Schermare dinamicamente. Osservazione, riscontro e progetto

Roberto Bolici[a], Carlo Micono[b],
[a]Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia
[b]AiStudio, Italia

roberto.bolici@polimi.it
cmicono@aigroup.it

Abstract. L'involucro edilizio dinamico in grado di variare le prestazioni in relazione alle sollecitazioni climatiche e alle esigenze dell'utenza, rappresenta una delle principali tendenze tecnologiche degli ultimi decenni, finalizzata a implementare l'efficienza energetica degli edifici e il confort ambientale interno. In questo scenario, una sfida ancora aperta è la realizzazione di sistemi dinamici di facile utilizzo, gestione e manutenzione con costi ridotti di fabbricazione e gestione. L'articolo intende descrivere il processo di ricerca che ha condotto alla progettazione di un sistema di schermatura esterno innovativo a lamelle orientabili e movimentabile in modo automatico, a basso costo e di facile produzione, consentendo dunque una gestione nel tempo semplice ed economica.

Parole chiave: Schermatura solare; Involucro edilizio; Simulazione energetica; Frangisole.

Introduzione

L'innovazione architettonica, di frequente, guarda alle tecniche costruttive tradizionali rivisitandole in chiave contemporanea. Infatti, la tradizione ci rammenta di ottenere il massimo rendimento dalle risorse naturali attraverso il concepimento di manufatti in grado di reagire efficacemente all'evoluzione delle condizioni climatiche esterne. Se un tempo questo avveniva unicamente grazie all'uso di forme e materiali specifici, ora la tecnologia consente di pervenire a risultati ancor più ottimizzati, grazie a modelli e sistemi che partendo dal concepimento di un involucro edilizio adattivo e dinamico[1] consentono da una parte il perfezionamento dell'apporto di luce e calore, dall'altro la riduzione dei consumi energetici degli edifici.

In particolare, l'involucro dinamico rappresenta una delle principali tendenze tecnologiche degli ultimi decenni, finalizzata a implementare l'efficienza energetica degli edifici e il confort ambientale interno (Tucci, 2014).

Tendenza peraltro incentivata dai recenti sviluppi legislativi[2] che hanno gradualmente introdotto aiuti e detrazioni fiscali per tutti quegli interventi finalizzati alla riqualificazione energetica del patrimonio esistente e all'installazione delle schermature solari. A quest'ultime, viene dato grande rilievo come soluzione tecnologica e costruttiva efficace per evitare il surriscaldamento estivo, riconoscendo e confermando il ruolo fondamentale di questi componenti tecnologici nell'ambito dell'efficienza energetica. Inoltre, il frequente ricorso alla trasparenza delle superfici in vetro ha reso necessaria l'adozione di provvedimenti per un più adeguato controllo della luce naturale. Ancora, con l'ampliarsi di queste superfici le schermature hanno assunto una forte connotazione espressiva (Tatano, Rossetti, 2012) e dovendosi adattare ai continui cambiamenti delle condizioni ambientali non possono più essere statici. Conseguenza, l'integrazione con sensori esterni e sistemi di manovra elettromeccanici e un'attenzione al design della componentistica capace di esaltare l'efficacia del sistema schermante (Premier, 2012).

In questo scenario, una sfida ancora aperta è la realizzazione di sistemi dinamici di facile utilizzo, gestione e manutenzione. Sfida che la società "Infissi Alluminio Valtidone"[3] ha voluto raccogliere, commissionando una ricerca dal titolo "Studi e ricerche per la definizione di un modello di schermatura frangisole – a lamelle orientabili-impacchettabili – utilizzabile in ambiente esterno" al Politecnico di Milano, Dipartimento di architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (ABC), e alla Società di Ingegneria Ai Studio[4].

L'azienda Infissi Alluminio Valtidone (IAV), posizionata sul mercato con una gamma di prodotti riferiti a sistemi oscuranti e

Shading dynamically. Observation, feedback and design

Abstract. The dynamic building envelope able to vary the performances in relation to the climatic stresses and to the user's needs, represents one of the main technological trends of the last decades, aimed at implementing the energy efficiency of the buildings and the internal environmental comfort. In this scenario, a challenge that is still open is the creation of dynamic systems that are easy to use, manage and maintain with reduced manufacturing and management costs. The article intends to describe the research process that led to the design of an innovative external shielding system that can be orientated and moved automatically, at low cost and easily produced, thus allowing simple and economic management over time.

Keywords: Solar shielding; Building envelope; Energy simulation; Sunscreen.

Introduction

Architectural innovation often looks at traditional building techniques through revising them in a contemporary way. In fact, tradition reminds us to obtain the maximum efficiency from natural resources through the creation of manufactured goods that are able to react effectively to the evolution of outdoor climatic conditions. Whereas in the past this was achieved solely through the use of specific shapes and materials, technology now allows for even more optimized results thanks to innovative models and systems. Such system and models, starting with the design of an adaptive and dynamic[1] building envelope, on the one hand allow the perfect contribution of light and heat and, on the other hand, reduce the energy consumption of buildings.

In particular, the dynamic envelope that is able to perform actively and in relation to climatic variations and user needs is one of the main technological trends of recent decades, aimed at implementing energy efficiency in buildings and indoor environmental comfort (Tucci, 2014).

The energy efficiency trend in buildings is encouraged by recent legislative developments[2] that have gradually introduced incentive and tax deductions for all interventions that aim at the energy requalification of existing assets and the installation of solar shading. The latter is prominent due to being effective as a technological and construction solution to avoid summer overheating, recognizing and confirming the fundamental role of technological components in the field of energy efficiency. In addition, the frequent use of transparency in glass surfaces has made it necessary to take measures to control natural light more effectively.

ISSN online: 2239-0243 | © 2018 Firenze University Press | http://www.fupress.com/techne
DOI: 10.13128/Techne-23040

infissi performanti entrambi in alluminio, intuisce una tendenza in atto dell'architettura contemporanea che predilige grandi superfici vetrate e l'adozione di sistemi di schermatura efficaci. Sistemi oggi non presenti nel catalogo dell'azienda.
Con questi presupposti la IAV si è posta come obiettivo generale quello di penetrare nuovi mercati attraverso l'ampliamento della gamma prodotti, mentre come obiettivo specifico la progettazione esecutiva di una schermatura frangisole a lamelle orientabili e impacchettabili utilizzabile in ambiente esterno.
In questo contesto, a seguito di un confronto critico con gli effettivi bisogni della committenza e le ragioni della produzione, si è reso necessaria un'azione progettuale che ha trovato nella cultura tecnologica della progettazione, identificabile attraverso un campo di saperi, conoscenze, metodi e strumenti vasto e articolato (Campioli, 2017), un supporto di grande rilievo.
Di seguito, verrà descritto il processo di ricerca che ha condotto alla progettazione del sistema di schermatura, a basso costo e di facile produzione, resosi possibile tramite la riduzione del numero di componenti presenti e consentendo dunque una gestione semplificata nel tempo. Nello specifico, il processo di ricerca è stato sviluppato secondo tre fasi, la prima di "osservazione", la seconda di "riscontro" e la terza di "progetto".

Fase 1 - Osservazione Questa fase ha preso avvio con l'analisi dello stato dell'arte delle tipologie di schermatura esterna a lamelle mobili, successivamente l'analisi dei principali indicatori prestazionali che la caratterizzano e infine la verifica del mercato attraverso un'indagine dei produttori presenti a livello nazionale. Questo percorso ha consentito l'analisi della componentistica del sistema frangisole, l'individuazione delle specifiche funzioni di ciascuna schermatura e i relativi punti di forza e criticità legati alla produzione e alla gestione durante la vita utile del sistema.
In particolare, per l'analisi dello stato dell'arte si è proceduto attraverso una ricognizione bibliografica tenico-documentaria, il riconoscimento della normativa specifica per le schermature (UNI EN 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici, UNI EN 12216 "Chiusure oscuranti, tende interne ed esterne. Terminologia, glossario e definizioni", UNI EN 14501, Tende e chiusure oscuranti. Benessere termico e visivo. Caratteristiche prestazionali e classificazione, UNI EN 13561, Tende esterne. Requisiti prestazionali compresa la sicurezza, UNI EN 12464/1, Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni e UNI EN 13659 "Chiusure oscuranti e tende alla veneziana esterne. Requisiti prestazionali compresa la sicurezza") e l'identificazione dei prodotti in commercio, attraverso la selezione delle principali aziende del mercato italiano, classificate per volume di vendita[5] e specializzate nella produzione di schermature solari.
In seguito, si è proceduto con l'analisi dei principali requisiti prestazionali rilevati all'interno delle schede dei sistemi a frangisole impacchettabili esterni manifesti nel panorama produttivo nazionale. Requisiti che hanno consentito al gruppo di lavoro di predisporre un *format* di scheda prodotto. La schedatura si è posta come obiettivo, quello di raccogliere in modo uniforme i dati e fornire uno scenario delle soluzioni perseguite dalle principali aziende di schermature rispetto la tipologia di schermatura tipo frangisole metallico orientabile e impacchettabile. I requisiti[6] presi in considerazione sono stati molteplici e derivanti da un attento confronto con la committenza, tra cui: la presenza dalla funzione

