GRAPHICA
CURITIBA, PARANÁ - BRASIL 2007

LUCI ED OMBRE TRA ARCHITETTURA E DISEGNO

Salvatore Barba
UNISA - Università degli Studi di Salerno (Italia), Dipartimento di Ingegneria Civile
sbarba@unisa.it

ABSTRACT

Impostando e collocando le luci, visualizzando le ombre, sono stato studiate nuove possibili *rappresentazioni complesse*: non semplici modellazioni con le superfici solo colorate dalle ombre, di grande efficacia scenografica ma senza nessuna ricaduta ingegneristica. Con l'immissione della longitudine e della latitudine, della data e dell'ora si è tracciata in maniera realistica la posizione del sole, per poter così studiare, in qualsiasi momento della giornata, gli effetti dell'illuminazione e delle ombre sui diversi elementi architettonici. Successivamente, posizionando la luce solare, con diverse intensità, si è sperimentato l'impiego delle metodologie di informatica grafica per la produzione di elaborati grafici, come le rappresentazioni 'a farfalla' e le mappe delle ombre, verificati poi sia in fase progettuale che di rilievo.
Parole-chiave: luce solare, teoria delle ombre, rappresentazioni a farfalla.

RESUMEN

En este trabajo han sido evaluadas nuevas representaciones, diseñando y mostrando las luces y las sombras; no simples modelos tridimensionales con las caras solamente coloreadas con las sombras, las cuales son de gran eficacia escenográfica pero sin ninguna utilidad en el proyecto. Con la introducción de la longitud y de la latitud, de la fecha y de la hora, se ha trazado de una manera realista la posición del sol, para poder así estudiar, a cualquier hora del día, los efectos de la iluminación y de las sombras sobre los diversos elementos arquitectónicos. Además, con el tratamiento digital de estas imágenes y específicamente por medio del comando *luz solar*, se ha llegado a la representación como mariposa y los mapas de las sombras; posteriormente verificadas como dibujos para un proyecto y un levantamiento.
Palabras-llave: luz solar, teoría de las sombra, representación como mariposa.

1 Introduzione

La luce crea ombre e, quindi, plasticità, genera sensazioni spaziali e più in generale possiamo affermare che è attraverso la luce che l'architettura prende vita. Per questo, per non far mai mancare alle nostre opere tale elemento vitale, tutte le sorgenti luminose, si tratti di luce artificiale o naturale (finestre, balconi, lucernari, ecc.), oltre ad avere determinate caratteristiche dovranno essere posizionate ed attrezzate opportunamente.

Lo studio e la progettazione dell'illuminazione naturale o *daylighting*, comincia con l'analisi del percorso del sole durante il giorno e nei vari periodi dell'anno. Il principio basilare è che da un determinato punto interno dell'edificio si possa vedere una sufficiente porzione di cielo; un altro criterio, efficace soprattutto nel caso di nuove costruzioni che vadano ad ostruire parzialmente la vista del cielo di un edificio preesistente, consiste nel calcolare la posizione della no-sky line.

Gli studi che si sono susseguiti hanno permesso di individuare i due principali fattori per un corretto utilizzo della luce naturale: l'orientamento della facciata ed il rapporto distanza/altezza rispetto agli edifici circostanti. L'ubicazione, la sagoma e l'altezza dell'edificio, inoltre, determinano l'adeguato sfruttamento dell'energia solare rispetto al percorso del sole, influendo sulle zone di massima insolazione e le zone d'ombra, dovute, queste ultime, ad ostacoli verticali e ad oggetti orizzontali come i *light shelves* o i *brise soleil* (Figura 1).

L'architectural lighting, nata negli ultimi anni, si pone come scopo non solo la comprensione completa della luce, delle sue qualità, degli effetti fisici e psicologici sulle persone, ma anche lo studio delle tecnologie e degli strumenti, sempre in continua evoluzione, per una completa definizione e rappresentazione di luci e di ombre. La disponibilità di nuovi strumenti di analisi, se correttamente impiegati, ci consente, già in fase 'virtuale', di convogliare e diffondere l'eccesso della luce naturale o piuttosto di evitarlo semplicemente; ad esempio, l'impiego di tecniche infografiche avanzate applicate allo studio dell'illuminazione a luce diurna, permette di dosare la quantità di luce solare ed orientarla in modo uniforme. [1]

Ma l'evoluzione degli strumenti e delle tecniche di rappresentazione contribuiscono non solo a studiare tutti gli effetti della luce ma anche ad arricchire l'architettura con la stessa luce. Così la disposizione di un proiettore, posto di fronte ad un edificio e che proietta sullo stesso una serie di immagini, rendono l'architettura movimentata nella sua forma ed ogni volta diversa: è forse questo l'esempio più ricco ed emblematico della luce intesa come elemento architettonico.

