. Si è scelto di utilizzare le A-D Strips perché di costo contenuto, rispetto ad altri dispositivi presenti sul mercato, non invasive e capaci di restituire un'indicazione veloce e immediata sulla presenza o meno degli acidi inquinanti più comuni in spazi chiusi, quali acido acetico, acido formico, acido solforico, acido solforoso e acido nitroso.

Il test è stato effettuato nel mese di febbraio. È stato richiesto di non aprire le teche da esaminare nelle tre settimane precedenti all'avvio del test per limitare lo scambio d'aria tra l'esterno e l'interno delle vetrine, e, quindi, la diluizione dei vapori acidi eventualmente presenti al loro interno. Il test ha avuto lo scopo di verificare la risposta che le strisce sono in grado di offrire e comprendere le modalità e i tempi di esposizione per futuri campionamenti.



Fig. 16 - Pianta del Museo con riferimenti assegnati alle teche della Galleria degli Strumenti mobili e della Sala del Rifrattore.

Le strisce sono state posizionate su supporti inerti, realizzati con cartoncino non acido, all'interno della Teca\_3 (vedi fig. 16) e nel relativo vano inferiore, e all'interno della teca in plexiglass che contiene il globo celeste di Lalande (vedi fig. 16).

Estrate dopo 48 ore, è stato osservato un cambiamento di colore su tutti i campioni che ha evidenziato la presenza di inquinanti gassosi di natura acida nelle aree indagate.

Si torna a precisare che i dispositivi impiegati sono in grado di fornire soltanto un'indicazione sulla presenza di composti potenzialmente dannosi per i beni esposti e non consentono l'identificazione dello specifico inquinante. Per di più, le A-D Strips non sono strisce acido-specifiche e, nonostante siano state ideate per rilevare i composti sopra riportati (acido acetico, acido formico, acido solforico, acido solforoso, acido nitroso), risentono dell'interferenza di qualsiasi vapore di natura acida con cui entrano in contatto.

I dati ottenuti hanno comunque una loro rilevanza, perché indicativi della presenza di composti che necessitano di essere indagati con future analisi più specifiche.

Nel 2020, tra agosto e settembre, sono stati eseguiti nuovi test qualitativi con le A-D Strips, posizionandole stavolta all'interno di tutte le teche del Museo.

Le strisce sono state esposte per un periodo di tempo maggiore rispetto ai test precedenti (circa tre settimane), in seguito al confronto con la ditta produttrice: sulle superfici dei campioni del 2019, infatti, era stato riscontrato un cambiamento di colore disomogeneo, dipeso evidentemente da una loro esposizione per un tempo non sufficientemente lungo da permettere una completa interazione tra l'aria e le strisce.

I test sono stati svolti, nello specifico, nelle teche in legno della Galleria degli Strumenti mobili e nei vani sottostanti (Teca\_1, Teca\_2, Teca\_3 e Teca\_4), nella teca moderna, contenente il telescopio Worthington, ed in quella ad essa sottostante, nelle due teche che custodiscono i globi e nelle due teche moderne situate nella sala del rifrattore Merz (vedi fig. 16).

Come per i test precedenti, le teche non sono state aperte nelle tre settimane precedenti all'avvio del test per limitare lo scambio d'aria tra l'esterno e l'interno.

### *Risultati dei test*

#### Teche Dufourny (Galleria degli Strumenti mobili):

Tutte le strisce hanno variato il loro colore, dal valore 0 al valore 1 (si veda riferimento presente sulla matita).

Una maggiore alterazione (compresa tra 1 e 2) è stata registrata sulle strisce collocate:

- sullo scaffale su cui è poggiato il telescopio Short nella Teca\_1 (fig. 17);
- nella Teca\_2, vicino la scatola che custodisce il Teodolite di Berge (fig. 18).

