

VISUAL COMFORT FOR LIVING SPACE BETWEEN QUALITY AND AMOUNT OF NATURAL LIGHT

"We do not see light, we see with light"

Edwin Land's words summarize, hermetically, what science has shown for several centuries through increasingly complex theories and experiments in search of the physical nature of light. The complexity of physical phenomena that characterizes the light is inversely proportional to the naturalness with which the human eye has adapted over time as the outside world knowledge organ through the sense of sight. Light has always been considered almost an abstract and mysterious entity that has the ability to penetrate anywhere by keeping its invisible nature manifesting itself as an effect on the body from which it is reflected but never to perceive its consistency. *"Yet direct, indirect and reflected, light, which possesses such intrinsic interiority, needs other matter to be tangible and becoming what it is, only when it touches something solid [a body, a construction] when it strokes, strikes, sculpts its presence on a wall. Cities are unveiled in the shadows thrown by buildings. What colour is light? The colours on which it is laying".* [1]

Daniel Libeskind's assertion reaffirms once again the concept previously mentioned, focusing even more on the "material" meaning that can have light in its invisibility.

In the design range of living space, light has always been the natural means of defining space in the sense of existence and meaning, as it translates the essence of space into the subject itself.

Indeed, starting a perception, light leads to the physical existence of space, as to the meaning of existence, through a single sensory experience, complex to analyze and design. In fact, like Le Corbusier said, inside the church of Notre Dame du Haut at Ronchamp, *"a symphony of shade, light and chiaroscuro is created in a scabrous epidermis of plaster sprained, entirely covered with lime milk white"* [2] (Fig. 1,2).

In every living space coexist two dimensions: the measurable dimension, like for every natural physic element, and the not measurable dimension for the spatiality, where quality activates different perceptions through light. So, in a transition phase between these two levels of unquantifiable value, the project begins a path that goes through the measurable. It uses materials to realize space to become physical reality, while light, from material that is not measurable in the common sense, tends to use scientific parameters and tools to quantify the quality.

Today, the logic of measuring and simulating to design the quality of living space offers new operative possibilities to the design that lead to perception and allow you to evaluate the

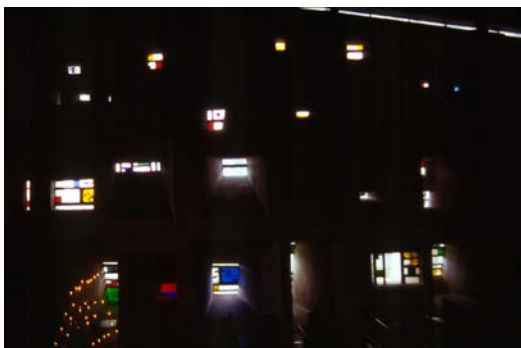


Fig. 1 - Le Corbusier's Ronchamp interior.



Fig. 2 - The white plaster on the inner surface of the Ronchamp Chapel.

potentials of other materials to calibrate colours, representative to the tension that space can express. A design course, that of the lighting design, which handles the passage to the physical and real stage of space through the quality of light. *"All matter is light ... It is the light that when it ends to be light, it becomes matter"* [3](Fig. 3).

In the story of Shoa, the biggest wound in human history is represented by Daniel Libeskind through the darkness of a long underground corridor, which handles access from the Kollegienhaus, the Baroque Museum of History, to the Jewish Museum in Berlin (Fig. 4,5), a unique architecture of its kind that, like a lightning strike, destabilizes the urban plot of the German capital. And, in the same Kahnian logic, it is the light that generates darkness, black doors and walls, stairs and dark paths, and finally forms the void of the Holocaust tower, on a path that rereads the drama of people and which has the same colour as some pages of history. It is a faint light to clear the empty grey volume, reinforced concrete, floor, walls, ceiling separated from the rest of the museum. *"At the top of the ceiling, at such a sharp angle that you cannot see it, a slit opens up from which a line of light is reflected on the walls and on the cement floor of Emptiness."*

Very often, in the architectural design of buildings, the minimum requirements for achieving indoors visual comfort are not properly considered.



Fig. 3 - Light in Louis's sketch. I. Kahn



Fig. 4 - Berlin's Jewish Museum interior by Daniel Libeskind.

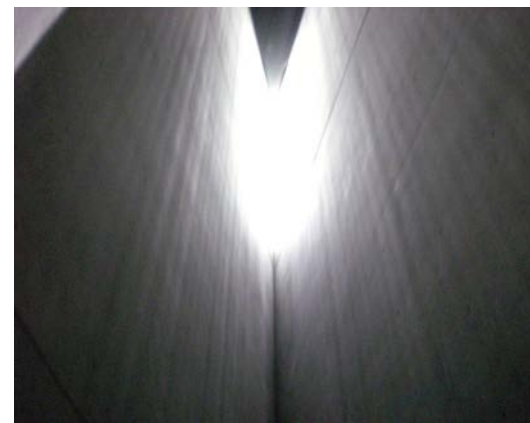


Fig. 5 - A light blur creates darkness in Berlin's Jewish Museum.



Fig. 6 - Girasole house by Cadaval y Solà-Morales studio.

Natural light is certainly the discriminated factor in determining the quality of living space, which differs whether it is "properly illuminated" or not. The amount of natural light inside the rooms, in fact, directly and indirectly influences the quality of the activities carried out by the occupants. In addition to determining the proper performance of a certain visual task, it is also responsible for the psychophysical balance of humans, as well as the wake/sleep cycles of the circadian rhythm. Natural light, unlike the artificial one, is not controllable by the a priori designer and is subject to continual changes depending on weather and weather conditions in the outskirts. This study has the claim to demonstrate that architectural design of the building enclosure, studied ad hoc to promote maximum visual comfort within an environment, can create spaces that respect the minimum requirements sought without creating any thermal imbalances or "overexposures" that cause dazzling phenomena for the occupants. The discussion will in particular demonstrate how the arrangement of the glazed elements, their shape, the choice of their location, after describing the technological and physical characteristics of the transparent materials presently on the market, can create situations of comfort or discomfort in the same visual environment.