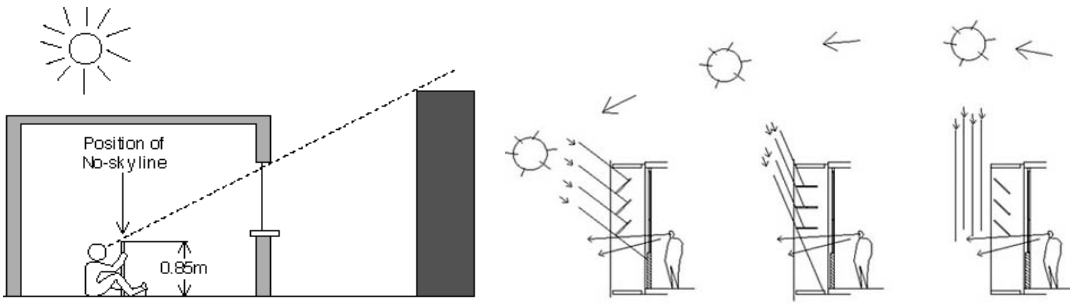

Figura 1: Individuazione della “no-sky line” e studio dei raggi solari su una facciata con *brise soleil*.

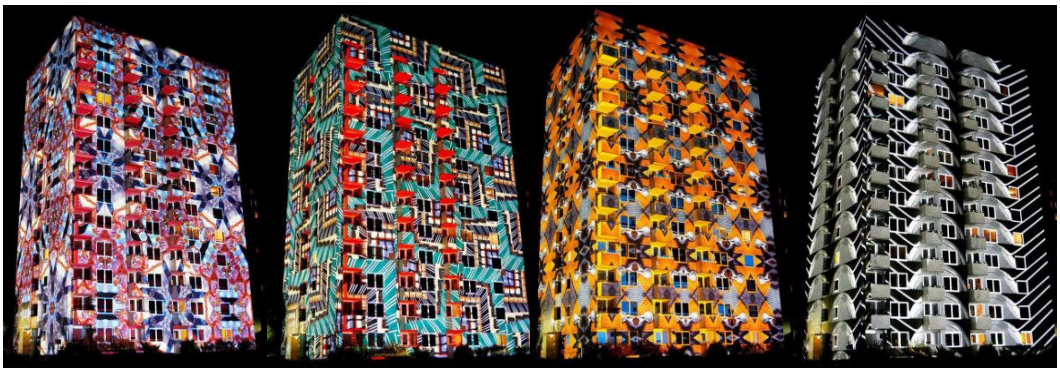

Figura 2: Esempio della proiezione di quattro diverse immagini sullo stesso edificio.

A Francoforte, in Germania, durante il festival *Luminale* che si tiene a conclusione della fiera *Luci e Costruzioni*, raggi di luce sono proiettati su grattacieli ed edifici: ecco allora che la luce, oltre ad essere il mezzo principale per il rinnovamento di una facciata architettonica o di un via, è, allo stesso tempo, un mezzo di comunicazione, anche pubblicitaria, ed uno strumento capace di una continua evoluzione compositiva (Figura 2).

Dall’esempio precedente, si può comprendere che la luce in sé non è un vero elemento architettonico e compositivo fino al momento in cui non incontra un edificio. La luce, infatti, non è percettibile senza un mondo di oggetti che la rendono visibile: è l’ombra a dare rilievo, espressione alle cose, rafforzando la percezione della profondità, non solo nella realtà, ma anche in rappresentazioni puramente bidimensionali. L’ombra si adopera a creare l'effetto plastico su qualsiasi forma o architettura, che priva, rimarrebbe piatta, venendo a mancare l'elemento vitale.

Perciò, la teoria delle ombre, quella basata su esatti principi geometrici, completa con le ombre la forma volumetrica di ciò che si è precedentemente raffigurato con uno qualsiasi dei metodi di rappresentazione. Anche in un lettore non tecnico, l'opposizione tra luci ed ombre farà aumentare l’impressione, la sensazione che le figure rappresentate abbiano un volume, ancor di più se si procede distinguendo tra le ombre *portate* e quelle *autoportate*.

