

## Conservazione Preventiva

*Gruppo di lavoro per l'indirizzo metodologico nell'ambito delle discipline della conservazione delle collezioni fotografiche ICCD (Daniela Palazzi, Donatella Matè, Roberta Bollati, Carlo Cacace)*

### Premessa

I beni culturali conservati presso l'ICCD sono costituiti da vari materiali, spesso strutturati in strati sovrapposti, ognuno dei quali può subire forme di degrado diversificate. Il degrado, come noto è la conseguenza dell'interazione tra i materiali costitutivi i beni e il loro ambiente di conservazione, da cui deriva che a minori variazioni corrisponderà minore degrado.

La conservazione preventiva si pone quale obiettivo quello di contenere al massimo il progredire del deterioramento, processo inarrestabile, spontaneo e continuo.

I principali fattori di degrado, rappresentati da temperatura, umidità, luce (UV e IR), inquinanti chimici e biologici, biodeteriogeni (insetti e microrganismi), vengono preliminarmente osservati e stimati per poter poi mettere in atto tutte quelle misure che ne tengano sotto controllo l'evoluzione.

Nella seguente relazione si riferisce appunto dei monitoraggi e dei controlli effettuati negli ultimi 6 anni negli ambienti dell'ICCD.

L'atteggiamento preventivo impone che, noti i valori specifici degli ambienti di conservazione, si intervenga preliminarmente in via indiretta a ridurre l'incidenza del potenziale danno, vale a dire operando nella direzione di una maggiore stabilità dei fattori suddetti.

Solo nel caso in cui le misure passive non risultino essere sufficienti si può progettare il condizionamento di uno o più ambienti, eventualmente diversificandone la temperatura in base ai diversi materiali che vi si conservano.

Qualora ci si riferisca come nel caso dell'ICCD ad ampie collezioni e non potendo rispettare i parametri che ne garantirebbero la conservazione a lunga durata, la programmazione del salvataggio dei materiali fotografici in immagini digitali si pone senz'altro come valida alternativa.

### Aspetti metodologici

Molti dei problemi presenti nella conservazione sono bene interpretati se si considera che l'opera d'interesse storico-artistico vive e si evolve in un ambiente col quale inevitabilmente e continuamente interagisce. Tale interazione avviene attraverso scambi di energia e scambi di materia. È fondamentale tenere sotto controllo e limitare questi scambi, perché è proprio da essi che hanno origine i processi di degrado. Se si assume il rischio di perdita del patrimonio culturale come criterio per individuare le priorità operative, la conoscenza dello stato di conservazione delle opere, della loro collocazione fisica e delle relazioni che intercorrono fra ambienti interno ed esterno in cui esse sono disposte (che siano sale espositive e/o depositi) risulta necessaria per programmare gli interventi di tutela, conservazione e fruibilità.

Conservare, quindi, in regime di clima controllato comporta un'attenta analisi del contesto in cui si opera e dei processi tecnici messi in campo. Il progetto di un impianto di condizionamento che tenga conto dei diversi usi (uffici, consultazione, visita, ecc.) degli ambienti che contengono al loro interno beni culturali (in genere pertinenti a complessi architettonici che non nascono con scopi espositivi), va opportunamente dimensionato in funzione degli obiettivi da raggiungere, considerando i seguenti aspetti:

- orientamento e dislocazione della fabbrica;
- estensione della fabbrica;
- conformazione della fabbrica.

Inoltre, nella realizzazione dell'impianto di condizionamento, il progetto deve considerare le opere di valore storico-artistico nel loro specifico contesto di appartenenza, in relazione alla struttura architettonica e, di conseguenza, alla dinamica temporale dei processi evolutivi delle condizioni ambientali. Tali beni culturali possono essere considerati come composti da tre elementi fondamentali:

- struttura di supporto (*il supporto primario nei materiali fotografici*);
- strati di preparazione (*eventuale barite*);
- superficie (*sostanza fotosensibile, legante + sostanza fotosensibile*).

La buona conservazione di un bene culturale nel suo complesso è assicurata dalla buona conservazione di tutti e tre questi componenti; occorre pertanto affrontare il problema del degrado nella sua interezza e complessità, tenendo presente:

- le caratteristiche chimico-fisiche di tutti i materiali costitutivi, dal supporto alla superficie, con particolare attenzione alla loro natura igroscopica ovvero alla capacità di ritenere e trasferire masse d'acqua con meccanismi di capillarità, per evaporazione e/o assorbimento.
- l'interazione della struttura nel suo complesso con l'aria ambiente in cui si trova, che dà luogo, come detto, all'insieme di trasformazioni che coinvolgono il bene e che sono meglio conosciuti come 'processi di degrado'.

Quanto premesso comporta che l'ambiente di conservazione deve essere sottoposto al rilevamento di una serie di parametri che, opportunamente correlati, possono dare una risposta, sia dal punto di vista analitico che quantitativo, del tipo d'interazione in atto fra il materiale conservato e l'ambiente circostante. In questo modo sarà possibile effettuare la verifica tra i parametri imposti come condizioni idonee di esercizio e la reale capacità di rispettare tali condizioni nell'ambiente e nell'intorno del materiale. Nasce, quindi, la necessità di misurare contemporaneamente parametri diversi per analizzare e quantificare la loro evoluzione nel tempo. Inoltre, l'azione che questi fattori esercitano sul manufatto è continua, modulata dallo scorrere delle stagioni e dipendente dal comportamento generale del clima ambientale oltre che da cause accidentali.

Gli studi sulle funzioni di danno e sui processi di trasformazione fisico-chimica dei materiali costitutivi, ovvero sui meccanismi di deterioramento dei beni, sono serviti da guida e da filtro per individuare e definire i modelli necessari allo sviluppo della metodologia per il rilevamento e il controllo degli ambienti preposti alla conservazione. Detti studi preliminari consentono di selezionare i dati utili a normalizzare le modalità di raccolta degli stessi, a sviluppare le procedure di analisi ed elaborazione delle informazioni e per realizzare la conservazione preventiva. Assodato che lo stato di conservazione di un manufatto è il risultato delle interazioni tra i materiali che lo compongono e l'ambiente, la composizione chimica del manufatto e la composizione dell'aria, dei materiali a contatto o nelle vicinanze determinano le reazioni chimiche di degradazione, con meccanismi a loro volta influenzati dalle condizioni climatiche dell'ambiente.

La conoscenza dei flussi di aria informa non solo sui comportamenti termici dell'ambiente, ma anche sulla diffusione degli inquinanti all'interno dei locali di conservazione.

Gli inquinanti atmosferici, di origine naturale o antropica, entrano negli edifici attraverso i punti di ricambio d'aria e gli infissi, ma spesso nei locali sono presenti fonti interne (inquinamento indoor). Queste ultime sorgenti sono state studiate ampiamente, soprattutto dal punto di vista della salute pubblica, per la varietà della loro natura e delle sostanze emesse, poiché possono provenire da arredi, pitture, colle, essere originati da apparecchiature interne (es. l'ozono da sorgenti laser).

Caratterizzare la degradazione di un manufatto significa attuare delle indagini che definiscano in maniera qualitativa e quantitativa la composizione chimica del manufatto in modo da caratterizzare i prodotti delle reazioni di cui sopra.

La chimica analitica strumentale affronta la caratterizzazione dei materiali con metodologie differenti in dipendenza della regione fisica del manufatto che si vuole analizzare, sia essa la

superficie, sia un determinato spessore, sia una composizione media. Molte volte l'analisi richiede il sacrificio di una quantità di materiale, che può anche essere molto piccola. L'atteggiamento da adottare nella scelta delle indagini deve, come sempre, stabilire un compromesso tra quantità di informazione ottenibile e quantità di materiale da sacrificare.

Laddove non sussista la possibilità di svolgere indagini strumentali si può supplire, rinunciando a molte informazioni, con test più semplici, basati su strumentazioni portatili o indicatori monouso.

La qualità dell'aria, come si è detto, è un fattore essenziale da valutare. L'aria non inquinata contiene già, per sua natura, aeriformi in grado di interagire con i materiali: ad esempio l'ossigeno, responsabile delle reazioni di ossidazione, o il vapore acqueo, responsabile di idrolisi. Le sostanze inquinanti che possono essere presenti nell'aria, sia da inquinamento ambientale sia da sorgenti indoor, possono essere presenti in forma gassosa, solida o come aerosol.

Per conoscere la composizione dell'aria, in modo da avere una situazione chiara sui potenziali aggressivi chimici verso il materiale da custodire, occorre effettuare l'analisi chimica volta a determinare:

- SO<sub>x</sub>, ossidi di zolfo, corrosivi e precursori di acido solforico;
- NO<sub>x</sub>, ossidi di azoto, ossidanti, corrosivi e precursori di acido nitrico;
- H<sub>2</sub>S, acido solfidrico, reagisce con l'Ag delle fotografie;
- polveri (PM10 e anche PM2,5) (azione incrostante, possibilità di presenza di particelle metalliche catalizzatrici) ed analisi qualitativa del particolato;
- VOC (Volatile Organic Compounds), con possibili azioni solventi, degradative, denaturanti, corrosive;
- ozono, con azione ossidante.

La situazione ottimale richiede di avere l'archivio non ancora riempito di materiale, per poter misurare la qualità dell'aria in assenza di inquinanti rilasciati dal materiale stesso: questo al fine di individuare e limitare le fonti di inquinanti in un quadro non complicato dalla presenza di materiale emissivo, quali ad esempio i negativi in decomposizione.

In seguito, l'analisi nel sistema 'archivio/materiale' permetterà di valutare il carico emissivo del materiale e di valutare le azioni conservative e di correzione necessarie (es. materiali di sacrificio, assorbitori).

Da un punto di vista biologico viene ribadita l'importanza dei monitoraggi biologici.

L'aria, sia degli spazi confinati che degli spazi aperti, contiene in sospensione un enorme numero di particelle di varia origine, forma e dimensione che costituiscono il particolato atmosferico. Questo particolato è composto da particelle aerodisperse non biologiche (aerosol) e da particelle di origine biologica (bioaerosol). Il bioaerosol e le particelle in esso contenuto in condizioni termogrometriche favorevoli possono innescare reazioni spesso irreversibili in grado di determinare danni ai supporti. La presenza in atmosfera degli organismi biologici è condizionata dalla temperatura dell'aria, dall'umidità relativa, dalla radiazione solare e dai flussi d'aria. Quindi la qualità dell'aria dal punto di vista biologico è influenzata direttamente da fattori ambientali che determinano le condizioni ottimali per lo sviluppo e la proliferazione dei microrganismi. Tali biodeteriogeni sono in grado di determinare danni di varia tipologia ed entità (dovuti ad azione meccanica o a processi chimici che inducono trasformazioni, degradazioni o decomposizioni del substrato con danni estetici e strutturali di varia entità).

Il monitoraggio aerobiologico è consigliabile in quanto tramite campionamenti dell'aria e delle superfici si rivela importante per valutare lo stato di inquinamento momentaneo dell'ambienti indoor. Serve dunque a determinare gli agenti biologici aerodispersi da un punto di vista quantitativo e/o qualitativo e a stimare anche un eventuale rischio sanitario per addetti al lavoro e

utenti. Esistono diverse tecniche per il campionamento che deve essere effettuato secondo precisi criteri e condotto nelle quattro stagioni.

Utile risulta altresì la valutazione della contaminazione delle superfici causata dalla deposizione del bioaerosol sospeso nell'aria e da materiali contaminati.

Dal punto di vista del rischio biologico per gli operatori si deve tener presente poi che alcuni microrganismi possono essere imputabili di patologie infettive; inoltre, elevate concentrazioni nell'aria di spore di alcune specie di microfunghi possono essere responsabili di diversi tipi di allergie. La valutazione soprattutto della componente fungina dell'aria contribuisce a definire l'effettiva situazione di rischio per l'uomo.

Risulta utile effettuare anche un monitoraggio entomologico, disponendo nell'ambiente specifiche trappole per la cattura della eventuale fauna presente. Un monitoraggio entomologico consente di registrare i dati quantitativi e qualitativi relativi all'entomofauna presente, di individuare le vie di diffusione degli insetti, determinarne le aree di maggiore presenza e definire i periodi maggiormente a rischio di diffusione.

Per il monitoraggio si possono utilizzare trappole adesive già ampiamente testate in molti monitoraggi tra cui quelli svolti in ambienti di conservazione dell'ICCD (come nei locali di conservazione Archivio 1 e Archivio 2 dell'Aerofototeca Nazionale). Le trappole dovrebbero essere posizionate (secondo un protocollo interno) nei vari locali componenti la Fototeca.

Questo controllo si rivela importante altresì, come del resto quello aerobiologico, per evidenziare l'eventuale rischio per gli operatori, in quanto alcuni insetti, o i loro resti, possono determinare problemi sanitari (fenomeni irritativi o allergici, per puntura o contatto con gli insetti stessi o loro parti o escrezioni, o essere vettori di germi patogeni).

### **Realizzazione della metodologia della conservazione preventiva**

Quanto detto fino ad ora indirizza gli aspetti concreti delle attività di conservazione preventiva che siano di integrazione o, per quanto possibile, alternativa al restauro, che interviene a danno avvenuto. Questo indirizzo propone di sviluppare, attraverso interventi sistematici di conservazione e manutenzione dei beni, una strategia basata infatti sulla prevenzione del danno. In questo modo è possibile esprimere il rischio in funzione delle effettive condizioni dei beni e delle criticità ad esse correlate e misurarne l'intensità attraverso la misura delle grandezze fisiche che concorrono alla loro determinazione. Il tempo e la localizzazione spaziale delle grandezze fisiche considerate sono le variabili introdotte per poter conoscere la distribuzione spazio/temporale dei parametri e dei fenomeni che si vogliono analizzare: ciò ne consente la rappresentazione spaziale e la sua evoluzione nel tempo. La conoscenza microclimatica deve integrare anche l'approccio basato sullo studio degli effetti prodotti direttamente sul materiale e dall'eventuale interazione con l'ambiente. Ciò è utile e necessario per riscontrare il valore degli indici calcolati e per una puntuale verifica della metodologia. Solo il confronto diretto fra la previsione del calcolo e la misura del danno effettivamente subito quantifica la reale attendibilità dell'indicatore, migliorando in concreto le capacità informative del sistema e la conoscenza necessaria all'attività di conservazione e prevenzione.

La valutazione dell'effettivo stato di conservazione di un bene richiede una attenta osservazione, la sua dettagliata documentazione fotografica e la compilazione di una adeguata scheda conservativa. Solo disponendo di un tale riferimento obiettivo, sempre consultabile, sarà possibile effettuare i successivi controlli periodici su beni scelti a campione al fine di monitorare lo stato delle collezioni. La periodicità delle ispezioni dipende dalle caratteristiche e dalle condizioni termoigrometriche dell'ambiente di conservazione, dalla omogeneità dei materiali in ciascuno di essi e ovviamente dalla singola tipologia di materiale fotografico. Le informazioni raccolte dovrebbero essere di volta

in volta poste in relazione con i dati rilevati dal monitoraggio ambientale con l'obiettivo di individuare le (eventuali) criticità.

Per il controllo della qualità dell'aria dell'ambiente occorre effettuare campionamenti, che possono avvenire in tempi brevi o raccogliere gli inquinanti in un arco di tempo, in modo da fornire risultati istantanei o medi.

Può sempre essere utile valutare un dato istantaneo, se si sospetta che una certa sostanza inquinante possa essere presente in momenti determinati in concentrazioni particolarmente alte, o se si voglia valutare l'effetto di un qualche intervento (ad esempio l'immissione di nuovo materiale), ma per il monitoraggio della qualità dell'aria a scopo preventivo è preferibile campionare l'aria su una media di almeno un giorno.

Se un certo analita rappresenta un rischio per la conservazione, ma è presente in bassa concentrazione, dovrà essere campionato per tempi più lunghi. Anche il tempo di campionamento, quindi, per fornire un dato medio rappresentativo, deve essere tarato sulla realtà oggetto di studio. Una volta stabilito il tempo di campionamento compatibile con le concentrazioni degli inquinanti nell'ambiente, occorre svolgere una campagna di analisi almeno due volte l'anno, in corrispondenza della stagione fredda e della stagione più calda, per le differenti condizioni climatiche esterne, che si ripercuotono sull'ambiente interno e sulla distribuzione degli inquinanti e per la presenza di inquinanti atmosferici legati al clima. Ad esempio, l'ozono si forma in concentrazioni più elevate durante la stagione estiva, a causa del maggior irraggiamento solare.

