XXXVI SALÓN TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN EXCO 2022
INTERNATIONAL EXHIBITION "RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING – EXCO'22"

MONITORAGGIO DELLA RISPOSTA DINAMICA DELL'OCCHIO ALLE CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE DURANTE ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI

MONITORING THE EYE DYNAMIC REPONSE TO LIGHTING CONDITIONS WHILE PERFORMING BUILDING DESIGN ACTIVITIES

Paolo Colombo[1]; Juan D. Blanco Cadena[1]; Tiziana Poli[1]
ABC Department, Politecnico di Milano[1]

INTRODUZIONE

Nella progettazione illuminotecnica, sia all'interno degli edifici o negli ambienti esterni, uno degli aspetti più complessi da analizzare e misurare è l'abbagliamento. Diverse sono le strategie di controllo e mitigazione che possono essere implementate per evitare questo fenomeno, ma ancora non esistono dei sensori che ci permettano di capire come e quando attivare dei sistemi di protezione. Inoltre, molteplici sono i metodi di calcolo e previsione di esso (ISO 8995-3; CIE 112; CIE 146/147), con diverse formule e fattori di correzione per ottenere un risultato che rappresenti nel miglior modo come l'abbagliamento viene o verrebbe percepito dall'uomo dovuto all'ambiente che lo circonda. Nonostante, le metodologie di calcolo risultano poco robuste (Wienold, J., et al., 2019), molto semplificate e imprecise, o al contrario molto dispendiose per coprire un ambiente intero (Galatioto, A., and M. Beccali, 2016); e, per le strategie da implementare durante l'utilizzo dell'edificio, risultano poco praticabili. A tal proposito, i ricercatori hanno esplorato la possibilità di migliorare le metodologie di calcolo dell'abbagliamento e la sua stima indiretta, a partire del comportamento dell'occhio (Choi, J., and Rui Z., 2015; Garretón, JA Yamin, et al., 2015). Di conseguenza, riuscendo a trovare un metodo oggettivo che permette misurare la reazione fisiologica di essere abbagliato a traverso tecnologie nuove come il eye-tracker, per fornire una maggiore precisione nello studio e a una potenziale integrazione nell'edificio esistente.

INTRODUCTION

In lighting design, whether inside buildings or in outdoor environments, one of the most complex aspects to analyze and measure is glare. There are several control and mitigation strategies that can be implemented to avoid this phenomenon, yet there are no sensors that allow to understand how and when to activate alleviating systems. Moreover, there are many methods available for calculating and predicting it (ISO/CIE 8995-3; CIE 112; CIE 146), with different formulas and correction factors to obtain a result that represents in the best way how glare is or would be perceived by humans due to the environment that surrounds them. Nevertheless, the calculation methodologies are not very robust (Wienold, J., et al., 2019), very simplified and inaccurate, or, on the contrary, time consuming to map an entire room (Tregenza, P. and Mardaljevic, J., 2018; Galatioto, A., and M. Beccali, 2016); and, regarding the strategies to be implemented during the use of the building, they are imprecise or mostly impractical. Therefore, researchers have explored the possibility of improving the methodologies for computing and determining glare and its indirect estimation, starting from the behavior of the eye (Choi, J., and Rui Z., 2015; Garretón, JA Yamin, et al., 2015). Consequently, managing to find an objective method that allows measuring the physiological reaction of being disturbed through the use of new technologies such as the eye-tracker, to provide greater accuracy in the study and enabling potential integration into existing buildings.

OBBIETIVI

Il lavoro si è concentrato in identificare ulteriori fattori che possano influenzare la percezione della luce; e utilizzare e trasferire tecnologia da un settore attualmente in crescita (digitale e computazionale) per migliorare i processi e le strategie implementate per la gestione del ambiente luminoso all'interno degli edifici. Per fare ciò, una campagna di misurazione è stata programmata per monitorare il comportamento dell'occhio e le condizioni di illuminamento in una postazione di lavoro, e i risultati ottenuti sono stati confrontati con dei valori computati di abbagliamento con le metodologie esistenti a partire dal valore di lux misurato e simulato attraverso simulazioni di ray-tracing.

OBJECTIVES

The work focused in identifying additional factors that may influence the perception of light; and, using and transferring technology from a currently developing field (digital and computational) to improve the existing methodologies and implemented strategies for managing the lighting environment within new and existing buildings. To do this, a measurement campaign was planned to monitor the eye behavior and the illuminance conditions at a workstation, and the results obtained were compared to computed glare values using existing methods based on the measured lux value and simulated glare ratings through ray-tracing simulations.

Figura 1. Postazione di lavoro monitorata.
Figure 4. Surveyed Workstation.

