

La conservazione preventiva delle collezioni geopaleontologiche

Letizia Del Favero

Museo di Geologia e Paleontologia, Dipartimento di Geoscienze - Università degli Studi di Padova, via Giotto, 1. I-35121 Padova.
E-mail: letizia.delfavero@unipd.it

RIASSUNTO

Scopo del presente contributo è illustrare alcuni aspetti della conservazione preventiva delle collezioni geopaleontologiche, esaminando i più importanti agenti di deterioramento ed i potenziali danni che questi possono arrecare ai reperti. Vengono inoltre indicati i valori consigliati dei parametri ambientali (temperatura, umidità relativa, illuminazione) ed illustrate alcune semplici strategie per minimizzare i rischi correlati all'inadeguata conservazione.

Parole chiave:

collezioni geopaleontologiche, agenti di deterioramento, conservazione preventiva.

ABSTRACT

The preventive conservation of geological and palaeontological collections.

Museum collections and their associated information have to be safely accessible and have to be preserved for future generations. Preventive conservation consists in non-interventive actions taken to prevent the deterioration of museum objects; its role is to block, avoid or minimize chemical and physical damage caused by a variety of agents of deterioration. Such agents work occasionally ("catastrophically") or, more frequently, on a daily basis, damaging objects imperceptibly but continuously. Preventive conservation includes several activities, namely monitoring and control of the environment surrounding the collections (temperature, relative humidity, light and air pollution), and properly moving, handling and packing museum objects. In the present paper the main agents of deterioration are described, and some measures to prevent or minimize the damage are illustrated.

Key words:

geological and palaeontological collections, agents of deterioration, preventive conservation.

PREMESSA

Uno degli scopi dei musei, che siano musei naturalistici o meno, è garantire la conservazione degli oggetti musealizzati e di tutte le informazioni relative ad ognuno di essi (ICOM, 2006).

Ciò implica molto più della salvaguardia dell'integrità fisica delle collezioni; vanno preservate anche una serie di informazioni, legate ai beni stessi e alla loro storia, che costituiscono parte integrante del loro valore scientifico e museale. Nel caso dei fossili, ad esempio, è fondamentale mantenere tutti i dati relativi allo scavo (o al ritrovamento) dei reperti, tutti i dati relativi agli studi dei quali i reperti sono stati oggetto e anche tutte le informazioni relative

agli eventuali interventi di conservazione e restauro effettuati (Borselli et al., 1999). Tuttavia preservare l'integrità del patrimonio museale resta un obiettivo irrinunciabile e per ottenerlo la conservazione preventiva rappresenta lo strumento principale.

Scopo del presente contributo è approfondire in particolare i metodi per prevenire i danni dovuti a parametri climatici inadeguati, illuminazione, inquinamento e shock meccanici. Si noti che molte delle procedure descritte di seguito sono applicabili non solo ai reperti geopaleontologici, ma, debitamente adattate, anche ad altri beni naturalistici e non.

DEFINIZIONE DI CONSERVAZIONE PREVENTIVA

Per conservazione preventiva si intende "l'azione intrapresa per ritardare o prevenire il deterioramento o i danni che i beni culturali possono subire, per mezzo del controllo dell'ambiente e/o il trattamento delle loro strutture al fine di mantenere i beni stessi il più possibile in uno stato di stabilità" (Périer-D'leteren, 1995) o, semplificando, l'insieme

di procedure/protocolli che prevedono interventi perlopiù indiretti sui reperti, volti a prolungarne la durata, mantenendone stabili nel tempo le condizioni chimico-fisiche (Johnson & Burke, 1999). Il ruolo della conservazione preventiva è dunque quello di prevenire, bloccare o comunque minimizza-

re il deterioramento degli oggetti musealizzati, limitandone tanto l'impercettibile ma continua alterazione quotidiana, quanto i danni correlati ad occasionali eventi più catastrofici. Ad esempio costituiscono parte integrante della conservazione preventiva il monitoraggio e controllo dei parametri climatici (temperatura e umidità relativa), dell'illuminazione, degli agenti inquinanti e infestanti, la prevenzione degli shock meccanici e così via (Knapp, 1993; Johnson & Burke, 1999). Vale veramente la pena di investire tempo e denaro nella conservazione preventiva. Infatti l'inadeguata conservazione è tra i principali responsabili del danneggiamento, anche irreversibile, dei reperti e molti interventi di restauro potrebbero essere evitati semplicemente adottando un protocollo di conservazione adeguato. Inoltre si tenga presente che il restauro è vanificato se il reperto restaurato viene riposto esattamente nelle stesse condizioni che ne hanno provocato il degrado, come purtroppo avviene spesso. Per questo motivo la conservazione preventiva non deve essere uno sforzo isolato, ma un'attività costante ("Museum preservation is an ongoing process, not a one-time effort", Johnson & Burke, 1999).

Sarebbe riduttivo pensare che le attività di conservazione preventiva debbano essere condotte solo dai tecnici addetti alle collezioni. Nella prevenzione rientrano anche i protocolli di manipolazione e imballaggio dei reperti e le procedure di pulizia e manutenzione dei locali (PPT, 1990; Knapp, 1993; Guichen, 1995; Johnson & Burke, 1999; Scottish Museums Council, 2001). Devono allora essere necessariamente coinvolte tutte le persone che, in un modo o nell'altro, hanno a che fare con le collezioni: dai conservatori agli studiosi, dai custodi agli addetti alle pulizie, fino al pubblico. Molto spesso la conservazione preventiva consiste nell'attuare procedure che sono legate più al buon senso che all'utiliz-

zo di attrezzature complicate e costose; per questo un ruolo fondamentale è rivestito dalla formazione del personale e dalle informazioni che devono essere fornite a tutti coloro che accedono, a qualsiasi livello e a qualsiasi titolo, alle collezioni.

Che la conservazione preventiva sia una pratica irrinunciabile è sancito anche nel "Code of Ethics for museums" (ICOM, 2006) e nell' "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)" (D.M. 25.7.2000, D.M. 10.5.2001). Quest'ultimo, in seguito citato come MiBAC (2000), è in assoluto uno dei documenti più importanti tra quelli riguardanti i Beni Culturali e i musei italiani. Nell'Ambito VI, dedicato alla gestione e cura delle collezioni, viene detto in maniera esplicita che "...devono essere osservati precisi criteri di conservazione preventiva..." e "...il museo deve programmare gli interventi di conservazione e restauro...". Nello stesso documento (Ambito VI, Sottoambiente 1) vengono fornite anche le linee guida per la conservazione preventiva delle collezioni: si tratta di indicazioni molto precise, relative a numerosissimi parametri ambientali, quali temperatura, umidità, illuminazione, presenza di inquinanti e così via.

Purtroppo le linee guida dettate dal MiBAC non sempre soddisfano appieno le esigenze delle collezioni geopaleontologiche. Ad esempio il documento ministeriale non tiene nella dovuta considerazione le esigenze di quei reperti che gli Autori anglosassoni definiscono "environmental sensitive", e di quei fossili e rocce che contengono minerali sensibili alla luce. In questi casi vengono in aiuto le indicazioni fornite da altre autorevoli istituzioni, frutto di ricerche nell'ambito specifico della conservazione del materiale geopaleontologico. Tra gli organismi più attivi in questo campo si segnalano il Geological Curation Group (UK), il Canadian Conservation Institute (Canada) e il National Park Service (USA).