È importante raccogliere i dati nel tempo, per monitorare le concentrazioni degli inquinanti e poter valutare le loro variazioni o l'insorgenza di nuovi fenomeni; oltre alla campionatura stagionale, è opportuno valutare la qualità dell'aria ogni volta sia attesa una sua variazione, ad esempio per interventi di depurazione dell'aria (filtrazione chimica), o per variazione di condizioni al contorno, o per interventi di correzione del microclima nell'ambiente di conservazione.

Oltre al riscontro della concentrazione di inquinanti nell'aria, la gestione di un archivio, in termini di conservazione preventiva, deve essere volta alla riduzione delle fonti di inquinamento, sia esterno sia indoor. La contaminazione dall'esterno può essere limitata con la filtrazione delle particelle solide, mediante mezzi fisici, e con l'assorbimento degli inquinanti gassosi con filtri chimici.

L'inquinamento indoor può essere prevenuto con il controllo dei materiali costituenti rivestimenti, arredi e alloggiamenti ed eventuale loro sostituzione, oltre che con l'allontanamento di macchinari quali stampanti laser e fotocopiatrici.

Ulteriori strumenti di controllo sono la limitazione degli accessi e l'adozione di prassi nell'accesso ai locali e nella manipolazione dei materiali, atte a limitare le modifiche del microclima, l'immissione di sostanze indesiderate e i danni da errata manipolazione.

A tal proposito il gruppo di lavoro per la conservazione preventiva ha elaborato delle linee guida per la manipolazione e la consultazione che tengono conto delle tipiche modalità di consultazione vigenti nei diversi archivi dell'ICCD.

L'azione preventiva, oltre ai controlli microclimatici, biologici e chimici, si può avvalere di strumenti di ispezione quali la scheda ispettiva, redatta a cura del gruppo di lavoro, che permette di registrare:

- le possibili fonti di rischio;
- i fattori di alterazione insorgenti;
- le anomalie di ambienti, arredi ed alloggiamenti che possano creare un allarme per la conservazione del materiale.

L'ispezione degli archivi in tal senso è una prassi che deve essere adottata sistematicamente, per poter avere dei termini di riferimento per lo stato di salute e salubrità di tutto ciò che è a contorno del manufatto e che costituisce, quindi, l'ambiente.

A livello, invece, del materiale conservato, è stata elaborata da parte del gruppo tecnico una scheda conservativa apposita, che si sta rivisitando alla luce delle più recenti valutazioni conservative.

Naturalmente la qualità dell'aria ambiente non si esaurisce avendone definita la composizione chimica, poiché sono presenti anche componenti microbiologici aerodispersi: per questo motivo, al fine di ottimizzare le conoscenze sulla qualità dell'aria si rivela fondamentale un controllo del particolato sospeso nell'aria mediante l'uso di filtri ad alta efficienza quali i filtri assoluti HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*), in grado di trattenere particelle molto piccole come ad esempio le spore microbiche.

A tal proposito si ricorda che le condizioni termoigrometriche consigliate per prevenire gli attacchi microbiologici sui manufatti organici (carta), secondo l'Atto di indirizzo del 2001, sono: U.R. 40-55% e T 18-22°C.

La misura può essere fatta in modo sistematico per una serie limitata ma significativa di zone campione, scelte in modo da rappresentare adeguatamente tutte le classi di pericolosità individuate dalla metodologia.

Il microclima di un ambiente dal punto di vista fisico, generalmente, è a rischio quando il tentativo di giungere all'equilibrio delle componenti del sistema avviene attraverso scambi repentini provocati da gradienti termici o igrometrici. Nel momento in cui allo scambio termico corrisponde un'inaspettata variazione della umidità relativa pilotata sia dal contenuto di acqua libera nell'aria, che di quella contenuta nelle opere conservate, si determina una variazione dei parametri nel comportamento generale del sistema, le cui componenti raggiungono l'equilibrio in tempi e modalità diverse. Tale rischio non è legato necessariamente ai valori assoluti dei parametri termoigrometrici, ma alla rapidità di evoluzione nel tempo, per cui, ad esempio, condizioni elevate di umidità relativa potrebbero non destare preoccupazione se riferibili ai vari passaggi stagionali e non regolati dai cicli periodici giornalieri.

La conoscenza del comportamento microclimatico della struttura architettonica e dell'intorno dei materiali presenti è importante, perché consente di comprendere in quali periodi l'ambiente nel suo insieme rimane più stabile e quando questo non lo è; in particolare, quando risente delle variazioni giornaliere in modo da diminuire i rischi di esaltare fenomeni evaporativi e/o di assorbimento. Occorre ricordare che l'aria può essere considerata una miscela di gas perfetti: aria secca e vapor d'acqua (Umidità Specifica). Tale miscela dipende inoltre dalla temperatura (°C); l'Umidità Specifica indica quanti grammi di vapor acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca, di conseguenza l'Umidità Relativa non è altro che la percentuale di vapore contenuto nell'aria ( $UR = \frac{US}{U_{max}}$ ) in rapporto alla massima quantità in esso riscontrabile ( $U_{max} = \text{Umidità Assoluta}$ ) ad una data temperatura.

La condizione normale degli ambienti chiusi e isolati è che l'umidità relativa dell'aria sia strettamente legata alla temperatura ambiente: a parità di grammi di vapore acqueo contenuti in un kg di aria secca, l'umidità relativa aumenta al diminuire della temperatura e diminuisce all'aumentare della temperatura, in quanto minore è la temperatura dell'aria, minore è la miscibilità del vapore acqueo nell'aria stessa.

Di seguito sono riportati i risultati delle attività di conservazione preventiva attuate nei vari ambienti dell'ICCD.

### ***Sale Climatizzate***

#### **MONITORAGGIO MICROCLIMATICO**

Dal giugno 2010 le camere climatizzate dell'ICCD sono state sottoposte a controllo microclimatico. Dai rilevamenti è emerso un problema di mantenimento delle condizioni di esercizio degli ambienti. A seguito dell'intervento dell'ing. Pianese (ottobre 2010), che ha sostituito gli umidostati, le condizioni si sono modificate, anche se si sono ancora rilevate variazioni indesiderate nei valori di

Umidità Relativa e Temperatura. Infine, a metà dicembre 2012, un ulteriore intervento di manutenzione, effettuato dall'arch. G. Napolitano e arch. F. Sattalini, ha reso ancora più stabile il comportamento della Temperatura, come dimostrato nelle figure 1 e 2.

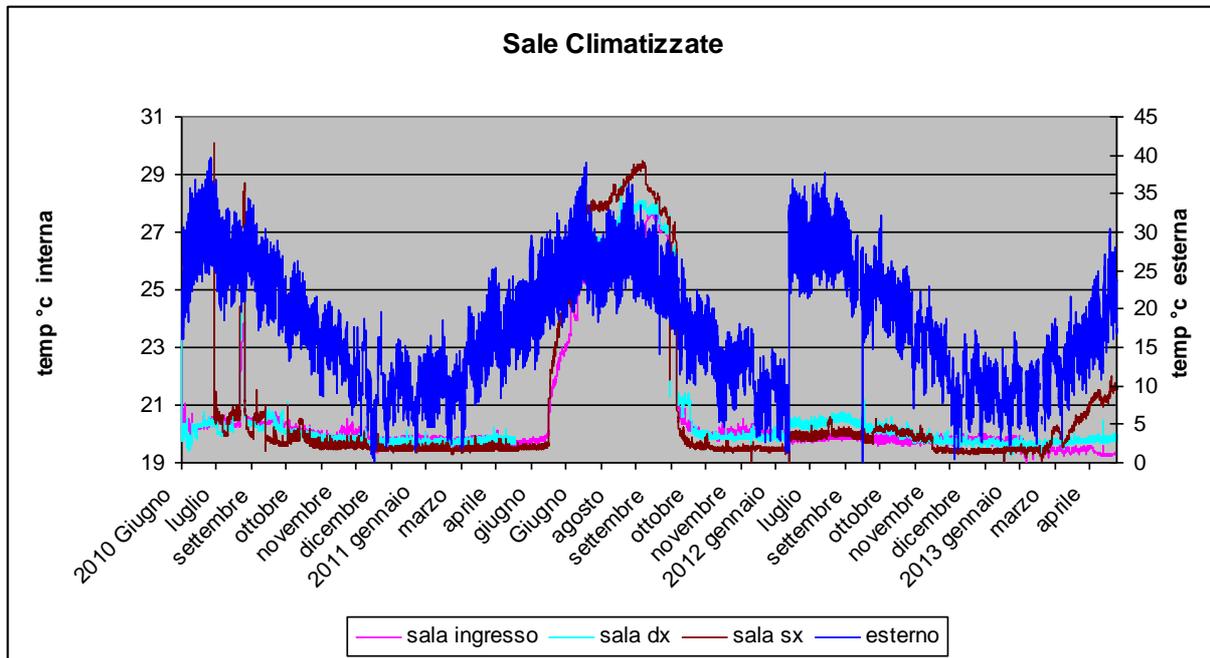


Fig. 1 Confronto degli andamenti delle temperature: interna (scala a sinistra) esterna (scala a destra)

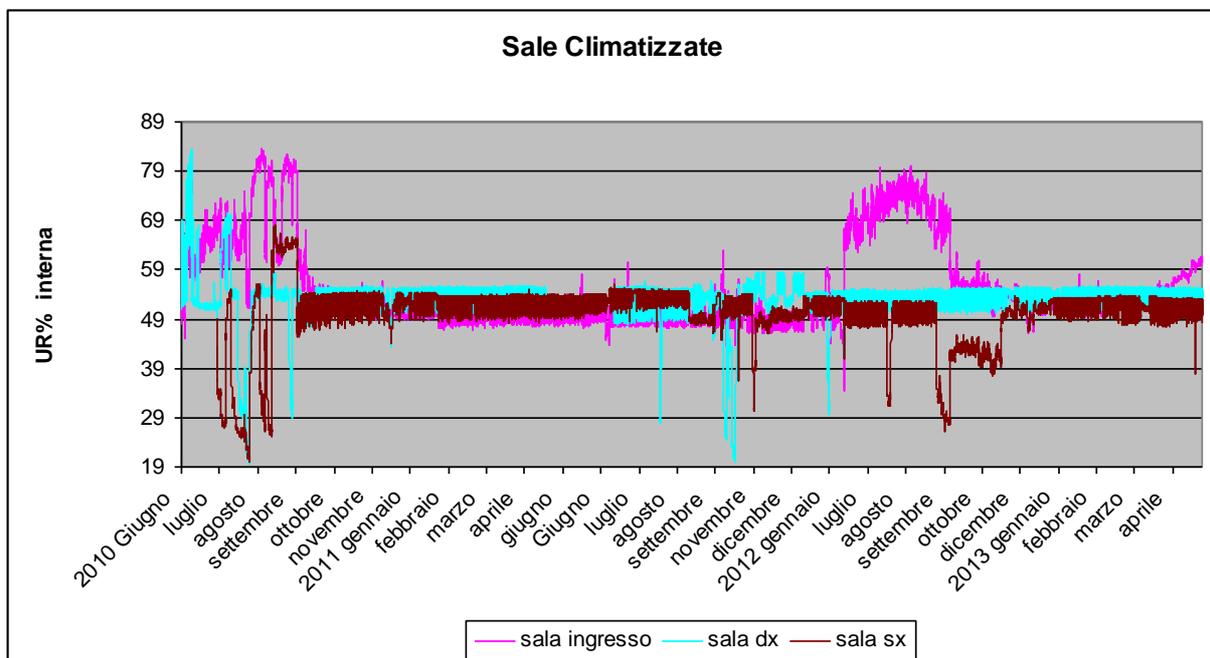


Fig. 2 Confronto degli andamenti della umidità relativa interna

Si evidenzia come la variabilità sia diminuita ma si verificano gradienti di Umidità Specifica (vapore), cioè di acqua libera nell'aria. Si osservi come nella figura 3 l'apparente stabilità avvenga a

discapito di immissione continua di Umidità Specifica: infatti è evidente come la variazione avvenga solo in direzione parallela all'asse delle ordinate (quello della US), cioè a carico di acqua che viene immessa per compensare i deficit che si creano. Tale immissione avviene, come visto nei grafici precedenti, in modo puntuale, quindi in modo troppo repentino. Dopo gli ultimi interventi questa variazione è diminuita, però si ribadisce la necessità di un attento controllo delle condizioni microclimatiche che non può più continuare con i datalogger dato che occorre attendere i tempi dello scarico dei dati e della loro elaborazione che può portare ad evidenziare, come è avvenuto, con ritardo eventuali malfunzionamenti.

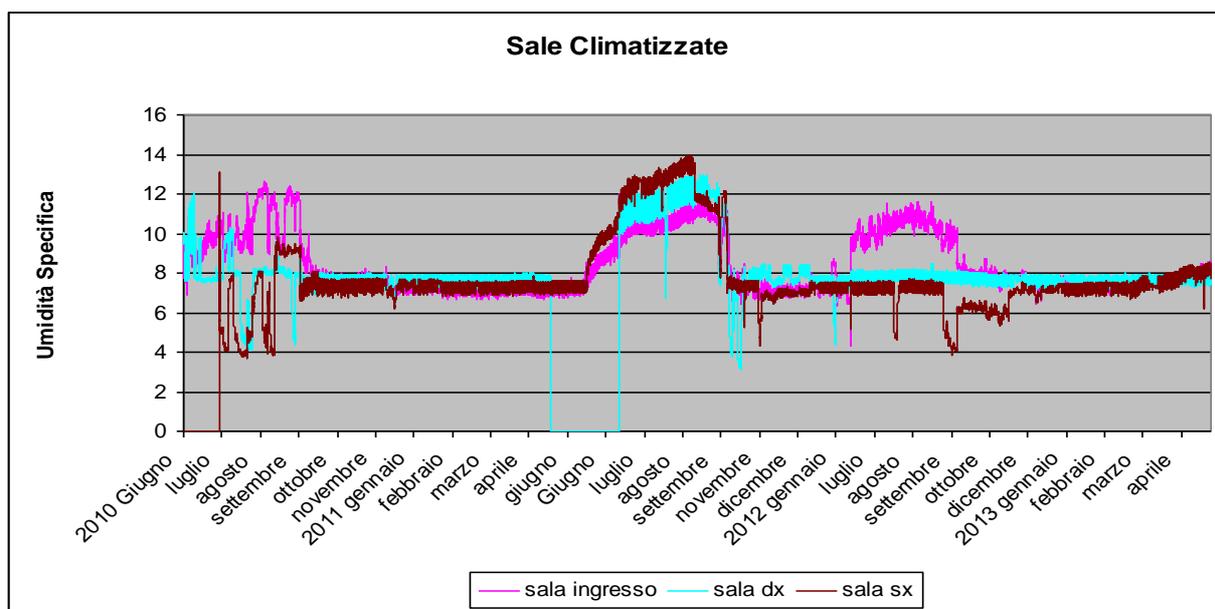


Fig. 3 Confronto degli andamenti della umidità specifica interna

**Sale della Fototeca**

**MONITORAGGIO MICROCLIMATICO**

In data 02 febbraio 2011 sono stati installati nelle sale della Fototeca 2 datalogger sulla muratura e 2 datalogger all'interno di schedari scelti in modo da rappresentare tipologie diverse di quantità di materiale contenuto. Si osservano differenti comportamenti dell'andamento della temperatura tra i giorni lavorativi e i fine settimana. La figura 4 evidenzia chiaramente quanto detto.

