PROGETTO DI RESTAURO
DEL COMPLESSO MONUMENTALE
DELLA FONTANA DEL NETTUNO

Concept per l'illuminazione della fontana.

Relazione a cura di:
Prof. Fabrizio I. Apollonio
Prof. Maurizio Rossi
Ing. Fulvio Musante
Dott. Andrea Siniscalco

Bologna, 10/11/2016

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI DESIGN

INDICE

0. Introduzione

1. Richieste
2. Direzioni di osservazione privilegiate
3. Illuminazione della statua
4. Verifiche illuminotecniche
5. Illuminazione dei giochi d’acqua
6. Illuminazione supplementare degli spazi circostanti la fontana
7. Soluzioni alternative
8. Concept
9. Sistema di gestione
10. Note

Allegato: Fotoelaborazioni e rendering dei concept proposti

0. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta gli esiti delle attività di formulazione di tre differenti Concept elaborate all'interno della Convenzione Attuativa sottoscritta tra il Comune di Bologna e il Dipartimento di Architettura dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna per una collaborazione scientifica nell'ambito dei lavori di restauro del complesso monumentale del Nettuno a Bologna.

L'attività volta alla elaborazione di una serie di ipotesi di intervento per l'illuminazione del complesso della fontana e della statua, ha visto la collaborazione del Laboratorio di Progettazione, illuminotecnica, fotometria e colorimetria LUCE del Dipartimento di Design del Politecnico di Milano, che è in possesso di specifiche competenze scientifiche e tecniche per la realizzazione dei rilievi e delle ipotesi progettuali oggetto dell'attività di ricerca, come evidenziato dalla produzione scientifica ascrivibile a detto Laboratorio.

Sulla base delle indicazioni emerse dal confronto con il Comune di Bologna sono state elaborate tre proposte, due delle quali statiche e una dinamica.

L'illuminazione proposta nei primi due concept risulta avere un carattere più statico (l'unico elemento che cambia è l'illuminazione della statua, con intervalli di tempo a discrezione della municipalità). Il terzo prevede soluzioni più flessibili che consentono di gestire l'illuminazione dell'ambiente in modo dinamico, oltre alla matrice di apparecchi calpestabili è possibile ad esempio ridurre notevolmente il tempo di transizione tra i proiettori della statua rendendolo percepibile ai passanti (ad esempio fading di due minuti ogni 30/45 minuti).

Il concept 1 e 2 prevedono la stessa illuminazione per la fontana, ma differiscono tra loro per i segni luminosi che sono stati previsti nello spazio circostante: nel primo concept, solo la pavimentazione della piazza è interessata.

A seguito delle indicazioni fornite dal Comune di Bologna che ha manifestato alcune preferenze rispetto alle modalità di illuminazione del complesso della fontana, come a esempio la adozione di un sistema di profilazione del fascio luminoso (gobo) per evitare il fenomeno di accecamento in alcune zone circostanti, o sistemi di illuminazione della pavimentazione della piazza antistante, sono stati elaborati tre video di simulazione dei concept di illuminazione.

Prof. Fabrizio Ivan Apollonio

1. RICHIESTE

Il committente ha espresso una serie di richieste che il nuovo impianto di illuminazione della fontana del Nettuno dovrebbe soddisfare. Tali requisiti possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- Minimizzare il consumo di energia
- Controllo della luce diffusa
- Contenimento dei fenomeni di abbagliamento
- Valorizzazione del monumento (statua)
- Chiara leggibilità del complesso Fontana-Statua rispetto al contesto (edifici circostanti nella piazza) e nelle sue componenti: (Statua del Nettuno, Castellum, Naiadi)
- Valorizzazione dei giochi d'acqua
- Utilizzo di soluzioni di illuminazione dinamiche in particolari occasioni, come commemorazioni e ricorrenze
- Illuminazione differenziata della statua rispetto al 'castellum'

Tutte le richieste e indicazioni proventi dalla committenza sono state analizzate e valutate e per ciascun elemento della fontana o della piazza sono state elaborate delle soluzioni progettuali che saranno descritte nei paragrafi seguenti. Dalla combinazione dei singoli elementi, sono stati proposti tre differenti concept per l'illuminazione della fontana del Nettuno.

2. DIREZIONI DI OSSERVAZIONE PRIVILEGIATE

I tre concept sviluppati prevedono due direzioni di osservazione privilegiate che coincidono con i percorsi che abitualmente compiono i turisti e i fruitori della piazza.

Il primo percorso è quello che da Piazza Maggiore si dirige verso Via Rizzoli, mentre il secondo è quello che da Via Rizzoli si dirige verso Piazza Maggiore.

L'individuazione di tali percorsi risulta indispensabile sia per l'ideazione di effetti luminosi significativi e visibili per la maggior parte degli utenti, sia per la valutazione dei parametri di qualità dell'impianto[1], come ad esempio gli abbagliamenti e il contenimento delle luminanze nel campo visivo per le principali direzioni di vista degli osservatori.

1. Questa valutazione sarà oggetto della fase di progettazione di dettaglio che esula dall'incarico

Figura 1: Pianta della piazza con numerazione degli edifici

3. ILLUMINAZIONE DELLA STATUA

La soluzione proposta parte dalla considerazione che l'attuale gioco di ombre sia un elemento altamente riconoscibile per la piazza che contribuisce alla sua connotazione: per tale ragione si è deciso di preservare tale effetto anche nelle soluzioni proposte.
I concept prevedono l'illuminazione della statua ponendo i proiettori sugli edifici circostanti in modo da ottenere un duplice effetto:

- Illuminazione della statua del nettuno con livelli di luminanza significativamente superiori a quelli esistenti (da 1.5 cd/m^2 a 6 cd/m^2, come mostrato alla Figura 2) e tali da creare una gerarchia tra i vari elementi architettonici della piazza in cui l'attenzione degli utenti sia catturata dalla figura del Nettuno quando osservata dalle direzioni privilegiate indicate in precedenza. I valori di luminanza della statua dovranno essere valutati considerando un fattore di riflessione del 40%.
- Proiezione di ombre sugli edifici adiacenti alla fontana mediante gruppi distinti di proiettori che possono essere accesi/spenti in modo indipendente per illuminare la statua del Nettuno e per la proiezione delle corrispondenti ombre.

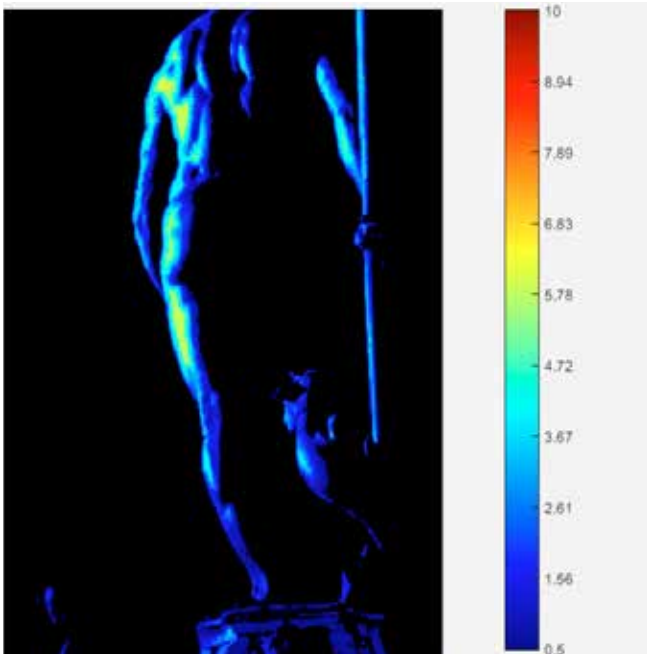


Figura 2: Dettaglio stato attuale del lato sinistro statua Nettuno (direzione di vista verso piazza Maggiore

Il valore del fattore di riflessione è stato già stimato considerando la formazione della patina sulla statua che inevitabilmente si formerà dopo qualche mese dal restauro, per effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici e all'ambiente urbano: l'impianto dovrà essere dimensionato in modo da garantire un livello di luminanza adeguato anche dopo qualche mese dal restauro e pulitura della statua. La presenza di un impianto di controllo consentirà di regolare il flusso luminoso degli apparecchi puntati sulla statua in modo da compensare parzialmente gli effetti dell'esposizione della statua all'ambiente urbano e realizzando allo stesso tempo un risparmio energetico.

Per quanto riguarda il contrasto di luminanza tra la statua e gli edifici circostanti (Palazzo Re Enzo), si osserva che attualmente, dai rilievi effettuati, i valori di questi ultimi oscillano tra 0.5 e 2.0 cd/m^2 (fatto salvo le zone immediatamente circostanti agli apparecchi di illuminazione) e che di conseguenza un valore di contrasto di 1:5 comporterebbe un valore di luminanza sulla statua compreso tra 2.5 e 10 cd/m^2. Tale risultato si stima ottenibile con un illuminamento compreso tra 20 e 78.5 lux se si approssima, in maniera molto grossolana, la riflessione a quella di un materiale perfettamente diffondente. Nella Figura 3 e nella Figura 4 sono riportate le mappe di luminanza misurate per i due edifici, in assenza della luce di accento.

