



Luana Lampis Lighting Design

Via Moncucco, 13 – CH 6900 Lugano - M: +41 76 783 81 00 - luana.lampis@hispeed.ch

PROGETTO DI ILLUMINAZIONE MUSEO D'ARTE MENDRISIO

26 marzo 2019

Indice

1.1	Richieste della Committenza	2
1.2	Stato di fatto.....	3
1.3	La proposta della nuova illuminazione	5
1.4	Costi	12
	<i>Costi per funzionamento</i>	13
	<i>Costi di manutenzione</i>	13
	<i>Costi per il raffrescamento delle sale espositive</i>	14
1.5	Risparmio energetico: confronto tra situazione esistente e nuovo impianto	14
1.6	Conclusioni	15

1.1 Richieste della Committenza

Ad inizio anno 2017 il Museo d'arte Mendrisio, nella persona del Direttore Simone Soldini, ha richiesto alla sottoscritta la consulenza illuminotecnica per lo studio di un nuovo impianto di illuminazione per gli spazi espositivi del Museo d'arte di Mendrisio.

Riguardo al nuovo impianto di illuminazione, in sostituzione del vetusto impianto ancora presente, la committenza ha espresso alcune richieste specifiche riepilogate qui di seguito per punti:

1. Un risparmio sui costi a breve-medio termine del consumo di energia elettrica dell'impianto di illuminazione.
2. La riduzione sostanziale dell'emissione di calore che è fonte di grandi problemi di conservazione (periodo estivo) e di un conseguente aumento di costi sui consumi energetici (sistema di raffrescamento degli ambienti).
3. L'inderogabile sostituzione di una parte ormai vetusta dell'impianto di illuminazione, in funzione da 30 anni, per la quale, oltre all'avvenuto raggiungimento del regolare fine vita (un impianto elettrico ha una durata di vita media di 20-25 anni), si aggiunge la problematica che nel prossimo futuro non saranno più disponibili sul mercato i pezzi di ricambio.
4. Un significativo miglioramento qualitativo sulle prestazioni illuminotecniche per le opere di volta in volta esposte, quali la resa cromatica delle opere esposte e la tonalità di luce emessa dai proiettori, preferita meno calda dell'attuale.
5. Il mantenimento dello status quo per quanto riguarda l'impianto elettrico, ovvero nessuna modifica al quadro elettrico, né integrazione per il comando e la gestione del nuovo impianto di illuminazione con i tradizionali sistema di comando (DALI, 1-10V, ecc).

L'ultima richiesta se da un lato permette di non investire economicamente anche sull'aggiornamento dell'impianto elettrico, dall'altro comporta una forte limitazione sulle soluzioni adottabili per aumentare il grado di flessibilità dell'impianto nella sua gestione giornaliera e annuale (si pensi ai gruppi di accensione dei proiettori ad ogni nuovo allestimento museale).

Si è perciò approcciato sin da subito il progetto di illuminazione investigando e trovando soluzioni innovative che potessero garantire contemporaneamente la massima flessibilità dell'impianto di illuminazione e il mantenimento dell'impianto elettrico esistente, rispondendo quindi efficacemente alla richiesta della committenza in tal senso e garantendo al tempo stesso la flessibilità dell'illuminazione che l'impianto elettrico attuale non permette di ottenere.

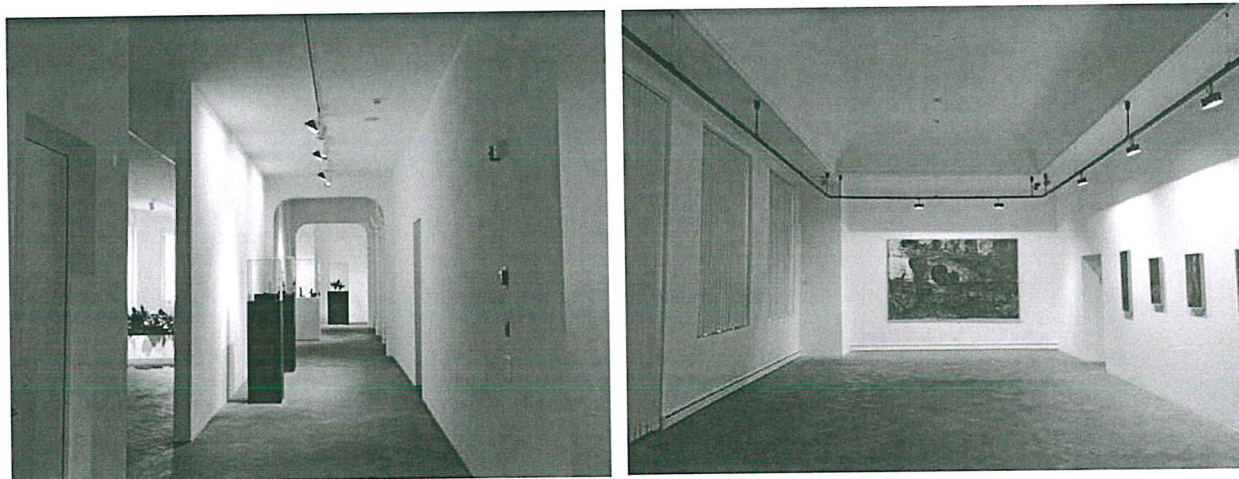
In merito alla situazione dell'impianto di illuminazione esistente è importante sottolineare che soprattutto una parte di esso è ormai giunto al naturale fine vita e che una sostituzione dei binari che lo compongono sarà inevitabile nel giro di pochissimi anni, poiché vetusti (l'installazione è avvenuta oltre 20 anni fa, nel 1997) e vi è il rischio concreto di incorrere a breve in guasti non più riparabili, poiché non più disponibili ormai sul mercato i pezzi di ricambio.

