



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile – Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi

RECLADDING LODI TOWER

Riqualificazione funzionale ed energetica di un edificio a torre

RELATORE: Prof. Emilio PIZZI

CORRELATORE: Ing. Pierpaolo RUTTICO

Allievi laureandi:

Alice Lucrezia BORSARI 755544

Paola Miranda MODINA 748489

Anno Accademico 2011/2012

Indice generale

ABSTRACT	10
CAPITOLO 1	
COMPUTATIONAL DESIGN	12
1.1 Algoritmi generativi	12
1.2 Strumenti di progettazione parametrica	15
1.3 Fabbricazione digitale	16
CAPITOLO 2	
PARAMETRIC FORM FINDING	18
2.1 Parametric Design	18
2.2 Generative Performance Based Design System	19
2.3 Caso di studio	21
CAPITOLO 3	
TORRE LODI	24
3.1 Il paesaggio lodigiano	24
3.2 Il contesto urbano	26
3.3 Viabilità e accessi	29
3.4 Stato di fatto	31
CAPITOLO 4	
L'INTERVENTO DI RECLADDING	33
4.1 Esempi d'intervento di recladding	34
4.1.1 Nuova sede Guna	34
4.1.2 Centro Direzionale Garibaldi	35
4.1.3 Complesso immobiliare Bergognone 53	36
4.1.4 Sara Assicurazioni	38
4.1.5 Generali RE	39
4.1.6 Casa del Bianco	40
CAPITOLO 5	
PROGETTARE LO SPAZIO UFFICIO	42
5.1 L'area di lavoro	42
5.2 Indicazioni progettuali di carattere generale	45
5.2.1 Organizzazione degli spazi	45
5.2.2 Condizioni di sicurezza	45
5.2.3 Condizioni acustiche	45
5.2.4 Condizioni illuminotecniche	46
5.2.5 Condizioni microclimatiche	46
5.2.6 Condizioni sensoriali	46
5.3 I benefit aziendali	46

CAPITOLO 6

TORRE ZUCCHETTI	49
6.1 La committenza.....	49
6.2 Proposte di riqualificazione urbana	49
6.2.1 Viabilità e accessi.....	49
6.2.2 Asse verde.....	51
6.2.3 Collinetta polifunzionale	52
6.3 Torre Zucchetti.....	54
6.3.1 Accessi	54
6.3.2 Collegamenti verticali	54
6.3.3 Distributivo	56
6.3.4 Strutture	57

CAPITOLO 7

GENERAZIONE DI ALGORITMI PER LA MODELLAZIONE DEL PATTERN DI FACCIATA	61
7.1 Involucro dinamico ed adattivo	61
7.2 Concept progettuale	61
7.3 Processo generativo del pattern di facciata.....	62

CAPITOLO 8

ETFE – UN INNOVATIVO MATERIALE D’INVOLUCRO	69
8.1 Caratteristiche ETFE	69
8.1.1 Isolamento termico e acustico.....	70
8.1.2 Comportamento al fuoco.....	70
8.1.3 Durabilità, pulizia e manutenzione	70
8.1.4 Sostenibilità ambientale	71
8.1.5 Principali produttori dei materiali di base	71
8.1.6 Principali produttori del prodotto finito.....	71
8.2 Filiera delle lavorazioni delle membrane in ETFE.....	71
8.2.1 Processo di estrusione del film.....	72
8.2.2 Processo di rivestimento per laminazione o calandratura.....	73
8.2.3 Processo di finissaggio con stampa	73
8.2.4 Processo di taglio di patterning e fitting.....	73
8.2.5 Processo di giunzione per saldatura	74
8.2.6 Processo di giunzione con formatura di cusini.....	74
8.2.7 Processo di imballaggio e trasporto	75
8.2.8 Processo di assemblaggio	75
8.3 Esempi applicativi	76
8.3.1 Eden Project – St.Austell Cornovaglia 2001	76
8.3.2 Water Cube – Pechino Cina 2008	77
8.3.3 Space Center – Leicester UK 2001.....	78
8.3.4 Villa Nurbs – Girona Spagna 2003	79