Furthermore, with the expansion of glass surfaces, shielding has taken on a strong expressive connotation (Tatano, Rossetti, 2012) and, since it has to adapt itself to the continuous changes in environmental conditions, it can no longer be a static element. As a result, shading is integrated with external sensors and electromechanical control systems and the design of components that enhance the effectiveness of the shielding system has became necessary (Premier, 2012).
In this scenario, a challenge still open is the creation of dynamic systems that are easy to use, manage and maintain, so as to make modulation of performance easy for any type of user, with reduced manufacturing and management costs.
The company " Infissi Alluminio Valtidone (IAV)"[3] has conducted a challengeable research[4] entitled "Research for the definition of a new model of sunscreen – adjustable-printable lamellae – usable for outdoors" at the Polytechnic of Milan, Department of Architecture, Building Engineering and Built Environment (ABC), and with the assistance of Engineering Firm Ai Studio[5].
The company Infissi Alluminio Valtidone, IAV offers a range of products for shading systems and high performance windows, both in aluminum. With the attention to the market request, IAV understands the current trend of contemporary architecture that prefers large glass surfaces and that consistently forces the adoption of effective shielding systems (maximizing thermal gains in winter, control of thermal radiation in summer and improvement of visual comfort in the interior). The mentioned systems are not currently present in the company catalogue.
Having in mind the above-mentioned, IAV's goal is conquering new markets through the expansion of its product range, while a specific objective of the Company is the executive design of a sunscreen with adjustable and packaged slats that can be used outdoors.
In this context, following a critical comparison with the actual needs of the client and the reasons for production, a design action based on knowledge, vast and articulated methods and tools became necessary. (Campioli, 2017)
In present document, we will describe the research process that led to the design of the shielding systems that are low-cost and easy to produce and more effective through reducing the number of present components and thus allowing a simplified management over time. Specifically, the research process was developed in three phases, the first is "observation", then there is "feedback" phase and finally we enter in "project" phase.

Phase 1 - Observation
This phase began with the analysis of the state of the art of the types of external shading devices with moving slats, then the analysis of the main performance indicators that characterize it and finally the verification of the market through a survey of national producers. This process allowed the analysis of the components of the shading system, the identification of the specific functions of each screen and the relative strengths and critical points related to production and management during the useful life of the system.
In particular, the analysis of the state of the art was carried out through a technical-documentary bibliographic sur-

di controllo, la posizione, il tipo di azione, il tipo di movimentazione, la tipologia di sistema di manovra, il tipo di sistema di controllo, i tipi di materiali, finiture e caratteristiche dei componenti, il tipo di orientamento delle lame e il loro dimensionamento. Infine, attraverso la selezione delle aziende principali del mercato italiano produttrici di schermature solari, si è proceduto all'individuazione dei prodotti schermanti espressione di un'avanzata innovazione tecnologica. Fra le aziende individuate, una cinquantina circa, si è proceduto successivamente nella selezione di quelle in linea con le esigenze della committenza. In particolare la Abba, la Griesser, la Hella Italia, la Lupack, la Model System Italia, la Rollplast, la Sunbreack e la Vanin (Fig. 1).

Fase 2 - Riscontro

L'individuazione dei requisiti tecnologici e prestazionali del progetto, le tipologie di componenti da impiegare e i materiali con le rispettive finiture, erano gli obiettivi di questa seconda fase, raggiunti grazie a una matrice di confronto (Fig. 2) che ha permesso peraltro di definire un "modello progettuale" condiviso con l'azienda Infissi Alluminio Valtidone: una schermatura frangisole utilizzabile in ambiente esterno a lamelle in alluminio estruso, assistito da un sistema motorizzato elettricamente per l'impacchettamento e cordoncini[7] per l'orientamento delle lamelle.

Di seguito si è deciso di focalizzare l'attenzione sullo studio della componente "lamella" come elemento caratterizzante e innovativo in termini di forma e finitura, della schermatura frangisole. In particolare, si sono trasferiti gli esiti dell'analisi svolta su questa componente all'interno di un modello di calcolo dinamico, consentendo l'ottimizzazione del disegno del profilo delle lame e ottenendo di conseguenza le migliori prestazioni energetiche e luminose. Mediante simulazioni iterative tra *software* parametrici e comportamento energetico degli edifici si è ottenuto, per un ambiente tipo la valutazione della correlazione tra forma delle lame, prestazioni energetiche e comfort visivo degli utenti.

Studio della componente "lamella"

Lo studio è stato avviato a partire dall'analisi delle due principali tipologie di profilo di lamella attualmente disponibili sul mercato, profilo "tipo a C" e profilo "tipo a Z" (Fig. 3), e, per ciascuna tipologia si sono svolte tre simulazioni con finalità specifiche: valutazione qualitativa della radiazione solare entrante in ambiente, analisi quantitativa di illuminamento naturale sul piano di lavoro (lux), verifica del rischio di abbagliamento (DGP) per l'utente.

Per le valutazioni è stato assunto come "ambiente-tipo" il modulo proposto dalla IEA TASK 27 (Dijk, 2003) e le variabili modificate sono state:

- la posizione del sole, considerando i due solstizi alle ore 12.00;
- l'inclinazione della lamella, considerando 0° e 30°;
- il colore della lamella, valutando i coefficienti di riflettanza superficiale massimo e minimo corrispondenti ai colori bianco e grigio scuro.

Per le analisi delle prestazioni luminose è stato usato il *software Rhinoceros*, con la piattaforma di modellazione parametrica *Grasshopper*, che permette la connessione e la modifica dei dati di *input*, permettendo un beneficio nell'integrazione tra analisi e progetto. Attraverso i *plug-in Ladybug* e *Honeybee* (Sadeghipour Roudsari and Pak, 2013) è stato possibile importare i dati clima-

vey, the recognition of the specific regulations for shading (UNI EN 10349, Heating and cooling of buildings. Climatic data, UNI EN 12216 "Shutters, interior and exterior blinds. Terminology, glossary and definitions", UNI EN 14501, Blinds and shutters. Thermal and visual wellbeing. Performance characteristics and classification, UNI EN 13561, External blinds. Performance requirements including safety, UNI EN 12464/1, Light and lighting. Illumination of workplaces. Part 1: Indoor work places and UNI EN 13659 "Shutters and external venetian blinds. Performance requirements including safety") and the identification of commercial products, representative of the adjustable and mechanically packaged shields, through the selection of the main companies on the Italian market, classified by sales volume, specialized in the production of solar shading.

Then, we proceeded with the analysis of the main performance requirements detected within the data sheet of the outdoor packaged sunshade systems in the national production scenario. Requirements that have allowed the working group to prepare a format of the product sheet. The objective of the cataloguing was to collect data in a uniform manner and provide a scenario of the solutions pursued by the main shading companies with respect to the type of shading such as adjustable and packaged metal sun blinds. The requirements[6] taken into consideration were numerous and derived from a careful comparison with the client, including: the presence of the control function, the position, the type of action, the type of movement, the type of manoeuvring system, the type of control system, the types of materials, finishes and characteristics of the components, the type of orientation of the blades and their sizing. Finally, through the selection of the main companies in the Italian market producing solar shading, has been carried out the identification of shielding products expression of advanced technological innovation. Among the companies identified, about fifty were selected those in line with the needs of the client. In particular, Abba, Griesser, Hella Italia, Lupack, Model System Italia, Rollplast, Sunbreack and Vanin (Fig. 1).

Phase 2 - Feedback

The identification of the technological and performance requisites of the project, the types of components to be used and the materials with the respective finishes, were the objectives of the second phase. They were achieved thanks to a comparison matrix (Fig. 2) which also made it possible to define a "design model" shared with the company Infissi Alluminio Valtidone: an external shading device made of extruded aluminium lamellas, assisted by an electrically powered system for packaging and cords[7] for the orientation of the slats.