1.2 Stato di fatto

Il Museo ha sede in un edificio storico, con vincoli architettonici e spaziali ben precisi. Gli spazi espositivi sono tutti collocati al piano primo della struttura e interessano un'area complessiva di circa 775mq.

Sono riconoscibili due zone diverse tra loro: dal corpo scale di ingresso una prima serie di locali di diverse ampiezze con soffitto intonacato. Una seconda serie di ambienti con soffitto in legno a travetti.

L'impianto di illuminazione esistente è costituito da proiettori su binario, installati in tempi differenti negli spazi espositivi. Nella prima serie di ambienti sono presenti binari trifase e proiettori iGuzzini (finitura bianco), risalenti a circa otto anni fa. Negli ambienti successivi risulta ancora installato l'impianto più vecchio, ormai di 30 anni fa, con binari trifase e proiettori Regent (finitura nero) (Figg. 1 e 2).



Figg. 1 e 2 – Sale espositive del Museo d'arte con l'impianto di illuminazione esistente.

Le problematiche riscontrate con l'attuale impianto di illuminazione sono molteplici, qui brevemente riepilogate:

- Solo due modelli di proiettori a disposizione (wallwasher con alogene lineari e faretto con riflettore fisso con alogena, per gli iGuzzini; proiettore lineare con alogena lineare e faretto con riflettore fisso per alogena per i Regent). La inesistente flessibilità attuale causa grande

difficoltà nell'ottenimento di scenari luminosi adeguati per le diverse installazioni d'arte che nel corso dell'anno si susseguono. Gli attuali corpi illuminanti sono inoltre poco o nulla schermati, hanno ottiche imprecise e creano fastidiosi ed errati effetti di luce (ombre nette e coni sulle pareti), con risultati illuminotecnici non adeguati ad un museo.

Inoltre, la qualità costruttiva dei proiettori attualmente installati non è elevata, tanto che spesso non solo le sorgenti alogene, ma gli stessi proiettori sono soggetti a guasti e devono essere smaltiti, senza possibilità di essere sostituiti o riparati.

- Il tipo di sorgente installata (alogeno) pur essendo all'epoca dell'installazione la migliore per resa cromatica e quindi la più adatta per l'illuminazione museale, di fatto oggi, con l'avanzamento tecnologico disponibile, è una sorgente obsoleta. **I consumi elettrici e le potenze in gioco sono significative, con conseguenti costi di cui si dà un riepilogo nell'Allegato 01.** Inoltre, la mancanza di un piano di manutenzione programmato (sostituzione delle sorgenti tutte nello stesso momento ad intervalli di tempo regolari) e la sostituzione delle sole lampade giunte da sole a fine vita, creano ed accentuano i difetti di luce sopra accennati, poiché proiettori che illuminano una stessa parete con sorgenti di età diverse creano inevitabilmente dei fasci di luce disuniformi per intensità e temperatura colore. In particolare le sorgenti alogene vicine alla fine vita, ma ancora funzionanti, emettono un flusso luminoso inferiore rispetto alle sorgenti nuove e tendono a dare una luce molto calda, tendente quasi ad una colorazione gialla.
- I binari trifase installati hanno, soprattutto i Regent, un'età ormai avanzata, con conseguente perdita di efficienza e creazione di problemi al corretto funzionamento dei proiettori, quali probabili sbalzi e perdite di tensione, cause anche della moria così frequente delle sorgenti alogene. Altro aspetto è la disuniformità estetica dei due impianti, sia per tipologia dei proiettori installati, sia per finitura (bianco per iGuzzini e nero per Regent). La diversità dei binari implica l'impossibilità di spostare i proiettori indifferentemente sull'uno o sull'altro tipo di binario, costringendo quindi ad utilizzare nei vari ambienti o gli uni o gli altri proiettori a dipendenza del binario presente, con conseguente poca flessibilità nella configurazione di impianto. Potrebbe infatti essere necessario aumentare su un binario piuttosto che sull'altro il numero di proiettori, ma allo stato attuale ciò è possibile solo riducendo il numero di proiettori sugli altri binari della stessa marca.

- La gestione dell'impianto elettrico è minimale, poiché all'epoca l'impianto non è stato dotato di sistemi di gestione remoti o da quadro **in grado per esempio di permettere la dimmerazione, l'accensione e lo spegnimento temporizzato di gruppi di proiettori sullo stesso o su più binari** (per esempio come con Dali o 1-10V) e non solo il comando di ogni spezzone di binario come accade oggi attraverso il taglio di fase.

1.3 La proposta della nuova illuminazione

Il progetto di illuminazione ha preso quindi avvio dalle ristrette condizioni dello stato di fatto ed è stato sviluppato al fine di ampliare la flessibilità dell'impianto di illuminazione senza modificare quello elettrico.