8.3.5 Kingsdale School – Dulwich UK 2003	80
8.3.6 Frosilos – Copenhagen Danimarca 2005	82
8.3.7 MediaTic – Barcellona Spagna 2009	83
CAPITOLO 9	
SISTEMA TECNOLOGICO DI FACCIATA	84
9.1 Concept progettuale	84
9.2 L'idea progettuale	85
9.3 La facciata continua	85
9.3.1 Montanti e traversi	86
9.3.2 Componente vetrato	87
9.3.3 Guarnizioni e tenuta all'acqua	87
9.3.4 Messa in opera del sistema di facciata continua	88
9.4 La doppia pelle	88
9.5 Le configurazioni di facciata	91
9.6 Calcolo strutturale degli elementi di facciata	92
9.6.1 Azioni del vento	92
9.6.2 Coefficiente di pressione esterna c_{pe}	94
9.6.3 Coefficiente di pressione interna c_{pi}	94
9.6.4 Coefficiente dinamico c_d	94
9.6.5 Coefficiente di topografia c_t	94
9.6.6 Calcolo della pressione del vento p	94
9.6.7 Dimensionamento dei montanti di seconda pelle di facciata	95
9.6.8 Dimensionamento dei bracci del sistema di movimentazione	98
9.7 Calcolo termico del telaio di seconda pelle	101
9.7.1 Descrizione del metodo di calcolo	101
9.7.2 Descrizione degli elementi di seconda pelle	102
9.7.3 Chiusure verticali trasparenti di seconda pelle	103
9.7.4 Trasmittanza termica del modulo di seconda pelle	109
CAPITOLO 10	
ANALISI ENERGETICHE	110
10.1 Apporti solari per irraggiamento	110
10.1.1 Dati di progetto	110
10.1.2 Trasmittanza d'energia solare totale in presenza di schermature	111
10.1.3 Fattore di trasmissione luminosa totale	113
10.1.4 Fattore di trasmissione dell'energia solare totale	113
10.1.5 Apporti solari attraverso l'involucro trasparente	113
10.1.6 Irraggiamento solare	115
10.2 Illuminazione naturale	124
10.2.1 Illuminazione naturale	124
10.2.2 Il percorso apparente del sole	127
10.2.3 Variabili ambientali e di contesto	133

10.2.4 Prerogative fondamentali.....	133
10.2.5 Caso di studio	135
10.3 Analisi energetiche in regime dinamico.....	139
10.3.1 Descrizione generale dell'edificio	139
10.3.2 Strategie di controllo del sistema edificio-impianto	140
10.3.3 Analisi bilancio energetico estivo	141
10.3.4 Analisi del bilancio energetico invernale	143
CAPITOLO 11	
PROPOSTE DI RIQUALIFICAZIONE IMPIANTISTICA.....	149
11.1 Relazione antincendio.....	149
11.1.1 Progettazione antincendio	149
11.1.2 Compartimentazione antincendio	150
11.2 Relazione impianto di climatizzazione	151
11.2.1 Schema funzionale.....	152
CONCLUSIONI	154
BIBLIOGRAFIA	154
ALLEGATO 1-Network Research.....	154
ALLEGATO 2-Tavole di progetto.....	154