AGENTI DI DETERIORAMENTO

Gli agenti di deterioramento sono "forze" che agiscono sugli oggetti causando modificazioni, ovvero danni, di tipo chimico e/o fisico.

Gli operatori museali dovrebbero sviluppare una sorta di "occhio clinico", che permetta di cogliere queste variazioni nelle condizioni dei reperti, proprio come se fossero dei "sintomi" o dei segnali di sofferenza, mettendole in relazione con la causa che le ha provocate (Johnson, 1999a; Johnson & Burke, 1999).

I principali agenti di deterioramento sono:

- umidità relativa inadeguata
- temperatura inadeguata
- radiazioni luminose
- inquinamento
- shock meccanici
- agenti infestanti
- acqua.

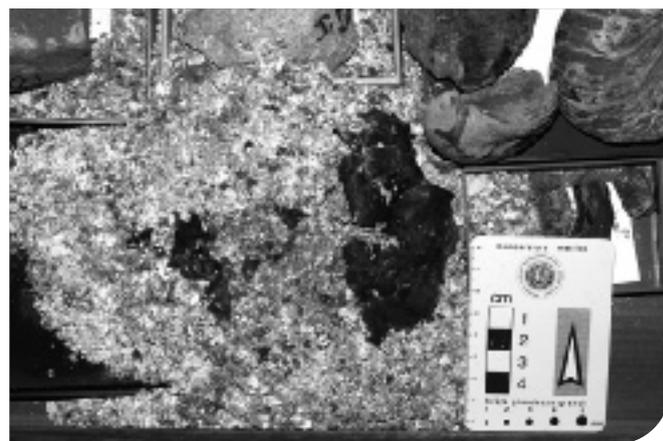


Fig. 1. Un'ammonite distrutta a causa dell'alterazione della pirite (Museo di Geologia e Paleontologia, Università di Padova). Foto S. Castelli.

A questi si aggiungono inoltre incendio e azioni intenzionali (furto e atti vandalici) o casuali (incuria, imperizia) (vedere ad es. Shelton, 1994; Johnson, 1999a; Johnson & Burke, 1999).

Le strategie generali per contrastare gli agenti di deterioramento possono essere riassunte sostanzialmente in tre punti, solo in apparenza banali: 1) rimuovere (o controllare) l'agente di deterioramento; 2) creare

una barriera tra l'agente di deterioramento e il reperto; 3) spostare il reperto in una collocazione differente (Smith, 1987). Quest'ultima soluzione è solitamente una procedura di emergenza, da attuare quando non ci siano altre soluzioni a portata di mano, ma in alcuni casi (ad esempio quello di reperti con fotosensibilità molto elevata) può entrare nella routine della conservazione preventiva.

I RISCHI PER LE COLLEZIONI

Al fine di definire con precisione le linee guida per la corretta conservazione dei reperti occorre identificare non solo quali siano gli agenti di deterioramento, ma anche e soprattutto quantificare i potenziali rischi per le collezioni: questi sono correlati tanto agli agenti di deterioramento quanto ad altri fattori, quali la natura specifica dei reperti e la loro collocazione all'interno del museo. Il rischio, infatti, consiste nel prodotto di due fattori: la probabilità che si verifichi un danno (dovuto all'agente di deterioramento) e la gravità del danno stesso. Inoltre non si deve dimenticare che spesso ad un agente di deterioramento possono essere associati, oltre al rischio principale, anche dei rischi collaterali che non vanno assolutamente

sottovalutati. A tale proposito un esempio è quello dell'incendio. Il rischio principale è, intuitivamente, la combustione: bruciano locali, arredi e documenti, ma difficilmente la combustione danneggia rocce e fossili, a meno che non si tratti di ligniti, scisti bituminosi e simili. Al rischio principale, in definitiva piuttosto limitato, si associano però almeno tre rischi collaterali ben più preoccupanti: l'effetto del calore, l'azione del fumo sviluppato dall'incendio, che può contenere sostanze inquinanti derivate dalla combustione degli arredi, e le sostanze che vengono utilizzate per spegnere il fuoco, prima fra tutte l'acqua, che possono danneggiare irrimediabilmente i reperti (Simmons & Muñoz-Saba, 2003).

I PARAMETRI DI CONSERVAZIONE PER LE COLLEZIONI GEOPALEONTOLOGICHE

Qui di seguito vengono trattati i principali agenti di deterioramento e le strategie di conservazione preventiva atte a contrastarli.

Temperatura e umidità relativa

La temperatura (T) e l'umidità relativa (UR) sono due parametri indissolubilmente legati fra loro; infatti l'umidità relativa viene definita come il rapporto (espresso in percentuale) fra la quantità di vapore acqueo contenuto in un certo volume di aria, ad una data temperatura, e la quantità massima di vapore saturo che quel volume di aria potrebbe contenere, alla stessa temperatura. Ne consegue che se fluttua la temperatura fluttuerà anche l'umidità relativa, in maniera inversamente proporzionale.

Come sottolineato anche nel già citato "Atto di indirizzo..." del MiBAC (2000) è molto difficile definire in via assoluta i parametri ambientali per la corretta conservazione dei reperti. Pertanto, i valori indicati nel presente articolo vanno considerati come orientativi e senz'altro desiderabili, ma non dogmi. Infatti è necessario analizzare di volta in volta la "storia" del clima al quale il reperto è stato esposto, valutando se le sue condizioni siano stabili o meno. Solo nel secondo caso bisognerà predisporre misure adeguate, poiché più un reperto è deteriorato e più esso è sensibile agli agenti di deterioramento ("effetto valanga": Biasiotti, 1998). Al contrario, se il reperto si è stabiliz-

zato, cioè risulta essere in condizioni soddisfacenti anche dopo una lunga permanenza in un ambiente non propriamente ottimale, è meglio non intervenire affatto, oppure fare in modo che le modificazioni ambientali siano il più possibile gradualità.

Tra gli effetti della temperatura troppo elevata va ricordato soprattutto l'incremento della velocità delle reazioni chimiche (ad un incremento di 10°C corrisponde il raddoppio della velocità di molte reazioni) e di ciò si deve tenere conto quando i reperti sono potenzialmente esposti a fenomeni di ossidazione, corrosione e così via (Brunton et al. 1985; Johnson, 1999a). Inoltre ad elevate temperature molti materiali si rammolliscono: ad esempio l'asfalto che impregna i fossili del famoso giacimento pleistocenico di Rancho La Brea (USA) tende a fluidificarsi fino a dare, nei casi peggiori, vero e proprio gocciolamento. Bisogna tenere presente anche la sensibilità al calore di molti prodotti usati per consolidare la superficie dei reperti, o per incollarli, o per integrare le parti mancanti (Borselli et al., 1999). Infine non si deve sottovalutare che all'aumentare della temperatura aumenta anche l'attività biologica di insetti, muffe e parassiti vari e, se da un lato è vero che difficilmente rocce e fossili ne subiscono l'attacco, è anche vero che questi infestanti possono danneggiare gli arredi, i supporti e la documentazione cartacea allegata ai reperti. Le temperature troppo basse non creano grossi pro-

blemi per le collezioni geopaleontologiche, a parte il fatto che al diminuire della temperatura tende ad aumentare l'umidità relativa (Brunton et al. 1985; Johnson, 1999a).

Le fluttuazioni di temperatura vanno evitate il più possibile, onde evitare le correlate fluttuazioni di umidità relativa.