La proposta include i seguenti aspetti progettuali, pensati e proposti per trasformare l'impianto attuale molto rigido e poco performante con un impianto altamente flessibile e tecnologicamente avanzato:

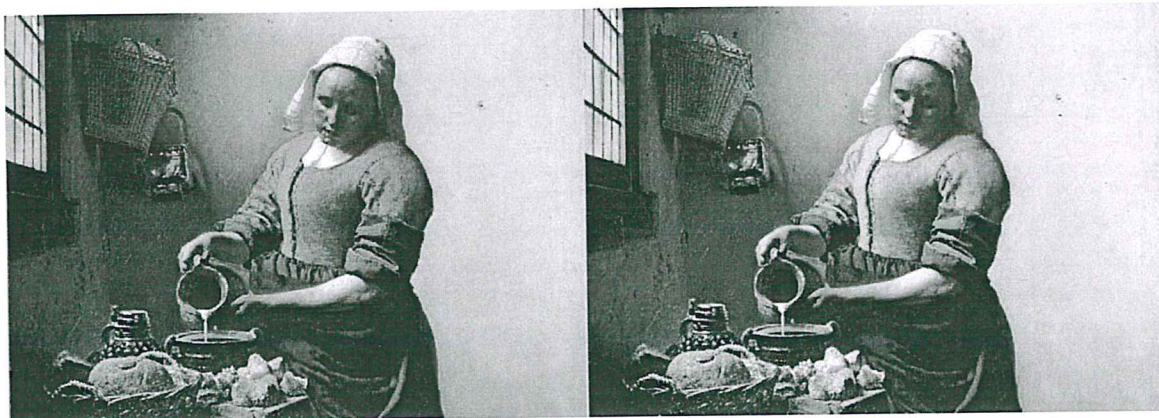
- Utilizzo di una temperatura colore di 3000K, tonalità calda ma più neutra rispetto all'attuale temperatura colore delle alogene di 2700K. Un gap che permette di rendere la luce più bianca e neutra, mantenendo le caratteristiche di luce comunque calda, in grado quindi di far percepire l'ambiente confortevole ed accogliente. Grazie agli accessori intercambiabili forniti con i proiettori sarà possibile, se richiesto, modificare la temperatura colore di base con appositi filtri in grado di settare la temperatura colore su valori più freddi o caldi.
- Nuova tecnologia illuminotecnica: l'attuale situazione tecnica nel campo illuminotecnico permette ormai da diversi anni l'uso dei LED anche nel campo dell'illuminazione museale. Tale campo di applicazione ha però specifiche necessità tecniche e prestazionali, che implicano una scelta attenta del tipo di LED da utilizzare.

Nelle esposizioni museali l'aspetto fondamentale è la perfetta resa dei colori delle opere esposte associata ad una corretta temperatura colore (luce calda o neutra, non eccessivamente tendente ai toni più gialli o più verdi tipici delle temperature di colore fuori dall'intervallo dei 3000K).

Sul mercato i led più comuni sono quelli con resa cromatica CRI>80 o CRI>90, non adeguati per un'ottima resa dei colori in campo museale. Si è perciò optato per il led Xicato Artist con CRI 98, in cui il fattore R9 (tonalità rosso) raggiunge i valori più alti tra quelli oggi presenti sul mercato. Il tono del rosso (o meglio la resa del colore rosso da parte di una

sorgente luminosa) è uno dei parametri fondamentali per definire se un led è idoneo o meno all'illuminazione museale.

Altro aspetto fondamentale per un led da utilizzarsi in ambito museale è l'assenza di radiazione ultravioletta e di infrarossi (presenti nello spettro delle alogene e di alcuni tipi di led), poiché la prima può provocare lo scolorimento dei pigmenti ed altri danni alle opere illuminate e la seconda può provocare dilatazioni termiche di strutture e supporti e la riduzione dell'umidità relativa dei materiali. Il led proposto non presenta radiazioni né ultraviolette né infrarossi.



STANDARD LED - C.R.I. 80

XICATO ARTIST SERIES - C.R.I. 98

Figg. 3 e 4 – Confronto della resa dei colori tra un LED standard e il LED Xicato Artist selezionato per l'installazione di Mendrisio: la resa cromatica di quest'ultimo è pari al 98%, valore ad oggi più alto ottenibile, grazie anche alla buonissima resa dei toni del rosso.

- Corpi illuminanti flessibili: lo specifico modulo led selezionato ha comportato la definizione dei corpi illuminanti (proiettori orientabili da binario) in grado di garantire la più ampia flessibilità nella composizione della parte ottica degli stessi, grazie alla possibilità di montare sullo stesso corpo apparecchio quattro tipi diverse di ottiche, abbinabili con ulteriori accessori ottici come lenti, frangiluce, filtri colore, ecc in grado di definire per ogni opera esposta nelle diverse mostre che si susseguono nel corso dell'anno, la combinazione più corretta tra migliore apertura del



Figg. 5 e 6 – Proiettore con accessori ottici intercambiabili.

Luana Lampis Lighting Design

Via Moncucco, 13 – CH 6900 Lugano - M: +41 76 783 81 00 - luana.lampis@hispeed.ch

fascio luminoso, schermatura antiabbagliamento, variazione della temperatura colore, ecc. **Questa tipologia di proiettori permette inoltre un risparmio in termini economici, poiché a parità di stesso numero di corpi illuminanti è possibile di volta in volta ottenere prestazioni illuminotecniche diverse per gruppi di proiettori**, evitando l'acquisto di proiettori ad ottica fissa dedicati ad un solo specifico tipo di utilizzo.