Afterwards it was decided to focus on the study of the "lamella" as a characterizing component and innovative element of the shading screen in terms of shape and finish. In particular, the results of the analysis carried out on this component were transferred to a dynamic calculation model, allowing the optimization of the design of the lamella profile and consequently obtaining the best energy and visual performance. Through iterative simulations between parametric software and energy modelling tools, t has been possible to assess the correlation between the shape of the lamella, energy

01 | Esempio di scheda prodotto completa in tutte le sue parti
Example of complete data sheet

| 01

DITTA PRODUTTRICE			**HELLA ITALIA SRL**
NOME PRODOTTO			AR 92 ECN M
FUNZIONI CONTROLLO	calore		X
	freddo		
	rumore		
	sole		X
	condizioni climatiche		
	vista		
	luce		X
	accesso		X
	vandalismo		
	insetti		
	urto		
	incendio		
POSIZIONI	interna		
	integrata		
	esterna		X
TIPO DI AZIONE	regolabile		X
	estensibile		
	fissa		
	aperta/chiusa		X
MOVIMENTI	impilamento		X
	orientamento orizzontale		X
	rotazione		
	sollevamento		
	combinazione di movimenti		
SISTEMI DI MANOVRA	motorizzato	catena	X
		cavo	
	manuale		
SISTEMA DI CONTROLLO	controllo di motore individuale		X
	controllo di motore di gruppo		X
	controllo programmato	controllo solare	X
		controllo dal vento	
		controllo orario	
		controllo della temperatura	
		controllo da pioggia	
		controllo del ghiaccio	
		controllo del fumo	
		controllo a distanza	X
MATERIALE	lama	alluminio	X
		altro	
	guide	alluminio	X
		altro	
FINITURA	lama	verniciatura	X
		altro	
	guida	verniciatura	
		ricoperta in PVC	X
CARATTERISTICHE	antirumore su lame (con guarnizione)		X
	sistema anticaduta lame		
	sistema antisollevamento		
ORIENTAMENTO LAME	in discesa		
	in fase di arresto		
DIMENSIONI (in mm)	luce architettonica	larghezza massima [1]	5000
		altezza massima [2]	5200
		profondità	140
	superficie massima (mq)		8
	lama	larghezza	92
		spessore	0,44
GUIDE E MECCANISMI	Guida laterale in alluminio estruso con inserto in plastica per lo smorzamento del rumore. Le guide laterali possono essere montate con distanziali regolabili/fissi o lateralmente nella luce della muratura. Nipplo di guida delle lamelle in zinco, alternato in ogni lamella, collegato in maniera antiurto con la lamella. Sollevamento e abbassamento del telo e regolazione lamelle tramite motore elettrico 230 V/AC. Azionamento con rotismo epicicloidale, fine corsa sopra e sotto, interruttore termico contro sovvracarico del motore. Orientamento lamelle tramite leggera spinta nella rispettiva direzione. Se dovessero essere azionati più motori con un solo interruttore, serve un dispositivo di comando.		

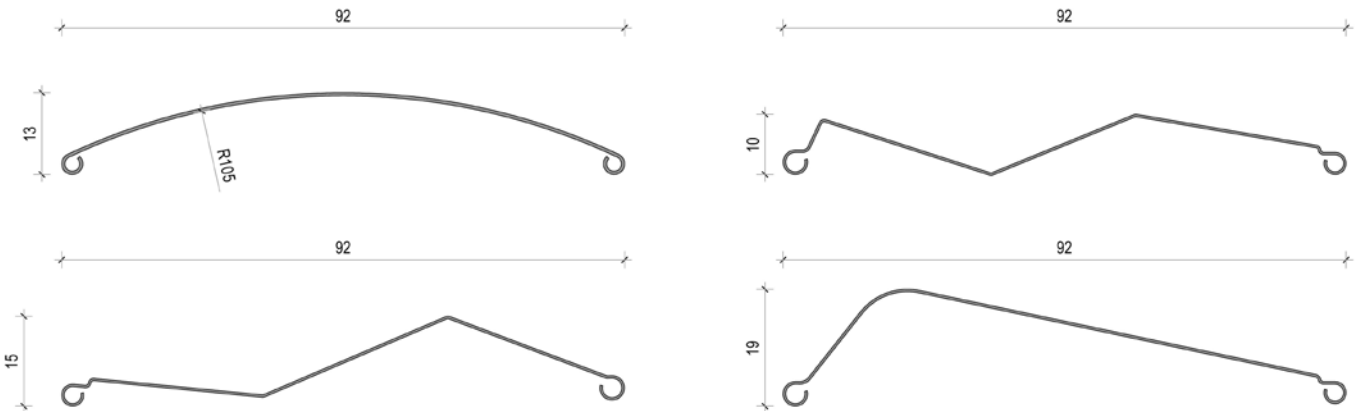
02 |

DITTA PRODUTTRICE			HELLA ITALIA SRL	MODEL SYSTEM ITALIA	ROLLPLAST	GRIESSER SRL	ABBA	LUPAK	VANIN	SUNBREAK	ANALISI DATI
NOME PRODOTTO			AR 92 ECN M	MODEL PAK MD500	Z90	METALUNIC V	TVB-Z	LUME	FR200	METALPAK SB 200	
FUNZIONI CONTROLLO	colore		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	freddo										0 %
	rumore			X	X	X	X	X	X	X	87,5 %
	sole		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	condizioni climatiche										0 %
	vista										0 %
	luce		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	accesso		X	X		X		X	X	X	87,5 %
	vandalismo										0 %
	insetti										0 %
	urto										0 %
	incendio										0 %
POSIZIONI	interna										0 %
	integrata										0 %
	esterna		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
TIPO DI AZIONE	regolabile		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	estensibile										0 %
	fissa										0 %
	aperta/chiusa		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
MOVIMENTI	impilamento		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	orientamento orizzontale		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	rotazione										0 %
	sollevamento										0 %
	combinazione di movimenti										0 %
SISTEMI DI MANOVRA	motorizzato	catena		X		X		X	X	X	62,5 %
		cavo	X		X		X				37,5 %
	manuale		X		X		X			X	50 %
SISTEMA DI CONTROLLO	controllo di motore individuale		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
	controllo di motore di gruppo			X		X	X	X	X	X	75 %
	controllo programmato	controllo solare		X		X	X		X	X	62,5 %
		controllo dal vento	X	X						X	37,5 %
		controllo orario		X		X				X	37,5 %
		controllo della temperatura									0 %
		controllo da pioggia									0 %
		controllo del ghiaccio									0 %
		controllo del turno									0 %
		controllo a distanza	X			X			X		37,5 %
MATERIALE	lama	alluminio	X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
		altro									0 %
	guide	alluminio	X	X	X	X	X	X	X	X	100 %
		altro									0 %
FINITURA	lama	verniciatura	X	X	X		X	X	X	X	87,5 %
		finitura finto legno		X							12,5 %
		impiallacciata in legno		X							12,5 %
	guida	verniciatura	X	X	X		X	X	X	X	87,5 %
CARATTERISTICHE	antirumore su lame (con guarnizione)		X	X	X	X	X	X		X	87,5 %
	sistema anticaduta lame							X			12,5 %
	sistema antisollevamento			X		X		X	X	X	62,5 %
ORIENTAMENTO LAME	in discesa			X		X			X	X	50 %
	in fase di arresto		X	X	X	X	X	X	X	X	100 %

02 | Matrice di confronto tra i prodotti e i requisiti tecnologici
Comparison matrix between products and technological requirements