Infatti, l’uso delle ombre nella rappresentazione offre un ulteriore mezzo di lettura del grafo. In particolare le ombre *autoportate* offrono informazioni essenziali sulle articolazioni plastiche degli edifici, le ombre *portate* sulla posizione e sulla dislocazione in profondità delle diverse superfici, suggerendo la distanza tra le diverse forme e lo spazio che le circonda. Come vedremo la rappresentazione delle ombre, che a molti potrebbe sembrare non più attuale o solo un complemento rispetto agli usuali elaborati grafici, offre non solo un efficace contributo per una corretta rappresentazione del manufatto, ma, diventa un elemento stesso della progettazione.

2 Revisione Bibliografica

In tutti i movimenti dell’architettura moderna è sempre presente un’attenzione esplicita per una corretta illuminazione, in molti casi come studio per un’illuminazione naturale. Le Corbusier nel lontano 1923 teorizzò che «gli elementi architettonici sono la luce e l’ombra, il muro e lo spazio» e più tardi che l’architettura è un «gioco sapiente dei volumi assemblati sotto la luce». [2]

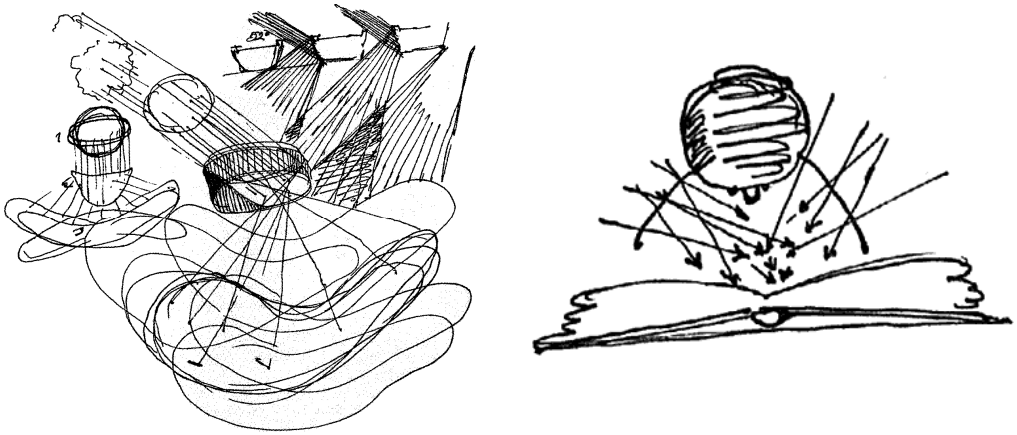

Figura 3: Schizzo di Alvar Aalto, e particolare, per la biblioteca municipale di Viipuri.

Anche un altro maestro, Alvar Aalto, mostrò, già dalle sue prime opere, un'eccezionale sensibilità alla luce. Il fattore illuminazione è uno dei temi centrali dell'architettura aaltiana sin dal sanatorio di Paimio e dalla biblioteca di Viipuri: a Paimio la luce diretta era tenuta lontana dalla testa del paziente, mentre i soffitti erano colorati per ridurre il riverbero; analogamente, per ottenere una luce uniformemente riflessa, le sale principali di lettura della Biblioteca di Viipuri erano sempre illuminate con luce indiretta (di giorno da lucernari imbutiformi, 57 conoidi che foravano il solaio di copertura). Gli schizzi del 1927 (Figura 3) ben evidenziano lo studio fatto da Aalto per questa illuminazione, progettata in modo tale che la luce che penetra all'interno dell'ambiente non è diretta ma diffusa ed omogenea, non crea zone d'ombra e, per qualsiasi posizione del lettore, la vista non è disturbata. Interessanti sono i suoi scritti in proposito: «Il fattore principale da considerare è quello dell'occhio umano. Una biblioteca può essere ben costruita e tecnicamente funzionale anche se il suddetto fattore non è tenuto in considerazione, ma dal punto di vista architettonico non sarà mai una biblioteca fin tanto che non sia affrontato in modo soddisfacente la principale funzione umana che in tale edificio si svolge, vale a dire la lettura di libri. L'occhio è solo una piccola parte del corpo umano, certo è la più sensibile e forse la più 'importante'. Usare luce naturale o artificiale in modo inadeguato all'uso previsto e capace di danneggiare la vista, significa fare architettura reazionaria, anche quando l'edificio abbia grandi pregi da un punto di vista costruttivo». [3]