Figura 3: Mappa distribuzione di luminanza edificio 01 (Palazzo Re Enzo, in assenza di luce di accento sulla statua)

Figura 4: Mappa di distribuzione di luminanza edificio 02 (Palazzo Re Enzo, in assenza di luce di accento sulla statua)

Per quanto riguarda l'edificio 03 (Palazzo del Podestà), le misure condotte in assenza di luce di accento sulla statua, mostrano livelli di luminanza nell'intervallo precedentemente indicato per gli atri edifici, mentre nella parte superiore i valor salgono sensibilmente come mostrato alla Figura 5: questo particolare riduce il contrasto tra la statua e gli edifici circostanti, tuttavia questo effetto dovrebbe essere meno percepibile a causa della differente temperatura di colore tra le sorgenti impiegate per l'illuminazione delle facciate (2100 K) e quelle della statua (4000 K).

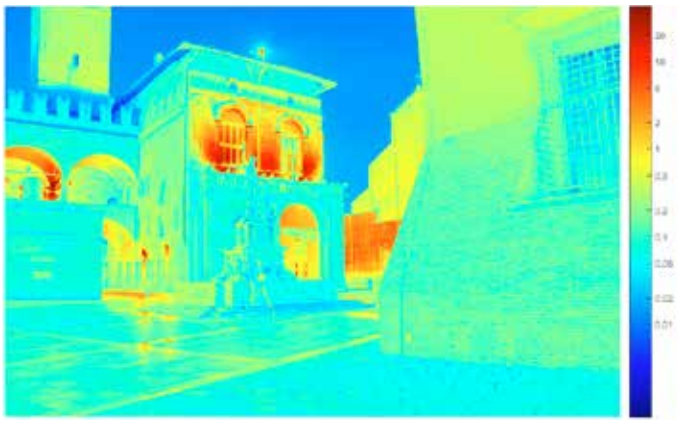


Figura 5: Mappa distribuzione di luminanza edificio 03 (Palazzo del Podestà, in assenza di luce di accento sulla statua)

Tutti i concept prevedono l'illuminazione della statua impiegando sorgenti LED a 4000 K con indice di resa cromatica pari ad almeno 80. Per quanto riguarda invece la distribuzione fotometrica degli apparecchi, si è optato per una distribuzione di tipo rotosimmetrico con apertura del fascio "narrow" e alette orientabili (o schermo cilindrico) per la sagomatura del fascio in modo ottimale: lo scopo è quello di limitare al massimo il flusso disperso verso l'alto e al di fuori della sagoma della statua, in modo da creare ombre piuttosto nette.

Si è stimato che tutti i proiettori avranno un flusso luminoso emesso di circa 3500 lm con una potenza elettrica di 43 W con una efficienza di circa 80 lm/W. Per quanto riguarda l'angolo di apertura del fascio sono possibili due soluzioni alternative a seconda del tipo di sorgente impiegata:

- Power LED consente l'impiego di collimatori che garantiscono un'apertura del fascio più stretta compresa tra 6° e 8°, ma determinano un leggero peggioramento della qualità dell'ombra proiettata (a causa del problema delle sorgenti multiple nello stesso proiettore).

- CoB LED e riflettore che garantiscono un'apertura del fascio leggermente più larga (10°), ma che grazie all'unica sorgente consente di raggiungere un maggiore dettaglio nella qualità dell'ombra proiettata (a scapito però di una leggera perdita di efficienza dovuta alla maggiore quantità di flusso intercettato dalle alette dell'apparecchio).

Sono previste tre posizioni di installazione di proiettori a luce bianca (due sull'edificio 8 - Palazzo d'Accursio e una sull'edificio 3 - Palazzo del Podestà) puntati sulla statua del Nettuno. Sono poi previsti quattro proiettori (luce calda) che illuminano il castellum, tre dei quali in corrispondenza dei proiettori della statua e uno posizionato sull'edificio 2 (zona di ingresso del Palazzo Re Enzo).

La statua viene sempre illuminata da una direzione alla volta, in modo che una sola ombra sia visibile sugli edifici circostanti: la scena di illuminazione dinamica consiste nell'attivazione in sequenza (nell'arco delle ore notturne) delle tre posizioni attraverso un effetto di fading (il primo proiettore aumenta lentamente il proprio flusso, mentre il secondo lo diminuisce della stessa quantità).

I proiettori a luce calda sono puntati sui quattro angoli del castellum con lo scopo di garantirne la visibilità da tutti i lati, creando un distacco dalla statua che è percepibile dall'ombra che proietta o dal suo stagliarsi nell'oscurità del cielo.

I proiettori destinati a illuminare il castellum e la base della fontana emettono luce in un fascio di 10° alla temperatura correlata di colore di 3000 K: la differente temperatura di colore è stata scelta per creare un contrasto di tonalità con l'illuminazione della statua. Il flusso luminoso di ciascun proiettore risulta pari a 2370 lm.
La Figura 6 mostra la distribuzione fotometrica dell'apparecchio utilizzato per l'illuminazione della statua e del castellum.

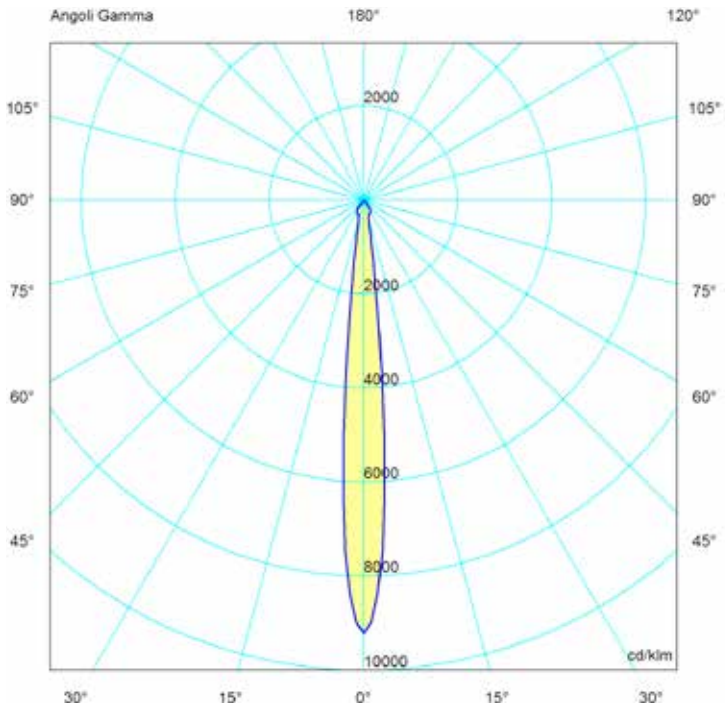


Figura 6: Distribuzione fotometrica proiettore apertura 10°, utilizzati per l'illuminazione della statua e del castellum

Al fine di soddisfare le richieste della committenza, è stata prevista l'installazione di tre proiettori RGB nella stessa posizione dei proiettori a luce bianca destinati a illuminare la statua, per realizzare un'illuminazione colorata in occasione di alcune manifestazioni ed eventi predefiniti, ad esempio:

- Illuminazione con luce blu per la giornata mondiale del Diabete (metà mese di Novembre)
- Illuminazione con luce blu per la giornata mondiale della consapevolezza dell'Autismo (inizio mede di Aprile)
- Illuminazione con luce rosa per la giornata Komen Italia per la lotta ai tumori del seno (fine mese di Settembre)
- Illuminazione con colore rosso per la giornata mondiale del donatore di sangue (metà del mese di Giugno)
- Illuminazione con colore viola per la giornata mondiale per l'epilessia (inizio mese Febbraio)

A tale scopo è stato individuato un proiettore RGB, di dimensioni contenute con apertura del fascio a 8°, capace di emettere un flusso luminoso di 961 lm ed efficienza luminosa di 35 lm/W quando tutti e tre i canali sono attivati al 100%. L'apparecchio monta 19 power LED associati ad altrettante lenti TIR. Anche per questi apparecchi si prevede l'installazione di alette regolabili per una migliore definizione del fascio, rispetto alla sagoma della statua. Gli apparecchi dovranno essere collegati all'impianto di gestione al fine di poter creare scene luminose con diversi colori e di limitare l'accensione di tale proiettori alle solo ore notturne per gli eventi di interesse: in questo modo, ad esempio, è possibile spegnere questo tipo di illuminazione nelle ore profonde della notte, in cui l'effetto comunicativo ed evocativo dell'illuminazione colorata viene meno a causa del ridotto numero di utenti della piazza.

Si è ipotizzata una ripartizione del flusso luminoso tra i tra canali con le seguenti proporzioni:
- 175 lm Blue
- 436 lm Green
- 350 lm Red

Il canale con un minor flusso è quello del blu, che consente di ottenere un valore di illuminamento sulla statua significativamente più basso rispetto a quello ottenuto a luce bianca.
Per tale motivo, si suggerisce di accendere tutti e tre i proiettori RGB contemporaneamente a differenza di quanto avviene nel caso di illuminazione con luce bianca, dove la statua è illuminata sempre da una sola direzione per volta. Quando si utilizzano i proiettori RGB e utile spegnere i proiettori sulla statua e abbassare il flusso luminoso dei proiettori che illuminano il castellum, al fine di incrementare la percezione dell'effetto cromatico.

Si è invece scartata l'idea di utilizzare un proiettore di maggiore potenza (maggiore flusso emesso), dato che si è cercato di contenere al massimo le dimensioni degli apparecchi per limitare il loro impatto visivo durante le ore diurne. Vi è poi da considerare che questo tipo di illuminazione è necessaria per un limitato numero di notti all'anno (meno di 10) e che quindi un costo iniziale molto elevato dell'impianto non trova giustificazione.

4. VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE

Le mappe a falsi colori rappresentate alla Figura 7, Figura 8 e Figura 9 mostrano i livelli di illuminamento raggiunti dalla combinazione dei proiettori che illuminano il castellum e i proiettori che illuminano la statua, accesi uno per volta. Dal momento che non si dispone di alcuna informazione circa la funzione di riflettanza del materiale della statua dopo l'intervento di restauro, si è deciso di fare riferimento alle mappe di illuminamento, piuttosto che a quelle di luminanza, in modo da poter comunque proporre delle considerazioni sul risultato del sistema di illuminazione proposto.

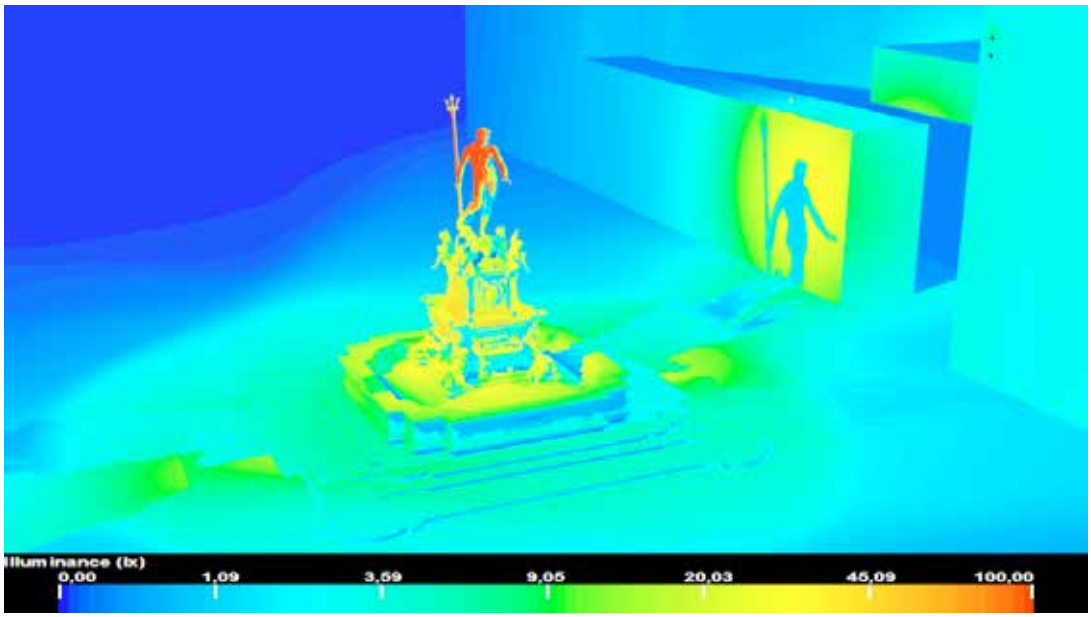


Figura 7: Illuminazione della statua del Nettuno con l'accensione del proiettore 01 e i 4 proiettori del castellum

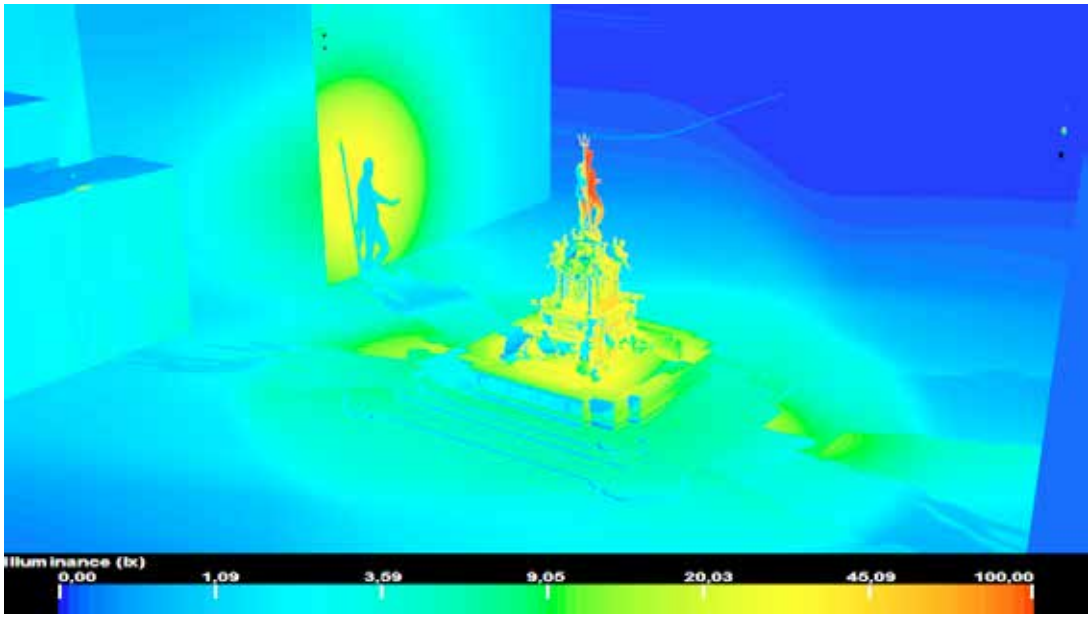


Figura 8: Illuminazione della statua del Nettuno con l'accensione del proiettore 02 e i 4 proiettori del castellum

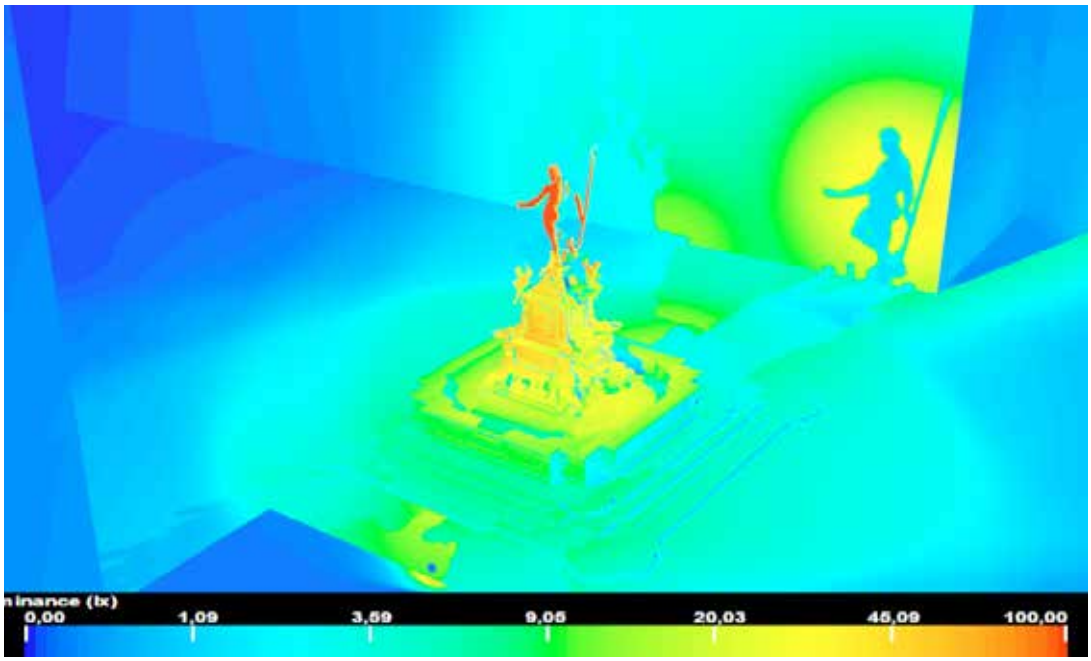


Figura 9: Illuminazione della statua del Nettuno con l'accensione del proiettore 03 e i 4 proiettori del castellum

Dall'esame delle figure, si osserva che la soluzione proposta, evidenzia il modellato della statua, indipendentemente dal proiettore attivato: questo risultato è particolarmente importante al fine di non rendere eccessivamente piatta la percezione del Nettuno. I risultati potrebbero essere migliori di quelli riportati, se accanto all'illuminazione per proiezione proposta fosse possibile anche una illuminazione più in radenza, soluzione attualmente esclusa data l'impossibilità di collocare i proiettori sul basamento della statua.

Per quanto concerne i valori ottenuti sulla statua, i risultati sono in linea con le previsioni (vedi paragrafo illuminazione della statua), se si considera un fattore di manutenzione pari a 0.8. Questo tipo di illuminazione dovrebbe garantire i contrasti indicati nel concept ottenendo due effetti contemporaneamente:

- creazione di una gerarchia tra gli elementi della piazza con al vertice la fontana del Nettuno;
- percezione della statua in maniera chiara dalle due direzioni di vista privilegiate che sono state individuate nella fase preliminare di elaborazione delle proposte di illuminazione (il contrasto è sufficientemente elevato rispetto alla distribuzione delle luminanze degli edifici adiacenti);
- mantenimento e valorizzazione della ombra della statua che caratterizza il luogo da lungo tempo.

5. ILLUMINAZIONE DEI GIOCHI D'ACQUA

In base alle indicazioni ricevute dalla committenza, nessun apparecchio è stato previsto all'interno della vasca della fontana, a differenza di quanto avveniva nell'impianto precedente.
La valorizzazione dell'acqua della fontana dovrà avvenire solo mediante l'illuminazione degli zampilli della fontana, attraverso LED RGB inseriti all'interno di un ugello appositamente studiato per creare un flusso laminare di acqua.