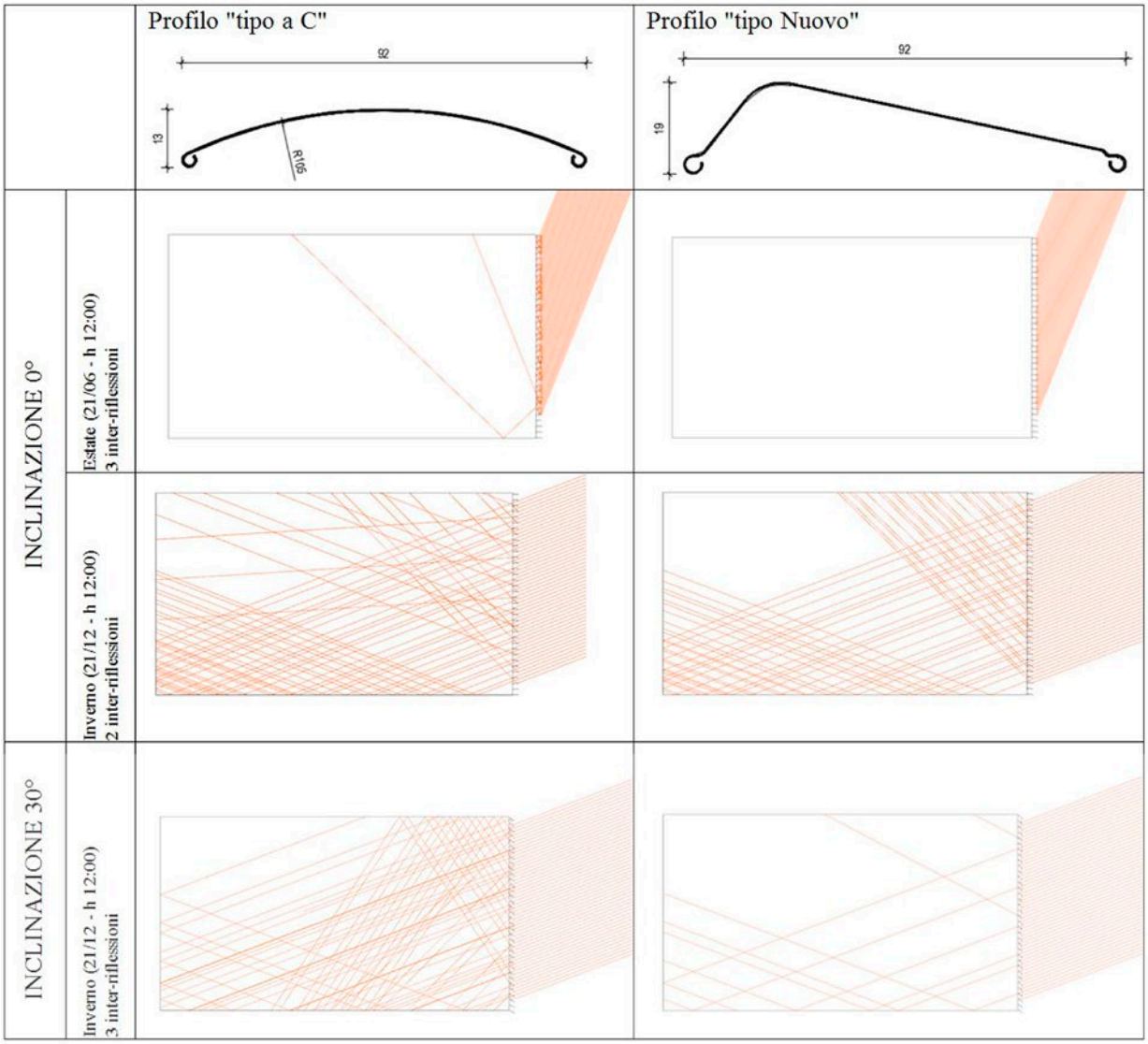
tici da anno tipo ed elaborarli con il motore di calcolo *Radiance*, visualizzando i risultati delle analisi attraverso *Rhinoceros*.
La valutazione qualitativa della radiazione solare entrante in ambiente è stata condotta tramite l'analisi di *ray tracing*: una procedura di calcolo che si basa sulla costruzione geometrica di vettori rappresentanti i raggi solari, con direzione definita dalla posizione del sole, che collegano una griglia di punti con la superficie vetrata. Le superfici schermanti, interposte tra la griglia di punti e la geometria di destinazione riflettono i vettori specularmente, consentendo una lettura grafica del numero di inter-riflessioni di ciascun raggio. Attraverso il motore di calcolo *Radiance*, si calcola per l'ambiente tipo, la distribuzione dei valori di illuminamento sul piano di lavoro. Data la complessità geometrica del profilo delle lamelle, si è resa necessaria la definizione di un set specifico di parametri per ottenere una risoluzione inferiore al centimetro (Reinhart, 2001). Attraverso lo strumento *Evalglare* si sono valutate le fonti di abbagliamento e i valori del *Daylight Glare Probability DGP*, indice di stima del livello di abbagliamento in ambienti chiusi. Questo indice può essere interpretato come la percentuale di persone che, in un determinato istante, avvertono una sensazione di *discomfort*.
Di seguito, vengono riportati i risultati relativi alle analisi del profilo "tipo a C" e alla soluzione del profilo ottimizzato "tipo Nuovo" (Fig. 4). Si può osservare che durante il solstizio estivo,

03 |



03 | Profilo lamella tipo C e profilo lamella tipo Z
Lamella profile type C and Lamella profile type Z

04 | Risultati relativi al profilo lamella "tipo a C" e alla soluzione del profilo ottimizzato "tipo Nuovo"
Results for "C-type" slat profile and "New" optimised profile solution



performance and visual comfort of users for a typological room.

Study of the "lamella" component

The study was started by analyzing the two main types of lamella profiles currently available on the market, a "C-shaped" profile and a "Z-shaped" profile (Fig. 3), and, for each typology, three different simulations with three specific purposes were carried out: qualitative assessment of the solar radiation entering the environment, quantitative analysis of daylight on the working plane of the typological room (lux), verification of the risk of glare (DGP) for the user.

For the evaluations, the module proposed by the IEA TASK 27 (Dijk, 2003) was assumed as "environment-type" and the modified variables were:

– the position of the sun, considering the two solstices at 12.00;
– the inclination of the lamella, considering 0 ° and 30 °;
– the colour of the lamella, by evaluating the maximum and minimum surface reflectance coefficients corresponding to the white and dark grey colours.

For the analysis of the luminous performances, the Rhinoceros software was used, with the Grasshopper parametric modeling platform, which allows the connection and the modification of the input data, allowing a benefit in the integration between analysis and project. Through the Ladybug and Honeybee plug-ins (Sadeghipour Roudsari, Pak, 2013) it was possible to import the climatic data from a standard year and process them with the Radiance calculation engine, displaying the results of the analyses through Rhinoceros.

The qualitative assessment of the solar radiation has been carried out through the ray tracing analysis: a calculation procedure based on the geometric construction of parallel vectors representing the sun's rays, with direction defined by the position of the sun, connecting a grid of points with the glazed surface. The surfaces characterizing the shields interposed between the grid of points and the target geometry reflect the vectors mirroring, allowing a graphical reading of the number of inter-reflections of each ray.

Using the *Radiance* calculation software, the distribution of illuminance values on the working plane for the typical room was evaluated. Given the geometric complexity of the lamella profile, an analysis was carried out with a high degree of detail, which made it necessary to define a specific set of parameters to obtain a resolution lower than one centimeter (Reinhart C. F., 2001).

Through the *Evalglare* tool, applied to the images generated by *Radiance*, for estimating the amount of daylight entering the room, the glare sources and values of the *Daylight Glare Probability DGP* (an index for estimating the glare level indoor) were evaluated. This index can be interpreted as the percentage of people who, at a given moment, feel a sense of discomfort.

The results of the analyses for the "C-type" lamella profile and for the optimized "new type" profile are shown below (Fig. 4). It is possible to observe that during the summer solstice, in which the solar height is maximum and in the case study equal to 68° with an inclination of the lamella equal to 0°, the direct incident solar radiation is totally shaded by both types. The difference between the two profiles is perceptible regarding the reflected radiation in the room and allows to as-

in cui l'altezza solare è massima e nel caso studio pari a 68° con un'inclinazione della lamella di 0°, la radiazione solare incidente diretta viene totalmente schermata da entrambe le tipologie. La differenza tra i due profili è percepibile riguardo la radiazione riflessa in ambiente e permette di asserire che il profilo "tipo Nuovo" ha una capacità schermante leggermente superiore. Durante il solstizio invernale l'altezza solare, nel caso studio pari a 21° (IWEC, 2001) in combinazione con l'inclinazione della lamella pari 0°, permette l'ingresso di gran parte della radiazione diretta per entrambi i casi. Agendo sull'inclinazione della lamella, portandola a 30°, gran parte della radiazione solare viene schermata per entrambi i profili. Riguardo la radiazione solare riflessa, considerando fino alla terza interriflessione[8], il profilo "tipo Nuovo" scherma maggiormente la radiazione diretta che potrebbe generare *discomfort*.