Quanto esposto in continuazione deve essere considerato come una conseguenza diretta della Teoria delle ombre, adattata alle nuove tecnologie in modo da spostare la nostra attenzione dalle ombre alle luci; come già affermato [4], il digitale ha riportato alla luce...le ombre. L'approccio proposto è semplice: la luce è rappresentata per quella che è, un fenomeno fisico e non un artificio necessario ad abbellire la rappresentazione. Perché non può che essere così! Infatti, quando disegniamo una pianta rappresentiamo i pilastri secondo le dimensioni fornite dai calcoli e non certo secondo valutazioni strumentali alla ricerca di un'armonia. Altrimenti, invece di parlare di 'realtà virtuale' dovremmo parlare di semplice 'virtuale', o peggio ancora cadremo nell'accezione negativa di questo termine. I primi risultati di questo approccio sono in parte nell'articolo presentato ad INGEGRAF 2005; altri studi sono stati poi concepiti ed eseguiti.

3 La posizione del sole

La teoria della rappresentazione prevede, come sappiamo, una grande semplificazione per quanto riguarda le ombre che, per effetto della luce solare si creano sull'edificio, su altri edifici adiacenti e sul terreno. La semplificazione, attesa la grande distanza del sole dalla terra, consiste nel considerare la sorgente luminosa puntiforme ed infinitamente distante, assunta cioè come un punto improprio; di conseguenza i raggi di luce saranno tutti paralleli tra loro. Questa approssimazione comporta la possibilità di trascurare, almeno in un primo momento, le penombre che pur esistono ed hanno dimensioni rilevabili.

Però il sole, pur considerato all'infinito, nel corso e durante i giorni non ha sempre la stessa posizione, ed è questa la vera problematica da affrontare: determinare l'esatta posizione del sole! La sua rappresentazione sarà quella di una direzione, un punto improprio, di posizione variabile; ne deriva che esso sarà rappresentato in proiezioni mongiane ed in assonometria da due direzioni variabili, in proiezione quotata da una sola direzione variabile, e in prospettiva da un punto proprio. [5]

La direzione del sole può essere facilmente individuata mediante le sue coordinate angolari: l'angolo δ che la proiezione sul piano orizzontale della direzione luminosa – la congiungente sole-terra nel sito di riferimento – forma con quella di una direzione prefissata (*azimut del sole* o *azimut solare*) e l'angolo σ che la direzione luminosa forma con il piano orizzontale (*inclinazione della luce* o anche *altezza del sole*). Questo ci permette di determinare le ombre in qualsiasi momento del giorno e dell'anno una volta rappresentata la precisa posizione del sole, vale a dire le immagini, nel metodo adottato, della direzione ℓ dei raggi luminosi nello spazio tridimensionale (il sole sarà il punto improprio di questa direzione). Si tratta perciò di un'operazione basata, in qualsiasi metodo, su un ribaltamento sul quadro della rappresentazione.

Quindi, precisata la posizione del sole con il comando 'luce solare' di Figura 4, illustriamo, con due applicazioni – un caso di progettazione ed uno di rilievo urbano – come si sviluppano e specificano le relative costruzioni grafiche.

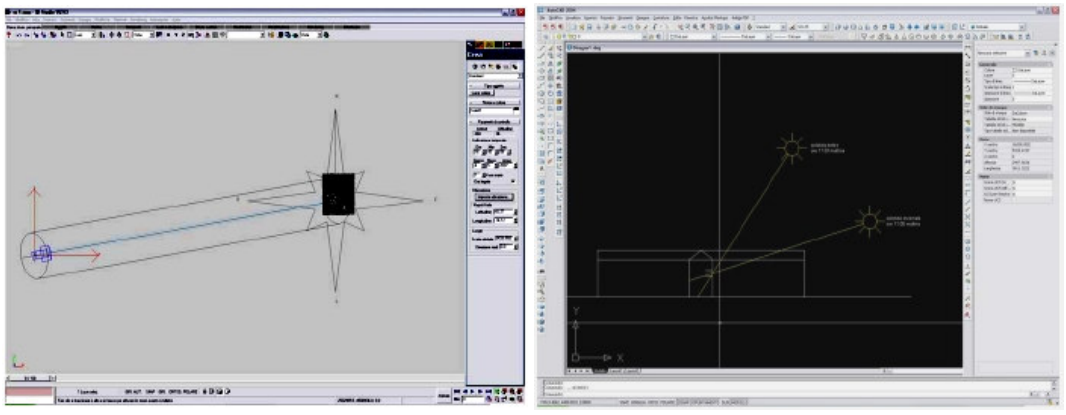

Figura 4: Posizionamento e inclinazione della *luce solare* con 3D Studio Viz della Autodesk.