Variables in the natural light project

The greater or lesser amount of light that an environment can receive is the function of multiple variables such as the use destination and the geometric morphology of the environment, the location/size of the transparent elements, the orientation of the building and its internal environments as well as the time of day and season taken in consideration.

In environments with an extended rectangular shape and with windows on the short side, for example, it is unlikely that natural light coming from the outside can penetrate to the bottom of the environment. This situation results in strong disparities between the illuminance values of

areas close to the transparent and distant elements, resulting in increased contrasts between light zones and shadow areas. The proper balance between these two areas is essential in order to allow the correct perception of the shapes; It is important not to create shadows that are too attenuated that would put the eye at unnecessary fatigues for focusing and viewing objects, or too strong and marked shadows that, coupled to over-illuminated areas, can generate violent contrasts of luminance, resulting in harassing dazzling phenomena. Vice versa, for external obstructions, like a building with a lower height than the surrounding ones, natural lighting from vertical window elements on the perimeter of the structure may be insufficient for the tasks to be performed. In both cases, it will be necessary to choose a zenith type lighting by using horizontal skylights in order to have a much larger distribution of lux in the plant and solve both of the previously raised issues at the same time. Another aspect that characterizes the right natural indoor light contribution and ensures occupants visual comfort is definitely the orientation of the glazed elements. In this case, it is very important to consider the interaction between the lighting design and the thermal design of the indoor environments. Transparent surfaces, that allow light to enter, have thermal transmittance values much lower than those of the opaque elements of the building envelope and, at the same time, are responsible for the so-called greenhouse effect, a highly appreciated physical phenomenon during the winter season for the thermal energy gains that it can bring within the environments and intentionally exploited in bioclimatic design. Very often, for this reason, the more transparent surface elements are located favouring an exposure to the South, especially in cold climates design, while simultaneously trying to minimize the openings to the North. Yet, if we are to have houses in which, for external causes, such as soil morphology and/or surrounding

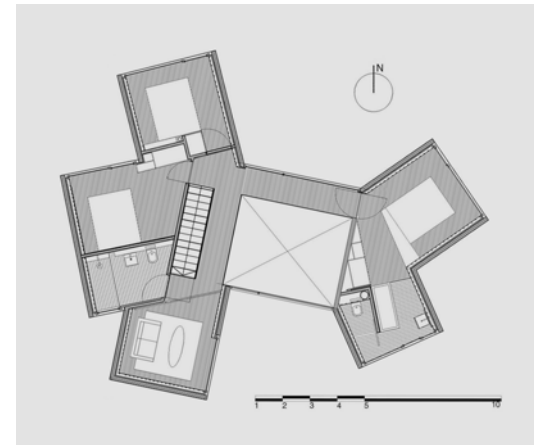


Fig. 7 - Plan of the Girasole House.

urban context, it is not possible to get light directly from the south, it is facing a real challenge to face and make sure that interior living spaces are illuminated properly.

The emblematic example of overcoming this problem is the design of Casa Girasole, designed by the Spanish Cadaval y Solà-Morales studio in 2014 (Fig. 6). In this case, the building on the Costa Brava bordering on France has the characteristic to be fully North oriented. The designers, through an accurate study of the layout and orientation of the interior and through the use of a central patio, have overcome the obstacles due to the forced orientation of the building. The cubic volumes, turning around the courtyard's barycentre that brings light and heat to the house, define the image of a giant sunflower that acts like a large solar collector (Fig. 7).

A reverse problem is found in those buildings with very large openings oriented to the South in warm climates. Indeed, as verified in the simulation carried out, as well as causing thermal overheating in the environments, such openings may cause visual discomfort due to annoying glare that may occur within the environment. To overcome this phenomenon, it is possible to intervene or conform to the building envelope by applying sunscreen or directly to the materials that make up the transparent elements.

Indoor values calculation and control

The lighting design of the natural light of the environments will therefore be characterized by the control of the amount of light by calculating the value of the horizontal illumination and, consequently, by the control of the glare that can be caused by excessive luminance contrasts. Because of the variables, however, it is impossible to establish with absolute certainty the internal lux on a given day of the year and at a predetermined time. To overcome this problem, the lighting designer can use a specific size called Daylight Factor (DF). This factor, in turn, requires knowledge of the intrinsic characteristics of the materials, the dimensions that make up the casing openings and the reflection coefficients of the ceiling, floor and interior walls that constitute the environment considered. For a glare phenomena evaluation, however, there are two indexes today: Daylight Glare Index (DGI) and Daylight Glare Probability (DGP), but both are not considered suitable for a rigorous calculation of that value. The quantity control of light inside the environments, once the surrounding environment conditions are known, can be achieved by

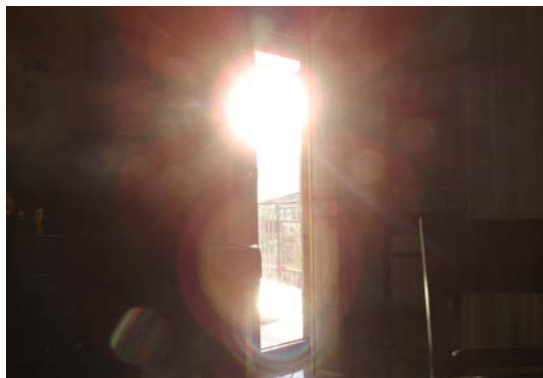


Fig. 8 - Effects of glare.