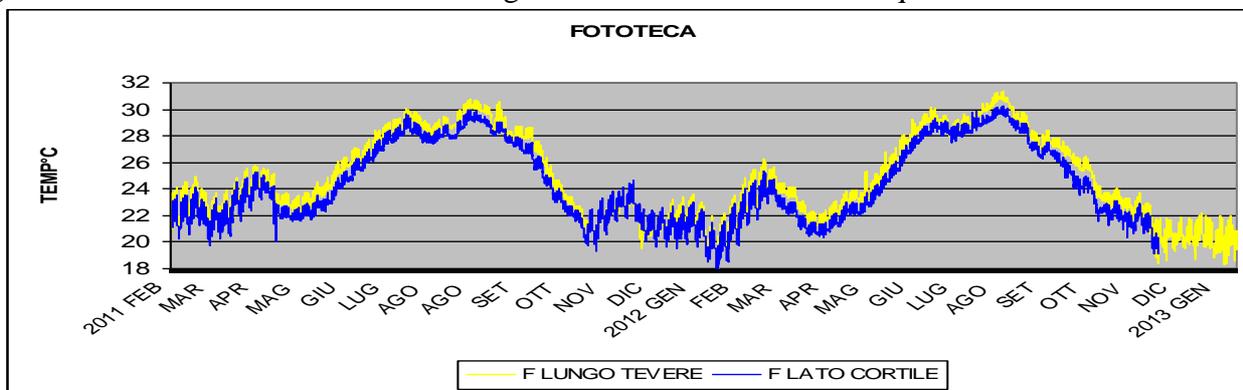


Fig. 4 Confronto delle temperature nei locali della Fototeca

La temperatura in aria dipende dai sistemi di riscaldamento presenti, dalla figura 5 si osserva

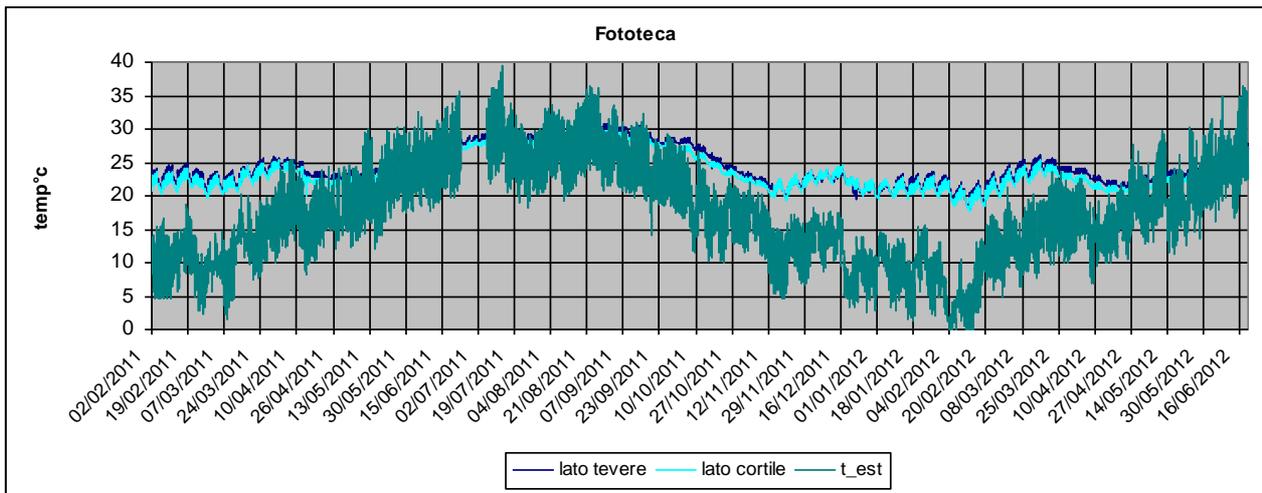


Fig. 5 Fototeca: confronto della temperatura interna alle sale con l'esterno

come l'ambiente interno sia correlato alla impostazione dei sistemi di riscaldamento, infatti in inverno gli andamenti sono regolati dagli andamenti interni e non dall'esterno, che risulta più freddo.

Nei fine settimana invernali la Fototeca non risente assolutamente delle condizioni esterne, mentre la Temperatura tende ad aumentare dalle ore 8 dei giorni lavorativi sicuramente per effetto del riscaldamento interno (fig. 6).

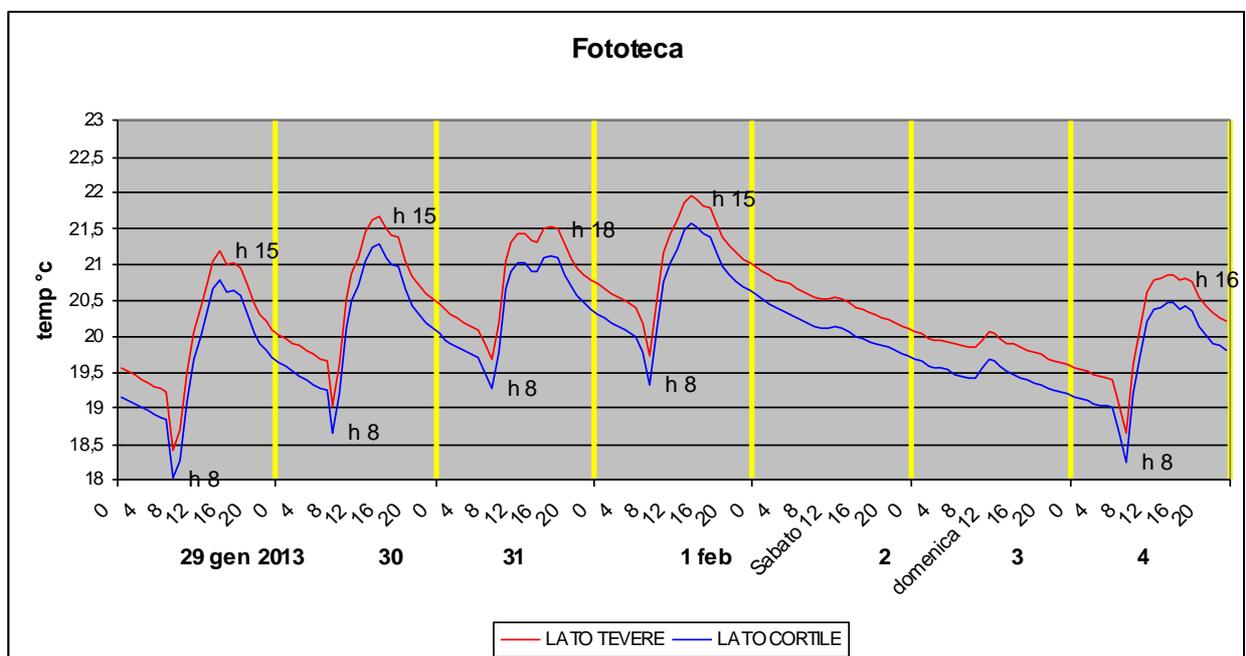


Fig. 6 Fototeca: andamenti della temperatura: rappresentazione dei massimi e minimi

Infine si osservi la differenza di 0,5°C tra la sala lungo Tevere e la sala lato cortile, differenza che esiste sempre sia nei giorni lavorativi che nei giorni di sabato e domenica (fig. 7).

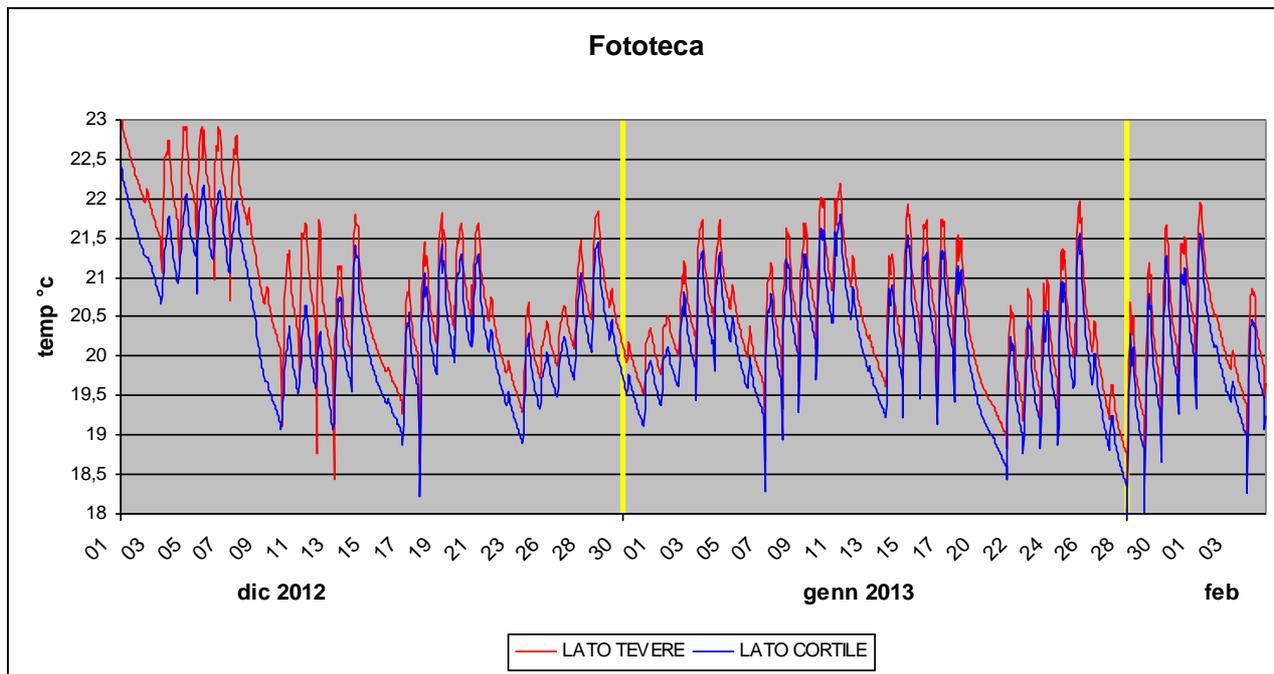


Fig. 7 Fototeca: confronto degli andamenti interni delle sale

I valori dell'Umidità Relativa risultano compresi mediamente tra il 30 e 60% (fig. 7 A )

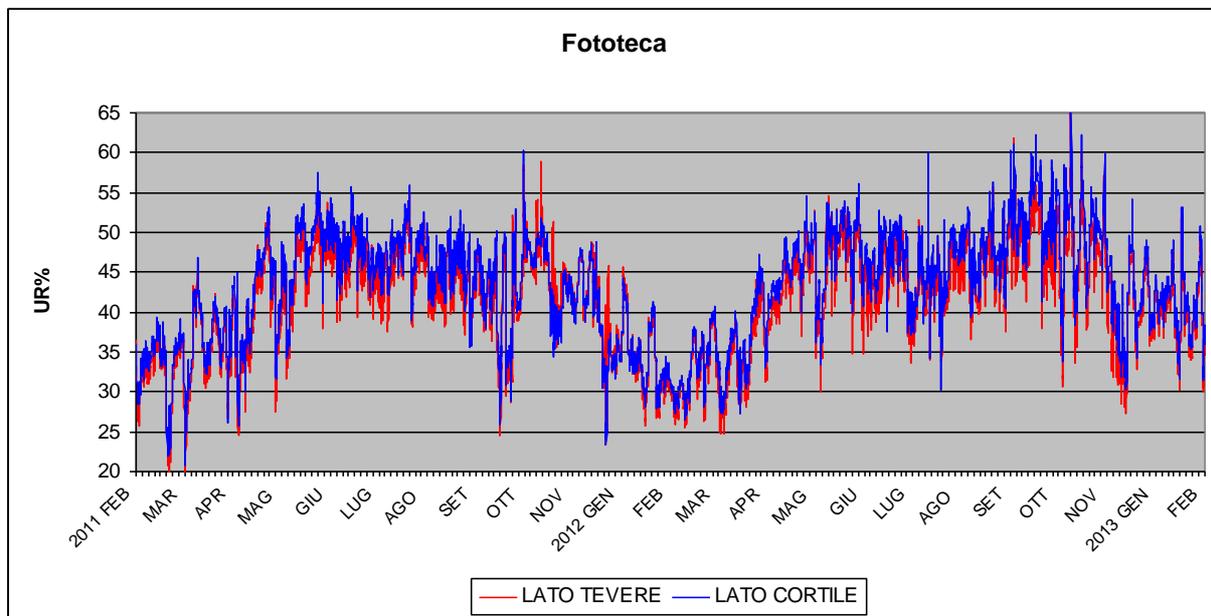


Fig. 7 A Fototeca: andamenti della Umidità Relativa sale

Dalla figura 8 osserviamo come i valori misurati all'interno delle sale presentino una correlazione con la temperatura, infatti è nei giorni lavorativi che alle variazioni termiche corrispondono gradienti opposti della umidità relativa, fenomeno che non si verifica nei giorni di sabato e domenica.

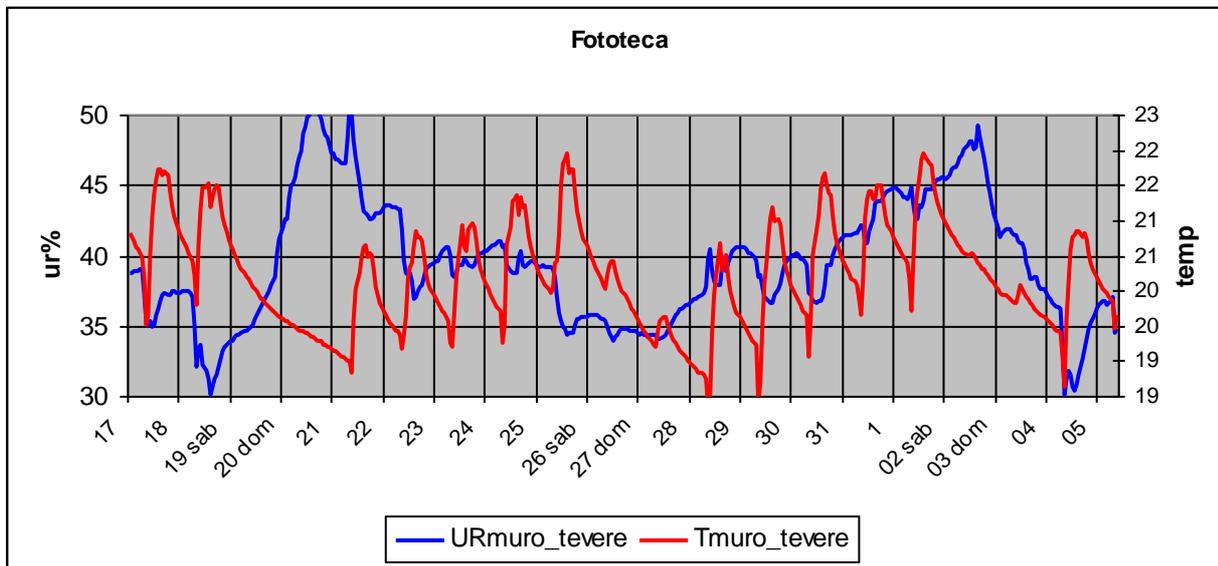


Fig. 8 Fototeca: confronto degli andamenti della Temperatura (scala a destra) e della Umidità Relativa (scala a sinistra)

**RILEVAMENTO DELL'ILLUMINAMENTO**

La distribuzione luminosa è molto diversa tra le due sale della Fototeca, nella sala zona lungo Tevere si hanno intorno ai 150 lux fino alla fine di ottobre 2012, nei mesi seguenti tale luminosità tende ad aumentare spostandosi tra i 200 e i 300 (fig. 9).

