



MUSEI ILLUMINATI

L'uso dell'energia nei musei e nelle aree archeologiche

Con il sostegno di





**“Musei illuminati. L’uso dell’energia nei musei e nelle aree archeologiche”
è un’indagine coordinata e condotta da:**

Giovanna Castelli, Direttore Associazione Civita

*Annalisa Cicerchia, Capo Unità di Progetto "Ambiente, cultura territorio"
Istituto di Studi e Analisi Economica*

Massimo Misiti, Responsabile ricerca, Centro Studi Civita “G. Imperatori”

All’indagine hanno collaborato:

Ilaria Basili, Rachele Mannocchi, Centro Studi Civita “G. Imperatori”

Coordinamento editoriale:

L. Maria Rita Delli Quadri, Responsabile Centro Studi “G. Imperatori”

Un particolare ringraziamento va a:

Vincenzo Naso, con Fabrizio Giamminuti, Facoltà di Ingegneria, Università di Roma “La Sapienza”

Carlo Lannutti, con Federica Cerroni, Facoltà di Architettura Università di Roma “La Sapienza”

*Claudio Margottini, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Università di
Modena e Reggio Emilia*

Francesco Caroleo consulente legale, Sopaf

Daniele Muneroni, Chief Financial Officer, Sopaf

**Si ringraziano, infine, i musei italiani e stranieri contattati per la realizzazione della
nostra indagine**

Illustrazione della copertina

Orsola Damiani

Progetto grafico e impaginazione

Carlo Giuli

indice

- pag. 5* Introduzioni
- pag. 10* Politiche e prospettive
Antonia Pasqua Recchia
- pag. 14* *Stefano Saglia*
- pag. 20* Presentazione della ricerca
Annalisa Cicerchia
- pag. 26* I temi
- pag. 35* L'uso appropriato dell'energia nei musei e nelle aree archeologiche,
Annalisa Cicerchia
- pag. 39* Il forum di esperti, *Massimo Negri, L. Maria Rita Delli Quadri*
Guida pratica all'impronta ambientale, Maurice Davies
- pag. 46* Energia nei musei, *Carla Balocco*
- pag. 70* Esperienze a confronto
- pag. 81* Cambiare e sostenere il cambiamento, *Massimo Misiti, Ilaria Basili*
- pag. 88* I musei italiani, *Annalisa Cicerchia*
- pag. 91* Il Poldi Pezzoli di Milano
- pag. 95* La Galleria Comunale d'Arte di Cagliari
- pag. 97* La Fondazione Forma di Milano
- pag. 99* Il Museion di Bolzano
- pag. 102* La Sala Nervi in Vaticano
- pag. 104* Il Museo Explora di Roma
- pag. 104* Il progetto pilota "E.C.H. - Energy for Cultural Heritage"; *Andrea Pessina*
- pag. 110* Gli strumenti finanziari, *Daniele Muneroni*
- pag. 115* Appendice: Un panorama della normativa, *a cura di Massimo Misiti, Ilaria Basili*

*S*opaf, società di investimenti con un vasto portafoglio di iniziative, tra cui quelle mirate al settore eolico e fotovoltaico, condivide l'esigenza, generalmente avvertita, di dotare gli edifici pubblici e, in modo più particolare, quelli destinati a conservare il patrimonio culturale italiano, di sistemi di energia pulita. In questo modo, anche attraverso la struttura di incentivi che il governo ha predisposto, si favorirebbero la creazione di nuovi fondi di reddito e occasioni di economie che, in un momento di austerità come quello attuale, sono di particolare interesse e importanza per la tutela e la valorizzazione dei nostri beni culturali, perno fondamentale su cui poggia in buona parte il sistema turistico nazionale.

Il sistema di incentivi che il governo italiano, con lungimiranza e competenza, ha posto in essere per favorire lo sviluppo dell'energia alternativa in modo particolare per quanto riguarda il settore fotovoltaico, gioca un ruolo fondamentale in questo senso.

La normativa introdotta dal nuovo Conto Energia, che andrà in vigore a partire dall'anno 2011, consentirà un modo molto più razionale e attraverso una allocazione diversificata degli incentivi il miglior utilizzo del suolo delle superfici del Paese indirizzando quindi gli investimenti verso impianti meno invasivi e a maggior valore aggiunto, ciò anche al fine di favorire la creazione di una filiera industriale italiana che si sostituisca in parte alla struttura attuale.

La sfida risiede nel coniugare il rispetto architettonico e ambientale di edifici e di luoghi storici con impianti di produzione di energia che ancora oggi hanno caratteristiche che le rendono assai visibili per non dire intrusivi e comunque avulsi dal contesto in cui sono collocati. Aggiungo a ciò che il costo iniziale di impianti è pur sempre elevato e, comunque, fuori dalla portata degli Enti.

Da qui la necessità di aprire un esame congiunto esteso alle Istituzioni Pubbliche Centrali e Locali, agli Istituti Bancari e alle aziende per costruire dei modelli di collaborazione che, su base di project financing e di sponsorizzazioni, consentano l'utilizzo dell'energia pulita da parte degli enti, senza che questi debbano assorbire gli investimenti.

Utile, in questo senso, sarebbe verificare se gli istituti museali possano disporre di capacità giuridica per diventare soggetti produttori di energia sia attraverso il cosiddetto scambio sul posto, sia utilizzando il Conto Energia.

Si potrebbe, poi, prevedere, soprattutto al fine di preservare intatta la struttura architettonica, l'ottenimento da parte del Comune di appartenenza di aree in comodato che diventino pertinenti all'istituto o al sito archeologico sul quale installare impianti il cui utilizzo di energia ed eventualmente i relativi ricavi siano a beneficio dell'ente o del sito stesso.

Un altro elemento da prendere infine in considerazione potrebbe essere l'inserimento degli Enti dipendenti dal Ministero dei Beni Culturali tra quelli previsti dal Conto Energia che beneficiano di incentivi particolarmente attraenti.

Ovviamente per una logica perequazione questo extra incentivo dovrebbe tener conto delle diverse situazioni di irraggiamento che si producono nel nostro Paese.

Un primo esperimento in tal senso potrebbe essere rappresentato da quello, in parte già avviato con la collaborazione del Soprintendente per i beni archeologici dell'Abruzzo nel Museo Archeologico Nazionale la Civitella di Chieti, complesso dotato di grande classico, e che, oltre ad assolvere le funzioni proprie di una sede museale rappresenta per la città di

introduzione

Chieti un polo culturale di grande importanza. Si tratterebbe solo del primo passo di un programma ambizioso.

Noi ci auguriamo che attraverso questo processo si possano ottenere tre sostanziali risultati:

1) la riduzione dell'inquinamento atmosferico derivante dall'utilizzo di energia pulita in sostituzione dell'energia convenzionale;

2) la riduzione dei costi di gestione dei musei di cui l'energia costituisce una voce molto significativa;

3) la creazione di una fonte addizionale di ricavi mediante l'accesso degli enti appartenenti al Ministero dei Beni Culturali al Conto Energia e allo cambio sul posto già previsti dal legislatore nel caso di altri enti pubblici come ad esempio i comuni.

Giorgio Magnoni

VicePresidente e AD di SOPAF SpA, Presidente di SPF ENERGY SpA

l'idea di approfondire il tema dell'uso dell'energia nei musei, presente già da diverso tempo nell'Associazione Civita, ha potuto concretizzarsi grazie ad una comunione di intenti con la nostra associata Sopaf, attraverso la realizzazione di un progetto che prevedeva la conduzione dell'indagine oggetto di questa pubblicazione e l'organizzazione di un convegno pubblico, finalizzati ad un primo tentativo di razionalizzare e dare evidenza ad alcuni elementi essenziali per una gestione appropriata delle risorse energetiche all'interno degli spazi museali.

Quell'idea traeva le sue origini da diversi stimoli esterni e da alcune riflessioni interne, connaturate alla missione di Civita. Da una parte, quindi, c'era e c'è una forte sollecitazione da parte dell'opinione pubblica a partire da un ampio scenario nazionale e internazionale che impone la necessità di individuare forme di sostenibilità e risparmio energetici, prima ancora che per i vincoli imposti dalla normativa comunitaria, per un forte obbligo morale verso l'intero Pianeta.

Per questo principale obiettivo, ma anche per la conseguente opportunità di contenimento dei costi di gestione, il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali ha manifestato interesse rispetto a questi temi, nello specifico ambito dei consumi energetici dovuti alla Cultura, in particolare attribuibili al funzionamento dei musei e delle aree archeologiche, che doverosamente abbiamo registrato.

D'altra parte, questi temi riflettono alcune fra le principali finalità di Civita:

la tutela dell'ambiente, inteso anche nell'accezione per cui si inserisce a pieno titolo nel Codice Urbani; l'applicazione delle tecnologie innovative al settore dei beni culturali, cui abbiamo dedicato, nel corso degli anni, ricerche, pubblicazioni e progetti; la collaborazione tra amministrazione pubblica e imprese in funzione di un dialogo che, in diverse occasioni, ha potuto trasformarsi nella concretezza di interventi come quello che, a valle di questo progetto, sarà realizzato presso la Civitella di Chieti da Sopaf, con l'installazione di un impianto fotovoltaico.

Trattandosi, poi, di un tema attinente alla vita e alla funzione del Museo, in quanto sede fisica di forti significati simbolici e culturali, con tutte le implicazioni sociali che ha avuto e deve continuare ad avere, quello di Musei illuminati non poteva non coinvolgere un soggetto come Civita, da sempre attenta a realizzare studi ed iniziative concrete finalizzate all'innovazione nei beni culturali.

Al di là del problema rilevante, della riduzione del consumo di CO2 da parte dei musei e delle soluzioni, più o meno innovative, che questo volume presenta, la riflessione arriva a toccare ambiti urgenti e nevralgici nella gestione museale: dalla funzione che si deve attribuire al Museo nel XXI secolo, e che ne determina i consumi energetici (a questo proposito interessante può risultare la lettura di quanto emerso dal Forum tra esperti realizzato a Civita lo scorso mese di giugno, oggetto di un capitolo in questo stesso volume); - fino all'opportunità, valutata in vari contesti e a livelli diversi, di dotare il museo di una propria natura giuridica che gli permetta di acquisire maggiore autonomia e autodeterminazione.

Una sfida, dunque, articolata e complessa, che abbiamo voluto affrontare senza la pretesa di realizzare una ricerca scientifica, quanto piuttosto nell'ottica di elaborare una rassegna di riflessioni, casi e soluzioni tecnologiche, consapevoli dello stato ancora piuttosto embrionale del dibattito e delle soluzioni finora individuate nel nostro Paese, a partire dalla normativa in materia, le cui vastità e complessità sono ben rese dall'appendice a questo volume.

Come in diverse parti di questo libro si sostiene, spesso già solo pochi interventi mirati si rivelano determinanti perché siano possibili le grandi trasformazioni del futuro.

Albino Ruberti

Segretario Generale Associazione Civita



Politiche e prospettive

Il consumo energetico in musei e aree archeologiche: le strategie del Ministero per i Beni e le Attività Culturali

Nell'ambito di una problematica così complessa e dai molteplici risvolti, l'aspetto che mi preme approfondire è far comprendere se nel Ministero per i beni e le attività culturali si abbia consapevolezza del problema del consumo energetico all'interno dei musei o anche - volendo estendere l'oggetto dell'indagine al patrimonio culturale tout court - dei cosiddetti luoghi della cultura, archivi e biblioteche, del Ministero per i beni e le attività culturali.

Esiste non solo una cognizione, ma anche una strategia ed è, dunque, opportuno iniziare a parlare di numeri.

Il nostro patrimonio culturale (musei ed aree archeologiche), gestito dallo Stato, ammonta a 403 unità aperte al pubblico, più un certo numero di luoghi non aperti al pubblico (in restauro o non attivi); il patrimonio immobiliare gestito dal MiBAC, invece, è ben più vasto: un censimento di 1.060 immobili, tra musei, archivi, biblioteche ed uffici del Ministero. A questi dati corrispondono 6.000.000 di mc di immobili e 571.000 mq di sole superfici museali, senza dimenticare le aree archeologiche aperte al pubblico che rappresentano una minima parte del patrimonio archeologico italiano di 15.600.000 mq, ovvero 1.500 ettari.

Di fronte a un tale patrimonio immobiliare e ai numeri che ne derivano, il tema della bolletta energetica riveste una importanza fondamentale.

All'interno del nostro bilancio vi sono capitoli dedicati ai consumi energetici che rientrano nell'ambito di una categoria che, dal punto di vista economico-finanziario, viene definita dei "consumi intermedi", dedicati all'acquisto di beni e servizi per il funzionamento. Inoltre, l'ammontare complessivo per la gestione ed il funzionamento di tutto questo patrimonio è di 111.000.000 di euro ma, nel caso del nostro Ministero, si verifica un fatto contraddittorio. In tutti gli stati di previsione dei Ministeri, così come in tutte le linee di spesa della Pubblica Amministrazione, vi è sempre la forzatura di utilizzare i fondi di investimento dedicati ai lavori a favore delle spese correnti, perché i loro capitoli non sono mai sufficienti.

Un fenomeno che, in parte, accade anche da noi nonostante si verifichi tuttavia, anche un

politiche e prospettive

caso inverso: da un lato, utilizziamo fondi di investimento per la gestione corrente, dall'altro, una parte di questi milioni per i cosiddetti "consumi intermedi" la impieghiamo per la manutenzione straordinaria. Pertanto, la somma che complessivamente spendiamo per la gestione, tra cui quella dei consumi non solo energetici ma anche di altro genere, è molto più bassa ed è in sofferenza.

La qualità di questi servizi, supportati da consumi così bassi, presenta, quindi, un delta di crescita potenziale molto alto. Il calcolo che abbiamo effettuato, non considerando solo i capitoli delle spese energetiche, è di circa 25.000.000 di euro.

Per fare un esempio, la somma della bolletta telefonica, fino a due anni fa, ammontava a circa 9.000.000 di euro, abbattuta, grazie all'uso della tecnologia VoIP, a circa 5.800.000 euro per tutti gli istituti del Ministero, centro e territorio.

La consapevolezza del problema, quindi, esiste e stiamo cercando di individuare una strategia.

Una delle strade da percorrere è esprimere in modo aggregato, seppure nello specifico dei dettagli, un fabbisogno non solo di energia ma di soluzioni adeguate, a volte, assenti sul mercato e non accontentarsi di essere dei fruitori, o peggio, clienti di un mercato in rapida evoluzione e crescita; una necessità, di tecnologie mature da applicare, ma anche di nuove ricerche applicate a tali tecnologie che, forse, necessitano di ulteriori stimoli per dare migliori risultati.

L'altra strada da osservare, sul piano nazionale ed europeo, la disponibilità delle fonti di finanziamento e, contestualmente, individuare i passi operativi necessari ad attivare queste fonti a livello europeo; in particolare, recepire i fabbisogni di ricerca che emergono dall'interno, rappresentarli in ambito comunitario e determinare scelte strategiche di orientamento di fondi, come avviene nell'VIII Programma Quadro di ricerca che, attualmente, si comincia a delineare.

A questo proposito, nell'analisi dei fabbisogni di ricerca applicata alla conservazione e alla gestione innovativa del patrimonio culturale italiano, lo scorso anno, è stata proposta dall'Italia, alla Commissione e poi al Consiglio Europeo, la tematica del patrimonio culturale, nell'ambito di quelle iniziative denominate *joint program initiatives*: iniziative di programmazione congiunta che mirano ad individuare nella ricerca quelle che sono le priorità dei vari stati membri.

Pertanto, su proposta italiana, abbiamo raccolto il consenso di 14 stati – tra cui Spagna,

Francia, Polonia, Germania, Inghilterra ecc. – nell'individuare, tra le questioni prioritarie, il tema della conservazione del patrimonio culturale. Per sottolineare il peso di tale decisione, basti pensare che le altre tematiche selezionate sono state la salute e l'alimentazione.

Nel corso dell'ultimo anno, come Direzione Generale che si occupa sia dell'innovazione che di una migliore organizzazione generale delle strutture del Ministero, nonché del bilancio, abbiamo esaminato quali possano essere le fonti di finanziamento disponibili.

Da quest'osservazione sono emerse alcune possibilità, diverse da quelle che pur risiedono nei piani operativi regionali o interregionali in cui sono presenti sia la linea del risparmio energetico che quella relativa alla produzione energetica con fonti alternative.

Non tutte le Regioni, nei rispettivi piani operativi, hanno individuato come beneficiari di questi interventi gli enti pubblici come, ad esempio, musei, biblioteche ed archivi.

In quest'ambito, infatti, la sensibilità delle regioni è molto diversificata e, in generale, piuttosto bassa. In particolare per quel che riguarda quelle appartenenti all'obiettivo *Convergenza*, l'incidenza dei consumi interni lordi del Mezzogiorno (tutte le 8 regioni) sulle fonti rinnovabili è del 9 %, l'incidenza delle 4 regioni dell'obiettivo *Convergenza* è del 7%, mentre la media nazionale è del 14 %. A livello delle amministrazioni centrali, abbiamo cercato di stringere un'alleanza con il Ministero dell'Ambiente e tutela del Territorio poiché titolare, quest'ultimo, di una linea di finanziamento del programma operativo interregionale energie rinnovabili e risparmio energetico di edifici e monumenti, ed un'apprezzabile disponibilità finanziaria del Ministero verrà, infatti, utilizzata proprio per l'efficientamento energetico.

Tecnici, esperti e rappresentanti delle imprese stanno lavorando in tal senso, per individuare, data la particolarità dei nostri beni artistici e culturali, soluzioni apposite per ogni tipologia di patrimonio; a tal fine, è necessario un supporto di diagnosi energetica e di progettualità molto più ampio rispetto all'applicazione di queste stesse procedure di finanziamento in tipologie di edifici pubblici quali scuole, carceri ed ospedali.

Grazie ai fondi europei per lo sviluppo regionale, cercheremo di arrivare a questi risultati di abbattimento del consumo energetico, tenendo sempre conto della compatibilità quale elemento fondamentale, dal momento che tali edifici vantano un elevato pregio architettonico ed artistico, e proveremo ad acquisire, sia come pubblica amministrazione ma anche come cittadini, un modello di comportamento energetico virtuoso che, ancora, non abbiamo percepito.

Oltre che con il Ministero dell'Ambiente, abbiamo avviato – con qualche difficoltà in più – un altro accordo di programma con il Ministero dello Sviluppo Economico e con la Direzione Generale per l'Energia Nucleare, l'Energia Rinnovabile e l'Efficienza Energetica che presenta una linea di finanziamento incentrata sulla medesima proposta operativa ma volta alla produzione energetica.

Il tema dell'impatto, sia architettonico che paesaggistico, non può non essere affrontato: una delle prime linee da seguire, in questo caso, è l'onestà intellettuale e ne stiamo ampiamente discutendo anche nei livelli scientifici più alti, dai comitati di settore al Consiglio superiore dei beni culturali.

Stiamo vivendo un'obsolescenza accelerata di tutte le soluzioni tecnologiche che, come è accaduto nel campo dei telefoni cellulari dieci anni fa, ci condurrà, nel tempo, a soluzioni di fotovoltaico da impiegare su vasta scala data la tipologia di patrimonio da gestire.

Grazie a nostri beni culturali – per i quali la comunità nazionale paga le tasse per illuminarli e tenerli aperti - l'Italia presenta percentuali di PIL che continuano a crescere; il turismo culturale, infatti, nel corso dell'ultimo anno è in forte crescita e, anche il nostro Paese, sta raggiungendo risultati interessanti di crescita di consumi e di incoming anche dall'Estero.

Antonia Pasqua Recchia

Direttore Generale Innovazione Ministero Beni e Attività Culturali

Innovazione e cultura, per vincere le sfide di oggi

Agiamo, in un settore apparentemente solo tecnico e specialistico, sulla base ed a seguito di attese, speranze e intatta passione.

Senza passione, lo sappiamo, sono, nel proprio modello mentale, i saccenti e i pedanti: *ad assiduis non fit passio*. Abbiamo maturato invece, un'idea del sapere non tradizionale, dove conta, attraverso ogni forma di indagine e di scoperta, la complessità.

E, in più, lavoriamo informando, perché riteniamo che l'informazione sia il primo passo della formazione e dell'azione.

Siamo, anche, convinti che etica, tecnologia e ricerca debbano saper dialogare fra loro: specie nel nostro Paese, dove - in più - non possono che incontrare (e concretamente rispettare) la tradizione e la storia.

In Italia, infatti, gli orizzonti dell'uomo, quelli della tecnica e gli orizzonti delle idee si intersecano e producono continue nuove condizioni d'arte e di scienza, ponendo le basi per una possibile, inedita, doppia spinta allo sviluppo. Diventano cioè possibili nuovi scenari, che offrono incredibili prospettive ed opportunità, delineando un quadro futuro non solo plausibile ma anche auspicabile e concreto.

La ricerca che premia le idee - e che anela al perduto coraggio ed alla creatività - può (deve) porre al centro del suo discorso la qualità della vita in tutti i suoi aspetti e il piacere, prezioso, della condivisione. La "sostenibilità" (presente, a torto o a ragione, in ogni attuale strategia) non può assumere identità e carattere solo nel settore energetico - che è quello che più direttamente ci riguarda - o in quelli vicini, ma deve necessariamente rapportarsi con una vasta integrazione comunicativa, informatica e storica. Governo della ragione e governo delle speranze possono convivere, diventare un governo esercitato mediante il dialogo. Energia ed evoluzione, economia ecologica e progresso, sono solo diversi aspetti di un'unica scommessa sull'uomo e dell'ineludibile dovere politico di indirizzare le scelte. Forse gli stessi indicatori economici, da soli e senza "valori aggiunti", senza mediare la memoria, non possono più bastare, anzi, secondo alcuni, sembrano incitare alla crescita nell'insostenibile consumo di risorse non rinnovabili. Forse è da queste condizioni che possono prodursi le staminali per una mutazione utile a raggiungere un linguaggio comune, per un futuro consapevole.

Per quanto attiene le decisioni che riguardano la politica energetica e, nello specifico, quelle

politiche e prospettive

che si riferiscono alle fonti rinnovabili, ci è apparso importante ritornare a regole certe, evitando anche la sola sensazione che possa essere oltrepassata la "giusta misura".

Esattamente come prescriveva l'Oracolo di Delfi, il cui motto era *medén àgen*, nulla di troppo. Dobbiamo ricordare sempre che siamo in un Paese unico e diverso da tutti gli altri, dove il principale plusvalore è costituito dalla memoria.

In cui il paesaggio costituisce la rappresentazione materiale e visibile dell'identità nazionale, il risultato di secoli di armonica interazione fra uomo e natura. In cui gli spazi sono zippati di attrazioni e sollecitazioni: ma anche di relazioni ed occasioni.

È per questo Paese e per la sua specificità che il Ministero dello Sviluppo Economico ha di recente individuato - attraverso un provvedimento forte e - delle innovative "linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili".

Per attribuire rinnovata concretezza alla grande sfida dell'efficienza energetica. Infatti, le "linee" sono state elaborate di concerto con altri due Ministeri, quello dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e quello per i Beni e le Attività Culturali: e costituiscono, nella loro articolazione, un non consueto punto di incontro - atteso per ben sette anni- fra compiti istituzionali diversi e a volte ritenuti (e questo è il punto!) fra loro concorrenti se non contrastanti. Operano fra sviluppo e salvaguardia, fra applicazione di nuove tecnologie e ricaduta di quelle tecnologie su paesaggio e patrimonio storico-artistico.

E un'intera parte delle "linee guida" è specificamente dedicata all'Inserimento degli Impianti nel Paesaggio e sul Territorio.

Energia, tecnologia (con l'adeguato necessario design), salvaguardia e conservazione: l'obiettivo è mettere a sistema tutto questo, semplificando le procedure, chiarendo il regime giuridico delle autorizzazioni, ma tenendo salda l'attenzione e "tirando le fila" dei diversi aspetti attraverso una forma importante ma non rigida di coordinamento. Esplorando i meccanismi delle norme e della creatività e mettendo al centro di tutto la "dimensione del fare". Il settore, fondamentale per il destino delle generazioni future, è attraversato anche da una domanda di responsabilità che ha rappresentato e rappresenta una nuova sfida per i cittadini ed i decisori politici. Attraverso le "linee guida", lo Stato - in controtendenza rispetto ad altri momenti di marcato e necessario regionalismo - si è riappropriato della "funzione di indirizzo", verso le Regioni e gli Enti locali, su questioni delicate e complesse - oltre che fra loro interconnesse - quali la conservazione da un lato e la politica energetica dall'altro. Si fa, con un "semplice" decreto, un viaggio nella modernità, nella convinzione che è ormai cambiato il mondo attraverso i suoi simboli.

Era essenziale, nell'attuale momento storico, che lo Stato fornisse un indirizzo univoco su come affrontare e gestire tali questioni, tenendo conto della assoluta specificità italiana

nel settore, quella che non sempre le pur calibrate direttive dell'Unione Europea riescono a focalizzare nella sua natura e in tutte le conseguenze che, a cascata, ne derivano.

Era il momento di cercare di fare chiarezza, di ricostruire regole e di tornare a riflettere sui punti chiave della modernità.

Attualmente, stiamo attraversando un momento di euforia generale nel settore dell'installazione di fonti rinnovabili.

L'Unione Europea, infatti, ha varato un pacchetto clima-energia volto a raggiungere gli obiettivi già fissati per l'anno 2020: la riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra, portando al 20% il risparmio energetico ed aumentando al 20% il consumo di fonti rinnovabili.

Un obiettivo, nel suo insieme, con evidenza ben difficilmente raggiungibile dal nostro Paese, sia perché densamente popolato sia per la propria oggettiva (e necessariamente frenante, ai fini numerici che l'UE si propone) bellezza. La direzione, però, è presa ed è quella di un'edilizia e di una vita sempre più bio ed ecologicamente sostenibile: fra l'altro, un grande business che creerà migliaia di posti di lavoro.

Nonostante gli impedimenti e le obiettive difficoltà, cerchiamo - con fiducia e determinazione - di portare avanti il nostro dovere di governo responsabile, anche attivando altre procedure, anche con accordi con Paesi esteri.

A questo scopo, abbiamo aperto una porta sul Mediterraneo impegnandoci nello sviluppo delle fonti rinnovabili in alcuni Paesi - quali Tunisia, Egitto e Serbia - in cui esistono, sia per l'energia eolica che per quella solare, condizioni generali e climatiche dalle enormi potenzialità. Non impegnando solo il territorio italiano per questo genere di attività, sarà infatti possibile per il nostro Paese raggiungere gli "obiettivi europei" con maggiore facilità e tempestività, e sempre nell'interesse collettivo.

Le istituzioni possono fare molto e un confronto aperto tra il Ministero dello Sviluppo Economico e quello per i Beni e le Attività Culturali risulta certamente utile anche in merito ad un ulteriore degli "altri 20" (un numero forse scaramanticamente ricorrente) che l'Europa si impone, ovvero la riduzione, negli usi finali, dell'energia spesa nei nostri consumi. Una priorità della politica energetica, questa, utile a consentire il miglioramento dell'impatto ambientale delle attività umane senza in alcun modo diminuire gli standard di vita o solo immaginare una società più povera. Una priorità che presuppone di puntare adeguatamente su qualificate forme di sperimentazione e sulla ricerca, volano non trascurabile di sviluppo economico.

Sono, d'altro canto, le stesse "linee guida" che, in definiti punti della parte quarta, dopo aver sollecitato progettazioni "legate alla specificità dell'area", invitano alla "ricerca ed alla spe-

politiche e prospettive

rimentazione innovativa” proprio per i contesti storici, naturali e paesaggistici. Attribuiscono quindi alla ricerca di settore, nella sua ancora in buona parte inesplorata specificità, importanza e compiti di rilievo nazionale.

Propongono di diventare tutti gladiatori nell’arena di una strategia unitaria e condivisa per trovare le soluzioni migliori per progettare la ripresa, attraverso ricerca e sviluppo.

L’opportunità - anzi, la necessità - di impiegare le migliori tecnologie in tutti gli ambiti possibili, attraverso una ricerca che premi le idee, induce ad un immediato riferimento al settore museale, sia per l’instimabile ricchezza del patrimonio che vi è custodito, che non può e non deve correre alcun rischio, sia perché, così, la spinosa questione dei (limitati) fondi pubblici potrà trovarvi una prima ed efficace soluzione. Una soluzione certamente vincente se si riuscirà ad armonizzare l’aspetto ingegneristico con quello imprescindibile della salvaguardia (e della valorizzazione).

La “bolletta energetica” delle ca. 4500 strutture museali italiane è, notoriamente, cospicua, spesso drammaticamente superiore alle disponibilità e tende rapidamente a peggiorare, per un insieme di motivi concorrenti che producono, già oggi, sale chiuse e luci spente, pur fra proiettori spot e faretti.

Le condizioni di conservazione delle opere, il necessario confort per visitatori e personale addetto, le attrezzature, gli impianti etc. rappresentano altrettante condizioni da mantenere: anzi da migliorare, se si vuole tenere il “sistema Italia” attrattivo, accogliente, in grado di dare una mano significativa, come è opportuno e necessario, all’offerta turistica.

Il Ministero per i Beni e le Attività Culturali possiede certamente dati numerici e conoscitivi che illustrano nel dettaglio la situazione attuale e quella in prospettiva. Contemporaneamente, il Ministero dello Sviluppo Economico è oggi disponibile e pronto a sviluppare con la comunità culturale italiana alcuni progetti sperimentali, che siano innovativi ma anche calibrati e rispettosi, che tengano conto della specificità di singole realtà, articolandosi su episodi opportunamente diversificati, perché non possiamo non tener conto che ogni situazione ha una sua peculiare vocazione che va assecondata e seguita.

Ci sono tutte le condizioni per affrontare una forma di sperimentazione organica e comune che abbia tutti i caratteri dell’innovazione e dello sviluppo, collocandosi tra passato e futuro. I finanziamenti europei sono finalmente disponibili, così come gli interventi tecnologici rispettosi -dal più elementare, come la sostituzione delle lampade tradizionali con quelle a risparmio energetico, fino alla gestione, attraverso l’informatica, dei flussi di energia minuto per minuto tanto in un polo museale che in un’abitazione - mentre è invece necessario sviluppare un più forte e significativo impegno nei confronti degli Enti Locali e

delle Regioni.

Spesso, ci troviamo ad indire bandi ai quali, inevitabilmente, partecipano le grandi imprese e non le realtà culturali, mentre potrebbero essere indirizzati anche a queste ultime e riscuotere il loro interesse.

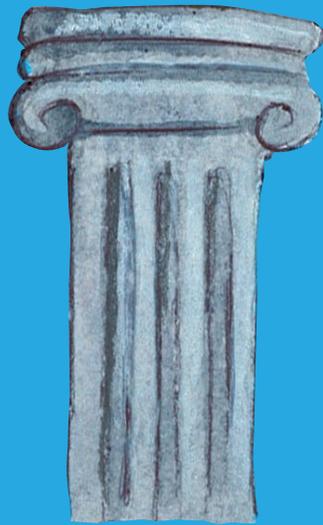
Altro fronte che richiede un impegno maggiore da parte di tutti è quello della certificazione energetica che, acquisendo sempre maggiore importanza nella valorizzazione di tutti gli immobili, andrà appositamente studiata anche per gli edifici storici e, appunto, per i musei nella loro imprescindibile specificità.

Grazie alle risorse europee, che sia il Ministero dello Sviluppo Economico che quello per l'Ambiente hanno a disposizione, tanto per le regioni del Mezzogiorno che per quelle del Nord, ed alla disponibilità collaborativa delle grandi compagnie energetiche - disponibili, si può ragionevolmente ritenere, anche ad "adottare" almeno alcune realtà museali - una soluzione positiva può essere, senza alcun dubbio, individuata. Con l'azione congiunta e coordinata di quello che possiamo definire "un grande mosaico di forze," perché ci sono, tutte insieme, l'alta tecnologia, la voglia d'impresa ed il coraggio della sfida.

I musei dovranno, certamente, fare la loro parte ed imparare a farsi pubblicità, ad attirare più persone come magneti, ad entrare in quella che è stata chiamata l'era dell'ipermuseo (ma anche del micromuseo alla Pamuk) attraverso possibili calibrati progetti sperimentali. Evitando di essere contenitori effimeri e costosi in un periodo in cui la tempesta è globale e sembra pronta ad abbattersi su qualunque seducente promessa. Ma conservando la libertà (rispettosa) di crearsi un proprio percorso, un proprio dialogo fra umanesimo e scienza, con il lavoro, l'ingegno, attraverso quel labor che, secondo gli antichi, come l'amore, era capace di vincere tutte le difficoltà.

Stefano Saglia

Sottosegretario Ministero dello Sviluppo Economico



Presentazione della ricerca

Presentazione della ricerca

Nel nostro Paese ci sono più di 4.500 musei, piccoli e grandi, statali e comunali, privati ed ecclesiastici. Molti di essi custodiscono autentici tesori d'arte e di storia.

Molti sono splendidi e gestiti con le tecnologie più moderne, molti sono quasi abbandonati e chiusi per la maggior parte del tempo. Alcuni attirano ogni anno folle imponenti di visitatori, altri sono quasi sconosciuti. Alcuni hanno un significato profondo per la comunità locale, altri sono territorio quasi esclusivo di turisti stranieri.

Quasi tutti i musei sono centri di ricerca, di studio, di attenta custodia, documentazione, restauro, conservazione e tutela. Alcuni hanno costi elevatissimi e impiegano un numero ingente di addetti di varia specializzazione, altri operano al minimo degli organici e con spesa molto modesta. I meccanismi della loro gestione finanziaria sono molto diversi fra loro: a volte si tratta di realtà dotate di autonomia, a volte di vere e proprie imprese culturali, a volte di voci all'interno di bilanci pubblici più vasti, di comuni o dell'amministrazione centrale.

In ogni caso, essi sono la porta e la memoria dei nostri territori, luoghi eminenti della nostra cultura, chiave di accesso a innumerevoli storie, esperienze, conoscenze, manufatti. Per funzionare, tutti gli oltre 4.500 musei d'Italia prelevano qualche tipo di risorse dall'ambiente naturale e in esso rilasciano emissioni e rifiuti.

Hanno bisogno di energia per essere illuminati, climatizzati, per mantenere le proprie collezioni in condizioni ottimali, per far lavorare i macchinari dei loro laboratori e dei loro sistemi di sicurezza.

Ed è proprio questo aspetto della varia e composita realtà museale italiana che rappresenta l'oggetto del presente studio: una prima ricognizione sullo stato dell'arte, sulla percezione della dimensione ambientale ed energetica dei musei – che, in Italia, sono per la grandissima parte ospitati in edifici di costruzione storica, se non antica – e sulle aree archeologiche e sulla presenza di sperimentazioni di carattere strutturale, funzionale e gestionale finalizzate alla riduzione dei consumi, all'aumento dell'efficienza, alla ricerca di soluzioni innovative e a basso impatto. L'iniziativa di Civita ha qualche precedente.

Nel corso degli anni Novanta, negli Usa, in Canada, in Australia e in Nuova Zelanda, e

presentazione della ricerca

nei paesi scandinavi, per iniziativa di un piccolo numero di musei scientifici e per ragazzi, si avviò una sperimentazione di modalità di costruzione e di gestione sostenibile, ovvero caratterizzata da un impatto ambientale ridotto in termini di materiali consumati, emissioni e rifiuti generati e fabbisogno energetico. Negli ultimi dieci anni, sono almeno venti, nei soli Stati Uniti, i musei che hanno costruito un nuovo edificio “verde”, oppure hanno rinnovato una struttura preesistente con elementi sostenibili. Altri sono intervenuti invece sulla gestione e sul funzionamento.

Dieci anni dopo, anche nell’ambito dell’Unione Europea veniva avviato un progetto quinquennale su vasta scala, volto in particolare a individuare procedimenti innovativi per migliorare l’efficienza energetica dei musei. Derivato da due esperienze precedenti, focalizzate sui musei archeologici nel Mediterraneo (una rappresentata dal Programma Joule III, e l’altra dal Progetto SAVE II, entrambi promossi della Commissione Europea), il programma *Museums – Energy efficiency and sustainability in retrofitted and new museum buildings*, è stato condotto nell’ambito del V Programma Quadro, nel settore ENERGY, fra il 2000 e il 2004 e ha coinvolto otto musei - uno di nuova costruzione, gli altri riconvertiti - in sette paesi: Germania, Grecia, Italia, Portogallo, Regno Unito, Slovenia e Svezia¹.