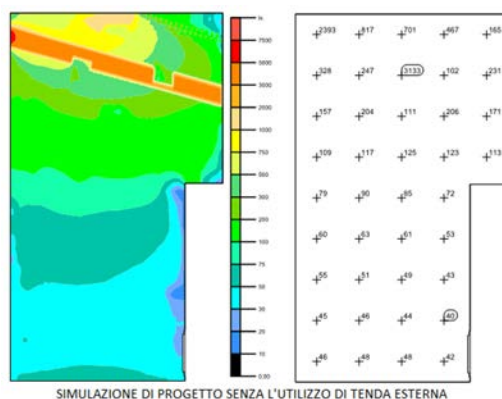


SIMULAZIONE SENZA UTILIZZO DI TENDA ESTERNA

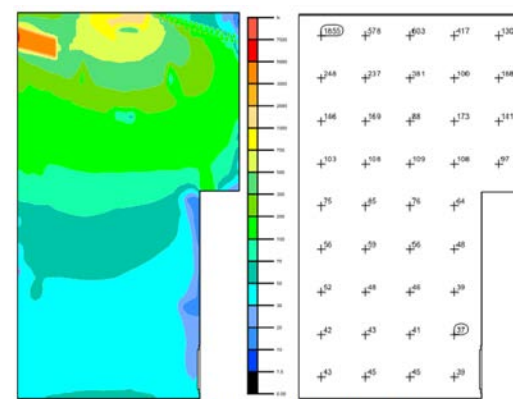


SIMULAZIONE CON UTILIZZO DI TENDA ESTERNA

Fig. 9 - External renders



SIMULAZIONE DI PROGETTO SENZA L'UTILIZZO DI TENDA ESTERNA



SIMULAZIONE DI PROGETTO CON UTILIZZO DI TENDA ESTERNA

Fig. 10 - Comparison of illuminance values without and with the use of external curtain.



Fig. 11 - Comparison of the internal light scene without and with the use of external curtain.

increasing the glazed surfaces in the case of extremely low illumination values or vice versa, or by using appropriate shielding Solar panels, which by choosing specific glasses to be installed in the south-facing openings, so as not to reduce the total surface of the transparent element and avoid over voltage phenomena (Fig. 8). In particular, the knowledge of the light transmission coefficient of the transparent element allows to understand the approximate value of the interior illumination level when the illumination at a point of the surrounding ambient environment is known by means of the Daylight Factor (DF).

$$DF = E_i/E_e$$

with:

DF = Daylight Factor [%]

E_e = External lighting level [lux]

E_i = Indoor lighting level [lux]

This value is constant, regardless of the time of the day and the time of the year.

The spectral selectivity index, or Light to Solar Gain Ratio [LSG], indicates the ratio between the light transmission and the solar factor of the material. Therefore:

$$LSG = \tau_v/g$$

with:

LSG = Light to Solar Gain Ratio [%]

τ_v = Light transmission coefficient [%]

g = Solar Factor [%]

The solar factor and light transmission, therefore, are directly proportional to each other.

Products with a high LSG transmit a high percentage of the incident light radiation and a modest fraction of the total radiation. In this way, it is possible to optimize the natural lighting requirements and containment of solar thermal inputs, and therefore a high selectivity value is favourable in hot and temperate climatic zones. So, there is always the choice of materials and their design features as a prerequisite for quality goals.

The orientation of the rooms: case studies

In this paragraph, we will briefly illustrate the case study of a residential living room used for living-dining. In particular, the issues relating to two environments with different layouts, typologies and orientation of glazed surfaces will be analyzed. In the first case, the room is exposed to the North through a 135 x 120 cm window and to the West by a small 60 x 200 cm glass door. Although at first glance it would seem like an

environment that does not require a careful lighting design, the small dimensions of the window shutter on the West wall creates a lot of problems in terms of glare and overexposure of certain parts of the room, with the end result of visual discomfort during some hours of certain periods of the year. The lighting simulation and the lighting calculator, in clear sky conditions [in order to evaluate any glare phenomena], was conducted on 22/05/2017 at 7.00 PM. The choice of the date was dictated by the desire to simulate the results that would be in the period between the spring and the summer, while the time of the hour followed the need to consider the maximum illumination in lux for the western wall. Simulation data provided a photographic survey at the same time to compare reality with data collected from computing software. The small, west-facing opening allows the sun's rays to be concentrated and extremely directional, creating situations in which the likelihood of glaring dazzling events, which also lead to temporary loss of vision, is extremely high. In order to avoid such situations one can intervene in various ways. First

of all, irrespective of orientation, it would be good to avoid, as early as design, openings of such dimensions, as can be seen from the simulation carried out, in addition to favouring dazzling phenomena, also due to the contrast of luminance that arises between the open surface of the opening and the rest of the dull part that is in the dark, also results in poor illumination of the environment due to average non-optimal values. In addition, even if the average values of the illumination are met, the uniformity of the light distribution is missing, since mathematically the average is between two extreme, very discordant values, those of a highly over-illuminated area and those of a 'Completely dark area. This results in a non-comfortable lighting environment. A second conclusion, which could be drawn from the analysis of this simple case study, is the evaluation of the correct use of shielding systems for controlling the luminous flux within the environment. The effect of curtains placed inside the openings is not sufficient to completely dampen the dazzling effects. In this case, it would be more