I valori di temperatura consigliati sono compresi tra i 18 e i 22°C (Stolow, 1977; Brunton et al. 1985; Johnson, 1999a; Scottish Museums Council, 1995a). A dire il vero l'intervallo di temperatura accettabile, anche se non ottimale, è un po' più ampio: è tollerabile arrivare fino a 24-25°C, soprattutto durante la stagione estiva, per garantire anche il comfort ambientale alle persone, evitando eccessiva escursione termica fra l'interno e l'esterno dell'edificio. Al contrario, in quei locali dove non c'è permanenza di persone (ad esempio nei magazzini), la temperatura può essere mantenuta anche intorno a valori sensibilmente più bassi di quelli sopra elencati, vale a dire che può scendere a 15-16°C (comunque mai sotto i 10°C), a patto che contestualmente vi sia un controllo molto attento dell'umidità relativa. Abbassare la temperatura comporta sostanzialmente due vantaggi: un risparmio energetico e la diminuzione della velocità delle reazioni chimiche. Secondo Collins (1995) le rocce argillose ad elevato contenuto di smectiti e/o illiti, e di conseguenza i fossili inglobati in matrice della stessa natura, andrebbero sempre mantenute a temperature inferiori ai 20°C e ad umidità relativa tra il 30% e il 50%, per limitare l'assorbimento di umidità che è alla base del fenomeno di delaminazione dei campioni.

Il materiale geopaleontologico può essere suscettibile di diverse modificazioni strettamente correlate all'umidità relativa. Essa gioca un ruolo fondamentale nei processi di ossidazione e corrosione di alcuni minerali e nei processi di idratazione/disidratazione, che includono anche efflorescenza, deliquescenza e idrolisi (Brunton et al., 1985; Waller, 1992), ma provocano più in generale instabilità dimensionale e deformazione dei materiali igroscopici (Johnson, 1999a).

Tra i fenomeni più noti di ossidazione va senz'altro citato quello della pirite, noto anche come *pyrite disease*, *pyrite decay* o *pyrite rot* (Howie, 1992). La pirite è un solfuro di ferro piuttosto comune nei fossili e la sua alterazione in presenza di elevata umidità è un processo spesso repentino, altamente distruttivo e autoalimentante, che una volta iniziato è irreversibile, e può portare alla completa distruzione del reperto (figure 1 e 2). L'alterazione si manifesta con la comparsa di aree pulverulente, di colore giallognolo o grigiastro e dal caratteristico odore di zolfo. Spesso il processo avanza all'interno del fossile, facendolo collassare e i danni possono estendersi anche ai supporti e agli arredi (Brunton et al., 1985). La correlazione tra l'alterazione della pirite

l'umidità relativa elevata è ormai comprovata e il controllo stretto di questo parametro ambientale sembra essere di fondamentale importanza per la conservazione dei fossili e dei campioni di roccia contenenti pirite (Howie, 1992; Waller, 1992; Shelton, 1994; Newman, 1998).

L'umidità relativa elevata, inoltre, può "gonfiare" materiali come le ligniti, le argilliti e le ialoclastiti, provocando nei campioni la deformazione, la comparsa di crepe o l'espansione di crepe già esistenti. Infine l'umidità troppo elevata può esacerbare fenomeni ad eziologia mista, come il "morbo di Byne" (*Byne's disease*) che attacca il carbonato di calcio ed è dovuto all'azione di acidi (acetico, formico) sprigionati dai materiali posti a contatto coi campioni, quali cartone, legno e sughero (vedere avanti al paragrafo dedicato agli inquinanti) (Brunton et al., 1985; Shelton, 1999; Bradley, 2000; Morten, 2001). Infine l'umidità relativa elevata favorisce l'azione degli agenti infestanti.

Se l'umidità relativa è troppo bassa alcuni minerali, come ad esempio l'opale, tendono a screpolarsi (Waller, 1992), altri materiali si contraggono, si deformano, si crepano o, nei casi più gravi, diventano fragilissimi e tendono a fratturarsi. Tra i beni paleontologici più soggetti a questo tipo di danni si ricordano senz'altro le ossa subfossili (Doyle, 1987; Shelton, 1994; Shelton & Johnson, 1995; Hall, 1998) e le resine fossili, quali l'ambra e il copale (Shelton, 1994; Collinson, 1995; Howie, 1995). Problemi più o meno gravi si hanno talvolta col materiale paleobotanico, quando è preservata parte della materia organica, che in condizioni di bassa umidità relativa tende a delaminarsi e "sfogliarsi", separandosi dalla matrice rocciosa, a causa del differente tasso di disseccamento dei due materiali (Collinson, 1987, 1995). Dopo la raccolta gli esemplari di questo tipo devono essere fatti disseccare molto lentamente e alla fine vanno mantenuti al 45-50% circa di umidità relativa (Collinson, 1987).

Le fluttuazioni repentine e ripetute di umidità relativa sono sempre da evitare, soprattutto perché producono variazioni dimensionali dei reperti: tra i materiali più esposti troviamo quelli argillosi e le rocce e i fossili contenenti gesso o anidrite, oltre alle già citate ossa subfossili (Shelton, 1994).

Il valore consigliato di umidità relativa è pari al 45% \pm 5% (Stolow, 1977; Brunton et al., 1985; Read, 1994; Johnson, 1999a; Scottish Museums Council, 1995a). La variazione massima di umidità relativa consigliata è del \pm 3% in un'ora e del 4-5% nelle 24h (Read, 1994). Esistono però tra i fossili alcune eccezioni: i reperti subfossili richiedono preferibilmente un tasso di UR leggermente più alto del normale, fino al 60% (Doyle, 1987; Shelton & Johnson, 1995), così come vanno mantenuti a UR relativamente elevata i campioni di fondale marino/oceanico (Brunton et al., 1985). Al contrario i fossili piritizzati necessitano di

conservazione "secca", con valori di UR non superiori al 30% (Read, 1994; Johnson, 1999a; Scottish Museums Council, 1995a).

Contrastare i parametri climatici inadeguati

Per contrastare livelli inadeguati di temperatura e umidità relativa si può operare su due fronti: su vasta scala, migliorando l'isolamento dell'edificio e climatizzando i locali, oppure su piccola scala, creando microclimi stabili. È evidente che nel primo caso si tratta di interventi molto impegnativi, che richiedono notevoli investimenti economici e la consulenza di professionisti. Al contrario la creazione di microclimi idonei e stabili è un'operazione relativamente accessibile, che può rientrare nella pratica quotidiana, soprattutto per quanto riguarda esemplari o collezioni che richiedono condizioni "speciali".

Un microambiente è uno spazio di dimensioni limitate nel quale i parametri ambientali vengono mantenuti ad un livello diverso rispetto ai locali circostanti. Possiamo considerare microambienti una singola stanza, un armadio o, al limite, una scatola (Johnson, 1999a). Esistono vari modi di creare un microclima stabile, soprattutto dal punto di vista dell'umidità relativa; qui di seguito tralascierò volutamente soluzioni facili ma costose, come quella di acquistare vetrine climatizzate, focalizzando l'attenzione su soluzioni più semplici ed economiche. La cosa più importante è scegliere il "contenitore" in modo da tamponare il più possibile le variazioni di temperatura e umidità relativa che si verificano esternamente ad esso. Per quanto concerne gli armadi il legno garantisce un miglior isolamento rispetto al metallo, al quale pertanto è preferibile; esemplari singoli o piccole collezioni si possono riporre in scatole: le più adatte sono quelle a chiusura ermetica, di polietilene (del tipo per alimenti), mentre reperti di grandi dimensioni si possono chiudere in sacchi di vari materiali, anche realizzati su misura (Scottish Museums Council, 1995a, 2003c). A tale proposito può essere utile dotarsi di strumenti per la saldatura a caldo, come le saldatrici da banco usate anche nella conservazione del materiale archivistico e librario. Questi strumenti sono in grado di saldare assieme fogli di spessori variabili e di diversi materiali, tra i quali i più usati sono il polietilene e il Marvelseal® (quest'ultimo è un accoppiato di alluminio e polietilene). Questi materiali sono stati usati con discreto successo per produrre una sorta di capottine per armadi, che migliorano il mantenimento del microclima all'interno degli armadi stessi (Robinson, 1993; Doyle, 2000).