Dell’esperienza di *Museums*, che ha prodotto il primo manuale per la sostenibilità e l’efficienza energetica dei musei, si parlerà oltre in questo rapporto.

Qui è invece importante sottolineare alcune grandi questioni di fondo, esplorate per la prima volta con quell’esperimento, che sono tuttora alla base della riflessione e che hanno fondato anche il presente studio. Le motivazioni alla base di questo complesso fenomeno, che genera attività di ricerca e sperimentazione, sono molteplici e le questioni affrontate sono particolarmente complesse.

In estrema sintesi, come si vedrà in modo articolato nelle diverse parti di questa relazione, l’obiettivo della sostenibilità e della efficienza energetica dei musei deve essere raggiunto nel rispetto di due vincoli fondamentali:

- il *comfort* e il benessere degli utilizzatori (addetti e pubblico);
- il mantenimento di condizioni ottimali (temperatura, umidità, stabilità, esposizione alla luce, isolamento rispetto ad agenti patogeni, ecc.) per la conservazione delle collezioni.

Ai fini di questo studio, come anche, a suo tempo, del progetto *Museums*, è stata

¹ L’Italia ha partecipato al progetto con due musei.

posta la definizione di museo prodotta dall'ICOM nel 2001²:

"Il museo è un istituzione permanente, senza scopo di lucro, al servizio della società e del suo sviluppo. È aperto al pubblico e compie ricerche che riguardano le testimonianze materiali e immateriali dell'umanità e del suo ambiente; le acquisisce, le conserva, le comunica e, soprattutto, le espone ai fini di studio, educazione e diletto". Se si confronta questa definizione con l'accezione originale delle realtà museali, nate come collezioni riservate agli studiosi e agli eruditi, o come *Wunderkammer* colme di tesori preziosi e a volte bizzarri rivolte all'esclusivo piacere dei loro proprietari e di circoli ristrettissimi di eletti (Cicerchia, 2009), si può ben comprendere quanto la funzione di queste istituzioni si sia trasformata e quanto si siano accresciute le attese sociali su di essi.

Il loro pubblico, attuale e potenziale, si è immensamente esteso, dando vita, nei casi più popolari, a veri e propri fenomeni di congestione.

Questa dinamica della domanda, che, naturalmente, è tutt'altro che omogenea, genera a sua volta nuove pressioni di tipo ambientale e produce fabbisogni energetici nuovi e crescenti, che riguardano l'illuminazione, la climatizzazione, la tutela dei manufatti, il monitoraggio e la sicurezza, e così via.

Le trasformazioni in atto si riverberano anche sulla dimensione ambientale ed energetica degli edifici museali, i quali giungono ad assumere un ruolo di rilievo nelle strategie per la sostenibilità ambientale di scala urbana, locale e, come si vedrà, anche nazionale.

I tratti principali di questa progressiva assunzione di rilevanza sono, essenzialmente:

- il carattere intrinsecamente pubblico, in quanto aperti e rivolti al pubblico, degli edifici museali e la loro speciale segnatura sociale, quali edifici eccellenti, eminenti, simbolici, significativi e rappresentativi della comunità, non da ultimo, per la percezione del tutto particolare che essi suscitano nei turisti;
- l'elevata e crescente valenza culturale ed educativa dei musei, che genera comprensibili attese circa l'esemplarità della loro gestione, inclusi gli aspetti che ri-

2 Estratto dallo Statuto dell'ICOM (Articolo 2. Definizioni), adottato dalla 16a Assemblea generale dell'ICOM (LAja, Paesi Bassi, 5 settembre 1989) e modificato dalla 18a Assemblea generale dell'ICOM (Stavanger, Norvegia, 7 luglio 1995) nonché dalla 20a Assemblea generale (Barcellona, Spagna, 6 luglio 2001).

presentazione della ricerca

guardano gli impatti ambientali,

- la natura propria del museo, come istituzione di ricerca e sperimentazione, che può e deve estendersi ai modi di essere illuminato, climatizzato, sorvegliato e fatto funzionare, secondo modalità innovative che siano di stimolo ed esempio per la collettività. A questi tratti può essere aggiunto un ulteriore elemento, che merita adeguata attenzione, tenuto conto della crisi economica che attraversa l'Europa.

La crisi colpisce, in maniera particolarmente severa, la finanza pubblica, con tagli alla spesa culturale che in Italia – dove la mano pubblica non è mai stata particolarmente generosa – hanno largamente superato il 60% della spesa corrente in pochi anni.

Da tempo, per giunta, le bollette energetiche costituiscono un fattore di grande preoccupazione per soprintendenti e direttori di musei, dal momento che esse costituiscono, dopo quella per il personale, la loro più importante uscita fissa.

Anche per questo appare utile interrogarsi su forme di risparmio, siano esse generate da una più alta efficienza o dal ricorso a fonti energetiche meno costose o addirittura autoprodotte.

Lo studio promosso da Civita affronta alcune aree tematiche principali.

La prima riguarda l'attualità delle questioni che si pongono con maggiore urgenza ai tecnici e agli operatori museali, con specifico riferimento alla situazione e al quadro operativo italiano. La seconda area è data dalle strategie internazionali, dalle esperienze e dalle buone pratiche realizzate all'estero e nel nostro paese negli ultimi anni, raccolte direttamente sul campo o dalla letteratura tecnica.

La terza area è dedicata a una rassegna sintetica delle più interessanti applicazioni tecnologiche per il risparmio energetico nei musei.

Un'area è poi dedicata agli strumenti finanziari per la riconversione delle strutture esistenti con finalità di efficienza energetica, mentre un'appendice rimanda normativa.

Alla realizzazione dell'indagine ha collaborato il Centro Studi dell'Associazione Civita (Massimo Misiti con Ilaria Basili, Rachele Mannocchi, Anita Fiorino), cui va un sentito ringraziamento.

Annalisa Cicerchia

Capo Unità di Progetto "Ambiente, cultura territorio" Istituto di Studi e Analisi Economica

Riferimenti

Bernstein, F. A. (2007). From Michigan: A clean-running museum, *The New York Times*, Wednesday, March 28, 2007, H 18.

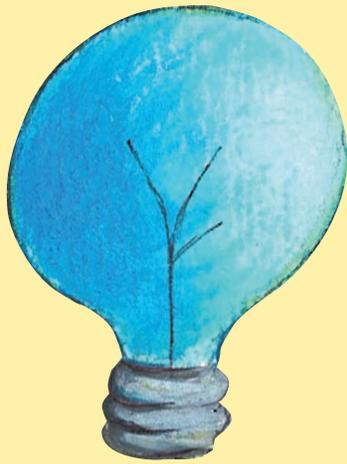
Cicerchia A. (2009), *Risorse culturali e turismo sostenibile*, Franco Angeli, Milano.

Link, T. (2006), Models of sustainability: Museums, citizenship, and common wealth. *Museums & social issues*, vol.1, no. 2, Fall 2006, pp. 173-190.

Pappas C. (2007), Eco-friendly exhibiting, <http://www.exhibitoronline.com/exhibitormagazine/article.asp?ID=1186>, March 2007.

Worts, D. (2006), Fostering a culture of sustainability. *Museums & social issues*, vol.1, no. 2, Fall 2006, pp. 151-172.

Wylie, E. & Brohpy, S.S. (2008), The greener good: The enviro-active museum. *Museum*, January/February 2008; <http://www.calmuseums.info/gmi/Resources.html>



I temi

L'uso appropriato dell'energia nei musei e nelle aree archeologiche

In un articolo pubblicato su *Museum Practice*¹ e riferito in modo particolare alle soluzioni per l'illuminazione delle esposizioni di oggetti d'arte e storici, Paul Ruffles propone una interessante messa a fuoco dell'oggetto di riflessione.

Egli suggerisce di considerare la questione energetica, piuttosto che come riduzione dei consumi o risparmio *tout court*, in chiave di *uso appropriato*. In altri termini, lo sforzo di analisi e di intervento razionalizzatore non andrebbe portato tanto sulla diminuzione dell'impatto ambientale dei musei, quanto piuttosto sulla combinazione del massimo delle specifiche prestazioni museali con il minimo impatto ambientale.

E' proprio questo il nodo, ed è anche il motivo per cui la questione energetica dei musei (e, sebbene in forma leggermente diversa, anche delle aree archeologiche), non si presta a soluzioni facili, né immediate o uguali per tutti.

Ogni edificio museale – di antica, vecchia o recente costruzione, o, addirittura, in via di progettazione – presenta caratteristiche tecniche e strutturali proprie e uniche e si colloca in un'area dotata a sua volta di caratteristiche specifiche sotto il profilo urbanistico, geografico, climatico e tecnologico. Inoltre, le sue funzioni culturali, le collezioni che custodisce, gli oggetti che espone, i servizi che offre, la composizione e le esigenze del suo pubblico, sono tutti motivi di ulteriore specificità. Questo fatto rende in qualche modo ogni museo un caso a sè stante, e porterebbe a escludere la possibilità di ricercare orientamenti generali per conseguire l'ottimalità nella gestione energetica.

Tuttavia, l'analisi delle funzioni di base di questo tipo di spazio porta a individuare una serie di componenti comuni a tutti i "contenitori culturali" e di definirne, almeno in modo orientativo, il profilo energetico, inteso come organizzazione tendenziale della domanda di luce, di climatizzazione, di alimentazione delle apparecchiature.

1. Funzioni museali e usi dell'energia

1.1. Le aree non aperte al pubblico

La prima componente sulla quale è utile riflettere da un punto di vista dell'uso appro-

¹ Numero 14, primavera 2000.

priato dell'energia è l'area non aperta al pubblico, che può essere distinta ulteriormente in una parte destinata a funzioni amministrative e di servizio non specializzato (pulizie, spogliatoi o toilette del personale, etc.) e in una parte, altamente specializzata, dove vengono svolte le attività di ricerca, di catalogazione, conservazione, ecc. La parte amministrativa e di servizio è, tra tutte, quella che offre in genere la maggiore possibilità di risparmio energetico e di razionalizzazione. E tuttavia, spesso, la cronica mancanza di finanziamenti adeguati lascia proprio queste zone con dotazioni per l'illuminazione e per la climatizzazione vecchie e inefficienti, che, non solo comportano consumi molto maggiori, ma anche prestazioni al di sotto degli standard attuali di salute e di sicurezza.

Zone *back of the house* utilizzate di continuo (postazioni di lavoro stabili, locali di servizio, etc.) e zone che invece, sono in attività solo occasionalmente presentano esigenze di funzionamento molto diverse. In questo caso (e in altri) è molto importante che la progettazione *ex novo* o il *retrofitting* consentano di gestire in maniera differenziata gli impianti e i punti luce e di controllo termico che servono ambienti di diverse modalità di impiego, accendendoli e spegnendoli, aumentandone o diminuendone la potenza, o di utilizzare sensori di presenza che consentano di spegnere luci o macchinari dopo un periodo stabilito.

1.2. Le aree pubbliche

Questa categoria comprende biglietterie, bookshop, caffetterie, guardaroba, servizi igienici, zone di passaggio e auditorium o sale per conferenze. L'illuminazione e la climatizzazione devono consentire il massimo comfort (fungendo, a seconda dei casi, anche da zona di acclimatazione graduale per chi viene dall'esterno), garantire il decoro dell'istituzione e, nelle zone a più marcata destinazione commerciale, anche rappresentare un fattore di attrazione. Nel bookshop e nella caffetteria è possibile prevedere una completa cessazione del consumo energetico nelle ore di chiusura, mentre le parti non occupate di continuo, come le toilette e le sale per conferenze o gli spazi per le attività didattiche possono essere dotati di sensori di presenza e di dispositivi di spegnimento automatico temporizzato.

1.3. Le aree espositive

Le aree espositive sono il cuore strategico del museo, della galleria o del sito archeologico. È la loro presenza che motiva l'arrivo dei visitatori.

Qui, il requisito di base da rispettare – insieme al conseguimento degli standard climatici per la conservazione degli oggetti e per il comfort di operatori e visitatori – è l'illuminazione

completa e perfetta di tutti gli oggetti, delle gallerie e delle teche. Il clima e la luce delle aree espositive dovrebbero essere al centro di una progettazione (o di una ri-progettazione) mirata e attenta a evitare ogni eccesso (i casi di illuminazione ridondante ed eccessiva sono più frequenti di quanto non si sia inclini a pensare) che possa risultare in contrasto con le esigenze della conservazione.

Il risparmio energetico, in questi spazi, non deve mai essere conseguito al prezzo della riduzione del livello dell'illuminazione e della climatizzazione. Spesso, la questione cruciale è costituita dall'età degli impianti esistenti e dalla loro efficienza in rapporto alle caratteristiche di isolamento e di illuminazione naturale dell'edificio o del sito.

C'è infatti anche da considerare il rapporto fra luce solare, negli ambienti che ne ricevono in modo adeguato, e uso razionale dell'illuminazione elettrica, così come la possibilità di mitigare sbalzi climatici indesiderati attraverso interventi esterni o interni di tipo strutturale o d'arredo che consentano, ad esempio, di ombreggiare o isolare le strutture.

L'illuminazione ha anche un impatto energetico di diverso tipo, dovuto al suo effetto diretto sulla temperatura e quindi sul carico di calore complessivo che è necessario abbattere attraverso i dispositivi di raffrescamento. Pertanto, qualora si riesca a ottimizzare l'illuminazione riducendone gli eccessi, si otterrebbe nello stesso tempo una temperatura ambientale più bassa e una minore necessità di raffrescamento.

Negli spazi espositivi, la progettazione dell'illuminazione deve tenere conto della differenza fra strutture e supporti fissi e mobili. Luci e clima possono anche essere programmati per una prestazione differenziata fra orari di visita e orari di chiusura, con notevoli vantaggi, tanto in termini di risparmio energetico e finanziario, quanto di conservazione.

1.4. Teche e vetrine

Molte teche sono fornite dai produttori con un proprio sistema di illuminazione incorporato, di norma lampade standard a fluorescenza, che, se certamente conveniente e facile da utilizzare, spesso non valorizza adeguatamente gli oggetti in mostra. Le modifiche di questi apparati standard sono indubbiamente costose, ma possono, nello stesso tempo, migliorare la resa espositiva e consentire una riduzione dei consumi energetici.

1.5. Esterni

L'illuminazione dell'esterno di un museo o di una galleria ha funzioni, non solo di segnalazione, ma anche di valorizzazione del loro contesto urbanistico. Non è indispensabile, per essere efficaci, illuminare l'intero edificio. Al contrario, mettere in risalto dettagli, utilizzare il colore o proiezioni in movimento possono avere un impatto comunicativo supe-

riore. In questo, lo studio dei tempi può garantire il massimo effetto con il minimo uso di energia e di spesa. Le luci possono infatti essere accese solo nei fine settimana o nell'alta stagione turistica, assumere un carattere speciale nel corso di eventi o di manifestazioni di rilievo, per generare sorpresa e richiamare l'attenzione.

2. Piani di azione

Negli ultimi tempi, la sensibilità per le tematiche ambientali ha indotto alcune organizzazioni che riuniscono musei di diverso tipo a dotarsi di veri e propri piani di azione per ridurre al minimo gli impatti negativi sull'ambiente e la generazione di rifiuti e per usare le risorse e l'energia in maniera responsabile.

In questo quadro, l'Associazione fra i musei inglesi ha fatto circolare, nell'autunno del 2008, una proposta di piano in tre fasi, che comprende:

- nella prima fase: la fissazione di obiettivi quantitativi di riduzione dell'energia e la revisione del tipo di energia utilizzata; l'adozione di misure di riduzione degli usi e di standard di materiali (ad esempio, carta) e di generazione di rifiuti e di modalità del loro smaltimento (riciclo, conferimento, ecc.);
- nella seconda fase, progressiva certificazione ambientale o selezione secondo criteri di sostenibilità di tutti gli acquisti e le forniture di diretta competenza del museo;
- nella terza fase, selezione secondo criteri ambientali di tutte le forniture e i materiali utilizzati da terzi per le attività del museo (dai detergenti all'organizzazione di eventi, ai trasporti di cose e di persone, ecc.).

L'approccio strategico consente di individuare i costi del processo di progressivo *inverdimento* dei musei e delle loro attività, di assegnare responsabilità e funzioni, di procedere gradualmente verso obiettivi stabiliti e verificati periodicamente.

È del tutto evidente che questo tipo di programmazione richiede una certa autonomia decisionale e amministrativa della struttura museale, per cui sarà frequente nelle realtà private e indipendenti, mentre andrà complicandosi nei musei di proprietà pubblica che dipendono funzionalmente e amministrativamente – come accade nella grande maggioranza dei musei italiani – da unità composite e superiori, caratterizzate da sistemi decisionali complessi.

3. Soluzioni innovative

La sperimentazione di soluzioni innovative per l'ottimizzazione degli usi dell'energia nei musei, per ridurre il fabbisogno o per ridurre la produzione di CO₂ e gli altri impatti ambientali può vantare una serie consistente di buone pratiche.

Queste esperienze sono andate costruendosi a partire dagli anni Novanta e hanno consentito di accumulare conoscenze e di selezionare formule sempre più efficienti e sempre più adatte alle specifiche esigenze degli istituti e delle aree archeologiche.

Alcune di queste buone pratiche sono fondate su scelte strutturali fatte al momento della costruzione di nuovi edifici museali. Altre rientrano nella categoria della riconversione, o *retrofitting*, perché consistono in interventi tecnologici o strutturali su edifici esistenti, a volte antichi. Alcune, senza modificare l'architettura e la struttura, hanno per oggetto la sostituzione di fonti convenzionali con fonti rinnovabili o a minore impatto. Altre, infine, pur con buoni risultati, si limitano a interventi di tipo gestionale.

Diffuso dal Museo Nazionale di Tecnologia di Berlino e riguardante la Germania², da uno studio si osserva che il consumo energetico degli edifici museali (valore annuo per metro quadrato) è inferiore, a volte anche in modo consistente, rispetto a quello di scuole, ospedali, caserme dei vigili del fuoco, ecc. Il dato è coerente con quello che deriva per l'Italia da stime fatte da Civita, secondo le quali, appunto, i musei sono meno energivori di altri edifici pubblici.

Ciò non toglie, però, che i margini di intervento e di risparmio che si può far seguire a un *retrofitting* o a interventi di ottimizzazione gestionale, restino interessanti e consistenti.

Dai risultati del progetto *Museums* emerge chiaramente l'ammontare del risparmio che si è ottenuto negli otto istituti partecipanti. I valori vanno da un minimo del 40 per cento a un massimo del 72³.

Nelle pagine che seguono, si propongono alcune esperienze significative di riorganizzazione di musei o di aree archeologiche all'insegna di un uso più efficiente e razionale dell'energia, in grado di contemperare le esigenze di qualità del servizio scientifico e culturale che è al centro della missione di queste realtà e il comfort per chi vi soggiorna con la necessità di ridurre sensibilmente i costi per la loro gestione e l'impegno ad alleggerire l'impronta ecologica (in termini di prelievo di risorse e di generazione di rifiuti e di emissioni).

3.1. Interventi di tipo end-of-pipe e gestionale

In molte esperienze recenti, la trasformazione degli usi dell'energia, soprattutto per illuminazione, è stata affidata a interventi *leggeri*, portati solo sulla componente finale, che non

2 Erol Bilecen, *Head Client Services Sustainable Investment, Banca Sarasin, Sustainable energy use in museums and archaeological sites*, Presentazione per il convegno *Musei Illuminati*, Civita, Roma, 23 settembre 2010

3 Erol Bilecen, *cit.*

hanno quindi implicato ristrutturazioni profonde degli ambienti, ma soltanto un diverso disegno dei punti luce o l'adozione di lampade più efficienti.

Queste modificazioni hanno consentito di conseguire un netto miglioramento della qualità visiva degli ambienti.

3.1.1. L'Hermitage (S.Pietroburgo, Russia)

Il Museo Statale dell'Hermitage di San Pietroburgo rappresenta un esempio di intervento *end of pipe*, fondato su una collaborazione con i privati, che ha consentito un risparmio energetico notevole attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti e la riorganizzazione delle fonti luminose.

Fra il 2009 e il 2010, il museo e la Philips hanno infatti dato vita a una serie di accordi per la riprogettazione dell'illuminazione interna ed esterna, la cui attuazione, già nel primo anno, ha consentito, non solo un miglioramento nettissimo dell'illuminazione, ma anche un risparmio del 45% nel Palazzo Menshinkov, grazie all'adozione di lampadine a basso consumo. I progetti in corso di realizzazione riguardano, tra l'altro, l'impiego di proiettori LED nella Galleria Jordan e nel Palazzo d'Inverno, e un importante intervento esterno sulla colonna Aleksandriyskaya, che è il simbolo della città.

3.1.2. Museo di Banbury (Regno Unito)

Sebbene sia stato aperto nel 2002, questo museo, che attira 230.000 visitatori all'anno, aveva ricevuto una classificazione G nella valutazione delle prestazioni energetiche, ovvero il piazzamento più basso, indice di inefficienza. L'analisi svolta per la redazione del *Carbon Trust Report*, che viene offerta gratuitamente ai soggetti che pagano bollette annuali superiori a 50.000 sterline, ha messo in evidenza come problema principale l'illuminazione (lampade alogene da 50 w nella galleria e negli spazi pubblici e scarso controllo delle modalità di accensione e spegnimento). Ad oggi:

- LED da 1.5w hanno sostituito le alogene da 50 w nelle aree pubbliche non espositive;
- lampade a ioduri metallici da 35w hanno sostituito le alogene da 75 e 50w nella caffetteria e nei negozi;
- sono in corso di installazione sensori di presenza e solari, per lo spegnimento delle luci nel periodo di illuminazione esterna naturale elevata o di assenza di visitatori.

Secondo le stime, queste modificazioni riducono l'impronta di carbonio del Museo di 31 tonnellate l'anno e la spesa per elettricità di oltre 5.000 sterline. Inoltre, la ridotta esposizione alla luce, grazie allo spegnimento delle luci quando le gallerie non sono frequentate, sarà

benefica per le collezioni.

3.2. Interventi di retrofitting

Il cosiddetto retrofitting consiste nella ristrutturazione parziale di edifici di antica costruzione per migliorarne l'efficienza energetica. Di norma, questi interventi sono indirizzati a migliorare l'isolamento termico dei fabbricati, allo scopo di consentire il mantenimento di un comfort climatico ottimale per temperatura e livello di umidità.

3.2.1. Il Museo Bardini di Firenze

Uno dei due istituti italiani che hanno partecipato al progetto *Museums*, il Bardini è ospitato in un imponente palazzo di stile eclettico risalente al 1880, e si configura come il tipico museo italiano: edificio ad alto valore architettonico, situato in centro storico, bisognoso di interventi di restauro, manutenzione e recupero dei requisiti di comfort interno. Sebbene la collocazione e la struttura architettonica dell'edificio abbiano posto limiti significativi alle possibili azioni di modifica, il museo è stato oggetto di importanti interventi con lo scopo di migliorarne l'efficienza energetica. I principali problemi da risolvere sono stati il miglioramento del comfort termico e di quello visivo. Tra le azioni di recupero volte a migliorare il comportamento termico, c'è la riduzione delle dispersioni del rivestimento esterno attraverso l'incremento di isolamento ottenuto con l'uso di pannelli di sughero naturale nella copertura e la riduzione delle perdite di calore attraverso la sostituzione degli elementi trasparenti (finestre) con infissi a doppi vetri.

Particolare attenzione è stata poi riservata al tema dell'illuminazione naturale e artificiale dell'edificio. Trattandosi di un edificio storico adibito a spazio museale, i problemi legati all'illuminazione sono stati molteplici (sistemi di illuminazione artificiale obsoleti e fenomeni di abbagliamento da luce naturale causati dalle finestre erroneamente posizionate). Il miglioramento dell'efficienza energetica è stato ottenuto riducendo il surriscaldamento prodotto dai vecchi impianti di illuminazione artificiale e incrementando, ottimizzandolo, il sistema di illuminazione naturale. Gli interventi principali si sono concentrati al primo piano del museo, destinato ad ospitare opere particolarmente sensibili alla luce quali tappeti, arazzi e pitture. Le pareti interne erano rivestite con un intonaco color crema, che è stato sostituito da un intonaco di colore azzurro, con un coefficiente di riflessione minore.

Inoltre, si è provveduto ad una pesante schermatura delle finestre, utilizzando vetri che limitano la penetrazione dei raggi solari, particolarmente dannosi per le opere.

3.2.2. Il Museo Pompeo Aria di Marzabotto

Gli interventi che hanno interessato il Museo Nazionale di Marzabotto, anch'esso incluso nel progetto *Museums*, riguardano in particolare la ristrutturazione di un'ala dello stabile che è stata trasformata da deposito a spazio espositivo.

Il controllo del clima interno è stato ottenuto mediante la corretta combinazione dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento attivi e passivi. Gli interventi si sono concentrati su:

- Controllo termico

Sono state applicate tecniche passive al fine di ridurre le perdite di calore attraverso l'involucro esterno durante l'inverno e controllare l'accesso dei raggi solari in estate. Nella nuova sala espositiva questa strategia è stata applicata mediante il corretto posizionamento, dimensionamento e orientamento delle vetrate.

Le pareti sono spesse e permettono di mantenere un buon isolamento termico.

- Ventilazione

In questo edificio sono state utilizzate tecniche che permettono di sfruttare la ventilazione notturna per rinfrescare l'edificio durante i mesi estivi, consentendo di ridurre al minimo l'utilizzo dei condizionatori. La ventilazione durante la notte, quando la temperatura dell'aria è più bassa, viene perciò utilizzata per "memorizzare freschezza" attraverso l'isolamento termico.

- Illuminazione artificiale

Sulla facciata a sud un dispositivo di ombreggiatura esterna regola la luce interiore. Il dispositivo di protezione solare protegge il vetro dalle radiazioni nella stagione estiva, mentre in inverno il sistema permette il controllo della luce naturale.

Le lampade negli spazi di circolazione sono controllate da sensori di illuminamento che regolano la luce artificiale in base alla disponibilità luce naturale, dei sensori ad infrarossi, inoltre, consentono l'accensione della luce solo in presenza di persone. La selezione delle tecnologie utilizzate, così come dei materiali, ha considerato le conseguenze ambientali associate con l'acquisizione, il trasporto e la fabbricazione dei materiali. Sono stati quindi presi in esame i materiali prodotti a livello locale e quei materiali che potrebbero essere riutilizzati o riciclati al termine del loro utilizzo al fine di ridurre il trasporto, l'uso dell'energia e più in generale l'impatto ambientale.

3.3. Gli edifici museali di nuova costruzione e le fonti rinnovabili

In molti musei, di costruzione recente e meno recente, si ricorre alle energie rinnovabili. In particolare, come si vedrà anche nel capitolo dedicato all'esperienza italiana (Musei Explora e A come Ambiente), è frequente l'uso di pannelli fotovoltaici.

2.3.1. Wadi al Hitan (Egitto)

Wādī al-Hītān (letteralmente, *valle delle balene*) è un sito paleontologico che si trova nel governatorato del Fayyum, nel deserto occidentale dell'Egitto.

Il sito è stata dichiarato dall'UNESCO Patrimonio dell'Umanità tra i Beni Naturali nel luglio 2005. Le strutture ed il museo a cielo aperto sono stati costruiti nel 2007 ed inaugurate ufficialmente nel 2008.

La proprietà del museo copre, secondo la scheda Unesco, 20.015 ha, mentre la *buffer zone* misura 5.885 ha. Il numero medio annuo di visitatori è stimato tra i 12.000 ed i 13.000.

Gli edifici aperti al pubblico (biglietteria, caffetteria e giftshop, due WC) e l'edificio per la sorveglianza, sono potenzialmente tutti serviti da pannelli solari.

In occasione del sopralluogo (giugno 2010), nei bagni non c'era luce ed è stato riferito che la caffetteria non aveva la possibilità di collegare un frigo perché i pannelli non lo avrebbero sostenuto.

2.3.2. California Academy of Sciences, San Francisco, USA

La nuova sede della California Academy of Sciences ha ottenuto la certificazione di museo più verde del mondo.

Realizzato in 10 anni e costato 500 milioni di dollari, l'edificio – di Renzo Piano - è coperto da un tetto vivente di 2,5 acri, coperto da vegetazione locale (1,7 milioni di piante), isolato attraverso una intercapedine di tessuto jeans riciclato triturato, un baldacchino solare attorno al tetto contiene 60.000 celle solari.

Nel 2008, l'edificio ha ottenuto il premio *Platino del Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). La realizzazione di pareti di vetro a basso contenuto di vetro consente che il 90% degli ambienti sia illuminato prevalentemente con luce naturale. Il riscaldamento è realizzato da pavimenti radianti.

Molti musei sviluppano programmi intensi di sensibilizzazione del pubblico a proposito dei temi ambientali, del destino del pianeta, di un uso responsabile delle risorse naturali, etc. Si tratta essenzialmente di iniziative divulgative e didattiche che vanno dalla semplice distribuzione di materiale illustrativo sui comportamenti energetici virtuosi, all'organizzazione di laboratori e/o eventi espositivi sul tema, fino all'incentivo di buone pratiche ambientali, quali il piantare alberi o usare dispositivi per il riciclaggio dei rifiuti. Questi programmi sono posti in essere non necessariamente da musei di storia naturale o da science centre, e sovente troviamo richiami di questa natura nei contesti disciplinari più disparati. Si tratta di iniziative encomiabili, ovviamente.

Più complesso e articolato è però il caso in cui il museo voglia, in prima persona, comportarsi in maniera sostenibile cioè ispirare la propria azione e gestire le proprie strutture con particolare attenzione al risparmio energetico, per esempio. E non solo per un orientamento genericamente ambientalista, ma anche sulla spinta della crescente necessità di individuare soluzioni sostenibili dal punto di vista economico, a fronte delle contrazioni delle risorse economiche destinate al funzionamento dei musei, un po' ovunque nel mondo (non ultime le polemiche inglesi sulla possibile "dissoluzione" di Museums Libraries Archives Council nell'Arts Council oppure i tagli ai salari dei dipendenti dei musei statali in molti paesi europei). Emerge il tema del museo energeticamente virtuoso, non solo per convinzione, ma anche per necessità.

Tema complicato che non si può affrontare semplicemente dal punto di vista tecnologico soprattutto in paesi, come l'Italia, dove moltissimi musei sono ospitati in edifici storici, sottoposti a forti vincoli da parte delle amministrazioni direttamente competenti, il che di per sé, costituisce spesso un limite alle possibilità di intervento, in particolar modo in termini di innovazione tecnologica e installazione di impianti per la produzione di energia alternativa, per non dire dei vincoli strutturali e della necessità di rispettare le stratificazioni storiche della struttura e della "pelle" degli edifici.

Su questo tema il 16 giugno 2010 l'Associazione Civita ha riunito un ristretto, ma articolato gruppo di esperti, tra cui, oltre a chi scrive, il professor Vincenzo Naso e l'ingegner Fabrizio Giamminuti della Facoltà di Ingegneria dell'Università "La Sapienza" di Roma, il professor Carlo Lannutti e l'architetto Federica Cerroni, della Facoltà di Architettura della stessa Università, il professor Claudio Mayottini della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università di Modena e Reggio Emilia, l'avvocato Francesco Caroleo e il dottor Daniele Muneroni, rispettivamente consulente legale e Chief Financial Officer della società di investimenti Sopaf, promotrice di questa iniziativa e di altre che Civita ha condotto su questo stesso tema.

Dal Forum sono emerse alcune indicazioni utili, crediamo, per quei musei che vogliono contribuire alla sostenibilità propria e del Paese, poggiando su alcune considerazioni di carattere generale, di cui, la prima, e più evidente, è che i musei sono grandi consumatori di energia, forse uno dei maggiori tra le strutture di pubblica utilità, malgrado il fatto che solo un 3-5% dei circa 40mila musei europei superi i tremila metri quadri di superficie espositiva.

La fame di energia delle istituzioni museali dipende, sostanzialmente, dalle due principali funzioni che il Museo deve assolvere: da una parte, la tutela del patrimonio che esso conserva o riceve in prestito da altri musei in per esposizioni temporanee (per la maggior parte sensibile alle condizioni climatiche degli spazi che li ospitano) il che implica il perseguimento di condizioni di stabilità in ordine alla temperatura, umidità relativa, abbattimento delle particelle e dei microrganismi ecc. che sono molto onerose e non sempre perseguibili dati i vincoli prima indicati. Ma anche sull'altro versante che è quello della interpretazione e comunicazione delle collezioni abbiamo assistito negli ultimi decenni a un notevolissimo incremento del fabbisogno energetico.

Gli allestimenti di nuova generazione in cui vengono creati ambienti dal forte impatto scenografico, con una presenza con sistemi illuminotecnici sempre più sofisticati hanno cambiato il modo di comunicare dei musei europei e ne hanno anche enormemente aumentato la attrattività verso i più diverse tipi di pubblico, ma sono anche diventati "dispositivi" sempre più costosi sia intermini di installazione che di manutenzione, e pure di aggiornamento giacché la componente tecnologica è anche in queste applicazioni soggetta a rapida obsolescenza. È vero che lo stesso sviluppo tecnologico a volte fornisce soluzioni nettamente migliorative in riferimento ai consumi energetici (basti pensare ai LED) ma nel complesso possiamo certamente dire che l'"ambiente museale" contemporaneo tendenzialmente privo di luce naturale, fittamente cablato, totalmente condizionato, dotato di complessi apparati di monitoraggio e sicurezza, attento al

comfort fisico del visitatore e quindi spesso dotato di ristorante, bar, etc, con conseguenti consumi energetici e problemi di smaltimento di residui, insomma questo museo nuovo, affascinante, competitivo con le altre visitors attractions che popolano il paesaggio delle destinazioni turistiche, è un museo costoso sia in termini di investimento in capitale fisso, che di gestione. Ed è anche un museo con una importante bolletta energetica. Una politica di risparmio energetico va quindi a toccare molti temi importanti, fino da andare potenzialmente contro tendenza. I principi della architettura orientata al risparmio energetico (per esempio in merito alla ventilazione naturale, sfruttando l'"effetto camino", oppure con abbondante illuminazione naturale) possono confliggere seriamente con le necessità di conservazione delle collezioni, e con la efficacia della messa in scena museale.

Questioni complicate di cui, oltretutto, si parla poco e con background molto, se non troppo diversi. Poste queste premesse, il tavolo di lavoro attivato da Civita ha prodotto alcuni primissimi spunti, molto schematici, che, però, riteniamo possano essere utili a creare le basi per uno sviluppo delle riflessioni e delle soluzioni che le problematiche legate a questo tema impongono:

- è necessario, in primo luogo, definire, e trovare un accordo tra amministratori, curatori e gestori dei servizi, rispetto alla nuova funzione sociale del Museo, che sempre più, oggi, si trasforma da luogo della conservazione in spazio di aggregazione.

Questo, naturalmente, richiede spesso il protrarsi degli orari di apertura, l'organizzazione di inizia-

tive che travalicano le semplici e tradizionali attività espositive, creando, quindi, la necessità di un impiego di energia superiore a quello che sarebbe normalmente bastevole e imponendo criteri di gestione complessiva differenti e adeguati richiedendo una impiantistica più flessibile che consenta l'uso del complesso museale "per lotti" secondo le esigenze emergenti;

- *altrettanto importante è garantire l'integrazione e il dialogo tra le eterogenee professionalità coinvolte. Il tema, infatti, richiede un pensiero e una progettazione complessivi e sinergici, laddove, in Italia, oggi vige ancora la separazione delle competenze e delle responsabilità, per cui spesso chi tiene la gestione del museo non è consapevole dei costi energetici che la struttura impone, e dunque è meno sensibile a queste voci di costo; mentre, d'altra parte, chi è chiamato alla progettazione di nuovi edifici museali non viene sensibilizzato abbastanza rispetto al tema della sostenibilità energetica, che è ancora troppo negletta nei nostri bandi di gara per la realizzazione dei cosiddetti musei di nuova concezione.*
- *In un'ottica di valutazione complessiva dei comportamenti energetici, il contesto italiano suggerisce che si dia uguale peso ad un uso appropriato dell'energia che all'impiego di fonti energetiche alternative.*

È, infatti, vero che, se le soluzioni a lungo termine economicamente più vantaggiose e sostenibili da un punto di vista ambientale, possono essere legate all'installazione di impianti specifici (per esempio, i pannelli fotovoltaici), è altresì vero che esse sono spesso incompatibili, come dicevamo, con le esigenze e i vincoli degli edifici storici che ospitano le collezioni.