METODOLOGIA

Materiali

In una postazione di lavoro, in un edificio per uffici nella città di Milano (Italia) è stato installato un sensore di illuminamento orizzontale e una telecamera per monitorare e validare la condizione di luce all'interno. Un eye-tracker (PuliCore, www.pupil-labs.com) è stato indossato da uno degli autori per il monitoraggio del comportamento dell'occhio durante due tipi diversi di condizione di cielo. Un modello digitale dell'edificio è stato utilizzato per simulare e calcolare il potenziale livello di abbagliamento durante la prova con Ladybug Tools (www.ladybug.tools) e Rhinoceros (https://www.rhino3d.com/).

Parametri studiati

L'illuminamento orizzontale (E_h) e il diametro della pupilla (PD) sono stati monitorati. Mentre l'abbagliamento è stato calcolato come DGI e DGP.

METODOLOGY

Materials

A horizontal illuminance sensor and a camera were installed at a workstation in a realistic environment within an office building in the city of Milan (Italy) to monitor and validate the indoor light condition. An eye-tracker (PuliCore, www.pupil-labs.com) was worn by one of the authors to monitor eye behavior during two different types of sky conditions. The building's digital model was used to simulate and calculate the potential glare level during the test with Ladybug Tools (www.ladybug.tools) and Rhinoceros (https://www.rhino3d.com/).

Parameters studied

Horizontal illuminance (Eh) and the pupil diameter (PD) were monitored. While degree of glare was calculated as DGI and DGP.

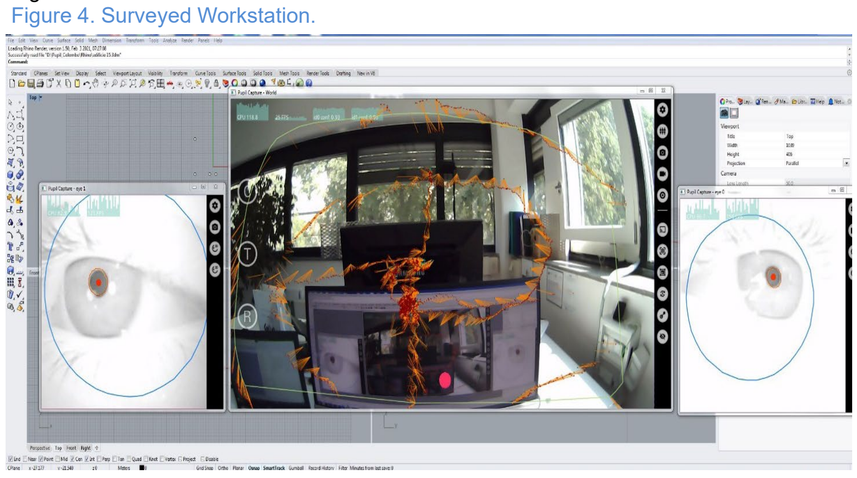

Figura 2. Dashboard del eye-tracker.
Figure 2. Eye-tracker surveying dashboard.

RESULTATI / RESULTS

Monitoraggio / Monitoring

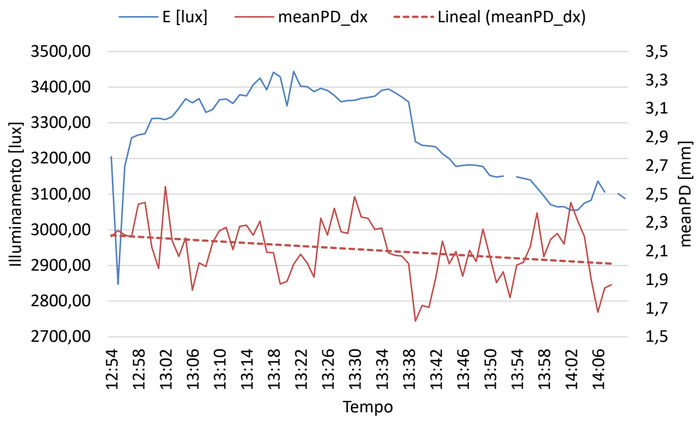

Figura 3. Andamento dell'illuminamento orizzontale e del PD.
Figure 3. Trend of the E_h and the PD

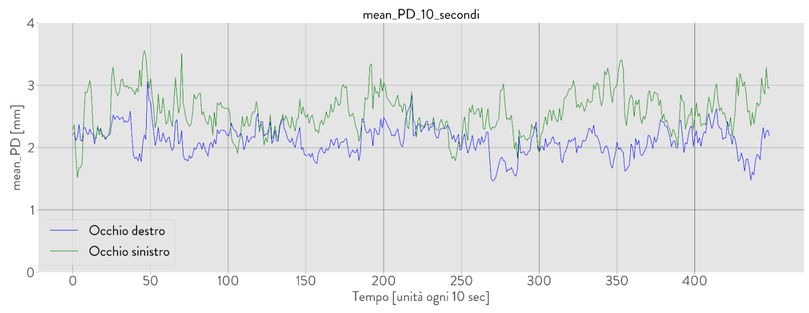

Figura 4. Andamento del PD per ognuno degli occhi per un periodo specifico.
Figure 4. PD trend for each eye for a specific timeframe.