3.1 Studio delle ombre per la progettazione di impianti Fv

Per la progettazione di un impianto fotovoltaico, ad esempio, è di fondamentale importanza conoscere i parametri che definiscono i percorsi descritti dal sole nei diversi periodi dell'anno, al fine di determinare la potenza di energia solare incidente su una superficie inclinata, con un certo angolo, con un certo orientamento e in un determinato sito, in quanto le prestazioni dell'impianto dipenderanno dalle locali condizioni di insolazione.

Prima dell'installazione di un impianto è perciò importante conoscere le zone in luce e in ombra al fine di garantire una resa ottimale; le ombre, infatti, possono causare delle riduzioni, momentanee o permanenti, piuttosto pesanti della produzione energetica. Questa problematica, ovvero, la gestione degli ombreggiamenti, è legata alla dinamicità delle ombre che si muovono sull'impianto fotovoltaico seguendo l'orientamento del sole. Tale movimento può essere previsto e calcolato con esattezza attraverso lo studio dell'andamento delle ombre.

In questo primo lavoro qui presentato, lo studio delle ombre è sviluppato sulla copertura di un edificio (tetto a tre falde, due inclinate ed una orizzontale), utilizzando il programma AutoCAD della Autodesk ed un software per il calcolo della posizione del sole: gli angoli di *azimut* ed *inclinazione* solare. Lo studio è stato effettuato nei giorni in cui cade il solstizio e l'equinozio di inverno e di estate (21 Giugno, 23 Settembre, 21 Marzo, 21 Dicembre), in diversi orari della giornata, per comprendere meglio, al variare della posizione terrestre rispetto al sole, l'andamento delle ombre autoportate dovute ad ostacoli verticali presenti all'extradosso della copertura quali le fecali, i tubi di ventilazione secondaria e i comignoli.

Questi nello specifico i parametri angolari per la corretta definizione posizionale della superficie Fv nello spazio: la latitudine del sito, l'azimut solare δ, l'altezza solare σ con il semiasse sud ($\sigma > 0$ quando il sole è verso est, $\sigma < 0$, quando il sole è verso ovest), l'azimut superficiale del piano e l'inclinazione della superficie in oggetto β. L'elaborazione è stata svolta con riferimento, e calcolando (Tabella 1), i parametri posizionali di latitudine, longitudine ed altitudine della città di Salerno: 40,681°; -14,761°; 4m; (utc+1; valori che si possono più semplicemente rilevare dal sito web: meteotitano.net).

Tabella 1: Dati delle simulazioni.

21 GIUGNO ORE 10:00	AZIMUT: 135,2°	INCLINAZIONE: 66,2°
23 SETTEMBRE ORE 10:00	AZIMUT: 157,2°	INCLINAZIONE: 45,7°
21 MARZO ORE 10:00	AZIMUT: 119,6°	INCLINAZIONE: 29,1°
21 DICEMBRE ORE 10:00	AZIMUT: 149,2°	INCLINAZIONE: 18,3°
21 GIUGNO ORE 13:00	AZIMUT: 219,5°	INCLINAZIONE: 68,9°
23 SETTEMBRE ORE 13:00	AZIMUT: 204,8°	INCLINAZIONE: 46,8°
21 MARZO ORE 13:00	AZIMUT: 199,2°	INCLINAZIONE: 47,6°
21 DICEMBRE ORE13:00	AZIMUT: 195,4°	INCLINAZIONE: 24,3°
21 GIUGNO ORE 17:00	AZIMUT: 279,1°	INCLINAZIONE: 26,5°
23 SETTEMBRE ORE 17:00	AZIMUT: 261,4°	INCLINAZIONE: 10,2°
21 MARZO ORE 17:00	AZIMUT: 258,6°	INCLINAZIONE: 13,0°
21 DICEMBRE ORE 17:00	AZIMUT: 242,9°	INCLINAZIONE: -4,7°