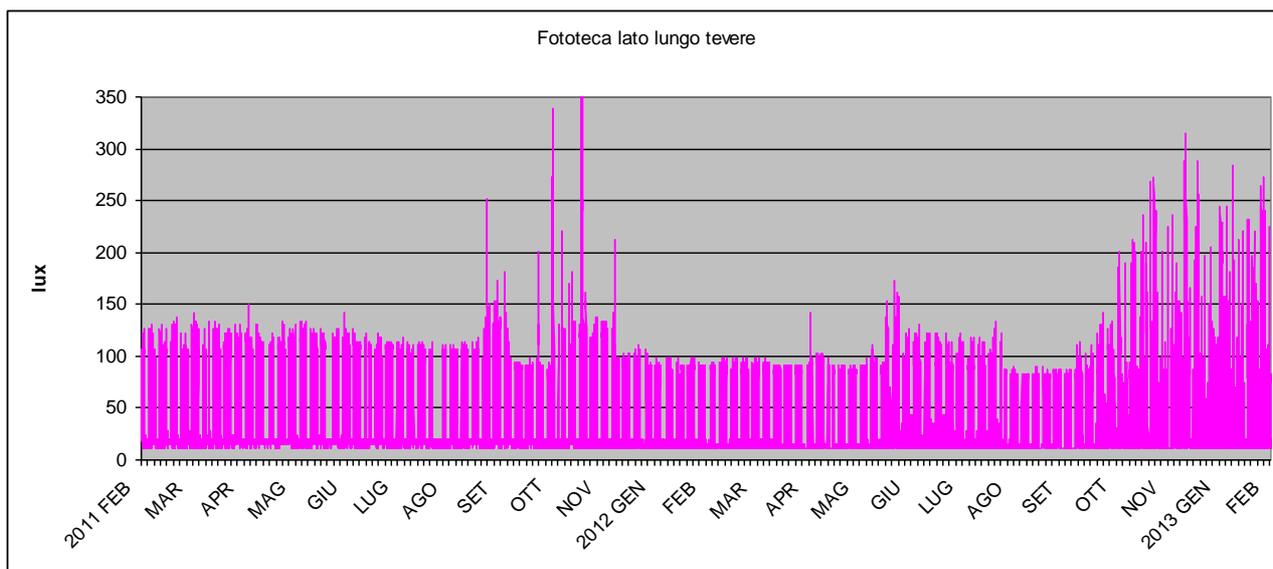


Fig. 9 Fototeca: rappresentazione dell'andamento dei lux della sala lato Tevere

La sala lato cortile ha sempre mostrato valori di illuminamento superiori compresi tra i 200 e 300 lux (fig. 10).

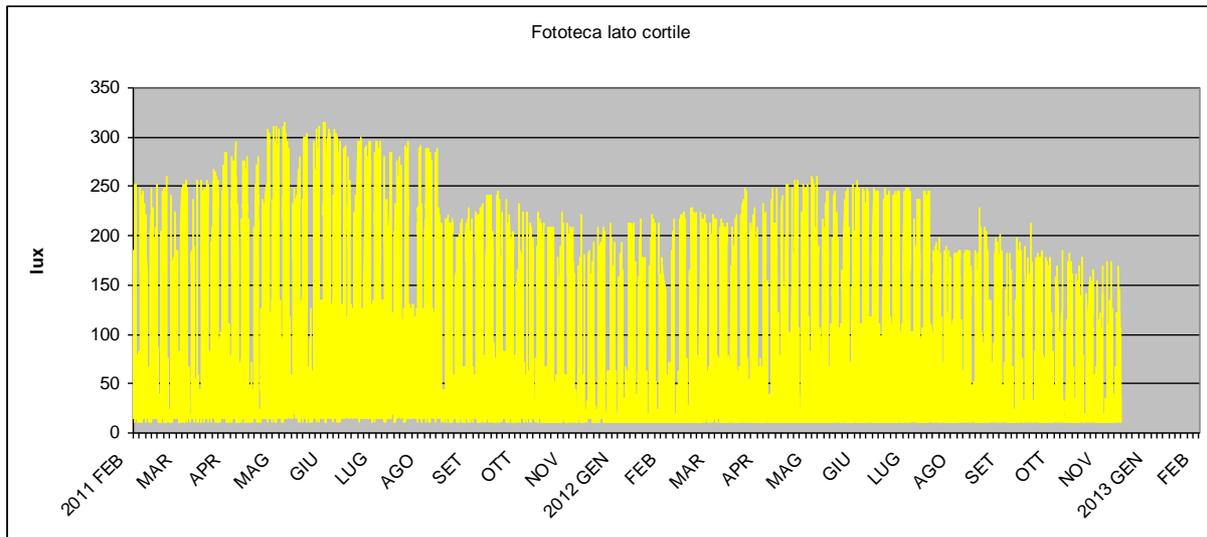


Fig. 10 Fototeca: rappresentazione dell'andamento dei lux della sala lato cortile

La termodinamica permette di costruire curve di riferimento per verificare se gli andamenti dei parametri termoigrometrici seguono o meno comportamenti normalizzati o differenziati per entità e/o tempi di avvenimento. Nel nostro caso il 'giorno medio tipico' corrisponde al giorno che meglio rappresenta il comportamento giornaliero orario dell'ambiente allo scorrere delle stagioni. Analizzando il giorno medio tipico si riscontra che gli ambienti della Fototeca risentono delle variazioni stagionali esterne, ma non risentono delle variazioni orarie giornaliere del clima locale (fig. 11).

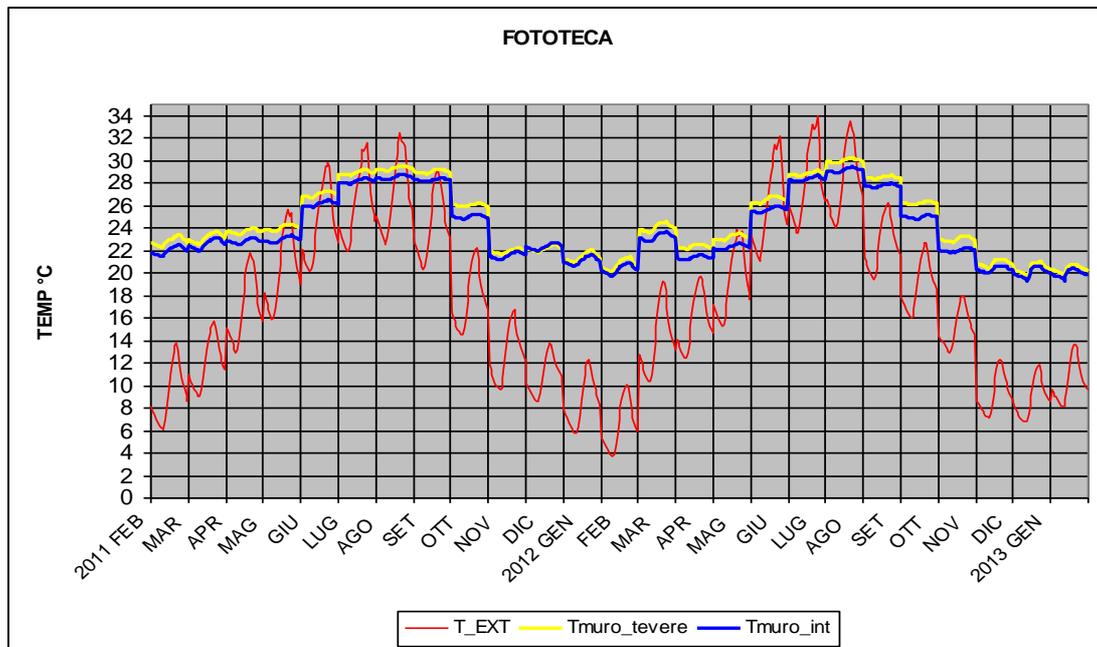


Fig. 11 Fototeca: andamento del giorno medio tipico della temperatura interna ed esterna

Approfondendo le variazioni interne si osserva come gli ambienti siano nel lungo tempo ripetitivi, come illustrato in figura 12.

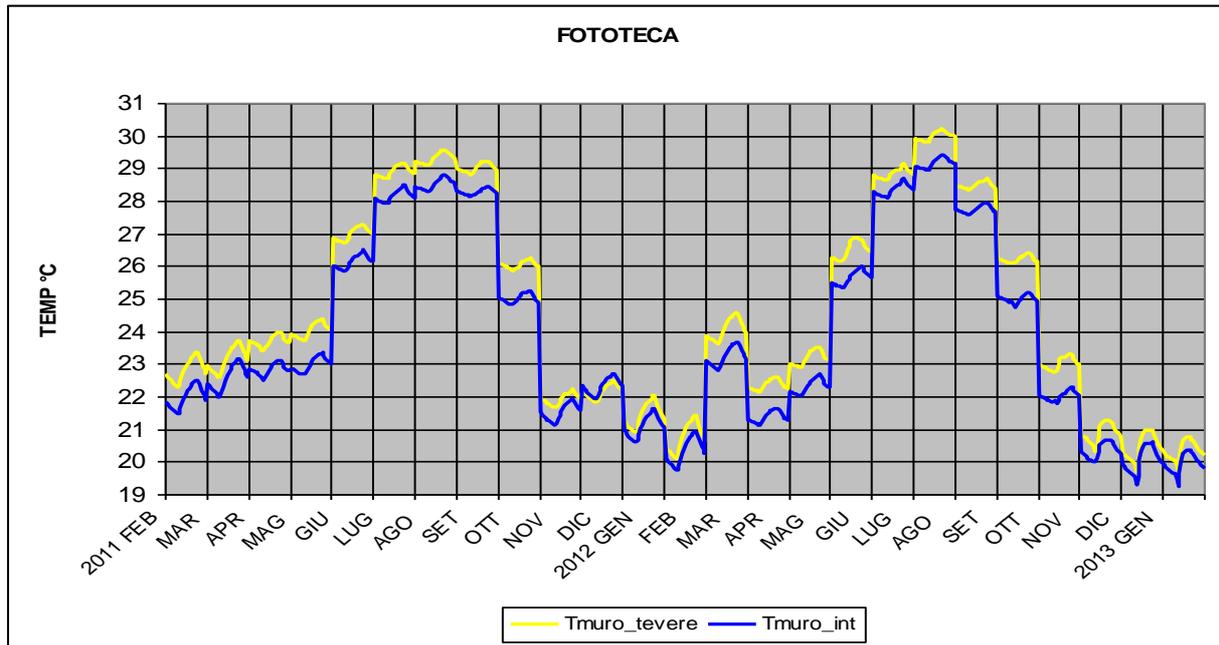


Fig. 12 Fototeca: andamento del giorno medio tipico della temperatura interna

L'analisi dei dati relativi all'Umidità Relativa (fig. 13) mostra come la Fototeca presenti una notevole differenza rispetto alle condizioni esterne; questo avviene sia per la zona lato cortile che per il lato lungo Tevere.

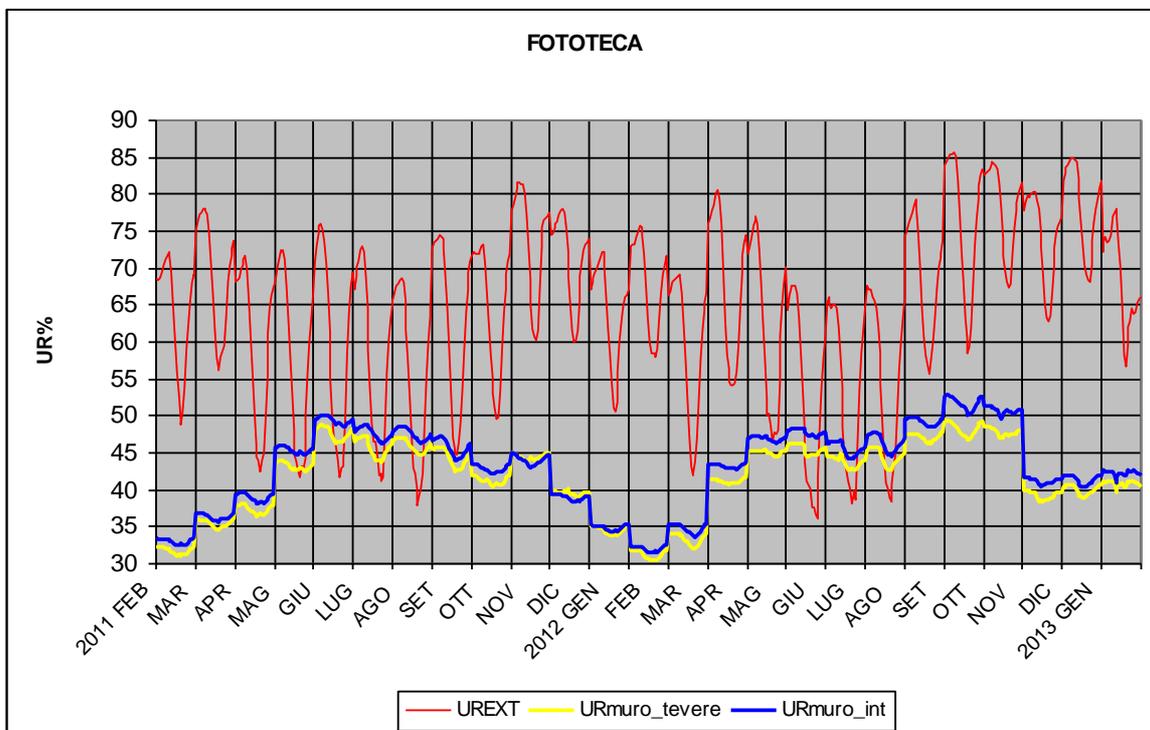


Fig. 13 Fototeca: andamento del 'giorno medio tipico' della umidità interna ed esterna

Gruppo di lavoro per l'indirizzo metodologico nell'ambito delle discipline della conservazione delle collezioni fotografiche ICCD  
 Daniela Palazzi, Donatella Matè, Roberta Bollati, Carlo Cacace

L'approfondimento dei dati all'interno delle sale mostra come la U.R. abbia valori che variano mediamente dai 30-35% nel periodo invernale, 40-45% in quello primaverile e infine quella tra i 45-53% nel periodo estivo (fig. 14).

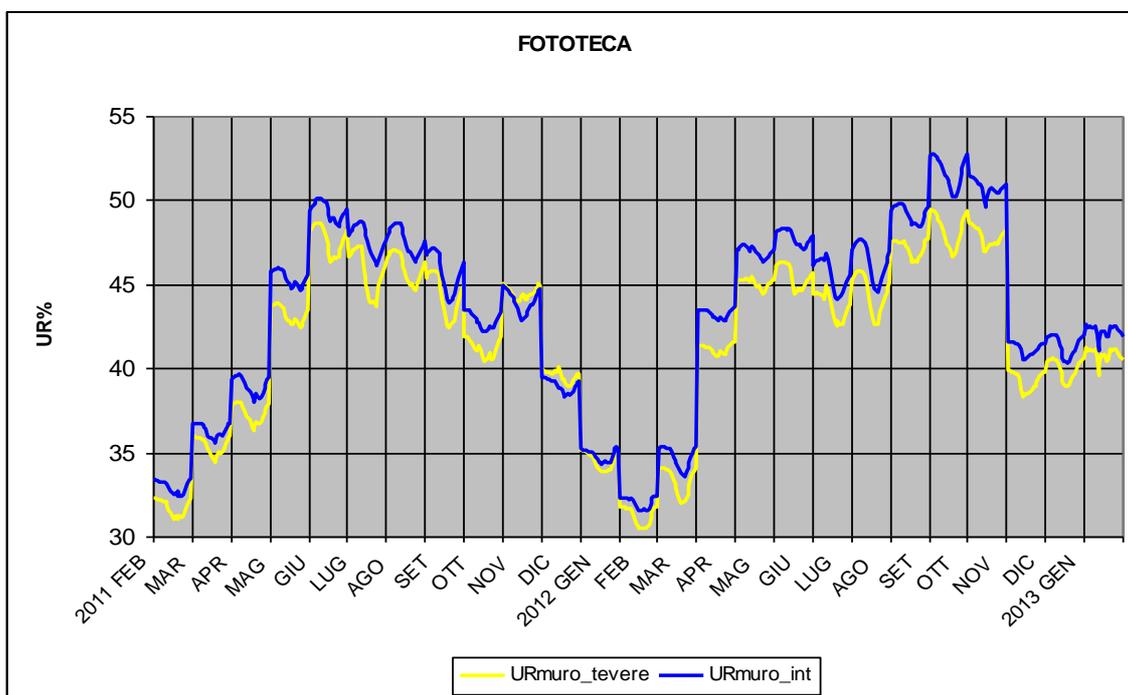


Fig. 14 Fototeca: andamento del 'giorno medio tipico' della umidità relativa interna

Inoltre esiste un 3% di differenza tra le due sale, però occorre precisare che su questa non è possibile effettuare considerazioni tecniche significative perché siamo intorno al valore di precisione dello strumento.