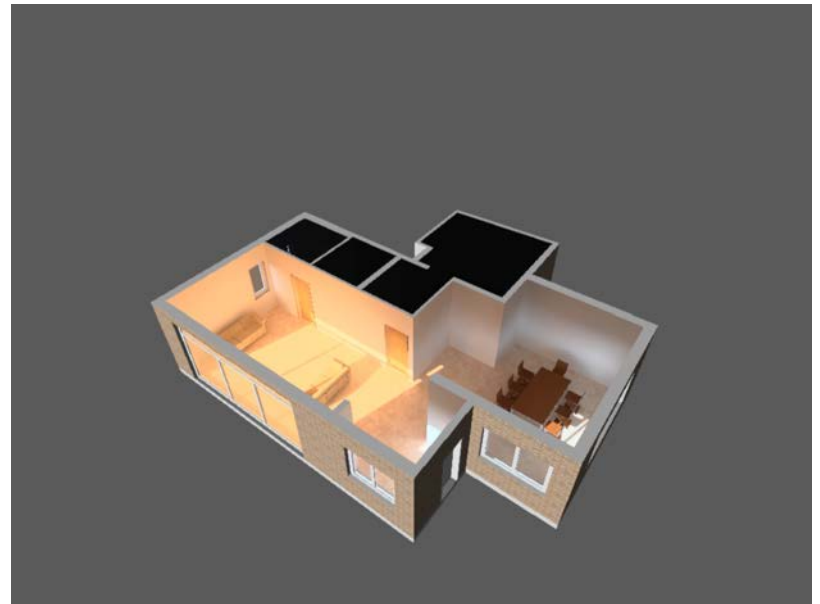


Fig. 12 - Model adopted with traditional glass (left) and with solar control glass (right)

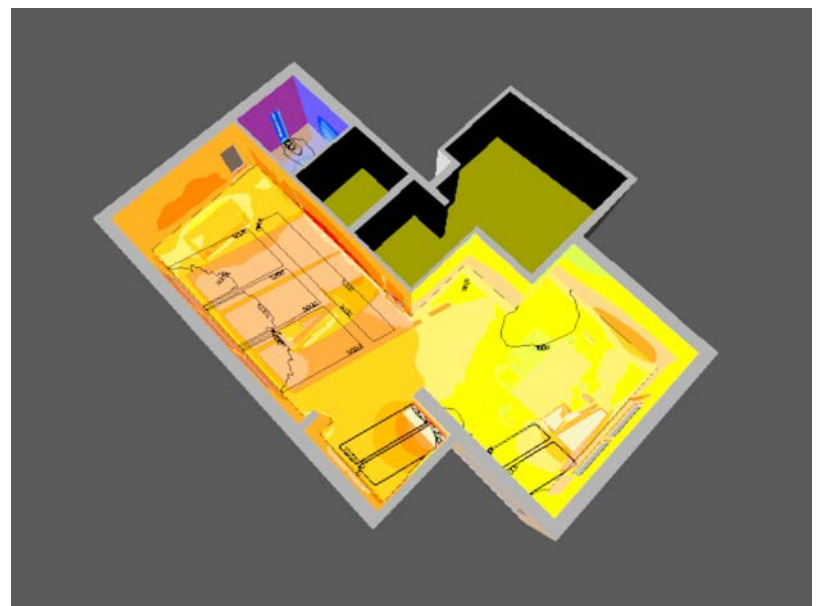
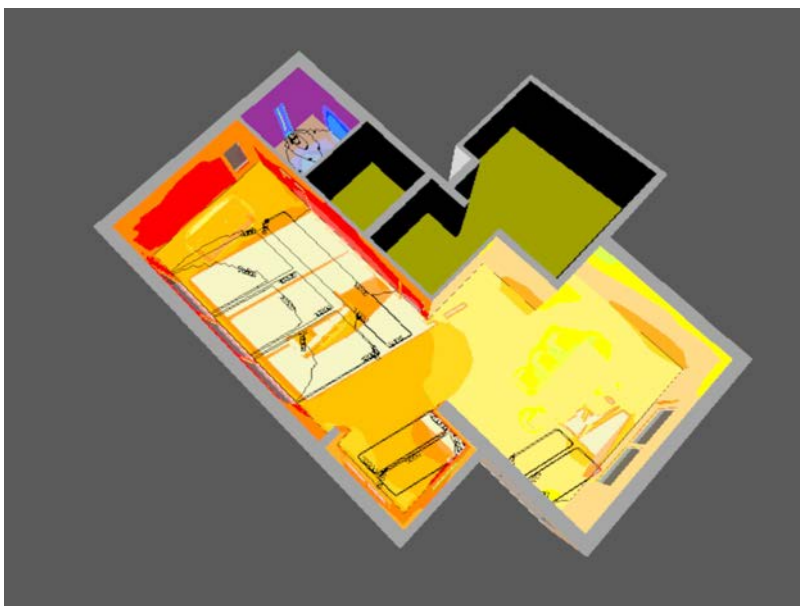


Fig. 13 - Illuminance values with traditional glass (left) and with solar control glass (right).

appropriate to use external shielding elements that directly block sunlight access, such as panel curtains. From the simulation, it can be observed that the insertion of a panel curtain 10 cm from the glass, mounted to the outside and lowered by 50% of the total opening height, can reduce some values, especially at the centre of the room (Fig. 9,10,11).

A second case study was also carried out in order to analyze, by simulation, a situation diametrically opposite to the one seen above, both for the orientation of the openings and the typology of intervention, aimed at controlling the supply of light inside the environment.

In particular, a living room was studied in a single-family residential building located in Naples, with a large glazing on the southern side to favour solar energy inputs during the winter season. The simulation was carried out on December 21st at 1.00 PM [the winter solstice], in order to have at the same time the maximum daily solar incidence and a minimum value of the annual solar elevation value. The purpose of the calculation was to show the maximum illuminance values that can be reached during this time of the year in a clear sky condition and how, with appropriate choices of the type of transparent materials, the

values of illumination peak. Through the use of solar control glasses on the south-facing opening, lighting levels are optimized, which results in significant reductions in the likelihood of glare. Given the purpose of the simulation, which is to avoid dazzling phenomena due to over voltage, it is stated that the calculation of the value of the DF, a daylight factor, has not been taken into account, which will certainly be respected.

The following are the model used (Fig. 12), the ambient lighting illumination values using a simple glass (Fig. 13 - left) and the illumination values with the use of control triple solar glazing with a transmission coefficient of 42.7% and a reflection coefficient of 18.7% (Fig. 13 - right). From the data obtained, I can conclude that without the use of external or internal obstructions the choice of a glass with characteristics similar to those used in this experiment can reduce the illumination values close to aperture degrees: in particular, in this example, you have gone from 20000 lux to 5000 lux near the window.