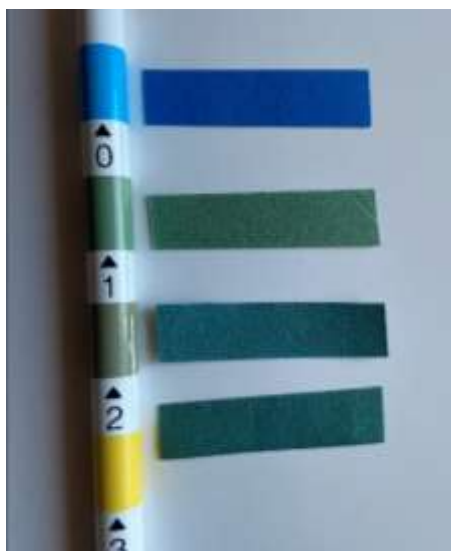


Fig. 17 - La seconda striscia, partendo dall'alto, che mostra un valore vicino al 2, proviene dallo scaffale su cui è poggiato il telescopio Short.

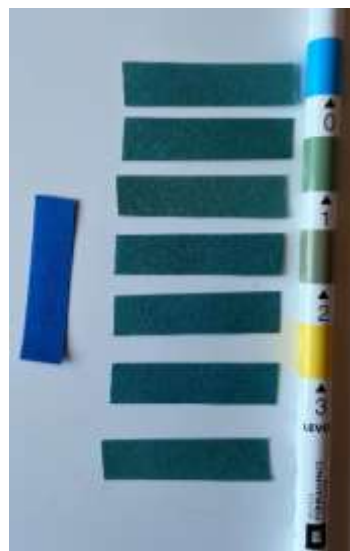


Fig. 18 - La terza striscia, partendo dall'alto, che era stata posizionata vicino alla scatola che custodisce il Teodolite di Berge, mostra un valore vicino al 2.

### Globi:

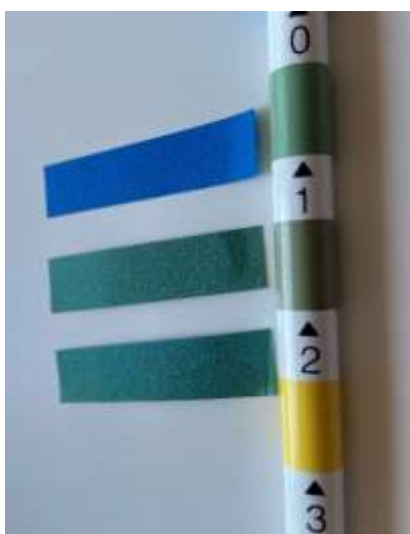


Fig. 19 - La striscia centrale, con la maggiore alterazione di colore, era stata posizionata nella teca contenente il globo terrestre.

La striscia posizionata nella teca contenente il globo terrestre mostra un cambiamento di colore leggermente più accentuato (prossimo al valore 2) rispetto a quella collocata nella teca del globo celeste (Fig. 19).

### Teca moderna

Le strisce posizionate nella teca contenente il telescopio Worthington mostrano un cambiamento di colore leggermente maggiore (prossimo al valore 1) di quelle poste nella teca sottostante.

## Teche nella Sala Merz

In entrambi i casi, le strisce poste sul ripiano più alto hanno mostrato un maggiore cambiamento di colore, prossimo al valore 1.

I test qualitativi hanno evidenziato la presenza di inquinanti acidi all'interno delle teche. È stato pertanto reputato opportuno proseguire lo studio sulla qualità dell'aria con una campagna di campionamento di tipo quantitativo al fine di indagare la presenza di alcuni specifici inquinanti e rilevarne le rispettive concentrazioni.

Per il campionamento sono stati selezionati i campionatori passivi Radiello<sup>®</sup> della ditta ICS Maugeri Spa SB di Padova<sup>23</sup> perché particolarmente precisi, sensibili e prevedono tempi di esposizione abbastanza lunghi da garantire il rilevamento dei composti di nostro interesse, anche se presenti a basse concentrazioni (nei limiti di rilevabilità del sensore).

*Avvio campagna di campionamento per lo studio di eventuali inquinanti presenti nelle sale espositive del Museo della Specola, nella biblioteca (sezione storica), nell'Archivio storico e nel deposito* - Sulla base dei risultati restituiti dai test qualitativi preliminari, dei degradi osservati sugli oggetti e della situazione microclimatica delle varie sale, si è scelto di avviare la campagna con lo studio dei seguenti inquinanti: biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), acido formico (CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e acido acetico (CH<sub>3</sub>COOH).