Indice delle immagini

Immagine 1.1 – Esempio NURBS Skinned	3
Immagine 1.2 – Esempio NURBS Proporzionale	3
Immagine 1.3 – Esempio NURBS Spine.....	3
Immagine 1.4 – Esempio NURBS Swept	3
Immagine 1.5 – Esempio NURBS $S(u,v)$	3
Immagine 1.6 – Mappa d'utilizzo della progettazione computazionale	3
Immagine 2.1 – Generative Performance Based Design System	3
Immagine 2.2 – Popolazione iniziale	3
Immagine 2.3 – Form finding	3
Immagine 3.1 – Stralcio della tavola del PTR “Polarità e poli di sviluppo regionali”	3
Immagine 3.2 – Suddivisione nei differenti scenari agricoli strategici	3
Immagine 3.3 – Circoscrizioni del territorio comunale di Lodi.....	3
Immagine 3.4 – Mappa Google.....	3
Immagine 3.5 – Estratto CTR, mappa web da Regione Lombardia	3
Immagine 3.6 – Ortografia aerea, mappa web da Regione Lombardia	3
Immagine 3.7 – Rete dei commerci	3
Immagine 3.8 – Sistema del verde	3
Immagine 3.9 – Assetto della rete viaria	3
Immagine 3.10 – Sistema trasporto pubblico.....	3
Immagine 3.11 – Rilievo fotografico	3
Immagine 4.1 – Nuova sede Guna	3
Immagine 4.2 – Centro Direzionale Garibaldi	3
Immagine 4.3 – Complesso Bergognone 53	3
Immagine 4.4 – Sara Assicurazioni.....	3
Immagine 4.5 – Generali RE	3
Immagine 4.6 – Casa del Bianco.....	3
Immagine 5.1 – Organizzazione dello spazio ufficio.....	3
Immagine 5.2 – Disposizione consigliata dei corpi illuminanti nei locali finestrati	3
Immagine 6.1 – Proposte nuova viabilità (estratto tavola n° 2.00).....	3
Immagine 6.2 – Organizzazione flussi parcheggi (estratto tavola n° 2.00)	3
Immagine 6.3 – Realizzazione asse verde (estratto tavola n° 2.00)	3
Immagine 6.4 – Attrezzabilità schermi divisorii	3
Immagine 6.5 – Pareti interne mobili	3
Immagine 6.6 – Schema strutturale (sezione e pianta).....	3
Immagine 6.7 – Diagrammi momento e taglio	3
Immagine 7.1 – Algoritmi visivi di modellazione della superficie	3
Immagine 7.2 – Generazione Curve e Pipes	3
Immagine 7.3 – Generazione modulo geometrico	3

Immagine 7.4 – Rotazione elementi geometrici	3
Immagine 7.5 – Modulo base e variabili geometriche	3
Immagine 7.6 – Sperimentazioni formali	3
Immagine 7.7 – Modello con rotazione nulla degli elementi	3
Immagine 7.8 – Modello con rotazione degli elementi di 20°	3
Immagine 7.9 – Modello con rotazione degli elementi di 40°	3
Immagine 7.10 – Modello con rotazione degli elementi di 60°	3
Immagine 7.11 – Modello con rotazione degli elementi di 80°	3
Immagine 7.12 – Modello di configurazione chiusa	3
Immagine 7.13 – Modello di configurazione aperta	3
Immagine 7.14 – Modello dell'elemento di facciata	3
Immagine 7.15 – Modello dell'elemento di facciata in rotazione	3
Immagine 8.1 – Schema di un impianto di estrusione	3
Immagine 8.2 – Eden Project.....	3
Immagine 8.3 – Water Cube.....	3
Immagine 8.4 – Space Center.....	3
Immagine 8.5 – Villa Nurbs	3
Immagine 8.6 – Kingsdale School.....	3
Immagine 8.7 – Frosilos.....	3
Immagine 8.8 – MediaTic.....	3
Immagine 9.1 – Vista prospettica A doppia pelle di facciata	3
Immagine 9.2 – Vista prospettica B doppia pelle di facciata	3
Immagine 9.3 – Serra bioclimatica	3
Immagine 9.4 – Ventilazione schermatura solare.....	3
Immagine 9.5 – Schema statico montante di seconda pelle, SLE.....	3
Immagine 9.6 – Schema statico montante di seconda pelle, SLU	3
Immagine 9.7 – Schema statico braccio movimentazione	3
Immagine 9.8 – Schema modulo di seconda pelle.....	3
Immagine 9.9 – Suddivisione aree montante (UNI EN 13947-2007)	3
Immagine 9.10 – C.T.V. sez. A-A Risultati cromatici radiazione termica	3
Immagine 9.11 – C.T.V. sez. B-B Risultati cromatici radiazione termica	3
Immagine 9.12 – C.T.V. sez. C-C Risultati cromatici radiazione termica	3
Immagine 9.13 – C.T.V. sez. D-D Risultati cromatici radiazione termica.....	3
Immagine 9.14 – C.T.V. sez. E-E Risultati cromatici radiazione termica.....	3
Immagine 9.15 – C.T.V. sez. F-F Risultati cromatici radiazione termica	3
Immagine 10.1 – Schematizzazione di una schermatura solare (UNI EN 13363-1:2008)	3
Immagine 10.2 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SO, senza schermatura, vista frontale	3
Immagine 10.3 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SO, senza schermatura, vista prospettica.....	3