Conclusions

In the field of the new and innovative language that simulation tends to assert, Galileo's words

"measure what is measurable and make measurable what is still not measurable" sound like a lesson that opens to change. The measurability of factors that affect the quality of light and the quality of space today appear to be a fundamental and indispensable aspect of design, which, in measuring what was not measurable, is a quality assurance tool for the designed space. By measuring and hypothesizing with measuring, simulation acquires instrumental value in the design of space to dwell, as it allows to identify the potential of light and to optimize them in relation to the boundaries of the environments. In a synergistic approach capable of controlling space dimensions and light effects, a design path tends to combine quality and comfort, which would otherwise only be achieved through an empirical approach. It is not enough to just observe the apparently similar environmental situations and sometimes it may even lead to completely erroneous conclusions. Each spatial solution is studied and finally verified through the outputs of the software itself, into a new and unique experience of knowledge, which is also expanded and enriched by "talking with data" at the time of transition from the idea of the design to the complete definition. Numerical data,

in fact, is a kind of language, often underestimated, which materializes the approach and manages the performance, in order to maximize the expected performance as well as the visual comfort. And it is knowledge that requires for insights that cannot rely on numerical evaluations and that guide the cognitive phase towards science.

REFERENCES

- [1] LIBESKIND D., *Breaking Ground. Un'avventura tra architettura e vita*, Sperling & Kupfer, 2005, p.54.
[2] LE CORBUSIER, *La chiesa di Notre Dame du Haut a Ronchamp* in Casabella continuità, n.207, settembre-ottobre 1955, p.7.
[3] GIURGIOLA R, MEHTA J. (edited by), *Louis I. Kahn*, Zanichelli, Bologna, 1981, p.13.

IL COMFORT VISIVO DELLO SPAZIO PER ABITARE TRA QUALITÀ E QUANTITÀ DELLA LUCE NATURALE

Queste parole di Edwin Land riassumono, in maniera ermetica, ciò che la scienza ha dimostrato per svariati secoli attraverso teorie e sperimentazioni sempre più complesse volte alla ricerca della natura fisica della luce. La complessità dei fenomeni fisici che caratterizzano la luce è inversamente proporzionale alla naturalezza con la quale l'occhio umano si è adattato nel corso del tempo in quanto organo deputato alla conoscenza del mondo esterno attraverso il senso della vista.

Da sempre la luce è considerata un'entità quasi astratta e misteriosa che ha la capacità di penetrare in qualsiasi luogo mantenendo la sua natura invisibile manifestandosi come effetto sul corpo da cui viene riflessa ma senza mai percepirla la consistenza. "Eppure, diretta, indiretta e riflessa, la luce, che possiede una sua interiorità così forte, ha bisogno di altra materia per essere tangibile e lo diventa solo quando tocca qualcosa di solido (un corpo, una costruzione), quando striscia, guizza, scolpisce la sua presenza su un muro. Le città si svelano nelle ombre gettate dagli edifici. Di che colore è la luce? Dei colori su cui si posa". [1]

L'affermazione di Daniel Libeskind ribadisce ancora una volta il concetto già accennato, focalizzandosi ancora di più sull'accezione "materica" che può avere la luce nella sua invisibilità.

Nel campo del progetto dello spazio per abitare, la luce è da sempre lo strumento naturale di definizione dello spazio nel senso di esistere e di significare, in quanto traduce l'essenza dello spazio stesso in materia. In effetti, nell'innescare la percezione, la luce conduce tanto all'esistenza fisica dello spazio, quanto al significato dell'esistere, attraverso un'unica esperienza sensoriale, complessa da analizzare e progettare.

Infatti, come diceva lo stesso Le Corbusier, nell'interno della chiesa di Notre Dame du Haut a Ronchamp si "crea un sinfonia d'ombra, di luce e di chiaroscuro concretata in una scabra epidermide di intonaco spruzzato, interamente ricoperto di latte di calce bianca" [2] (Figg. 1 e 2).

In ogni spazio da abitare coesistono due dimensioni dello spazio, quelle misurabili, come per ogni elemento fisico della natura, e quelle non misurabili della spazialità, in cui la qualità attiva percezioni differenti attraverso la luce. E allora, in una fase di transizione tra questi due stadi di valore non quantificabile, il progetto intraprende un percorso che passa attraverso il misurabile. Si avvale dei materiali per concretizzare lo spazio fino a divenire realtà fisica, mentre la luce, da materiale non misurabile nell'accezione comune, tende ad avvalersi di parametri e strumenti scientifici per quantificare la qualità.

Oggi, la logica del misurare e simulare per progettare la qualità dello spazio per abitare offre nuove possibilità operative di supporto alla progettazione che guidano alla percezione e consentono di valutare le potenzialità degli altri materiali fino a calibrare i colori, portavoce della tensione che lo spazio riesce a estrarre. Un percorso progettuale, quello del progetto illuminotecnico, che

gestisce il passaggio allo stadio fisico e reale dello spazio attraverso la qualità della luce. "Tutta la materia è luce ... È la luce che quando termina di essere luce diventa materia" [3] (Fig.3).

Nel racconto della Shoa, la più grande ferita della storia dell'umanità è rappresentata da Daniel Libeskind tramite il buio di un lungo corridoio sotterraneo, che gestisce l'accesso dal Kollegienhaus, il barocco museo di Storia, verso il Museo Ebraico di Berlino (Figg. 4 e 5), un'architettura unica nel suo genere che, come un fulmine destabilizza la trama urbana della capitale tedesca. E, nella stessa logica Kahniana, è la luce a generare il buio, le porte e i muri neri, le scale e i percorsi scuri e infine a dar forma al vuoto della torre dell'Olocausto, in un percorso che rilegge il dramma di un popolo e che ha lo stesso colore di alcune pagine di storia. È una flebile luce a palesare il vuoto volume grigio, in calcestruzzo armato, dal pavimento, alle pareti, al soffitto, separato dal resto del museo. "In alto nel soffitto, a un angolo così acuto che non si riesce a vederla, si apre una feritoia da cui entra una linea di luce che si riflette sulle pareti e sul pavimento di cemento del Vuoto."