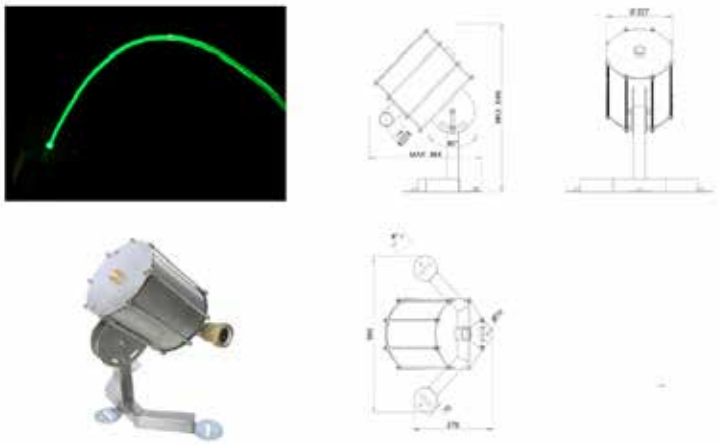


Figura 10: Esempio di getto per fontane/giochi d'acqua che produce in uscita un flusso laminare illuminato da una sorgente LED.

L'effetto luminoso ottenibile dall'impiego di dispositivi come quello riportato alla Figura 10, è uno zampillo completamente illuminato, dato che l'acqua si comporta come una sorta di fibra ottica che conduce la luce per tutta la sua lunghezza. Questo risultato è possibile solo per un flusso d'acqua laminare, mentre nel caso di un flusso turbolento l'aspetto non sarà quello rappresentato in Figura 10, ma la parte illuminata sarà solo quella in prossimità dell'ugello per poi ridursi rapidamente man mano che ci si allontana da quest'ultimo.

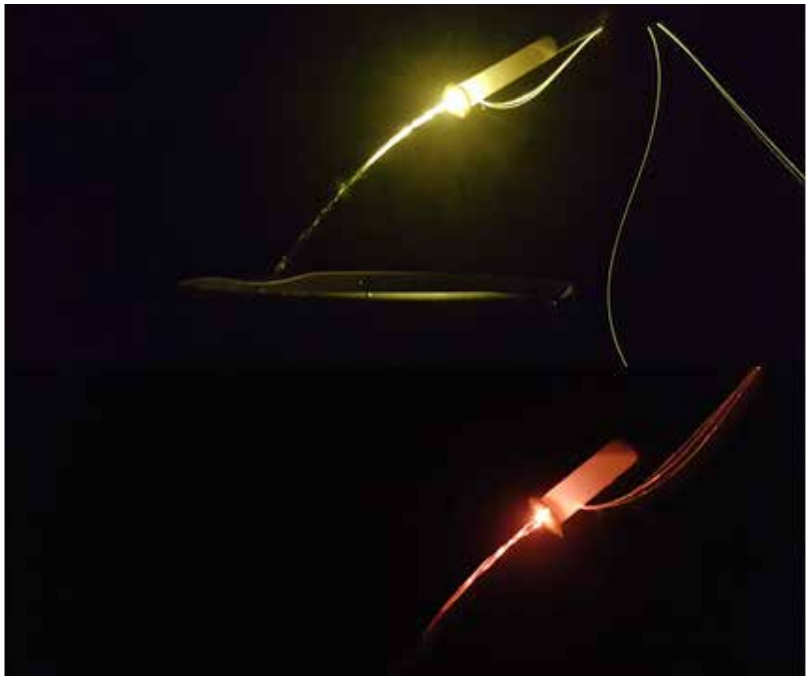


Figura 11: Illuminazione di uno zampillo con moto turbolento mediante fibre ottiche

Allo scopo di verificare l'effetto ottenibile con un getto non laminare, è stato predisposto un piccolo esperimento in laboratorio: una pompa è stata riempita di acqua e attraverso un piccolo foro posto sulla superficie laterale del cilindro della pompa, sono state inserite all'interno tre fibre ottiche in modo da non ostacolare il movimento dello stantuffo. Le fibre ottiche, facenti parte di un bundle di maggiori dimensioni, sono state collegate ad un illuminatore dotato di lampada a scarica e ruota filtri dicroici per la realizzazione di luce colorata. Gli scatti fotografici della Figura 11 mostrano il risultato con un flusso non laminare, ottenuto spingendo lo stantuffo della pompa.

Per quanto attiene il progetto illuminotecnico, la soluzione indicata dalla committenza risulta senza dubbio possibile (si tratta di gestire il colore di un led RGB, attraverso un protocollo standard tra quelli normalmente utilizzati per la gestione degli impianto di illuminazione[2]), ma la compatibilità di questo componente (o simili) con il restauro idraulico della fontana dovrà essere attentamente valutata, in quanto l'apparecchiatura per ottenere un flusso laminare ha un ingombro non trascurabile (in Figura 12 è possibile osservarne un esempio).

2 In definitiva si tratta di scegliere un LED driver opportuno che sicuramente sarà posto al di fuori del getto all'interno di una cassetta stagna o di un quadro elettrico.

L'impiego di un LED RGB consente di ottenere sia illuminazioni colorate (in occasioni di eventi), sia luce bianca mediante una attenta regolazione delle emissioni dei 3 emettitori.

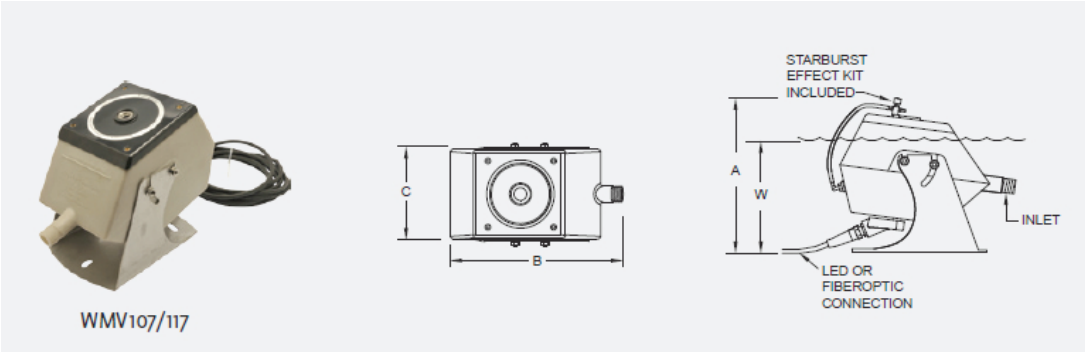


Figura 12: Dispositivo per la creazione di un getto laminari con dettaglio del collegamento del sistema di illuminazione

Per quanto riguarda la massa d'acqua all'interno della vasca, non potendo installare nulla all'interno della stessa, questa sarà illuminata prevalentemente dalla luce riflessa dal castellum: si è infatti preferito non dirigere alcun fascio dagli edifici direttamente verso la vasca al fine di contenere le riflessioni speculari delle sorgenti verso l'osservatore.

La tabella 1 riassume le informazioni raccolte sul numero e la dislocazione, tipologia e diametro degli zampilli all'interno della fontana.

Il problema relativo all'illuminazione dei getti d'acqua è la possibilità di inserire nel corpo della fontana, dispositivi simili a quello riportato in Figura 10, soprattutto quando un getto si divide in molteplici sotto-getti.

Si suggerisce di individuare degli ugelli preferenziali che abbiano caratteristiche (posizione, diametro, ecc) tali per cui sia possibile installare opportuna apparecchiatura per ottenere un getto laminare.

LIVELLO	ID LINEA GETTO	LINEA GETTO	GETTO	ID GETTO	UGELLI	SOTTOGETTI	#	ID PUNTO 3D	DIAMETRO UGELLI DI PROGETTO (MM)
L2_ Castellum	1	Delfino	DelfinoNE	1	SX	1	2	L2_1_DNE_U1SX	5
					DX	1		L2_1_DNE_U1DX	
			DelfinoSE	2	SX	1	2	L2_1_DSE_U2SX	
					DX	1		L2_1_DSE_U2DX	
			DelfinoSO	3	SX	1	2	L2_1_DSO_U3SX	
					DX	1		L2_1_DSO_U4DX	
			DelfinoNO	4	SX	1	2	L2_1_DNO_U4SX	
					DX	1		L2_1_DNO_U4DX	
	2	Leone	LeoneN	5	1	2	2	L2_2_LN_U5	3
			LeoneE	6	1	2	2	L2_2_LN_U6	
			LeoneS	7	1	2	2	L2_2_LN_U7	
			LeoneO	8	1	2	2	L2_2_LN_U8	
	3	Sirena	SirenaNE	9	SX	5	1	L2_3_SNE_U9SX	5
					DX	5	0	L2_3_SNE_U9DX	(5 fori)
			SirenaSE	10	SX	5	1	L2_3_SSE_U10SX	
					DX	5	0	L2_3_SSE_U10DX	
			SirenaSO	11	SX	5	1	L2_3_SSO_U11SX	
					DX	5	0	L2_3_SSO_U11DX	
			SirenaNO	12	SX	5	1	L2_3_SNO_U12SX	
					DX	5	0	L2_3_SNO_U12DX	
	4	Conchiglia	ConchigliaN	13	1	1	1	L2_4_CoN_U13	5
			ConchigliaE	14	1	1	1	L2_4_CoE_U14	
			ConchigliaS	15	1	1	1	L2_4_CoS_U15	
			ConchigliaO	16	1	1	1	L2_4_CoO_U16	
		Cartiglio	CartiglioN	17	1	1	1	L2_4_CarN_U17	5
			CartiglioE	18	1	1	1	L2_4_CarE_U18	
			CartiglioS	19	1	1	1	L2_4_CarS_U19	
			CartiglioO	20	1	1	1	L2_4_CarO_U20	