- Gestione tramite bluetooth dei proiettori: la flessibilità nella gestione dei proiettori, nella creazione di eventuali scenari luminosi, nel loro accorpamento in gruppi più o meno piccoli da comandare e regolare diversamente sono altri importanti aspetti nell'illuminazione museale. Per esempio un allestimento potrebbe richiedere che proiettori posti sullo stesso binario operino con regolazione dell'intensità luminosa diversa o che modifichino la stessa nel corso dell'orario di esposizione. L'impianto elettrico attuale non permette tale flessibilità, poiché ad oggi è solamente possibile la dimmerazione con taglio di fase delle intere fasi dei binari, per tutta la loro lunghezza. Per tale motivo **si propone il modulo LED Xicato Artist con integrato il comando Bluetooth (BLE)**. Un modulo che integra in sé tutte le componenti quali chip led, driver 48V, antenna BLE che permette il comando del modulo led direttamente tramite BLE, quindi bypassando l'impianto elettrico. I binari rimarranno semplici binari trifase on/off con

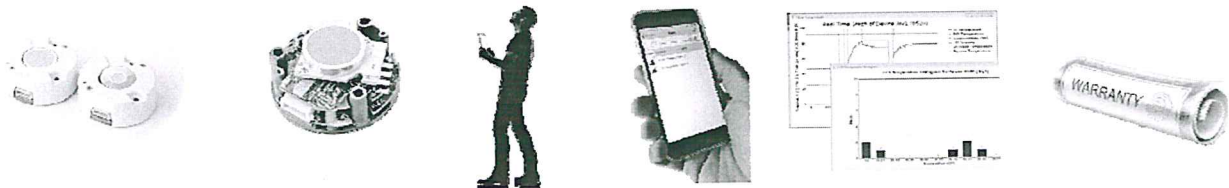


Fig.7– Schema del funzionamento dell'antenna BLE integrata nel modulo LED: il modulo LED è in grado di dialogare con il software Xicato (app per smartphone o software per pc), inviando dati tecnici (temperatura di esercizio, consumo elettrico, ore di accensione, grado di dimmerazione) istante per istante, che possono essere letti e scaricati sotto forma di report, statistiche periodiche, diagrammi. Il sistema ha una garanzia di 7 anni.

montati però corpi illuminanti per l'illuminazione di accento in grado di interfacciarsi direttamente con un software su pc o app su smartphone. In questo modo la tecnologia di comando è integrata nei proiettori e ne permette anche intuitivamente la gestione e regolazione, il richiamo di scenari preimpostati, ecc, senza spese aggiuntive e modifiche all'impianto elettrico.

Inoltre il software di comando dei moduli led BLE permette di monitorare istante per istante diversi parametri del modulo led in funzione, quali consumo, temperatura di esercizio, grado di dimmerazione, ore di accensione. Tutti i dati possono essere scaricati e raccolti in report periodici, con un diretto e veloce controllo del corretto funzionamento dell'impianto. Per esempio, se per qualche motivo, il modulo led dovesse iniziare a scaldarsi eccessivamente, il software integrato spegne il led per permettere alla temperatura di abbassarsi, senza quindi compromettere l'integrità dell'intero corpo apparecchio.

- Sensori di presenza: è inoltre possibile integrare l'impianto di illuminazione con sensori di presenza, da installare direttamente sui binari, senza quindi dover prevedere opere murarie o modifiche ulteriori alle sale o all'impianto elettrico. Il sensore di movimento, permette l'accensione/spegnimento dell'impianto in base all'effettiva presenza di visitatori. **E' facile capire come l'efficacia di una gestione dell'impianto di illuminazione in base all'effettivo utilizzo degli spazi (presenza o meno di visitatori) permetta una riduzione dei consumi energetici, non solo i carichi elettrici dovuti al funzionamento dell'impianto, ma anche la conseguente riduzione della temperatura ambiente e relativi carichi per il raffrescamento.**

L'integrazione dei sensori di presenza è un tema da approfondire e definire anche con l'elettricista che si occuperà dell'installazione del nuovo impianto. E' possibile prevedere dei sensori di presenza BLE, in grado di dialogare con i proiettori e permetterne la gestione in assenza e presenza di persone. Tali sensori oltre al movimento, permettono di controllare la temperatura ambiente, l'umidità e l'illuminamento (regolazione quindi anche con la luce naturale), permettendo quindi potenzialmente un controllo continuo e costante di tutti i parametri fondamentali delle sale espositive.

I sensori BLE permettono la gestione dei proiettori, ma non degli apparecchi lineari, descritti a seguire, che non sono BLE. La gestione in base alla presenza di persone, di questa seconda tipologia di apparecchi può avvenire solo con sensori di presenza standard da prevedere comunque installati su binario, per evitare opere murarie ed elettriche. Il costo di questa versione è stimata identica a quello dei sensori BLE, quindi la spesa per la fornitura sia di sensori BLE che di quelli standard si raddoppierebbe.