Molto spesso, nella progettazione architettonica degli edifici, i requisiti minimi per il raggiungimento del benessere visivo all'interno degli ambienti non è tenuto in debita considerazione. La luce naturale è certamente il fattore discriminante per determinare la qualità dello spazio da abitare, che differisce se è "correttamente illuminato" o meno. La quantità di luce naturale all'interno degli ambienti, infatti, influenza sia direttamente che indirettamente la qualità delle attività svolte dagli occupanti. Essa, oltre a determinare il corretto svolgimento di un determinato compito visivo, è responsabile anche dell'equilibrio psicofisico degli esseri umani, nonché dei cicli veglia/sonno del ritmo circadiano. La luce naturale, a differenza di quella artificiale, non è controllabile dal progettista a priori ed è soggetta a continui mutamenti in funzione del tempo e delle condizioni climatiche al contorno. Questo studio ha la pretesa di dimostrare come una progettazione architettonica dell'involucro edilizio, studiata ad hoc per favorire il massimo comfort visivo all'interno di un ambiente, possa creare spazi rispettosi dei requisiti minimi ricercati senza però creare né squilibri termici, né "sovrailluminamenti" tali da indurre fenomeni di abbagliamento per gli occupanti.

La trattazione, in particolare, dimostrerà come la disposizione degli elementi vetrati, la loro forma, la scelta della loro ubicazione, previa descrizione delle caratteristiche tecnologiche e fisiche dei materiali trasparenti oggi presenti in commercio, possa in uno stesso ambiente creare situazioni di comfort o discomfort visivo.

Le variabili del progetto della luce naturale

La maggiore o minore quantità di luce, che un ambiente può ricevere, è funzione di molteplici variabili quali la destinazione d'uso e la morfologia geometrica dell'ambiente, l'ubicazione/dimensione degli elementi trasparenti, l'orientamento dell'edificio e dei relativi ambienti interni, nonché l'ora del giorno e della stagione considerata.

In ambienti con una forma in pianta rettangolare allungata e con finestre poste sul lato corto, ad esempio, si avranno scarse probabilità che la luce naturale proveniente dall'esterno riesca a penetrare fino in fondo all'ambiente. Questa situazione comporta forti disuniformità tra i valori d'illuminamento delle aree poste a ridosso degli elementi trasparenti e quelle più lontane, con conseguenti aumenti di contrasti tra zone di luce e zone d'ombra. Il corretto bilanciamento tra queste due zone è fondamentale al fine di permettere la giusta percezione delle forme; è importante che non si creino né ombre troppo attenuate, che sottoporrebbero l'occhio a inutili affaticamenti per la messa a fuoco e la visione degli oggetti, né ombre troppo forti e marcate che, accoppiate a zone sovra illuminate, possano generare violenti contrasti di luminanza con conseguenti fenomeni di abbagliamento molesto. Viceversa, a causa di ostruzioni esterne, si pensi

ad esempio a un edificio con un'altezza inferiore rispetto a quelli circostanti, l'illuminazione naturale proveniente dagli elementi finestrati verticali, posti sul perimetro della struttura, potrebbe risultare insufficiente per i compiti da svolgere. In entrambi i casi, sarà necessaria la scelta di un'illuminazione di tipo zenitale, mediante l'utilizzo di lucernai orizzontali, al fine di avere una distribuzione di lux molto più uniforme in pianta e risolvere contemporaneamente entrambe le problematiche sollevate in precedenza.

Un altro aspetto che caratterizza il giusto apporto di luce naturale all'interno degli edifici e garantisce il comfort visivo degli occupanti è sicuramente l'orientamento degli elementi vetrati. In questo caso, è molto importante considerare l'interazione che si crea tra la progettazione illuminotecnica e quella termica degli ambienti interni. Le superfici trasparenti, che consentono l'ingresso della luce, presentano dal punto di vista termico dei valori di trasmittanza molto inferiori rispetto a quella degli elementi opachi dell'involucro edilizio e, contemporaneamente, sono i responsabili del cosiddetto effetto serra, fenomeno fisico molto gradito nella stagione invernale per i guadagni di energia termica che riesce ad apportare all'interno degli ambienti e intenzionalmente sfruttati nella progettazione bioclimatica. Molto spesso, per questo motivo, gli elementi trasparenti di maggiore superficie, sono ubicati privilegiando l'esposizione verso sud, soprattutto nella progettazione di edifici in climi freddi, cercando contemporaneamente di ridurre al massimo le superfici delle aperture verso nord. Eppure, nel caso in cui ci trovi a dover realizzare abitazioni in cui, per cause esterne, quali morfologia del suolo e/o del contesto urbano circostante, non sia possibile ricevere luce direttamente da sud, si è di fronte ad una vera e propria sfida da affrontare e bisognerà fare in modo di illuminare comunque gli spazi interni da abitare in maniera corretta.

Esempio emblematico del superamento di tale problema si rivela il progetto della Casa Girasole, progettata dallo studio spagnolo Cadaval y Solà-Morales e realizzata nel 2014 (Fig.6). In questo caso, l'edificio ubicato sulla Costa Brava al confine con la Francia ha la caratteristica di essere completamente orientato a nord. I progettisti, mediante un accurato studio della disposizione e degli orientamenti degli ambienti interni e grazie all'utilizzo di un patio centrale, hanno superato gli ostacoli dovuti all'orientamento forzato dell'edificio. I volumi cubici, ruotando intorno ad un cortile baricentrico che porta luce e calore in casa, definiscono l'immagine di un gigantesco girasole che si comporta come un grande collettore solare (Fig.7).