Tabella 2: Caratteristiche degli zampilli della fontana del Nettuno

LIVELLO	ID LINEA GETTO	LINEA GETTO	GETTO	ID GETTO	UGELLI	SOTTOGETTI	#	ID PUNTO 3D	DIAMETRO UGELLI DI PROGETTO (MM)
L3_ Castellum	5	Conchiglia	ConchigliaNE	21	SX	1	2	L3_5_CoNE_U21SX	-
					DX	1		L3_5_CoNE_U21DX	
			ConchigliaSE	22	SX	1	2	L3_5_CoSE_U22SX	
					DX	1		L3_5_CoSE_U22DX	
			ConchigliaSO	23	SX	1	2	L3_5_CoSO_U23SX	
					DX	1		L3_5_CoSO_U23DX	
			ConchigliaNO	24	SX	1	2	L3_5_CoNO_U24SX	
					DX	1		L3_5_CoNO_U24DX	
L4_ Castellum		Putti	PuttiNE	25	1	1	1	L4_5_PNE_U25	7
			PuttiSE	26	1	1	1	L4_5_PSE_U26	
			PuttiSO	27	1	1	1	L4_5_PSO_U27	
			PuttiNO	28	1	1	1	L4_5_PNO_U28	
	6	Venti	VentiN	29	1	1	1	L4_6_VN_U29	5
			VentiE	30	1	1	1	L4_6_VE_U30	
			VentiS	31	1	1	1	L4_6_VS_U31	
			VentiO	32	1	1	1	L4_6_VO_U32	
L5 _Nettuno	7	Nettuno	DelfinoNET	33	2 SX+DX	1	2	L5_7_DNET_U33SX	5
								L5_7_DNET_U33DX	

Tabella 2: Caratteristiche degli zampilli della fontana del Nettuno

Purtroppo in nessun catalogo tecnico, sono reperibili informazioni circa le caratteristiche dei LED (flusso luminoso e potenza elettriche impegnata) dei prodotti simili a quello di Figura 10: non è quindi possibile valutare la luminanza degli zampilli in modo da poter verificare il livello di contrasto con la luminanza dello sfondo (castellum). Si suggerisce quindi, al fine di rendere più visibili gli zampilli, di ridurre notevolmente (in fasce orarie ben definite) il flusso luminoso emesso dai proiettori puntati sul castellum e sulla statua, di modo da aumentare il contrasto con i getti. Tale valore di contrasto dovrebbe raggiunger almeno il rapporto di 3:1.

Per quanto riguarda la gestione di questo effetto luminoso, sono possibili due diverse soluzioni:

- tutti i getti sono illuminati del medesimo colore che viene fissato all'atto dell'installazione dell'impianto e non risulta modificabile mediante il sistema di gestione;
- l'effetto luminoso è collegato al sistema di gestione dell'impianto in modo da poter variare il colore di ciascuno zampillo e offrire la possibilità di creare differenti scene luminose nel corso della nottata.

Le due differenti possibilità differiscono sia per il costo iniziale dell'impianto, sia perché la seconda soluzione necessità sicuramente di una personalizzazione del sistema di illuminazione da parte del fornitore del sistema dei getti d'acqua.

6. ILLUMINAZIONE SUPPLEMENTARE DEGLI SPAZI CIRCOSTANTI LA FONTANA

L'illuminazione degli spazi circostanti la fontana è costituita da una serie di segni luminosi posti sul piano del calpestio in corrispondenza alle linee di pietra bianca inserite nella pavimentazione, come mostrato alla Figura 13.

Figura 13: Disposizione degli apparecchi calpestabili (lungo le linee A e B e in corrispondenza ai due quadrati gialli per la prima soluzione e lungo gli incroci nell'area rossa e nei quadrati gialli per la seconda soluzione)

Si propongono due soluzioni alternative con diverse funzionalità e costi:

- La prima soluzione (integrata nel concept 1) prevede l'installazione di dodici apparecchi calpestabili (fascio luminoso stretto) posizionati lungo le linee A e B della Figura 13: in questo caso l'emissione dell'apparecchio sarà quella illustrata alla Figura 14. Due apparecchi posti in corrispondenza dei piccoli quadrati gialli della Figura 13, completano la disposizione proposta. Gli apparecchi impiegati dovranno garantire un flusso luminoso

3. Il piano del calpestio risulta illuminato prevalentemente in modo indiretto dalle facciate degli edifici circostanti, i cui impianti impiegano prevalentemente lampade al sodio ad alta pressione con luce di colore arancio. Per questo motivo si è deciso di realizzare questo segno luminoso mediante sorgenti LED a temperatura di colore neutra (4000K) in modo da creare un contrasto cromatico percepibile.

pari ad almeno 60 lm alla temperatura di colore di 4000K[3], con un assorbimento massimo di potenza elettrica pari 2,5 W e con una distribuzione fotometrica simile a quella rappresentata alla Figura 16. La potenza assorbita complessivamente risulta pari a 2.5W*14=35W, che non tiene conto delle perdite del sistema di alimentazione. Al fine di semplificare l'impianto si è ipotizzato che il controllo per questa tipologia di apparecchi sia solo accensione e spegnimento e che non sia possibile regolare o spegnere il singolo apparecchio.

- La seconda soluzione (integrata nel concept 3) consiste nell'installare gli apparecchi calpestabili all'incrocio delle linee all'interno del quadrato rosso indicato alla Figura 13: gli apparecchi emettono quattro fasci luminosi stretti orientati a croce (Figura 15) che verranno allineati con la griglia presente sulla pavimentazione. Gli apparecchi utilizzano sorgenti LED RGB e ciascun elemento della matrice risulta completamente controllabile in colore e intensità luminosa, mentre la distribuzione fotometrica delle intensità sarà quella della Figura 17. Possiamo ipotizzare che il flusso emesso per ciascun calpestabile necessario per questa applicazione, indipendentemente dal colore prescelto, possa essere di 60 lm circa. Questa seconda soluzione è ovviamente più costosa della prima, datoche ogni singolo elemento della matrice è controllabile singolarmente.

Figura 14: Schematizzazione del fascio luminoso emesso dagli apparecchi calpestabili (prima soluzione)

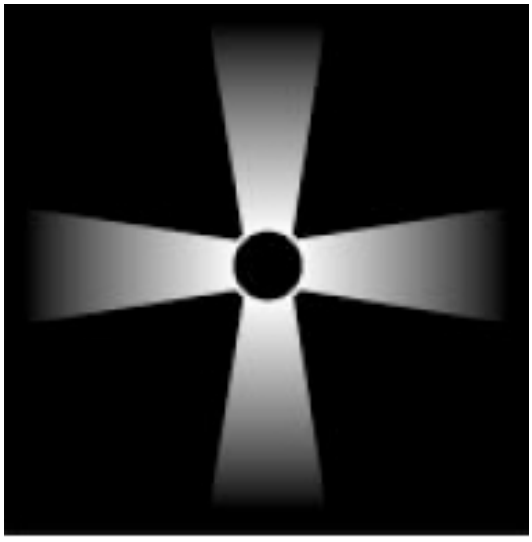


Figura 15: Schematizzazione del fascio luminoso emesso dagli apparecchi calpestabili (seconda soluzione)

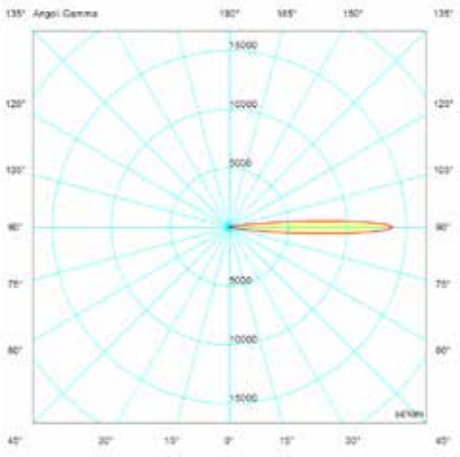


Figura 16: Distribuzione fotometrica apparecchio calpestabile soluzione 02

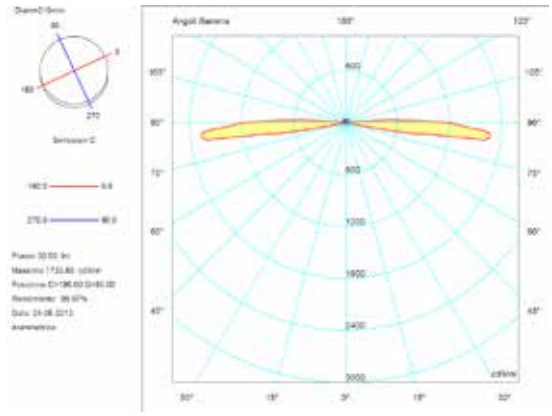


Figura 17: Distribuzione fotometrica apparecchio calpestabile soluzione 01

Per quanto riguarda gli altri segni luminosi caratterizzanti presenti nella piazza, si è deciso (nei concept 2 e 3) di aggiungere l'illuminazione delle finestre dell'edificio 9 e dell'edificio 1 (Palazzo Re Enzo), con una temperatura di colore neutra 4000 K, simile a quella utilizzata attualmente per l'illuminazione dell'edificio 8 (Palazzo d'Accursio). A tale scopo si è pensato di utilizzare un apparecchio con distribuzione asimmetrica mostrata in Figura 18: l'apparecchio dovrà essere di piccole dimensioni in modo che possa essere installato sul davanzale e risultare poco visibile durante le ore del giorno. Si ipotizza che il flusso emesso dall'apparecchio debba essere circa 130 lm.