Immagine 10.4 – Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo SO, senza schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.5 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo SO, senza schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.6 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SO, con schermatura, vista frontale	3
Immagine 10.7 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SO, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.8– Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo SO, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.9 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo SO, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.10 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SE, senza schermatura, vista frontale	3
Immagine 10.11 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SE, senza schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.12 – Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo SE, senza schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.13 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo SE, senza schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.14 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SE, con schermatura, vista frontale	3
Immagine 10.15 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo SE, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.16– Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo SE, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.17 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo SE, con schermatura, vista prospettica	3
Immagine 10.18 – Esempio di distribuzione delle luminanze per cielo sereno	3
Immagine 10.19 – Carta solare polare di Milano	3
Immagine 10.20 – Diagramma del percorso solare 21 Marzo (equinozio di primavera)	3
Immagine 10.21 – Diagramma del percorso solare 21 Giugno (solstizio d'estate)	3
Immagine 10.22 – Diagramma del percorso solare 21 Settembre (equinozio d'autunno)	3
Immagine 10.23 – Diagramma del percorso solare 21 Dicembre (solstizio d'inverno)	3
Immagine 10.24 – Diagramma del percorso solare 21 Marzo (ombre portate)	3
Immagine 10.25 – Diagramma del percorso solare 21 Giugno (ombre portate)	3
Immagine 10.26 – Diagramma del percorso solare 21 Settembre (ombre portate)	3
Immagine 10.27 – Diagramma del percorso solare 21 Dicembre (ombre portate)	3
Immagine 10.28 – Modulo di facciata	3
Immagine 10.29 – FLD per il modulo di facciata	3

Indice dei grafici

Grafico 5.1 – Mutamenti nella gestione dello spazio (fonte Assufficio 2008)	3
Grafico 5.2 – Modelli organizzativi per uffici.....	3
Grafico 10.1 – Valori medi mensili della temperatura esterna media giornaliera	3
Grafico 10.2 – Bilancio energetico estivo senza frangisole	3
Grafico 10.3 – Bilancio energetico estivo con frangisole.....	3
Grafico 10.4 – Bilancio energetico invernale senza serra.....	3
Grafico 10.5 – Bilancio energetico invernale con serra (configurazione 1)	3
Grafico 10.6 – Bilancio energetico invernale con serra (configurazione 2)	3
Grafico 10.7 – Andamento della Ts senza serra	3
Grafico 10.8 – Andamento della Ts con serra	3
Grafico 10.9 – Andamento della temperatura interna della serra.....	3
Grafico 10.10 – Verifica alla condensa	3
Grafico 10.11 – Andamento della temperatura ambiente interna e della Ts senza serra.....	3
Grafico 10.12 – Andamento della temperatura ambiente interna e della Ts con serra	3