L'analisi quantitativa di luce naturale (Fig. 5) conferma le prestazioni considerate nelle precedenti valutazioni qualitative. Nell'analisi di illuminamento durante il solstizio estivo si nota che la radiazione diffusa si distribuisce in maniera analoga, con valori pressoché simili. Analizzando i valori calcolati per il solstizio invernale, con lamella inclinata di 30° si sottolinea la maggiore uniformità di illuminamento riguardante l'analisi con il profilo "tipo Nuovo".

I valori di probabilità di abbagliamento (DGP) risultanti dalle analisi di calcolo (Fig. 6) fanno riferimento alla vista dell'utente rivolto verso la superficie vetrata, schermata dall'esterno. Alle ore 12:00 del solstizio estivo, in cui la radiazione entrante è unicamente di tipo diffuso, i valori di DGP sono leggermente inferiori per il profilo "tipo Nuovo", pari al 33%, rispetto al profilo "tipo a C", pari al 35%. Per entrambi i casi si può affermare che l'abbagliamento è impercettibile. Alle ore 12:00 del solstizio invernale, a lamella orizzontale, con il profilo "tipo a C" si ha un abbagliamento classificabile come "intollerabile" con un valore di DGP pari a 49%, mentre con il profilo "tipo Nuovo" l'abbagliamento è in una classe migliore, pur restando "fastidioso". Inclinando la lamella a 30°, per tutti e due i profili, la probabilità di abbagliamento si definisce "impercettibile", in quanto il DGP è pari a 36%.

Sono state quindi condotte analisi riguardo l'incidenza nella variazione di colore per il solo profilo "tipo Nuovo", alle ore 12:00 del solstizio invernale, con lamella inclinata di 30°. Dai risultati (Fig. 7) si evince che la riflettanza della lamella incide sui valori di illuminamento dell'ambiente incrementando i valori con il colore più chiaro (RGB 0.8; 0.8; 0.8). Allo stesso modo, all'aumentare della riflettanza si generano riflessioni che aumentano la probabilità di abbagliamento da 33% a 36% restando comunque non in valori di *discomfort*. Tali attività di analisi, miravano ad un'ottimizzazione delle prestazioni della schermatura, ottenendo come risultato la definizione delle caratteristiche per lo sviluppo del progetto.

Fase 3 - Progetto

Il sistema frangisole è costituito da componenti di produzione standard e facilmente reperibili sul mercato (Fig. 8).

È caratterizzato da lamelle in alluminio impacchettabili all'interno di un cassonetto con forma ad U con funzione di involucro esterno per tutti gli elementi che compongono il sistema di schermatura. Viene inoltre utilizzato come appoggio per la posa dell'isolamento e dell'intonaco esterno. All'interno del cassonetto è alloggiato il sistema di movimentazione del frangisole, co-

sert that the "new type" profile has a slightly higher shielding capacity. During the winter solstice, the solar height, in the case study equal to 21° (IWEC, 2001) in combination with the inclination of the lamella equal to 0°, allows the entry of a large part of the direct radiation for both cases analysed. By tilting the lamella to 30°, most of the direct solar radiation is shielded for both profiles. As for the reflected solar radiation, considering up to the third inter-reflection (8), the "new type" profile shields more the direct radiation that could generate discomfort.

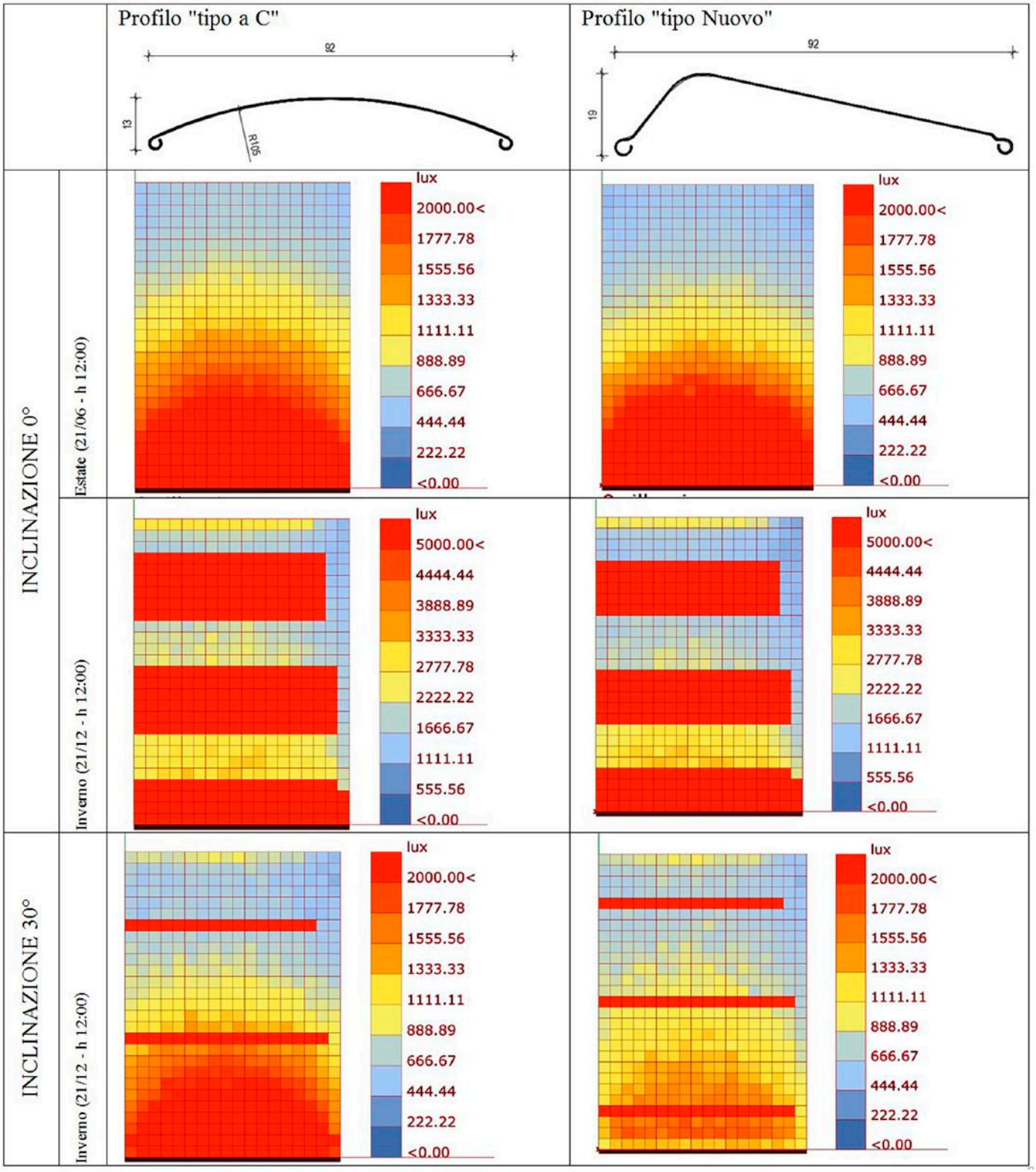
The quantitative analysis of daylight within the room (Fig. 5) confirms the performances considered in previous qualitative assessments. In the daylight analysis during the summer solstice, it is noted that the diffused radiation is distributed in a similar way, with almost similar values. Analysing the calculated values for the winter solstice, with lamella inclined at 30°, there is a greater uniformity of illumination with the "new type" profile.

The daylight glare probability values (DGP) resulting from the calculation analyses (Fig. 6) refer to the user's view facing the glazed surface, shaded from the outside. At 12:00 during the summer solstice, in which the incoming radiation is only diffuse, the values of DGP are slightly lower for the "new type" profile, 33%, compared to the "C-type" profile, 35%. For both cases the glare is imperceptible. At 12:00 during the winter solstice, with horizontal lamella, with the "C-type" profile there is a glare classifiable as "intolerable" with a DGP index value of 49%, while with the "new type" profile glare is in a better class, even if it remains "annoying". By tilting the lamella at 30° for both profiles, the probability of glare is defined as "imperceptible", as the DGP index is equal to 36%.

Other analysis were then carried out to investigate the incidence of colour variation for the "new type" profile only, at 12:00 on the winter solstice, with a 30° lamella. The results (Fig. 7) show that the lamellar reflectance affects the illumination values of the environment by increasing the values with the lighter color (RGB 0.8; 0.8; 0.8). Similarly, as the reflectance increases, reflections are generated and increase the probability of glare from 33% to 36%, remaining however not in discomfort values. These analysis aimed at optimizing the shading performance, obtaining the definition of the features for the development of the project as a result.