Negli armadi e nelle scatole si possono inoltre adottare sistemi di condizionamento passivo dell'umidità, utilizzando prodotti quali il gel di silice o l'Art Sorb®. Il primo è notoriamente una sostanza inerte dotata di notevoli proprietà igroscopiche, che può essere rigenerata, e quindi riutilizzata, più volte.

In commercio esiste gel di silice colorato, più costoso del comune gel di silice senza indicatore, che vira da giallo a marrone quando è saturo. Bennet (1999) suggerisce di mescolare normale gel di silice a quello con indicatore al fine di ottenere un consistente risparmio economico. Il gel di silice va sistemato dentro a contenitori idonei, per minimizzare il rischio di contaminazione dei reperti e i rischi per la salute degli operatori (vedere le schede tecniche del prodotto). I contenitori, se non già presenti negli armadi sotto forma di appositi scompartimenti o vassoi, possono essere semplici scatole o sacchetti di tessuto-non-tessuto tipo Tyvek® (si veda Bennet, 1999). L'Art Sorb® è un prodotto a base di gel di silice e cloruro di litio, che funziona da vero e proprio scambiatore, assorbendo e cedendo umidità all'ambiente circostante. Come stabilizzatore è senz'altro più valido del gel di silice, inoltre il suo intervallo di massima efficacia lo rende decisamente più adatto nella maggior parte dei casi. Infatti la massima efficienza dell'Art Sorb® si ha ad umidità relativa compresa tra il 40% e il 75% circa, mentre il gel di silice è più efficace ad umidità relative inferiori al 40% e superiori al 75% (Waller, 1998; vedere inoltre il sito del Centre de Conservation Québec: <http://preservart.cccq.mcc.gouv.qc.ca/ProduitFiche.aspx?NoProduit=P0107>).

L'Art Sorb® si trova in commercio sotto forma di panetti o fogli ritagliabili, preconizionato a diversi valori di UR. La quantità indicativa di Art Sorb® da utilizzare va determinata di volta in volta, in quanto è correlata a numerosi fattori, quali volume da climatizzare, differenza di UR tra il microambiente e l'ambiente circostante, efficacia dell'isolamento termico del contenitore, eccetera. Alcune indicazioni generali vengono di regola fornite nelle schede tecniche allegate al prodotto. Oltre a tutto ciò si deve tenere conto del fatto che nei locali, e di conseguenza anche nei singoli armadi e vetrine, la temperatura e l'umidità relativa variano notevolmente a causa di tutta una serie di altri fattori, tra i quali i più rilevanti sono l'illuminazione intensa (si pensi che più del 90% dell'energia assorbita da una comune lampadina al tungsteno da 100 Watt viene trasformata in calore, vedere ad esempio Thomson, 1994), la vicinanza di termosifoni, l'insolazione diretta e la presenza di pubblico (Scottish Museums Council, 1995a). In questi casi le strategie adottabili consistono, a parte nella modifica degli impianti, nello spostare altrove i reperti, nell'uso di tendaggi pesanti e nell'attivazione di "norme procedurali", come ad esempio tenere il più possibile chiuse le porte, le finestre e gli armadi stessi, nonché invitare i visitatori a depositare al guardaroba cappotti e ombrelli bagnati e più in genere limitare allo stretto necessario la presenza di persone nei depositi (Cumberland & Floray, 2001).

Radiazioni luminose

È un luogo comune piuttosto diffuso che le rocce e i

fossili siano poco o nulla esposti ai danni derivanti da eccessiva esposizione alla luce. In realtà l'energia luminosa ha effetti deleteri anche su questo tipo di reperti, in misura diversa a seconda della composizione dei medesimi. Va ricordato, inoltre, che la luce può comunque sbiadire la documentazione cartacea allegata alle collezioni e deteriorare alcuni materiali usati nella preparazione, restauro e replica dei fossili, come ad esempio le matrici in gomma siliconica. Tra i casi più comuni troviamo l'alterazione di alcune resine (che ingialliscono o si scuriscono), la perdita di adesione dei collanti usati nelle sezioni sottili e l'alterazione delle matrici siliconiche dei calchi (Brunton et al., 1985; Shelton, 1994). Il danno potenziale derivante dall'eccesso di illuminazione, oltre che essere correlato alla composizione del reperto, dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione (minore è la lunghezza d'onda e maggiore è il danno causato) ed è direttamente proporzionale all'intensità della fonte luminosa e alla durata dell'esposizione, in quanto l'effetto fotochimico della radiazione è cumulativo ("legge di reciprocità": Thomson, 1994; Johnson, 1999a). L'illuminamento si misura in lux, essendo il lux l'unità di misura del flusso luminoso incidente sull'unità di superficie.

Nelle linee guida del MiBAC (Ambito VI, Sottoambito 1, paragrafo 2.10) i reperti museali vengono suddivisi in quattro categorie di fotosensibilità, dove alla categoria 1 corrisponde una fotosensibilità molto bassa e alla categoria 4 corrisponde una fotosensibilità molto elevata. Le rocce e i fossili vengono assegnati alla categoria di fotosensibilità più bassa (categoria 1), per la quale non è stabilito un limite massimo di illuminamento assoluto (che può essere anche superiore a 300 lux "...ma con limitazione sugli effetti termici ..."), e quindi non è stato definito nemmeno un limite alla dose annuale di luce. In poche parole nel documento ministeriale i reperti geopaleontologici vengono considerati "relativamente insensibili alla luce", non tenendo conto di alcune importanti eccezioni. La prima è costituita da rocce contenenti minerali che possono virare di colore, anche irreversibilmente, se esposti alla luce, come ad esempio il cinabro rosso (che diventa metacinnabarite nera) e la vivianite (che da bianca diventa azzurra o turchina); tra i fossili si ricorda l'ambra dominicana, che vira dal rosso al giallo dopo poche ore di esposizione alla luce solare (Howie, 1995). Alcuni minerali, se esposti alla luce, tendono addirittura a polverizzarsi, come avviene per il realgar, che diventa polvere di orpimento. Un'altra importante eccezione è costituita da rocce e fossili contenenti minerali particolarmente instabili, ad esempio la pirite, le cui reazioni di alterazione sono amplificate e accelerate dall'energia luminosa (Brunton et al., 1985; Nassau, 1992). In tutti questi casi i reperti vanno considerati di fotosensibilità alta (categoria 3: limite di illuminamento 50 lux e dose annua massima



Fig. 2. Effetti dell'alterazione della pirite in una collezione di gasteropodi fossili (Museum für Naturkunde, Università Humboldt di Berlino). Foto R. Gatto.

150.000 lux ora/anno) o addirittura molto alta (categoria 4: limite di illuminamento 50 lux e dose annua massima 50.000 lux ora/anno) (Nassau, 1992; Read, 1994). Una lista molto dettagliata dei minerali più sensibili è data da Nassau (1992).