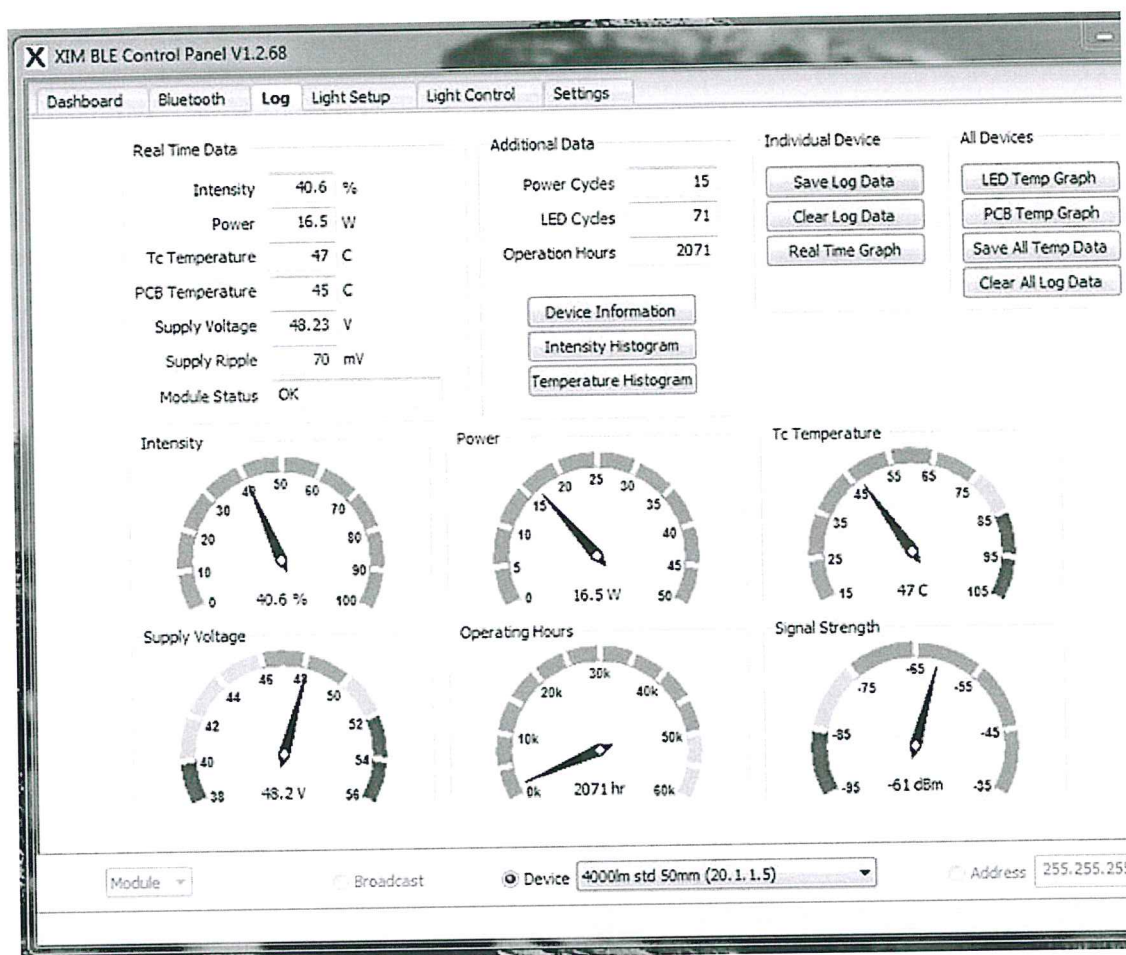


Fig. 8 – Interfaccia del software di controllo su pc: attraverso diverse schede è possibile impostare i gruppi di accensioni e la modalità di funzionamento dei moduli led XIM-Gen4 BLE e con contatori intuitivi monitorare i 6 parametri sul funzionamento dei led.

- Tecnologia al passo con il futuro: Un vantaggio non secondario che il sistema Xicato BLE permette di avere è che la tecnologia bluetooth dei moduli led è ampliabile a piacere. **Ciò significa che è possibile, come da richiesta della committenza, prevedere oggi un impianto con minimi interventi a livello elettrico e gestionale, implementabile comunque in futuro** qualora nuove condizioni di utilizzo richiedessero sistemi di gestione e di comando più personalizzati o complessi. Ad esempio è possibile, se richiesto, poter comandare l'impianto da remoto tramite internet (per esempio dall'ufficio tecnico poter monitorare il funzionamento dell'impianto senza recarsi nelle sale espositive). Tale implementazione è schematizzata nella figura 9.

La proposta progettuale comprende, oltre all'**illuminazione d'accento** sopra descritta, anche un'**illuminazione diffusa**, da intendersi quale illuminazione generale degli spazi espositivi, cui si sovrappone l'illuminazione d'accento delle opere d'arte esposte. Se quest'ultima è ottenuta con i proiettori sopra descritti, l'illuminazione diffusa è garantita da apparecchi lineari LED dimmerabili con potenziometro incorporato (fig.11). Anche questi apparecchi garantiranno un'alta resa cromatica (CRI>90), ma non saranno gestiti dal Bluetooth, poiché tali apparecchi saranno settati inizialmente ad un valore definito di intensità luminosa, che non sarà necessario cambiare per ogni nuovo allestimento museale. Il grande vantaggio di questa soluzione è quella di poter installare gli apparecchi per la diffusa in qualunque binario e quindi spostarli da un binario all'altro secondo le esigenze della specifica installazione temporanea. Il compito di questa illuminazione è di fornire una luminosità di base degli ambienti, in grado di rendere soprattutto l'illuminazione sulle pareti uniforme, eliminando gli attuali problemi di ombre nette, fasce scure e archi "sporchi" sulle pareti.

In merito alla loro eventuale gestione con sensore di presenza vale quanto scritto al punto "Sensori di presenza". Nell'ottica di una valutazione sull'opportunità di prevedere o meno tale gestione anche per l'illuminazione diffusa, riteniamo che tali apparecchi possano anche non dover essere spenti in assenza di persone, poiché dimmerati e quindi già con consumi ridotti. Inoltre garantire un'illuminazione minima nelle sale durante le ore di apertura del museo permette di evitare l'accensione dell'impianto all'avvicinarsi dei primi visitatori e quindi la percezione dei visitatori che le sale da buie vengono illuminate solo in loro presenza.

Infine è molto probabile che anche gli apparecchi lineari saranno molto presto disponibili sul mercato con comando BLE.