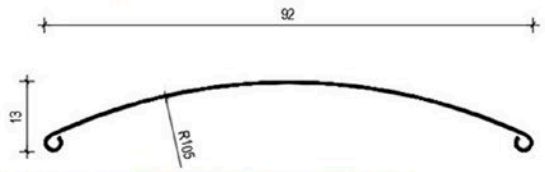
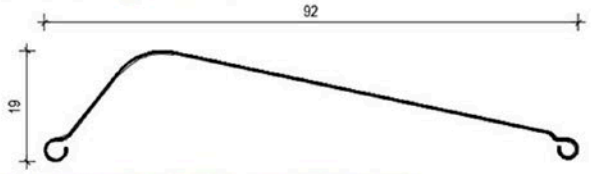
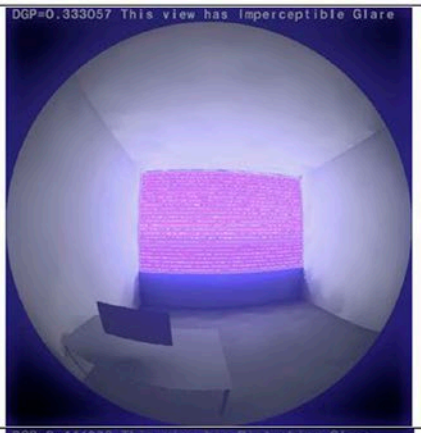
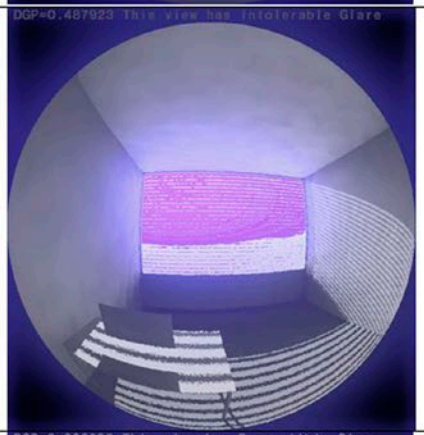
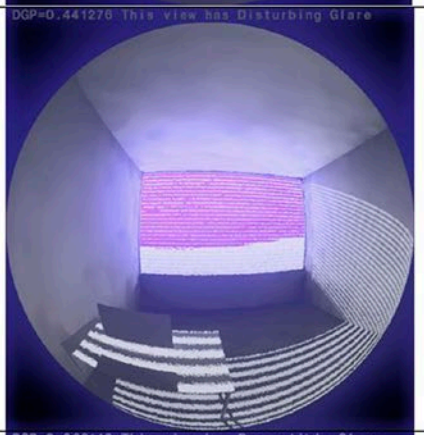
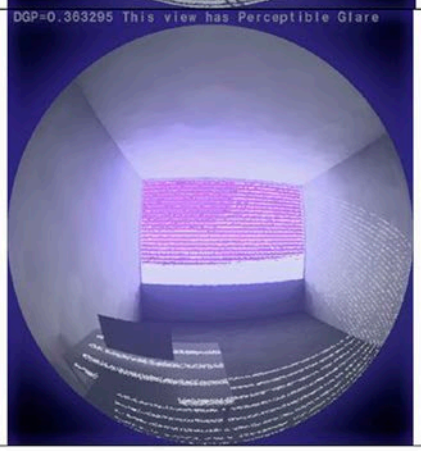
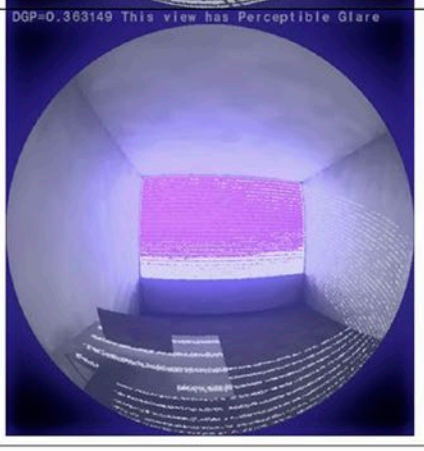
Phase 3 - Design

The designed shading device consists of standard production components that are easily available on the market (Fig. 8). It is characterized by packable aluminium lamellas inside an U-shaped box that acts as an outer casing for all the elements that make up the shading system. It is also used as a support for the installation of insulation and external plaster. Inside the box is placed the movement system of the solar shading. It consists of the drive shaft for the transmission of the rotational motion, an electric motor for lifting, lowering and adjusting the lamellas, two encapsulated bearings for orientation of the slats. These components are embedded in a horizontal top guide, open at the bottom for housing the motorized system. In order to attenuate the noises deriving from the sliding of the various components, an EPDM component is placed between the supports and the brackets.


Profilo "tipo a C"
82
13
R105
Profilo "tipo Nuovo"
92
19
INCLINAZIONE 0°
Estate (21/06 - h 12:00)
lux
2000.00<
1777.78
1555.56
1333.33
1111.11
888.89
666.67
444.44
222.22
<0.00
Inverno (21/12 - h 12:00)
lux
5000.00<
4444.44
3888.89
3333.33
2777.78
2222.22
1666.67
1111.11
555.56
<0.00
INCLINAZIONE 30°
Inverno (21/12 - h 12:00)
lux
2000.00<
1777.78
1555.56
1333.33
1111.11
888.89
666.67
444.44
222.22
<0.00

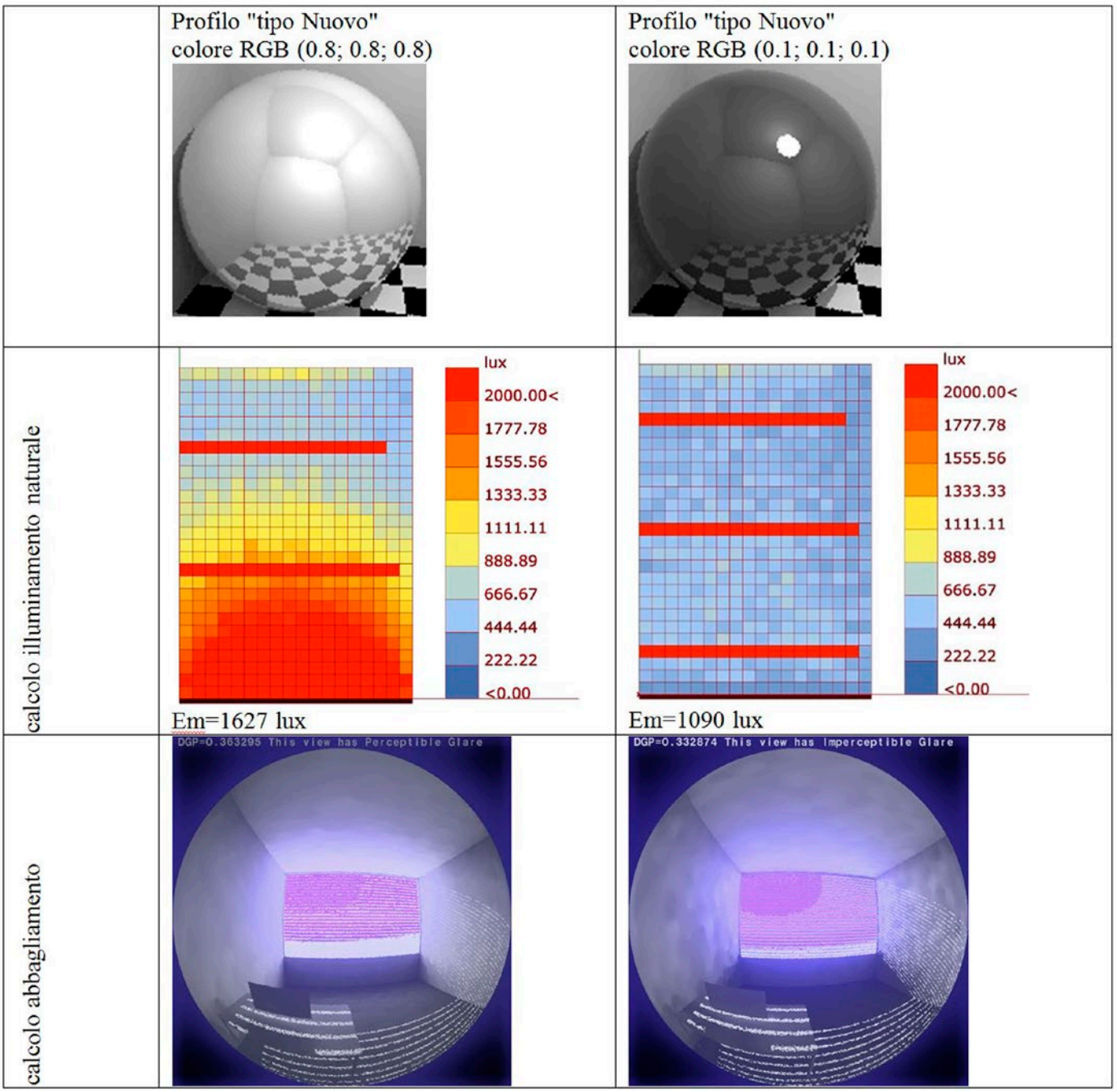
06 | Risultati dell'analisi quantitativa di luce naturale all'interno dell'ambiente
Results of quantitative analysis of natural light