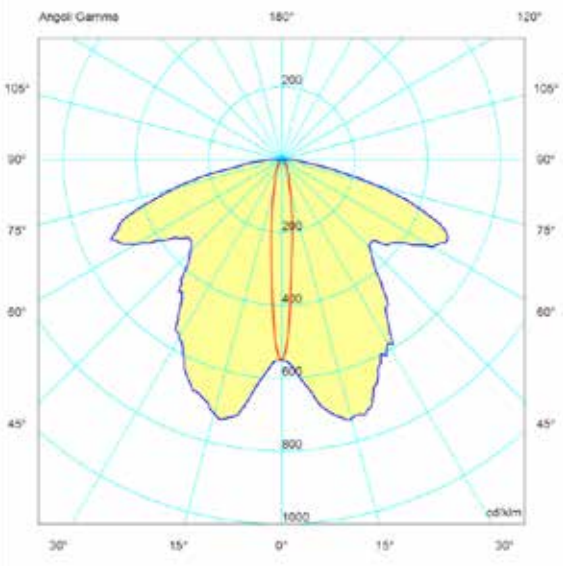


Figura 18: Distribuzione fotometrica apparecchio per illuminazione delle finestre

Si ipotizza di installare due apparecchi per ciascun davanzale per le finestre di piccole dimensioni, con un consumo di circa 7.6 W a finestra e di utilizzare 3 apparecchi (con un consumo di 11.4 W) per le finestre di maggiori dimensioni (trifore) dell'edificio 1 (Palazzo d'Accursio). Il numero di finestre da illuminare risulta pari a 10 per l'edificio 9 (Palazzo D'Accursio) (20 apparecchi), mentre per l'edificio 1 (Palazzo Re Enzo), occorre considerare solo 2 finestre grandi (6 apparecchi) e 3 finestre piccole (6 apparecchi). La potenza totale installata risulta quindi pari a 121.6 W[4], con un totale di 32 apparecchi installati.
Per la parte di impianto che realizza l'illuminazione delle finestre, non è prevista alcuna regolazione del singolo elemento o dell'insieme degli apparecchi collegati, ma solo accensione o spegnimento del circuito.

4 Il dato si riferisce al consumo del solo apparecchio, a questo va sommata la potenza dissipata dal sistema di alimentazione che possiamo assumere avere un rendimento pari a 85%.

Infine, si propone, come terzo segno luminoso, l'illuminazione di parte dei merli degli edifici 01 e 02 (Palazzo Re Enzo), per un totale di 29 merli illuminati ciascuno da una coppia di apparecchi che determinano una potenza impegnata pari a 220.4 W circa (a cui si devono aggiungere le perdite degli alimentatori). Ciascun apparecchio monta sorgenti LED a 4000 K, assorbe una potenza elettrica pari a 3.8 W ed emette un flusso luminoso di 130 lm circa.

7. SOLUZIONI ALTERNATIVE

Relativamente all'illuminazione del castellum, una soluzione alternativa a quella precedentemente proposta potrebbe essere quella di una illuminazione in radenza a partire dal basamento della statua. La parte inferiore del castellum rimarrebbe sostanzialmente in ombra. La soluzione a questo problema potrebbe essere un'illuminazione radente prodotta da una serie di proiettori posti nella vasca della fontana (Figura 19). Questa soluzione (se mai praticabile) potrebbe essere utilmente combinata con l'illuminazione della statua mediante i proiettori posti sugli edifici circostanti.

Anche per questa soluzione alternativa, sono state generate tre immagini della sola fontana per meglio valutare l'effetto luminoso proposto.

Le principali difficoltà tecniche da risolvere in questo soluzioni alternative riguardano sia il posizionamento di proiettori (di piccole dimensioni, in cui il driver è posto al di fuori dell'apparecchio) sulla statua in modo che siano poco visibili durante le ore notturne, sia la necessità di ricavare un passaggio per l'alimentazione elettrica e il segnale di controllo.

Figura 19: Illuminazione del castellum: soluzione alternativa con due zone di illuminazione differenziata

8. CONCEPT

Sulla base delle indicazioni fornite dalla committenza, sono stati concepiti 3 differenti concept per l'illuminazione della fontana del Nettuno, utilizzando le proposte di illuminazione descritte nei precedenti paragrafi. La Tabella 3 mostra i dettagli per ciascuno di essi.
L'illuminazione proposta nei primi due concept risulta avere un carattere più statico (l'unico elemento che cambia è l'illuminazione della statua, con intervalli di tempo a discrezione della municipalità). Il terzo prevede soluzioni più flessibili che consentono di gestire l'illuminazione dell'ambiente in modo dinamico, oltre alla matrice di apparecchi calpestabili è possibile ad esempio ridurre notevolmente il tempo di transizione tra i proiettori della statua rendendolo percepibile ai passanti (ad esempio fading di due minuti ogni 30/45 minuti).
Il concept 1 e 2 prevedono la stessa illuminazione per la fontana, ma differiscono tra loro per i segni luminosi che sono stati previsti nello spazio circostante: nel primo concpet, solo la pavimentazione della piazza è interessata.

Concept	Descrizione effetto	Realizzazione	Periodo di accensione (h)	Note
CONCEPT 01	Illuminazione della statua del nettuno con luce colorata	3 Proiettori LED RGB posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà)	4-6h (dipendenza dal periodo anno e dal tipo di manifestazione)	Illuminazione destinata ad eventi e occasioni particolari
	Illuminazione colorata degli zampilli	Sistema di illuminazione a LED incorporato al dispositivo per la realizzazione di getti d'acqua laminari	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dipenderà dal livello illuminazione naturale della scena)	Richiede in dimming di altri effetti luminosi che sono contemporaneamente accesi. Il colore e l'intensità dell'effetto luminoso è costante nel tempo e uniforme per tutti gli zampilli.
	Illuminazione statua Nettuno	3 Proiettori LED a luce neutra 4000K, posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà).	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	

Tabella 3: Corrispondenza tra effetti luminosi e concept

Concept	Descrizione effetto	Realizzazione	Periodo di accensione (h)	Note
CONCEPT 01	Illuminazione castellum e basamento	4 Proiettori LED a luce neutra 3000K, posti sugli edifici 8, 3 e 2 (Palazzi d'Accursio, del Podestà e Re Enzo).	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	
	Segna-passo LED con temperatura di colore neutra 4000 K, installati sulla pavimentazione della piazza	12 Segna-passo LED, organizzati in due colonne + 2 segna-passo LED nel lato opposto della statua.	4h-6h, con spegnimento nelle ore profonde della notte.	Per questo segno luminoso, sono state previste due differenti soluzioni (vedi testo). Per questo concept la soluzione prevista è statica
CONCEPT 02	Illuminazione della statua del nettuno con luce colorata	3 Proiettori LED RGB posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà)	4-6h (dipendenza dal periodo anno e dal tipo di manifestazione)	Illuminazione destinata ad eventi e occasioni particolari
	Illuminazione colorata degli zampilli	Sistema di illuminazione a LED incorporato al dispositivo per la realizzazione di getti d'acqua laminari	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dipenderà dal livello illuminazione naturale della scena)	Richiede in dimming di altri effetti luminosi che sono contemporaneamente accesi. Il colore e l'intensità dell'effetto luminoso è costante nel tempo e uniforme per tutti gli zampilli.
	Illuminazione statua Nettuno	3 Proiettori LED a luce neutra 4000K, posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà).	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	
	Illuminazione castellum e basamento	4 Proiettori LED a luce neutra 3000K, posti sugli edifici 8, 3 e 2 (Palazzi d'Accursio, del Podestà e Re Enzo).	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	

Tabella 3: Corrispondenza tra effetti luminosi e concept

Concept	Descrizione effetto	Realizzazione	Periodo di accensione (h)	Note
CONCEPT 02	Illuminazione dei merli edifici circostanti la statua	58 apparecchi LED a temperatura di colore neutra (4000 K), collocato sugli edifici 01 e 02 (Palazzo Re Enzo)	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dal livello illuminazione naturale)	
CONCEPT 03	Illuminazione finestre edifici circostanti la statua	32 apparecchi LED a temperatura di colore neutra (4000K), collocato sugli edifici 09 e 01 (Palazzi d'Accursio e Re Enzo)	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dal livello illuminazione naturale)	
	Illuminazione della statua del nettuno con luce colorata	3 Proiettori LED RGB posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà)	4-6h (dipendenza dal periodo anno e dal tipo di manifestazione)	Illuminazione destinata ad eventi e occasioni particolari
	Illuminazione colorata degli zampilli	Sistema di illuminazione a LED incorporato al dispositivo per la realizzazione di getti d'acqua laminari	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dipenderà dal livello illuminazione naturale della scena)	Richiede in dimming di altri effetti luminosi che sono contemporaneamente accesi. Il colore e l'intensità dell'effetto luminoso è costante nel tempo e uniforme per tutti gli zampilli.
	Illuminazione statua Nettuno	3 Proiettori LED a luce neutra 4000K, posti sugli edifici 8 e 3 (Palazzi d'Accursio e del Podestà).	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	
	Illuminazione castellum e basamento	4 Proiettori LED a luce neutra 3000K, posti sugli edifici 8, 3 e 2.	Tutta la notte con livelli differenziati in dipendenza degli altri effetti e dell'orario (risparmio energetico)	
	Illuminazione finestre edifici circostanti la statua	32 apparecchi LED a temperatura di colore neutra (4000K), collocato sugli edifici 09 e 01	4-6h (l'orario di accensione dipenderà dalla stagione e dal livello illuminazione naturale)	

Tabella 3: Corrispondenza tra effetti luminosi e concept

Concept	Descrizione effetto	Realizzazione	Periodo di accensione (h)	Note
CONCEPT 03	Segna passo RGB organizzati in matrice, installati sulla pavimentazione della piazza	36 Segnapasso LED, organizzati in matrice 6x6 + 2 segna-passo LED nel lato opposto della statua.	4h-6h, con spegnimento nelle ore profonde della notte.	Per questo concept la soluzione prevista è dinamica in cui i singoli elementi vengono accessi con livelli di intensità o colori differenti.