Simulazione / Simulation

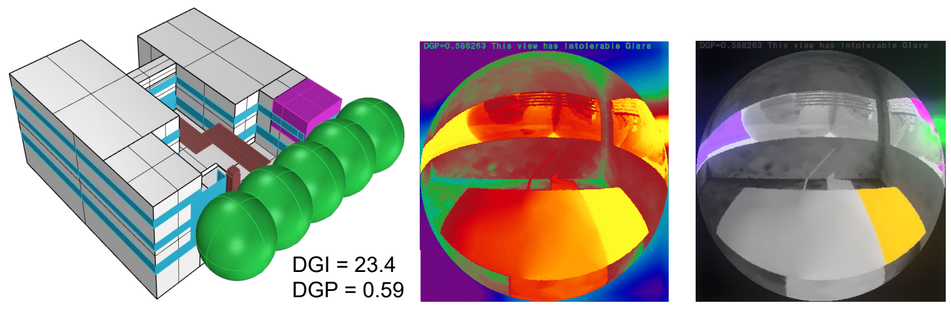

Figura 4. Modello digitale utilizzato per le simulazioni e i risultati ottenuti per DGI e DGP per un'ora del giorno monitorato (13:00).
Figure 4. Digital model utilized for simulations and the false-color image for DGI and DGP for one hour of the day surveyed (13:00).

CONCLUSIONI

- C'è una corrispondenza tra la risposta della pupilla (in termini di PD) e il valore di illuminamento monitorato durante la campagna di misurazione. Confermando il potenziale già evidenziato in letteratura.
- La risposta dell'occhio è quasi immediata, il quale può aiutare a risolvere la poca responsività dei sistemi attuali.
- Sembra che il valore di PD sia comunque molto variabile, e la sua risposta può essere anche dovuta ad altri stimoli, che devono essere ancora studiati.
- La dipendenza angolare del benessere visivo è marcata nella differenza tra l'andamento degli occhi, in questo caso dato che la finestra dove si trova la sorgente di luce naturale è a fianco.
- Si vede come per l'orario simulato (13:00) c'è una condizione critica di abbagliamento (DGI>19 e DGP>0.35) e il PD e molto basso (<2 mm).

CONCLUSIONS

- There is a correspondence between the pupil response (in terms of PD) and the illuminance value monitored during the measurement campaign. Confirming the potential already highlighted in literature.
- The response of the eye is almost immediate, which may help to solve the lack of responsiveness of current systems.
- It seems that the value of PD is however very variable, and its response may also be due to other stimuli, which have yet to be studied.
- The angular dependence of visual well-being is marked in the difference between the eye patterns, in this case given that the window where the natural light source is located is to the side.
- It can be seen that for the simulated time (13:00) there is a critical glare condition (DGI>19 and DGP>0.35) and the PD is very low (<2 mm).

FINANZIAMENTO / FUNDING

ABC Department - Politecnico di Milano, finanziamento delle attività per la valorizzazione della ricerca e TM DABC.

REFERENZE / REFERENCES

- CIE 112-1994: GLARE EVALUATION SYSTEM FOR USE WITHIN OUTDOOR SPORT AND AREA LIGHTING
- CIE 146/147-2002: CIE COLLECTION ON GLARE 2002
- ISO 8995-3:2006 - Lighting of work places — Part 3: Lighting requirements for safety and security of outdoor work places
- Choi, Joon-Ho, and Rui Zhu. "Investigation of the potential use of human eye pupil sizes to estimate visual sensations in the workplace environment." Building and Environment 88 (2015): 73-81
- Galatioto, A., and M. Beccali. "Aspects and issues of daylighting assessment: A review study." Renewable and Sustainable Energy Reviews 66 (2016): 852-860.
- Garretón, JA Yamin, et al. "Degree of eye opening: A new discomfort glare indicator." Building and Environment 88 (2015): 142-150.
- Wienold, Jan, et al. "Cross-validation and robustness of daylight glare metrics." Lighting Research & Technology 51.7 (2019): 983-1013.