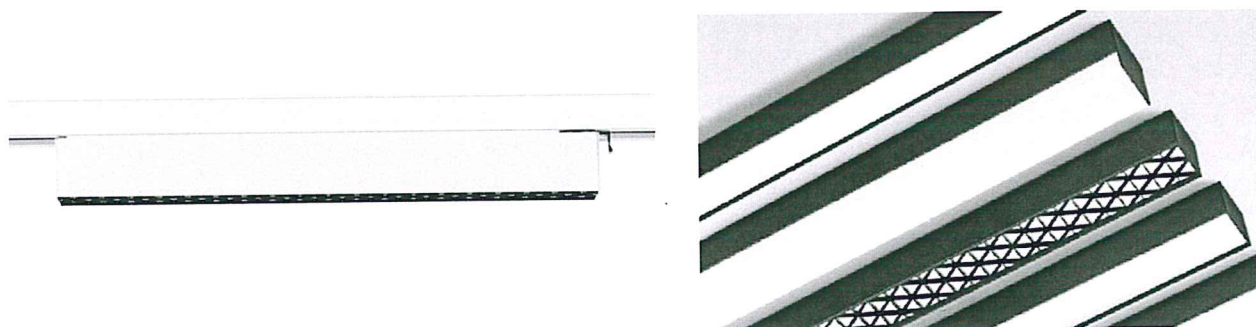


Fig. 11 – L'apparecchio lineare LED per l'illuminazione diffusa con potenziometro e installabile su binario trifase.

Entrambi i sistemi di luce diffusa e d'accento sono previsti montabili su binario trifase. **Pur avendo richiesto la committenza di mantenere i binari iGuzzini, si raccomanda la sostituzione di tutti i binari con nuovi, così da eliminare un problema non secondario, ovvero avere due tipi di binario diversi nelle**

sale. Mantenere i binari iGuzzini esistenti significherebbe dover prevedere tutti i nuovi corpi illuminanti, proiettori e lineari, con adattatore compatibile con i binari iGuzzini di 8 anni fa. iGuzzini ha infatti provveduto negli ultimi anni a sostituire i binari trifase di allora con binari nuovi (con DALI integrato), modifica che ha implicato anche per i prodotti iGuzzini una modifica dell'adattatore. Ne consegue che mantenere gli esistenti binari iGuzzini comporterebbe un sovrapprezzo per l'adattatore speciale dei nuovi apparecchi che dovrebbe essere compatibile con i vecchi iGuzzini.

La sostituzione dei binari iGuzzini con nuovo binari comporta un costo aggiuntivo davvero minimo rispetto al totale dell'investimento dunque la loro sostituzione è consigliata nell'ottica di un'uniformità di impianto e di assoluta flessibilità di utilizzo.

I binari sono previsti installati a plafone o sospesi, così come nella situazione esistente e incassati nel controsoffitto nella sala 9, dove la Committenza ha intenzione di ribassare il soffitto. Si è proceduto quindi ad un miglioramento del layout dei binari rispetto a quello esistente, sempre cercando di mantenere quanto più possibile invariate le posizioni delle attuali alimentazioni elettriche.

1.4 Costi

I costi riferibili al nuovo impianto di illuminazione sono fondamentalmente quelli **di esercizio, di fornitura e di installazione dei soli binari**. A queste voci sono da **aggiungere quelli per la dotazione dell'hardware di base per l'utilizzo del software di gestione** (smartphone e notebook qualora il Museo non ne fosse ancora dotato) nella tabella non calcolato, poiché non di diretta competenza.

Gli attuali costi di esercizio includono:

- Costi per consumo di energia elettrica dovuta al funzionamento dell'impianto di illuminazione;
- Costi di manutenzione, derivante dal costo delle lampadine da sostituire in un anno (costo diretto) e dal costo del personale che effettua il cambio lampada (costo indiretto, che non si traduce in un costo finanziario, poiché effettuato nell'orario di lavoro dipendente, ma che si traduce nelle ore dedicate a tale attività, che si potrebbero impiegare in altre mansioni).

- Costi per il raffrescamento delle sale espositive, ovvero per lo smaltimento del calore generato dalle sorgenti attuali, in particolare le alogene lineari, che dimmerate o meno si comportano quasi come delle resistenze, assimilabili a stufe elettriche.

Costi per funzionamento

Nell'allegato 01 sono riepilogati i costi di funzionamento attuali e quelli del nuovo impianto rispetto all'accensione dell'impianto non dimmerata e dimmerata al 50% (situazione di esempio).

Come si vede, tra la situazione attuale e quella nuova a led, **il risparmio sul consumo elettrico annuale per il solo funzionamento è pari al 6613-73% (impianto non dimmerato o dimmerato al 50%), traducibile in un risparmio del 24% sui costi elettrici annuali medi del Museo (pari a fr. 13'516,00, costo che però include oltre alle sale espositive, tutti gli ambienti del museo, i carichi elettrici dell'impianto di condizionamento, computer, apparecchi elettronici e varie).**

Costi di manutenzione

La manutenzione, allo stato attuale, riguarda il solo cambio lampada puntuale e non programmato (sostituzione delle sorgenti che giungono spontaneamente al fine vita) e non la sostituzione programmata di tutte le sorgenti dello stesso tipo nello stesso momento. Questa politica, da un lato ha permesso di ridurre al minimo i costi di cambio lampada (si cambia solo quando la lampadina non funziona più), dall'altro però comporta un aumento delle problematiche sulla qualità della luce proiettata sulle opere esposte: forti variazioni di intensità rilevabili a vista tra una sorgente vecchia e una nuova accostate, emissione di luce troppo calda, quindi molto gialla, da parte delle sorgenti prossime al fine vita, emissione di maggior calore da parte delle alogene lineari vicine al fine vita, ecc.

Il costo annuale attuale per il cambio lampade dipende solo dal costo delle sorgenti nuove ed è pari a 220 franchi, poiché l'operazione è svolta da dipendenti del Museo in orario di lavoro.

Con il nuovo impianto il costo di cambio lampade si annulla, poiché la sorgente led ha una durata di vita di almeno 50'000 ore, che corrispondono per le ore di accensioni annuali del Museo, a 24 anni, in pratica **pari alla vita media di un impianto di illuminazione che è di 20-25 anni**. Dopo tale periodo oltre alla sorgente, anche i componenti elettrici come i driver giungono a fine vita e dunque vanno sostituiti.