Tabella 3: Corrispondenza tra effetti luminosi e concept

9. SISTEMA DI GESTIONE

Il sistema di gestione dell'impianto dovrà garantire il raggiungimento dei seguenti obbiettivi:

- Possibilità di creare delle scene luminose predefinite che possono essere selezionate dal gestore in relazione ad eventi/ricorrenze
- Dimming e/o spegnimento parziale dell'impianto nelle ore profonde della notte per contenere i costi di esercizio
- Possibilità di creare nuove scene di luce in caso di esigenze particolari, mediante la composizione e regolazione dell'illuminazione dei singoli elementi della fontana, statua o della piazza.

Per questa applicazione, la scelta del protocollo per il sistema di gestione, si riduce a due sole opzioni: DALI o DMX. E' anche possibile una soluzione mista, che prevede proiettori RGB con controllo DMX e DALI per i dispositivi a luce bianca (che sono la maggioranza), convertendo il protocollo DALI in DMX mediante un apposito dispositivo.

10. NOTE

Relativamente alla proposta di illuminazione della fontana del Nettuno contenuta nel file da noi ricevuto il 13 giugno, vorremmo condividere alcune considerazioni di carattere generale in seguito elencate:

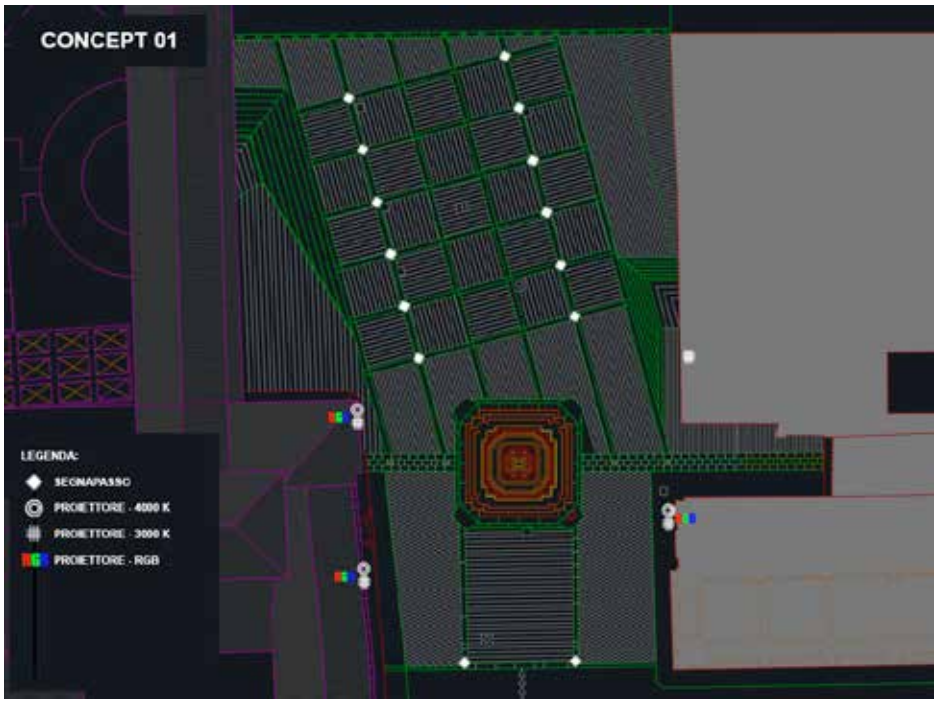
1. L'idea di utilizzare il gobo, è senza dubbio un'idea progettuale valida. Nel nostro approccio, abbiamo evitato l'utilizzo dei gobo, perché ritenevamo che la sagoma del Nettuno proiettata sulle pareti degli edifici circostanti fosse un elemento di forte carattere e (giudicando dalla quantità di immagini di privati reperibili in rete) anche molto apprezzata. Rifilare la luce con un gobo eliminerebbe questo elemento (che a nostro parere va mantenuto e valorizzato).

2. Nel file da voi inviato, gli apparecchi sono posti a lunga distanza, questo implica l'utilizzo di apparecchi ad elevato flusso emesso riducendo notevolmente la possibilità di utilizzare apparecchi con sorgenti LED, con conseguente perdita del risparmio energetico garantito da questi ultimi. Ammettendo che sia possibile creare dei proiettori a LED (degli "speciali") per tali distanze, per ottenere un livello di illuminazione adeguato, questi avrebbero delle dimensioni considerevoli (con costi elevati e molto visibili da spenti).
3. L'elevata distanza suggerita comporta che il gobo abbia dimensioni molto ridotte, ed una silhouette molto semplificata che, oltre a incidere sulle dimensioni dell'apparecchio, potrebbe causare anche problematiche termiche nello stesso (e anche un notevole spreco di flusso luminoso). La shilouette semplificata poi, potrebbe risultare in un'illuminazione "piatta" del complesso statua/castellum (problema che noi abbiamo evidenziato nel paragrafo "Soluzioni alternative").
4. Concludendo, la valutazione del concept dal file inviato è difficoltosa, in quanto nella scena sono state poste delle sorgenti di tipo "spotlight non fotometriche" e non dei "file fotometrici" di apparecchi reali. Per poter valutare un apparecchio con un gobo, sarebbe bene partire dal file un proiettore reale e poi elaborare il gobo con l'ausilio di una mappa appropriata.

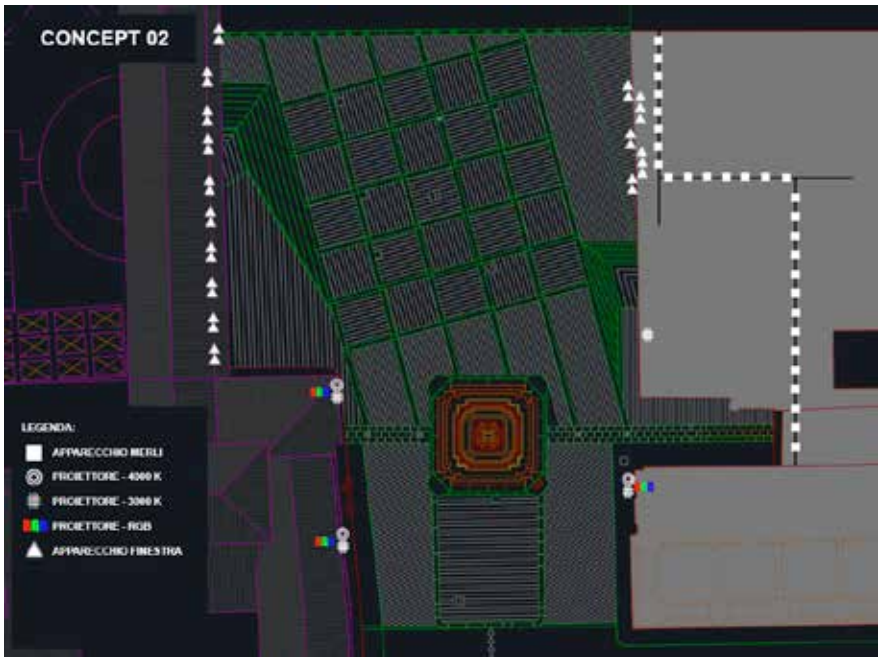
Prof. Maurizio Rossi
Ing. Fulvio Musante
Dott. Andrea Siniscalco