Tali composti sono tra i più diffusi in edifici storici situati in aree urbane e la loro presenza espone a rischio gli oggetti presenti all'interno della collezione.

Si riporta nel box un cenno ad alcuni dei rischi a cui i materiali possono andare incontro in presenza degli inquinanti selezionati, qualora presenti oltre determinati concentrazioni (si veda paragrafo *Risultati delle analisi*).

---

<sup>23</sup> <https://radiello.com/it/>



## INQUINANTI OUTDOOR

- **Diossido di azoto:**

- può causare lo sbiadimento di coloranti usati nei dipinti;
- può contribuire al degrado della carta;
- può contribuire alla corrosione di vari metalli, soprattutto rame, ferro e zinco.

- **Biossido di zolfo:**

- può essere assorbito su materiali cellulosici, come la carta e la tela, dove si idrolizza a acido solforico ( $H_2SO_4$ ). L'acido depolimerizza la struttura cellulosica e, sebbene il danno sia invisibile, i materiali interessati diventano fragili; nel caso, ad esempio, di dipinti su tela, tali reazioni, riducendo la resistenza del supporto, provocheranno la perdita progressiva degli strati pittorici soprastanti;
- il biossido di zolfo e i suoi derivati sono in grado di alterare cromaticamente pigmenti sensibili agli acidi -come il giallo cromo, il verderame, l'arancio cromo, il verde smeraldo, il rosso cromo e il bianco di piombo - annerendoli;
- può attivare processi di corrosione sulla maggior parte dei metalli -tra cui rame, argento, leghe di bronzo- causando danni irreversibili.

- **Acido solfidrico:**

- provoca alterazioni cromatiche di pigmenti a base di piombo, annerendoli;
  - induce lo sviluppo su oggetti in rame e leghe di rame di uno strato di solfuro di colore nero, ovvero di una patina verde di solfato di rame basico;
  - è estremamente dannoso per l'argento.
- Tale acido può provenire dall'esterno ma anche dall'interno, emesso, ad esempio, da adesivi, specialmente quelli a base di pelle di animale (colla di coniglio) e da proteine che contengono zolfo che spesso si trovano in materiali impiegati nelle teche (lana, feltro, seta).

## INQUINANTI INDOOR

- **Acido acetico e acido formico:**

- possono reagire con alcuni metalli - tra cui bronzo, argento e leghe di rame;
- provocandone la corrosione (risultano particolarmente dannosi per il piombo);
- provocano idrolisi acida della cellulosa che ne riduce il grado di polimerizzazione, rendendola fragile.



La campagna di campionamento è stata avviata a maggio 2021. I sensori Radiello sono stati posizionati nei punti individuati in fase di pianificazione e riportati nella seguente tabella (Tab.1). Le teche interessate dal monitoraggio non sono state aperte per le 4 settimane precedenti l'avvio del campionamento.

Durante l'intera durata della campagna, i valori di temperatura e umidità relativa delle stanze sono stati monitorati per mezzo di datalogger HOBO (Museo) e di sensori mini TH (deposito e biblioteca).<sup>24</sup>

La Sala dei Direttori non è stata oggetto di indagine in quanto non sono state riscontrate sulle opere esposte alterazioni o degradi correlabili alla presenza dei composti indicati in tabella.

Per estendere l'analisi anche ad altre topologie di beni culturali presenti in Osservatorio, i sensori sono stati posizionati anche nel deposito, nella biblioteca e nell'Archivio Storico.