Altro aspetto importante è che i **driver moderni**, essendo elettronici, permettono una migliore prestazione dell'apparecchio poiché **alimentano in modo più pulito e efficiente la sorgente luminosa, riducendo le perdite elettriche**.

Costi per il raffrescamento delle sale espositive

Come già chiarito in precedenza uno dei problemi delle alogene lineari e delle alogene in generale è la produzione di calore durante la loro accensione. Ciò è dovuto al comportamento del filamento incandescente che appunto per emettere luce, deve scaldarsi, quindi produrre anche calore.

Il calore prodotto dipende dalla potenza impiegata, quindi per l'attuale impianto di illuminazione è chiaro che l'accensione di sorgenti da 180W e da 50W produca un'importante quantità di calore che il sistema di ventilazione deve smaltire. Il calore emesso anche con alogene dimmerate rimane elevato poiché il filamento per continuare ad emettere luce dimmerata deve continuare ad essere incandescente.

Con l'applicazione a led, la situazione cambia, poiché i led generano luce non per radiazione termica, come le alogene, ma sfruttando il fenomeno dell'elettroluminescenza. La luce viene emessa nel momento in cui elettroni e lacune si ricombinano in un materiale, tipicamente un semiconduttore. Quando la luce emessa dal Led diminuisce a causa del passaggio di una minore quantità di corrente, la radiazione termica che ne consegue rappresenta una porzione trascurabile della luce totale emessa.

In sostanza il led lavora meglio e risulta più efficiente a temperature basse, mentre teme il surriscaldamento, motivo per cui in condizione di dimmerazione la luce emessa rimane costante come qualità (stessa temperatura colore, stessa resa cromatica) e conseguentemente emette meno calore, a differenza dell'alogena che dimmerata emette molto calore e sposta la temperatura colore verso le lunghezze d'onda del rosso, producendo quindi una luce molto calda, "arancione".

Con il nuovo impianto dunque si avrà una riduzione importante anche sui costi imputabili al raffrescamento delle sale, che andrà quindi ad aggiungersi al risparmio sopra indicato per i consumi da funzionamento dell'impianto di illuminazione.

1.5 Risparmio energetico: confronto tra situazione esistente e nuovo impianto

In merito al risparmio energetico conseguente dal passaggio dall'attuale al nuovo impianto di illuminazione si rimanda all' **Allegato 01**, in cui sono riepilogate nel dettaglio le potenze effettive in gioco dei diversi apparecchi di illuminazione.

Il confronto mostra **un risparmio elettrico in KWh annui, per i consumi del solo impianto di illuminazione, pari al 66% pur con un utilizzo nel nuovo impianto di un numero maggiore di corpi illuminanti di quello attuale** (200 apparecchi contro i 150 attuali). Tale percentuale si riferisce all'ipotesi di entrambi gli impianti, attuale e nuovo, funzionanti al 100%, senza regolazione di intensità alcuna. Nella realtà dei fatti entrambi gli impianti sono da intendersi dimmerati e con dimmerazione variabile per ogni allestimento

museale, quindi con un consumo elettrico totale inferiore a quello della situazione non dimmerata. Viste le variabili in gioco è impossibile fare una stima precisa dei consumi con impianto dimmerato, si è fatta perciò un'ipotesi con la riduzione della corrente al 50%, per dare un'idea della variazione dei costi con e senza dimmerazione. **Dalla tabella si evince che in una situazione del genere il risparmio arriva fino al 73%.**

Nell'allegato 02 è indicato invece il risparmio sui costi di funzionamento nell'arco di 10 anni del nuovo impianto rispetto al mantenimento dell'attuale.

Un aspetto molto rilevante è il consumo elettrico generato dall'impianto di raffrescamento, per smaltire il calore prodotto dalle sorgenti alogene attualmente installate.

Infatti mentre nel caso del led o dell'alogeno alogeno, la diminuzione della corrente di alimentazione, implica una diminuzione anche del calore emesso dalla sorgente, nel caso delle alogene lineari presenti nell'impianto attuale, il discorso è molto diverso. A riduzione della tensione che arriva alla lampada non corrisponde in modo lineare la diminuzione del calore emesso, poiché al contrario l'alogeno continuerà ad utilizzare la maggior parte della tensione in entrata convertendola in calore disperso nell'ambiente.

Considerando che attualmente sono installate 70 alogene lineari da 180W, è chiaro che la quota parte di calore emesso con la lampada dimmerata è significativo, dunque incide sui consumi elettrici per il raffrescamento. L'eliminazione di questo tipo di sorgente implicherà dunque anche un ulteriore risparmio sui costi di raffrescamento, che va ad aggiungersi al risparmio dovuto al minor consumo elettrico delle nuove sorgenti led.

1.6 Conclusioni

In conclusione, il nuovo impianto di illuminazione proposto permetterà di cambiare radicalmente la situazione attuale sotto tutti i punti di vista:

- **Riduzione dei consumi elettrici e di manutenzione:** inferiori rispetto ad oggi almeno del 66%, se non di più nella situazione di dimmerazione dell'impianto (73% e oltre). Un risparmio sui costi elettrici attuali totali del museo di almeno il 24% (cui aggiungere la quota parte di risparmio sul condizionamento). L'azzeramento dei costi di manutenzione per il cambio lampade.
- **Qualità della luce:** sarà possibile avere una luce pensata appositamente per l'illuminazione museale, con un assoluto miglioramento in termini di tonalità della luce emessa (più neutra e meno tendente ai

toni del giallo, come quella attuale); perfetta resa cromatica delle opere esposte: i colori risalteranno in modo nettamente migliore rispetto ad oggi e soprattutto costante nel tempo.