Indice delle tabelle

Tabella 3.1 – Densità abitativa per quartiere e comunale (anno 2008)	3
Tabella 3.2 – Densità abitativa per quartiere su superficie edificata (anno 2008).....	3
Tabella 6.1 – Superfici utili unitarie asilo nido.....	3
Tabella 6.2 – Carichi agenti	3
Tabella 6.3 – Caratteristiche geometriche e proprietà sezione IPE 140	3
Tabella 6.4 – Caratteristiche geometriche e proprietà sezione UAP 80	3
Tabella 8.1 – Fasi di lavorazione ETFE	3
Tabella 9.1 – Proprietà alluminio Anticorodal.....	3
Tabella 9.2 – Proprietà componente vetrato.....	3
Tabella 9.3 – Parametri di macrozonazione (NTC 2008)	3
Tabella 9.4 – Classe di rugosità del terreno (NTC 2008).....	3
Tabella 9.5 – Classe di esposizione del sito (NTC 2008).....	3
Tabella 9.6 – Categoria di esposizione del sito (NTC 2008)	3
Tabella 9.7 – Dimensioni sezione resistente del montante di seconda pelle	3
Tabella 9.8 – Massa componenti modulo di seconda pelle	3
Tabella 9.9 – Dimensioni sezione resistente del braccio.....	3
Tabella 9.10 – Caratteristiche tecniche dei materiali di seconda pelle.....	3
Tabella 9.11 – Trasmittanza termica del modulo di seconda pelle	3
Tabella 10.1 – Caratteristiche della vetrocamera	3
Tabella 10.2 – Caratteristiche della schermatura solare.....	3
Tabella 10.3 – Valori medi giornalieri d’irraggiamento solare.....	3
Tabella 10.4 – Illuminamento per differenti compiti e attività (ISO 8995)	3
Tabella 10.5 – Valori limite $E_{Pi,lim}$ per edifici non residenziali (D.M. 11/03/2008)	3
Tabella 10.6 – Indice limite di prestazione energetica per la climatizzazione invernale	3
Tabella 10.7 – Schedule settimanale	3
Tabella 10.8 – Schedule giornaliera	3
Tabella 10.9 – Valori limite $E_{Pe,inv}$ (D.M. 26/06/2009)	3
Tabella 10.10 – Classe energetiche per la climatizzazione invernale E_{Pi} (D.M. 26/06/2009) ...	3
Tabella 11.1 – Classificazione (fonte D.M. 22/02/2006)	3
Tabella 11.2 – Caratteristiche di resistenza al fuoco (fonte D.M. 22/02/2006)	3
Tabella 11.3 – Limiti di compartimentazione (fonte D.M. 22/02/2006).....	3

ABSTRACT

Il presente elaborato illustra il progetto d'intervento interessante Torre Lodi. L'edificio, acquistato dalla società Zucchetti, necessita, come richiesto dalla committenza, di un intervento di ristrutturazione e riqualificazione, sia energetica che funzionale, nonché di una nuova immagine che faccia diventare la torre nuovo simbolo di innovazione e progresso della città.

Il nostro primo approccio alla stesura di questa tesi, è stato quello di documentarci, attraverso una Network Research, sul modo in cui la progettazione architettonica è stata influenzata dalle potenzialità delle *Geometrie Algoritmiche Computazionali* e dall'*Integrated Design*.

Esplorando le potenzialità degli algoritmi generativi siamo andati oltre i convenzionali limiti di forme e spazio applicando tale sperimentazione ad un processo di Form-Finding e alla determinazione del pattern di facciata.

È stato importante approfondire le nostre ricerche in maniera più mirata alle esigenze di progetto; in particolare documentandoci su preesistenti interventi di recladding presenti nel nord Italia e sul significato di una buona progettazione degli spazi lavorativi per gli uffici.