06 |

		Profilo "tipo a C"	Profilo "tipo Nuovo"
			
INCLINAZIONE 0°	Estate (21/06 - h 12:00)		
	Inverno (21/12 - h 12:00)		
INCLINAZIONE 30°	Inverno (21/12 - h 12:00)		

07 | Risultati dell'indagine sull'incidenza nella variazione di colore per il solo profilo tipo D durante il solstizio invernale con lamella inclinata di 30°
Results of the survey on the incidence of colour variation for the type D profile only during the winter solstice with a 30° slatted lamella

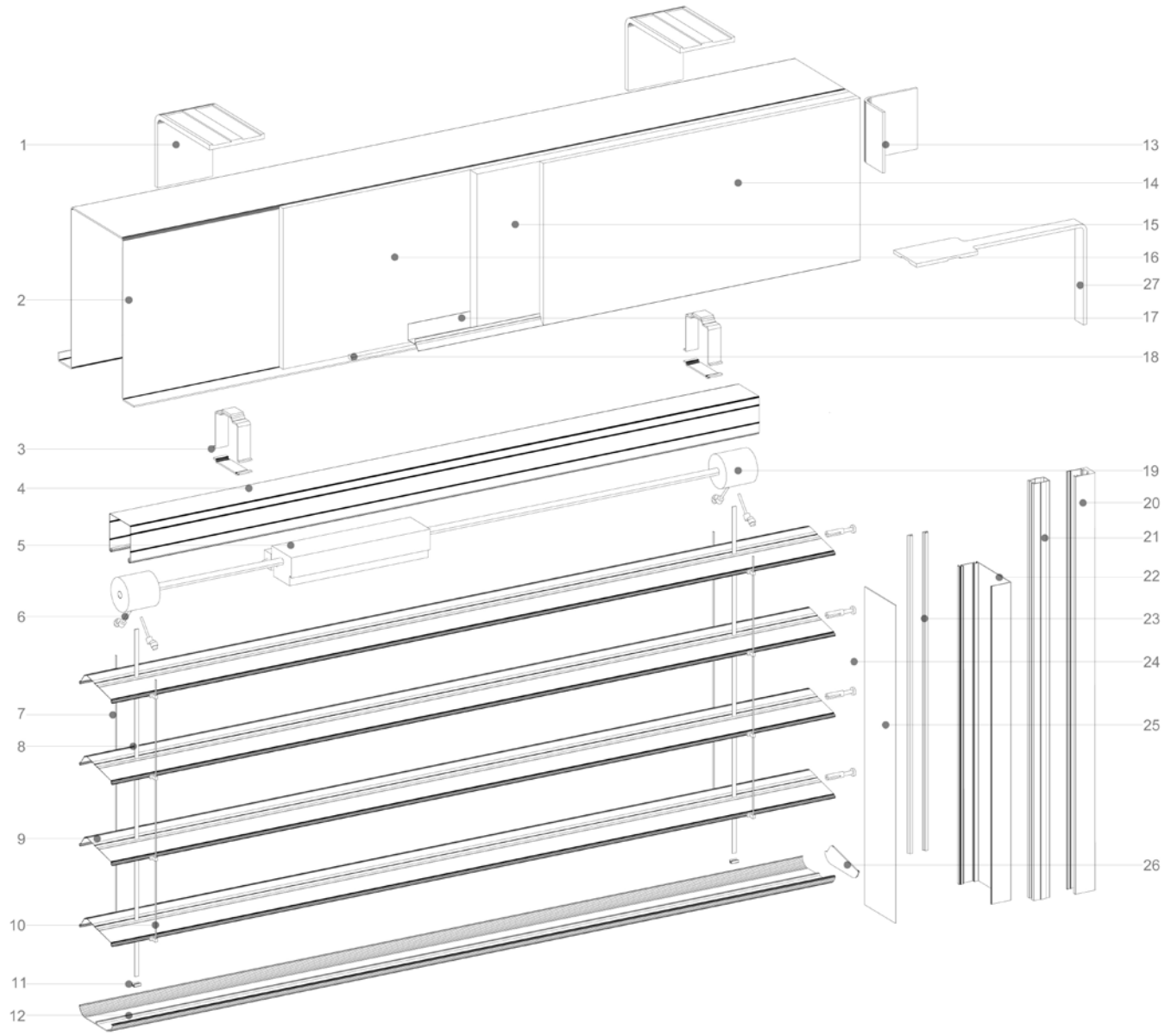
stituito dall'albero motore per la trasmissione del moto rotatorio, un motore elettrico per il sollevamento, la discesa e la regolazione delle lamelle, due cuscinetti di orientamento incapsulati per l'orientamento delle lamelle. Questi componenti sono incassati in una guida superiore orizzontale, aperta nella parte inferiore per l'alloggiamento del sistema motorizzato. Lo scorrimento verticale delle lamelle avviene attraverso guide verticali, ancorate al controtelaio.
La lamella, costituita da un profilo in alluminio bordato su entrambi i lati, di lunghezza pari a 92 mm e con uno spessore di



| 07

08 | Esploso assonometrico del sistema (1. Staffa metallica – 2. Canale a U – 3. Supporto puntuale guida superiore – 4. Guida superiore in alluminio – 5. Motore elettrico e albero di azionamento 6. Raccordo metallico dei cordoncini – 7. Cordoncini in terylene per orientamento lamelle – 8 Nastro texband per sollevamento lamelle – 9. Lamelle in alluminio – 10. Clips di fissaggio dei cordoncini – 11. Giunti a scatto per texband – 12 Spiaggiale in alluminio estruso – 13 Profilo in acciaio per fissaggio cassonetto – 14. Intonaco – 15. Pannello isolante – 16. Piastra porta intonaco– 17. Profilo in PVC – 18. Nastro sigillante precompresso – 19. Cuscinetto orientabile – 20. Guida laterale in alluminio estruso – 21. Inserto guide in EPDM – 22. Profilo aggiuntivo guida laterale in alluminio – 23. Labbri di tenuta in EPDM – 24. Perni guida in poliammide – 25. Profilo di chiusura in alluminio 26. Calotta di chiusura dello spiaggiale
Exploded axonometric system (1. Metal bracket - 2. U-channel - 3. Upper guide point support - 4. Aluminium upper guide - 5. Electric motor and drive shaft 6. Lanyard connector - 7. Terylene lanyards for slat orientation - 8 Texband tape for slat lifting - 9. Aluminium slats - 10. Lanyard fixing clips - 11. Snap-on couplings for texband - 12 Extruded aluminium profile - 13 Steel profile for fixing the metal box - 14. Plaster - 15. Insulating panel - 16. Plastering tray - 17. PVC profile - 18. Prestressed sealing tape - 19. Swivel bearing - 20. Extruded aluminium side guide - 21. Guide insert in EPDM - 22. Additional aluminium side rail profile - 23. Sealing lips in EPDM - 24. Polyamide guide pins - 25. Aluminium closing profile 26. Closing cap.