### MISURAZIONE DELLA CO<sub>2</sub>

Mediante un misuratore portatile sono state svolte misure di concentrazione della CO<sub>2</sub> nei locali della Fototeca. Questo archivio è sia zona di lavoro e di passaggio del personale che aperto al pubblico. Risulta quindi difficile regolamentarne l'accesso. Non è stato svolto un monitoraggio continuativo, ma solo una misurazione in diversi punti, allo scopo di verificare l'eventuale presenza di valori particolarmente alti o discontinui date le peculiarità nella gestione di questo archivio. Di seguito si riportano i dati medi su tre misure, registrate in 3 diversi punti (5 per il lato cortile, 3 per il lato Tevere):

	<b>Punto di prelievo</b>	<b>ppm CO<sub>2</sub></b>
<b>Sala lato cortile</b>	Fondo Oscar Savio	451
	Fotocopiatrice	473
	Fondo Ferper	477
	Fondo Alinari	489
	Class. Matera-Milano	483
<b>Sala lato Tevere</b>	Venezia M.P.I.	486
	Class. Spoleto-Siena	456
	Class. mostra riuso Roma	454

Le misure di CO<sub>2</sub> all'esterno nello stesso periodo hanno mostrato valori di 435-440 ppm. Le concentrazioni indoor della CO<sub>2</sub> sono normalmente più elevate mediamente di 30 unità, variando da un minimo di 451 ppm e un massimo di 489 ppm, a causa della presenza umana.

### MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO

Nel periodo 2011-2012 è stato effettuato un monitoraggio entomologico presso i locali della Fototeca (ingresso, Sala Tevere, Sala Chiostro e uffici). Da questa indagine si è evidenziata la presenza di alcune specie deterio gene dei materiali cartacei (compresi quelli fotografici) e di specie occasionali.

Numerosi esemplari di Thysanura Lepismatidae (fig. 15), noti deterio geni delle fotografie con supporto cartaceo, sono stati catturati soprattutto nella Sala Chiostro e negli uffici. È stata riscontrata anche la presenza di Coleoptera Anobiidae (*Stegobium paniceum*) (fig. 16), insetti polifagi e di Coleoptera Dermestidae (fig. 17), che si nutrono di sostanze di origine animale e sono in grado di infestare materiali di vario genere (carta, cuoio, pelle) e di esuvie larvali di Dermestidae (fig. 18) che possono determinare un problema sanitario per gli operatori. La presenza ridotta di Psocoptera (fig. 19) è legata ai bassi valori di umidità degli ambienti. I valori medi invernali di umidità relativa rilevati infatti durante il monitoraggio svolto in quel periodo erano compresi tra il 30 e il 35% e la temperatura in estate, aveva raggiunto valori elevati: anche 30°C medi.



Fig. 15 Esemplare di Thysanura Lepismatidae (0.8x).



Fig. 16 Esemplare di Coleoptera Anobiidae *Stegobium paniceum* (2.0x).



Fig. 17 Esemplare di Coleoptera Dermestidae *Attagenus* sp. (2.0x).



Fig. 18 Esuvie larvali di Coleoptera Dermestidae, ricche di peli e setole distribuiti su tutto il corpo (4.0x).



Fig. 19 Esemplare di Psocoptera (5.0x).

Fig. 20 Esemplare di Coleoptera Silvanidae

La fauna occasionale ritrovata: Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera Histeridae, Coleoptera Silvanidae (fig. 20), Isopoda, Araneae, pur non costituendo un pericolo diretto per i materiali conservati, rappresenta un significativo indicatore di ambienti non isolati dall'esterno; tra l'altro questi organismi o i loro resti possono rappresentare una fonte nutrizionale aggiuntiva per altri insetti dannosi ai beni ivi conservati.

Nel grafico sottostante è possibile visualizzare la fauna entomologica dannosa e la fauna occasionale catturata nei vari locali della Fototeca.

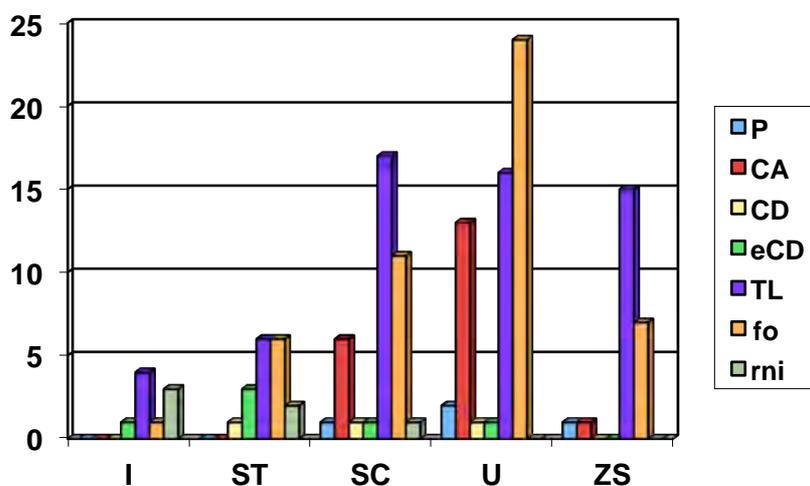


Grafico di rilevamento dell'intera entomofauna dannosa e dalla fauna occasionale riscontrata nei vari locali della Fototeca durante il monitoraggio 2011-2012

*Legenda*

- P: Psocotteri
- CA: Coleotteri Anobidi
- CD: Coleotteri Dermestidi
- eCD: esuvie di Coleotteri Dermestidi
- TL: Tisanuri
- fo: fauna occasionale

- rni: resti non identificabili
- I: trappole INGRESSO
- ST: trappole SALA TEVERE
- SC: trappole SALA CHIOSTRO
- U: trappole UFFICI
- ZS: trappole ZONE SERVIZIO

Gruppo di lavoro per l'indirizzo metodologico nell'ambito delle discipline della conservazione delle collezioni fotografiche ICCD  
 Daniela Palazzi, Donatella Matè, Roberta Bollati, Carlo Cacace

### *Aerofototeca locali archivio negativi e locale deposito*

Le problematiche dell'Aerofototeca sono state affrontate negli anni procedendo attraverso due processi fondamentali: il primo è stato quello dell'osservazione dei materiali e del loro degrado, ponendo in relazione le varie quantità e loro diverse tipologie con lo stato di conservazione rilevato, il secondo è il monitoraggio microclimatico. Dal punto di vista operativo sono state analizzate le modalità di utilizzo del materiale e sono state predisposte una serie di accorgimenti per il trattamento: sono state svolte analisi dell'aria e valutati i Composti Organici Volatili (VOC), gli ossidi di zolfo e di azoto, l'H<sub>2</sub>S, le polveri sottili nella frazione PM10<sup>1</sup>. Una sonda collegata al sistema di monitoraggio termoigrometrico misura in continuo la concentrazione di CO<sub>2</sub> e a questi dati è stata affiancata una campagna di misurazioni di CO<sub>2</sub> con strumentazione portatile<sup>1</sup> in differenti punti di due archivi, per tre giorni, per valutare la differenza a varie quote del punto di prelievo (50 cm e 200 cm dal pavimento). I risultati mostrano una tendenza all'accumulo di CO<sub>2</sub> con l'aumentare della quota (figg. 21 e 22) e valori più alti di quelli esterni (435-440 ppm), probabilmente legati a produzione da parte del materiale in degradazione e reazione di materiale dalle murature (intonaco, ecc.) con l'acido acetico sviluppato dalle pellicole negative.

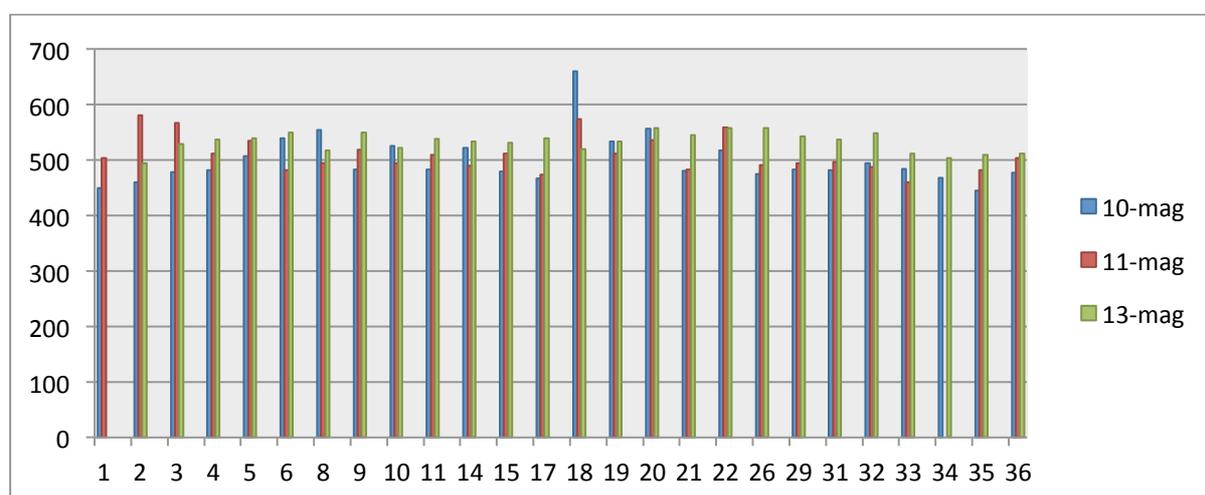


Fig. 21 Aerofototeca: andamento dell'accumulo di CO<sub>2</sub>

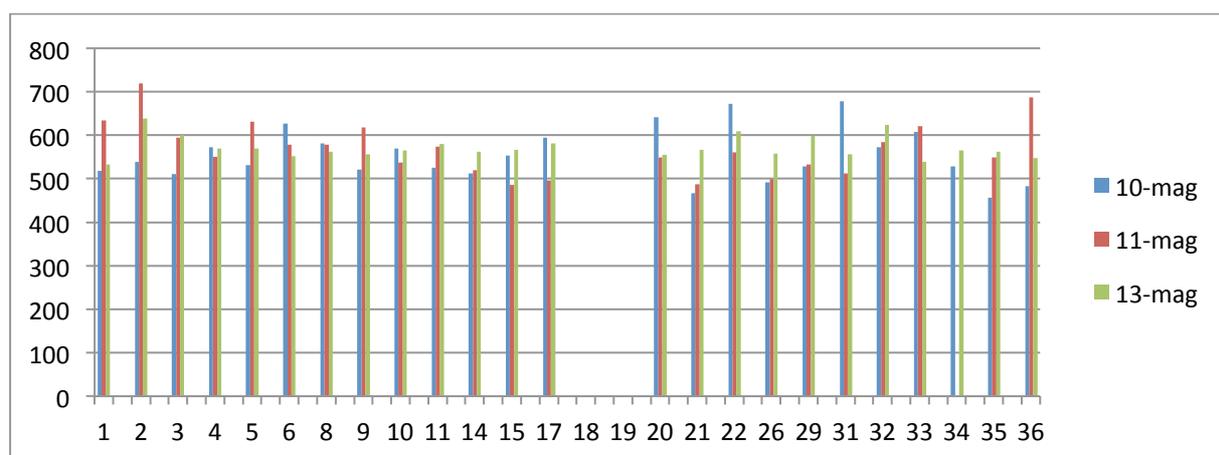


Fig. 22 Aerofototeca: andamento dell'accumulo di CO<sub>2</sub>

<sup>1</sup> A. Giovagnoli, D. Palazzi, report interno (2011)

La figura 23 mostra invece i risultati dell'analisi del particolato sottile (PM10), che ha evidenziato la problematica di un'eccessiva concentrazione di polveri sottili: il valore consigliato, riportato nell'atto d'indirizzo, è rappresentato dalla banda grigia nel grafico.

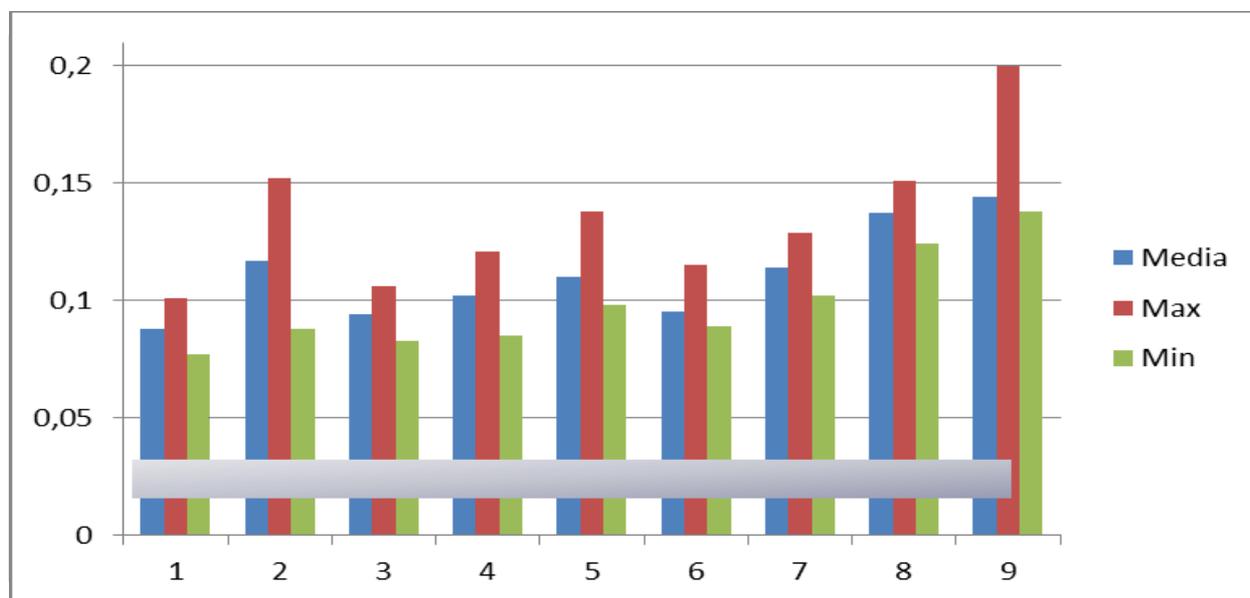


Fig. 23 Aerofototeca: andamento del PM10

Il controllo della degradazione delle pellicole in acetato di cellulosa, che si decompongono rilasciando acido acetico secondo un meccanismo noto come *vinegar syndrome*, viene di norma svolto con cadenza annuale sotto forma di monitoraggio, mediante indicatori di concentrazione di acido acetico (AD Strips), che indicano lo stato di avanzamento della reazione di idrolisi dell'estere di cellulosa, con particolare riferimento alla cinetica ed al punto di autocatalisi, in cui la velocità di reazione viene notevolmente accelerata.

### MONITORAGGIO ENTOMOLOGICO

Monitoraggi entomologici sono stati effettuati anche nell'Archivio 1 - archivio negativi (periodo 2010-2011 e periodo 2012-2013) e nell'Archivio 2 dell'Aerofototeca (periodo 2011-2012 e periodo 2012-2013).

La prima indagine condotta presso l'Archivio 2 - locale deposito, svoltasi nel periodo 2011-2012, ha evidenziato, come già nel monitoraggio della Fototeca (2011-2012), la presenza di una fauna occasionale e di alcune note specie deterioregeni quali: Psocoptera, Thysanura Lepismatidae e Coleoptera Dermestidae. I dati termoisgrometrici hanno mostrato che nel periodo di svolgimento del monitoraggio entomologico l'U.R. ha avuto delle variazioni comprese tra il 47,15% e il 61,83% e che la T ha raggiunto i 28,33 °C (il valore minimo è stato di 12,39 °C). La cattura di un discreto numero di Psocoptera (38) ha confermato la presenza di questo tipo di insetto in tali aree dell'edificio. Le catture sono avvenute sia nelle trappole collocate sul pavimento sia in quelle collocate sui davanzali delle finestre. I Thysanura Lepismatidae ritrovati erano distribuiti uniformemente in tutte le zone del locale e per quanto riguarda invece i Coleoptera Dermestidae, sono stati ritrovati solo esemplari adulti.