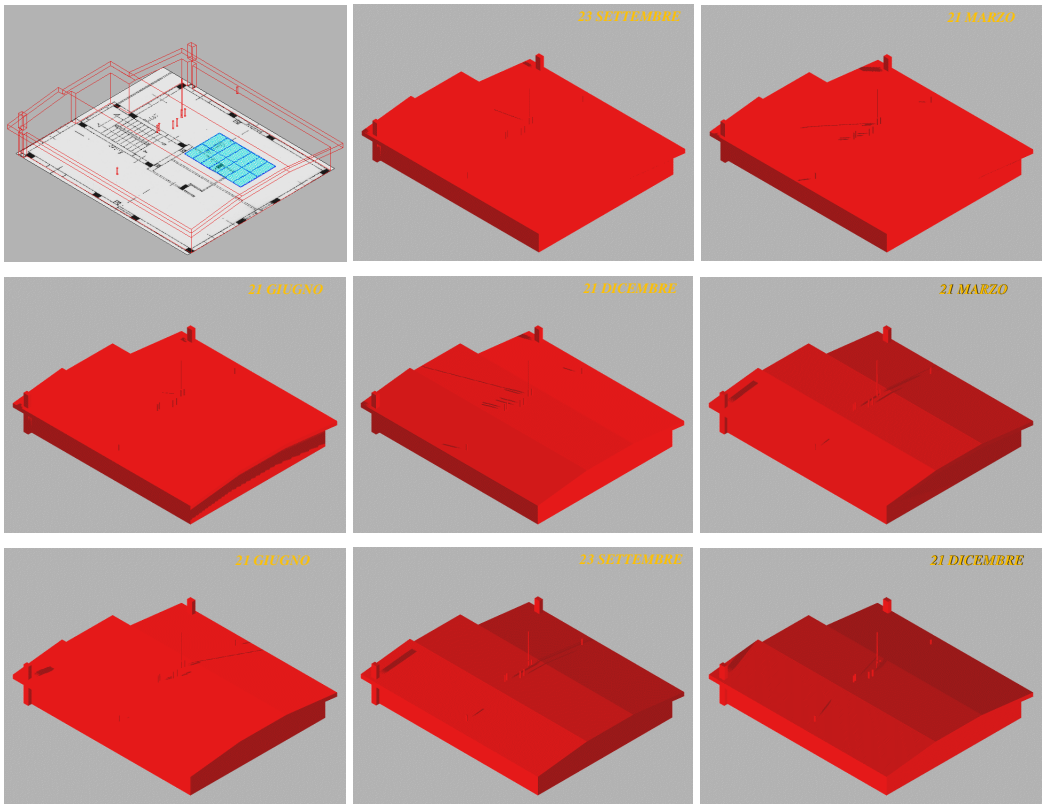

Figura 5: Rappresentazioni tridimensionali delle ombre autoportate alle ore 10 e 17.

A valle di questa applicazione è stato possibile eseguire anche lo studio del rendimento istantaneo, considerando, in più orari della giornata, le diverse possibili condizioni climatiche: sereno, poco nuvoloso, nuvoloso, molto nuvoloso. Così operando e dai prospetti di output – che qui si riportano in piccola parte in Figura 5 – si possono estrapolare di volta in volta dati utili per indirizzarci opportunamente, a seconda delle circostanze, nella difficile fase di scelta progettuale.

Per la sperimentazione è stata individuata la parte piana della copertura, con esposizione rivolta verso Sud (direzione ottimale per sfruttare al meglio la radiazione solare), considerando un'inclinazione dei pannelli fotovoltaici pari a $\beta = 0°$ per ottenere la migliore integrazione possibile, da un punto di vista architettonico, ambientale e paesaggistico. Disponendo, invece, la superficie captante in più file parallele, con $\beta \neq 0°$, sarà possibile garantire una maggior flessibilità nel posizionamento del generatore fotovoltaico, però tale disposizione presenta degli inconvenienti per le file secondarie. Dall'analisi delle caratteristiche delle componenti della radiazione solare si può notare che la porzione di cielo vista dalle file secondarie è in parte oscurata dalle file precedenti (questo comporta che il generatore fotovoltaico riceve solo una parte di radiazione diffusa e la radiazione riflessa è nulla); la componente diretta dovrà essere valutata mediante lo studio delle *ombre sistematiche*, che consente un corretto posizionamento delle file parallele e quindi di evitare possibili ombreggiamenti reciproci. Nella Figura 6 è rappresentata l'ombra prodotta da una superficie di lunghezza X, inclinata rispetto al piano orizzontale di un angolo β.