## MUSEO

| SALA/TECA                                                 | RAD 166<br>(NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> ,<br>HF, acido<br>acetico e<br>formico) | RAD 170<br>(H <sub>2</sub> S) | POSIZIONE                                           | FOTO                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| TECA<br>DUFOURNY<br><br>(galleria degli<br>strum. Mobili) | 1                                                                                     | 1                             | Scaffale su cui<br>poggia il<br>telescopio<br>Short |  |

<sup>24</sup> Monitorare i valori dell'umidità relativa durante l'intero periodo è fondamentale perché da questi dipende la durata del campionamento: nel caso si fossero verificati valori medi > del 70% per tutta la durata del campionamento, la ditta consigliava di esporre i sensori con cartuccia chemiadsorbente codice RAD166 (per campionamento NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, acido formico e acetico) per massimo 7 giorni.

|                                                                  |   |   |                                                                                     |                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| TECA GLOBO<br>TERRESTRE<br><br>(galleria degli<br>strum. Mobili) | 1 | 1 | Sul tavolo,<br>all'interno<br>della teca                                            |    |
| SALA<br>CIRCOLARE                                                | 1 | 1 | Appesi a<br>elementi che<br>collegano le<br>colonne del<br>cerchio.                 |   |
| SALA<br>MERIDIANA                                                | 1 | 1 | Sulla culla in<br>legno del<br>carrello dello<br>strumento.                         |  |
| STANZINO<br>METEOROL.                                            | 1 | 1 | Ancorati<br>all'elemento<br>superiore della<br>cornice in<br>metallo della<br>teca. |  |

|                                                   |   |   |                                                                      |                                                                                      |
|---------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| SALA DEL MERZ                                     | 1 | 1 | Ancorati a spago passante per i fori del freno dello strumento.      |   |
| TECA<br>GEOMAGNETI-<br>SMO<br><br>(Sala del Merz) | 1 | 1 | Sul ripiano intermedio, tra la sfera armillare e il modello di Marte |  |

## DEPOSITO

| AREA                                                                                      | RAD 166<br>(NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> ,<br>HF, acido<br>acet. e<br>formico) | RAD 170<br>(H <sub>2</sub> S) | POSIZIONE              | FOTO                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| AREA CON<br>MAGGIOR<br>QUANTITA' DI<br>STRUMENTI<br>(a cui si accede<br>tramite scaletta) | 1                                                                                   | 1                             | Ancorati a<br>scaffale |  |

## BIBLIOTECA E ARCHIVIO (SEZ - STORICA)

| AREA/SCAFFALE                        | RAD 166<br>(NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF,<br>acido<br>acetico e<br>acido<br>formico) | RAD 170<br>(H <sub>2</sub> S) | POSIZIONE                                                    | FOTO                                                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SECONDA<br>SALETTA<br><br>(cubicolo) | 1                                                                                              | 1                             | Ancorati ad<br>una delle<br>scaffalature<br>della biblioteca |  |

|                     |   |   |                                                                                               |                                                                                     |
|---------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ARCHIVIO<br>STORICO | 1 | 1 | Ancorati ad una<br>delle<br>scaffalature<br>poste di fronte<br>agli scaffali<br>dell'archivio |  |
|---------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

Tab. 1 – Aree selezionate per il campionamento

Il personale dell'Osservatorio Astronomico di Palermo è stato informato dei rilevamenti in corso e della durata della campagna (15 giorni) ed è stato richiesto loro di:

- annotare sull'agenda che si trova al museo qualunque evento si fosse verificato nelle sale che avesse implicato afflusso di persone, aperture di finestre e/o accessi alla terrazza, etc.;
- non aprire le teche interessate dal monitoraggio prima dell'avvio della campagna di campionamento e durante il campionamento stesso;
- non toccare o spostare i campionatori;
- non fare pulizie nelle stanze e teche con detersivi e prodotti chimici di alcun tipo per non interferire con la fase di campionamento;
- non modificare la direzione delle alette delle bocchette nella Sala del Merz per non dirigere accidentalmente il flusso dell'aria condizionata sui campionatori.

Trascorsi i 15 giorni, i campioni sono stati raccolti e spediti al laboratorio di analisi della ditta produttrice, accompagnati da un modulo di campionamento (Fig.20) in cui sono stati inseriti i dettagli delle provette e i valori medi di temperatura e umidità relativa registrati nei giorni di campionamento.