Nella prima indagine svolta nell'Archivio 1 - archivio negativi (2010-2011) erano stati catturati in totale 235 esemplari di Psocoptera, ed una maggiore concentrazione di questi insetti era stata evidenziata proprio nella trappola posta sul davanzale della finestra dove era posizionato l'estrattore

d'aria e nella trappola sulla finestra dove era posizionato l'aeratore che immetteva aria all'interno. Per tale motivo si era ipotizzata l'azione degli aeratori (che estraggono e immettono aria) come possibile fonte di introduzione di tali insetti. Nell'indagine svolta all'Archivio 2, nell'anno successivo (2011-2012), invece, la presenza dell'aeratore posizionato ad una finestra non sembrava avere influenzato il numero delle catture.

In generale bisogna però considerare che nell'Archivio 1 l'umidità relativa durante il periodo del monitoraggio aveva raggiunto valori più elevati rispetto all'Archivio 2: 70% contro il 61% circa. A tale proposito si ricorda che gli Psocoptera sono insetti che vivono in luoghi umidi.

Inoltre si è evidenziato che nessuna cattura di esemplari è avvenuta nelle trappole collocate sulle scaffalature, dato che si rivela in linea con quanto avvenuto nei monitoraggi svolti sia nell'Archivio 1 che nell'Archivio 2.

Dalla seconda indagine effettuata nel periodo 2012-2013 nell'Archivio 1 si è sempre evidenziata una discreta presenza di Psocoptera (51), in numero comunque minore rispetto agli esemplari catturati durante l'indagine precedente (235). Ai fini della valutazione degli esemplari catturati è necessario considerare che nel secondo monitoraggio è stata posizionata la metà delle trappole (ai fini della ottimizzazione dell'indagine, nonché per motivi economici). Si deve infatti tenere presente che nel corso del tempo si è avuto un miglioramento delle condizioni ambientali in quanto il posizionamento dei pinguini ha permesso un abbassamento della umidità relativa; durante quest'ultimo monitoraggio l'umidità relativa è stata infatti contenuta entro il 60%. Tale condizione potrebbe avere contribuito alla riduzione del numero di questi insetti tenendo in considerazione che sono legati moltissimo ad ambienti umidi. Inoltre si è rilevata sempre una discreta presenza di Thysanura Lepismatidae e si è evidenziato un incremento di fauna occasionale (42) rispetto al monitoraggio precedente (17).

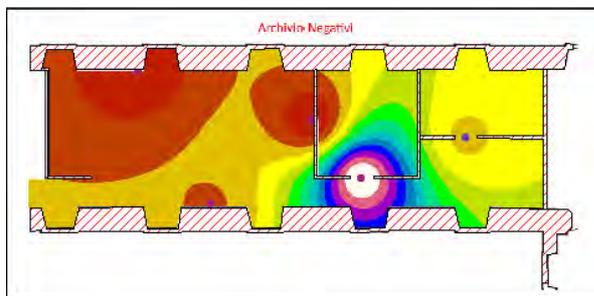
Nella indagine svolta nel periodo 2012-2013 nell'Archivio 2 si è avuta la presenza sempre di un discreto numero di Psocoptera (19) che conferma la presenza di questo tipo di insetto nell'edificio (38 nel monitoraggio precedente), di Thysanura Lepismatidae e di Coleoptera Dermestidae (*Attagenus* sp.) e Coleoptera Anobiidae (*Stegobium* sp.). Costante è stata la presenza di fauna occasionale. Anche in questo caso si deve considerare che in tale monitoraggio è stata posizionata la metà delle trappole sempre per gli stessi motivi.

In questo locale è stato installato un deumidificatore per il mantenimento del tasso di umidità relativa non oltre il 60-65%.

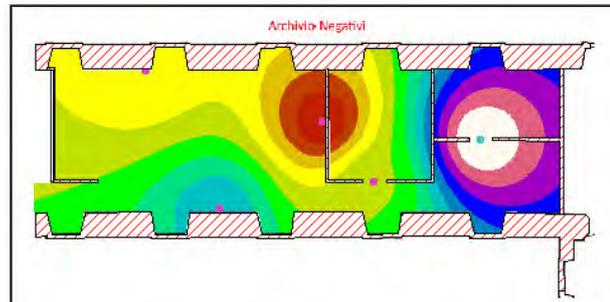
Quanto descritto ha portato all'attuazione di misure di gestione degli ambienti nel tentativo di giungere ad una forma di equilibrio termodinamico attraverso le seguenti azioni:

- controllo del numero di persone che accedono ai depositi archivio negativi e positivi;
- tempi di permanenza il più possibile contingentati;
- utilizzo di mascherine filtranti per polvere e vapori organici;
- utilizzo di guanti per la movimentazione e la consultazione;
- sistemazione del materiale differenziandolo il più possibile in funzione dello stato di conservazione;
- applicazione di filtri alle finestre (pellicole Spectra 30 alta qualità serie professional);
- installazione di ventilatori per l'estrazione delle sostanze disperse nell'ambiente;
- installazione di condizionatori d'aria portatili per rendere l'ambiente più stabile dal punto di vista termico;
- installazione nell'Archivio negativi di un filtro chimico (Purafil) per l'abbattimento delle sostanze organiche disperse nell'ambiente;
- nell'archivio positivi installazione di un deumidificatore per il mantenimento del tasso di umidità relativo non oltre il 60-65%;
- installazione di un condizionatore d'aria portatile per rendere l'ambiente più stabile dal punto di vista termico.

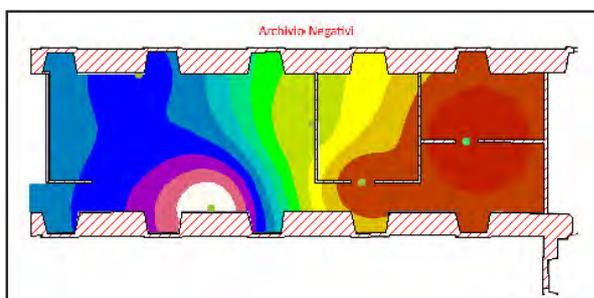
A dimostrazione di quanto detto si osservino le distribuzioni spaziali della temperatura ottenuta con il software installato recentemente, la temperatura cresce al variare della tonalità di colore dal blu al rosso.



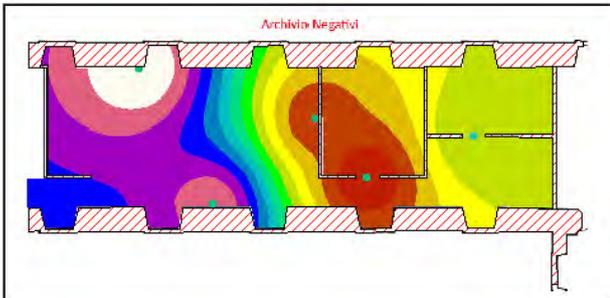
Distribuzione spaziale Temp. inverno 2008



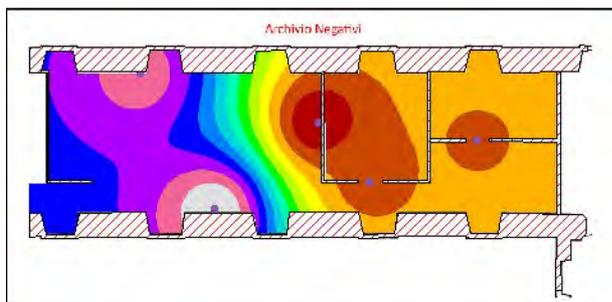
Distribuzione spaziale Temp. inverno 2009



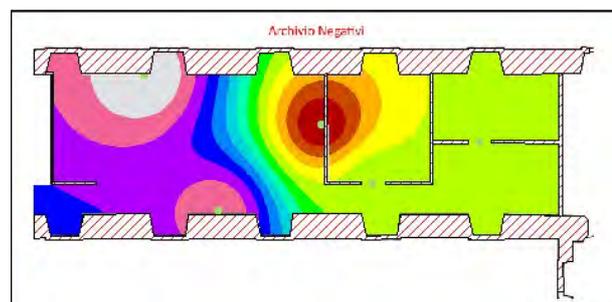
Distribuzione spaziale Temp. inverno 2010



Distribuzione spaziale Temp. inverno 2011

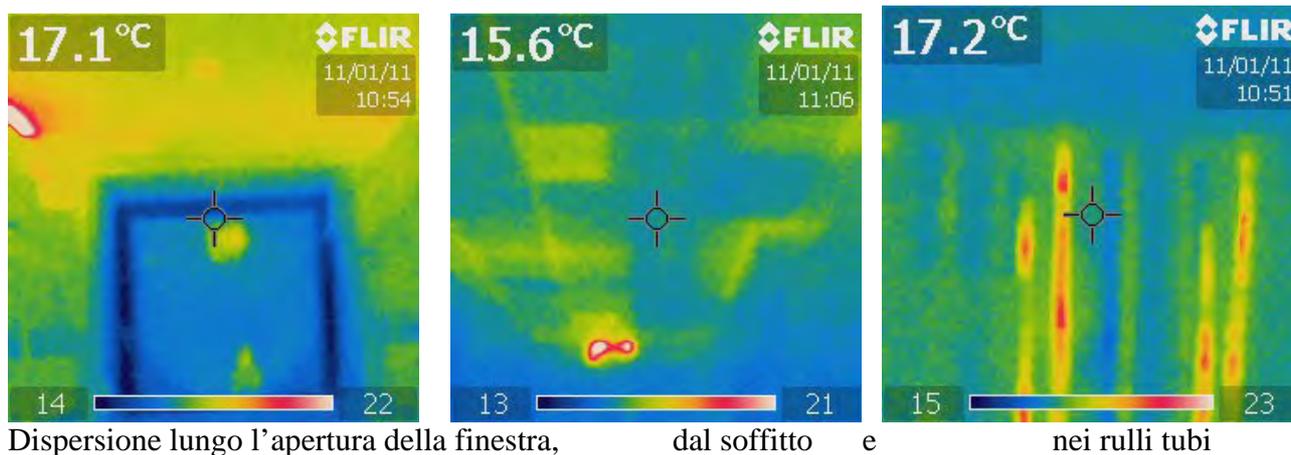


Distribuzione spaziale Temp. inverno 2012



Distribuzione spaziale Temp. inverno 2013

La distribuzione termica allo scorrere degli anni, in funzione degli accorgimenti di gestione e tecnologici presi, mostra l'evoluzione dei gradienti stagionali della temperatura, che a partire dal 2011 diventano ripetitivi a dimostrazione di una consolidata risposta alle sollecitazioni esterne. Non si è ancora arrivati ad una stabilità giornaliera delle condizioni termoigrometriche, ma questa difficoltà si comprende con l'analisi all'infrarosso termico eseguita negli ambienti dell'archivio negativi. Sono molti i punti di dispersione termica legati alle strutture degli ambienti.



### CONCLUSIONI AEROFOTOTECA

Al fine di raggiungere una maggiore stabilità anche a livello giornaliero, solo dopo aver adottato tutte le misure passive utili alla gestione dell'ambiente, si è giunti in modo razionale alla decisione finale di adottare il condizionamento dei locali. Tutti i dati raccolti in 5 anni di monitoraggio ambientale sono così diventati la base di definizione dell'impianto di condizionamento dell'Archivio negativi e dei locali che porrà come condizione base la temperatura a 18°C e l'umidità relativa al 50%.

Per quanto riguarda il monitoraggio degli insetti alla luce delle catture registrate in Aerofototeca risulta in generale fondamentale controllare i valori di T e U.R., come del resto viene effettuato, e procedere ad una accurata igiene dei locali. Inoltre è importante proseguire con ulteriori indagini per verificare nel tempo la presenza di eventuali specie dannose per i materiali conservati e per la salute degli operatori. I risultati dei monitoraggi in corso per il periodo 2012-2013 (che verranno resi noti dopo la loro conclusione - periodo estivo) in entrambi i locali conservativi dell'Aerofototeca potranno dare ulteriori chiarimenti, anche in virtù dei cambiamenti climatici che si sono verificati con l'introduzione di deumidificatori e condizionatori d'aria portatili. Nell'estate 2013 sono stati avviati ulteriori monitoraggi presso l'Archivio 1 e 2 dell'Aerofototeca (2013 - 2014).

### CONCLUSIONI FOTOTECA

L'analisi sui dati della Fototeca può concludersi con gli andamenti delle medie mensili della Fototeca che rappresentano lo schema esatto del comportamento microclimatico della sala. Infatti per la temperatura osserviamo come esista costantemente un gradiente di 1-1.5°C tra la sala lungo Tevere e la sala lungo il cortile interno e come solo nel periodo estivo ci siano valori medi che si avvicinano a quelli del clima esterno (fig. 24 e tabella riepilogativa).

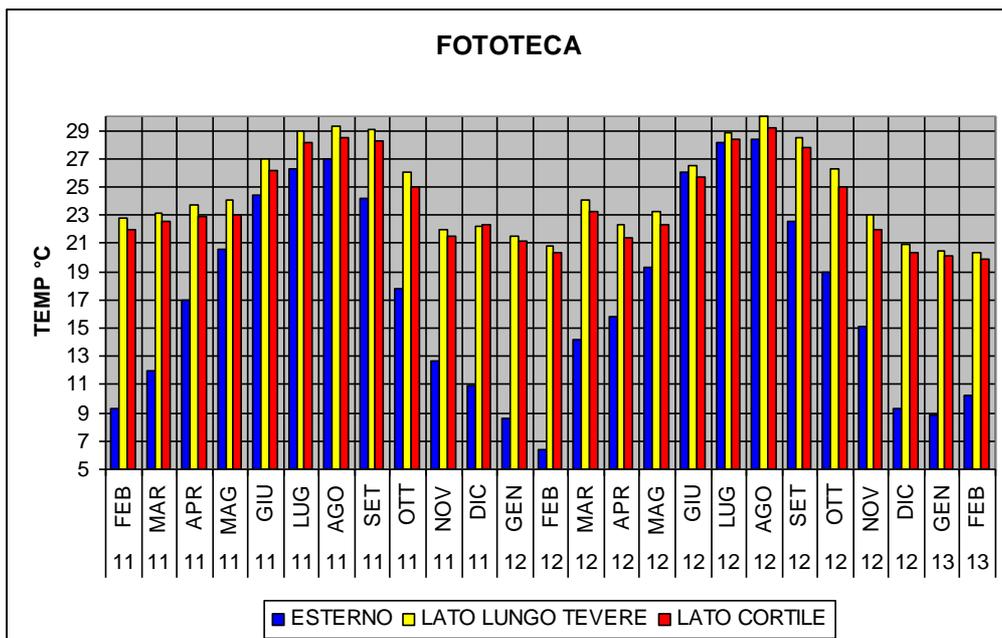


Fig. 24 Fototeca: andamento delle medie mensili della temperatura

TEMPERATURE				
ANNO	MESE	ESTERNO	LUNGO TEVERE	CORTILE
11	FEB	9,35	22,84	22,00
11	MAR	12,03	23,15	22,59
11	APR	16,92	23,72	22,85
11	MAG	20,52	24,06	23,00
11	GIU	24,42	27,01	26,16
11	LUG	26,27	28,92	28,18
11	AGO	26,97	29,33	28,53
11	SET	24,22	29,03	28,29
11	OTT	17,80	26,06	25,03
11	NOV	12,73	21,95	21,54
11	DIC	10,88	22,18	22,34
12	GEN	8,60	21,45	21,11
12	FEB	6,43	20,76	20,35
12	MAR	14,22	24,09	23,25
12	APR	15,77	22,37	21,39
12	MAG	19,32	23,20	22,33
12	GIU	26,07	26,52	25,66
12	LUG	28,17	28,86	28,37
12	AGO	28,39	30,01	29,17
12	SET	22,58	28,50	27,76
12	OTT	18,98	26,23	25,01
12	NOV	15,17	23,04	22,03
12	DIC	9,32	20,91	20,37
13	GEN	8,87	20,47	20,07
13	FEB	10,23	20,33	19,93

Tabella riepilogativa delle temperature °C

L'analisi delle medie mensili dell'umidità relativa (fig. 25 e tabella riepilogativa) conferma quanto detto nella relazione mostrando un tasso medio di U.R.% compreso tra il 30 e il 50%.