Sempre e comunque vanno limitate la radiazione infrarossa (IR), che apporta calore, e la radiazione UV, che è una radiazione ad alta energia (piccola lunghezza d'onda) e quindi attiva o accelera le reazioni chimiche (Thomson, 1994; Scottish Museums Council, 1995b; Johnson, 1999a); per quanto riguarda la radiazione UV si consiglia di osservare le disposizioni fornite dal MiBAC (paragrafo 2.13) relativamente alle categorie 2-4 di fotosensibilità.

Proteggere dalla luce

Per limitare i danni dovuti alla luce è necessario in primo luogo ridurre l'intensità e la durata dell'illuminazione al minimo necessario. Nei locali adibiti a deposito la cosa più appropriata è conservare i reperti in mobili chiusi, o comunque contenitori opachi, mentre nelle aree espositive è necessario mantenere l'illuminazione solo durante l'orario di apertura, o addirittura dotare le sale di sensori che accendano le luci solo quando vi entrano i visitatori (Thomson, 1994; Johnson, 1999a).

L'illuminazione può essere naturale, artificiale o mista. La luce naturale possiede un'elevata frazione di radiazione UV e deve quindi essere necessariamente filtrata o talora schermata del tutto. Nel primo caso ciò si attua applicando pellicole o vernici filtranti (vedere ad esempio Scottish Museums Council, 1995b; Johnson, 1999a; Pereira & Wolf, 2001), nel secondo facendo uso di tendaggi più o meno pesanti, che hanno anche il vantaggio di ridurre l'abbagliamento che colpisce quando si guardano oggetti esposti sulla stessa parete delle finestre (Thomson, 1994; Biasiotti, 1998).

La scelta dell'illuminazione artificiale dovrebbe necessariamente ricadere su impianti che permettano di controllare la luce qualitativamente (lampade a bassa emissione di UV e IR) e quantitativamente (dispositivi per la programmazione dell'intensità e della durata dell'illuminazione), con luci che non sprigionino calore e garantiscano una buona resa cromatica degli oggetti esposti (Biasiotti, 1998). In ogni caso è opportuno avvalersi dell'aiuto di esperti di illuminotecnica. L'ultimo accorgimento consiste nell'esporre a rotazione reperti dello stesso tipo, in modo da distribuire la dose annuale di luce su più esemplari minimizzando i danni, oppure ancora nel non esporre affatto quelli più delicati, sostituendoli con copie (Nassau, 1992).

Inquinanti

La forma di inquinamento più frequente nei musei è senz'altro l'accumulo di polvere e sporcizia, che si depositano soprattutto sui reperti che vengono custoditi privi di adeguate protezioni: scaffali aperti, scatole senza coperchio, involucri incompleti o rovinati o addirittura nessun involucro o scatola, soprattutto quando si tratta di reperti di grandi dimensioni. A ciò si aggiunge che talora i depositi si trovano in seminterrati e che spesso questi, oltre ad essere aree di stoccaggio delle collezioni museali, fungono da magazzini per innumerevoli altri oggetti, risultando troppo spesso ingombri e di difficile accesso. Inoltre la presenza solo occasionale di persone fa sì che i depositi vengano sovente "dimenticati" (Jaoul, 1995), che raramente siano dotati di apparecchiature per il controllo della qualità dell'aria e che le pulizie ordinarie avvengano meno frequentemente rispetto a quanto avviene negli altri locali: inesorabilmente la polvere si accumula. I danni legati alla presenza di polvere e sporcizia sono dovuti alle sostanze potenzialmente dannose che si depositano sui reperti, ma vi sono anche possibili danni legati alle tecniche di ripulitura (Brunton et al., 1985).

Per quanto riguarda gli inquinanti propriamente detti si devono considerare innanzitutto i noti inquinanti atmosferici e aerobiologici (si veda l'ampia trattazione data da Thompson, 1994). Le linee guida del MiBAC (2000) li trattano in maniera molto dettagliata, elencando i valori limite ammissibili per la concentrazione dei più noti inquinanti chimici aerodispersi (biossido di zolfo, biossido di azoto, ozono, particolato) e aerobiologici. Ma vi sono anche le sostanze potenzialmente dannose (prevalentemente acidi) che si sprigionano da alcuni arredi, dagli involucri cartacei e da alcune materie plastiche.

Purtroppo quest'ultimo aspetto nel documento del MiBAC (2000) viene solo accennato. In realtà questo tipo di inquinamento, che potremmo definire "endogeno" all'ambiente museale, è molto più diffuso di quanto non si pensi, perché le sostanze inquinanti vengono prodotte dagli arredi, dagli involucri, dai

contenitori e in generale da molti di quei materiali posti a stretto contatto coi reperti, talora usati al fine di proteggerli dagli urti. Le sostanze in questione sono generalmente la formaldeide, derivata soprattutto dai collanti usati in edilizia e nella costruzione dei mobili, e gli acidi organici (acetico e formico, spesso sotto forma di vapori) prodotti dall'idrolisi della cellulosa contenuta nel legno dei mobili, nel cartone delle scatole, nella carta delle etichette (soprattutto quelle antiche) e così via. Possono sprigionare sostanze inquinanti anche molte materie plastiche di uso comune (come il PVC) e altri prodotti come la gommapiuma, il cotone e la lana di cui è fatta l'ovatta "di stracci" (Brunton et al., 1985; Read, 1994; Scottish Museums Council, 1994a, 1994b; Shelton, 1994; Tétreault, 1994; Shelton 1999; Johnson, 1999a; Bradley, 2000; Morten, 2001; Tétreault, 2003).

Questo tipo di inquinamento è di straordinaria importanza, poiché è responsabile del famigerato *Byrne's disease* (che attacca le collezioni malacologiche) e di fenomeni analoghi che portano alla distruzione di molti reperti composti da carbonato di calcio: uova di uccelli, rocce e fossili di natura calcarea ecc. (Brunton et al., 1985; Shelton, 1994).

Gli acidi reagiscono col carbonato di calcio, trasformandolo in sali tipo calcite (cloroacetato di calcio) o simili (acetati e/o formati di calcio) (Brunton et al., 1985; Shelton, 1999; Morten, 2001). Questi tendono a cristallizzare sulla superficie del reperto, soprattutto in presenza di corrugamenti (es. ornamentazioni della conchiglia) e microfratture, formando una pellicola pulverulenta di colore bianco o anche veri e propri aggregati di cristalli. Un altro sintomo delle alterazioni è un pungente odore di aceto che si percepisce all'interno dei mobili.

I sali che si formano sono altamente igroscopici e la velocità con cui procede la reazione è direttamente proporzionale alla temperatura e all'umidità relativa. Quest'ultima, se è troppo elevata, agisce su due fronti: innanzitutto promuove l'alterazione chimica dei reperti, perché favorisce la formazione dei vapori acidi e quindi la veicolazione degli inquinanti nel microambiente (i sali di neoformazione, essendo igroscopici, tendono ad attirare i vapori), in secondo luogo l'assorbimento di umidità da parte dei sali può provocare l'aumento dimensionale dei cristalli facendo dilatare le microfratture (Shelton, 1999).

Minimizzare l'inquinamento

In linea generale gli esemplari dovrebbero essere conservati in contenitori chiusi, come scatole dotate di coperchio o sacchetti, a loro volta riposti in mobili ben chiusi e dotati di guarnizioni antipolvere; inoltre è molto importante curare la pulizia dei locali e la manutenzione dell'eventuale impianto di climatizzazione (PPT, 1990; Johnson, 1999a). Se si dispone di scaffalature aperte, invece che di mobili chiusi, è

utile prendere in considerazione l'eventualità di realizzare coperture delle quali ho già accennato precedentemente, come quelle descritte in Robinson (1993) e in Cumberland & Floray (2001).