Dal confronto dei valori restituiti dalla campagna di rilevamento con i valori di concentrazione raccomandati per gli inquinanti aerodispersi all'interno dei musei, archivi e biblioteche in letteratura (vedi appendice E), si osserva quanto segue:

**ACIDO SOLFIDRICO** - Le concentrazioni riscontrate nella maggior parte degli ambienti risultano inferiori al limite di rilevabilità dei campionatori ( $< 0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I valori rientrano nei limiti indicati in letteratura ( $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Tetreault 2003). Fa eccezione la teca del Dufourny, contenente il telescopio Short, in cui è stata rilevata una concentrazione dell'inquinante pari a  $0,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

**BIOSSIDO DI AZOTO** - Le concentrazioni rilevate in deposito, nelle sale espositive del museo e nelle teche risultano sensibilmente maggiori rispetto ai valori massimi indicati in letteratura ( $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [UNI 10586/97],  $< 4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [D. Lgs. n.112/98], tra  $0,1$  e  $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Grzywacz] e  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Tetreault]). I valori più elevati si riscontrano nella sala del Cerchio di Ramsden e nella Sala del Merz. Negli ambienti della biblioteca e dell'archivio, i valori registrati rientrano nei range riportati dal D. Lgs. n.112/98.

**BIOSSIDO DI ZOLFO** - Le concentrazioni riscontrate in tutti gli ambienti indagati risultano inferiori al limite di rilevabilità dei campionatori ( $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Tali valori ricadono all'interno dei limiti soglia riportati in letteratura ( $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [UNI 10586/97],  $< 1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [D. Lgs. n.112/98], tra  $0,1$  e  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Grzywacz],  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Tetreault]).

**ACIDO ACETICO** - Le concentrazioni riscontrate nelle aree indagate rientrano nei limiti riportati da Tetreault ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per un periodo di 10 anni) ma superano sensibilmente i valori indicati da Grzywacz per i materiali sensibili ( $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Si riscontra, inoltre, un elevato valore di acido acetico all'interno della teca del globo terrestre ( $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**ACIDO FORMICO** - Per questo acido si dispone dei soli valori riportati in tabella da Grzywacz. Le concentrazioni rilevate nei vari ambienti risultano minori rispetto al valore soglia indicato in letteratura ( $< 9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Fa eccezione la teca del globo terrestre in cui la concentrazione è risultata essere  $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le concentrazioni degli inquinanti outdoor, biossido di zolfo e acido solfidrico, risultano essere inferiori ai limiti previsti dalle fonti riportate in appendice. Soltanto la teca del Dufourny, contenente il telescopio Short, mostra un valore di concentrazione di acido solfidrico maggiore rispetto agli altri ambienti e rispetto alle soglie indicate in letteratura. E' probabile che si verifichi, all'interno della teca, un accumulo e ristagno di tale acido, proveniente dall'esterno del museo, oppure che esso sia rilasciato da adesivi a base di pelle di animale (come la colla di coniglio) o da materiali composti

da proteine che contengono zolfo (lana, feltro, seta) presenti all'interno della teca stessa.

Il biossido di azoto, anch'esso inquinante outdoor, mostra, invece valori che superano considerevolmente i livelli massimi accettabili per la conservazione degli oggetti custoditi (ad eccezione degli ambienti della biblioteca e dell'archivio, dove l'immissione di aria esterna è ridotta). Al momento, non è possibile comparare i dati relativi agli ambienti conservativi con i valori registrati all'esterno nello stesso periodo del campionamento (maggio) in quanto il sito dell'ARPA Sicilia (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) non risulta aggiornato per l'anno 2021. Gli elevati valori di biossido di azoto rilevati nel deposito, all'interno delle sale e teche del museo lasciano comunque ipotizzare per il mese di maggio una forte presenza di tale inquinante nell'area circostante Palazzo dei Normanni.

Riguardo i due inquinanti indoor, acido formico e acido acetico, se ne riscontra la presenza in tutti gli ambienti indagati, in concentrazioni variabili. Tale dato lascerebbe ipotizzare l'ubiquitaria presenza di materiali in grado di emettere questi composti.