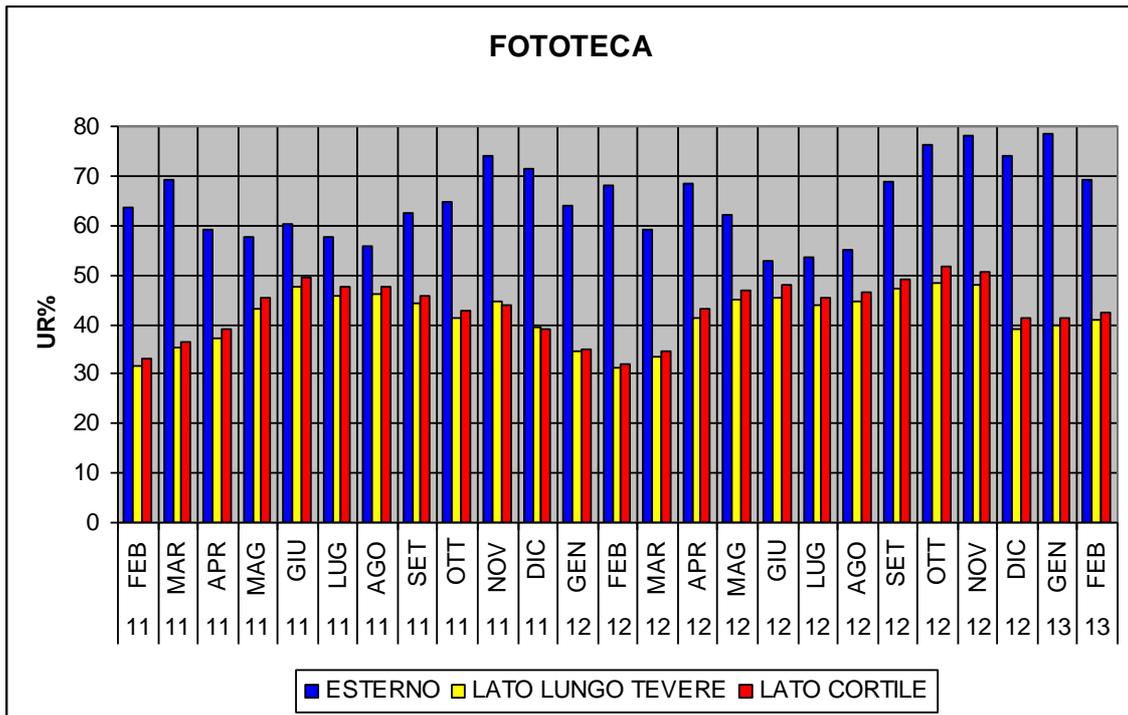


Fig. 25 Fototeca: andamento delle medie mensili della Umidità Relativa

**UMIDITÀ RELATIVA**

ANNO	MESE	ESTERNO	LUNGO TEVERE	CORTILE
11	FEB	63,74	31,77	33,00
11	MAR	69,07	35,42	36,34
11	APR	59,25	37,37	38,97
11	MAG	57,72	43,22	45,38
11	GIU	60,27	47,70	49,41
11	LUG	57,66	45,70	47,64
11	AGO	55,69	46,01	47,63
11	SET	62,37	44,39	45,76
11	OTT	64,62	41,24	42,88
11	NOV	73,92	44,52	44,01
11	DIC	71,26	39,59	39,00
12	GEN	64,06	34,55	34,84
12	FEB	68,11	31,23	32,04
12	MAR	59,02	33,32	34,72
12	APR	68,32	41,19	43,27
12	MAG	62,30	45,10	46,97
12	GIU	52,87	45,56	47,84
12	LUG	53,66	43,74	45,58
12	AGO	54,88	44,48	46,41
12	SET	68,67	47,18	49,23
12	OTT	76,19	48,27	51,74
12	NOV	78,22	47,84	50,75
12	DIC	74,10	39,25	41,20
13	GEN	78,48	39,98	41,38
13	FEB	69,28	40,86	42,26

Tabella riepilogativa della Umidità Relativa %

Ponendo a confronto i dati relativi agli ambienti della Fototeca con quelli delle Sale Climatizzate, soprattutto dei monitoraggi più recenti che rendono conto degli interventi manutentivi, è possibile affermare che le condizioni di queste ultime siano più stabili. I valori di Temperatura dei suddetti ambienti sono leggibili e facilmente comparabili nel grafico riportato in figura 26.

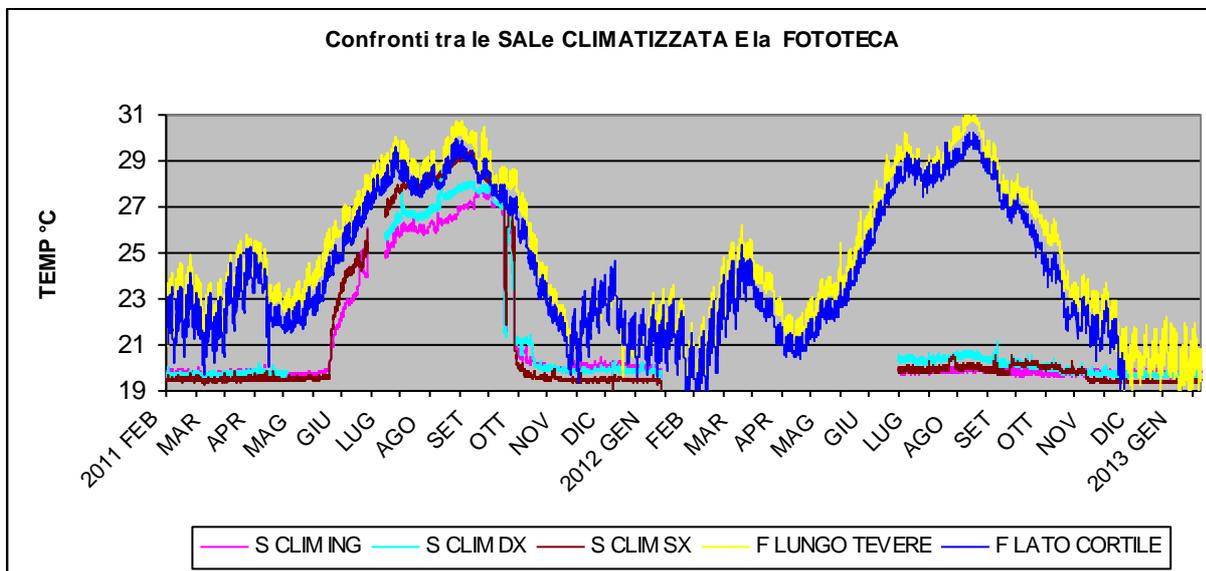


Fig. 26 Comparazione degli andamenti della temperatura tra le sale climatizzate e le sale della Fototeca

Nei periodi in cui le sale climatiche hanno avuto problemi al sistema di condizionamento le condizioni termiche erano confrontabili con quanto avveniva nelle sale della Fototeca. Da dicembre 2012, per effetto degli interventi di manutenzione degli impianti, le condizioni nelle sale condizionate sono molto più stabili rispetto alla fototeca (fig. 27).

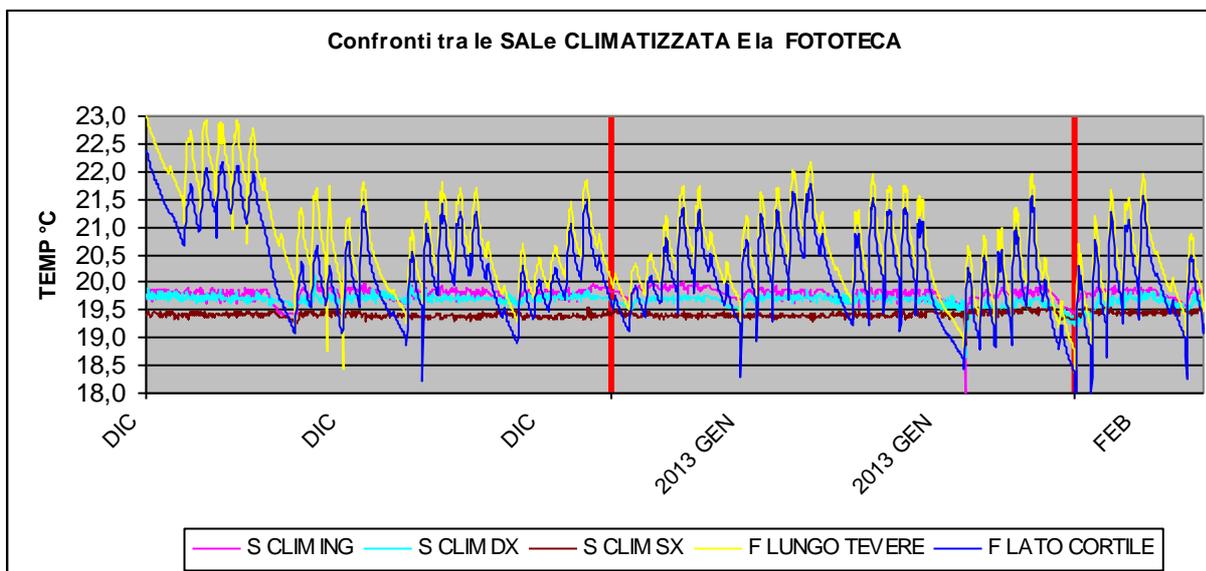


Fig. 27 Comparazione degli andamenti della temperatura tra le sale climatizzate e le sale della Fototeca

Il confronto con le umidità relativa mostra sempre, nei momenti di funzionamento del condizionamento, andamenti con una maggiore stabilità nelle sale climatizzate cfr figura 28.

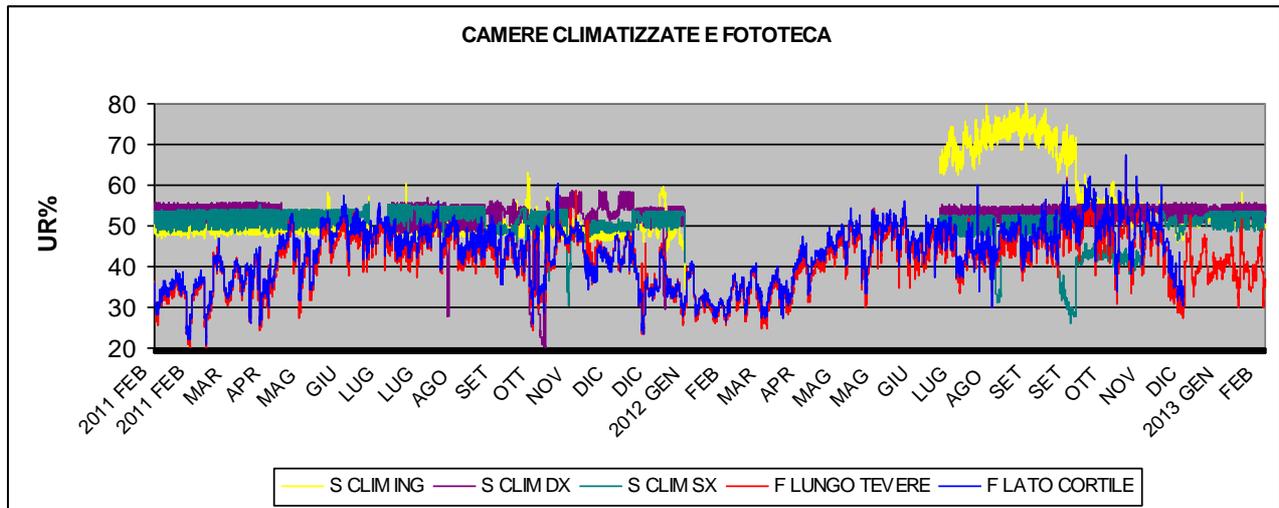


Fig. 28 Comparazione degli andamenti della temperatura tra le sale climatizzate e le sale della Fototeca

Approfondendo il confronto nel periodo di dicembre 2012 a febbraio 2013 le condizioni sono notevolmente migliori nelle sale climatizzate (fig. 29)

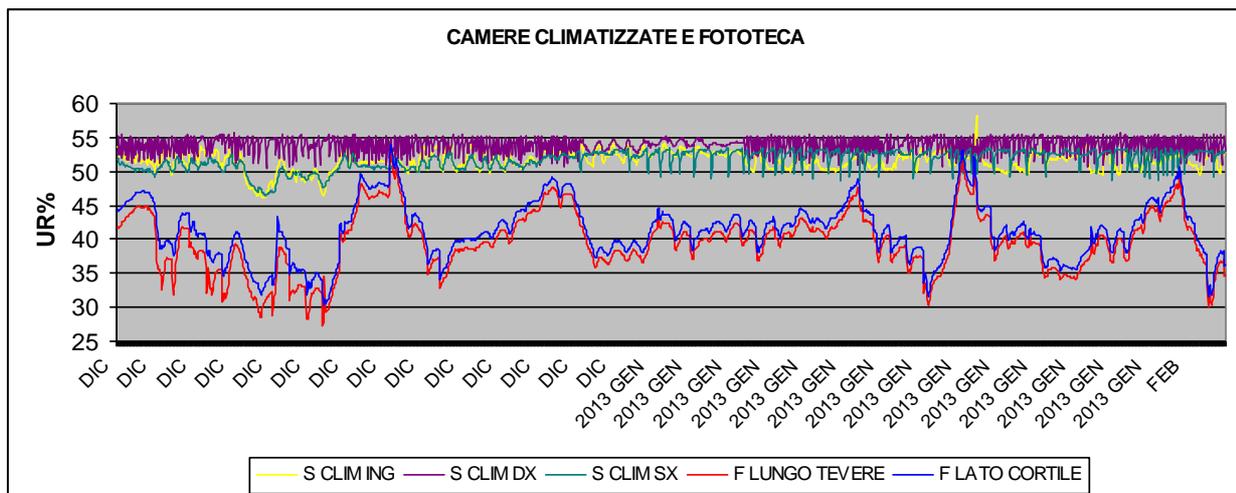


Fig. 29 Comparazione degli andamenti della temperatura tra le sale climatizzate e le sale della Fototeca

### Conclusioni monitoraggi entomologici

Visti i risultati del monitoraggio, si consiglia di continuare il controllo microclimatico degli ambienti e di assicurare una accurata igiene al fine di ridurre la possibilità di diffusione di specie dannose per i materiali fotografici e per la salute degli operatori. Nei locali della Fototeca nel periodo autunnale del 2013 partirà un monitoraggio entomologico che durerà un anno (2013-2014); sarà interessante confrontare i risultati con i dati precedenti.

Verrà avviato anche un monitoraggio aerobiologico (in collaborazione con il Laboratorio di biologia dell'ICRCPAL) che partirà in concomitanza con quello entomologico ed avrà la durata di un anno.

### **Comportamenti consigliati nelle sale della fototeca**

In attesa di un processo di condizionamento degli ambienti occorre attuare, come è stato realizzato per l'Aerofototeca, una serie di soluzioni che permettano il condizionamento passivo degli ambienti e un utilizzo degli stessi che portino ad una maggiore stabilità termo-igrometrica. L'attività proposta ha comportato alcune attività già realizzate:

- installazione di datalogger per il rilevamento delle condizioni di temperatura ed umidità relativa degli ambienti;
- utilizzo razionale dell'impianto di riscaldamento presente nella sala;
- riallestimento del materiale negli schedari, realizzato dall'ufficio, per ridurre il volume occupato all'interno degli stessi;

### ***e altre che devono essere ancora realizzate:***

- installazione di un sistema in continuo per il rilevamento delle condizioni di temperatura ed umidità relativa degli ambienti;
- applicazioni di filtri (anti IR e UV) alle finestre, in particolar modo quelle che affacciano sul Tevere, indicazioni in questo senso sono state dettagliatamente fornite dal dott. Fabio Aramini responsabile della sezione illuminotecnica dell'ISCR;
- rivisitazione della tenuta degli infissi;
- definizione delle zone di apertura per l'accesso del personale e dei visitatori, scelto il miglior percorso occorre attenersi scrupolosamente a quanto identificato;
- i tavoli su cui si consulta o si lavora il materiale di archivio non devono essere sotto la diretta insolazione, anche dopo l'applicazione dei filtri;
- utilizzo di appositi guanti per l'uso e/o la movimentazione del materiale;
- in base alla definizione dello stato di conservazione dei beni, attività in programmazione, effettuare una statistica che metta in relazione quantità del materiale più frequentemente consultato e relativo stato di conservazione. In taluni casi sarà eventualmente prevista la sostituzione degli originali fotografici con riproduzioni;
- definizione del numero medio di visitatori giornalieri per confrontarlo con il numero massimo di visitatori ammessi in funzione dei volumi attuali dell'ambiente e delle attuali condizioni microclimatiche;
- continuare il riallestimento del materiale negli schedari, per rendere minore il volume occupato dagli stessi;
- gli schedari che ricevono irraggiamento diretto devono essere spostati.