Ed è anche vero che spesso, soluzioni molto sofisticate hanno costi di manutenzione proibitivi.

- *In molti casi, piccoli accorgimenti, come, per esempio, il cambio del contratto energetico, la semplice sostituzione delle lampadine tradizionali con quelle a basso consumo, la turnazione di apparati multimediali, un serio programma di monitoraggio dei serramenti, la sistematica adozione delle bussole (troppo spesso ingorate nella progettazione e persino degli spazi per mostre temporanee) possono contribuire a ridurre sensibilmente le spese, diciamo l'avvio di una cultura minima, quasi domestica, del risparmio energetico.*
- *Dove possibile immaginare l'installazione di impianti per la produzione di energie alternative, tenendo in considerazione che il loro uso spesso garantisce una sovrapproduzione energetica che può essere distribuita altrove.*

È questo, in particolare, il caso in cui le aree archeologiche, facendo le dovute verifiche, possono rivelarsi strategiche. Da un calcolo puramente amatoriale fatto sull'area archeologica di Vulci, risulta che la copertura a pannelli solari di quattro pensiline, oltre a garantire la funzionalità energetica dell'area, abbatterebbe il costo della bolletta per il funzionamento di uffici dell'amministrazione competente. In questo senso, è importante che proprio le amministrazioni locali facciano riflessioni complessive sull'uso delle energie alternative, e che, a livello centrale, vengano individuati incentivi specifici che stimolino e facilitino investimenti in questo senso.

- *L'atteggiamento virtuoso dei musei andrebbe, inoltre, incentivato attraverso l'adozione di specifiche certificazioni energetiche, mutuabili*

da altri contesti edilizi, immaginando, però, parametri che misurino l'effettiva soglia di certificabilità dei musei, diversificando i casi a seconda delle differenze strutturali e vocazionali dei vari istituti museali.

L'attenzione recentemente rivolta al tema dal nostro Ministero per le Attività e i Beni Culturali, e in particolare dalla Direzione Generale per l'Innovazione, le misure recentemente adottate anche in accordo con il Ministero dell'Ambiente, oltre al lavoro di alcuni tavoli per la definizione di specifiche linee guida

destinate ai musei, e per una migliore conoscenza del tema, lasciano ben sperare in un futuro di musei "illuminati" ed "energizzati", oltre che dalla luce solare, anche da quella del raziocinio delle soluzioni. Ma il cammino è lungo e non semplice da percorrere.

Massimo Negri
Direttore European Museum Academy

L. Maria Rita Delli Quadri
Responsabile Centro Studi
"G. Imperatori", Associazione Civita

Negli anni a venire musei e gallerie sentiranno parlare sempre più di impronta ambientale. Mentre cresce la pressione per ridurre le emissioni, causa dell'effetto serra, l'impronta ambientale potrebbe essere uno dei principali dati da conoscere, alla stregua della presenza annuale di pubblico. Per molti musei (ma non per tutti) ci vorrà ancora qualche anno. Alcuni musei invece, stanno già usando l'impronta ambientale per conoscere meglio il proprio consumo energetico, oltre agli altri impatti negativi per l'ambiente, e per sviluppare un piano per ridurre le emissioni causa dell'effetto serra (oltre che per risparmiare denaro).

Il Carbon Trust (ente pubblico che supporta l'efficienza energetica nel Regno Unito), descrive l'impronta ambientale nella sua forma più semplice, "E' la somma di tutte le emissioni causate direttamente e indirettamente da un individuo, organizzazione, evento o prodotto".

Come mostra questa guida, i musei usano il termine "impronta ambientale" per descrivere una serie di azioni, dall'analisi per capire le aree del museo con il maggior consumo energetico ad un audit molto più ampio di tutti i potenziali modi per essere più ecologici. Esistono tre ragioni principali per cui è importante che un museo conosca la propria impronta ambientale:

1) Le impronte ambientali aiutano a dare priorità ai miglioramenti

Il clima del nostro pianeta sta cambiando e le risorse naturali si stanno esaurendo: ogni organizzazione sa di dover tutelare l'ambiente. Ma ci sono dozzine di cose che un museo può fare, e l'impronta ambientale aiuta a determinare quali siano le migliori. Simon Townsend, del Museo di Banbury, richiese un'impronta ambientale perché: "sapevamo quanta energia consumavamo, ma non sapevamo quanta energia veniva utilizzata in ogni parte della nostra attività, ad esempio la percentuale consumata dal sistema di climatizzazione o dall'illuminazione".

2) Le impronte ambientali aiutano a giustificare la richiesta di investimenti

Grazie ai fondi disponibili per apportare migliorie ecologiche, i musei stanno scoprendo che conoscere la propria impronta ambientale li aiuta a giustificare la richiesta di investimenti.

Matt Stevens, del Museo di Church Farm spiega: "Se non sei in grado di quantificare una cosa è difficile sostenerla".

Grazie all'impronta ambientale del Museo di Church Farm, "posso dire che se investo X sterline in impianti fotovoltaici o per la raccolta di acqua piovana, mi ripagherà Y sterline o Z sterline l'anno. Grazie a questo ottengo risposte migliori rispetto a se fossi vago nelle mie proposte e dicessi: "Non sarebbe bello se potessimo fare un po' di questo e un po' di quello?".

3) Governi e finanziatori si aspettano sempre più le impronte ambientali

Le società che finanziano, supportano e governano i musei puntano sempre più a ridurre le emissioni di carbonio.

Ciò significa che sono interessati all'impronta ambientale del museo e soprattutto a come ridurla.

Il Department for Culture Media and Sport (DCMS) - Ministero responsabile per il sostegno delle arti e delle istituzioni culturali nel Regno Unito – ha un proprio budget per la riduzione delle emissioni di carbonio.

Infatti, i musei finanziati direttamente dal DCMS sono già sotto pressione per conoscere la propria impronta ambientale e stabilire gli obiettivi per ridurla. A breve, il DCMS amplierà le proprie prospettive e spingerà tutte le organizzazioni culturali in Inghilterra a conoscere e ridurre le loro emissioni di carbonio.

In parte lo faranno organizzazioni facenti parte del DCMS.

L'Heritage Lottery Fund (HLF) ha appena iniziato a sperimentare un approccio all'impronta ambientale per i suoi maggiori progetti (oltre 5 milioni di sterline). Approccio progettato per aiutare i richiedenti a comprendere l'impatto ambientale delle loro proposte e per capire come ridurlo durante un dettagliato lavoro di sviluppo. Se avrà successo, verrà introdotto per tutti i progetti di oltre 1 milione di sterline. HLF è stata la prima lotteria a farlo e molto probabilmente altri grossi finanziatori seguiranno il suo esempio.

Lo Schema di Accreditamento, gestito dal Museums Libraries and Archives Council (MLA).

Le autorità locali stanno sempre più stabilendo i propri obiettivi per la riduzione di carbonio.

Katie Pekacar di MLA spiega che due terzi di loro hanno scelto l'NI186 per la riduzione di carbonio pro capite e, mirano a ridurre le emissioni di tutti i servizi comunali, soprattutto quelli con gli edifici più grandi che saranno in cima alla lista per un'attenzione più specifica. Con la dichiarazione dell'Higher Education Funding Council per l'Inghilterra, le università si

stanno impegnando a ridurre le emissioni di carbonio del 48% per il 2020 (rispetto ai livelli del 2005).

Calcolare l'impronta ambientale: come si comportano i musei

I musei hanno quattro canali per calcolare l'impronta ambientale: possono dotarsi di specifici sistemi di misurazione, ricorrere all'aiuto di un consulente, usare strumentazioni fai da te, ottenere un certificato energetico. In ogni caso i musei hanno previsto confronti con esperti, che si sono rivelati molto utili.

L'uso dei sistemi di misurazione specifici

Le impronte ambientali distinguono le emissioni di un'otipologie di emissioni:

1) Emissioni dirette generate dall'organizzazione.

Nel caso dei musei è probabile che si limitino al consumo di gas o di altri combustibili in loco e combustibili usati dalle vetture dell'organizzazione;

2) Emissioni indirette generate da elettricità (e riscaldamento o vapore) acquistati dall'organizzazione;

3) Emissioni indirette generate da risorse al di fuori del controllo del museo come gli spostamenti del personale e dei visitatori, lo smaltimento dei rifiuti, il consumo d'acqua, servizi e forniture.

Tutte le impronte ambientali dovrebbero comprendere gli impatti dei primi due ambiti (anche se i Certificati Energetici non li includono), mentre esistono diversi approcci per trattare il terzo, come dimostra l'esperienza del Museo di Church Farm. Il museo ha utilizzato due sistemi specifici molto diversi per calcolare la propria impronta ambientale. Prima ha utilizzato il sistema di calcolo "Turning Green" del Rural Museums Group. Questo ambizioso sistema prende in considerazione una vasta gamma di fattori come lo spostamento del visitatore, il negozio del museo e i materiali di costruzione, oltre al consumo energetico. Di conseguenza,

ha dato al museo il totale più alto rispetto a tutti gli altri sistemi di calcolo più rigorosi. Matt Stevens del museo spiega, "gli spostamenti dei visitatori hanno dimostrato di avere un forte impatto ambientale (ma) la maggior parte delle organizzazioni li considerano solo di sfuggita, e non li prendono in considerazione". Forse, il sistema di calcolo "Turning Green" del Rural Museums è troppo accurato per un museo che sta iniziando a diventare ecologico.

Il Museo di Church Farm ha inoltre utilizzato il sistema "Green Museums" commissionato negli East Midlands che viene introdotto ora anche nell'Inghilterra orientale. Stando a chi l'ha adottato, "il sistema è magnifico. Si presenta con un format molto accessibile, calcola il consumo effettivo, identifica le aree di cambiamento, dà loro la precedenza e produce persino un progetto di politica ambientale... entro poche ore un museo può essere guidato attraverso il processo ottenendo risultati molto pratici e concreti adatti al proprio sito".

Il ricorso ad un consulente

Il Carbon Trust ha calcolato gratuitamente le impronte ambientali di molti musei. Nigel Thompson del Museo di Manchester trovò il rapporto del museo molto più utile rispetto alle precedenti perizie sul consumo energetico. Dopo due ore di confronto per capire le esigenze del museo, un esperto di risparmio energetico passò tre giorni ad analizzare ogni aspetto dei loro consumi e a fornire consigli.

[Link alla casistica del Museo di Manchester]. La prima esperienza del Museo di Banbury fu meno soddisfacente, dal momento che l'esperto non aveva parlato prima con il personale del museo.

Lo invitarono di nuovo e aiutandolo a comprendere meglio le loro necessità, trovarono il successivo rapporto

molto più utile. Dalla metà del 2010, inoltre, le gallerie d'arte a Londra hanno diritto a valutazioni gratuite delle loro impronte ambientali, come parte di una ricerca per produrre una Guida Verde per le Arti Visive, commissionata dal Sindaco di Londra.

L'impronta ambientale fai da te

Il Victoria & Albert Museum decise di calcolare la propria impronta ambientale totalmente da sé, grazie ad una consulenza gratuita, disponibile perché il museo era partner in un progetto di risparmio energetico finanziato dal Governo relativo all'intero quartiere storico di South Kensington. Si è trattato di un'esperienza molto utile che ha permesso di stimare gli impatti derivanti dalle mostre e dall'uso delle nuove tecnologie.

Certificati energetici

Tutti gli immobili pubblici di oltre 1000 metri quadri per legge devono avere Certificati Energetici che classificano l'efficienza energetica dalla A alla G. I certificati sono accompagnati ad un rapporto di consulenza, ma sono molto brevi e generici e in genere i musei non li trova utili.

Inoltre, sono piuttosto carenti rispetto ai criteri di misurazione, che prevedono solo le emissioni di elettricità e gas. Ciò significa che non coprono tutte le emissioni previste dagli ambiti 1 e 2 sopra descritte.

Tuttavia, i certificati possono incentivare i musei a migliorare, dal momento che sono pubblici, semplici da comprendere, vengono ripetuti ogni anno e permettono una comparazione fra i musei.

Cosa hanno imparato i musei dalla propria impronta ambientale

Le informazioni ottenute dalle impronte ambientali sono diverse per ogni museo ma ci sono alcune indicazioni generali. La cosa più importante è la riduzione del consumo energetico. Per la maggior parte dei musei sarà molto più efficace

che cercare di ottenere energia da risorse rinnovabili e sicuramente meglio della compensazione del carbonio.

- *L'illuminazione è una fonte significativa di emissioni – l'edificio principale del V&A di South Kensington consuma il 29% di energia solo per questo. I musei di Manchester e Banbury hanno trovato che migliorare l'illuminazione è uno dei modi più facili ed efficaci per ridurre il consumo energetico.*

- *Gli impianti di condizionamento, soprattutto per il refrigeramento, consumano molta energia. A breve si tenterà di ridurre il consumo energetico migliorando la manutenzione e il controllo dei sistemi.*

Ulteriori migliorie potrebbero essere apportate sostituendo i kit e impostando obiettivi meno rigorosi per il controllo della temperatura e dell'umidità.

- *Controllo dell'energia.*

Capire, analizzare e controllare meglio il consumo energetico può portare ad un sostanziale risparmio soprattutto se associato alla formazione del personale e ad una maggiore consapevolezza.

- *Le Mostre non sono così significative. Il V&A ha scoperto che meno del 5% delle sue emissioni di CO2 sono dovute alla combinazione di importanti mostre temporanee e mostre al di fuori del museo, mentre l'uso di tecnologie dell'informazione (IT) è responsabile di oltre l'11% delle sue emissioni.*

- *Lo spostamento dei visitatori è forse la maggiore fonte di emissioni, anche se l'impronta ambientale solitamente non lo prende in considerazione.*

- *Le risorse energetiche variano nel contribuire alle emissioni di CO2. Amanda Wallace della Galleria d'Arte di Manchester spiega, "gli edifici che usano un'elevata quantità di elettricità tenderanno ad*

andare piuttosto male".

Le risorse energetiche alternative sono costose e necessitano di un approccio a lungo termine, ma sono efficaci.

Nel 2006, Il V&A e il Natural History Museum hanno introdotto un sistema di Cogenerazione di Calore ed Energia (CHP) che è stato il maggiore contributo nella riduzione di emissioni del V&A.

Capire i numeri

Il calcolo delle impronte ambientali genera numeri che possono essere complicati da interpretare. Di seguito alcuni indicatori e avvertimenti. E' difficile, se non impossibile, paragonare i risultati delle impronte ambientali perché valutano cose diverse. Per rendere le cose ancora più complicate, a volte i risultati vengono espressi in termini di CO2 e a volte in kilowatt/ora.

Questi dati non possono essere paragonati direttamente, dal momento che diversi tipi di combustibile emettono diverse quantità di CO2 per ogni kilowatt/ora che producono. Ancor più sorprendente, nei calcoli standard, l'elettricità produce tre volte emissioni di CO2 rispetto al gas, quindi è errato pensare che l'elettricità sia una risorsa di energia verde (anche se l'elettricità generata da fonti rinnovabili può esserlo).

Interpretare i numeri è un punto in cui i musei potrebbero aver bisogno dell'aiuto di un esperto.

Le impronte ambientali solitamente vengono misurate in tonnellate di diossido di carbonio prodotte per anno: tCO2e pa.

Di seguito alcuni esempi:

- *Per quanto riguarda il combustibile, l'edificio principale del V&A a South Kensington produce circa 6000 tCO2e pa, più altri 1000 tCO2e pa circa dagli spostamenti degli impiegati, dalle mostre itineranti, dai negozi e dal Museo dell'Infanzia.*

- Il primo Certificato Energetico (DEC) classificato G del Museo di Banbury mostra emissioni di 203 tCO₂e pa. Il rapporto della sua impronta ambientale mostra un consumo di energia di circa 500,000 kilowatt/ora l'anno.

- Per quanto riguarda il combustibile, il Museo di Manchester era appena sotto le 800 tCO₂e pa o circa 1.850,000 kWh pa. Gli spostamenti dei dipendenti aggiungevano un ulteriore 13 tCO₂e pa, con un totale di circa 812 tCO₂e pa – o almeno questo è il risultato presentato dal Carbon Trust, anche se il suo DEC era molto più alto con circa

1400 tCO₂e pa.

Le emissioni totali annuali sono importanti, ma in parte dipendono dalle dimensioni del museo. Per capire come viene usata l'energia è molto comune calcolare il consumo energetico per metro quadro. Probabilmente questo è il dato critico che i direttori dei musei dovrebbero conoscere.

È la base della classificazione dei Certificati Energetici.

Un altro dato paragonabile utile potrebbe essere il consumo energetico per visita.

	tCO ₂ e pa	Classificazione DEC
Museo di Saffron Walden	44	B
Museo di Captain Cook	148	F
Galleria d'Arte Lady Lever	169	B
Museo di Merseyside Maritime	1654	G
Tate Britain	6531	G
Natural History Museum	11036	E

Interpretare i Certificati Energetici

In maniera molto semplice, A è buono, D è "tipico" e G è insufficiente. Ma i Certificati Energetici (DEC) offrono anche altre informazioni. I DEC per il 2008-9 mostrano una forte emissione di CO₂ da parte dei musei.

Di seguito alcuni esempi:

La classificazione da A a G del DEC nasce da un "punteggio" dove 100 è descritto come "tipico" e 0 è in teoria il migliore possibile. Il punteggio si basa sul rendimento energetico e prende in considerazione il perimetro dell'edificio (che non è direttamente collegato alle emissioni totali di CO₂).

Il DEC esprime l'efficienza energetica

in kilowatt/ora per metro quadro l'anno. Ad esempio, il Certificato Energetico della Galleria d'Arte di Manchester mostra un consumo di 590 kWh/m² pa. Come molti musei, è classificata G, la peggiore categoria che comprende tutto ciò che ha un punteggio di oltre 150. All'interno di questa categoria, è molto in basso con un punteggio di 213. Il museo con il peggior punteggio è la Tate Modern, con un punteggio di 334 nel 2008-9. Il parametro "tipico" usato per calcolare i punteggi DEC è 270 kWh/m² pa, di cui 70 kWh/m² pa generato dall'elettricità e 200 kWh/m² pa da combustibili fossili (gas). Questi

parametri sono adattati prendendo in considerazione la zona del paese in cui si trova l'edificio, il clima e gli orari di apertura, (nel caso della Galleria d'Arte di Manchester, questi fattori hanno portato il parametro da 270 a 363 kWh/m² pa).

Dati comparativi molto diversi sono risultati nell'impronta ambientale del Museo di Manchester: un parametro di 212 kWh/m² pa e un buon dato di appena 155 kWh/m² pa.

Nasce l'esigenza di uno sviluppo più sofisticato ed una maggiore comprensione dei metodi di calcolo e dei parametri. Per esempio, il DEC prende in considerazione solo il perimetro e non il volume degli edifici, quindi i musei con soffitti alti ottengono un punteggio peggiore rispetto a quelli con i soffitti bassi.

Vale la pena notare che il rendimento degli edifici può essere anche misurato in tonnellate di CO₂ equivalenti per metro quadro l'anno. In termini di emissioni di CO₂, il parametro DEC è equivalente a 76.5 kgCO₂e/m² pa.

Per le sue nuove gallerie il V&A mira a ottenere 71 kgCO₂e/m² pa.

L'impronta ambientale del Museo di Manchester è di 68 kgCO₂e/m² pa in tutto l'edificio. Tuttavia, questi dati non sono paragonabili dal momento che vengono calcolati usando diverse metodologie.

Cosa fanno i musei con le informazioni sulla loro impronta ambientale

I musei stanno compiendo una vasta gamma di azioni per ridurre la propria impronta ambientale. Gli esercizi per il calcolo dell'impronta ambientale hanno permesso ai musei di riflettere sui seguenti punti:

- il comportamento del personale può fare una grossa differenza. Dopo aver calcolato la propria impronta ambientale il Museo di Manchester ha commissionato al Global Action

Plan la formazione dei suoi dipendenti.

- Investimenti capitali per migliorare alcune aree, come illuminazione e isolamento, sono a disposizione per i musei che fanno parte di università o autorità locali. Le impronte ambientali spesso mostrano nel dettaglio costi e risparmi per i cambiamenti, facilitando la richiesta di investimento.

- Capire meglio il consumo di energia. Capire come funziona l'edificio aiuta a pianificare i risparmi. I contatori aiutano a evidenziare le zone con eccessivo consumo di elettricità e a monitorare il consumo d'acqua.

- Ripensare al design della galleria può far risparmiare energia tramite, ad esempio, un maggiore uso della luce naturale o proteggendo gli oggetti delicati in vetrine dedicate.

- Sfruttare le proprietà connesse all'edificio. Alcuni musei stanno prendendo in considerazione la riapertura di vie di ventilazione da tempo sigillate, progettate in origine per rinfrescare sfruttando il naturale flusso dell'aria.

Il Whitworth sta pensando di spostare tutto il suo magazzino nel seminterrato, dove le condizioni climatiche sono naturalmente più stabili.

- Ripensare il sistema di condizionamento. Molti musei stanno mettendo in dubbio gli stretti parametri dettati per temperatura e relativa umidità. Inoltre, le impronte ambientali hanno permesso ai musei di venire a conoscenza di possibili risorse alternative per il raffreddamento dell'aria. Il museo di Banbury, ad esempio, si trova accanto ad un canale che potrebbe offrire una fonte di raffreddamento. South Kensington è stata costruita sopra un acquedotto naturale che potrebbe svolgere lo stesso compito. Queste sono soluzioni a lungo termine ma offrono un forte potenziale per la riduzione delle emissioni.

- *Intraprendere un approccio olistico. Prendendo in considerazione la maggior parte dei punti sopra elencati, durante la sua attuale riqualificazione la Galleria d'Arte Whitworth spera di ridurre le emissioni complessive del 10-15% e al tempo stesso di aumentare di un terzo lo spazio al pubblico.*

- *Apportare piccole modifiche. Anche le piccole cose aiutano: ad esempio, installare rubinetti a tempo per ridurre il consumo d'acqua e sensori per spegnere le luci quando le stanze non sono occupate.*

- *Stabilire o meno degli obiettivi. Per il 2010, il V&A mira a ridurre del 25% la sua impronta ambientale rispetto al 2005. Se il Museo di Manchester riesce a sostituire tutte le sue luci con luci a LED, per il 2012 spera di ridurre il consumo energetico del 40% rispetto al 2006.*

Altri musei, invece, non sono ancora in

grado di definire i propri obiettivi, ma hanno acquisito una consapevolezza rispetto al tema.

- *Continuare a pensare.*

Il risparmio energetico è un processo abbastanza complesso – e si può rischiare di peggiorare una situazione mentre si tenta di migliorarne un'altra”.

- *Restare aggiornati.*

Ciò che qualche anno fa poteva sembrare una buona tecnologia oggi potrebbe essere cambiata, mentre cambiano regimi di finanziamento tariffe feed-in per energia autogenerata. Dietro a tutto ciò, c'è una matematica abbastanza complessa per capire quali potrebbero essere il ritorno annuale e i fattori di manutenzione.

- *Dirlo al mondo, cioè, usare tutti i canali di comunicazione possibili per dare evidenza la tema e a quanto i musei fanno in questo senso.*

*Maurice Davies
Museum Association, UK*

Energia nei musei

In Italia sono molto pochi gli edifici museali nati allo scopo di contenere un museo. Gli esempi storici come la Galleria degli Uffizi, Villa Borghese, alcune sale dei Musei Vaticani si sommano a pochi esempi di architetture museali degli Anni Cinquanta. Nel resto dell'Europa e principalmente negli Stati Uniti siamo di fronte ad una vera e propria architettura del museo in cui gli spazi espositivi vengono progettati in funzione dei diversi servizi che il museo deve offrire: da quelli espositivi, a quelli di conservazione, di rappresentanza, di studio-ricerca sperimentazione, di gestione amministrazione fino a quelli destinati specificatamente al pubblico. In tutti i casi l'edificio museo non costituisce solo un contenitore ma diviene esso stesso parte dell'esposizione. Storicamente in Italia i grandi musei sono ubicati all'interno di palazzi storici (regge, palazzi civili, residenze e ville nobiliari, complessi ecclesiastici, etc.) e pertanto soggetti alle politiche dei beni culturali che, giustamente, ne tutelano e salvaguardano l'identità e la conformazione storica. Il museo quindi trova sede in luoghi molto diversi: il 27% in case e palazzi storici, il 30% in chiese e conventi, il 20% in rocce e castelli, il 10% va riservato a scavi di tipo archeologico-classico e parchi. Quando si parla di museo è limitativo pensare solo ad una raccolta di oggetti esposti e conservati in un edificio specificamente adibiti ad accogliere i visitatori. Questa circostanza impone una serie di condizioni alla gestione del museo di cui è necessario tener conto: dalla difficoltà e/o impossibilità di inserire ascensori, alla mancanza di spazi per gli impianti e i laboratori o servizi aggiuntivi, fino al sovraffollamento dei depositi. L'edificio infatti è talvolta, per non dire nella maggior parte dei casi, esso stesso un bene storico ed artistico, sia per il suo valore architettonico, quanto per i vari manufatti di cui funge da supporto (affreschi, incisioni, bassorilievi, etc.). L'edificio storico, così come quello concepito *ex novo*, riutilizzato ed adibito a nuove funzioni, è un sistema che deve soddisfare molteplici vincoli: sicurezza delle strutture e delle persone, conservazione dei materiali e opere d'arte, funzionalità e comfort. La complessità di tali vincoli richiede la coordinazione e la cooperazione da parte di molti soggetti competenti. Il museo è anche un patrimonio al centro delle problematiche legate alle trasformazioni economiche ed energetiche. Le attuali trasformazioni turistiche, tecnologiche, economiche ed energetiche inducono ad una riflessione di fondo su come affrontare ed eventualmente razionalizzare questi cambiamenti.

La questione risulta poi alquanto complessa se si pensa che il concetto stesso di museo è cambiato e con esso anche l'approccio del visitatore ad esso. Le funzioni principali del

energia nei musei

museo possono essere ricondotte ai concetti di “conservazione” e di “esposizione”. L’esigenza di coniugare queste funzioni, contraddistingue e coinvolge molti aspetti della vita del museo: pratici, istituzionali economici e tecnici. I musei spesso conservano la funzione originaria di contenitore di opere diverse, esposte ai visitatori e oggi dovrebbero essere considerati come luoghi in cui manufatti preziosi dovrebbero trovare possibilità di protezione e conservazione. Bisogna però pensare che la parola “fruizione” delle opere ha del tutto sostituito quella di “godimento” con le connesse conseguenze anche sul piano della gestione. La complessità dei fattori ed attori coinvolti nel sistema museo, il dover predisporre l’accoglienza di un pubblico che rivendica diversi livelli di offerta culturale, il proseguimento dell’attività di studio e di ricerca (archiviazione e catalogazione), il dover far fronte a diverse legislazioni adottate nei diversi Paesi, la riduzione dei costi, la riduzione dei consumi e la razionalizzazione d’uso dell’energia, sono esigenze che richiedono competenze ed interdisciplinarietà, trasversalità, coordinamento e collaborazione con diverse figure professionali, da parte dei responsabili della conservazione.

La scienza della conservazione preventiva è una materia vasta ed articolata che coinvolge l’attività di diverse figure professionali e tecniche riguardando molti campi, dalla chimica alla geologia, dall’ingegneria strutturale a quella impiantistica e termotecnica, dalla scienza dei materiali all’ingegneria ambientale e alla fisica tecnica, fino a toccare settori ed aree anche di ricerca applicata più tecnologiche come la radiologia e i moderni metodi di indagine sulle opere d’arte (cromatografia, spettrofotometria, microscopia elettronica, sistemi di controllo integrati per il controllo della luce e/o effetti sinergici di origine foto-indotta, etc.).

Qualsiasi ragionamento sulle possibilità di risparmio energetico e di miglioramento delle prestazioni nella gestione museale dovrebbe prendere le mosse da un’analisi approfondita sulla conservazione e valore dell’identità del museo, della struttura storica ed architettonica che lo ospita, delle problematiche di inserimento di tecnologie e di impianti (illuminazione e climatizzazione), della necessità di condurre ampie ed accurate campagne di misura connesse a studi e ricerche specifiche nonché analisi di termofluidodinamica computazionale e di simulazione illuminotecnica. La carenza di questo supporto necessario per una corretta gestione ed uso delle risorse (energetiche ed economiche) del museo porta oggi ad una realtà museale che presenta anomalie non indifferenti da un punto di vista economico, i cui effetti si riscontrano nelle difficoltà di affrontare le spese connesse alla tutela e conservazione così come quelle inerenti la manutenzione straordinaria.

Si tratterebbe quindi, di studiare meglio il rapporto tra risorse e risultati per ciascuna attività compiuta dal museo, eventualmente ricostruendo il conto economico, distinguendo le voci relative ai processi di investimento (restauro, conservazione, manutenzione etc) da

quelle direttamente riconducibili all'attività di gestione della struttura e degli impianti. In questa ottica risulta fondamentale la valutazione delle prestazioni della gestione complessiva, delle possibilità di riduzione dei consumi, fatto che comporta la definizione di indicatori qualitativi e quantitativi di prestazione energetica, economica e di offerta.

Sono essenzialmente tre i settori in cui sarebbe possibile intervenire per ridurre i consumi di energia migliorando le prestazioni (energetiche-termofisiche, economiche, espositive e di offerta di servizi) di un museo, partendo dalla consapevolezza che il museo (specie nel caso di museo contenuto nell'edificio storico e/o edificio storico come museo) è di fatto un sistema complesso: il settore relativo agli impianti volti al controllo del microclima, quello relativo ai sistemi e tecniche di illuminazione naturale ed artificiale ed infine quello economico di gestione-amministrazione. Bisogna comunque sottolineare che ciascun intervento inerente uno dei tre settori sopra detti inevitabilmente interagisce ed ha conseguenze dirette sugli altri.

Gli impianti nel museo contenuto nell'edificio storico e nell'edificio storico come museo.

Gli impianti di climatizzazione costituiscono uno dei problemi più rilevanti nella costruzione, nella riqualificazione e nell'adattamento degli spazi museali.

D'altra parte la soluzione impiantistica è strettamente connessa alle potenzialità di risparmio energetico ma anche economico. Basti solo pensare ai costi necessari per una corretta gestione e manutenzione degli impianti. Preliminare alla scelta tipologica dell'impianto, e alla relativa progettazione, è l'individuazione delle condizioni microclimatiche interne: i valori che le variabili inerenti (temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria, qualità dell'aria) assumono nel corso del tempo sono correlabili, anche se non sempre in modo univoco, ai meccanismi di degrado. Nel caso di edifici le cui strutture costituiscono di per sé oppure supportano l'oggetto storico o artistico da esporre, le soluzioni impiantistiche dovranno in qualche modo adeguarsi per evitare pericolose variazioni che potrebbero rivelarsi più dannose del "non intervento". Le tipologie di impianti sono varie e risulta praticamente improponibile stabilire criteri univoci. Nella realtà si dovrebbe tener conto della necessità di evitare brusche variazioni dei parametri microclimatici, dando priorità alle opere piuttosto che al comfort dei visitatori. D'altra parte non si può trascurare la crescita del numero di visitatori con conseguente richiesta di strutture adeguate e servizi; lo sviluppo del turismo e dei mezzi di comunicazione e informazione ha un peso determinante. La progettazione di un impianto richiede una profonda conoscenza storica del manufatto antico che ospita l'attività voluta, le sue stratificazioni, i materiali e il loro impiego nelle varie epoche. In merito sono molti gli esempi anche in Europa di soluzioni che vedono l'integrazione dei nuovi impianti con le tecniche di ventilazione naturale preesistenti nell'edificio storico come pure l'uti-

lizzo di camini e canali preesistenti per il passaggio dei componenti impiantistici e qualora siano riattivabili ed utilizzabili anche come canali d'aria. Si tratta tuttavia di studiare la scelta di compromesso tra i valori dei parametri da assumere quali risultato di un controllo impiantistico, l'interferenza dell'impianto con i vincoli strutturali architettonici nonché anche i costi per la realizzazione e il conseguente esercizio. Se è vero che in generale si ha l'esigenza di mantenere quanto più costante possibile nell'arco delle ventiquattro ore le condizioni termogrometriche interne limitando inoltre l'escursione annuale è importante osservare che un'analisi preliminare volta ad individuare possibili provvedimenti "non impiantistici" o "passivi", capaci di limitare le citate escursioni, potrebbe risultare addirittura più efficiente e meno dannosa in relazione alla riduzione della complessità degli impianti, al loro costo di installazione e gestione.

Talvolta una tipologia impiantistica "semplice" risulta sufficiente se non addirittura necessaria. Molti spazi museali sono tuttora e da sempre sprovvisti di qualsiasi forma di sistema di controllo delle condizioni climatiche e talvolta può bastare anche un intervento che migliora leggermente le condizioni ambientali, già di per sé sufficientemente idonee alla conservazione.

Va poi considerato e valutato il grado di "invasività" strutturale: nel caso di edifici storici si aggiungono perciò ulteriori vincoli alla installazione di un impianto:

- compatibilità della posa dell'impianto con le tecnologie costruttive presenti nell'edificio;
- possibilità di eseguire la manutenzione e la riparazione degli impianti senza ricorrere ad operazioni di tipo distruttivo;
- compatibilità del tipo di impianto con la destinazione d'uso dell'edificio e con la conservazione dell'eventuale patrimonio artistico che esso contiene.

Tra le premesse fondamentali della progettazione impiantistica in questi ambiti si richiama, quanto espresso nel Decreto Ministeriale del 10 maggio 2001.

Tale decreto rappresenta una sorta di indirizzo soprattutto a carattere amministrativo per i musei in Italia e ricalca i contenuti di altri documenti elaborati in altri paesi (vedi ad esempio le procedure di accreditamento dell'American Association of Museums, USA il codice deontologico dell'ICOM, il Registration Scheme for Museums and Galleries, *(UK rappresentanti i programmi di certificazione di qualità per i musei)*). Tuttavia, seppur trattati in modo marginale rispetto al contenuto del documento, vengono richiamati anche gli aspetti più propriamente impiantistici all'interno della sezione dedicata ai parametri microclimatici da rispettare per la corretta conservazione dell'opera d'arte durante una mostra o esposizione. La conservazione d'opere d'arte (manufatti e testi antichi) deve pertanto essere confrontata con la necessità di garantire la corretta fruizione da parte del pubblico, aspetto non privo di inconvenienti: i visitatori alterano il microclima degli ambienti trascinando polveri, inquinanti ed emettendo consistenti quantità di vapore acqueo. Nello stesso Decreto si precisa come i valori relativi alle condizioni termoigro-

metriche ivi riportati, di qualità dell'aria e di livello di illuminamento, siano solamente di riferimento per mantenere i manufatti esposti; ciò significa che nell'ambiente sono consentiti modesti scostamenti dai valori indicati, con l'attenzione però di evitare, ove possibile, mediante provvedimenti di gestione museale e di tipo passivo, sia brusche variazioni giornaliere che variazioni cicliche giorno-notte, dovute soprattutto all'accensione ed allo spegnimento degli impianti di illuminazione, di riscaldamento, di refrigerazione ed alla apertura e chiusura non programmata delle finestre.