ALLEGATO. FOTOELABORAZIONI E RENDERING DEI CONCEPT PROPOSTI

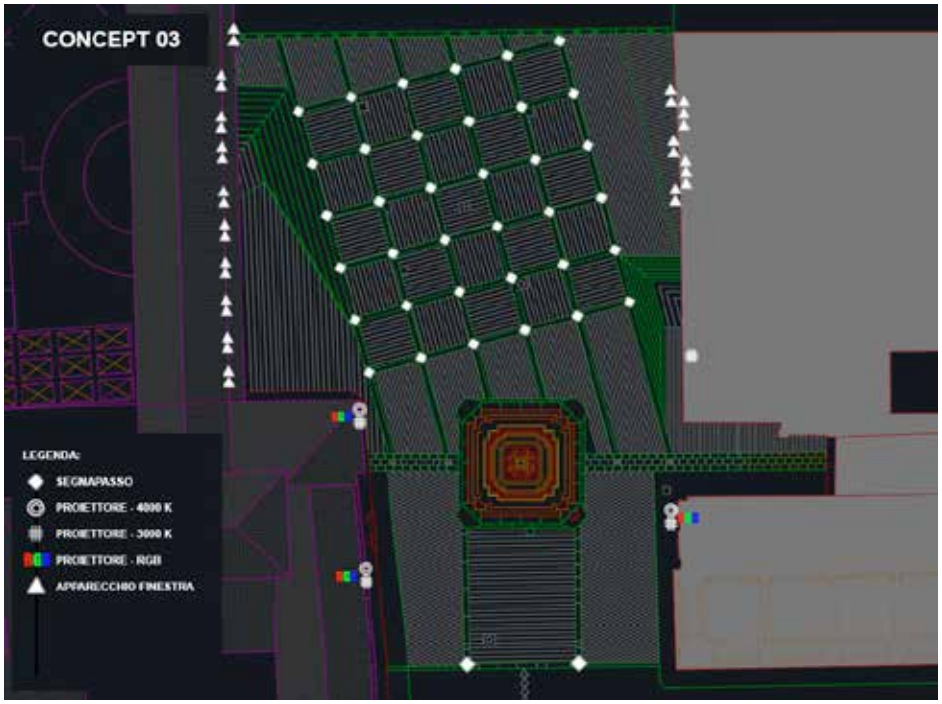
Concept 1



Concept 2


CONCEPT 02
LEGENDA:
APPARECCHIO MERLI
PROIETTORE - 4000 K
PROIETTORE - 3000 K
PROIETTORE - RGB
APPARECCHIO FINESTRA

Concept 2


CONCEPT 03
LEGENDA:
SEGNAPASSO
PROIETTORE - 4000 K
PROIETTORE - 3000 K
PROIETTORE - RGB
APPARECCHIO FINESTRA

Proiezione RGB

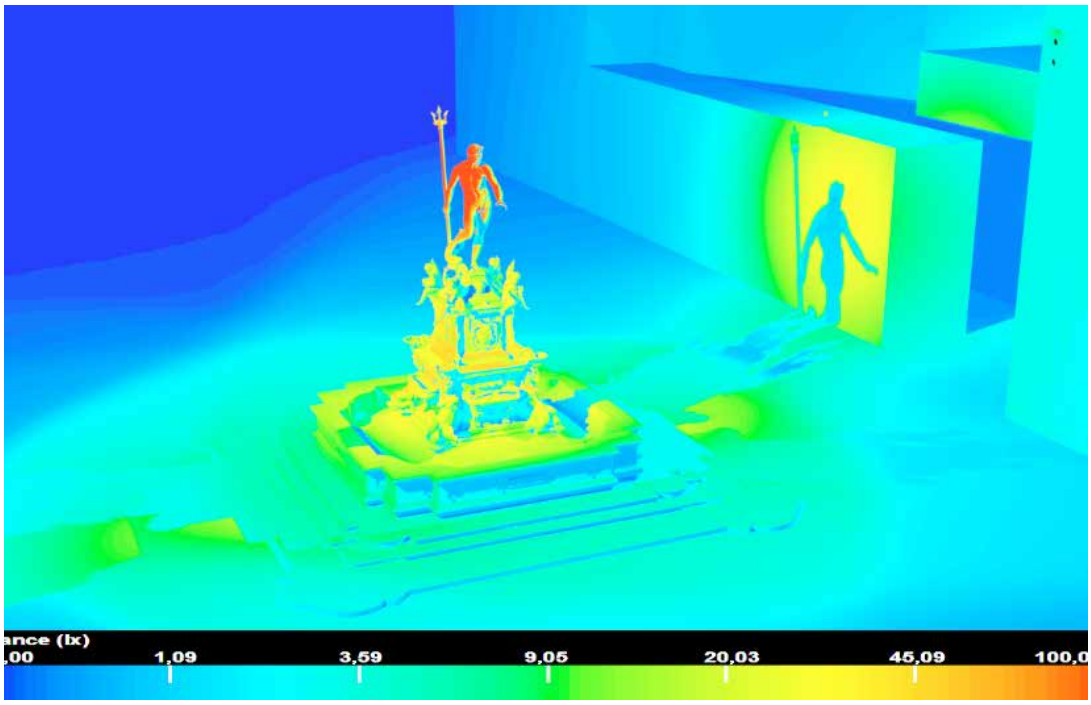
Ipotesi di illuminazione giochi d'acqua

Con flusso laminare

Con flusso non laminare

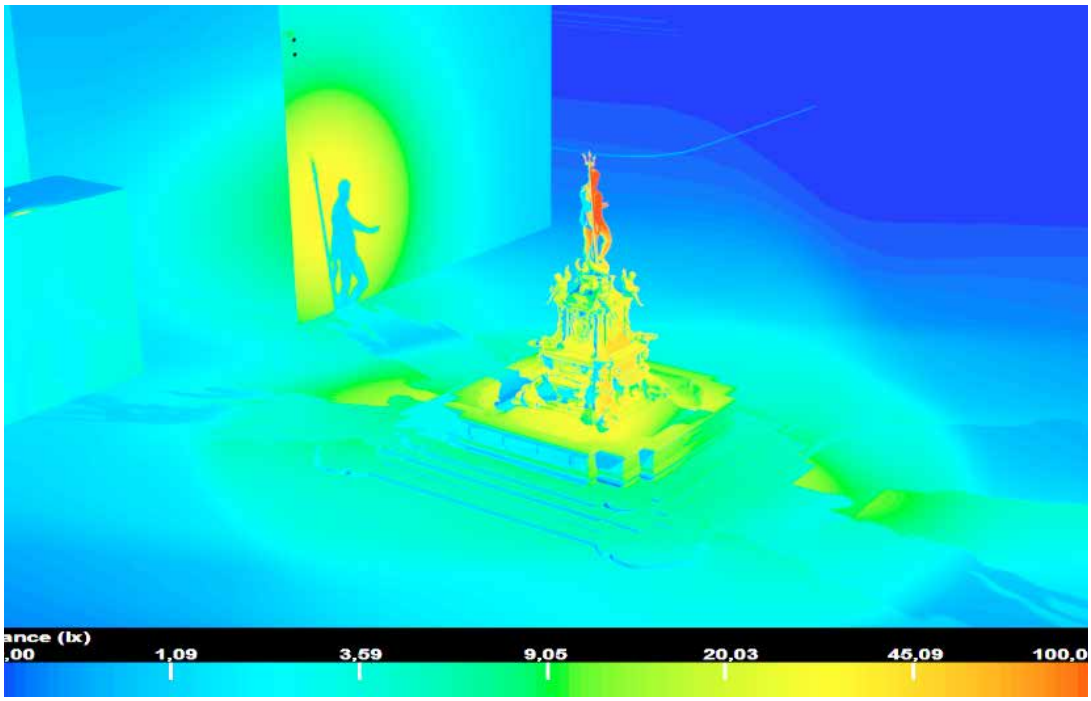
Rendering illuminazione statua

Proiettore 01 + quattro proiettori castellum



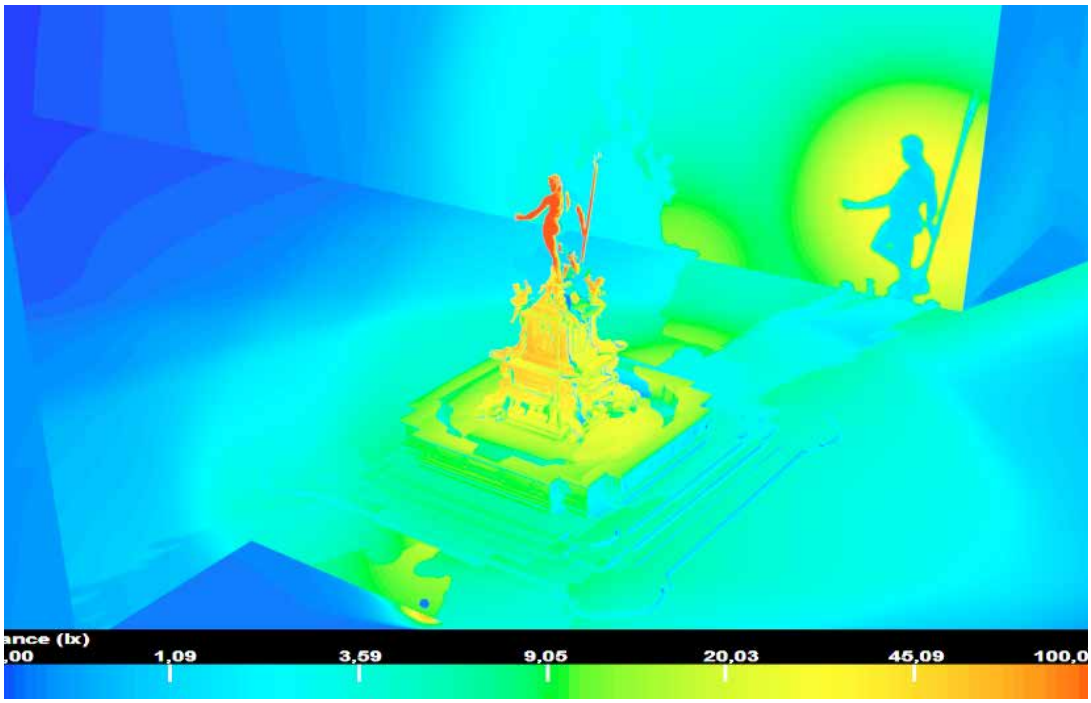
Proiettore 01 + quattro proiettori castellum -mappa falsi colori (illuminamenti)

Proiettore 02 + quattro proiettori castellum



Proiettore 02 + quattro proiettori castellum -mappa falsi colori (illuminamenti)

Proiettore 03 + quattro proiettori castellum



Proiettore 03 + quattro proiettori castellum -mappa falsi colori (illuminamenti)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Proiettori rgb + quattro proiettori castellum (flusso ridotto)

Rendering soluzioni alternative

Proiettore 01 + quattro proiettori installati nel castellum + quattro proiettori in vasca

Proiettore 01 + quattro proiettori installati nel castellum + quattro proiettori in vasca

Proiettore 01 + quattro proiettori installati nel castellum + quattro proiettori in vasca