Gli elevati valori di acido acetico e acido formico rilevati all'interno della teca contenente il globo terrestre richiedono ulteriori indagini per comprendere la provenienza di tali composti. In prima battuta, sarebbe opportuno effettuare nuovi test qualitativi con le A-D Strips, posizionandole all'interno della teca vuota, per verificare se gli acidi siano rilasciati dal legno del ripiano su cui poggia il globo o da materiali costituenti lo strumento stesso (originari o introdotti durante interventi di restauro precedenti). Individuare quale elemento emetta tali inquinanti è fondamentale per pianificare futuri interventi a garanzia della conservazione dell'oggetto. Analoga considerazione va fatta per gli spazi della biblioteca e dell'archivio. Sarebbe opportuno ripetere i test qualitativi, posizionando le strips all'interno di una scaffalatura vuota, per verificare l'ipotesi più probabile, e cioè che gli inquinanti siano emessi dai materiali costituenti gli arredi.

Ugualmente, la maggiore concentrazione di acido solfidrico rilevata all'interno della teca del Dufourny rispetto a tutti gli altri ambienti indagati richiederebbe un ulteriore approfondimento analitico per verificare se l'acido provenga dall'esterno della teca e qui ristagni o sia l'eventuale presenza di feltro o di adesivi utilizzati nel restauro della teca o degli strumenti esposti a causare tali livelli. Anche in questo caso, si suggerisce, in prima battuta, di effettuare dei test qualitativi ponendo le A-D Strips nella teca vuota ed in contenitori (realizzati con materiali che non emettono gas secondari) in cui saranno posti individualmente gli oggetti presenti nella teca che comprendono parti lignee, per identificare quali di essi possa essere fonte di tale inquinante. Interessante



sarebbe condurre questi test in contenitori specifici anche per le scatole e strumentazioni esposte nelle altre teche lignee del Museo per valutarne la risposta.

Riguardo il biossido di azoto, fondamentale è il confronto con i dati della qualità dell'aria all'esterno del Palazzo Reale, rilevati da ARPA Sicilia, non appena il sito verrà aggiornato. Nel caso del deposito, altrettanto importante sarebbe verificare l'eventuale presenza, tra gli elementi costitutivi gli oggetti conservati, di nitrato di cellulosa in quanto il suo degrado provoca l'emissione di biossido di azoto.

I restanti valori rilevati negli ambienti analizzati, come precedentemente sottolineato, ricadono al di sotto dei limiti riportati in letteratura. Si noti, però, che tali valori tabellati si riferiscono, spesso, alle concentrazioni massime suggerite per assicurare minimi rischi per le collezioni composte da oggetti privi di deposito superficiale ed esposti a valori di temperatura compresi tra 15° e 25° e a valori di UR al di sotto del 60% (Tetreault, 2001). Non sono queste le condizioni che caratterizzano il caso specifico del Museo della Specola o del deposito: gli alti valori di umidità relativa che spesso si registrano nelle sale, insieme alla presenza di deposito superficiale consistente sulla maggior parte degli strumenti esposti, infatti, interferiscono significativamente con le probabilità che si verifichino danni dopo un certo periodo di tempo. Inoltre, lo stato attuale di conservazione dei beni, la loro storia conservativa e la presenza di altri composti inquinanti nell'ambiente espositivo possono contribuire ad accelerare i processi di degrado. Il livello di attenzione va dunque mantenuto alto, con periodici monitoraggi dello stato di conservazione degli oggetti e dei parametri ambientali degli spazi espositivi.

### **1.3 – Alcune considerazioni finali**

In base ai dati di cui si disponeva prima dell'avvio della nuova campagna di monitoraggio dei parametri termoigrometrici e in considerazione delle criticità strutturali di alcune sale espositive, non si è ritenuto possibile pianificare misure specifiche per la gestione del microclima all'interno del museo.