Un problema inverso si riscontra, viceversa, in quegli edifici con aperture molto grandi orientate a sud in climi caldi. Infatti, come verificato nella simulazione effettuata, oltre a portare fenomeni di surriscaldamento termico all'interno degli ambienti, tali aperture possono essere causa di discomfort visivi dovuti a fastidiosi abbagliamenti che potrebbero verificarsi all'interno dell'ambiente. Per ovviare a tale fenomeno, si potrà intervenire o sulla conformazione dell'involucro edilizio mediante l'applicazione di schermature solari, oppure direttamente sui materiali che costituiscono gli elementi trasparenti.

Calcolo e controllo dei valori di illuminamento all'interno degli ambienti

Il progetto illuminotecnico della luce naturale degli ambienti, dunque, sarà caratterizzato dal controllo della quantità di luce attraverso il calcolo del valore degli illuminamenti orizzontali, e, di conseguenza, dal controllo dell'abbagliamento che può crearsi a causa di contrasti di luminanza troppo accentuati. Date le variabili in gioco, è però impossibile stabilire con assoluta certezza i lux interni in un determinato giorno dell'anno e ad un'ora prefissata. Per ovviare a tale problematica, il progettista illuminotecnico, può avvalersi di una grandezza specifica chiamata Fattore di Luce Diurna (FLD).

Tale fattore, presuppone a sua volta la conoscenza delle caratteristiche intrinseche dei materiali, delle dimensioni

che costituiscono le aperture dell'involucro e dei coefficienti di riflessione del soffitto, del pavimento e delle pareti interne che costituiscono l'ambiente considerato. Per la valutazione dei fenomeni di abbagliamento, invece, ad oggi esistono due indici: il DGI (Daylight Glare Index) ed il DGP (Daylight Glare Probability), ma entrambi non sono ritenuti idonei ad un calcolo rigoroso di tale valore. Il controllo della quantità di luce all'interno degli ambienti, una volta conosciute le condizioni al contorno dell'ambiente circostante, può essere effettuato tramite l'aumento delle superfici vetrate nel caso di valori di illuminamento troppo bassi, o viceversa, sia utilizzando opportune schermature solari, che scegliendo specifici vetri da installare nelle aperture esposte a sud, in modo da non ridurre la superficie totale dell'elemento trasparente ed evitare fenomeni di sovrailluminamento (Fig.8). In particolare, la conoscenza del coefficiente di trasmissione luminosa dell'elemento trasparente permette di comprendere il valore approssimativo del livello d'illuminamento interno al locale, una volta noto l'illuminamento in un punto dell'ambiente esterno circostante attraverso il Fattore di Luce Diurna (FLD)

$$FLD = E_i/E_e$$

dove:

FLD = Fattore di luce diurna (%)

E_e = livello di illuminamento esterno (lux)

E_i = livello di illuminamento interno (lux)

Questo valore è costante, indipendentemente dall'ora del giorno e dal periodo dell'anno.

L'indice di selettività spettrale, o Light to Solar Gain Ratio (LSG), indica il rapporto tra la trasmissione luminosa e il fattore solare del materiale. Pertanto:

$$LSG = \tau_v/g$$

dove:

LSG = Light to Solar Gain Ratio o indice di selettività spettrale (%)

τ_v = coefficiente di trasmissione luminosa (%)

g = Fattore solare (%)

Il fattore solare e la trasmissione luminosa, pertanto, sono direttamente proporzionali tra loro.

Prodotti dotati di un elevato LSG trasmettono un'alta percentuale della radiazione luminosa incidente ed una frazione modesta della radiazione totale. In questo modo, è possibile ottimizzare le esigenze di illuminazione naturale e di contenimento degli apporti termici solari e, dunque, un valore elevato di selettività è favorevole nelle zone climatiche calde e temperate. Dunque, c'è sempre la scelta dei materiali e delle relative caratteristiche alla base del progetto come presupposto imprescindibile per obiettivi di qualità.

L'orientamento dei locali: casi studio

Nel presente paragrafo, verrà brevemente illustrato il caso studio di un ambiente residenziale adibito a soggiorno-pranzo. In particolare, verranno analizzate le problematiche relative a due ambienti aventi diverse disposizioni, tipologie ed orientamento delle superfici vetrate. Nel primo caso, il locale è esposto a nord tramite una finestra di dimensioni 135 x 120 cm e ad ovest, mediante una piccola portafinestra di dimensioni 60 x 200 cm. Anche se a prima vista sembrerebbe un ambiente che non necessiti di un'accurata progettazione illuminotecnica, le piccole dimensioni della portafinestra sulla parete ovest crea non pochi problemi in termini di abbagliamento e sovrailluminamento di determinate parti del locale, con il risultato finale di un discomfort visivo in alcune ore di certi periodi dell'anno. La simulazione ed il calcolo illuminotecnico, in condizioni di cielo sereno (al fine di valutare eventuali fenomeni di abbagliamento), è stata condotta in data 22/05/2017 alle ore 19:00. La scelta della data è stata dettata dalla volontà di simulare i risultati che si avrebbero in periodo

a cavallo tra la stagione primaverile e quella estiva, mentre quella dell'orario è nata dall'esigenza di considerare il massimo dell'illuminamento in termini di lux per la parete esposta ad ovest. A corredo dei dati ricavati dalla simulazione, è stato effettuato contemporaneamente un rilievo fotografico per confrontare la realtà con i dati raccolti dal software di calcolo. La piccola apertura rivolta ad ovest consente il passaggio dei raggi solari in maniera concentrata ed estremamente direzionale, creando situazioni in cui è elevatissima la probabilità di incorrere in fenomeni di abbagliamento, responsabile anche di temporanea perdita della vista.