Si presenta spesso il ricorso a umidificatori e deumidificatori di tipo locale che tuttavia non migliorano la qualità del microclima e comportano seri problemi connessi al controllo e alla regolazione. Ed ecco allora anche la presenza nei grandi musei italiani di diversificate concomitanze impiantistiche, frutto di progressive e parziali riqualificazioni tecnologiche di palazzi storici oggi adibiti a musei. Tali concomitanze traggono origine sia da una probabile mancanza di una corretta programmazione nel tempo degli interventi ma anche semplicemente dalla necessità di asservire, con tecnologie moderne, dei locali molto datati e dove pertanto il progettista è costretto ad "inventarsi" la soluzione più idonea.

Si possono trovare all'interno dello stesso museo le più disparate tecnologie impiantistiche (impianti a radiatori, fan coils ed aria primaria, impianti a tutt'aria, impianti a pavimento, etc.) con conseguenti problemi di mantenimento di idonee condizioni termoigrometriche e di ventilazione. Il monitoraggio microclimatico così come delineato dal Decreto Ministeriale e descritto nella normativa vigente ha un'importanza basilare non solo per osservare e stabilire la qualità microclimatica dell'ambiente, ma anche a scopo diagnostico, per comprendere le dinamiche termoigrometriche del sistema edificio-impianto e per cogliere eventuali criticità nelle modalità di controllo e regolazione dei sistemi impiantistici. Principale causa di deterioramento sono infatti le rapide variazioni temporali dei valori assunti dalle grandezze termoigrometriche e di altri fattori, che, fluttuando, inducono scambi di vapore e calore tra ambiente e manufatto, causando in questo ultimo stress interni e accelerando processi di deterioramento.

Monitorare in tempo reale permette di confermare le previste prestazioni dell'impianto di climatizzazione a servizio della sala espositiva. Poiché il monitoraggio ha costi e tempi di attuazione piuttosto elevati, la ricerca nel settore oggi vede lo sviluppo applicativo di modellazione e simulazione di termo-fluidodinamica computazionale con programmi e software ad hoc. Certamente una campagna di misure sperimentali consente di registrare i dati ambientali relativi alla conservazione di un oggetto e di disporre della sua "storia climatica" è fondamentale per il confronto con i dati calcolati.

Oggi si ricorre a soluzioni impiantistiche quanto più reversibili ed amovibili. Il concetto di reversibilità comprende la manutenibilità nel tempo dello stesso impianto, quindi la facile sostituzione di parti o di interi componenti. Esempi emblematici di questo tipo sono

energia nei musei

ad esempio, presenti nel Duomo di Milano, in Palazzo Grassi a Venezia, nella Gipsoteca di Varese, in Palazzo Cattaneo a Cremona, di cui si riporta una breve descrizione rimandando alla letteratura tecnica specifica sull'argomento.

Duomo di Milano: sistema a pannelli radianti per l'intera area del coro. L'area del sistema di pannelli è di 400 m², realizzati in polipropilene polimerizzato sotto forma di elementi preconfezionati modulari formanti circuiti in serie-parallelo. Il tutto è stato poi ricoperto con una lastra di acciaio dello spessore di 1 mm per consentire una migliore distribuzione del calore e il riposizionamento mediante incollaggio delle originali lastre in marmo. Altro esempio è costituito dagli interventi impiantistici realizzati a Palazzo Grassi a Venezia. I nuovi impianti non hanno intaccato in alcun modo la appena recuperata struttura muraria. Il sistema di distribuzione orizzontale dei condotti è stato concepito in due circuiti: il primo è stato inserito nell'intercapedine formata dai lacunari del portico, attorno al cortile centrale, l'altro invece è stato posto all'ultimo piano entro il volume del tetto. Si sono così conservati sia i pavimenti che i soffitti decorati del primo piano nobile. I condotti inoltre non sono visibili. Il sistema di distribuzione verticale è anch'esso nascosto alla vista, sebbene esterno alla muratura.

L'illuminazione nei musei

La natura fisica della luce e dei fenomeni ad essa connessi sono noti e precisamente formulati. Attraverso la luce è possibile far vedere lo spazio e gli oggetti in esso contenuti in modo completamente nuovo. Bisogna innanzitutto distinguere fra luce diretta e luce riflessa e poi tenere presente che i colori che noi vediamo sono sempre l'effetto della combinazione di colore e luce. Non vediamo la realtà ma la "nostra visione della realtà". È necessario tener presente un fenomeno molto importante chiamato "costanza del colore": il nostro occhio è in grado di tararsi, di dissociare un colore imposto da una luce particolare. Quando infatti si dice che "i veri colori sono quelli alla luce naturale" non si tiene conto del fatto che la luce naturale cambia continuamente così come cambia continuamente la condizione di cielo (la componente diffusa della radiazione solare è di fatto quella che ci consente di vedere per cui a parità di flusso luminoso l'efficienza luminosa del cielo è sempre superiore a quella del sole). La finalità di un progetto illuminotecnico dovrebbe essere la qualità della visione e percezione non solo delle opere ma anche dello spazio espositivo e dei percorsi, come del resto il risparmio di energia ed il suo impiego razionale.

Il progetto illuminotecnico si dimostra sempre particolarmente complesso e suscettibile di continui aggiustamenti, rimandando ad una significativa comprensione del fenomeno dell'illuminazione e del controllo dell'ambiente. Il controllo della luce non va destinato soltanto a quella naturale ma anche alla luce artificiale attraverso l'adozione nei corpi illuminanti di un assorbitore di raggi parassiti, o con modifiche dell'angolo di apertura del

corpo illuminante (tanto più è stretto tanto più rende stupefacente le resa, aumentando il contrasto e l'acuità visiva) o ancora, adottando la totale mobilità per 360 gradi sui 3 assi cartesiani nella direzione delle luci (ciò permette di illuminare non solo l'opera, ma lo spazio che la circonda facilitando il controllo delle luminanze).

L'inserimento degli impianti elettrici e di illuminazione, può sembrare più semplice e meno invasivo di quello destinato agli impianti meccanici: gli ingombri sono più contenuti; le condutture presentano maggiore adattabilità; la posa in opera può avvenire anche in fasi avanzate del progetto. Queste circostanze fanno talora pensare ad una semplificazione dei problemi e che queste tipologie di impianto si riuscirà sempre ad inserirle in qualche modo. In altre parole sembra possibile pensare al progetto illuminotecnico in un secondo momento, ma questo non è vero e il progetto della luce (naturale ed artificiale) deve essere almeno contemporaneo (spesso pensato prima e quindi integrato) al progetto architettonico.

Si dimentica in altre parole che la luce è un elemento essenziale nella percezione delle superfici e dello spazio, cosicché soluzioni grossolane possono alterare l'apparenza dei luoghi/spazi e dei loro contenuti fino a renderli praticamente irriconoscibili.

Nei musei, la luce ha il duplice compito di illuminare contenuto e contenitore e l'impianto di illuminazione ha dunque lo scopo di coniugare nel migliore dei modi le esigenze dell'uno e dell'altro. La luce è l'elemento fisico che rende possibile la visione e il recepimento delle informazioni associate alla scena o agli oggetti illuminati, rappresentando un essenziale veicolo di informazione e di conoscenza. La luce rappresenta un agente di degrado per molti materiali che costituiscono gli oggetti raccolti/ esposti e le superfici che avvolgono gli stessi spazi espositivi. È noto che, quando la luce raggiunge una superficie, questa ultima rinvia verso l'osservatore parte del flusso luminoso ricevuto: il flusso rinvio, salvo il caso della riflessione speculare, assume nuova intensità, nuove distribuzioni, spaziali e spettrali; questa modificazione dipende dalle caratteristiche della superficie. Tranne nel caso di visione diretta della sorgente, fatto deprecabile o quanto meno fastidioso in tutte le illuminazioni,

è il flusso rinvio che provoca nell'osservatore le sensazioni visive. Luminosità, brillantezza, colore della luce che l'osservatore percepisce sono, di fatto, quelle che vengono rinviate ai suoi occhi dagli oggetti. In genere, si dice che il colore percepito è quello della superficie e non si è coscienti, invece, che la percezione cromatica è prodotta dall'interazione

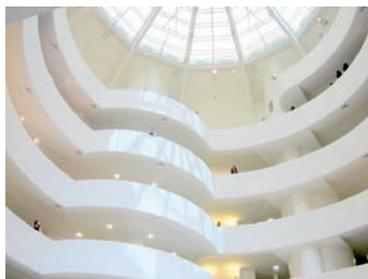


Parigi, Musée D'Orsay

energia nei musei

tra colore della luce e colore della superficie. L'emissione luminosa deve essere convogliata nello spazio secondo precise geometrie per giungere solo dove si vuole o, secondo i casi, per impedire o accentuare le disomogeneità. Il fascio luminoso emesso da ciascun apparecchio dovrebbe essere controllato sia per realizzare sulle opere valori di illuminamento nel rispetto dei valori suggeriti da normativa, sia per evitare effetti disturbanti come riflessioni indesiderate e/o abbagliamenti e per ridurre il numero delle lampade. Inoltre progettare un impianto tenendo a mente

il costo di gestione e manutenzione significa valutare l'efficienza luminosa delle sorgenti che dipende dal fenomeno fisico con cui è prodotta la luce (incandescenza, scarica nei gas, diodi emettitori) e dalla potenza delle lampade e, a parità di questi parametri, è strettamente legata all'emissione spettrale. Il collegamento tra efficienza e spettro di emissione rimanda al colore della luce e alle lunghezze d'onda che lo determinano: il medesimo colore si può realizzare



*New York, Solomon
R. Guggenheim Museum*



Roma, Museo dell'Ara Pacis

con tre spettri monocromatici o con uno spettro continuo, cioè contenente tutte le lunghezze d'onda del visibile. Quanto più la luce è ricca di lunghezze d'onda, tanto più sarà in grado di garantire una buona percezione del colore. Quando per l'illuminazione di base e di accento vengono usate sorgenti differenti e è possibile enfatizzare le cromie presenti in una sala. Vanno comunque considerate, specie nell'ottica del contenimento dei consumi e dell'uso razionale dell'energia, le altre tipologie di impianto che sono in qualche modo collegate agli impianti elettrici: i sistemi di rivelazione

fumi e di protezione contro i pericoli di incendio; i rivelatori di presenza e i sistemi antintrusione; le reti di fonìa e dati per la distribuzione di segnalazioni, informazioni, allarmi e per il cablaggio intelligente della struttura. Questi sistemi consentono oggi una molteplicità di funzioni, ivi compresa l'ottimizzazione dei costi di gestione: è però necessario un salto di qualità che introduca anche questi impianti in un sistema integrato sfruttando moderne tecnologie che consentono di utilizzare gli stessi sistemi di cablaggio per funzioni diverse (es. energia, informazioni, telecomandi, allarmi) rendendo in tal modo sicura, dinamica e soprattutto economica la gestione dei luoghi (illuminando solo quando serve e quanto serve con automatica re-

golazione delle accensioni e delle regolazioni di intensità luminosa).

L'uso di moderne superfici catadiottiche, che sono prive di costi energetici, non va trascurato specie come linea guida per il visitatore o in caso di evidenza delle vie di fuga.

La direzione di incidenza della luce va studiata in funzione della resa dell'oggetto e per garantire buone condizioni di osservazione e molto importante è anche la scelta del colore della luce.

La corretta percezione dei colori di un'opera dipende dalla capacità della sorgente di luce di restituirli fedelmente. Per quanto riguarda la conservazione è opportuno ricordare che la luce, utilizzata per illuminare gli oggetti, spesso comporta la presenza di radiazioni nel campo di lunghezza d'onda proprie dell'infrarosso o dell'ultravioletto e che in generale, quando la luce incide su un oggetto, il materiale di cui esso è costituito assorbe parte di questa energia attivando processi di tipo termico o fotochimico che possono causarne un progressivo degrado.

La composizione spettrale della luce è determinante ai fini della conservazione. L'illuminazione, quando si debbano esporre materiali sensibili alla radiazione, dovrebbe garantire condizioni sufficienti e soddisfacenti di percezione associate al minor irraggiamento possibile dell'oggetto.

I parametri di riferimento da considerare nel progetto dell'illuminazione ai fini della conservazione ed i relativi valori limite sono raccolti nel Decreto Ministeriale 10 maggio 2001 e nella norma UNI 10829. Esistono dunque, da tempo, regole da seguire per ridurre gli effetti negativi delle radiazioni provenienti da sorgenti di luce naturale o artificiale.

Queste regole, però, si basano sul valore di quantità fotometriche correlate alla sensibilità dell'occhio, senza particolare attenzione alle lunghezze d'onda della radiazione emessa al di fuori dallo spettro visibile. Il risultato è che si rischia di inviare una grande parte di radiazione ultravioletta sull'opera, pur rientrando nei limiti di illuminazione consigliati.

È noto che le radiazioni con particolare lunghezza d'onda possono indurre effetti peggiori di altre, a parità di intensità. Da ciò deriva la necessità di bloccare tale radiazioni non utili, e questo può essere realizzato in vari modi.

In particolare si può agire sulla sorgente di illuminazione con opportuni filtri da posizionare davanti alle lampade, nel caso di illuminazione artificiale, oppure si può agire sui vetri delle finestre, con pellicole fotometriche, schermi, filtri anti UV, per l'illuminazione naturale. Si potrebbe così restringere l'intervallo di lunghezza d'onda solo a quelle essenziali per l'osservazione. Un ulteriore approccio consiste nell'utilizzare uno schermo per le radiazioni dannose, posto davanti all'opera d'arte nel caso di dipinti o intorno ad essa per gli oggetti. Nel caso di riconversione a musei di edifici storici, la frequente assenza di impianti elettrici adeguati e la necessità di conservazione e valorizzazione delle caratteristiche degli ambienti fanno sì che si debba trovare il giusto compromesso tra le esigenze di esposizione delle collezioni e le esigenze di tutela e valorizzazione degli ambienti espositivi. Perciò risulta particolarmente importante limitare gli interventi di tipo distruttivo per la realizzazione di nuovi impianti e scegliere tipologie di apparecchi

energia nei musei

e posizioni di installazione che risultino meno invasivi, facilmente amovibili e che permettano una buona visione e percezione anche degli spazi.

Questo è valido anche per la luce naturale: luce per eccellenza. È facile infatti notare che le stesse superfici (marmi, intonaci, superfici matte, incausti etc) assumono sfumature diverse secondo le condizioni meteorologiche, la stagione e l'ora del giorno. Colore della luce e colore delle superfici interagiscono sempre e, anche se l'osservatore non ne è cosciente, quanto si percepisce altro non è che la loro risultante. In un museo il visitatore si convince di vedere i veri colori di un'opera d'arte, mentre ciò che vede è il colore dell'opera illuminato da quella particolare sorgente luminosa e all'interno di quel particolare ambiente. Ne deriva che uno degli elementi fondamentali nella progettazione di un impianto di illuminazione è la scelta delle sorgenti. Facendo un cenno alla risposta del sistema percettivo dell'uomo, sembrerebbe che la percezione cromatica sia un fatto tanto aleatorio quanto ingannevole.

Il sistema visivo, unitamente alla mente che ne rielabora ed interpreta i messaggi, è invece un mezzo formidabile che permette all'uomo di riconoscere, correlare, scomporre il cromatismo delle percezioni. Davanti a una scena policroma, il fenomeno noto come costanza del colore permette all'osservatore di riconoscere la tinta di una superficie e di distinguerla in termini di tonalità, anche se essa risulta fortemente falsata dalla luce.

Di contro, la capacità di riconoscimento ha cadute là dove luce e superfici tendano ad avere spettri semplici o addirittura monocromatici. Quando sono in gioco pochi colori, infatti, è molto facile ingannare l'osservatore. Per esempio: il medesimo colore posto su sfondi differenti genera sensazioni diverse, e non viene più percepito come identico. Le modalità di percezione del colore sono state studiate fin dal seicento. Oggi si sa che il sistema percettivo della retina ha una forte analogia con il sistema di caratterizzazione che prende il nome di spazio tricromatico CIE. Entrambi i sistemi, quello percettivo e quello colorimetrico, utilizzano tre segnali di cromatismo diverso secondo il principio del tristimolo, noto altrimenti come principio di sintesi additiva.

Di fatto, come avviene nella retina e nei processi di caratterizzazione colorimetrica, attraverso tre luci fondamentali (di colore rosso, verde, blu) si possono riprodurre tutte le altre tinte. Nel sistema CIE i tre fondamentali sono illuminanti dagli spettri complessi, descritti da particolari funzioni matematiche. Nella retina agiscono invece tre famiglie di coni, ciascuna sensibile in differenti zone dello spettro cromatico. La sintesi additiva mostra come con tre colori fondamentali (rosso, verde, blu) emessi con la stessa energia si ottengano il bianco e i tre colori secondari (magenta, ciano, giallo). Nel diagramma tricromatico CIE i tre fondamentali sono illuminanti con gli spettri rappresentati a destra.

Senza entrare nel merito della colorimetria, ricordiamo che esistono diversi modelli di colore che danno origine agli spazi di colore: additivi (RGB), sottrattivi (CYMK) e per-

cettivi (HSV).

E' possibile impostare il progetto illuminotecnico su uno di questi modelli.

La simulazione oggi è molto utilizzata per definire il progetto e scegliere tipo e posizionamento delle lampade nonché per valutare la distribuzione ed uniformità della luce (luminanze, radianze ed illuminamenti): alla base della modellazione sta quindi la scelta di uno di questi modelli di colore. Se si decide di seguire il modello di colore HSV significa avvicinarsi alla sensazione e percezione dell'occhio umano del colore. L'acronimo HSV, sta a definire H (Hue) cioè tinta o colore principale; S, Saturazione o grado di purezza del colore (più saturo: solo il colore della tinta scelta; meno saturo: altre componenti cromatiche presenti) V significa Valore cioè presenza di luce nelle altre componenti cromatiche (basso: altre componenti nere; alto: altre componenti bianche). Nello studio illuminotecnico di un ambiente destinato a museo, il confronto con la luce naturale proveniente dalla volta celeste rimane il dato di partenza essenziale di ogni iter progettuale, soprattutto se rivolto a spazi dove, per motivi conservativi e di tutela e di sicurezza, la luce naturale proveniente dalla componente diretta della radiazione dovrebbe essere opportunamente controllata.

La complessità del progetto si lega dunque alla capacità di controllare la luce diffusa, indirizzandola magari concentrata (trasporto con tubi di luce e condotti di luce) solo in certi spazi dove risulta essenziale valutare l'uniformità dell'illuminamento e l'equilibrio delle luminanze e radianze.

È noto che le radiazioni a corta lunghezza d'onda risultano particolarmente dannose per materiali sensibili come la seta, la carta, pelli e i pigmenti organici (molto spesso le opere di arte contemporanea sono costituite proprio da materiali organici). L'emissione luminosa (anche di sorgenti artificiali) è sempre accompagnata da radiazioni ultraviolette e tuttavia, quand'anche queste fossero assenti, su materiali sensibili provocano danno anche le radiazioni del primo visibile: per intenderci quella che viene definita luce blu, oggi utilizzata in modo spesso sconsiderato. Gli effetti dell'energia ricevuta nel tempo si sommano e possono deteriorare rapidamente gli oggetti e i materiali edili.

Ancora oggi molti musei espongono le opere sensibili alla luce naturale che, soprattutto quando proviene dal cielo, è ricca di radiazioni ultraviolette e blu. I grandi lucernai aperti nei decenni trascorsi in molti musei hanno prodotto danni irreversibili.

È possibile limitare i danni dovuti alle lunghezze d'onda corte, utilizzando filtri che devono essere controllati e, secondo la tipologia, anche sostituiti molto frequentemente.

Altrettanto va fatto per il primo visibile. Si sta diffondendo sempre più l'uso di LED che, pur definiti bianchi, hanno spettri ricchi di blu e verde.

Sotto queste sorgenti il blu delle opere d'arte risalta in modo più affascinante che sotto le luci a incandescenza (povere di radiazione nel primo visibile) ma il danno che si crea è indubbia-

energia nei musei

mente maggiore. I LED sono sorgenti che emettono ultravioletti in misura quasi trascurabile e ciò è sostanzialmente vero solo dopo un'attenta valutazione dello spettro di emissione del dispositivo scelto.

Il Decreto Ministeriale 10 maggio 2001 stabilisce i massimi livelli di illuminamento, e la dose massima di radiazione luminosa e ultravioletta, a cui possono essere esposte le opere di diversa fotosensibilità (Tabelle 1,2,3). Questo decreto è tuttora disatteso in molti musei, soprattutto per mancanza di mezzi.

Categoria fotosensibilità		illuminamento massimo (lux)
1 Molto bassa	<i>Reperti e manufatti relativamente insensibili alla luce:</i> metalli, materiali lapidei e stucchi senza strato di finitura, ceramiche, gioielleria, smalti, vetri, vetrate policrome, reperti fossili.	Superiore a 300 ma con limitazioni sugli effetti termici in particolare per stucchi, smalti, vetrate e fossili.
2 Media	<i>Reperti e manufatti moderatamente sensibili alla luce:</i> pitture ad olio ed a tempera verniciate, affreschi – materiali organici non compresi nei gruppi 3 e 4 quali quelli in corno, osso, avorio, legno	150
3 Alta	<i>Reperti e manufatti altamente sensibili alla luce</i> Tessili, costumi, arazzi, tappeti, tappezzeria; acquerelli, pastelli, stampe, libri, cuoio tinto; pitture e tempere non verniciate, pittura a guazzo, pitture realizzate con tecniche miste o “moderne” con materiali instabili, disegni a pennarello; piume, pelli e reperti botanici, materiali etnografici e di storia naturale di origine organica o tinti con prodotti vegetali; carta, pergamena, legni bagnati	50
4 Molto alta	<i>Reperti e manufatti estremamente sensibili alla luce:</i> mummie; sete, inchiostri, coloranti e pigmenti a maggior rischio di scoloritura come lacche, ecc.	50

Tab. 2 Uniformità di illuminamento

Opere/oggetti	$\frac{E_{\text{minimo}}}{E_{\text{medio}}}$	$\frac{E_{\text{minimo}}}{E_{\text{medio}}}$
Manufatti piani	> 0,5	< 5
Tavole dipinte	-	< 2
Oggetti tridimensionali	Questi rapporti devono essere valutati caso per caso, fermo restando il criterio di mantenere la leggibilità complessiva dell'opera. Particolare attenzione, in questo caso, dovrà essere prestata ad evitare la produzione di ombre multiple che alterano in modo sostanziale la capacità di percezione delle forme.	idem

Tab. 3 Esposizione energetica – Dose di luce annuale

Categoria fotosensibilità	Lux ora/anno (LO)
2 Media	500 000
3 Alta	150 000
4 Molto alta	50 000

Ciò comporta di perseguire soluzioni espositive caratterizzate da apparati illuminotecnici particolarmente curati, che consentano la fruizione a livelli molto bassi di illuminamento (percorsi con adattamento progressivo, eliminazione di qualsiasi forma di abbagliamento sia primario che secondario, impiego di sorgenti con tonalità calda). Altre alternative praticabili sono costituite dalla rotazione degli oggetti esposti o dall'impiego di sistemi di accensione temporizzata in presenza di pubblico.

In tabella 4 sono riportati i livelli massimi di densità di energia accettati per la banda ultravioletta. Essi sono espressi sia in valore assoluto che in forma relativa al flusso luminoso visibile, al fine di permettere la valutazione con le due tipologie di strumentazione più diffuse. La terza colonna (radianza totale) si riferisce ai soli manufatti igroscopici delle relative classi e definisce limitazioni all'energia totale prodotta, per irraggiamento, sulle superfici;

quest'ultima può essere molto diversa a parità di illuminamento. Gli effetti termici indotti sono largamente dipendenti dall'entità della componente infrarossa associata al flusso luminoso, che varia in dipendenza del tipo di sorgente, della tipologia di parabola o di filtro eventualmente impiegati.

Tab. 4 Livelli massimi di energia accettati per la banda ultravioletta

Categoria fotosensibilità	Componente UV max associata al flusso luminoso [$\mu\text{W}/\text{lm}$]	Radianza UV max (valore assoluto) [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]	Densità di energia totale Radianza totale Max (banda di misura 400÷4000 nm) [W/m^2]
2 Media	75	< 1.2	10
3 Alta	75	< 0.4	3
4 Molto alta	10	< 0.05	1

Per alcuni materiali l'effetto più evidente dell'esposizione alla luce è lo scolorimento, caratterizzato da una diminuzione della saturazione del colore, in particolare per i colori scuri.

In relazione a tale considerazione, è stato definito nel 1995 il sistema ISO (International Standard Organization) detto anche scala della "lana blu".

Il sistema è basato su otto livelli di scolorimento di un campione, in cui ciascuno rappresenta uno scolorimento doppio del precedente. Il sistema inoltre classifica i materiali in funzione della loro sensibilità alla luce. Il limite di tale metodo è quello di non considerare altri fenomeni oltre lo scolorimento. Le variazioni cromatiche subite dai materiali in seguito all'esposizione sono indice di un cambiamento delle proprietà di assorbimento spettrale del materiale stesso; questo comportamento può risultare critico nel caso di superfici policrome come affreschi e dipinti. Lo studio delle caratteristiche delle sorgenti durante le campagne di misure, assume quindi un ruolo fondamentale nella conservazione delle opere d'arte per la produzione di sistemi di illuminazione. La tendenza attuale è quella di scegliere per i musei sorgenti con emissione spettrale continua poiché questo tipo di sorgente presenta caratteristiche adeguate sia dal punto di vista della temperatura di colore correlata che per l'indice di resa cromatica. Tuttavia esiste un approccio differente orientato a modificare lo spettro di emissione di queste sorgenti con l'eliminazione delle frequenze più critiche, per ridurre gli effetti dell'esposizione alla luce.

Tanto per riportare uno degli esempi più significativi della ricerca in questo settore, Miller nel 1993 ha proposto il *reflected energy matching* (REM), una procedura attraverso cui, per mezzo di filtri inseriti in un sistema di illuminazione a fibra ottica, lo spettro della luce incidente risulta strettamente collegato a quello della luce riflessa. Questo riduce l'ammontare dell'energia che viene assorbita dall'oggetto con significativa riduzione degli effetti di scolorimento. Tale sistema ha anche l'effetto di incrementare la saturazione apparente del colore dei materiali esposti che, se da un lato può essere visto come una prospettiva attraente, dall'altro solleva ulteriori problematiche riguardanti l'alterazione del colore apparente degli oggetti esposti. Thornton, nel 1975 ha proposto un approccio che tende a mantenere e migliorare, la resa cromatica della luce riducendo al tempo stesso il flusso energetico incidente. Questa tecnica utilizza una sorgente di luce a "colore primario" che fornisce uno spettro comprendente tre bande ognuna delle quali corrisponde ad un picco di sensibilità per ciascuno dei tre tipi di coni della retina.

Questo tipo di approccio è, ad esempio, quello utilizzato per le lampade fluorescenti con tre tipi di fosfori, ma finora ha avuto scarsa applicazione in ambiente museale. Thomson consiglia l'uso delle lampade fluorescenti in quelle applicazioni, talvolta presenti nei musei, in cui non è necessaria una resa cromatica particolarmente elevata. L'applicazione della proposta di Thornton è stata recentemente oggetto di studi sperimentali condotti da Cuttle nel 2000 in cui sono stati messi a confronto in una galleria d'arte simulata l'illuminazione con sorgenti a spettro continuo (lampade alogene al tungsteno) e speciali sorgenti a tre bande di emissione, considerando equivalenti i due tipi di illuminazione a parità di luminanza. In ogni caso l'irradiazione sull'opera d'arte per la sorgente a tre bande è risultata inferiore dal 30 al 40 % e questo suggerisce che è possibile limitare in maniera significativa il danno all'esposizione, senza per questo dover ricorrere alla riduzione dell'illuminamento. Un discorso a parte va fatto per l'illuminazione naturale, il cui possibile impiego nei musei ha suscitato dibattiti e controversie tuttora in corso. Se nel passato, prima di rendersi conto dell'elevato contenuto di radiazioni ultraviolette (Tab. 5), l'illuminazione naturale era addirittura favorita, data la disponibilità e soprattutto l'elevata resa cromatica, non appena ci si è resi conto della pericolosità di tale sorgente e della difficoltà di controllarne l'intensità, data peraltro la variabilità dovuta sia alla posizione del sole, alla variabilità delle condizioni di cielo locali e di quelle meteorologiche, il suo impiego è stato fortemente sconsigliato e in molti casi è stata esclusa dai musei. C'è da osservare inoltre che in Italia la verso finestre verticali oppure attraverso lucernai. In alcuni casi si è scelto di modificare completamente il tipo di illuminazione oscurando completamente le aperture ed impiegando la sola luce artificiale, in altri di adottare un impianto misto naturale-artificiale. Quest'ultima scelta è senza dubbio la più difficile da realizzare, complicata dalla variabilità della sorgente naturale e dalla necessità di escludere la radiazione solare diretta. In molti musei la luce naturale proviene da lucernai in modo non diretto ed è filtrata da materiali opalini e diffondenti; in tali condizioni, so-

prattutto se integrata con illuminazione artificiale realizzata con lampade fluorescenti incassate, è difficile percepirne la presenza e distinguerla dall'illuminazione artificiale. L'unico vantaggio è quello del risparmio energetico per quanto limitato a causa dell'elevata efficienza luminosa delle lampade attualmente in commercio e reso complicato dalla necessità di oscurare le aperture nelle ore diurne di chiusura del museo per limitare il rischio di danneggiamento Thomson suggerisce di utilizzare la luce naturale nelle zone di passaggio e di servizio per stabilire il contatto con il mondo esterno, mentre l'illuminazione sulle opere dovrebbe essere esclusivamente artificiale. Oggi il rapido progresso nel campo della tecnologia dei materiali con la conseguente produzione di filtri e vetri con particolari caratteristiche ottiche, unita allo sviluppo dei sistemi di controllo automatico, apre la possibilità d'uso anche della luce naturale all'interno dei musei.

Tab. 5 Contenuto di radiazioni ultraviolette di differenti sorgenti

Sorgente	Contenuto di radiazioni ultraviolette [μ W/lm]
Luce naturale	400 – 1500
Lampada incandescente tradizionale	70 – 80
Lampada alogena e lampade classificate come UV-stop	40 – 170
Lampada a fluorescenza	30 – 100
Lampada ad alogenuri metallici	160 – 700
Diodi ad emissione di luce (LED)	< 5

In riferimento alle sorgenti di luce artificiale, per modificare reversibilmente le caratteristiche cromatiche e spettrali di una sorgente si utilizzano "filtri interferenziali" disposti frontalmente all'apparecchio. Detti filtri sono distinguibili in base al loro funzionamento in: filtri correttivi della tonalità di colore della luce, filtri cromatici, filtri UV block e filtri IR block.

Tema delicato ma estremamente interessante per le potenzialità di risparmio energetico e di miglioramento della qualità della visione e percezione delle opere è la commistione di luce naturale ed artificiale all'interno degli spazi museali.

La complessità del tema concerne il controllo della radiazione elettromagnetica proveniente dalla

luce naturale e dalle lampade, che induce scolorimento nei dipinti, imbrunimento della carta nelle opere grafiche, il distacco della vernice dal supporto, reazioni chimiche di varia natura anche nei tessuti. L'approccio attualmente più utilizzato per ridurre i danni da radiazione UV consiste nell'abbassare l'intensità dell'illuminazione e diminuire il tempo di esposizione delle opere.

Per questo accade spesso che le esposizioni vengano effettuate in ambienti con illuminazione bassa oppure siano limitate ad alcuni periodi dell'anno. Strategie di urgenza utili, ma è sempre possibile proteggere le opere d'arte dal danneggiamento dovuto all'illuminazione e allo stesso tempo migliorarne la visione da parte dell'osservatore con tecnologie relativamente semplici e poco costose.

Partendo dal fatto che frequentemente vengono utilizzate lastre di vetro per proteggere da atti vandalici le opere d'arte esposte, oggi spesso si ricorre alla tecnologia dei film sottili, ovvero uno speciale rivestimento ottico sul vetro stesso in grado di ridurre la radiazione elettromagnetica incidente sia in illuminazione naturale che artificiale. Questi tipi di rivestimenti permettono di bloccare contemporaneamente la radiazione ultravioletta, una parte di quella visibile non rilevabile dall'occhio umano e la radiazione nel vicino infrarosso. L'uso del prodotto risulta indipendente dal tipo di illuminazione, che non solo può essere diversa da un museo all'altro, ma anche allestita sul posto per esposizioni non permanenti.

Questo vetro può essere usato anche in combinazione con opportuni filtri sulle lampade o sulle finestre. Questo trattamento riduce i fastidiosi riflessi tipici dei vetri tradizionali senza alterare i colori dell'opera in osservazione. Inoltre i costi non sono elevati, in quanto il trattamento è effettuato con pochi strati.

La soluzione di commistione di luce naturale con quella artificiale non può che basarsi su una attenta analisi del sistema edificio, del clima esterno (radiazione solare, esposizione ed orientamento, condizioni e variabilità del cielo) ma anche del clima luminoso interno strettamente connesso all'architettura degli spazi e degli arredi previsti per l'allestimento nonché alle caratteristiche ottiche, colorimetriche e spettrali delle superfici. A questo fine fondamentali risultano gli strumenti di simulazione basati su algoritmi del tipo *ray-tracing* e *radiosity* che permettono in condizioni di regime transitorio la valutazione della distribuzione della luce in termini di illuminamento, luminanze e radianze e massima dose di luce annuale peraltro confrontabili con i valori limite imposti dalla normativa vigente. A questo proposito, a titolo di esempio, si riporta lo studio condotto per la sistemazione degli Arazzi Medicei delle "Storie di Giuseppe Ebreo" (di Pontorno e Bronzino) in Sala Dei Duecento in Palazzo Vecchio a Firenze.

Queste due prime immagini mostrano la distribuzione della luce naturale all'interno della sala allo stato attuale, il 21 dicembre alle ore 12 a) ed il 21 giugno alle ore 15 b), entrambi in condizioni di

cielo sereno. La proposta di ricollocazione degli Arazzi voluta dalla Soprintendenza, ha necessitato di uno studio approfondito riguardante la tecnica di sospensione date le dimensioni ed il peso degli arazzi. La soluzione espositiva proposta, prevede l'utilizzo di vetrine murali dotate di illuminazione a fibre ottiche e di sistema di controllo climatico in modo da garantire il massimo livello di illuminamento inferiore a 50 lx, umidità relativa compresa tra 45% e 55%, ed una temperatura media 16 °C - 24 ° C. A causa delle dimensioni degli arazzi è stato progettato un sistema di inclinazione adeguato che ha previsto un nuovo tipo di arredamento interno e una sua nuova distribuzione per la necessità di garantire una distanza libera di 5-7 metri dal muro necessaria alle manovre previste dalla modalità di esposizione periodica (nessun arazzo può essere appeso per un periodo superiore a 6 mesi).

Sono state pensate quattro vetrine in funzione delle dimensioni degli arazzi (5.70 x 4.70 m per gli arazzi di grandi dimensioni, 5.70 x 2.70 m per gli arazzi di piccole dimensioni) come mostrate nelle figure. La figura c) mostra il risultato della simulazione della sala con vetrine per il 21 giugno alle 17 con cielo mediamente coperto, e la figura d) per il 21 dicembre alle ore 12 con condizioni di cielo coperto. Le simulazioni transitorie condotte hanno permesso di confrontare i valori di illuminamento e luminanza e di massima dose di luce annuale, nell'ambiente e sulle opere, ottenuti con quelli limite imposti dalla normativa vigente.

Uno degli esempi di combinazione tra luce artificiale naturale all'interno dei musei è il progetto delle nuove sale dei Musei Capitolini di Roma, aperte alla fine di dicembre del 2005.