I reperti dovrebbero essere posti a contatto solo con materiali molto stabili nel tempo e tendenzialmente atossici (Cumberland & Floray, 2001). Una buona regola empirica consiste nell'adottare, quando possibile, prodotti per uso alimentare o medico, che però hanno lo svantaggio di essere mediamente più costosi di altri articoli simili.

Tra i materiali considerati "sicuri" troviamo acciaio, alluminio, vetro, cotone, tessuto-non-tessuto tipo Tyvek®, Gore-Tex®, legni a pH elevato come il mogano, carta e cartone a basso tenore di lignina ("acid-free", vedere Kilby, 1995), polietilene, polipropilene, poliestere, perspex, sempre che non siano associati a vernici e collanti contenenti formaldeide e acido acetico, o prodotti di origine animale come la gommalacca (Brunton et al., 1985; Tétreault, 1993, 1994; Johnson, 1999a; Scottish Museums Council, 2003d).

Vanno invece evitati sostanze come PVC, poliuretano, lana, legni acidi quali ad esempio rovere, noce, castagno e tek, carta e cartone ad alto tenore di lignina e derivati della cellulosa in genere (Tétreault, 1993, 1994; Johnson, 1999a; Scottish Museums Council, 2003d). Per una trattazione esauriente dell'argomento si rimanda ai lavori di Tétreault (1993, 1994), nei quali viene esaminata la validità di un'ampia gamma di materiali usati nell'imballaggio, conservazione ed esposizione dei reperti museali.

Shock meccanici

Tutti i reperti museali sono, in diversa misura, suscettibili di danneggiamenti dovuti a shock meccanici. I danni vanno da lievi fessurazioni fino vere e proprie fratture, anche molto estese, alle quali si aggiungono graffi e scalfitture superficiali. Gli eventi sismici sono responsabili di shock meccanici molto intensi e, anche se tutto sommato si tratta di fenomeni sporadici, la prevenzione dei danni va affrontata insieme a specialisti nel settore dell'isolamento sismico. Più comunemente gli shock meccanici sono dovuti a vibrazioni continuate e ripetute, anche se relativamente poco intense. I principali responsabili delle vibrazioni sono i veicoli in movimento (autoveicoli, tram, metropolitana...) e i macchinari in locali attigui alle collezioni (ad esempio compressori dell'impianto di climatizzazione). Ma anche la conservazione degli oggetti in contenitori e mobili non adatti può essere fonte di vibrazioni. Infatti, i reperti contenuti in cassette sono molto esposti a rollio ripetuto, che diventa estremamente deleterio quando i cassette hanno un meccanismo di scorrimento obsoleto (guide di legno piuttosto che cuscinetti a sfera) o se i reperti stessi non sono collocati in scatole o supporti di misura e materiale adeguati. Le scatole troppo grandi non

impediscono il rollio, mentre quelle troppo piccole non offrono protezione alle parti sporgenti e, in corrispondenza dei bordi sui quali appoggiano i reperti, possono scalfirne la superficie. Particolare cura va rivolta a quei reperti la cui superficie si può graffiare con facilità, come i vetri delle sezioni sottili (Brunton et al., 1985).

Evitare gli shock meccanici

Conseguentemente a quanto detto sopra, è evidente che sarebbe consigliabile conservare le collezioni lontane da macchinari in funzione e in locali distanti da strade intensamente trafficate. I mobili in legno assorbono le vibrazioni mentre quelli metallici le amplificano, pertanto i primi sono preferibili (Brunton et al., 1985). Inoltre i cassette dovrebbero essere dotati di cuscinetti a sfera. Gli esemplari vanno collocati preferibilmente in singole scatole di dimensioni adatte, oppure, se si tratta di piccoli lotti, in scatole suddivise in scompartimenti. Le scatole dovrebbero essere sufficientemente robuste, dotate di coperchio e provviste di un'etichetta esterna ben visibile, riportante i dati salienti di ciò che contiene: quest'ultimo piccolo accorgimento limita allo stretto necessario la manipolazione delle scatole e quindi dei reperti. I reperti di grandi dimensioni si possono avvolgere in semplici fogli di polietilene a bolle ("bubble-pack"), mentre per esemplari particolarmente fragili e preziosi si possono realizzare cuscini su misura in schiuma di polietilene (tipo Plastazote® o Ethafoam®), utilizzando la tecnica del "cavity packing", o "cavity storage" (Clark, 1988; Bauer, 1993; Johnson, 1999b; Del Favero, 2003).

Le sezioni sottili vanno conservate in contenitori appositi e non nella stessa scatola del campione dal quale provengono, meglio se avvolte bustine di carta o polietilene (Brunton et al., 1985) per evitare che si graffino.

Altri rischi

Altri potenziali rischi per le collezioni derivano da infestazioni, dall'acqua e dal fuoco, oltre naturalmente ai rischi correlati all'attività umana.

Le infestazioni (muffe, insetti, roditori...) di regola non provocano danni diretti alle collezioni geopaleontologiche, ma possono deteriorare irreversibilmente gli arredi, i supporti e le etichette allegate ai reperti. Inoltre, quando le collezioni geopaleontologiche sono conservate assieme a collezioni zoologiche o botaniche, si deve tenere conto del rischio secondario legato alle sostanze usate per la disinfestazione, che potrebbero essere potenzialmente dannose anche per rocce e fossili (Brunton et al., 1985; Johnson, 1998). Controllo del microclima, pulizia dei locali e uso di scatole chiuse evitano, o comunque minimizzano, i danni derivanti dagli agenti infestanti. I danni causati dall'acqua sono intuitivi: se i reperti sono di materiali igroscopici (ossa subfossili, ligniti,

ialoclastiti ecc.) il deterioramento è perlopiù irreversibile; inoltre l'acqua può danneggiare le etichette e anche i contenitori e i supporti, che possono arrivare a collassare sotto il peso dei reperti, danneggiandoli. Il rischio di danni dovuti agli allagamenti è strettamente correlato alla localizzazione delle collezioni: è evidente che sono più esposte le collezioni situate nei magazzini seminterrati e, in misura minore, quelle ubicate ai piani terreni, soprattutto se i locali sono al di sotto del piano stradale. Nel primo caso c'è l'aggravante che i magazzini sono solitamente meno frequentati dei locali espositivi, quindi l'allarme rischia di venire dato tardivamente, quando i danni sono ormai irreparabili. Per prevenirli e minimizzarli sarebbe opportuno dotare i locali a rischio di sensori anti-allagamento collegati a un sistema di allarme. Inoltre la scelta dei mobili si rivela cruciale: armadi dotati di piedi metallici piuttosto alti possono proteggere i reperti da allagamenti di lieve o media entità. Se si considerano più genericamente i danni provocati dal contatto con acqua, si dovrà tenere conto dell'esistenza di eventuali impianti per lo spegnimento degli incendi, della presenza di tubazioni e condutture varie in prossimità delle collezioni e della disposizione delle finestre, che potrebbero aprirsi o rompersi in occasione di temporali particolarmente intensi. In questi casi, a parte sollecitare la tempestiva manutenzione degli impianti e degli infissi, può essere utile scegliere mobili con l'intera scocca metallica e conservare i reperti in scatole o sacchetti di materiale impermeabile, come ad esempio il polietilene. L'incendio rappresenta un pericolo non solo per le collezioni, ma anche per le strutture che le ospitano e soprattutto per le persone che vi accedono (operatori museali, lavoratori occasionali, visitatori...), pertanto le strategie volte alla prevenzione e al contenimento