Prendendo, inoltre, atto della momentanea difficoltà di intervenire sulla gestione del microclima del museo, è stato suggerito di seguire, al momento, le seguenti raccomandazioni per tutelare al meglio le collezioni:

- controllare periodicamente le sale e gli oggetti esposti per accertare eventuali manifestazioni di degrado, raffrontando di volta in volta il loro stato di fatto con quello registrato nelle schede di rilevamento dati e, ove presente, con la documentazione fotografica condotta contestualmente alla compilazione delle schede. Le schede

andranno aggiornate con eventuali osservazioni che scaturiranno in occasione dei controlli periodici;

- occuparsi periodicamente della manutenzione ordinaria delle opere esposte, rimuovendo il deposito superficiale ed eventuali inquinanti dalle superfici in modo da evitare l'innescarsi di dannose reazioni chimiche in presenza di elevati valori di umidità relativa;

- non toccare o manipolare gli oggetti a mani nude;

- pensare ad una copertura temporanea degli strumenti più a rischio (Cerchio di Ramsden, Cerchio meridiano e telescopio equatoriale Merz), ricorrendo a materiali come il polietilene, tessuto non tessuto di poliestere o il polipropilene, soprattutto in periodi dell'anno in cui si registrano valori di umidità relativa molto elevati.

Tali semplici operazioni sono utili per proteggere gli oggetti esposti anche nell'attesa di svolgere ulteriori indagini sulla qualità dell'aria all'interno delle teche e delle sale espositive e di misure idonee a ridurre l'impatto degli inquinanti sui beni.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Antomarchi, C., Pedersoli Jr., J.L., Michalski, S. 2016, *Guide to Risk Management* (ICCRROM)

Canosa E. & Norrehed S. 2019, *Strategies for Pollutant Monitoring in Museum Environments*

Camuffo D. 2019, *Microclimate for cultural heritage. Measurement, Risk Assessment, Conservation, Restoration, and Maintenance of Indoor and Outdoor Monuments*, third edition, Elsevier

Erhardt D. et al. 1995, *The determination of allowable RH fluctuations*, WAAC Newsletter, volume 17, number 1

Grzywacz C.M. 2006, *Tools for Conservation: Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environments*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles

Mecklenburg M.F. 2007, *Determining the Acceptable Ranges of Relative Humidity And Temperature in Museums and Galleries, Part 1, Structural Response to Relative Humidity*, Smithsonian Museum Conservation Institute

Mecklenburg M.F. 1998, *Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity*, Proceedings of the symposium "Painted wood: history and conservation", Virginia 11-14 November 1994

- Mecklenburg M. F., and Tumosa C. S. 1991, *Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity*, in “Art in transit”, ed.M. F.Mecklenburg. Washington, D.C.: National Gallery of Art.172–214.
- Michalski S. 2007, *The Ideal Climate, Risk Management, the ASHRAE Chapter, Proofed Fluctuations, and Toward a Full Risk Analysis Model*, Contribution to the Experts’ Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, held in April 2007, in Tenerife, Spain
- Oreszczyn T. et al. 1994, *Comparative study of air-conditioned and non air-conditioned museums*, Environmental Science, Studies in Conservation
- Padfield T. (edited by) 2007, *Museum Microclimates*, Contributions to the Copenhagen conference (19 - 23 November 2007)
- Tétreault J. 2018, *Control of Pollutants in Museums and Archives*, CCI Technical Bulletins n. 37, Canadian Conservation Institute
- Tétreault J. 2003, *Airborne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives: Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management*, Canadian Conservation Institute
- The ABC method - A risk management approach to the preservation of cultural heritage* - by ICCROM and CCI, 2016

Appendice A - Lista delle Opere considerate “principali” (LOP)

Appendice B - Schede per il rilevamento e la documentazione dello stato di conservazione degli oggetti della LOP (vedi Appendice A)

Appendice C - Analisi del microclima degli ambienti del Museo della Specola dell'Osservatorio Astronomico “G. S. Vaiana” di Palermo, rapporto tecnico relativo al primo monitoraggio microclimatico (2013-2014) a cura di F. Mirabello, A. Agliolo Gallitto, I. Chinnici, V. Franzitta.

Appendice D - Estratto da “Risultati della campagna di rilevamento dei dati termoigrometrici condotta presso il Museo della Specola nel 2019 e confronto coi dati della campagna 2013-2014” (per la parte introduttiva vedasi rapporto tecnico, sezione 1.1B.1).

Appendice E - Valori di concentrazione raccomandati in letteratura per gli inquinanti aerodispersi all'interno dei musei, archivi e biblioteche.