L'ampliamento, il cui progetto architettonico è stato affidato allo Studio di Carlo Aymonino, occupa il cosiddetto Giardino Romano sul retro del Palazzo dei Conservatori e una parte del Giardino di Palazzo Caffarelli. Esso comprende la grande esedra ellittica, dove ora sono conservati i più famosi bronzi romani di età imperiale, e gli spazi articolati intorno ai resti delle ciclopiche fondazioni del tempio di Giove Capitolino, riservati all'esposizione dei reperti risalenti all'epoca arcaica dell'insediamento sul Campidoglio. Per quanto concerne il controllo della luce naturale sulla base dei risultati delle simulazioni condotte per tutte le ore dei giorni tipo dell'anno in diverse condizioni di cielo, esso ha previsto la localizzazione di 32 pannelli diffusori sospesi alla struttura della copertura in corrispondenza delle sculture. Successivamente alla decisione della Soprintendenza di esporre anche l'Ercole dorato nella zona est della sala, il progetto ha previsto l'integrazione di altri 6 pannelli, che non sono ancora stati messi in opera, per un totale a lavori completati di 38 pannelli, pari a circa il 40% della superficie vetrata della copertura. La simulazione delle dinamiche della luce diurna ha permesso inoltre di definire gliere, fra le diverse ipotesi equivalenti sul piano funzionale, quelle più soddisfacenti dal punto di vista dell'architettura.

Dopo il tramonto, spetta ancora a questi grandi pannelli il compito di fornire l'illuminazione generale della grande sala, trasformandosi in una sorta di grande lampadario che diffonde la luce

emessa dai cestelli a quattro apparecchi, con lampade ad alogenuri metallici da 35 W a 3000 K, sospesi al di sopra dei teli ad un metro di distanza. L'uso dei LED con i necessari rifrattori lineari è stato limitato ad una struttura lineare disposta a soffitto, nel progetto originariamente ad incasso, destinata a segnare sul pavimento una linea virtuale, di colore blu come le strutture d'acciaio verticali, corrispondente al fronte sud orientale del tempio dove si ergeva il prospetto principale. L'illuminazione degli spazi museali, o più in generale l'impiantistica illuminotecnica di tali spazi, specie quando si tratta di operare su strutture di grande valore storico, architettonico, artistico, dovrebbe sempre possedere il requisito della "reversibilità" dell'intervento.

Ciò a tutela dell'opera d'arte stessa, quasi sempre nata in epoche estranee alla moderna tecnologia e rispetto alle quali l'evento tecnologico rappresenta comunque una sgradevole intrusione, anche quando (come nel caso della climatizzazione) può essere essenziale alla conservazione nel tempo dell'opera. Si tratta di individuare accorgimenti che evitino pesanti interventi sulle strutture murarie, prediligendo, ad esempio, sistemi di fissaggio per semplice gravità o con minime e oculte staffature; utilizzando canalizzazioni e percorsi già esistenti, anche se non ottimali; preferendo soluzioni poco invasive.

L'obiettivo principale dovrebbe essere quello di migliorare la qualità della visione e della percezione, dando priorità ad azioni mirate alla riduzione della potenza installata e all'incremento dell'efficienza luminosa, riducendo il surriscaldamento prodotto dai vecchi apparecchi ed ottimizzando il livello di illuminazione naturale. Particolare attenzione va poi posta per i sistemi di controllo e gestione (integrazione luce naturale e artificiale, controllo automatico in base alla presenza di persone, on-off manuale, etc).

In questa ottica la recente norma UNI EN 15193-2008 introducendo il parametro LENI (Light Energy Numeric Indicator) permette di valutare la riduzione dei consumi di energia e i conseguenti costi monetari (efficienza economica) attraverso l'uso integrato della luce naturale ed artificiale evidenziando in particolare la necessità di controllare la radiazione luminosa naturale (anche attraverso forme e geometrie differenti di lucernari) e di scegliere opportune sorgenti di luce artificiale valutando la loro efficienza (flusso emesso rispetto alla potenza assorbita), la durata (ore di vita) e lo spettro di emissione.

D'altra parte la stessa norma suggerisce un metodo per la valutazione del fabbisogno energetico per l'illuminazione di un edificio con l'obiettivo di verificarne i valori annuali e mensili e comprendere l'incidenza dei differenti fattori interagenti all'interno di un museo dipendenti dal tipo/tipologia di spazi espositivi, tipo/tipologia di apparecchi, profili temporali di accensione e di utilizzo etc.

La problematica della gestione

Attualmente la letteratura inerente l'economia aziendale evidenzia un crescente interesse sul si-

stema di funzionamento e gestione delle organizzazioni museali. Ci si interroga se ed in quali condizioni gli schemi concettuali ed i processi di sviluppo applicati alle imprese possano essere adeguatamente estesi alle istituzioni museali sia per razionalizzare il sistema amministrativo e gestionale, sia per innescare processi di crescita economica e valorizzazione dei beni culturali. Tuttavia nel caso dei musei il mercato non può essere il punto di partenza di un processo di riorganizzazione e miglioramento delle funzioni/servizi offerti. Infatti la gestione dovrebbe essere guidata dal riconoscimento e valorizzazione della identità culturale dell'istituzione e solo in un secondo tempo dalle richieste dei visitatori/consumatori. Punto fondamentale è quindi l'analisi della posizione economica del museo, del suo ambito di intervento e di attività a livello locale e regionale e quindi delle sue prestazioni. Tuttavia il miglioramento della situazione economica e della gestione del museo e quindi le possibilità di razionalizzazione d'uso delle risorse e del contenimento dei consumi, non può derivare da una mera trasposizione/applicazione delle tecniche e metodologie e/o approcci tipici dell'economia aziendale, ma deve al contrario tenere conto delle peculiarità dei musei e in primo luogo della composizione tra gli obiettivi di natura culturale e quelli di natura economica. Ogni museo, in base alle proprie peculiarità e specificità, dovrebbe definire una propria metodologia di misurazione ed analisi dei risultati, scegliendo quali grandezze monitorare con quale periodicità e modalità. Le differenze tra un'organizzazione e l'altra, in termini di tipologia dell'edificio e delle collezioni, tipologia espositiva (comprendente la museografia), dimensioni, localizzazione, servizi offerti, assetti proprietari ecc., condizionano in maniera determinante i processi di controllo. Il sistema di analisi e controllo anche per l'aspetto economico e gestionale dovrebbe basarsi su campagne di monitoraggio programmato che permetterebbero di definire due tipi di indici utili ad individuare sprechi, inefficienze ed ambiti in cui migliorare le prestazioni ed il funzionamento dello stesso museo. Si possono quindi definire:

- indici di tipo economico-finanziario derivanti da rielaborazioni dei dati provenienti dalla contabilità generale e dalla contabilità analitica, basati su analisi di bilancio;
- indici di tipo non economico-finanziario che comprendono indicatori fisico-tecnici, energetici;
- indici che derivano da analisi qualitative e quantitative sulle modalità di funzionamento dell'amministrazione, sull'efficacia della gestione;
- indici relativi ad altre attività e servizi offerti
- indici relativi al grado di soddisfazione degli utenti (non solo visitatori)

Naturalmente solo un'analisi globale e sistemica di tutti gli indici può consentire di identificare con sufficiente chiarezza il livello di efficienza e di efficacia raggiunto dal museo e di formulare ipotesi sulle possibilità di sviluppo.

Conclusioni

La conservazione preventiva risulta un obiettivo mirato e perseguibile per tutelare musei ed

opere in essi contenute. Controllo microclimatico e conservazione preventiva sono realizzabili a partire da un'attenta analisi su come viene utilizzata l'energia. Da qui l'importanza e la necessità di condurre ampie campagne di monitoraggio che coinvolgano gli aspetti del microclima, dell'illuminazione, della gestione ed amministrazione, come l'impiego di tecniche di simulazione del tipo CFD per gli aspetti di ventilazione, termofisici ed impiantistici, e del tipo radiosity e raytracing per gli aspetti illuminotecnici. Sono queste le basi per definire ed individuare le possibilità di risparmio ed uso razionale dell'energia così come di eventuale e possibile impiego delle risorse rinnovabili. Con questa formula si intende un insieme di misure e strategie, adattate caso per caso, mirate a ridurre al minimo l'impatto dei fattori ambientali sui manufatti esposti, sulla struttura e materiali dell'edificio storico, ridurre i consumi, rallentare il degrado e migliorare le prestazioni del museo. Le campagne di monitoraggio programmate costituiscono essenziali misure preventive, basate sul controllo del microclima ed il mantenimento di condizioni ambientali ed espositive adeguate, ma permettono anche di definire strategie supplementari per individuare le situazioni di potenziale rischio. Tuttavia è importante evidenziare che il monitoraggio dei singoli parametri ambientali fornisce solo una mappatura della situazione esistente, senza dare indicazioni sull'effettivo impatto di quel dato ambiente su quella data collezione o oggetto. Per questo motivo la ricerca degli ultimi anni in questo campo ha conosciuto un forte sviluppo di tre settori:

- proposte di molti prototipi di strumenti non convenzionali per una valutazione di impatto sulle opere;
- sviluppo di metodologie di analisi dei dati sperimentali (es. analisi multivariata, reti neurali), applicazione di analisi CFD (Computational Fluid Dynamics), simulazioni illuminotecniche mirate specificatamente ad estrarre informazioni salienti dai dati misurati, spesso ridondanti e disaggregati, forniti da vari strumenti;
- definizione ed utilizzo di indicatori di prestazione che segnalano il superamento dei valori limite suggeriti dalla normativa vigente e specie nel caso di indicatori prestazionali di carattere economico, il superamento di soglie prestabilite e rischiose per il sistema domanda/offerta.

L'utilizzo comparato dei risultati delle misure sperimentali, delle simulazioni termofluidodinamiche e illuminotecniche (specie su soluzioni di integrazione di luce naturale con quella artificiale), degli indicatori economici sulla gestione del sistema museale, è il passo preliminare e necessario per riconoscere situazioni critiche e gravose, consumi energetici anomali, distorsioni economico-amministrative e per ragionare sulle possibilità d'uso razionale dell'energia con i conseguenti risparmi ottenibili, migliorando la qualità e godibilità del museo nonché le condizioni di conservazione e tutela delle opere in esso contenute.

Carla Balocco

Dipartimento di Energetica, Università degli Studi di Firenze

Riferimenti

1. Aghemo C. (2006). Valutazione dell'illuminazione negli ambienti di lavoro. In: Atti del 24° Congresso Nazionale AIDI. Firenze, 16 -17 novembre 2006, PAVIA: PI-ME Editrice, vol. 1; p. 44-52.
2. Aghemo C., Blaso L., Pellegrino A., Serra V. (2008), Consumi *energetici* per l'illuminazione artificiale negli edifici: la norma europea UNI EN 15193-2008 e sue applicazioni. In: Certificazione energetica: normativa e modelli di calcolo per il sistema edificio-impianto posti a confronto, Milano: AICARR, vol. 1; p. 139-150
3. Aghemo C. (2005), Gli impianti di illuminazione nei musei. In Atti del Congresso AICARR Roma, 6 maggio 2005, pp.247-273.
4. Avrami E., Mason R., De La Torre M. (2001), Values and Heritage Conservation, Research Report, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
5. Balocco C., Calzolari R. (2008), Natural light design for an ancient building: a case study, Journal of Cultural Heritage, Vol 9 (2) pp.172-178.
6. Balocco C. (2007), Daily natural heat convection in Historical Hall, Journal of Cultural Heritage, vol.8 (4) pp.370-376.
7. Balocco C., Frangioni E. (2010), Natural lighting in the Hall of Two Hundred. A proposal for exhibition of its ancient tapestries, Journal of Cultural Heritage (11) pp113-118.
8. Balocco C., Grazzini G. (2009), Natural Ventilation in Historical Buildings. A Case Study in Palermo, Journal of Cultural Heritage (10) pp. 313-318.
9. Balocco C., Grazzini G. (2009), Natural Ventilation in Historical Buildings. A Case Study in Palermo, Journal of Cultural Heritage (10) pp. 313-318.
10. Balocco C., Grazzini G. (2007), Plant refurbishment in historical buildings turned into museum, Energy and Buildings, vol.39, (6) pp.693-701.
11. Balocco C., Zini V. (2006), Analisi del progetto illuminotecnico di Palazzo Pitti, Rivista LUCE, 45 (5) pp.66-73.
12. Bellia L., Cesarano A., Spada G. (2009), Il controllo della luce nei musei: un compromesso tra esigenze di esposizione e problemi di degrado dei materiali. Aspetti tecnici e normativi. In Atti del Congresso AICARR Roma, 9-9 ottobre 2009, pp.123-144.
13. Camuffo D., Microclimate for Cultural Heritage, Elsevier, Amsterdam, 1998.

14. Camuffo D., Pagan E., Bernardi A., Becherini F. (2004), The impact of heating, lighting and people in re-using historical buildings: a case study, *Journal of Cultural Heritage* (5) pp. 409-416.
15. Capezzoli A., Mazzei P., Corgnati S., Filippi M. (2005), Potenzialità, limiti e problematiche di controllo termoisometrico in ambienti museali: risultati di esperienze in campo. In *Atti del Congresso AICARR Roma 6 maggio 2005*, pp.53-76.
16. Chirieleison C. (2002), *La gestione strategica dei musei*, Giuffrè, Milano.
17. Chirieleison C., Ferrucci L. (2006), *Il marketing dei beni culturali*, in Piccaluga A., Rosato P. (a cura di), "I nuovi marketing", Franco Angeli, Milano.
18. Harrison R., *Manual of heritage management*, Butterworth-Heinemann, Oxford 1994.
19. La Gennusa M., Lascari G., Rizzo G., Scaccianoce G. (2008), Conflicting needs of the thermal indoor environment of museums: in search of a practical compromise, *Journal of Cultural Heritage*, 9 (2) pp. 125-134.
20. Michalski S. (1996), Quantified risk reduction in the humidity dilemma, *Journal of Preservation Technology*, APT Bulletin, 27 (3) pp 25-29.
21. MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI, Decreto Ministeriale 10 maggio 2001 – Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo nei musei, G.U. 19/10/2001, n.244 suppl. ord. Serie Generale.
22. Pizzetti C., *Condizionamento dell'Aria e Refrigerazione. Teoria e calcolo degli impianti*, Vol 1 e 2, CEA Ed. 1980
23. Thomson G., *The museum environment*, II Ed., Butterworth-Heinemann, Elsevier, Oxford 1994.
24. UNI 10829, *Works of art of historical importance - Ambient conditions for the conservation - Measurement and analysis*, Milan, 1999.
25. UNI 10969, *Cultural heritage - General principles for the choice and the control of the microclimate to preserve cultural heritage in indoor environments*, Milan 2002.
26. UNI 11120, *Cultural heritage - Field measurement of the air temperature and the surface temperature of objects*, Milan 2004.
27. UNI 11131, *Cultural heritage - Field measurement of the air humidity*, Milan 2005.
28. UNI EN 15193-2008, *Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione*.



Esperienze a confronto

CAMBIARE E SOSTENERE IL CAMBIAMENTO. SOSTENIBILITÀ E RISPARMIO ENERGETICO NEI MUSEI STRANIERI

L'analisi che Civita ha condotto è stata finalizzata ad individuare a livello internazionale quelle che possono essere considerate alcune delle migliori pratiche dei musei nel campo dell'innovazione a sostegno della efficienza e sostenibilità energetica.

Si è ritenuto inizialmente di poter ottenere dati quantitativi sul numero degli interventi, sui consumi e sugli investimenti effettuati, ma si è dovuto prendere atto che, al di là di rari casi, per lo più relativi a musei di area anglosassone, è molto difficile ottenere informazioni sui consumi energetici, soprattutto in relazione ai costi degli stessi. Le difficoltà aumentano laddove sono stati realizzati interventi volti ad accrescere l'efficienza energetica degli edifici, poiché le soluzioni tecniche adottate, più che appartenere ai musei, sono nel pieno possesso degli architetti e ingegneri che ne hanno curato la progettazione e seguito la realizzazione. A fronte di tale situazione si è deciso di raccogliere quanto più materiale possibile per selezionare le esperienze più importanti, cercando di comprenderne le finalità e gli eventuali collegamenti ad una specifica strategia museale, valutando infine in che modo queste strategie fossero in relazione con la politica energetica del paese in cui si trova il museo.

L'intera ricerca è stata quindi orientata in una direzione prevalentemente qualitativa.

Un ringraziamento particolare va a quei musei che ci hanno messo a disposizione materiali e informazioni specifiche sulle proprie attività, fornendoci anche indicazioni aggiuntive sulle strategie.

Le politiche e le strategie internazionali in campo energetico

All'inizio del 2007 l'Unione europea (UE) ha presentato le linee della sua nuova politica energetica, espressione di un forte impegno a favore di un'economia fondata su un basso consumo di energia, più sicura, più competitiva e più sostenibile. A fondamento di questa strategia sta l'adozione di una stessa politica da parte di tutti gli Stati membri, pur nella rispettiva autonomia di decisione. Gli strumenti che supportano questa politica sono essenzialmente quelli di mercato (imposte, sovvenzioni e scambio di quote dei diritti di emissione di CO₂), lo sviluppo delle tecnologie energetiche (in particolare le tecnologie per l'efficienza energetica e le energie rinnovabili, o le tecnologie a basso contenuto di carbonio) e gli strumenti finanziari comunitari. In questo contesto, particolare rilievo assumono le iniziative relative ai consumi energetici degli edifici, tema sul quale l'Unione Europea è tornata a più riprese.

In particolare, una prima direttiva approvata nell'aprile 2010 ha proposto l'unificazione (rifusione) delle normative esistenti a partire dal presupposto che "gli edifici sono responsabili nel-

l'Unione del 40% del consumo globale di energia”, e che, essendo il settore in espansione, ciò ne aumenterà il fabbisogno e conseguentemente il consumo energetico.

“Pertanto, la riduzione del consumo energetico e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono misure necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione e le emissioni di gas a effetto serra¹”. Non entreremo qui nei dettagli del provvedimento, ma ci limitiamo a rimarcare che questa normativa obbliga i singoli stati a muoversi nella direzione di normare dal punto di vista energetico tutti i nuovi edifici in costruzione e tutti quelli sui quali si intervenga in maniera consistente (interventi che comportino una spesa pari o superiore al 25% del valore dell'edificio o che interessi almeno il 25% della superficie dell'edificio). L'Unione ha anche sottolineato che “gli edifici occupati da enti pubblici e gli edifici abitualmente frequentati dal pubblico dovrebbero dare l'esempio dimostrando che gli aspetti riguardanti l'ambiente e l'energia sono presi in considerazione; tali edifici dovrebbero pertanto essere sottoposti alla certificazione energetica ad intervalli regolari. La pubblicazione dei dati sulle prestazioni energetiche dovrebbe essere potenziata affiggendo i certificati di prestazione energetica in luogo visibile, in particolare negli edifici di determinate dimensioni occupati da enti pubblici o abitualmente frequentati dal pubblico, come negozi e centri commerciali, supermercati, ristoranti, teatri, banche e alberghi”. Infine, ha esplicitamente dichiarato che si dovrà comunque prestare attenzione a tutti quegli edifici che hanno funzioni culturali e che possono avere una valenza storico-culturale specifica.

La sottolineatura di tali aspetti ci è sembrata particolarmente importante poiché spiega le ragioni che hanno spinto alcuni grandi musei ad assumere la questione energetica come un tema essenziale delle proprie strategie operative e comunicative.

Il caso della Tate Gallery permette di cogliere alcuni elementi fondamentali e strategici che ci sembrano di particolare rilievo. Il tema della sostenibilità ambientale è all'attenzione della Galleria dal 2001, quando si tennero le prime riunioni tra le varie sedi in risposta alle cosiddette “Greening initiative” lanciate dal governo inglese.

Nel settembre 2008 la Tate ha formalmente assunto l'impegno di diventare leader nel campo della sostenibilità, facendo della questione del risparmio energetico un tema fondamentale delle strategie del museo. Le strategie messe in atto dal museo si muovono comunque all'interno di alcuni obiettivi principali:

- riduzione dei consumi energetici e, conseguentemente, delle emissioni di CO₂;
- impegno nell'evitare la dipendenza da risorse non rinnovabili;

1 Posizione del Consiglio definita in prima lettura in vista dell'adozione della direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia a Consiglio il 14 aprile 2010

esperienze a confronto

- contenimento dell'inquinamento locale;
- risparmio idrico;
- riduzione e riciclaggio dei rifiuti;
- sensibilizzazione e sostegno all'uso del trasporto pubblico e di altri mezzi non inquinanti, proponendo ed introducendo, fra le altre cose, un servizio di autobus specifici per il collegamento delle diverse sedi espositive.

Il museo ha in primo luogo definito alcuni obiettivi specifici da attuare nel triennio 2009-2012: ridurre i consumi dei gas naturali, dell'elettricità, dei combustibili per veicoli e dei gas refrigeranti del 15% rispetto a quelli del 2007-2008 e le emissioni di CO₂, derivanti dalla trasformazione di rifiuti in metano in discarica, del 10% rispetto allo stesso anno.

Fondamentali sono state le attività, dallo straordinario potere comunicativo, che il museo ha attivato. Il 1° settembre 2009 la Tate Modern ha supportato il lancio della campagna 10:10, iniziativa privata, nata da un'idea del regista Franny Armstrong, che ha lo scopo di ridurre del 10% le emissioni di CO₂ entro il 2010. L'iniziativa già conta più di 72.000 sostenitori: cittadini, personaggi influenti, uomini e donne del mondo dello spettacolo, imprese e istituzioni. Il 19 e 20 marzo di quest'anno, inoltre, la Tate Modern ha ospitato, in collaborazione con la Royal Society, un importante simposio, dal titolo *Rising to the Climate Challenge*. Il suo scopo era di coinvolgere e far collaborare insieme artisti e scienziati, nell'immaginare e delineare i problemi sociali e psicologici procurati dai cambiamenti climatici.

Anche il Manchester Museum aderisce all'iniziativa 10:10 e si è posto obiettivi specifici in materia di eco-sostenibilità. Tra questi il riciclaggio e la riduzione dei rifiuti da inviare a discarica del 40% entro la fine del 2010, il ricorso all'acqua della rete pubblica piuttosto che a quella imbottigliata, la riduzione del 40% del consumo di energia elettrica, nonché l'allestimento di una nuova galleria con lo scopo di evidenziare come, in materia di sostenibilità ambientale, le singole azioni del museo, ma anche quelle di ciascun individuo, possano fare la differenza.

La politica di eco-sostenibilità del Manchester Museum presenta un doppio approccio al problema: da una parte il museo si impegna ad investire su un incremento tecnologico delle infrastrutture, dall'altro intende modificare le pratiche ed i comportamenti lavorativi, attuando anche una certa sensibilizzazione alle tematiche ambientali all'interno dell'istituto. Al progetto di perfezionamento delle infrastrutture in senso eco-sostenibile fa capo tra le altre cose l'introduzione nel museo dell'illuminazione a LED, sorgente di luce a basso consumo energetico. È stato valutato che grazie a tale inserimento ed altre misure di risparmio energetico, il Museo può ridurre il consumo di energia elettrica del 40% l'anno. Sull'altro fronte si sta procedendo ad introdurre cambiamenti nello stile di vita lavorativa dello staff e nelle decisioni legate ad attività quotidiane del Museo. Tra questi si segnalano l'acquisto da parte dell'Istituto di materie prime prodotte unicamente da fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei materiali acquistati ed il riciclo qualora possibile degli stessi, la rimozione

degli erogatori di acqua refrigerata, in favore dell'acqua pubblica e la sostituzione graduale di stampanti personali in favore di macchine centralizzate. A ciò si aggiunge l'obiettivo di ridurre i rifiuti da inviare a discarica del 40% entro la fine del 2010. Simili decisioni sono prese da un gruppo di lavoro interno, formato da qualche anno e rivolto specificatamente ai temi della sostenibilità. In conclusione il Manchester Museum attua una politica di sensibilizzazione ai temi ambientali attraverso pubblicazioni e conferenze.

Un altro grande museo inglese, il Victoria and Albert Museum, peraltro ospitato in un edificio storico anche se costruito esplicitamente per essere un museo, considera lo sviluppo sostenibile una priorità già dal 2005. Il Victoria and Albert Museum costituisce un caso esemplare per le politiche di eco-sostenibilità adottate dai musei. Innanzitutto è tra i primi al mondo ad aver calcolato le proprie emissioni di carbonio, aspetto che ha permesso all'istituto non solo di ottimizzare le proprie politiche ambientali, ma di stimare con esattezza la crescita dell'istituto in termini di sostenibilità. Dal 2005 al 2009, le emissioni di Co2 si sono ridotte del 20%. Come si evince dal grafico 1, gran parte di tale risparmio energetico si deve all'installazione nel Dicembre del 2006 di un sistema di CHP, condiviso con il Museo di Storia Naturale. L'impianto di cogenerazione permette di produrre energia elettrica combinata a quella termica, in un sistema integrato alimentato da un'unica fonte di energia primaria e nella fattispecie ha permesso una riduzione di emissioni pari a 700 tonnellate.

Contemporaneamente a questa installazione il Museo ha provveduto a soluzioni di minor impatto economico, ma parimente efficaci: tra queste, il riciclo, una rigorosa raccolta differenziata, l'uso di sistemi di illuminazione controllata e la sostituzione in ogni area dell'edificio delle vecchie lampade con diverse tipologie di illuminazione a basso consumo energetico. Simili soluzioni costituiscono tuttavia solo alcuni aspetti dei complessivi piani di riqualificazione del Museo. Tali progetti sono direttamente rivolti a rendere l'edificio più sostenibile e a sperimentare sistemi a basso consumo energetico che creino le condizioni ambientali migliori per la conservazione delle opere. In questa direzione sono stati indirizzati in particolari i progetti di due nuove gallerie che, attraverso l'ottimizzazione dello sfruttamento della luce solare ed efficaci sistemi di ventilazione e riscaldamento hanno permesso di creare le giuste condizioni ambientali senza l'utilizzo di sofisticati impianti di umidificazione e climatizzazione. Ciò ha dimostrato come la ristrutturazione anche di grandi ale dell'edificio non comporti necessariamente un drammatico aumento dell'impatto ambientale dello stesso (in questo caso si parla del 2% del Carbon footprint annuale).

Aspetto significativo della politica adottata dal Victoria and Albert Museum è quindi la partecipazione dello stesso ad iniziative e programmi pubblici, cittadini e nazionali. Il museo è infatti membro del pionieristico Green 500 Scheme, un programma lanciato dal sindaco di Londra con lo scopo di individuare e riconoscere le organizzazioni della città che più si adoperano per la riduzione delle emissioni di carbonio. Particolare attenzione è stata rivolta al

esperienze a confronto

V&A, riconoscendo all'istituto l'importante lavoro compiuto e le ottimali pratiche tecnologiche adottate per il risparmio energetico. Il Museo ha inoltre preso parte alla campagna 100 Hours of Carbon Clean Up, lanciata dal CIBSE con lo scopo di accrescere la consapevolezza delle organizzazioni sulle azioni che possono attuare per ridurre le emissioni, abbassando allo stesso tempo i costi delle bollette. Grazie a questa iniziativa il Museo ha monitorato e calcolato lo spreco di energia elettrica che si veniva ad accumulare lasciando le luci e gli altri impianti elettrici accesi anche fuori orario di apertura. I risultati hanno mostrato che tali disattenzioni sono responsabili dello 0,5% del consumo elettrico annuale, percentuale comunque inferiore alla media degli uffici cittadini, che si aggira attorno al 5%, e che con molta probabilità tenderà a diminuire, considerato l'impegno che lo staff sta mostrando per ridurre un simile e inutile spreco. Il personale è infatti costantemente aggiornato sulle politiche di eco-sostenibilità adottate e sui progetti portati avanti in tal senso. Esso è inoltre oggetto di alcune interessanti iniziative tra cui il Ride2Work, che invita i dipendenti ad utilizzare quotidianamente la bicicletta per raggiungere il museo, incoraggiando quindi ad uno stile di vita più sano ed eco-sostenibile. Ciò permette di ribadire quanto il Museo, ed è questo un aspetto particolarmente apprezzabile, assolva una funzione di promozione dei valori della sostenibilità, sia al proprio interno che nei confronti della società.

Sono comunque i nuovi piani di riqualificazione del museo (FuturePlan Refurbishment and Redevelopment) che contribuiranno fortemente a rendere l'edificio più sostenibile.

Particolare attenzione è prestata ai nuovi sistemi di climatizzazione, capaci di creare, con scarsi consumi energetici, le giuste condizioni ambientali per la conservazione delle collezioni. Nei progetti di due gallerie, in particolare, si è voluto ottimizzare l'uso della luce naturale, riducendone al minimo la dispersione, nonché introdurre tecniche di ventilazione intelligente e nuove strategie di riscaldamento, umidificazione e raffreddamento.

Sempre in Inghilterra, il National Maritime Museum ha attivato un gruppo di lavoro per definire un insieme di strategie di sviluppo sostenibile da mettere in campo già dal biennio 2008-2009. Questo gruppo, composto da figure senior, lavora a definire una strategia di lungo periodo attraverso un'attenta valutazione economica. Il gruppo ha cercato di definire alcune pratiche sostenibili all'interno del museo, coinvolgendo l'intero staff, ha lanciato una competizione per la ricerca di soluzioni sostenibili relativamente a:

- ammodernamento dei sistemi di illuminazione;
- isolamento termico;
- aggiornamento della gestione dei sistemi energetici nelle diverse sedi.

Con la registrazione dei primi risultati, il Museo ha ottenuto una "E" nell'Energy Performance Buildings e, sebbene non sia stato possibile calcolare esattamente i risparmi ottenuti, lo staff del museo è convinto di poter ottenere risultati significativi soprattutto lavorando in prospettiva della costruzione di un Aquifer Thermal Energy Store, che, utilizzando due pozzi-deposito, provvede al

riscaldamento d'inverno e al refrigeramento d'estate di una parte degli edifici, attraverso lo scambio termico di aria con l'esterno.

In materia di edifici museali di ultima costruzione, c'è, poi, grande attesa per il nuovo Museo di Liverpool, situato tra l'Albert Dock e il Pier Head, uno dei moli dell'area postindustriale dichiarato patrimonio dell'umanità dall'UNESCO, i cui costi di realizzazione hanno raggiunto i 72 milioni di sterline e nel quale ENER-G sta completando l'installazione di un sistema combinato avanzato che consentirà risparmi annuali valutati in 500 mila sterline.

La tecnologia della rigenerazione, che crea calore, elettricità e raffrescamento altamente efficienti, ridurrà le emissioni di CO₂ di 884 tonnellate ogni anno, che equivalgono ai benefici ambientali di 88.400 alberi. Concepito come una serie di piattaforme inclinate e sopraelevate che formano progressivamente una struttura scultorea, il Museo rappresenta un simbolo del processo di rigenerazione urbana di Liverpool, luogo dove riscoprire le tradizioni e le attività che hanno segnato la vita sociale ed economica della città. L'involucro, una sequenza continua di piani, è sostenuto da una struttura di acciaio (2.100 tonnellate) la cui scelta, oltre che legata alla tradizione costruttiva, risponde all'esigenza di avere grandi luci strutturali e maggiore flessibilità distributiva dello spazio interno: volumi lineari di grandi dimensioni, percepibili dall'esterno attraverso una vetrata alta 8 metri e larga 28 che, nel dialogo tra interno ed esterno, offre una suggestiva prospettiva sul canale. Il cuore della costruzione, la scalinata centrale, è stata accuratamente studiata con schizzi, rendering e plastici mentre l'atrio, che funge da pubblico 'salotto' e da hall d'ingresso, rappresenta un punto di connessione con gli spazi espositivi attorno ad esso. Una stima di almeno 750.000 visitatori annui per questo avveniristico Museo che presentando la storia sociale, la cultura popolare e guardando alla Gran Bretagna e al mondo attraverso gli occhi di Liverpool, ambisce a diventare il Museo di Storia leader nel mondo.

Un altro caso significativo è rappresentato dal Kunsthistorisches di Vienna, uno dei musei più interessanti d'Europa, ospitato in un edificio del XIX secolo. Realizzato nel 1858 per volontà dell'imperatore Francesco Giuseppe come parte di un processo di espansione della città, la monumentale struttura nasce specificatamente per ospitare le imponenti collezioni degli Asburgo. Un edificio storico di tale levatura (la cubatura complessiva raggiunge i 135000 m³) comporta complessi accorgimenti in materia di sostenibilità. L'odierna direzione museale ha definito progetti specifici di risparmio energetico orientati in quattro direzioni principali:

- illuminazione;
- aria condizionata e riscaldamento;
- isolamento termico
- gestione dei rifiuti solidi (inclusa la produzione di energia da riciclaggio).

Spostando l'attenzione al Nord America particolare menzione merita il Montréal's Nature Museums che già dal 1994 si impegna per la riduzione delle emissioni ed il contenimento

esperienze a confronto

dei costi energetici. Recentemente il museo ha sviluppato un piano di riqualificazione volto a migliorare le prestazioni energetiche del Biodome², dell'Insectarium e del Botanical Garden mediante l'utilizzo di energie rinnovabili, consentendo, oltre ad un significativo risparmio energetico, una notevole riduzione di CO₂, aspetto centrale degli obiettivi strategici elencati nel Piano di Sviluppo Sostenibile del Museo. L'ambizioso progetto, che prevede la conclusione dei lavori per settembre 2010, include l'installazione di un sistema geotermico, a circuito aperto nel Biodome² e a circuito chiuso nell'Insettario, nonché l'ottimizzazione della ventilazione, la modernizzazione degli impianti di illuminazione e il trasferimento del caldo e del freddo scambiato dal Biodome con l'ecosistema alle altre parti dell'edificio, a seconda delle necessità stagionali.

Il piano del Museo è supportato dalla città di Montreal con un impegno economico di 7,5 milioni di dollari (canadesi). Hanno inoltre partecipato al finanziamento del progetto, con un contributo pari a 1 milione e 260 mila dollari, Hydro-Québec, la Federation of Canadian Municipalities e l'Office de l'efficacité énergétique. I risparmi derivanti dalla realizzazione dell'intero programma permetteranno di ottenere un tempo di payback di 8-9 anni. Gli importi così risparmiati saranno comunque reinvestiti in ulteriori interventi per ridurre le emissioni. Oggi il museo utilizza 262.400 GJ/annue di energia per un costo di circa 4,1 milioni di dollari. Il nuovo programma prevede un risparmio di circa 1,2 milioni di dollari e una riduzione di emissioni in atmosfera di circa il 10%, in linea con gli obiettivi del Montreal's Strategic Sustainable Development Plan.

Anche il nuovo edificio del Planetario sarà realizzato con l'obiettivo della qualità energetica, assumendo a riferimento lo standard Platinum del LEED³.

Nel corso dei lavori, il museo si è posto inoltre l'obiettivo di spiegare ai visitatori le tecnologie applicate, al fine di sensibilizzare il proprio pubblico circa l'importanza di una cultura responsabile nei confronti dell'ambiente e della natura.

Il Museo Statale dell'Hermitage a San Pietroburgo costituisce un caso esemplare di collaborazione tra Museo e impresa privata. Fra il 2009 e il 2010, il Museo ha infatti sviluppato assieme alla Philips una serie di accordi per la progettazione di un nuovo si-

2 Si tratta di uno degli impianti più grandi in Canada.

3 Il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici LEED (acronimo di The Leadership in Energy and Environmental Design), sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard di misura per valutare le costruzioni ambientalmente sostenibili. Dalla sua prima elaborazione nel 1998, il LEED è cresciuto fino ad includere più di 14.000 progetti edilizi in più di 50 stati degli U.S.A. e altri 30 paesi che coprono 99 km² di aree in sviluppo. L'aspetto principale del LEED è che si tratta di un processo aperto e trasparente dove i criteri tecnici proposti dai comitati LEED vengono pubblicamente rivisti per l'approvazione da più di 10.000 organizzazioni che formano parte del USGBC. Il Platinum è il più alto livello previsto dal LEED. Gli altri sono il Gold e il Silver.

stema di illuminazione fondato sull'impiego di LED prodotti dall'azienda. Gli interventi hanno interessato sia realtà esterne in luoghi simbolo di San Pietroburgo che le sale del museo⁴.

Un caso simile è quello nato dalla collaborazione tra SolarCraft e Sonoma Valley Museum of Art, in California (USA). Il piccolo museo, gestito da una organizzazione privata no-profit e di dimensione locale, conserva per lo più lavori di artisti del luogo, ma non mancano opere di calibro nazionali e internazionali. Tra le opere esposte si annoverano pitture, disegni, sculture, fotografie, ceramiche e tessuti. Alla base della collaborazione con SolarCraft è la volontà da parte del Museo di risparmiare sia energia che risorse economiche. L'impianto fotovoltaico da 25.9 kW realizzato dalla SolarCraft garantisce infatti al museo più del 90% del suo fabbisogno energetico⁵.