Al fine di evitare simili situazioni si può intervenire in vari modi. Innanzitutto, indipendentemente dall'orientamento sarebbe buona norma evitare, già in fase di progettazione, aperture di tali dimensioni, poiché, come si evince anche dalla simulazione effettuata, oltre a favorire fenomeni di abbagliamento, dovuti anche al contrasto di luminanza che si genera tra la superficie limitata dell'apertura ed il resto della parte opaca che è al buio, si determina anche un cattivo illuminamento dell'ambiente a causa di valori medi non ottimali. Inoltre, anche in caso di soddisfacimento dei valori medi dell'illuminamento, vengono a mancare i valori di uniformità della distribuzione della luce, in quanto matematicamente la media è tra due valori estremi, molto discordanti, quelli di una zona fortemente sovrailluminata e quelli di un'area completamente buia. Ne consegue un ambiente non confortevole dal punto di vista illuminotecnico.

Una seconda conclusione, che si potrebbe trarre dall'analisi di questo semplice caso studio, è la valutazione del corretto utilizzo di sistemi schermanti per il controllo del flusso luminoso all'interno dell'ambiente. L'effetto dei tendaggi posti all'interno delle aperture non è sufficiente ad impedire completamente gli effetti abbaglianti. In questo caso, infatti, sarebbe più opportuno l'utilizzo di elementi schermanti esterni che impediscono direttamente l'accesso della luce solare, come ad esempio le tende a pannello. Dalla simulazione effettuata, si evince che l'inserimento di una tenda a pannello a 10 cm dal vetro, montata all'esterno ed abbassata del 50% dell'altezza totale dell'apertura, riesce a ridurre alcuni valori, soprattutto al centro del locale (Figg. 9, 10 e 11). Un secondo caso studio, inoltre, è stata effettuato per analizzare, mediante simulazione, una situazione diametralmente opposta a quello visto in precedenza, sia per l'orientamento delle aperture che per la tipologia d'intervento, finalizzato a controllare l'apporto di luce all'interno dell'ambiente.

In particolare, è stato analizzato un ambiente destinato a zona giorno di un edificio unifamiliare residenziale, ubicato a Napoli, dotato di un'ampia vetrata sul lato sud per favorire gli apporti energetici solari durante la stagione invernale. La simulazione è stata effettuata in data 21 Dicembre alle ore 13:00, data del solstizio d'inverno, al fine di avere contemporaneamente la massima incidenza solare giornaliera e un valore minimo del valore dell'altezza solare annuale. Le finalità del calcolo, sono state quelle di mostrare i valori d'illuminamento massimi che si possono raggiungere in tale periodo dell'anno in condizione di cielo sereno, e come, con opportune scelte del tipo di materiali trasparenti, siano stati attenuati i valori di picco degli illuminamenti. Attraverso l'utilizzo di vetri a controllo solare sull'apertura esposta a sud, si ottiene l'ottimizzazione dei livelli di illuminamento che determina sensibili riduzioni delle probabilità che si verifichino casi di abbagliamento. Data la finalità della simulazione, che è quella di evitare fenomeni di abbagliamento dovuti a sovrailluminamenti, si specifica che non è stato tenuto in considerazione il calcolo del valore dell'FLD, fattore di luce diurna, che, sarà sicuramente rispettato.

Si riportano di seguito, il modello utilizzato (Fig. 12), i valori degli illuminamenti all'intero dell'ambiente con l'utilizzo di un vetro semplice (Fig. 13 - sinistra), e i valori di illuminamento con l'utilizzo di vetri a controllo solare tripli con un coefficiente di trasmissione pari a 42,7% ed

un coefficiente di riflessione pari a 18,7 % (Fig. 13 - destra). Dai dati ottenuti, si può concludere che, senza l'utilizzo di ostruzioni esterne o interne, la scelta di un vetro con caratteristiche simile a quello utilizzato nella presente sperimentazione, può ridurre i valori dell'illuminamento in prossimità di gradi aperture: in particolare, in questo esempio, si è passati dai 20000 lux si 5000 lux in prossimità della finestra.

Conclusioni

Nel campo del linguaggio ancora nuovo ed innovativo che la simulazione tende sempre più ad affermare, le parole di Galilei "misura ciò che è misurabile e rendi misurabile ciò che non lo è" risuonano come un insegnamento che apre al cambiamento. La misurabilità dei fattori che parametrano qualità della luce e qualità dello spazio, oggi, appaiono come un aspetto fondamentale ed imprescindibile nella progettazione che, nel misurare ciò che non era misurabile, costituiscono uno strumento di garanzia di qualità dello spazio progettato. Con il suo misurare e ipotizzare misurando, la simulazione acquista un valore strumentale nel progetto dello spazio da abitare, in quanto permette di individuare le potenzialità della luce e di ottimizzarle in relazione ai limiti degli ambienti. In un approccio sinergico capace di controllare dimensioni dello spazio ed effetti della luce, si delinea un percorso progettuale che tende a coniugare qualità e comfort, che altrimenti si otterrebbero esclusivamente tramite un approccio di tipo empirico. Non può bastare l'osservazione di situazioni ambientali apparentemente analoghe e talvolta può addirittura portare a conclusioni completamente errate. Ciascuna soluzione spaziale è studiata analizzata ed infine verificata attraverso gli output del software stesso, in una nuova e singolare esperienza di conoscenza, che si presenta anch'essa dilatata e arricchita dal "parlare con i dati", nel momento del passaggio dall'idea progettuale alla definizione compiuta. I dati numerici, infatti, costituiscono a tutti gli effetti un tipo di linguaggio, spesso sottovalutato, che materializza l'approccio e gestisce l'intervento in termini di performance, per massimizzare prestazioni attese e comfort visivo. Ed è proprio la conoscenza a richiedere approfondimenti che non possono prescindere da valutazioni numeriche e che orientano la fase conoscitiva verso la scienza.