- **Flessibilità dell'impianto di illuminazione:** sarà finalmente possibile utilizzare i fasci di luce più appropriati, grazie alla ampia gamma di ottiche e accessori intercambiabili tra loro, sfruttando per ogni mostra temporanea tutti i corpi illuminanti modificati e approntati in modo specifico per le esigenze delle opere esposte. Controllo dell'abbagliamento molesto, quindi migliore fruibilità da parte dei visitatori.
- **Gestione semplificata di un impianto tecnologicamente avanzato:** la presenza dei moduli led con Bluetooth integrato permetterà di monitorare i proiettori nel tempo e di gestirli con una semplice ed intuitiva applicazione su smartphone e pc. Sarà possibile creare gruppi di apparecchi da comandare insieme, da dimmerare insieme, così come ottenere dati del funzionamento di ogni singolo led sia istantaneamente che per periodi, quali temperatura di funzionamento, consumo elettrico, grado di dimmerazione, ore di accensione, ecc.
- **Implementazione dell'impianto per esigenze future:** possibilità di utilizzare il nuovo impianto nella sua configurazione di partenza, per poi implementare in futuro le sue prestazioni, per esempio con l'introduzione di un'app del museo e quindi dei beacons, oppure con la creazione di una rete interna per una gestione e controllo dell'impianto da remoto.

MUSEO D'ARTE MENDRISIO - CONFRONTO TRA IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ATTUALE E NUOVO

ALLEGATO 01 - CALCOLO DEI CONSUMI ELETTRICI E DEI COSTI DI ESERCIZIO

CONSUMI ELETTRICI							COSTI ESERCIZIO IMPIANTO				
Impianto illuminazione	Tipo di sorgenti	Potenza effettiva singola sorgente (W)	Quantità	Potenza totale per tipo di sorgente no dimmerazione (W)	Ore di accensione annuali (h)	Consumo annuale per tipo di sorgente (kWh)	Consumo annuale totale (kWh)	Costo manutenzione annuale (cambio lampade) (CHF)*	Costo energia elettrica annuale senza dimmerazione (CHF)	Stima costo energia elettrica annuale dimmerazione elettrica al 50% (CHF)	
Attuale	Alogena lineare R7s 180W 220V	180	70	12600	2080	26.208,00	36.504,0	220,00	6.388,20	4.430,79	
	Alogena 50W 12V	55	90	4950	2080	10.296,00					
Nuovo	Led lineare 38W 230V	38	88	3344	2080	6.955,52	12.321,9	0,00	2.156,34	1.185,98	
	Led 23W 48V/230V	23	100	2300	2080	4.784,00					
	Led 35W 48V/230V	35	8	280	2080	582,40					
Risparmio in consumo elettrico (tot kWh)							24.182,1				
Risparmio in consumo elettrico (%)							66%				
Risparmio in consumo elettrico (CHF)							4.231,86	3.244,81			
Risparmio in consumo elettrico (% sul costo dell'energia elettrica)							66%	3.244,81	73%		
Risparmio in consumo elettrico (CHF)							3.244,81	3.244,81	24%		
Risparmio in consumo elettrico (% sul costo in CHF totale annuale del Museo di 13'516,00 in condizioni di impianto dimmerato)											

* In condizioni normali il cambio lampada per gli apparecchi LED è da considerarsi nullo per tutta la vita dell'apparecchio, stimata in almeno 50'000h di funzionamento, ovvero rispetto alle ore di apertura al pubblico del Museo pari a 24 anni. E' naturalmente possibile che un modulo LED possa ad inizio o durante la propria vita non funzionare correttamente, tali malfunzionamenti sono coperti da 5 anni di garanzia qualora venga accertato essere un difetto di fabbrica. Altri eventuali motivi di malfunzionamento, legati alle condizioni al contorno impianto, implicano l'acquisto di un nuovo proiettore in sostituzione.



MUSEO D'ARTE MENDRISIO - CONFRONTO TRA IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE ATTUALE E NUOVO

ALLEGATO 02 - RISPARMIO ENERGETICO SUI COSTI DI ESERCIZIO CON IMPIANTO A LED DIMMERATO AL 50%

	IMPIANTO ATTUALE sorgenti alogene		IMPIANTO NUOVO sorgenti LED	
	spese energia CHF	cumulato	spese energia CHF	cumulato
1	4.430,79	4.430,79	1.185,98	1.185,98
2	4.430,79	8.861,58	1.185,98	2.371,96
3	4.430,79	13.292,37	1.185,98	3.557,94
4	4.430,79	17.723,16	1.185,98	4.743,92
5	4.430,79	22.153,95	1.185,98	5.929,90
6	4.430,79	26.584,74	1.185,98	7.115,88
7	4.430,79	31.015,53	1.185,98	8.301,86
8	4.430,79	35.446,32	1.185,98	9.487,84
9	4.430,79	39.877,11	1.185,98	10.673,82
10	4.430,79	44.307,90	1.185,98	11.859,80

Risparmio costi energia elettrica	
CHF	
	3.244,81
	6.489,62
	9.734,43
	12.979,24
	16.224,05
	19.468,86
	22.713,67
	25.958,48
	29.203,29
	32.448,10

NB. Ipotesi che il costo dell'energia rimanga costante per i prossimi 10 anni.

NB. A tale risparmio si deve aggiungere il risparmio sull'impianto di condizionamento, dovuto alla minore emissione di calore nell'ambiente da parte delle sorgenti led.