In risposta alle direttive UE sulle performance degli edifici, l'Inghilterra ha stabilito che dal 1 ottobre del 2008 tutti gli edifici pubblici di oltre 1000 mq. debbano esporre un Display Energy Certificate (DEC). Ciò permette di garantire una completa trasparenza in merito all'efficienza energetica degli edifici pubblici, nonché un regolare controllo dei consumi energetici.

Il DEC è per molti versi simile alle etichette che troviamo sulle nuove auto o sulle apparecchiature elettriche, come frigoriferi, condizionatori, etc. Usa infatti un sistema di scala per l'efficienza energetica che va dalla A (maggiore efficienza) alla G (bassa efficienza).

Il miglioramento del ranking DEC, dall'attuale livello G al livello immediatamente superiore (F) compare tra gli obiettivi della più ampia strategia di sostenibilità sviluppata dal British Museum. Essa propone tra i vari punti una monitorata riduzione dei consumi energetici e prevede in alcuni casi, tra cui il progetto riguardante i depositi, la collaborazione con il Museo della Scienza ed il Victoria and Albert Museum⁶.

La politica di sostenibilità è oggi considerata una priorità da parte del British Museum in quanto elemento strettamente legato non solo a quello delle risorse ma anche al ruolo del museo come soggetto promotore di responsabilità sociale.

Strategie diverse interessano invece gli edifici nuovi, in cui è possibile programmare un impegno diretto all'utilizzo delle nuove tecnologie. La costruzione di nuovi edifici consente infatti di sfruttare più adeguatamente non solo le fonti di energia rinnovabili, ma anche nuovi materiali isolanti e vetri con caratteristiche tali da consentire il massimo dello sfruttamento della luce

4 *Su questo punto vedi l'intervento di Annalisa Cicerchia in questo volume.*

5 *L'impianto consiste di 96 pannelli solari Sun Tech da 270 watt distribuiti su una superficie di 2007 piedi di copertura che inoltre riducono la dispersione del raffreddamento dell'edificio. Generano complessivamente 35.407 kilovattori-ora annuali con un minori emissioni per diverse tonnellate di CO2. L'impianto è garantito per venticinque anni e quaranta per i componenti più importanti e, a fronte di un investimento significativo, garantisce nel tempo un consistente risparmio energetico.*

6 *La gestione dei depositi è un elemento di grande problematicità per tutti i musei e rappresenta, per quanto riguarda gli aspetti energetici, un problema non indifferente.*

esperienze a confronto

diurna garantendo al contempo un'ottimale protezione delle opere. Sfruttando tali opportunità sono stati edificati negli ultimi anni numerosissimi musei. Citarli tutti sarebbe dispersivo, ci limiteremo pertanto a descrivere alcuni casi significativi. Va sottolineato comunque che gli studi di architettura e ingegneria deputati alla progettazione di tali grandi opere hanno dimostrato le migliori competenze, confermando lo stretto rapporto, ormai indispensabile, tra sviluppo tecnologico, conoscenze e applicazione pratica.

Il Brandhorst Museum è ospitato in un semplice edificio nella zona nord-est del quartiere dei musei di Monaco ed ospita una collezione privata costituita da opere, prevalentemente pittoriche, del tardo XX secolo e di arte contemporanea. Il progetto dell'edificio, oltre a ricercare condizioni di luce ottimali per l'esposizione e la conservazione, ha sviluppato una specifica strategia di contenimento dei consumi energetici che permetterà di risparmiare, rispetto ad edifici con le stesse caratteristiche, il 50% di energia termica e il 26% di energia elettrica, con una riduzione delle emissioni di CO₂ di 356 tonnellate annue. Per il raffreddamento, riscaldamento e condizionamento verrà utilizzata energia geotermica, gestita mediante una pompa di calore ad alto assorbimento. Il museo ricicla inoltre lo spreco di energia degli edifici circostanti sfruttando una tecnologia che riequilibra lo stato geotermico del terreno.

Grazie al complesso sistema di sfruttamento della luce naturale, infine, è stato calcolato che essa potrà essere utilizzata per il 50-75% dell'orario di apertura del museo, con un risparmio consistente di energia elettrica.

Il Museo Ritter a Waldenbuch è un esempio di museo privato realizzato nella piena consapevolezza delle misure di contenimento dei consumi energetici. Ubicato nei pressi della omonima fabbrica di cioccolato espone una collezione di arte astratta, e riproduce, nella sua pianta, le forme geometriche tipiche delle barre di cioccolata. La parte prevalente dei 700 mq di esposizione è collocata al primo piano del Museo. Tali ambienti sono equipaggiati con un sistema combinato di luce artificiale e luce naturale e tecnologie che permettono di controllare la corretta illuminazione delle opere d'arte. Nel piano terreno prevale invece la luce artificiale, con lampade a fluorescenza e materiali di costruzione ad alta dispersione e trasmissione. Per rispettare gli standard previsti per la conservazione delle opere (temperatura ed umidità) sono stati sviluppati inoltre sistemi di rotazione e scambio tra calore e umidità che utilizzano pompe di calore ed adeguati sistemi di circolazione dell'aria.

Per la realizzazione sull'isola di Saadiyat del Louvre di Abu Dhabi, ad esempio, lo studio Happold, selezionato con un concorso per le sue competenze interdisciplinari, ha collaborato con il progettista francese Jean Nouvel, integrando il progetto con un controllo accurato dal punto di vista della climatizzazione, di tutti gli ambienti del museo, sia quelli deputati all'esposizione che quelli di servizio. È stata analizzata un'ampia gamma di sistemi passivi di energia, in particolare il raffreddamento naturale degli edifici e l'ottimizzazione dei consumi idrici. La struttura sarà inoltre ottimizzata secondo i principi del sistema di punteggi del LEED americano per la conservazione

delle risorse naturali. Ovviamente l'intero progetto terrà conto delle condizioni climatiche estreme di Abu Dhabi (dalla polvere nell'aria, alla salinità dell'acqua, alle occasionali tempeste di sabbia). Per concludere si cita il caso del King Abdulaziz Centre for World Culture, nato per promuovere la cultura e la formazione in Arabia Saudita, La struttura è composta di cinque edifici, con specifiche funzioni, e presenta un'ampia molteplicità di servizi: un auditorium, una biblioteca, un teatro, uno spazio espositivo, un museo e un centro culturale per bambini. La sostenibilità è stata una chiave prioritaria nella progettazione del centro che, come nel caso del Louvre di Abu Dhabi, ha fatto riferimento al sistema di certificazione americano LEED. Numerose sono state quindi le soluzioni apportate per contenere i consumi, tra queste tecniche innovative di costruzione, sistemi energetici efficienti e avanzate tecnologie nel campo dell'illuminazione. Come accennato, non è possibile presentare tutti i casi individuati⁷. Oltre ai singoli musei sarebbe infatti opportuna una ricognizione presso i più importanti studi di ingegneria per ottenere un quadro delle tecniche e degli interventi effettuati sul patrimonio culturale⁸. Già da questi casi è comunque possibile trarre delle considerazioni interessanti.

In linea di massima si può affermare che esiste una certa coerenza in tutti i progetti descritti, nonché un intrinseco legame tra le politiche nazionali di risparmio energetico, volte sia al

7 Solo negli Stati Uniti, ad esempio, abbiamo individuato numerosi casi studio fra i quali Brooklyn Children's Museum, Children's Museum of Naples, Children's Museum of Pittsburgh, The Children's Museum of the Upstate, Discovery Center Museum, Durango Discovery Museum, Exploration Works, Hands On Children's Museum, ImaginOn: The Joe & Joan Martin Center, Kohl Children's Museum of Greater Chicago, Madison Children's Museum, Nevada Discovery Museum, Shenandoah Valley Discovery Museum, Strong Museum, Town of Normal Children's Discovery Museum, tutti segnalati come casi significativi da Green Buildings. Hanno invece ottenuto la certificazione LEED: Boston Children's Museum, Children's Museum of Pittsburgh Expansion, Kohl Children's Museum of Greater Chicago, Museum Of N. Arizona Collection Center,

Museum Of Visual Materials, Museum Place Lofts & Townhouses, Natural History Museum of the Adirondack, Strong National Museum of Play, The Children's Museum of New Hampshire, The Mark Twain House & Museum Center.

8 Solo per citarne uno il Buro Happold, venuto alla ribalta per il suo intervento sul Louvre Abu Dhabi ha realizzato numerosi interventi su strutture usate a fini culturali tra cui: Newlyn Art Gallery, Victoria and Albert Museum, Memorial to the Murdered Jews of Europe, Aqualibrium Centre, Sage Music Centre, Magna Science Adventure Centre, Queen Elizabeth II Great Court, Kildare Civic Offices, Perth Concert Hall, Japan Pavilion for Expo 2000, Millennium Dome, Norwich Cathedral Visitor Centre, Nomadic Museum. Lowry Centre, Royal Armouries Museum. Millennium Galleries and Winter Garden, Peebles Arts Centre, MacRobert Arts Centre. Di particolare interesse l'intervento al Tolbooth Arts Centre, un edificio dei primi anni del XVIII secolo, dove un innovativo sistema di ventilazione ha ridotto in maniera consistente i consumi energetici.

esperienze a confronto

contenimento dei costi che alla ecosostenibilità: Inghilterra, Germania, Stati Uniti, Canada hanno i loro piani strategici ed i musei si raccordano ad essi in maniera attenta.

I musei sono ovviamente spinti da necessità economiche ad intervenire sui consumi energetici. La "bolletta" è una preoccupazione costante, finiscono lì somme ingenti che, se tollerabili molti anni fa, oggi appaiono semplicemente insopportabili. Si interviene quindi sia per una generale cultura ecologica che per esigenze di cassa. L'altra preoccupazione è costituita dall'adeguamento delle caratteristiche infrastrutturali, con particolare attenzione all'illuminazione e alla climatizzazione, mantenendo comunque sempre prioritaria la conservazione e la fruizione del patrimonio culturale. I progetti non si limitano a piccoli miglioramenti, ma sono veri e propri interventi di ristrutturazione, parti di un programma scandito nel tempo che prevede investimenti, ma anche ingenti ritorni in termini di risparmio energetico.

Le tecnologie impiegate sono le più svariate: dalle fonti rinnovabili (fotovoltaico), i sistemi naturali di scambio dell'aria e la cogenerazione, fino alla semplice sostituzione delle lampade e all'utilizzo dei LED.

Costante attenzione è inoltre rivolta al consumo idrico, alla gestione dei rifiuti e all'uso delle tecnologie informatiche.

Infine, va sottolineato come il museo tenda ad assolvere una funzione educativa rispetto al tema dell'eco-sostenibilità. Ciò che si fa al suo interno diventa oggetto di comunicazione se non di vera e propria formazione.

Si tratta, in conclusione, di strategie integrate e complesse, in cui l'attenzione del museo non è rivolta solo al suo interno ma anche alla società a cui il museo, per il tramite della propria autorevolezza, fa pervenire un importante messaggio di rinnovamento.

Massimo Misiti con Ilaria Basili

Centro Studi "G. Imperatori", Associazione Civita

I musei Italiani

In Italia, dove non esiste un inventario ufficiale e definitivo dei musei, le stime più attendibili indicano una cifra totale di circa 4.700 fra "istituti d'antichità e d'arte", spazi espositivi dedicati e aree archeologiche, aperti al pubblico su una base più o meno regolare. Esistono poi una quantità di altri "edifici culturali", anch'essi accessibili pubblicamente, come gli archivi, le biblioteche o i teatri e gli auditorium, dei quali, per il momento, non ci si occuperà in questa sede.

Questo insieme composito comprende collezioni incomparabilmente differenti, che vanno dalle raccolte d'arte più rare e preziose ai campioni di paste alimentari, dalle testimonianze archeologiche agli ombrelli, dai costumi femminili tradizionali agli strumenti scientifici antichi. Considerati sotto il profilo della proprietà, i musei possono essere pubblici (statali, regionali, provinciali, comunali), ecclesiastici, privati, e, nel caso delle Fondazioni, anche privato-sociali.

Le loro modalità di gestione, che sono cruciali ai fini della questione energetica, differiscono anch'esse notevolmente tra di loro, ma, generalizzando fin dove è possibile, sono caratterizzate in moltissimi casi dalla mancanza di autonomia. In altri termini, in Italia, i musei statali o comunali, tranne alcune eccezioni, non sono dotati di personalità giuridica propria e non costituiscono unità amministrative a sé stanti.

Questo elemento rende evidentemente complesso e lento il processo decisionale e non lineare l'adozione di strategie di intervento nella direzione che qui interessa. Inoltre, la mancanza di autonomia ha effetti sulla dimensione economica e finanziaria: essa dà infatti, da una parte, luogo a una contabilità molto difficile da ricostruire (le voci confluiscono nel conto più generale dell'ente pubblico, centrale o locale, di appartenenza), e dall'altra complica le modalità di controllo della spesa e di generazione e utilizzazione delle risorse ordinarie e straordinarie.

Molte storie di successo "energetico" di istituzioni museali che operano all'estero sono state rese possibili o molto agevolate, a ben guardare, dalla coincidenza fra proprietà, controllo, amministrazione e gestione, che ha consentito, fra le altre cose, anche di integrare, con specifici accordi con stakeholder privati, le risorse disponibili per interventi talora anche radicali. La trasferibilità di quelle esperienze e la loro replica nel contesto

italiano, pertanto, non sono del tutto automatiche.

Al contrario, appare auspicabile che vengano messi a punto meccanismi amministrativi e gestionali innovativi in grado di semplificare i processi e ridurre le dispersioni istituzionali.

Il patrimonio statale

Secondo dati 2010, il patrimonio culturale (musei ed aree archeologiche), gestito dallo Stato ammonta a 403 unità aperte al pubblico, ai quali va aggiunto un certo numero di luoghi non aperti al pubblico (in restauro o non attivi). Per contro, il patrimonio immobiliare gestito dal MIBAC è ben più vasto: un repertorio di 1.060 immobili, tra musei, archivi, biblioteche ed uffici del Ministero. Come ci ricorda l'architetto Pasqua Recchia nell'introduzione a questo stesso volume, a questi dati corrispondono 6.000.000 di metri cubi di immobili e 571.000 mq di sole superfici museali; senza dimenticare le aree archeologiche aperte al pubblico, che rappresentano una minima parte del patrimonio archeologico italiano di 15.600.000 mq, ovvero 1.500 ettari. L'ammontare complessivo per la gestione ed il funzionamento di tutto questo patrimonio ammonta a circa 111.000.000 euro all'anno. Tuttavia, nel quadro di una progressiva e massiccia contrazione delle risorse, dovuta ai ben noti stringenti vincoli di finanza pubblica e ai conseguenti tagli (che per la parte corrente sono stati drastici e hanno superato per il Mibac, in pochi anni, il 50%), come accade ormai in tutti gli stati di previsione dei Ministeri e in tutte le linee di spesa della pubblica amministrazione, si è costretti a operare una forzatura e a utilizzare i fondi di investimento dedicati ai lavori – presumibilmente, restauri - a favore delle spese correnti, perché i loro capitoli non sono mai sufficienti. Vale la pena ribadire in questa sede quanto affermato dall'architetto Pasqua Recchia più sopra, ossia che presso il Ministero per i Beni e le attività culturali si verifica anche il caso inverso, per cui una parte delle risorse appostate per i cosiddetti "consumi intermedi" viene utilizzata invece per la manutenzione straordinaria. Pertanto, la somma che complessivamente si spende per la gestione, tra cui quella dei consumi, è molto più bassa ed è in sofferenza. La qualità di questi servizi, supportati da consumi così bassi, presenta, quindi, un delta di crescita potenziale molto alto. Il calcolo effettuato dal MiBAC, non considerando solo i capitoli delle spese energetiche, è di circa 25.000.000 di euro, pari a una media poco più di 23.500 euro all'anno per ognuno dei 1.060 immobili amministrati.

Contenuti e contenitori

La più grande varietà, a proposito dei musei italiani, non si trova solamente nei contenuti, ai quali si è fatto cenno, ma anche nei loro contenitori. Fra di essi ci sono edifici di grandissime e di minuscole dimensioni, palazzi storici e costruzioni moderne, strutture progettate appositamente per la funzione museale e spazi recuperati da edificazioni diversamente finalizzate e ormai in disuso (anche in questo caso, disparate: miniere, fabbriche, magazzini, stazioni ferroviarie, etc.).

Stili architettonici, materiali, organizzazione degli spazi, collocazione urbanistica sono altrettanto molteplici. Differiscono così, inevitabilmente, anche quelli che potremmo definire gli stili energetici (fabbisogni, tecnologie, consumi, ecc.) degli edifici culturali aperti al pubblico.

Questi stili, come si è detto, sono tuttavia degni di studio e di osservazione per tre principali ragioni:

- per esigenze di razionalizzazione e contenimento della spesa corrente, che appaiono particolarmente gravi alla luce degli attuali vincoli di finanza pubblica;
- per necessità di ridurre l'impatto ambientale di strutture che in alcuni casi sono di grandi dimensioni e quindi, energivore e produttrici di emissioni e rifiuti in quantità elevata;
- per bisogno di conseguire elevati standard gestionali coerenti con la funzione "esemplare" ed educativa svolta direttamente e indirettamente dai musei e dai "luoghi della cultura";
- per la capacità di costituire, a determinate condizioni di integrazione e di coordinamento strategico, anche un fattore positivo di domanda qualificata e quindi di pressione nei confronti dell'offerta di tecnologie e di soluzioni di approvvigionamento .

Allo scopo di saggiare il grado di consapevolezza delle questioni e di individuare le tipologie di soluzione eventualmente adottate, Civita, nella primavera 2010, ha promosso una indagine, a carattere puramente ricognitivo, presso un gruppo pilota di venti musei italiani, di varia appartenenza geografica e istituzionale. A questa prima rilevazione sul campo ha fatto seguito una seconda, attualmente in corso, diretta da chi scrive con l'Università di Roma Tor Vergata, che ha coinvolto i 152 musei privati e comunali censiti dal Touring Club nel Lazio.

La ricognizione sul campo

Lo studio sul campo ha comportato, come detto, due fasi, una delle quali è ancora in corso di svolgimento.

Durante la prima fase, è stato predisposto un questionario per l'inquadramento della problematica energetica, che è stato somministrato, quasi sempre nel corso di un sopralluogo, in alcuni casi per trasmissione e-mail, o, alternativamente, compilato in base alla documentazione resa disponibile, a una selezione pilota di venti musei pubblici, scelti per tipologia di edificio, di collezione, di proprietà (statale o comunali) e di collocazione geografica.

Si sono scelti così musei storici, scientifici, artistici e archeologici, aree archeologiche, le cui collezioni sono ospitate in edifici storici (di destinazione museale originaria e di diversa destinazione) e in costruzioni moderne (anche in questo caso, realizzate appositamente per questa finalità o riadatte).

Il questionario aveva la finalità di accertare la percezione di una "questione energetica" all'interno delle realtà indagate, e di individuare le eventuali modalità di intervento orientato di conseguenza: progettazione ex novo dell'edificio, ristrutturazione o retrofitting, rinnovamento di impianti tecnologici, utilizzo di fonti rinnovabili, misure gestionali di razionalizzazione degli usi, ecc.

Sulla base delle prime osservazioni e dei primi contatti con il gruppo pilota, in collaborazione con il Corso di Economia e gestione delle attività culturali e turistiche dell'Università di Roma Tor Vergata, il questionario è stato quindi messo a punto e sottoposto, in forma elettronica, a un diverso campione di 152 musei, questa volta tutti concentrati geograficamente nel Lazio e di proprietà esclusivamente comunale o privata¹.

La rilevazione è attualmente ancora in corso, ma è stato possibile cominciare ad esaminare, in termini puramente qualitativi, le risultanze delle risposte pervenute ad oggi.

La tabella seguente presenta una prima visione sintetica dei dati raccolti unicamente in relazione ai musei che hanno riferito di aver adottato misure di miglioramento degli usi di energia.

¹ Si ringrazia Ilaria Cortoneschi

i musei italiani

	Tipo di edificio	Proprietà	Cubatura	Tipo di interventi
Museo Poldi Pezzoli, Milano	storico	Privato	nd	Rinnovo impianti climatizzazione con efficienza energetica e materiali a basso impatto
Museo Archeologico Nazionale Pompeo Aria di Marzabotto (BO)	moderno	Statale	nd	Controllo termico, ventilazione, illuminazione
Museo Stefano Bardini, Firenze	storico	Comunale	nd	Comfort termico e visivo, isolamento termico
Macro, Roma	moderno	Comunale	nd	Climatizzazione; gestione energetica (orari, segmenti)
Sala Nervi, Città del Vaticano	moderno	Ecclesiastica	nd	Isolamento (ombreggiamento) e pannelli fotovoltaici
MART, Rovereto (TN)	moderno	Statale	14.016	illuminazione, climatizzazione, isolamento, raccolta differenziata, sorveglianza, consumi idrici, materiali edilizi, arredi
Istituto Nazionale della Grafica, Roma	storico	Statale	nd	Interventi di gestione dei consumi elettrici (luci, climatizzazione)
Ara Pacis, Roma	copertura recente	Comunale	nd	Isolamento termico; gestione a compartimenti degli ambienti
Galleria Comunale d'Arte di Cagliari	storico	Comunale	7000	illuminazione e sistemi automatici di controllo Isolamento termico (finestre, pareti, coperture, serramenti, pavimenti); Gestione dei rifiuti solidi (raccolta differenziata, produzione di energia da rifiuti differenziati, ecc.);
A come ambiente, Torino	moderno industriale	Comunale	1200	illuminazione, gestione a comparti, climatizzazione, isolamento termico, gestione rifiuti solidi, consumi idrici, arredi e materiali di arredo e di consumo, compensazione emissioni di CO2
Museo Patrimonium, Sutri (VT)	storico	Comunale	900	Isolamento termico
Museo Esplora, Roma	moderno industriale	Comunale	10.000	Impianto fotovoltaico
Museo Territoriale del Lago di Bolsena (VT)	storico	Comunale	2.400	illuminazione e sistemi automatici di controllo
Galleria dell'Accademia di San Luca - Roma	storico	Privato	2.200	illuminazione e sistemi automatici di controllo
Museion, Bolzano	moderno	Provinciale		Isolamento e climatizzazione semi passiva
Museo Civico archeologico Anzio (RM)	storico	Comunale	4.800	Climatizzazione degli ambienti
Museo della Ceramica della Tuscia - Viterbo	storico	Privato		illuminazione e sistemi automatici di controllo

I dati si riferiscono pertanto a un totale di 17 unità (16 musei e un auditorium), dai 900 metri cubi del Museo Patromonium di Sutri, ai 14.016 metri cubi del Mart di Rovereto).

Di essi, 9 sono ospitati in edifici storici e 8 in spazi moderni. Le strutture di proprietà privata sono 3, uno è di proprietà ecclesiastica, e i rimanenti musei pubblici sono in 3 casi di proprietà dello Stato, provinciali in un caso e comunali in 9 casi.

Per quanto riguarda la distribuzione geografica, prevale il Centro (11 casi), mentre il Nord è rappresentato da 5 musei e il Sud-Isole da un solo caso, localizzato in Sardegna.

I musei d'arte sono 6, quelli archeologici 4, gli altri si ripartiscono fra polifunzionali, scientifici e folklorici.

Le tipologie di intervento che, secondo quanto indicato nelle risposte, sono state adottate per il miglioramento della qualità degli usi energetici variano in larga misura con la tipologia del contenitore. Alcuni esempi (ai quali è dedicata una sezione approfondita in queste pagine) di nuovi musei presentano soluzioni integrate che consentano eccellenti livelli di isolamento, di utilizzo della luce naturale e di minimizzazione dei fabbisogni energetici.

In due soli casi la struttura ricorre alla produzione di energia rinnovabile attraverso l'installazione di pannelli fotovoltaici, che coprono però solo parzialmente il fabbisogno.

In un caso, l'intervento è incentrato sul rinnovamento dei macchinari per la climatizzazione. Altrove, le pratiche di ottimizzazione sono miste, e vanno dall'isolamento termico (che in qualche esempio raggiunge la quasi completa passività) al controllo dei consumi mediante compartimentalizzazione, gestione informatizzata, temporizzazione, adozione di sensori di presenza.

In questa fase dello studio, non è stata ancora rilevata in maniera sistematica l'incidenza della spesa energetica sul totale dei costi della struttura (spesso anche a causa delle caratteristiche problematiche della contabilità museale pubblica, alle quali si è fatto riferimento in precedenza) e, di conseguenza, i risparmi conseguiti a seguito dell'adozione delle nuove soluzioni. Questo studio verrà condotto in un secondo momento, attraverso rilevazioni in profondità, le quali avranno anche per oggetto il possibile contributo delle modificazioni energetiche al miglioramento del comfort ambientale, della qualità visiva, della conservazione degli oggetti.

Le prospettive

La prospettiva è dunque quella di esprimere, nei confronti del settore privato, delle imprese, della comunità scientifica e del mondo della ricerca, una domanda di innovazione tecnologica, finalizzata a unire la riduzione dei fabbisogni all'innalzamento dei livelli

qualitativi delle prestazioni, che devono essere ritagliate sulle missioni proprie dei musei: la conservazione, la tutela, la trasmissione di contenuti culturali, l'educazione, ma anche la creazione di spazi urbani speciali.

In questo quadro, il costo economico e ambientale dell'energia non va considerato come un dato costante. Sebbene la ricognizione fra i musei italiani abbia messo in luce che solo due istituti su 17 abbia scelto come soluzione l'adozione di energie rinnovabili autoprodotte, ciò non toglie che la prospettiva di una relativa, per quanto parziale, autosufficienza energetica non sia una linea di ricerca che merita di essere perseguita.

Da questa visione potrà e dovrà scaturire anche una diversa impostazione delle strategie di finanziamento e di intercettazione delle risorse, soprattutto laddove i musei siano, non solamente consumatori di energia, ma anche produttori – in forma diretta o indiretta – attraverso la sperimentazione e l'adozione di impianti di generazione di rinnovabili di ultima generazione.

Tali impianti, in alcuni casi (come del resto già avviene, specie negli edifici di nuova realizzazione, in Italia e molto più all'estero) possono essere installati all'interno delle sedi museali: così è spesso, per i pannelli fotovoltaici, situati in aree esterne secondarie o su tetti o terrazze escluse dalla vista. In altri casi, invece, dove vincoli architettonici e paesaggistici lo rendono necessario, la produzione di energia destinata al consumo museale può avvenire in aree discontinue e diverse, grazie ad accordi interistituzionali e a forme – ancora da mettere a punto, ma ispirate al project financing – di collaborazione con il settore privato.

Annalisa Cicerchia

Capo Unità di Progetto "Ambiente, cultura territorio" Istituto di Studi e Analisi Economica

La gestione del microclima in un museo come il Poldi Pezzoli è cosa piuttosto complessa, prima di tutto per particolarità delle differenti collezioni che vi si conservano, ma anche per le caratteristiche specifiche dell'edificio: un palazzo storico all'interno del quale si cerca di tenere viva l'atmosfera della casa del collezionista d'arte ottocentesco. Dalla sua apertura al pubblico, avvenuta nel 1881, il Museo Poldi Pezzoli ha subito una serie di interventi, molti dei quali volti a migliorarne le condizioni climatiche: dall'antico sistema di riscaldamento ad aria si è passati (dopo la ricostruzione postbellica) ai termosifoni e, a partire dagli anni '70, è iniziata l'installazione di condizionatori nelle sale, nei depositi e nel

laboratorio di restauro.

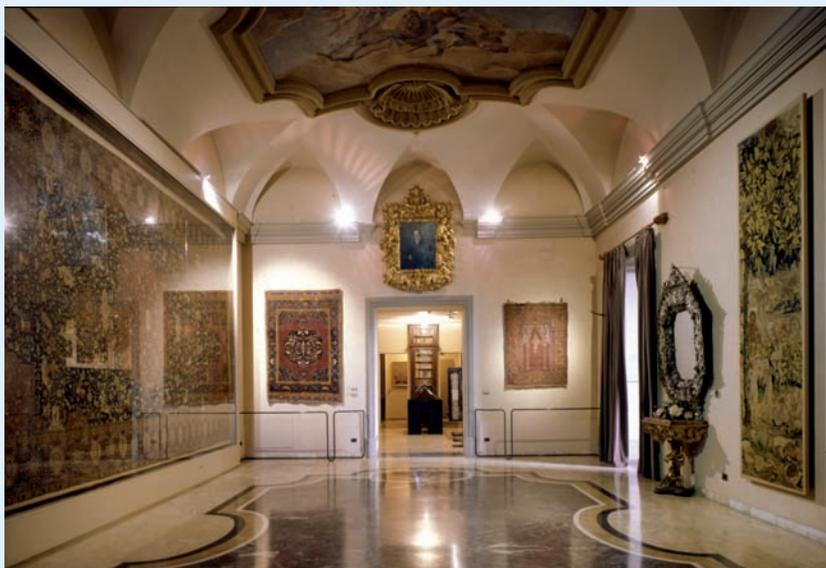
Il microclima nelle sale espositive veniva mantenuto, pur con le flessioni stagionali, su valori abbastanza stabili grazie a questo sistema composto di caloriferi, condizionatori, umidificatori.

La gradualità dell'introduzione dei climatizzatori va attribuita alla difficoltà di trovare il compromesso più accettabile nell'introduzione della tecnologia in un edificio antico, senza che l'intervento risulti eccessivamente invasivo.

Si tratta di un problema assai diffuso nella realtà museale italiana.

Il progetto proposto da Mitsubishi Electric Italia nei primi anni 2000 permetteva di raggiungere un buon compromesso.

I sistemi di tipo VRF (a portata refrigerante variabile) erano di facile inserimento



Museo Poldi Pezzoli, Milano

negli spazi del Museo Poldi Pezzoli, rispettandone l'integrità. Grazie agli elevati contenuti di tecnologia, le ampie capacità di gestione e la grande precisione nella regolazione della temperatura e umidità relativa, soddisfano a pieno le esigenze di salvaguardia delle opere esposte e quelle relative al comfort dei visitatori.

Un'iniziativa importante, non solo per la tutela delle collezioni permanenti ma anche per i capolavori provenienti da altri musei, soprattutto stranieri, che subordinano gli interscambi artistici alla certezza di una permanenza a condizioni ambientali controllate.

La modularità caratteristica dei sistemi VRF ha permesso l'installazione delle unità esterne al piano e in spazi di servizio anche angusti.

Un altro elemento fortemente positivo è stato offerto dal minimo spazio di passaggio dovuto alle due linee frigorifere di piccolo diametro, che si è potuto effettuare senza alcuna alterazione o necessità di opere murarie.

L'edificio del Museo è costituito da quattro piani (un piano interrato, uno ammezzato, il piano terra ed il primo piano) e lo scopo del progetto consisteva nella climatizzazione del primo piano e del piano terra, entrambi composti da vari locali di superfici differenti, in alcuni casi comunicanti, con soffitti a volte (con un'altezza di circa 4 metri).

Le pareti esterne sono costruite con mattoni pieni, mentre le finestre sono, tuttora, del tipo con vetro semplice.

Gli impianti di climatizzazione, pertanto, sono stati realizzati per il pianterreno con una superficie intorno ai 235 m² e,

per il primo piano, di circa 630 m².

Al primo piano sono stati installati tre sistemi a recupero di calore e due a pompa di calore, mentre al piano terra si trovano due impianti a pompa di calore ed uno a recupero di calore¹; una scelta che ha permesso di realizzare un controllo simultaneo di raffreddamento e riscaldamento sui due piani nelle zone che lo richiedevano, mentre nelle altre la climatizzazione è stata realizzata con le unità a pompa di calore, contenendo in tal modo i costi dell'impianto. In totale, le unità esterne installate sono state 8, di potenzialità diverse, che erogano una capacità frigorifera nominale di circa 151,2 kW ed una capacità di riscaldamento invernale di 170,5 kW.

Le unità interne per il controllo delle condizioni ambiente, sono del tipo a pavimento e risultano incassate con griglie per la ripresa e mandata dell'aria, non introducendo alcuna interazione nei confronti dell'estetica dei locali.

Uno dei principali punti di forza di questo sistema di climatizzazione è costituito dal sofisticato sistema di gestione, supervisione e controllo che assicura il pieno soddisfacimento delle condizioni di progetto e la possibilità di rilevare a distanza, attraverso un personal computer remoto, lo stato di funzionamento di ogni singolo componente e le temperature ambiente.

Tale sistema di gestione, già installato e cablato all'interno delle unità che compongono l'impianto, si avvale della Fuzzy Logic, controllando e armonizzando il funzionamento delle unità motocondensanti esterne e di quelle interne.

¹ Due, pertanto, le tipologie di impianti installati, ognuna con le proprie caratteristiche. I sistemi a pompa di calore realizzano il condizionamento ed il riscaldamento non simultanei, risultando adatti per applicazioni in zone con carichi termici omogenei. Quelli a recupero di calore, invece, offrono la simultaneità del condizionamento e del riscaldamento, secondo la domanda dell'utenza; essi rappresentano, quindi, la soluzione ideale nel caso di zone con carichi termici non omogenei.

Negli impianti per il Museo Poldi Pezzoli, le unità interne sono controllabili in modo indipendente sia dal singolo comando remoto che dal centralizzatore con display a cristalli liquidi, garantendo il riscaldamento e/o raffrescamento in modo simultaneo per i sistemi di recupero di calore in relazione alle richieste di ogni ambiente.

Le collezioni d'arte conservate nel Museo risultano, oggi, tutelate da sistemi estremamente funzionali e

all'avanguardia dal punto di vista tecnologico ma anche da quello ambientale; i sistemi VRF Mitsubishi Electric, infatti, funzionano con un refrigerante ecologico (HFC 407C) e con una notevole efficienza energetica (con COP nei regimi estivi e invernali molto elevati) perciò con un TEWI (Impatto Totale Equivalente sul Riscaldamento dell'atmosfera) molto basso e inferiore a quello di molti impianti tradizionali.



Galleria Comunale d'Arte, Cagliari

La Galleria Comunale d'Arte di Cagliari rappresenta un importante esempio di progettazione integrata eseguita nel contesto di un'efficiente ristrutturazione rispettosa dei valori d'origine dell'edificio. La soluzione progettuale sviluppata nel corso del 2000, ha tenuto conto dei valori estetici ed architettonici che l'Amministrazione Comunale di Cagliari ha voluto salvaguardare, necessari per un edificio storico come quello in oggetto. Situata nell'area dei giardini pubblici, a nord del quartiere Castello, la Galleria può vantare, oggi, un complesso di impianti all'avanguardia per la tutela delle opere d'arte e dei manufatti di valore storico-etnografico nonché per il comfort dei visitatori. Il prospetto principale è stato realizzato nel 1828, mentre il blocco originario del fabbricato, sede della Polveriera Regia,

risale alla fine del Settecento e venne trasformato in Galleria d'Arte permanente alla fine degli anni Venti del Novecento. L'edificio si sviluppa su due piani a pianta rettangolare con un corpo centrale principale dal quale si dipartono, in modo simmetrico, le due ali laterali; al piano terra, oltre alle sale espositive, sono stati ricavati gli uffici e la reception mentre al primo piano i locali sono stati adibiti a sale di esposizione e uffici. La Galleria, di 7.000 m³, presenta, pertanto, un totale di 15 sale espositive a pianta rettangolare, di diversa superficie, prive di illuminazione naturale. La Galleria disponeva di un impianto per la produzione di acqua calda e acqua refrigerata realizzato con una caldaia ed un gruppo frigorifero, di un sistema distributivo di tubazioni e dai terminali in ambiente che avrebbero

dovuto provvedere all'abbattimento dei carichi termici presenti. Tale impianto, tuttavia, risultava ormai obsoleto e, da diversi anni, inoltre, non più funzionante e inutilizzabile.