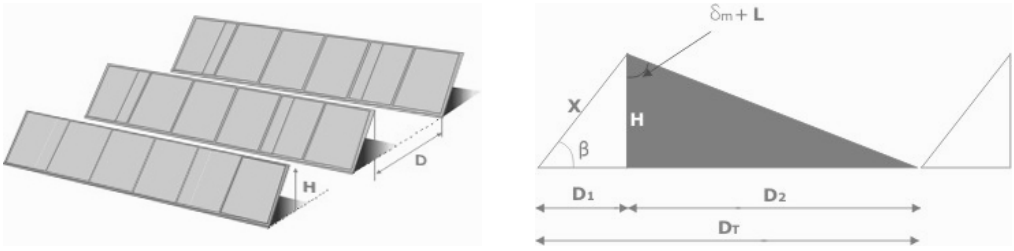

Figura 6: Il triangolo delle ombre.

Per ottimizzare l'area occupata e contenere le perdite dovute ad ombreggiamenti, bisogna specificare la distanza tra le file parallele a partire dalla considerazione che l'ombreggiamento è nullo alle ore 12 del giorno del solstizio d'inverno. La distanza minima per il posizionamento con $\beta \neq 0°$ sarà data da $\boxed{D_{min} = H \tan(\delta_m + L)}$ (dove L è la latitudine del sito e con $\delta_m = 23{,}5°$ si indica l'inclinazione al solstizio invernale, cioè il periodo in cui il sole si trova alla minima elevazione e produce l'ombra portata più lunga) e si ricaverà graficamente dal *triangolo delle ombre*.

3.2 Le mappe delle ombre per il rilevamento urbano

Il ruolo fondamentale della luce nel concorrere a determinare l'immagine di un ambiente o di un sito la rende parte integrante di quell'ambiente o di quel contesto urbano. Così per questo secondo tema di applicazione – il rilievo urbano della Piazza Flavio Gioia di Salerno – le ombre, portate a terra dagli edifici che si affacciano su questo slargo, sono state realizzate a partire da un modello tridimensionale semplificato rappresentante i manufatti; in seguito, in questo stesso modello prodotto in ambiente AutoCAD, sono state tradotte in realtà le ombre automatiche scegliendo dei giorni significativi dell'anno e delle opportune ore del giorno.

Si è impostato il comando luci, in modo da rispettare le precedenti approssimazioni, imponendo il tipo di luce come distante e facendo assumere ad essa una diversa inclinazione a seconda delle ore del giorno considerate.

Le ombre sono state concepite sia a partire da una vista dall'alto del modello 3D, sia da una vista tridimensionale con un opportuno ed efficace UCS; effettuate quindi delle stampe digitali le immagini delle ombre sono state poi trattate opportunamente con il programma Adobe Photoshop CS2.

Per quanto riguarda le ombre in vista dall'alto, è stato definito un primo layer – in Photoshop – rappresentante la planimetria di base del contesto urbano in esame; invece, per le ombre in assonometria si è avuta l'attenzione di realizzare un ulteriore livello contenente un'immagine del modello 3D sviluppata per farne risaltare l'effetto volumetrico. In seguito, sono stati sovrapposti altri livelli contenenti le immagini delle ombre realizzate nelle diverse ore del giorno: ognuno di questi livelli è stato trattato applicando una specifica colorazione alle ombre relative a quella determinata ora, ricalcandone solamente il contorno nei casi in cui le ombre invadevano il perimetro di base degli edifici che non erano stati inseriti nell'iniziale rappresentazione 3D.

Figura 7: Rappresentazione 'a farfalla'.

Ogni livello è stato inoltre dotato di un'opportuna opacità in grado di far trasparire il livello sottostante, al fine di permettere un'efficace visione di insieme (*rappresentazioni a farfalla*).

L'opacità del livello è stata scelta in base alla lunghezza dell'ombra associata all'immagine: ai livelli corrispondenti alle ombre più corte, generate dagli edifici nelle ore centrali del giorno, sono state associate delle percentuali di opacità più alte, mentre, a quelle generate nel pomeriggio sono state associate delle percentuali più basse (Figura 7).