Per quanto riguarda poi la gestione degli infestanti è importante impedire l'accesso degli stessi ai locali di conservazione (mediante lamine di metallo alla base di porte, griglie alle feritoie di ventilatori e aperture, zanzariere alle finestre, sigilli ad alcune porte e finestre), garantendo un regime di igiene dentro e fuori il locale ed eliminando le zone di possibile rifugio.

Altri interventi che si rivelano fondamentali per il contenimento delle specie biologiche sono la depolveratura e l'igiene dei locali.

### ***Laboratorio fotografico***

La presenza di pellicole in nitrato di cellulosa pone problematiche di carattere conservativo, per instabilità del supporto plastico e per azione degradativa dei prodotti di decomposizione sulle

pellicole stesse e sugli altri materiali; a questo si aggiunge il problema di sicurezza per la salute degli individui esposti e di sicurezza antincendio.

I negativi in nitrato di cellulosa sono particolarmente instabili dal punto di vista chimico-fisico. La macromolecola può decomporre per idrolisi promossa da acidi o basi che possono essere presenti nella pellicola stessa perché introdotti durante la fabbricazione o provenire dall'ambiente, per ossidazione, foto-ossidazione o per degradazione termica (anche a temperature vicine a T ambiente). Queste reazioni primarie generano prodotti gassosi in grado di far procedere ulteriormente il deterioramento del materiale, nel corso di reazioni secondarie che avvengono più velocemente delle primarie, in particolare se i gas evoluti non vengono allontanati. Strutturalmente ciò comporta la progressiva demolizione dello scheletro della catena macromolecolare e anche la rottura degli anelli glucosidici. La reazione causa lo sviluppo di gas quali gli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>) che in presenza di umidità formano HNO<sub>3</sub>, acido nitrico, un acido ossidante. Tutti i prodotti della decomposizione del nitrato di cellulosa sono aggressivi nei confronti degli altri materiali fotografici, dalla carta alle altre pellicole, alla gelatina e ai metalli, siano essi supporto (ferro, rame) o l'argento dello strato immagine. Nei metalli i suddetti prodotti di reazione possono indurre corrosione, mentre nelle pellicole (acetati di cellulosa, poliestere) e nella gelatina (materiale proteico) gli stessi inducono reazioni di idrolisi ed ossidazione<sup>2</sup>. Inoltre, la caratteristica del processo di decomposizione del nitrato di cellulosa è di essere autocatalitico, ovvero autoaccelerante, e di produrre un'elevata quantità di calore. Per questo motivo le pellicole in nitrato di cellulosa non devono essere conservate in recipienti chiusi, e i locali di conservazione devono essere adeguatamente aerati.

Il deterioramento del nitrato di cellulosa infatti può evolvere fino all'autocombustione, se la temperatura dell'ambiente non è controllata o se sopraggiunge un fattore innescante (es: una scintilla, ma basta una fonte di calore quali un termosifone, una lampadina o il sole diretto). La reazione di combustione si autosostiene, cioè è la reazione stessa a fornire al sistema l'ossigeno per la combustione. Di conseguenza, non è possibile estinguere un incendio di nitrato di cellulosa per sottrazione di ossigeno all'ambiente. Inoltre sussiste la possibilità di esplosioni.

Anche i gas prodotti dalla combustione sono tossici (CO, ossidi di azoto, probabilmente anche HCN).

Dal momento in cui è stato segnalato il problema della presenza dei nitrati nei locali del laboratorio fotografico si sono monitorati costantemente i valori di Temperatura ed Umidità Relativa per verificare l'insorgenza di valori critici dei parametri microclimatici. Ad esempio nell'archivio negativi Densimatic sono stati posti in quattro cassette sensori di Temperatura e Umidità Relativa dell'aria al suo interno, Temperatura a contatto e un sensore di rilevamento in aria come controllo dell'intero ambiente, come si vede nella pianta A (fig. 30).

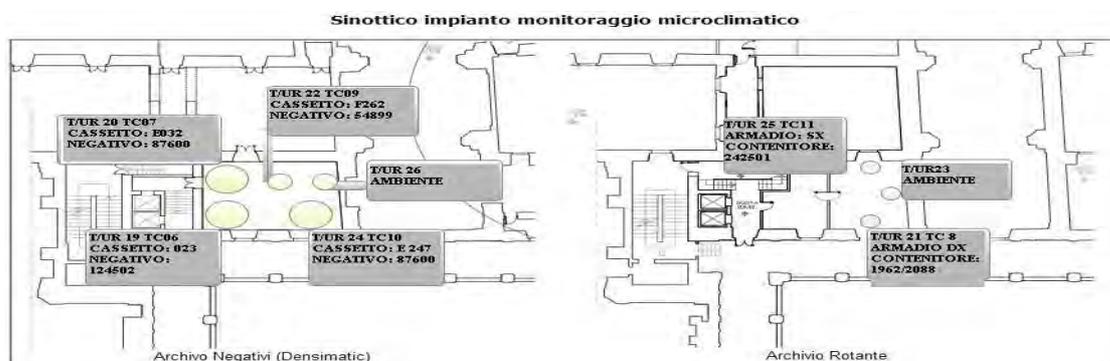


Fig. 30 Pianta A - posizionamento sensori nel Densimatic

<sup>2</sup> C. Selwitz, "Cellulose nitrate in conservation", J. Paul Getty Trust, 1988

Dall'analisi delle medie mensili del periodo 2009-2013 si ha che le escursioni dei valori della temperatura all'interno dei cassette del Densimatic presentano una perfetta ripetitività stagionale, come si legge alla figura 31.

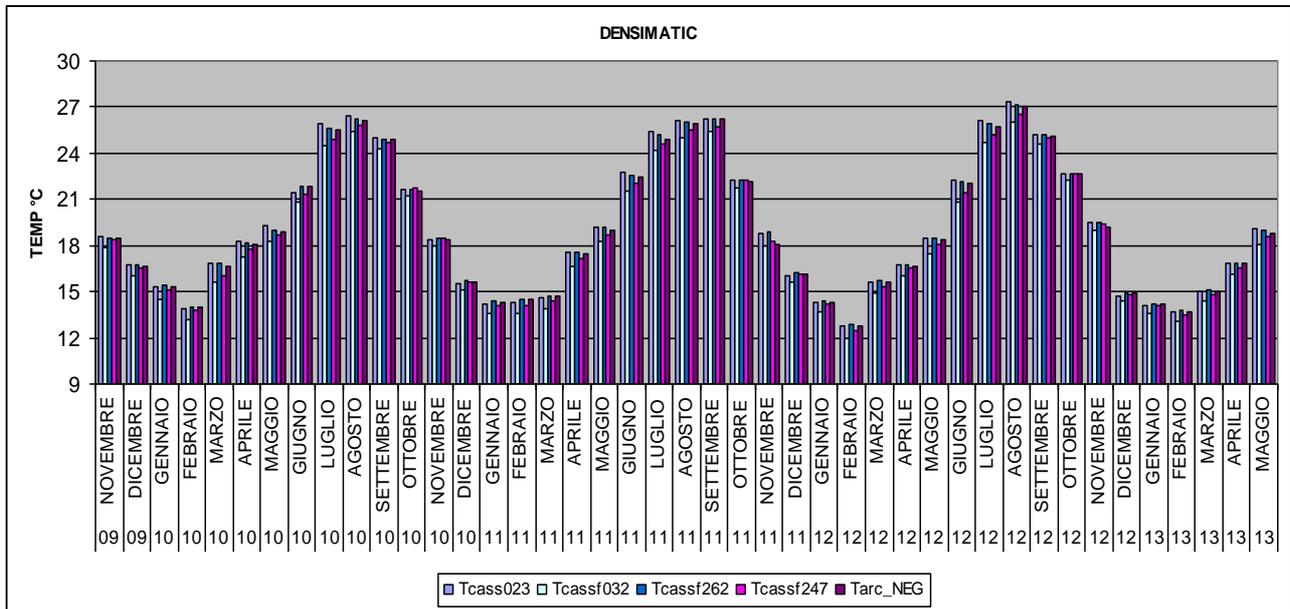


Fig. 31 Densimatic andamenti delle medie mensili della temperatura in aria

Stesso andamento periodico si verifica analizzando le misure di Temperatura superficiale del materiale all'interno dei cassette (vedi fig. 32).

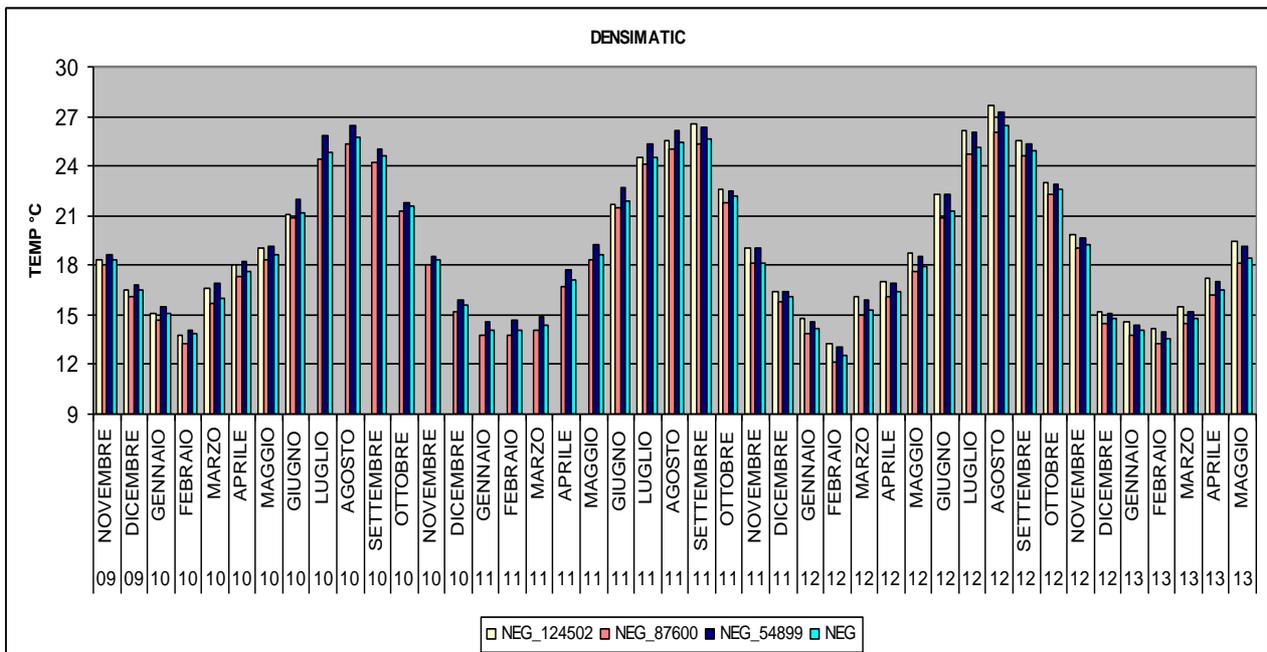


Fig. 32 Densimatic andamenti delle medie mensili della temperatura superficiale

Anche l'Umidità Relativa mostra un comportamento stagionale (fig. 33).

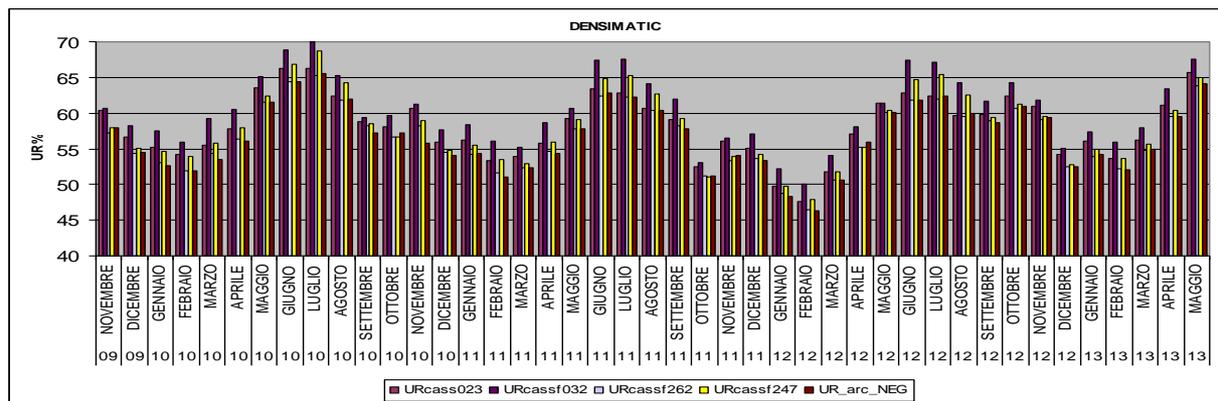


Fig. 33 Densimatic andamenti delle medie mensili della umidità relativa.

Le misure rendono idea di un comportamento stagionale stabile degli archivi e non mostrano una variabilità particolare in nessuno dei mesi rilevati da novembre 2009 a maggio 2013.

La strategia da attuare in tema di conservazione non può prescindere dalla conoscenza della reale consistenza complessiva del materiale da trattare, qualunque sia il suo destino.

Per valutare questo dato occorre la caratterizzazione delle pellicole. Il riconoscimento avviene principalmente per identificazione diretta (indicazioni della fabbrica sulla pellicola, *notch codes*), per esclusione in base agli anni di produzione e con metodi empirici (test di combustione, test di galleggiamento, test alla difenilammina), ai quali preferiamo, per motivi di sicurezza e di rigore scientifico, l'analisi spettrofotometrica nell'infrarosso con trasformata di Fourier (Ft-IR), tecnica analitica (generalmente microdistruttiva) fondamentale nel riconoscimento delle sostanze organiche, che può anche essere svolta in modalità non distruttiva (ATR, micro Ft-IR).

Questa indagine identifica i gruppi funzionali ed i legami che costituiscono le molecole organiche. Il confronto con materiali di riferimento permette l'identificazione della sostanza in esame.

Sono attualmente in corso contatti con l'Università della Tuscia al fine di stabilire accordi per l'esecuzione di tali analisi.

### Azioni da intraprendere

In generale, le pellicole in nitrato di cellulosa devono essere duplicate prioritariamente, poiché il loro deterioramento è inarrestabile e relativamente veloce rispetto a quello degli altri tipi di pellicole. Nel caso si scelga di conservarle, occorre che la temperatura sia più bassa possibile (anche sotto lo zero) per rallentare al massimo la cinetica di decomposizione ed assorbire il calore della reazione. Anche se viene scelta la conservazione a bassa temperatura, è strettamente necessario monitorare il materiale più volte in un anno per verificare le modifiche nello stesso e prendere i dovuti provvedimenti. Nell'immediato, il materiale deve essere riposto preferibilmente avvolto in buste di carta conservativa: queste funzionano da strato di sacrificio, assorbendo i prodotti di reazione e sottraendoli al processo degradativo, almeno in piccola parte.

Come detto in precedenza, i nitrati di cellulosa devono essere separati dagli altri materiali fotografici e andranno collocati in un locale che dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- buona ventilazione;
- Temperatura il più possibile contenuta nei valori assoluti e nelle oscillazioni;
- Umidità Relativa non troppo alta;
- assenza di strumentazioni che possano, anche accidentalmente, emettere scintille;
- presenza di rilevatore di fumi.