L'IMPORTANZA DELLA DOCUMENTAZIONE

Un ruolo fondamentale nella conservazione è giocato dalla documentazione. Oggi è universalmente riconosciuta la necessità di documentare tutti gli aspetti della conservazione: tecniche e materiali usati, protocolli di conservazione adottati, informazioni sullo scavo e il recupero e via dicendo (Borselli et al., 1999; MiBAC, 2000; ICOM, 2006). Nel caso delle sostanze utilizzate esiste inoltre l'obbligo di legge di raccogliere e conservare le schede per la sicurezza, nelle quali sono elencate norme di stoccaggio, dispositivi di protezione individuale, frasi di rischio, procedure da adottare in caso di emergenza, modalità di smaltimento e altro ancora. Purtroppo non esiste ancora una scheda di conservazione (o restauro) standardizzata per i fossili e la gestione della documentazione è in mano alla buona volontà dei singoli.

Anche documentare il protocollo di conservazione adottato si rivela uno strumento particolarmente utile

del rischio sono strettamente normate e non verranno trattate in questa sede. Alcuni accorgimenti, dettati più che altro dal buon senso, possono comunque essere utili: le collezioni andrebbero conservate in locali adibiti esclusivamente a questo scopo, non insieme ad altri materiali infiammabili, come materiale di laboratorio, librario, archivistico eccetera (Cumberland & Floray, 2001); i reperti soggetti a combustione, quali ligniti, carboni fossili e scisti bituminosi, ma anche i fossili trattati con consolidanti potenzialmente infiammabili (ad esempio il PVA), dovrebbero essere collocati in armadi metallici piuttosto che in armadi di legno; infine in prossimità di reperti infiammabili si dovrebbe evitare l'uso di congegni in grado di produrre scintille.

Un ultimo agente di deterioramento è rappresentato dall'attività umana. Per prevenire i danni causati dall'imperizia e dall'incuria è fondamentale adottare corrette pratiche di manipolazione e movimentazione dei reperti. È opportuno istruire in proposito tutte le persone che si trovano a dover maneggiare gli esemplari, anche i ricercatori che esaminano le collezioni, mettendo a loro disposizione eventualmente gli strumenti appropriati. Anche in questo caso si tratta di usare perlopiù il buon senso, oltre che attenersi alle apposite norme che tutelano la sicurezza dei lavoratori. Per quanto riguarda la movimentazione di oggetti ingombranti e pesanti può essere necessaria la presenza di più operatori, oppure l'utilizzo di carrelli o simili (Johnson, 1999b). Infine per muoversi in sicurezza e per utilizzare carrelli e muletti bisognerebbe avere spazi di manovra adeguati, mentre troppo spesso i depositi dei musei sono ingombri di materiale e i passaggi ridotti a cunicoli e pertugi, costringendo gli operatori a equilibristici pericolosi per essi e per i reperti di cui si occupano.

ed efficace della conservazione preventiva (Umney, 1995). Per quanta attenzione si presti può succedere che qualche reperto si deteriori perché non adeguatamente mantenuto e conoscere i particolari della conservazione è fondamentale per capire che cosa "non ha funzionato".

Un altro tipo di documentazione è quella relativa ai monitoraggi periodici. Si tratta di un argomento estremamente vasto, che comprende la misura periodica dei parametri ambientali, degli agenti inquinanti e infestanti, dell'illuminazione e altro (MiBAC, 2000). Per avere un'idea delle modalità con cui procedere e degli strumenti da utilizzare si suggerisce di consultare Johnson (1998, 1999a), alcuni articoli dello Scottish Museums Council (1996, 2003a, 2003b, 2003c) e Thomson (1994).

RINGRAZIAMENTI

Sono molto grata a Mariagabriella Fornasiero (Museo di Geologia e Paleontologia, Università di Padova) e Roberto Gatto (Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova) per la lettura critica del manoscritto e i preziosi suggerimenti. Fausto Barbagli (Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, Sezione Zoologica "La Specola") ha il merito di avermi convinto a scrivere il presente lavoro, frutto del-

l'esperienza maturata durante un soggiorno di studio presso il Natural History Museum di Londra nell'ambito del Bioresource LSF Project, finanziato dal TMR Programme. Un ringraziamento particolare va a tutto lo staff della Palaeontology Conservation Unit di quel museo, per gli inestimabili insegnamenti e la calorosa accoglienza riservatami.

BIBLIOGRAFIA

- Bauer E., 1993. *Packing museum objects for shipment*. *Conserve O Gram*, 17 (2): 1-4, disponibile online http://www.cr.nps.gov/museum/publications/conserveogram/cons_toc.html
- Biasiotti A., 1998. *Arte sicura*. EDIS, Bologna, 253 pp.
- Bennet K. L., 1999. *Using silica gel in microenvironments*. *Conserve O Gram*, 1 (8): 1-4, disponibile online http://www.cr.nps.gov/museum/publications/conserveogram/cons_toc.html
- Borselli V., Confortini F., Dal Sasso C., Malzanni M., Muscio G., Paganoni A., Simonetto L., Teruzzi G., 1999. *Carta del restauro dei fossili*. *Museologia Scientifica*, 15 (1998): 215-226.
- Bradley S., 2000. *Appropriate standards for conservation*. In: Morten R. S. (ed.), *Third Indoor Air Quality Meeting. Presentation Abstracts and Additional Notes*, pp. 7-9, disponibile online: http://iaq.dk/iaq/iaq2000/2000_02.htm
- Brunton C. H. C., Besterman T. P., Cooper J. A. (eds.), 1985. *Guidelines for the curation of geological materials*. *Geological Society Miscellaneous Paper*, 17: 1-174.
- Clark T., 1988. *Storage supports for a basket collection: a Preventive Conservation Approach*. *Journal of American Institute for Conservation*, 27 (2): 87-99.
- Collins C., 1995. *Stability of shales and other mudrocks*. In: Collins C. (ed.), *Care and conservation of palaeontological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 53-58.
- Collinson M. E., 1987. *Special problems in the conservation of palaeobotanical material*. *The Geological Curator*, 1 (1986): 439-445.
- Collinson M. E., 1995. *Conservation and care of palaeobotanical material*. In: Collins C. (ed.), *Care and conservation of palaeontological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 31-46.
- Cumberland D., Floray S., 2001. *Chapter 7: Museum collection storage*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 37 pp., disponibile on line <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Del Favero L., 2003. *Preparazione di cuscini in schiuma di polietilene per reperti museali. La Curiosità e l'ingegno, supplemento a Progetto Bo: 10*, disponibile online http://www.musei.unipd.it/geologia/doc/preparazione_reperti.pdf
- Doyle A. M., 1987. *The conservation of sub-fossil bone*. *The Geological Curator*, 1 (1986): 463-465.
- Doyle A. M., 2000. *Managing a barrier-film "microclimate" enclosure*. *Poster 9th Symposium of Palaeontological Preparation and Conservation*, disponibile online http://www.nhm.ac.uk/research-curation/science-facilities/palaeo-conservation-unit/posters/plant_cabinet_poster.pdf, abstract disponibile online http://www.sopca.org/years/2000_ports_mouth/abstracts/abstractsae.html#203
- Guichen de G., 1995. *La conservation préventive: un changement profond de mentalité*. *ICOM-CC Study Series (1)*: 4-5.
- Hall K., 1998. *Storage concerns for geological collections*. *Conserve O Gram*, 11 (2), 4 pp.
- Howie F.M., 1992. *Pyrite and marcasite*. In: Howie F.M. (ed.), *Care and conservation of geological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 70-84.
- Howie F.M., 1995. *Aspects of conservations of fossil resins and lignitic material*. In: Collins C. (ed.), *Care and conservation of palaeontological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 47-53.
- ICOM, 2006. *ICOM code of ethics for museums*. 16 pp., disponibile online http://icom.museum/code2006_eng.pdf
- Jaoul M., 1995. *Conservation préventive: des reserves sous haute surveillance*. *ICOM-CC Study Series*, 1: 8-9.
- Johnson J. S., 1998. *Chapter 5: Biological infestations*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 8 pp., disponibile on line <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Johnson J. S., 1999a. *Chapter 4: Museum collections environment*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 52 pp., disponibile on line <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Johnson J. S., 1999b. *Chapter 6: Handling, packing, and shipping*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 30 pp., disponibile on line <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Johnson J. S., Burke M., 1999. *Chapter 3: Preservation: getting started*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 25 pp., disponibile on line <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Kilby V., 1995. *Buffered and unbuffered storage materials*. *Conserve O Gram*, 4 (9): 1-4, disponibile on line http://www.cr.nps.gov/museum/publications/conserveogram/cons_toc.html
- Knapp A. M., 1993. *Preservation of museum collections*. *Conserve O Gram*, 1 (1): 1-3, disponibile on line http://www.cr.nps.gov/museum/publications/conserveogram/cons_toc.html
- MiBAC, 2000. *Ministero per i Beni e le Attività Culturali: Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di fun-*