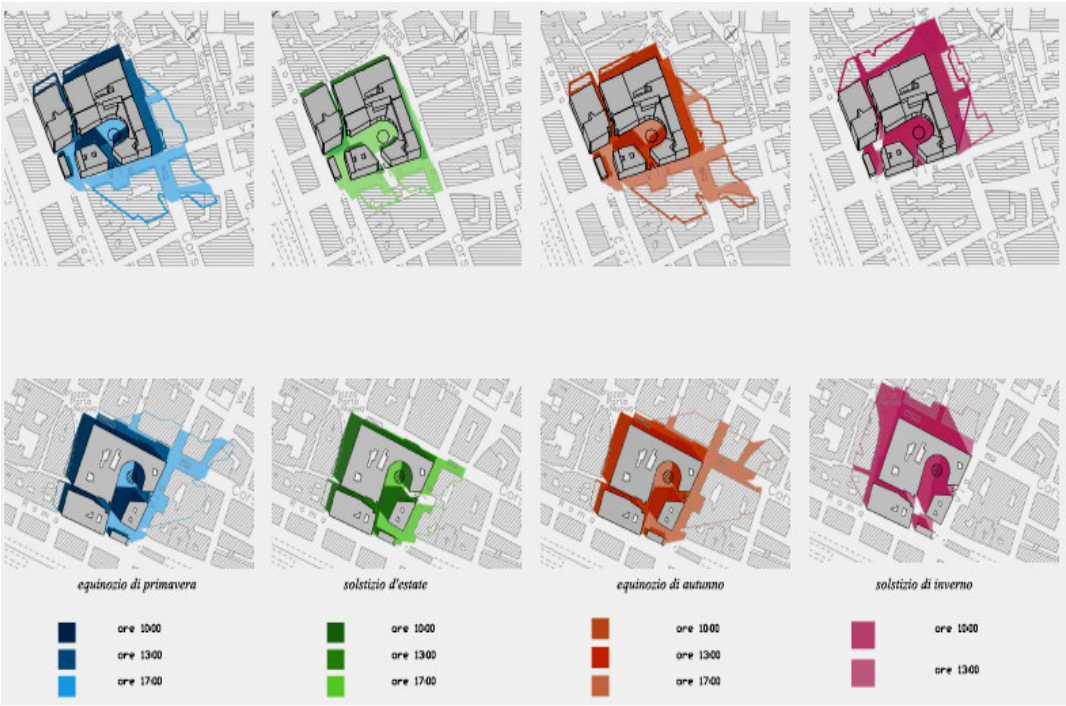

Figura 8: Sovrapposizione delle *mappe delle ombre*.

Il procedimento è stato poi reiterato per tutte le ombre generate nei diversi giorni presi in considerazione usando differenti valori della variabile grafica colore (Figura 8).

L'obiettivo perseguito e successivamente codificato in queste elaborazioni è stato quello di ottenere dei grafici in cui l'intensità del colore con cui si rappresentavano le ombre fosse proporzionale all'angolo di incidenza dei raggi solari: molto schematicamente si è trattato di rafforzare il valore del colore delle ombre generate nelle ore centrali del giorno e di sfumare quello delle ombre generate durante il pomeriggio.

4 Considerazioni finali

Si è verificato che le cosiddette rappresentazioni 'a farfalla', che quì abbiammo introdotto, come anche le mappe delle ompre e più nello specifico il triangolo delle ombre, sono tutte rappresentazioni di grande ausilio nella comprensione e visualizzazione delle ombre proiettate (portate ed autoportate), in quanto, consentono di individuare e rappresentare, con dettaglio mensile, le proiezioni delle ombre generate da un qualsiasi ostacolo architettonico nell'arco temporale di un intero anno. In sintesi, oltre a richiamare con immediatezza la realtà che rappresentano risultano anche adeguate a fornire idicazioni di natura proggetuale.

Ringraziamenti

Ringrazio l'arch. Maria de Fatima Sabaini Gama, dottoranda del diciv; a lei, in particolare, si devono le elaborazioni di Figura 4.

Riferimenti Bibliografici

[1] CARLUCCIO, Carolina. **Educazione all'immagine**. Cues, Salerno 2004.

[2] LE CORBUSIER. **Verso una architettura**. Longanesi, Milano 1973.

[3] BARBA, Salvatore. **Dai suoi disegni di viaggio si vede che Aalto amava l'Italia**. In (a cura di) BARBA S. e MESSINA B., *Il disegno dei viaggiatori*, pp. 43-54, nella Collana 'Incontri sul disegno' diretta da Vito CARDONE. Cues, Salerno 2005.

[4] BARBA Salvatore. **Le rappresentazioni complesse: luci e proprietà delle superfici**, Congreso Internacional XVII INGEGRAF - XV ADM, 1-3 giugno 2005, pp. 7, Relazione pubblicata nel CD, US. Sevilla 2005.

[5] CARDONE, Vito. **Teoria delle ombre**. Cuen, Napoli 1997.