La soluzione impiantistica realizzata per il condizionamento dei locali è consistita in un sistema a portata di refrigerante variabile (VRF), prodotto da Mitsubishi Electric, a pompa di calore aria-aria, ad espansione diretta, che ha permesso la distribuzione del refrigerante stesso per mezzo di due soli tubi di piccolo diametro (gas e liquido) in modo da offrire la massima flessibilità e facilità per la composizione e gestione dell'impianto. Come nel caso del Museo Poldi Pezzoli di Milano – nel quale nell'anno 2003 è stato installato un analogo impianto VRF – questi sistemi si sono rivelati particolarmente adatti nelle ristrutturazioni museali, in modo da risultare pressoché invisibili.

L'impianto comprende quattro unità esterne, ubicate sul retro dell'edificio, a ciascuna delle quali si possono collegare fino a 16 unità interne differenti per tipologia e grandezza, in modo da far circolare, attraverso le tubazioni del refrigerante, unicamente la portata di gas refrigerante necessaria per il riscaldamento o il raffreddamento della zona servita dall'unità interna, permettendo, in tal modo, un notevole risparmio energetico¹ e, di conseguenza, una congrua riduzione dei costi di gestione. Il sistema utilizzato si avvale, pertanto, di un circuito frigorifero che consente di effettuare la distribuzione del refrigerante in modo da trovare sempre una soluzione confacente a qualsiasi esigenza specifica, ottenendo sostanziali risparmi di spazio ed una

notevole affidabilità funzionale.

I sistemi di condizionamento tradizionali necessitano di una potenzialità totale pari alla somma dei carichi massimi di ogni ambiente. Grazie al sistema a Inverter – che permette l'inserimento di più unità interne nello stesso circuito - al contrario, si hanno notevoli vantaggi per tutto l'impianto.

Tale sistema, infatti, consente di installare un numero di sezioni interne tali che la somma delle loro potenzialità nominali sia compresa tra il 50% e il 130% della capacità nominale della sezione esterna a cui sono collegate, permettendo, inoltre, di uniformare il funzionamento di ogni sezione interna alle condizioni ambientali immediate del locale in cui essa si trova².

Tutto questo, sommato al fatto che è stato installato un comando remoto a cristalli liquidi in ogni ambiente per pilotare le singole sezioni interne impostando le condizioni termoigrometriche desiderate, ha permesso al sistema di climatizzazione di rispondere in modo ottimale ai requisiti di controllo della temperatura di un tale ambiente museale.

Data la limitata disponibilità spaziale per il passaggio della rete di distribuzione di tutti i nuovi allestimenti previsti nel progetto, l'impianto di ventilazione meccanica controllata è stato realizzato solo in una parte limitata dell'edificio, in modo da garantire, negli ambienti dove sono esposte le opere d'arte, un minimo numero di ricambi d'aria esterna.

Gli impianti elettrici sono stati progettati in conformità alle norme di legge e ai regolamenti vigenti e, in particolare, alle prescrizioni delle autorità locali, comprese quelle dei VV.FF. e alle ordi-

1 Nel 2009 il costo energetico annuale del museo è stato di € 43.584,55.

2 Nelle rare occasioni in cui venga richiesto a tutte le sezioni interne di funzionare alla massima potenzialità, il controllo a Inverter permette di suddividere uniformemente tra di esse la resa erogata dalla sezione esterna.

nanze e indicazioni dell'Enel.

Per garantire una continuità di servizio in funzione della sicurezza delle cose e delle persone, è stato previsto di alimentare l'intero impianto elettronico, oltre che dalla rete in bassa tensione dell'Enel, anche da un gruppo elettrogeno di adeguata potenza.

L'impianto elettronico ha origine dal contatore Enel, posto in prossimità del locale del gruppo elettrogeno, dove ha sede anche il quadro di commutazione dal quale partono le linee elettriche che alimentano il quadro generale e i gruppi pompe antincendio. Dal quadro generale, ubicato in un apposito locale tecnico all'interno della galleria, partono le linee elettriche di tutte le utenze; le linee sono posate o sotto traccia a pavimento o a muro, oppure poste in controsoffitto con grado di protezione IP44.

Gli impianti di illuminazione hanno origine dal quadro generale e le linee di alimentazione sono suddivise in modo da realizzare un'efficiente continuità di servizio. L'illuminazione di sicurezza è prevista sia negli spazi espositivi che lungo le vie di fuga ed è tale da garantire la sicura evacuazione delle persone in caso di necessità con i livelli minimi di illuminazione previsti dalle norme vigenti. Tale impianto è stato affidato ad apparecchi di illuminazione autonomi che garantiscono il funzionamento per almeno un'ora in caso di mancanza della tensione di alimentazione primaria utilizzando un'apposita batteria tampone. Non esistendo per le gallerie precise norme per la progettazione degli impianti di illuminazione ma unicamente dei valori di illuminamento consigliati (UNI-EN 10380), sia per la polivalenza che si richiede oggi ad un ambito culturale di questo tipo, sia per le diverse opere d'arte ospitate di volta in volta, diviene fondamentale il ruolo che l'impianto illuminotecnico può esercitare nella sfera emozionale, in relazione alle diverse situazioni e agli scenari espositivi.

Pertanto, la versatilità diventa la principale caratteristica che un impianto di illuminazione deve possedere e la soluzione pratica da adottare risulterà da un compromesso tra una drammatizzazione ed una visione obiettiva dell'opera d'arte illuminata. Nel rispetto di tali requisiti, l'impianto è stato realizzato per mezzo di particolari sistemi di illuminazione formati da un profilo conduttore di corrente a Y sospeso al soffitto, su cui vengono montati corpi illuminanti. Uno di tali apparecchi, con cui viene fornita la luce generale d'ambiente, permette un'illuminazione diretta ed indiretta mentre per quella delle opere d'arte sono stati scelti dei faretti a fascio largo e stretto con lampade alogene a bassa tensione (da 50 watt), montati senza vincolo di posizione e con possibilità di rotazione orizzontale di 360° e verticale di 180°. L'impianto così articolato è controllato da un sistema di gestione luce che coordina i diversi scenari di illuminazione delle sale, anche in modo indipendente, attraverso un apparecchio di programmazione e dialogo che attiva le diverse situazioni luce per mezzo di una linea bus in collegamento con una serie di componenti periferici che eseguono i comandi con la massima flessibilità e resa scenografica, secondo le diverse situazioni di illuminazione.

Ospitando opere di grande valore, gli spazi della Galleria d'Arte esigevano un sistema di sicurezza in grado di gestire, controllare e monitorare le varie tipologie di allarmi provenienti dai diversi sensori. Al fine di garantire tali prestazioni è stato realizzato un impianto di sicurezza multiplo costituito da vari elementi, quali: una centrale di controllo, ubicata al piano terra e con accesso indipendente dall'esterno, con il compito di ricevere gli allarmi ed attivare i relativi organi di segnalazione, un impianto antintrusione, antisportamento, antisfregio con protezione per tutte le 24

ore - costituito da rilevatori ottici di fumo e allarmi ottici e acustici antincendio dislocati in prossimità di scale e corridoi -, un sistema TVCC con apposite telecamere per interni ed esterni, un impianto di rilevazione incendio ed uno citofonico e conta persone per regolamentare il numero di persone che entrano ed escono dal museo impedendo, in tal modo, la simultanea presenza all'interno dell'edificio di oltre 120 persone, nel rispetto della normativa antincendio e sicurezza della Galleria stessa. La centrale di controllo del sistema sicurezza è costituita da un multiprocessore ad alta efficienza in grado di gestire 90 zone programmabili e atto a ricevere tutti gli allarmi provenienti dai sensori di qualunque tipo (antincendio, antisabotaggio, antintrusione, tecnologici ecc.) e attivare gli organi di segnalazione come sirene, modem, combinatori telefonici e personal computer. La centrale è fornita di tre alimentatori ridondanti, uno utilizzato solo per il funzionamento della stessa macchina, mentre gli altri due alimentano i sensori e la ricarica delle batterie di emergenza a servizio degli stessi sensori, per garantire il funzionamento in assenza di rete per altre 50 ore. All'interno di ogni sala espositiva, sulle pareti che ospitano le opere d'arte più importanti, sono applicate delle foto barriere di monitoraggio a infrarossi lineari al fine di segnalare, in tempo reale, l'incursione in uno spazio prestabilito non consentito al pubblico. L'eventuale infrazione attiva un allarme durante l'orario di chiusura

del museo, e un preallarme in orario di apertura, segnalato anche sul luogo dell'incursione, oltre che alla sala controllo. Le finestre e le porte che si aprono sull'esterno sono protette da sensori a contatti magnetici e rilevatori acustici a tecnologia avanzata per segnalare l'eventuale rottura di vetri. In alcuni punti strategici dell'edificio, a portata del personale addetto, sono stati ubicati dei pulsanti antirapina da utilizzare per segnalare a istituti di vigilanza o forze dell'ordine, eventuali tentativi di aggressione o atti vandalici. Tutti gli ambienti della Galleria, inoltre, sono protetti da rilevatori volumetrici a doppia tecnologia, infrarosso e microonda, ad alta insensibilità alle radiofrequenze, in grado di segnalare la possibile presenza di persone durante l'orario di chiusura. Tra gli interventi attuati in funzione della sostenibilità ambientale, la Galleria ha predisposto anche un servizio di gestione dei rifiuti solidi: dalla raccolta differenziata alla produzione di energia dai rifiuti differenziati. La progettazione degli impianti descritti e di tutte le soluzioni finalizzate al risparmio energetico³, ha potuto fruire di un elevato grado di integrazione, che ha consentito il raggiungimento di tutti gli obiettivi posti dalla Committenza, consentendo la riqualificazione della Galleria d'Arte di Cagliari - che ha potuto beneficiare, tra l'altro di un notevole incremento di visitatori- nonché una completa tutela delle opere raccolte.

3 E' importante sottolineare che gli interventi, iniziati nel 2000, sono stati finanziati grazie al bilancio comunale, per un costo complessivo di € 1.115.546,90.

Progettato dall'architetto Franco De Nigris, la Formazione Forma per la Fotografia sita in piazza Tito Lucrezio Caro 1, a Milano, si caratterizza per aver usufruito in parte dell'area di una vecchia tramvia dove, ancora adesso, quasi in una sorta di museo, si riconoscono i vecchi tram dei inizi del Novecento che appaiono al visitatore attraverso un pannello di vetro a tutta altezza da una delle sale. Un centro espositivo polifunzionale dedicato alla fotografia che presenta, al pianterreno, uno spazio sapientemente distribuito tra sale di esposizione, book shop e servizi, permettendo lo sviluppo di percorsi espositivi e di oasi raccolte di particolare valenza per le arti visive, mentre al piano superiore il visitatore rimane colpito dal tetto spiovente di legno a vista e dalle travi che lo sostengono. A differenza dei



Fondazione Forma per la Fotografia, Milano

tradizionali ambienti sottotetto, penalizzati dalla mancanza di luce, qui la sala si apre su un'estremità verso l'adiacente terrazzo, ricevendone luce e usufruendo di una ulteriore dilatazione dello spazio. Fin dalla sua inaugurazione, oltre ad una spiccata propensione ad assolvere alla propria funzione comunicativa ed espositiva, la Formazione Forma ha dimostrato un'ottima capacità di mantenere sotto controllo il comfort ambientale, in presenza, in tale circostanza, di una densità di pubblico largamente superiore a quella prevista normalmente. Merito dei sistemi di climatizzazione a portata di refrigerante variabile (VRF), prodotti da Mitsubishi Electric, integrati con gli impianti di ventilazione e trattamento dell'aria che hanno permesso, sia di mantenere la temperatura degli ambienti al valore di benessere, sia di controllare l'umidità relativa dell'aria nonché di assicurare la ventilazione con aria esterna. Una soluzione invisibile e silenziosa che, per quanto riguarda le sale espositive al pianterreno e magistralmente assecondato dalla Progetto Clima Spa a cui si deve la realizzazione degli impianti di climatizzazione, ha permesso di nascondere del tutto le già compatte unità interne e i condotti di distribuzione dell'aria. Gli ampi pannelli bianchi orizzontali, utilizzati come ribassamenti parziali del soffitto delle sale, celano, infatti, al di sopra di essi, i condotti e i diffusori dell'aria climatizzata, che defluisce silenziosamente entro l'ambiente attraverso le interruzioni che separano i pannelli stessi. Una tecnica che ha permesso l'eliminazione di ogni "oggetto" o componente dell'impianto, contribuendo, in tal modo, a favorire un rapporto più intimo e raccolto tra persona e immagine. Dalle unità di climatizzazione orizzontali, sospese al di sopra dei pannelli, si dipartono i condotti circolari di distribuzione dell'aria, verniciati in nero, come il colore del soffitto strutturale, per

passare inosservati anche nei brevi tratti in cui potrebbero rivelarsi, tra un pannello ed il successivo o tra il primo e la parete. Tali condotti dispongono, ai due lati, di opportune bocchette per la diffusione dell'aria, che scende nello spazio espositivo attraverso le interruzioni previste tra i pannelli stessi. Un risultato possibile solo grazie all'uso dei sistemi Mitsubishi Electric, che consentono di venire nascosti, con minime esigenze di spazio, grazie alle dimensioni già molto contenute dei singoli componenti. Radicalmente diversa, invece, la soluzione prescelta per la grande sala superiore, dove l'aria climatizzata viene distribuita da parte di condotti circolari di lamiera zincata che corrono parallelamente alle grandi travi di sostegno della struttura del tetto spiovente. Lasciati a vista, i canali circolari si inseriscono quasi come elementi complementari, venendo amalgamati nella visione di insieme che ne coglie il visitatore. Le unità esterne, che nel caso di altri tipi di impianti comportano quasi sempre seri problemi di installazione e rumorosità, sono state collocate in una zona separata della copertura, quasi interamente nascoste alla vista, ed i loro livelli sonoro rientra ampiamente al di sotto dei limiti di benessere per il tipo di applicazione e la zona urbana. Anche in questa realizzazione, i sistemi di climatizzazione VRF, hanno dimostrato una superiore flessibilità e capacità di inserirsi in spazi ristretti, inattuabile, al contrario, per i tradizionali impianti idronici. Le unità di climatizzazione effettuano con continuità il ricircolo, la filtrazione ed il raffreddamento con deumidificazione dell'aria ambiente. Per controllare la qualità dell'aria stessa, permettendo l'opportuna ventilazione con aria nuova prelevata dall'esterno, sono stati installati dei recuperatori di calore a flussi incrociati: i modelli Lossnay, anch'essi di Mitsubishi Electric. Questi ultimi recuperano l'energia frigorifera contenuta nell'aria espulsa allo scopo di preraffreddare l'aria calda e umida immessa in ambiente dall'esterno; il risultato è un rilevante risparmio di energia e costo di gestione, poiché l'efficienza di questi recuperatori raggiunge l'80%. Sei sono in totale gli

impianti VRF installati all'interno della Fondazione Forma, andando a realizzare sia la climatizzazione estiva che il riscaldamento invernale a pompa di calore (la potenza frigorifera installata è di 189 kWf, mentre quella di riscaldamento è pari a 213 kWt). La tecnologia VRF di Mitsubishi Electric, pertanto, ha consentito non solo l'impeccabile climatizzazione della Fondazione Forma ma ha ottenuto tale risultato con un minimo utilizzo di energia elettrica, grazie all'elevata efficienza energetica degli apparecchi che permette di limitare l'impatto ambientale dell'edificio e, insieme, di contenere sensibilmente i costi di esercizio. L'ulteriore elemento innovativo che ha permesso il pieno raggiungimento dei risultati di comfort voluti, è costituito dal sofisticato sistema di gestione di cui dispongono tali impianti. Un controllo centralizzato, infatti, dotato di microprocessore con display a cristalli liquidi e interfaccia di rete Ethernet di serie senza necessità di software aggiuntivo, rileva tutti i parametri ambiente; esso è collegabile direttamente su reti Lan/Wan dedicate o esistenti, disponendo di un web server integrato per poter essere gestito tramite il browser Internet Explorer. Il sistema di gestione consente il controllo di tutte le funzioni del comfort (acceso/spento, raffreddamento, riscaldamento, deumidificazione, ventilazione automatica, regolazione della temperatura ambiente, variazione della velocità dei ventilatori ecc.) segnalando, inoltre, gli allarmi dovuti ad eventuali condizioni di malfunzionamento per consentire interventi mirati e tempestivi. Coniugare gli impianti tecnici entro edifici di recupero e ristrutturazione, scontrandosi con i vincoli ed esigenze di varia natura (meccaniche, elettriche, acustiche, dimensionali ecc), è una sfida che oggi, sempre più spesso, gli architetti si trovano ad affrontare. Degli oltre 10.000 impianti VRF realizzati in Italia fino ad oggi con sistemi prodotti da Mitsubishi Electric, almeno il 30% è stato destinato ad edifici di ristrutturazione, riportando ogni volta una completa soddisfazione sia per l'architetto progettista dell'opera, sia per il committente e l'utente finale.

Scommessa tra estetica e tecnica: il nuovo Museo d'arte moderna e contemporanea di Bolzano, Museion, inaugurato nell'anno 2008 su progetto dello studio di architettura berlinese KSV – Krüger, Schubert, Vandreike, si presenta come un volume edilizio imponente, sorto tra i prati del Talvera ed il centro storico di Bolzano e inserito nella continuità del contesto urbano.

Risultato di un concorso di progettazione europeo che l'Amministrazione Provinciale ha indetto nel 2001, il Museion risponde dal punto di vista estetico, in particolare con la sua trasparenza ma anche con la funzionalità dell'articolazione interna, agli intenti che il museo d'arte moderna e contemporanea si prefigge nella sua attività: non solo un luogo di presentazione di quadri e sculture, bensì una realtà nella quale e per la quale gli artisti lavorano.

Dal punto di vista architettonico, il complesso è formato da due corpi: il museo, con disposizione planimetrica lungo l'asse est-ovest e con doppia entrata, ed uno più piccolo, staccato, che accoglie l'atelier per gli artisti.

Nell'area tra quest'ultimo ed il museo si trova il parco museale che, per entrambi gli edifici, funge da spazio espositivo e luogo d'azione. L'affaccio principale del Museion è caratterizzato dalla presenza di un doppio ponte, pedonale e ciclabile, che collega due parti della città: quella sorta dopo gli anni Trenta e quella storica, a simboleggiare il legame tra due culture diverse. Grazie all'utilizzo di materiali come il metallo e il vetro, il ponte riprende gli elementi caratteristici dell'edificio museale. Gli spazi interni sono caratterizzati da



Il Museion di Bolzano

fluidità e apertura: i diversi "livelli dell'arte" – aree espositive e per manifestazioni, laboratori didattici, biblioteca, caffetteria e shop – non sono suddivisi rigidamente, ma in stretta interrelazione.

Un'architettura in dialogo, quindi, in cui le facciate di testa, con la loro trasparenza, fanno in modo che il museo ed i suoi contenuti diventino parte della città e dei suoi abitanti.

Le ampie facciate di vetro degli ingressi sono climatiche ed attive ed assumono comportamenti differenti a seconda delle stagioni. Durante il periodo estivo, la vetrata soleggiata viene raffreddata con l'aria aspirata dal lato ombreggiato e guidata, attraverso un canale interrato, alle unità di trattamento dell'aria per essere espulsa, successivamente, dai

Lucernari del tetto; in inverno, i guadagni solari della parte esposta alla radiazione solare non possono essere impiegati direttamente negli spazi interni.

Pertanto il calore, assorbito dall'aria di alimentazione (preriscaldata e pretemperata), viene portato nelle UTA per attraversare la vetrata in ombra, compensando, in tal modo, le perdite di energia di quest'ultima. Un ridotto cambio d'aria all'interno degli spazi espositivi si verifica nelle fasi di riposo delle attività del museo (esercizio notturno) e, per escludere fenomeni di condensa dovuti all'aria umida dell'intercapedine vetrata, si mantiene un pozzo di scarico trasversale per l'espulsione diretta dell'aria.

La combinazione di tali misure ha permesso di ridurre, nella loro dimensione, gli aggregati tecnici della climatizzazione migliorando le prestazioni energetiche degli stessi. L'impegno finanziario richiesto per la sua progettazione è stato notevole¹ ma si è trattato, tuttavia, di un vero e proprio investimento per il futuro.

La Provincia, infatti, ha dato vita ad un'importante collaborazione tra ente pubblico e istituzioni private ed il museo è divenuto non solo un punto di incontro per i cittadini di Bolzano e dintorni, ma anche uno strumento di valorizzazione della città stessa e tutta la Provincia nonchè una porta aperta verso l'Europa e le altre culture.

¹ L'importo dei lavori è stato di € 31.800.000

L'inaugurazione dell'impianto fotovoltaico, realizzato sulla copertura dell'Aula delle Udienze in Vaticano, è ufficialmente avvenuta nella prestigiosa Sede della Pontificia Accademia delle Scienze, il 26 novembre 2008, alla presenza di numerose Personalità dello S.C.V. ed italiane, scienziati e studiosi della materia, unitamente ad una folta rappresentanza degli organi di stampa. L'idea progettuale nel tempo è progressivamente maturata, sospinta dalle frequenti riflessioni di Sua Santità Benedetto XVI e del Suo venerato Predecessore, Giovanni Paolo II, a proposito delle risorse, non solo energetiche, del nostro pianeta e del preoccupante sfruttamento incontrollato delle stesse. Da qui le insistenti ed accorate raccomandazioni non solo di evitare sprechi, ma anzi di far ricorso a tutte le più avanzate tecnologie disponibili per la produzione di energie alternative, anche da fonti rinnovabili. Nella stessa lunghezza d'onda si è prontamente schierata l'Amministrazione del Governatorato della Città del Vaticano, nella persona del Suo Presidente, Sua Em.za il Card. Giovanni Lajolo e del

Segretario Generale, Sua Ecc.za Mons. Renato Boccardo, che hanno avuto la preveggenza e l'indubbio coraggio di approvare, ma anche condividere e sostenere un programma di proposte tecniche concrete avanzate, in tale materia, dalla competente Direzione dei Servizi Tecnici.

Fra tutte le parti, venne deciso di avviare il progetto dell'impianto fotovoltaico sulla copertura dell'Aula delle Udienze, dedicata a Paolo VI, chiamata anche Sala Nervi.

L'edificio contiene una enorme aula, senza alcun appoggio intermedio, con una capienza massima di circa 17.000 posti in piedi o quasi 8.000 seduti.

La pianta, di forma trapezoidale, è planimetricamente disposta in adiacenza alle Mura Vaticane, nel tratto prospiciente Via di Porta Cavalleggeri ed il suo asse longitudinale è disposto in direzione Est - Ovest.

Una delle caratteristiche principali della sua architettura esterna è costituita dalla configurazione della copertura, di superficie complessiva pari a circa 5000 mq., con



Sala Nervi, Vaticano

una volta ribassata a doppia curvatura. Sulla sua superficie sono stati disposti 4800 pannelli prefabbricati in cemento armato, sostenuti da appositi cavalletti in ferro che li mantengono sollevati dal solaio di copertura a circa 2 m. di altezza, con funzione di ombreggiamento dell'irraggiamento solare.

Questi elementi, denominati appunto "ombrellini parasole", per la loro funzione protettiva, sono accoppiati a "V" e disposti lungo fasce longitudinali, metà dei quali rivolgono la loro superficie a Sud ed altrettanti a Nord. L'età della costruzione, che risale a circa 40 anni prima, ha comportato il manifestarsi, specie negli ultimi anni, di un diffuso degrado, particolarmente per i citati pannelli in calcestruzzo, facendo prevedere la necessità di un accurato ed oneroso restauro, talora con la prevedibile esigenza di una completa sostituzione.

La constatazione di questo forte degrado complessivo, la conseguente necessità di dover intervenire con urgenza, sui pannelli di cemento, unitamente ad altre considerazioni di carattere generale, quali la esistenza di componenti piani a protezione della volta, l'ampia superficie della stessa, pari a circa 5000 mq., l'orientamento dell'edificio rispetto agli assi cardinali, la modernità architettonica dell'edificio, caso assai raro nel tessuto edilizio Vaticano, hanno fatto riflettere sull'opportunità unica ed irripetibile che si stava presentando, per rendere la copertura integrabile con un nuovo impianto tecnologico di tipo fotovoltaico, compatibile sia dal punto di vista architettonico, che da quello ambientale. A seguito di queste valutazioni, la Direzione dei SS.TT., ha ritenuto di affidarsi ad una qualificata consulenza per la stesura di un progetto di fattibilità di massima, rivolgendosi al Prof. Livio De Santoli, energy manager dell'Università di Roma "La Sapienza", unitamente al suo staff, composto dal Prof. Cianfrini, Ing. Marino, Prof. Corcione, Arch. Rossetti, Ing. Fraticelli,

i quali in breve tempo hanno valutato positivamente l'iniziativa.

Il progetto, redatto in stretta collaborazione con la Direzione dei Servizi Tecnici del Governatorato, ha consentito di caratterizzare con un valore aggiunto il restauro della copertura ideata da Pier Luigi Nervi, trasformando gli elementi passivi di ombreggiamento, che di per se già consentivano un qualche risparmio energetico, per il contenimento dei consumi dell'impianto di condizionamento interno alla sala, in elementi attivi, che, oltre al mantenimento dell'ombreggiamento, divenivano ricettori dell'energia solare, trasformata in energia elettrica. Nel maggio del 2007 venne data comunicazione, a mezzo stampa, della volontà del Governatorato di intraprendere una politica ecocompatibile con un impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili ed in brevissimo tempo la Soc. Tedesca SolarWorld AG, nella persona del Suo Presidente Frank Asbeck, comunicò la sua generosa intenzione di voler donare al Santo Padre ed al Vaticano non solo la progettazione esecutiva dell'impianto, ma soprattutto l'intera fornitura e realizzazione dello stesso.

La realizzazione del progetto è consistita essenzialmente nell'asportazione di tutti i 4.800 elementi ombreggianti in calcestruzzo di cemento armato, sostituendo quella metà, la cui superficie era rivolta verso sud, con moduli fotovoltaici, mentre l'altra metà, orientata verso nord, con pannelli in alluminio semiriflettenti, in modo da incrementare l'effetto dell'irraggiamento sui moduli fotovoltaici. Tutto ciò utilizzando gli stessi supporti metallici preesistenti, con la sola modifica che consente la rotazione dei pannelli diffusori, per le necessarie operazioni di pulitura delle superfici, a vantaggio della loro efficienza, oppure per qualsiasi altro tipo di manutenzione.

L'energia solare, trasformata in corrente elettrica continua dai moduli fotovoltaici, si avvale di numerosi inverter, posti sulla

copertura, per trasformarla in corrente alternata, e quindi, tramite fasci di cavi, trasferirla alla cabina elettrica di trasformazione, sita nella parte basamentale dell'Aula, per alimentare, oltre all'Aula, le zone del Vaticano ad essa limitrofe.

L'intera opera che ha visto l'impegno di tutti in ogni singola fase, oltre ad innegabili eventi provvidenziali, è stata realizzata in tempi molto ristretti. Il procedimento, articolato e complesso, ha richiesto meno di un anno (inizi –novembre 2008) per ottenere un impianto dalle seguenti caratteristiche: potenza di picco 221 KW, produzione energetica annua di 300.000 KWh, corrispondente ad una mancata emissione in atmosfera di circa 225.000 t. di CO₂, con un risparmio equivalente di petrolio pari a 80 tep.

L'energia prodotta è stata immessa all'interno della rete elettrica vaticana e utilizzata integralmente all'interno dello Stato della Città del Vaticano generando una riduzione dell'assorbimento di elettricità dalla rete elettrica italiana. Infine per espressa volontà della Società produttrice tedesca è stato installato, nell'atrio dell'Aula delle Udienze, un pannello digitale che informa, in tempo reale, l'efficienza del generatore fotovoltaico, posto in copertura, fornendo i più significativi dati numerici della sua produttività.

La realizzazione descritta ha avuto una risonanza rilevante e diffusa, sia di valore tecnico, che etico, ottenendo in sede europea un importante riconoscimento, con

l'assegnazione del 1° Premio dell'Associazione Eurosolar, consegnato a Berlino il 3 dicembre 2008 al Governatorato dello Stato della Città del Vaticano, al Prof. Ing. Livio De Santoli dell'Università di Roma ed alla Società SolarWold AG – Bonn, per il "Progetto italo tedesco per il restauro solare della Sala Paolo VI di Pier Luigi Nervi nella Città del Vaticano", con la seguente motivazione:

- per il coerente progetto di restauro e di integrazione solare della copertura della "Sala Paolo VI" della "Città del Vaticano" come "esempio Pilota" della delicata disciplina della "Carta Internazionale del Restauro" per gli Edifici di Alta Qualità Architettonica e Monumentale per l'Europa ed il Mondo intero.

- Per l'importante sfida tecnologica e filologica come risultato di una forte volontà politica ambientale della "Città del Vaticano", di una ricerca attenta e sistematica del progetto preliminare del Prof. Ing. Livio de Santoli dell'Università "La Sapienza" di Roma e la realizzazione esecutiva dell'industria tedesca SolarWorld. GA. di Bonn.

- Per la trasformazione analogica appropriata dell'esistente struttura solare passiva dell'edificio monumentale di Pier Luigi Nervi con una aggiuntiva struttura solare attiva, come "plus valore ambientale" tecnologico e monumentale di elevata produzione energetica.



Explora, Museo dei Bambini, Roma

Il museo Explora rappresenta il primo Children's Museum privato no profit, una struttura permanente dedicata ai bambini (0-12 anni), alle scuole e alle famiglie, progettato interamente con forze italiane. Gestito da Museo dei Bambini Società Cooperativa Sociale Onlus, rappresenta un'importante occasione di conoscenza, gioco, interazione, e socializzazione in un ambiente allegro e ricco di stimoli, progettato secondo i principi della psicologia più attuali che attribuiscono all'apprendimento "sul campo" un ruolo fondamentale nel processo di sviluppo cognitivo. Il padiglione espositivo, infatti, è strutturato come una città per giocare dove tutto può essere osservato, toccato e sperimentato; non esiste un percorso prestabilito ed i bambini possono scegliere, in completa autonomia, in quale area soffermarsi cambiando liberamente attività. Due i piani del padiglione espositivo: un piano terra caratterizzato da installazioni permanenti che ricostruiscono la città a misura di bambino ed un primo piano con la sezione dedicata alle mostre

temporanee (dedicate all'ambiente, alla scienza, all'energia ecc.), l'area "Piccoli Esploratori" per i bambini al di sotto dei 3 anni e lo spazio dedicato ai workshop tematici temporanei. Il museo sorge nell'area comunale dell'ex deposito tramviario Atac di via Flaminia 80, storicamente denominata "Borghetto Flaminio", nel cuore di Roma tra Villa Borghese e Piazza del Popolo. Gli spazi del complesso ex Atac sono stati oggetto di un accurato progetto di recupero ed adattamento alla funzione espositiva in collaborazione con L'Ufficio Progetti Città Storica del Comune di Roma che ha coordinato gli interventi preliminari della progettazione nonché supervisionato tutte le sue fasi. L'ex deposito (la cui area totale è di 10.000 mq) era composta da vari edifici sorti tra il 1870 ed il 1920, alcuni dei quali costituiscono interessanti testimonianze di architetture industriali. La ristrutturazione del vecchio deposito ha consentito una grande opera di riqualificazione urbana¹, trasformando un'area degradata in un prezioso punto di riferimento internazionale e permanente dedicato ai bambini e alle famiglie. La ghisà, che caratterizza il padiglione centrale, rappresenta una testimonianza del recupero architettonico effettuato sulla struttura²; le grandi pareti a vetrata ed il lucernario rendono il padiglione espositivo trasparente e in completa armonia con l'esterno, consentendo ai visitatori di osservare dettagli funzionali e meccanismi solitamente nascosti. La qualità architettonica della struttura permanente del Museo dei Bambini è data dalle tecnologie adottate nel recupero dell'ex deposito tram, in merito alle fonti rinnovabili e agli usi razionali dell'energia. In particolare il progetto, il cui obiettivo è quello di

- ¹ La realizzazione di Explora, possibile grazie al sostegno di Aziende private ed Enti Pubblici e costata € 3.700.000,00, è stata uno dei primi social project financing attivati con il Comune di Roma: grazie ad esso, infatti, è stata recuperata dal degrado un'area del centro storico della capitale ed installata una struttura innovativa, rivalutando una parte del Borghetto Flaminio.
- ² La struttura dell'edificio espositivo principale, è costituita dall'originale padiglione di acciaio e ghisà, costruito nel 1920 su brevetto dell'ingegnere francese Polonceau.

incoraggiare l'utilizzo delle applicazioni di sistemi fotovoltaici come parte integrante del costo di manutenzione e ristrutturazione degli edifici industriali, si propone di migliorare la qualità dell'illuminazione naturale e di incrementare il raffrescamento passivo interno, introducendo un innovativo impianto fotovoltaico di 15,2kWp collegato alla rete, integrato al lato sud del tetto e della facciata dell'edificio principale. Realizzato nel 2001 grazie al programma EU Energy Thermie '99, in collaborazione con Danimarca (Cenergia) e Olanda (Ecofys), l'impianto presenta 12 pensiline mobili che consentono una variazione nell'assetto dell'ombreggiatura della facciata secondo le stagioni. I pannelli installati sono in totale 180 (a celle di silicio polocristallino) - di cui 72 del tipo Euro solare PL 120 doppio vetro posti sul lucernario e 108 in tedlar, del tipo PL 810, montati sulle pensiline laterali - e producono l'energia necessaria a far funzionare tutti i computer del museo, molti giochi ed exhibit tra cui quello della gara solare. Tutte le parti meccaniche di questo componente fotovoltaico per edifici, sono state concepite per il design di un sistema da produrre industrialmente, riconoscibile per le seguenti caratteristiche: la semplicità del sistema di montaggio, il contenuto costo di produzione, assemblaggio ed installazione, la riduzione dei costi di manutenzione e la configurazione "giocosa" del sistema per un "amichevole" approccio alla tecnologia fotovoltaica.

Nel corso del 2007 è stato installato un secondo impianto fotovoltaico³ di 18kWp situato nel parcheggio di Explora. Realizzato dalla Gechelin Group, l'impianto consta di una pensilina per auto con 100 pannelli fotovoltaici e produce l'energia necessaria a coprire il consumo degli uffici, lo shop e la biglietteria del museo. Il dato della produzione di entrambi gli impianti è sempre visibile grazie ad un sistema di monitoraggio costante ed on line. Oltre alla funzione "attiva" del sistema, particolare attenzione è stata rivolta agli aspetti "passivi" di risparmio energetico dovuto al raffrescamento passivo ed al controllo dell'irraggiamento solare interno. Pertanto, venne studiata una soluzione che potesse

garantire al contempo un buon livello di illuminazione naturale ed una riduzione dei consumi energetici, sia in estate che in inverno. Si è perciò progettato un lucernario posto sulla falda sud del tetto, alternando pannelli PV a doppio vetro (la cui superficie trasparente è circa il 6%) con vetrate trasparenti selettive che riducono del 63% la penetrazione della radiazione solare all'interno dell'edificio. Una parte di queste vetrate è apribile per consentire la ventilazione notturna. Sotto il lucernario, inoltre, è stata realizzata una fontana concepita con una vasca molto ampia e bassa, al fine di sfruttare il vantaggio della facile evaporazione della sua superficie; l'acqua che spruzza dalla fontana evapora concorrendo al raffrescamento dell'interno nella stagione estiva. Sulla facciata sono state collocate 12 pensiline fotovoltaiche, di cui sei mobili, che consentono di variare il suo ombreggiamento della facciata riducendolo in inverno e aumentandolo in estate. Il risultato di questo sistema integrato ha comportato una riduzione dell'11,3% del consumo energetico invernale e del 52,8% di quello estivo. Tali soluzioni hanno permesso al Museo dei Bambini di Roma di collocarsi in un contesto europeo di prestigio e di grande visibilità. Il progetto, infatti, si pone come concreta realizzazione di alcuni dei principi base indicati nella Carta di Aalborg, di cui la città di Roma è firmataria, e della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici che hanno portato alla formulazione dell'Agenda XXI locale per lo sviluppo sostenibile. Il fotovoltaico, inoltre, caratterizza fortemente il tema principale del museo: la metafora della città e l'educazione ambientale, intesa anche come approfondimento della conoscenza della vita e della qualità urbana, attraverso il "percorso guidato e trasparente" delle piccole attività quotidiane. I bambini, in tal modo, possono osservare come si produce energia dal sole, gettando, quindi, le premesse per approfondire la curiosità nell'energia pulita e più in generale sullo sviluppo sostenibile, concetto con cui i bambini stessi cominciano a familiarizzare fin da piccoli.