- zionamento e sviluppo dei musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998) - Elaborati del Gruppo di lavoro. D.M. 25.7.2000.
- MiBAC, 2001. Ministero per i Beni e le Attività Culturali: 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). D.M. 10.5.2001.
- Morten R. S., 2001. *Indoor air pollution in museums: an introduction to its effects, monitoring and control*. *Restauro*, 8 (2001): 613-619, disponibile online <http://iaq.dk/papers/restauro2001.htm>
- Nassau K., 1992. *Conserving light sensitive minerals and gems*. In: Howie F. M. (ed.), *Care and conservation of geological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 11-24.
- Newman A., 1998. *Pyrite oxidation and museums collections: a review of theory and conservation treatments*, *The Geological Curator*, 6 (10): 363-371.
- Pereira M., Wolf J. W., 2001. *Choosing UV-filtering windows films*. *Conserve O Gram*, 3 (10): 1-5, disponibile online http://www.cr.nps.gov/museum/publications/coserveogram/cons_toc.html
- Périer-D'leteren C., 1995. *What's a stake now in conservation-restoration*. *ICOM-CC Study Series*, 1: 2-3.
- PPT (Preservation and Protection Team), 1990. *Chapter 13: Museum housekeeping*. In: *US National Park Service, Museum Handbook part 1, US National Park Service, Washington D.C.*, 26 pp., disponibile online <http://www.cr.nps.gov/museum/publications/>
- Read F., 1994. *Preventive conservation*. *East Midlands Museums Service*, disponibile online <http://www.meaco.com/preventativeconservation.htm>
- Robinson K., 1993. *Creating a microclimate for oversized museum objects*. *Conserve O Gram*, 4 (4): 1-4.
- Scottish Museums Council, 1994a. *Air pollution*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 5 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/Factsheet_F_Air_pollution.pdf
- Scottish Museums Council, 1994b. *The effects of storage and display materials on museum objects*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 6 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/fs_storageeffects.pdf
- Scottish Museums Council, 1995a. *Temperature and humidity*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 7 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/fs_temphumidity_2.pdf
- Scottish Museums Council, 1995b. *Conservation and lighting*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 5 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/fs_cons_and_lighting.pdf
- Scottish Museums Council, 1996. *Monitoring the museum environment*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 7 pp.
- Scottish Museums Council, 2001. *What is collection care?*. *Scottish Museums Council Factsheet*, 5 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/fs_careofcollections.pdf
- Scottish Museums Council, 2003a. *What is environmental monitoring?*. *Scottish Museums Council Advice Factsheet*, 4 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/fs_enviromonitoring.pdf
- Scottish Museums Council, 2003b. *Monitoring light and UV radiation in museums*. *Scottish Museums Council Advice Sheets*, 4 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/as_monitoringlight.pdf
- Scottish Museums Council, 2003c. *Monitoring temperature and humidity in museums*. *Scottish Museums Council Advice Sheets*, 9 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/as_temphumidity_2.pdf
- Scottish Museums Council, 2003d. *Choosing new display cases*. *Scottish Museums Council Guidance Notes*, 6 pp., disponibile online www.scottishmuseums.org.uk/pdfs/Factsheets/gn_display_cases.pdf
- Shelton Y.S., 1994. *Conservation of vertebrate paleontology collections*. In: Leiggi P., May P. (eds.), *Vertebrate Paleontological Techniques*, volume 1, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-33.
- Shelton Y.S., 1999. *The shell game: mollusk's shell deterioration in collections and its prevention*. *The Festivus*, 28 (7), disponibile online www.conchology.be/en/cyberconchology/bsn/bsn.php
- Shelton Y.S., Johnson J. S., 1995. *Conservation of subsossil bone*. In: Collins C. (ed.), *Care and conservation of palaeontological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 59-71.
- Simmons J.E., Muñoz-Saba Y., 2003. *The theoretical bases of collections management*. *Society for the Preservation of Natural History Collections, Collection Forum*, 18 (1-2): 38-49.
- Smith J.A., 1987. *Environmental considerations*. *The Geological Curator*, 1 (1986): 403-406.
- Stolow N., 1977. *Conservation policy and the exhibition of museum collections*. *Journal of American Institute for Conservation*, 16 (2): 12-20.
- Tétreault J., 1993. *Guidelines for selecting materials for exhibit, storage and transportation*, *Canadian Conservation Institute, Conservation Information Database*, disponibile online www.cci-icc.gc.ca/document-manager/view-document_e.cfm?Document_ID=82
- Tétreault J., 1994. *Display materials: the good, the bad and the ugly*. In: Sage J. (ed.), *Exhibitions and Conservation. Preprints of the Conference held at The Royal College of Physicians, Edinburgh*. *The Scottish Society for Conservation & Restoration*, pp. 79-87.
- Tétreault J., 2003. *Guidelines for pollutant concentrations in museums*. *Canadian Conservation Institute, Conservation Information Database*, disponibile online http://www.cci-icc.gc.ca/publications/cidb/view-document_e.aspx?Document_ID=363
- Thomson G., 1994. *The museum environment*. Butterworth & Heinmann, Oxford, 293 pp.
- Umney N.D., 1995. *Documentation as a tool in the conservation of museum collections*. *ICOM-CC Study Series*, 1: 23-24.
- Waller R., 1992. *Temperature- and humidity-sensitive mineralogical and petrological specimens*. In: Howie F. M. (ed.), *Care and conservation of geological material*. Butterworth & Heinmann, Oxford, pp. 25-50.
- Waller C., 1998. *How to use Art Sorb for the preservation of art*. Disponibile online <http://www.cwaller.de/english.htm?howto.htm~information>