08 |



The vertical sliding of the slats takes place through vertical guides, anchored to the subframe.
The lamella, consisting of an aluminium profile edged on both sides, with a length of 92 mm and a thickness of approx. 0.40 mm, is characterized by the optimised shape resulting from the analysis previously illustrated. The new profile also offers a higher degree of maintainability compared to other standard profiles because, thanks to its shape, it tends to drain the water only outside the lamella. A plastic sealing element is attached to the front edge of the profile to increase dimming and reduce noise. For sliding inside the side rails, the slats are fitted with lightweight, acoustically efficient polyamide guide pins. The vertical movement of the sipes is handled by lifting strips in texband, anchored to the sipes with snap joints fixed inside the beach by means of the metal ribs present. The adjustable blades are guaranteed by terylene polyester strips with Kevlar inserts. These are fixed to the louvers by means of printed clips for acoustic attenuation, with anti-UV treatment.
To maintain continuity with the insulation on the façade, insulating panels are provided to be laid on the upper side and on the back side. To complete the process, a plaster support plate is placed on the outer side of the metal box to prevent the formation of cracks. The lower part of the box is completed with a PVC profile and a pre-stressed polyurethane foam tape to finish the

ca. 0,40 mm, è caratterizzata dalla forma ottimizzata frutto delle analisi precedentemente illustrate. Il nuovo profilo offre anche un grado di manutenibilità più elevato rispetto ad altri profili perché, grazie alla sua forma, tende a far defluire l'acqua solo all'esterno della lamella. Sulla bordatura anteriore del profilo viene fissato un elemento di tenuta in plastica per incrementare l'oscuramento e ridurre la rumorosità. Per lo scorrimento all'interno delle guide laterali, le lamelle sono provviste di perni di guida in poliammide, leggeri e performanti dal punto di vista acustico. Il movimento verticale delle lamelle è demandato a nastri di sollevamento in *texband*, ancorati alle lamelle con giunti a scatto fissati all'interno dello spiaggiale tramite le nervature metalliche presenti. L'orientabilità delle lamelle è garantita da nastri in poliestere di terylene con inserti in Kevlar. Questi sono fissati alle lamelle tramite clip stampate per l'attenuazione acustica, con trattamento anti raggi UV.

Per mantenere la continuità con l'isolante in facciata, vengono previsti dei pannelli isolanti da posare sul lato superiore e sul lato posteriore. Per completare la lavorazione, sul lato esterno del cassonetto viene posata una piastra porta intonaco per evitare la formazione di fessurazioni. La parte inferiore del cassonetto viene completata con un profilo in PVC e un nastro sigillante precompresso in schiuma poliuretanica per rifinire l'angolo tra il cassonetto a U ripiegato e l'intonaco.

Lo sviluppo del progetto tecnologico della schermatura esterna a lamelle orientabili e impacchettabili, consentirà, in una fase successiva, la realizzazione del prototipo, su cui saranno poi condotte specifiche prove finalizzate alla valutazione dei requisiti tecnologici e delle prestazioni energetiche ed illuminotecniche. Dall'esito di questi controlli si procederà, quindi, alla successiva produzione a scala industriale, con l'obiettivo di avere un processo efficiente ed economico, nell'ottica di coniugare al meglio i costi ridotti con le alte prestazioni.

NOTE

[1] Sistema che si adegua alle condizioni ambientali per ottimizzare e ridurre i consumi energetici. Le componenti energeticamente attive che lo compongono sono due: gli strati funzionali mobili (layer) e la parete termoattiva.

[2] Si è partiti con il D.P.R. 59/2009, poi il D.M. 28/12/2012 - Conto Termico, a seguire la legge 23/12/2014, n. 190 nota come "Legge di Stabilità 2015", per arrivare alla legge di Bilancio 2018 (Legge 27/12/2017 n. 205) che integra e in parte modifica le condizioni di accesso ai benefici fiscali per l'efficienza energetica degli edifici, in relazione alle spese sostenute dal 1° gennaio al 31 dicembre 2018.

[3] Infissi Alluminio Valtidone è un'azienda situata a Borgonovo Val Tidone (PC) che vanta un'esperienza di oltre 30 anni nel campo dei sistemi oscuranti tecnologici in alluminio e nella costruzione di infissi performanti in alluminio. Nata nel 1980, occupa oggi un segmento di riferimento costante nel panorama nazionale dei sistemi oscuranti e serramentistica in alluminio dedicata all'edilizia residenziale.

[4] Ai Studio, assieme ad Ai Engineering s.r.l., con sede principale a Torino, operano dagli inizi degli anni '70 nei vari settori dell'ingegneria e lavorano in modo integrato con competenze multidisciplinari, fornendo una completa assistenza tecnica nell'impostazione, progettazione e realizzazione di opere complesse.

[5] La ricerca ha considerato come riferimento le norme UNI EN 12216 e UNI EN 13659.

[6] I valori e le descrizioni riportate fanno riferimento alle banche

corner between the folded U-bin and the plaster.

The development of the detailed technological design of the external shading with adjustable and packable lamellas, will allow, in a later stage, the realization of the prototype, on which specific tests will be carried out in order to evaluate the main technological, energy and visual performances. The outcome of these controls will then lead to subsequent production on an industrial scale, with the aim of having an efficient and economical process, in order to combine the reduced costs with high performance.

NOTES

[1] System that adapts to environmental conditions to optimise and reduce energy consumption. It is composed of two energy-active components: the mobile functional layers and the thermo-active wall.

[2] It has been started with D.P.R. 59/2009, then D.M. 28/12/2012- Conto Termico, following L. 190 of 23/12/2014, known as the "Legge di Stabilità 2015", to arrive at Budget Law 2018 (L. 205 of 27/12/2017) which integrates and partly modifies the conditions of access to tax benefits for the energy efficiency of buildings, in relation to expenses incurred from 1 January to 31 December 2018.

[3] Infissi Alluminio Valtidone is a company located in Borgonovo Val Tidone (PC) that boasts over 30 years' experience in the field of technological shading systems in aluminium and in the construction of high performance aluminium windows. Founded in 1980, today it occupies a constant reference segment in the national panorama of aluminum blinds and shutters for residential buildings.

[4] Ai Studio, together with Ai Engineering s.r.l., with head office in Turin, have been working since the early 1970s in the various engineering sectors and work in an integrated manner with multidisciplinary skills, providing complete technical assistance in the setting up, design and construction of complex works.

[5] The research considered as a reference the UNI EN 12216 and UNI EN 13659 standards.

[6] The values and descriptions reported refer to the company databases and to the declarations made by the manufacturing companies themselves (CCIAA Companies Register).

dati relative alle imprese e a quanto dichiarato dalle stesse aziende produttrici (Registro Imprese della CCIAA).

[7] Il sistema a catena è stato escluso per la sua complessità realizzativa, gli alti costi di produzione e la frequente richiesta di manutenzione.

[8] L'illuminazione di un oggetto dalla luce riflessa da altri oggetti che non siano fonti di luce.

GRUPPO DI RICERCA

Politecnico di Milano, Dipartimento di architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito (ABC) (Prof. Roberto Bolici - Responsabile scientifico della ricerca e Arch. Paola Morisi - collaboratore). Ai Studio (Arch. Carlo Micono - Responsabile scientifico della ricerca e Archh. Luciano Laffranchini e Roberto Le Serre - collaboratori).

REFERENCES

Alagna, A. (2007), *Tecnologie per le forme dell'architettura contemporanea*, Alinea Editrice, Florence.

Brivio, S.F. (2009), "Schermature Solari e risparmio energetico", *Arketipo,* No. 33.

Campioli, A. (2017), "Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto", *Technè*, n.13, FUP (Firenze University Press), Florence.

Ceccherini Nelli, L., D'Audino, E., Trombadore, A. (2007), *Schermature solari*, Alinea, Firenze, IT.

Dick van Dijk (2003), *Thermal and solar modelling and characterisation; the role of IEA SHC Task 27,* TNO Building and Construction Research, Delft, NL.

Mottura, G. and Pennisi, A. (2014), *Serramenti e schermature solari*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, Rimini.

Nastri, M. (2008), *Involucro e architettura*, Maggioli editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Pennisi, A. and Mottura, G. (2006), *Progettare sistemi di protezione solare degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini.

Premier, A. (2012), *Superfici dinamiche: le schermature mobile nel progetto di architettura*, Franco Angeli, Milan.

Reinhart C.F. and Walkenhorst, O. (2001), "Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds", *Energy and Buildings*, Vol. 33, No. 7, pp. 683-697.

Sadeghipour Roudsari, M. and Pak, M. (2013), "Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design", in *Proceedings of the 13th International IBPSA Conference Held*, *Lyon,* France Aug 25-30th.

Tatano, V. and Rossetti, M. (2012), *Schermature solari: evoluzione, progettazione e soluzioni tecniche*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Tucci, F. (2008), *Involucro ben temperato*, Alinea Editrice, Florence.

Tucci, F. (2014), *Involucro, clima, energia*, Altralinea Edizioni, Florence.