³ Questo secondo impianto è stato realizzato grazie al Conto energia del GSE ed ammesso alle tariffe incentivanti per l'integrazione architettonica che remunera la produzione di energia con un contributo pari ai 0,49 centesimi al kWh prodotto per la durata di 20 anni, ripagando il Museo dei Bambini dell'investimento realizzato.

Il Progetto pilota “E. C. H. - Energy for Cultural Heritage” e l'utilizzo delle nuove tecnologie per la protezione, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale

La presenza di un patrimonio archeologico estremamente ricco e diffuso sul territorio dell'Abruzzo, costituito da prestigiosi Musei – quali il Museo Archeologico Nazionale d'Abruzzo, ospitato nella prestigiosa Villa Frigerj a Chieti, e il Museo Archeologico Nazionale de La Civitella, sempre a Chieti – ma anche da aree e parchi archeologici di grande estensione, quali quelli dell'antica Alba Fucens nella Marsica, di Amiternum presso l'Aquila, di Monte Pallano presso Tornareccio, di Fossa o di Cansano, rende di grande attualità il problema di reperire le risorse economiche necessarie alla sua gestione e valorizzazione, nonché al mantenimento delle strutture che si occupano della sua tutela.

Il continuo incremento di tale patrimonio culturale - grazie al susseguirsi di scoperte archeologiche di grande importanza - e la necessità di opere di valorizzazione, indispensabili per poter sviluppare quel turismo culturale che può servire da volano economico del territorio, richiedono però sempre più cospicue risorse e determinano un costante aumento dei costi di gestione, costi però che appaiono difficilmente sostenibili.

Al problema delle risorse economiche si affianca quello altrettanto grave della costante riduzione degli organici del personale del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, fenomeno destinato entro pochi anni ad assumere dimensioni preoccupanti, stante l'attuale necessità da parte dello Stato di ridurre il peso del suo apparato sull'economia del Paese, ma che già oggi rende difficile garantire l'apertura delle aree archeologiche e dei musei e assicurare la loro fruizione pubblica.

Come sappiamo, tali criticità hanno radici profonde e non appaiono purtroppo destinate a risolversi nell'immediato, a causa di una crisi economica di ampia portata che dirotta le risorse pubbliche verso altri settori e che vede le strutture statali e quelle degli enti locali accomunate dalle medesime sofferenze, difficoltà queste che rendono

del tutto inutile pensare di risolvere la crisi del comparto cultura con un semplice trasferimento della gestione dei musei e delle aree archeologiche dallo Stato agli Enti territoriali.

Non è certo questa la sede nella quale interrogarsi sui fattori e i processi che, da tempo in atto, hanno portato negli ultimi tempi ad una accelerazione del degrado, soprattutto di quelle realtà che, escluse dagli intensi flussi turistici delle grandi "città d'arte", costituiscono però la peculiarità dell'Italia rispetto agli altri Paesi europei, essendo il nostro caratterizzato da centinaia di musei di medio-piccole dimensioni, che -se pur spesso di notevole rilevanza attraggono qualche migliaio di visitatori l'anno, molti dei quali non a pagamento.

In tali piccole realtà, l'attivazione nei musei e nelle aree archeologiche dei cd. servizi al pubblico – punti di ristoro, bookshop, servizi di guide, etc. - costituisce certo un importante strumento di valorizzazione e di innalzamento dell'offerta culturale, ma risulta però del tutto inefficace a risolvere il problema delle fonti finanziarie e, anzi, viene spesso a rappresentare a sua volta un ulteriore costo "aggiuntivo".

Un solo dato permette di rendersi velocemente conto della gravità di una situazione che non è peculiare dell'Abruzzo, ma propria anche di buona parte dell'Italia: le risorse finanziarie necessarie per il pagamento delle sole utenze energetiche delle sedi e dei musei della Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Abruzzo sono oggi calcolabili in circa 200 mila euro annui, somma non enorme, ma ampiamente inferiore – di almeno un 25% - alla dotazione economica assegnata ogni anno alla Soprintendenza sui capitoli del funzionamento e che deve anche servire a coprire altre spese, quali quelle altrettanto consistenti derivanti dalle pulizie e dalle manutenzioni degli edifici. Al di là quindi della troppo facile retorica sull'importanza del patrimonio culturale del nostro Paese, non possiamo nasconderci il fatto che se tale trend negativo di finanziamento non dovesse cambiare – e nulla lo fa pensare - considerate inoltre le proiezioni sui prossimi pensionamenti del personale, si giungerà a breve ad una almeno parziale chiusura di molti musei e aree archeologiche, destinate quest'ultime a essere lasciate in situazioni di degrado e incuria.

Il Progetto “E.C.H.”

Tutto ciò premesso, vorremmo qui condividere alcune proposte progettuali che - grazie alla fiducia dell’arch. A. Recchia, direttore generale della Direzione per l’Organizzazione, gli Affari Generali, l’Innovazione e il Personale – abbiamo elaborato alla ricerca di una soluzione che possa costituire una risposta organica a questa carenza di risorse umane e finanziarie.

Si tratta di idee che – per essere realizzate con successo - necessitano del contributo di tutte le professionalità presenti a questo incontro, dal momento che sono ancora molti i problemi da risolvere, che più avanti sintetizzeremo.

Gli obiettivi saranno dunque necessariamente quattro, tra loro strettamente collegati e aventi quale fine ultimo il mantenimento di un patrimonio archeologico che cresce nel tempo e il conseguimento di una sua maggiore valorizzazione:

- produzione di energia grazie a impianti fotovoltaici ubicati presso le grandi aree archeologiche, al fine di sopperire all’ormai cronica assenza di risorse e conseguire l’autonomia energetica della Soprintendenza e dei luoghi della cultura;
- incremento della valorizzazione e della fruizione delle aree e dei parchi archeologici, grazie al potenziamento dell’illuminazione di suddette aree e dei percorsi ad esse collegati, fino ad arrivare ad una loro apertura serale nei momenti di maggiore flusso turistico;
- innalzamento dei livelli di sicurezza del patrimonio culturale ubicato in queste aree spesso poste lontano dai centri abitati, con l’installazione di impianti di allarme e videosorveglianza alimentati da piccoli impianti fotovoltaici in aree archeologiche non raggiunte da linee elettriche;
- sviluppo di sistemi remoti per la gestione della sicurezza delle aree e dei parchi archeologici, in modo da sopperire alla carenza di personale di vigilanza.

A questi obiettivi va certamente aggiunto quello dell’efficientamento energetico delle strutture museali, tema sul quale in Italia molto poco ad oggi è stato fatto, ma che porterebbe ad una sensibile diminuzione del fabbisogno energetico (ed economico) di edifici concepiti senza alcun riguardo per tali temi gestionali.

Ritengo che questi siano obiettivi raggiungibili attraverso una politica intelligente di investimenti che – diversamente dall’ottica che necessariamente è propria dell’investitore privato – non abbia come scopo principale il semplice profitto, ma il mantenimento del nostro patrimonio e l’incremento della sua valorizzazione.

Non si tratta quindi di trasformare le aree archeologiche in distese di impianti fotovoltaici, ma di vedere se possano essere studiate soluzioni che – non avendo come obiettivo primario la massima produzione possibile di energia - siano maggiormente compatibili con i beni che siamo chiamati a tutelare.

Dobbiamo pertanto cercare di passare ad una seconda e più avanzata fase di progettazione del fotovoltaico, con lo sviluppo di soluzioni compatibili con il bene culturale, caratterizzate, ad esempio, dalla riduzione dell’impatto visivo o, seguendo un’analogia evolutiva avuta nel passato dall’illuminotecnica, dallo sviluppo di un design di qualità che trasformi gli impianti in eleganti opere di arredo di edifici e di aree all’aperto, con la nascita di una vera e propria “architettura del fotovoltaico”, potenziale oggetto di interesse dell’archeologia industriale del futuro.

Un altro punto importante, soprattutto per le aree archeologiche, è la possibilità di realizzare impianti mobili - che non vadano cioè ad occupare in maniera definitiva porzioni di terreno che potrebbero essere oggetto di ricerche future o avere altra destinazione nell’ambito delle attività di valorizzazione - e privi di ancoraggi, perciò compatibili con un sottosuolo ricco di resti sepolti. In questo modo, aree di fatto abbandonate, incolte e improduttive potrebbero dare un contributo al mantenimento del patrimonio nazionale, senza per questo veder precluse future possibilità di ricerca e valorizzazione.

Già nel corso del presente incontro, le relazioni di chi mi ha preceduto hanno evidenziato come – una volta creatosi un mercato – la ricerca non mancherà di trovare velocemente le soluzioni tecnologiche più adatte per quella particolare clientela che può essere rappresentata da chi opera nel settore dei beni culturali.

Non posso però nascondere come siano molte le criticità – anche solo squisitamente pratiche - che devono ancora essere dipanate per lo sviluppo di un fotovoltaico compatibile con il patrimonio culturale.

Vi è oggi la necessità di creare sinergie tra le strutture territoriali del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e il mondo imprenditoriale più attento ai temi della cultura, quale quello rappresentato dal Consorzio Civita. È infatti indubbio che il tema energetico richieda professionalità che sono carenti all’interno delle strutture ministeriali, generalmente incapaci di gestire un’operazione resa ancor più complessa dagli aspetti giuridico-finanziari in essa connaturati.

Un altro punto che meriterebbe di essere oggetto di analisi approfondita, vista l’at-

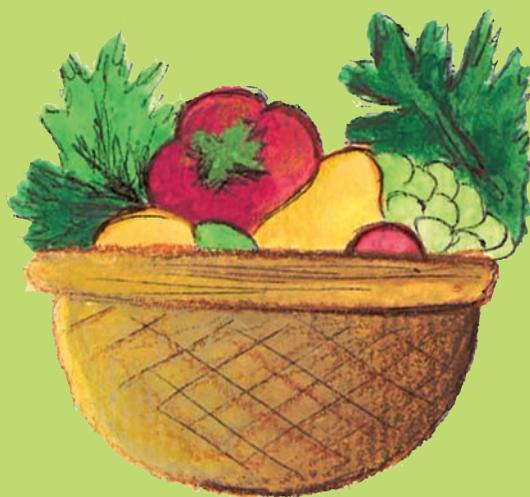
tuale carenza di finanziamenti pubblici, è quello della possibilità di attrarre e utilizzare capitale privato per la realizzazione degli impianti, attraverso la concessione dell'uso dei terreni di proprietà dello stato o altri soggetti pubblici, dietro corresponsione al MIBAC o ad altro ente di una quota dell'energia prodotta.

Bisogna infine pensare a come realizzare un accordo con il Gestore della Rete affinché la quota di energia prodotta nelle aree archeologiche possa essere utilizzata per il fabbisogno delle strutture museali dislocate in altre parti del territorio.

Credo pertanto che, superando gli sterili confronti che a volte contrappongono il mondo economico e le strutture che si occupano della tutela del patrimonio culturale, sia possibile trovare un terreno di incontro per pensare all'utilizzo delle nuove tecnologie in un campo fino ad oggi apparentemente antitetico.

Andrea Pessina

Soprintendente ai Beni Archeologici dell'Abruzzo



Gli strumenti finanziari

Gli strumenti finanziari

Nel presente contributo sono illustrate in modo sintetico le caratteristiche peculiari degli impianti fotovoltaici, con particolare riferimento agli aspetti che assumono una rilevanza sotto il profilo finanziario, e le diverse forme di finanziamento che è possibile utilizzare per gli stessi.

Le considerazioni che verranno delineate nel prosieguo sono prevalentemente riferibili ad impianti fotovoltaici di una certa dimensione e non integrati in immobili, ma in linea di principio possono essere applicate anche ad altri tipi di impianto.

Gli impianti fotovoltaici sono strutture in grado di trasformare l'energia solare in energia elettrica grazie alle particolari proprietà di alcune sostanze, dette semiconduttori, la più utilizzata delle quali è il silicio. Nell'attuale quadro normativo italiano ed internazionale, l'uso dell'energia solare, che è una fonte rinnovabile, permette di accedere a forme di incentivo statale che sono state predisposte per diffondere la produzione e l'uso di "energia verde" e che saranno trattate in modo più ampio successivamente.

Al fine di poter comprendere meglio le caratteristiche che rendono un impianto fotovoltaico particolarmente interessante sotto il profilo economico-finanziario, sia dal punto di vista di un investitore, sia dal punto di vista di un finanziatore, è opportuno esaminare brevemente quali sono le fasi di vita e le modalità di costruzione di un impianto fotovoltaico e fare alcune considerazioni in relazione allo svolgimento dell'attività produttiva, ai soggetti coinvolti e all'erogazione degli incentivi.

Innanzitutto, le fasi di vita degli impianti, sono essenzialmente due:

- fase autorizzativa/di costruzione, durante la quale si procede con la richiesta delle necessarie autorizzazioni per la costruzione e l'allaccio dell'impianto alla Rete Elettrica Nazionale, si stipulano degli accordi definiti di "EPC" (Engineering, Procurement and Construction) con i costruttori/installatori degli impianti e si realizzano tutte le necessarie operazioni che portano via via fino alla posa dei pannelli fotovoltaici, al collaudo dell'impianto ed all'allacciamento alla rete elettrica; tale fase dura mediamente dai 6 agli 8 mesi;
- fase di produzione dell'energia elettrica, in un primo periodo (di 20 anni per l'attuale normativa italiana) beneficiando degli incentivi ed in un secondo momento senza tale sovvenzione, con vendita della stessa i) ad una controparte con cui si stringono accordi bilaterali, ii) in borsa oppure iii) più semplicemente, al Gestore dei Servizi Energetici (GSE - ente peraltro preposto anche all'erogazione degli incentivi) attraverso la modalità del "ritiro dedicato" che permette di ottenere un prezzo minimo garantito sui primi scaglioni di produzione; tale fase dura mediamente almeno 25 anni.

Con riferimento alla fase di costruzione, si sottolinea solo che l'“EPC Contractor”, ovvero la controparte del contratto di EPC, è il soggetto che si prende cura di tutti gli aspetti legati alla progettazione dell'impianto, all'approvvigionamento dei materiali di costruzione ed alla effettiva costruzione dell'impianto.

Pertanto, salvo quanto concerne l'acquisizione degli spazi in cui situare gli impianti (tramite acquisto della proprietà o del diritto di superficie), la fase burocratica per l'ottenimento delle autorizzazioni a costruire e pochi altri elementi, l'EPC Contractor si occupa di una molteplicità di aspetti - afferenti a diversi ambiti - e deve quindi essere scelto tra soggetti che possano garantire esperienza sufficiente, aggiornamento tecnologico nonché capacità organizzativa e di esecuzione all'altezza di un ruolo così cruciale nella realizzazione del progetto.

Si deve tener altresì presente che lo standing dell'EPC Contractor è uno dei fattori che vengono maggiormente presi in considerazione da parte degli istituti di credito nell'esprimere il giudizio sulla finanziabilità dei progetti.

Gli EPC Contractor del settore forniscono generalmente una garanzia di 2 anni sull'impianto e si occupano anche della manutenzione successiva (contratti di O&M), mentre i fornitori dei pannelli fotovoltaici garantiscono questi ultimi in termini di resa minima e di riduzione massima fisiologica annua della performance per circa 20 anni; anche altri fornitori di componenti dell'impianto (quali ad esempio inverter, strutture di sostegno e cabine elettriche) provvedono in modo analogo per i rispettivi prodotti, conferendo un certo grado di certezza sulla capacità dell'impianto di essere produttivo ed efficiente per un numero adeguato di anni. Da ultimo si accenna brevemente a quelli che sono gli incentivi al settore fotovoltaico. La base normativa degli incentivi è riconducibile ad una serie di disposizioni che sono state via via emanate, inizialmente per recepire gli accordi del Protocollo di Kyoto e la conseguente normativa europea, successivamente per delineare i dettagli sull'erogazione degli stessi (“primo conto energia”), in seguito per alleggerire gli aspetti burocratici del processo di ottenimento delle autorizzazioni e per fissare nuove regole sull'erogazione degli incentivi dando così ulteriore impulso al settore (“nuovo conto energia” valido per gli impianti allacciati alla rete fino al 31 dicembre 2010) ed infine per fissare le linee guida e le nuove tariffe incentivata dal 2011 al 2013 (“terzo conto energia”), periodo che era rimasto ancora non coperto dalle indicazioni sugli incentivi e che aveva portato ad un clima di incertezza sulla fase di progressiva riduzione del sostegno al settore dell'energia fotovoltaica¹.

1 Il “terzo conto energia” ha parzialmente esteso la possibilità di usufruire delle tariffe del 2010. Per un approfondimento in tema di normativa del settore si può consultare il sito del Gestore dei Servizi Energetici: <http://www.gse.it/ATTIVITA/CONTOENERGIAF/Pagine/QuadroNormativo.aspx>

Tali incentivi sono tariffe fisse per 20 anni, parametrize alla quantità di energia prodotta ed erogate in modo differenziato in funzione della tipologia di impianto e della potenza massima installata, cui si aggiungono forme di “premio” extra legato alla produzione in circostanze particolari (ad esempio installazione integrata su tetti in sostituzione di coperture contenenti amianto). Il versamento degli incentivi ai produttori di energia è effettuato dal Gestore dei Servizi Energetici, una società che vede come azionista unico il Ministero dell'Economia e delle Finanze e può quindi garantire la certezza dell'erogazione degli incentivi che sono finanziati attraverso una specifica voce pagata da tutti gli utenti di energia elettrica (voce “A3 – oneri di sistema”).

Volendo quindi riassumere le caratteristiche salienti degli impianti fotovoltaici in termini di propensione ad essere finanziati, si possono elencare i seguenti punti:

- semplicità del modello operativo (investimenti iniziali per l'avvio dell'impianto, produzione e vendita di energia elettrica di origine solare per tutti gli anni seguenti) e conseguentemente dinamica finanziaria non complessa;
- stabilità e consistenza dei ricavi per un periodo pari alla durata dell'incentivo (20 anni);
- buona prevedibilità del business plan e ampia visibilità sui flussi di cassa in un orizzonte temporale esteso;
- utilizzo di tecnologia matura;
- ridotte necessità di manutenzione;
- elevato standing delle controparti per l'acquisto dell'energia (ENEL) e per l'erogazione dei sussidi (GSE);
- garanzie rilasciate dai vari fornitori.

Si passa ora ad un breve esame di quelle che sono le forme di finanziamento possibili per supportare lo sviluppo di un impianto fotovoltaico, ossia il mutuo, il leasing e il project financing.

Mutuo

Si tratta di una classica forma di finanziamento bancario ed è adatta a quasi tutti i tipi di impianto, potendo essere vantaggiosamente utilizzata sia per finanziare le piccole utenze domestiche, sia per quelle di medie dimensioni, fino ai veri e propri impianti che interessano le società specializzate nel settore della produzione di energia fotovoltaica.

Utilizzando il mutuo è possibile coprire fino al 90% dell'investimento e si può scegliere tra tasso fisso e tasso variabile. L'iter per l'ottenimento del mutuo prevede una fase di raccolta di informazioni sul progetto per addivenire ad una proposta di finanziamento che viene sottoposta alla valutazione della banca erogatrice del mutuo, la quale, avvalendosi eventualmente anche del parere di esperti esterni, giudica la sostenibilità e la bontà del progetto ed approva

la concessione del mutuo. L'erogazione effettiva avviene solo dopo la stipula del contratto di fornitura con il costruttore dell'impianto e generalmente in più tranche, in base allo stato di avanzamento lavori.

Il rapporto è gestito in modo diretto tra il proprietario dell'impianto e l'ente erogatore del mutuo, senza coinvolgere, se non per la fornitura di tutti i necessari documenti a supporto della pratica di istruzione del mutuo, gli altri soggetti che fanno parte del progetto ed in particolare il costruttore/EPC Contractor e il Gestore dei Servizi Energetici.

Leasing

Il leasing è una forma più complessa di finanziamento, adatta pertanto a finanziare in particolare impianti di dimensioni medio-grandi.

Utilizzando il leasing è possibile coprire fino all'80% dell'investimento (inclusa l'IVA), mentre il tasso applicato è generalmente variabile o indicizzato.

Rispetto ad altri tipi di finanziamento il leasing presenta alcune peculiarità, tra le quali i vantaggi fiscali legati alla deducibilità dei canoni e la maggiore flessibilità nella determinazione della durata, dell'ammontare dei canoni e delle altre caratteristiche del finanziamento.

Si ricorda che nel caso del leasing fotovoltaico la proprietà degli impianti è in capo agli enti erogatori dello stesso e non all'effettivo utilizzatore, pertanto nell'iter di approvazione ed erogazione del finanziamento viene coinvolta come parte attiva anche il costruttore del bene oggetto di locazione finanziaria; l'impianto diventa di effettiva proprietà del soggetto promotore del progetto solo dopo il completo pagamento di tutti i canoni e del riscatto.

All'interno del contratto di leasing vengono normalmente ceduti in garanzia all'erogatore del finanziamento i crediti derivanti dalla tariffa incentivante e dalla vendita di energia elettrica vantati verso il Gestore dei Servizi Energetici, che diventa quindi un'ulteriore parte coinvolta nel finanziamento e che versa direttamente le somme dovute a titolo di canoni di leasing.

Tra gli impegni in capo al prenditore dei fondi si annovera sempre più spesso il rispetto di determinati covenant indicativi dell'andamento del progetto (tipicamente con specifico riferimento alla generazione di cassa in rapporto alle rate di rimborso del debito); vengono altresì imposti dei limiti alla distribuzione dei dividendi.

Project Financing

Il *project financing* è la forma più sofisticata a disposizione per il finanziamento degli impianti fotovoltaici ed è adatta quasi esclusivamente agli impianti di maggiori dimensioni o alle situazioni con un maggiore grado di complessità (generalmente "isolati" all'interno di una società veicolo creata ad hoc), visto l'approccio multidisciplinare che viene applicato

e gli alti costi che la sua attivazione comporta, a fronte tuttavia di un pacchetto completo per il finanziamento di tutto il progetto.

Il *project financing*, infatti, coinvolge in modo più ampio tutti i principali soggetti che intervengono nella realizzazione del progetto ed in particolare riguarda: gli azionisti/promotori dello stesso (ai quali è richiesto di apportare una certa dotazione di mezzi propri), i fornitori di componenti, l'EPC Contractor, l'Operating and Maintenance (O&M) Contractor (che si occupa della manutenzione dell'impianto), le compagnie di assicurazione ed eventuali consulenti esterni che dovessero partecipare al progetto, nonché, naturalmente, gli istituti bancari erogatori del finanziamento.

Per il finanziamento in modalità di *project financing*, la sostenibilità economico/finanziaria del progetto assume un ruolo centrale e viene valutata considerando il rispetto di particolari parametri volti a misurare la capacità dell'impianto di ripagare il prestito ottenuto e le tempistiche necessarie per farlo. La principale garanzia di cui si tiene conto nel *project financing*, infatti, è costituita proprio dai flussi di cassa generati dal progetto e quindi, nella fattispecie che si sta considerando, dall'impianto fotovoltaico. Il finanziamento è tipicamente suddiviso in più tranche in funzione dello scopo (a copertura dei costi, dell'IVA, etc.) Sono comunque richieste anche le usuali garanzie da parte dell'EPC e dell'O&M Contractor, la cessione in garanzia dei crediti vantati verso il GSE ed eventualmente, durante la fase di costruzione, anche fidejussioni da parte dei promotori/azionisti.

Tutte le garanzie e l'insieme degli accordi contrattuali volti alla gestione dei rischi del progetto costituiscono quello che viene definito come "security package": lo scopo principale di tale struttura è ridurre o distribuire nel modo adeguato i rischi del progetto permettendo alle banche di adottare gli approcci tipici del *project financing*, ossia "non-recourse" oppure "limited recourse", nei quali la rivalsa dei finanziatori verso i promotori del progetto/azionisti della società veicolo è rispettivamente nulla o limitata.

Si segnala infine che per tale tipologia di finanziamento - nata per supportare progetti di importo rilevante - molte banche si sono organizzate con team dedicati a strutturare operazioni anche di taglio più ridotto, per andare incontro alle esigenze anche delle iniziative del settore fotovoltaico.

Daniele Muneroni

Chief Financial Officer, Sopaf

Appendice: Un panorama della normativa

NORMATIVA

Il quadro normativo di riferimento in materia di efficienza energetica è complesso. Quella che segue è un elenco dei principali provvedimenti ordinati cronologicamente.

NORMATIVA EUROPEA DI RIFERIMENTO

1. REGOLAMENTO (CEE) n. 1836/93 del CONSIGLIO del 29 giugno 1993 “sull’adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un Sistema comunitario di ecogestione e audit”; Gazzetta ufficiale delle Comunit. europee 10-7-93 N. L 168
2. DIRETTIVA 2002/91/CE del PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul “rendiconto energetico nell’edilizia”
3. Decisione 2007/742/CE del 9/11/2007 della COMMISSIONE DELLE COMUNITA’ EUROPEE che “Stabilisce i criteri ecologici per l’assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica alle pompe di calore elettriche, a gas o ad assorbimento funzionanti a gas”
4. DIRETTIVA 2006/32/CE del PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 aprile 2006 concernente “l’efficienza degli usi finali dell’energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio”
5. DIRETTIVA 5386 del PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulla prestazione energetica nell’edilizia (Rifusione) Adottata dal Consiglio il 14 aprile 2010.

NORMATIVA ITALIANA DI RIFERIMENTO

1. LEGGE 9/1/1991 n.10 “Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”
2. D.P.R. 412/1993 “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia in attuazione dell’art. 4, comma 4, della L. del 9 gennaio 1991, n.10”
3. DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA del 21/12/1999 n.551 “Regolamento recante modifiche al Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”
4. DECRETO LEGISLATIVO del 29/12/2003 n. 387 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.25 del 31 gennaio 2004 - Supplemento Ordinario n. 17.
5. G.U. n.205 del 1/09/2004 del MINISTERO DELLE ATTIVITA’ PRODUTTIVE “Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l’incremento dell’efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell’art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79. Decreto del 20.07.2004”

6. DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA del 2/04/2998 n. 59 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia. (09G0068)"; GU n. 132 del 10-6-2009; in vigore dal 25-6-2009
7. DECRETO 11 marzo 2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010 (modifiche in rosso, in vigore dal 14 marzo 2010; Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a) della legge 24 dicembre 2007, n.244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296.
8. DECRETO MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO 9 aprile 2008 (Decreto Motori).
9. DECRETO LEGISLATIVO del 30/05/2008 n.115 coordinato con il D.Lgs. 29/3/10 n.56, "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"; pubblicato sulla G.U. n.92 del 21/4/10 e in vigore dal 6/5/10. Decreto originale pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.154 del 3/7/08.
10. D.L. del 19/08/2005 n.192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; coordinato con il D.Lgs. 311/2006, con il D.M. 26/6/09, con la L. 99/2009 e con il D.Lgs. 56/2010
11. D.L. 192/2005bis "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"; pubblicato nella G.U. n.222 del 23 settembre 2005 – suppl. ord. n.158.
12. DECRETO LEGISLATIVO del 29/12/2006 n. 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
13. D.M. del 19/02/2007 "Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387"
14. Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n.115 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"
15. D.L. del 25/06/2008 n.112 recante disposizioni urgenti per lo "sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria, coordinato con la legge di conversione"; D. L. su G. U. n.147 del 25 giugno 2008 - Suppl. Ordinario n.152/L Modificazioni approvate dalla Camera il 24/7/08 e dal Senato il 1°/8/0.
16. D.M. 25/11/2008 del MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE "Disciplina delle modalità di erogazione dei finanziamenti a tasso agevolato ai sensi dell'articolo 1, comma 1110-1115, della legge 27 dicembre 2007, n.296 - Fondo Rotativo per il finanziamento delle misure finalizzate all'attuazione del Protocollo di Kyoto"; Supplemento ordinario n.58 alla Gazzetta ufficiale 21 aprile 2009 n.92
17. D. M. 26/6/2009 del MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"; G.U. 10/7/2009 n. 158 – in vigore dal 25/7/2009
18. D.L. n.40 del 25/03/2010 coordinato con la legge di conversione del 22/05/2010 n.73 recante disposizioni urgenti tributarie e finanziarie in materia di "contrasto alle frodi fiscali internazionali e

nazionali operate, tra l'altro, nella forma dei cosiddetti "caroselli" e "cartiere", di potenziamento e razionalizzazione della riscossione tributaria anche in adeguamento alla normativa comunitaria, di destinazione dei gettiti recuperati al finanziamento di un Fondo per incentivi e sostegno della domanda in particolari settori" in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n.71 del 26 marzo 2010 coordinato con la legge di conversione 22 maggio 2010, n.73 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale alla pag. 1), (10A06582) (GU n.120 del 25-5-2010)

19. D.M. 26/03/2010 del MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO "Modalità di erogazione delle risorse del Fondo previsto dall'articolo 4 del decreto-legge 25 marzo 2010, n. 40, per il sostegno della domanda finalizzata ad obiettivi di efficienza energetica, eco compatibilità e di miglioramento della sicurezza sul lavoro"; Pubblicato sulla G.U. n. 79 del 6 aprile 2010
20. DECRETO LEGISLATIVO del 29/03/2010 n. 56 "Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n.115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE"
21. D.L. del 31/05/2010 n. 78 "Misure urgenti in materia di stabilizzazione finanziaria e di competitività economica"; GU n. 125 del 31-5-2010 - Suppl. Ordinario n.114
22. LEGGE 4/6/210 n.96 "Disposizione per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alla Comunità Europea. Legge Comunitaria 2009, G.U. n.146 (S.O.), 25 giugno 2010.
23. DECRETO-LEGGE 8 luglio 2010 , n.105 Misure urgenti in materia di energia.
24. Ministero per lo Sviluppo Economico. LINEE GUIDA per il procedimento di cui all'articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n.387 per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di impianti di produzione di elettricità da fonti rinnovabili nonché linee guida tecniche per gli impianti stessi.
25. DECRETO Ministero dello Sviluppo Economico, 6 agosto 2010 Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.
26. Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 10.09.2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" (GU n. 219 del 18-9-2010).

NORME RELATIVE ALLA DETRAZIONE 55%

1. D.M. del 19/02/2007 del MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (di concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico) disposizioni in materia di "Detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n.296"
2. D.L. del 19/02/2007 del MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (di concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico)
3. DECRETO del 26/10/2007 del MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (di concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico) disposizioni in materia di "Detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n.296", pubblicato in GU n.302 del 31-12-2007
4. D.M. dell' 11/03/2008 coordinato con Decreto del 26/01/2010 del MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO "Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a) della legge 24 dicembre 2007, n.244,

per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n.296"

5. DECRETO del 7/04/2008 del MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (di concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico) disposizioni in materia di "Detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'art. 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296"; pubblicato in G.U. n. 97 del 24/4/2008
6. DECRETO del 9/04/2008 del MINISTERO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE (di concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico)
7. D.L. del 29/11/2008 n. 185 (coordinato con la legge di conversione 28 gennaio 2009 n. 2) "Misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anticrisi il quadro strategico nazionale"
8. LEGGE FINANZIARIA 2008-2007
9. LEGGE n.99/2009 "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia"
10. DECRETO del 06/08/2009 del Ministero dello Sviluppo Economico disposizioni in materia di "Detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n.296"
11. DECRETO del 26/01/2010 del Ministero dello Sviluppo Economico "Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici"

AGENZIA DELLE ENTRATE: CIRCOLARI E RISOLUZIONI IN MATERIA DI DETRAZIONI FISCALI CONTENENTI INDICAZIONI SUL 44%

1. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione n.365/E "Interpello 954-536/2007-ART.11, legge 27 luglio 2000, n.212. Alfa S.p.a Detrazione delle spese per interventi di risparmio energetico. Art. 1, comma 345, legge 27 dicembre 2006, n.296"
2. AGENZIA DELLE ENTRATE Circolare del 31/05/2007 n.36 "Detrazione d'imposta del 55% per gli interventi di risparmio energetico previsti dai commi 344- 345- 346 e 347 della legge 27 dicembre 2006 n.296 (legge finanziaria per il 2007)"
3. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione dell' 11/09/2007 n.244/E "Richiesta di parere sull'applicazione della detrazione fiscale del 55 per cento per interventi di risparmio energetico"
4. AGENZIA DELLE ENTRATE Circolare del 19/02/2008 n. 12/E "Profili interpretativi AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 5/02/2008 n.33/E "Istanza di interpello – Comune di – Agevolazioni fiscali per gli interventi volti al risparmio energetico – Art. 1, commi da 344 a 349, legge 27 dicembre 2006, n.296"
5. emersi nel corso della manifestazione "Telefisco 2008" del 29 Gennaio 2008 e risposte ad ulteriori quesiti"
6. AGENZIA DELLE ENTRATE Circolare del 04/04/2008 n.34/E "Risposte a quesiti in materia di compilazione del 730/2008 e assistenza fiscale presentati dalla Consulta nazionale dei Caf e ulteriori chiarimenti"

7. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 20/05/2008 n.207/E “Istanza di interpello Articolo 11 della legge n. 212 del 2000 – Detrazione del 55% prevista per gli interventi di risparmio energetico - articolo 1, comma 344, della legge n.296 del 27 dicembre 2006”
8. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 7/07/2008 n.283/E “Interpello ai sensi dell’art.11 della legge n.212 del 2000 Detrazione del 55 per cento per spese relative ad interventi di risparmio energetico. Art. 1, comma 347, della legge 27 dicembre 2006, n.296”
9. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione dell’11/07/2008 n.295/E “ Istanza di Interpello - Art. 11, legge 27 luglio 2000, n.212. Sig.Alfa- Interpretazione dell’articolo 1, comma 344 della legge n.244 del 24 dicembre 2007”
10. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 14/07/2008 n. 299/E “Istanza di Interpello -ART.11, legge 27 luglio 2000, n.212. Risparmio energetico art. 1, comma 346, legge n. 296 del 2006”
11. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 15/07/2008 n.303/E “Interpello: impossibilità di fruire della detrazione per interventi su immobili merce”
12. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione dell’ 1/08/2008 n.340/E “Interpello: impossibilità di fruire delle detrazioni del 55% per immobili di proprietà di società ma locati a terzi. Detrazione riservata ai fabbricati strumentali all’esercizio dell’attività imprenditoriale”
13. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 01/12/2008 n.458/E “Interpello: detrazione applicabile alla sola sostituzione totale di un impianto di climatizzazione invernale con pompe di calore ad alta efficienza e non alla semplice sostituzione parziale dello stesso”
14. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 9/12/2008 n.475/E “Interpello: portoni di ingresso detraibili solo se considerati strutture opache verticali”
15. AGENZIA DELLE ENTRATE provvedimento del Direttore dell’Agenzia delle Entrate del 6/05/2009 “Modello di comunicazione. Riqualficazione energetica (detrazione 55%)”
16. AGENZIA DELLE ENTRATE risoluzione del 26/01/2010 n.3/E “Istanza di interpello Regione Piemonte - Cumulabilità delle agevolazioni previste dalla legge regionale n.23 del 2002 con la detrazione del 55% prevista per gli interventi edilizi finalizzati al risparmio energetico (legge n.296 del 2006)”
17. AGENZIA DELLE ENTRATE Circolare del 23/04/2010 n. 21/E “IRPEF - Risposte a quesiti relativi a deduzioni, detrazioni e crediti d’imposta”

ALTRI DOCUMENTI

1. Consiglio Nazionale del Notariato n. 344-2009C “La certificazione energetica degli edifici dal 1° luglio; Approvato dalla Commissione studi civilistici il 16 giugno 2009