Si è proceduto quindi all'analisi dell'oggetto d'intervento partendo dal paesaggio lodigiano, esaminando il contesto urbano e l'attuale stato di fatto in cui versa l'edificio, per poter rilevare tutte le eventuali criticità di progetto.

In risposta ai vari problemi riscontrati si sono proposti anche interventi di riqualificazione urbana del lotto e del quartiere circostante.

Per quanto riguarda la riqualificazione della torre, si è intervenuto sotto svariati aspetti: viabilità, accessi, gestione dei flussi, strutture, organizzazione spaziale interna. Sempre nell'ottica della riqualificazione funzionale della torre, il lotto dell'edificio è stato caratterizzato da un pesante intervento riguardante la realizzazione di una collinetta polifunzionale a servizio degli uffici.

L'intervento di recladding, dal canto suo, ha portato alla determinazione di una nuova forma dell'edificio e alla realizzazione di una doppia pelle di facciata caratterizzata da una curtain wall interna e da una seconda pelle esterna dinamica in ETFE, avente duplice funzione di serra solare in inverno e frangisole verticale in estate.

ABSTRACT

The present script explains the project intervention concerning the “Tower Lodi”. The building was bought by the Zucchetti company and it needs, as required by the client, a restructuring and retraining project, both energetic and functional, as well as a new image that makes the tower become the new symbol of city's innovation and progress.

Our first approach to the drafting of this thesis has been reading up, through a Network Research, on how the architectural design was influenced by the Computational Geometry Algorithms and by the Integrated Design.

Exploring the possibilities of generative algorithms, we have gone beyond the conventional limits of form and space by applying this test to a process of Form-Finding and the determination of the pattern of façade.

It was significant to deepen our research in a more targeted to the needs of the project, especially researching existing interventions of recladding in the north of Italy and the significance of good design of office workspaces.

We proceeded to the analysis of the intervention object starting from Lodi landscape, examining the urban context and the current condition of the building, in order to detect any possible project critical situation.

In response to the various problems, it has also been proposed urban redevelopment of the lot and the surrounding neighborhood. With regard to the requalification of the tower, we have intervened in several ways: roads system, accesses, flow management, facilities and internal spatial organization.

Again with a view of functional upgrading of the tower, the building lot was characterized by an intensive fulfilment project of a small multifunctional hill for offices service.

The intervention of recladding has led to the determination of a new building form and to the realization of a double skin facade characterized by an internal curtain wall and by a second dynamic outer skin in ETFE, having dual function of solar greenhouse in winter and vertical shading in summer.

CAPITOLO 1

COMPUTATIONAL DESIGN

1.1 Algoritmi generativi

Se guardiamo all'architettura come ad un oggetto rappresentato nello spazio, per comprenderlo appieno e per progettarlo, dobbiamo sempre ragionare con la geometria e un po' di matematica.

Nella storia dell'architettura, diversi stili architettonici hanno presentato diverse tipologie di geometrie e logiche di articolazione, e ogni periodo ha trovato un modo di dialogare con le sue problematiche e le sue domande inerenti la geometria. Da quando i computer hanno iniziato ad aiutare i progettisti, simulando lo spazio e le articolazioni geometriche, questi sono diventati uno strumento integrante del processo progettuale.

Le innovazioni nei processi di calcolo, sperimentati prima dall'industria spaziale, aeronautica, nautica e automobilistica, si sono poi trasferiti nell'industria delle costruzioni permettendo nuove sperimentazioni anche in campo architettonico.

La *Geometria Computazionale* è divenuta così un'interessante materia di studio e la combinazione di programmazione algoritmica con la geometria, ha prodotto delle geometrie algoritmiche note come *Algoritmi Generativi*. Sebbene gli applicativi 3D abbiano aiutato a simulare parte di ogni spazio visualizzato, è stata la nozione di *Algoritmo Generativo* che ha portato le attuali possibilità di progettazione, come la *Progettazione Parametrica*, nel regno dell'architettura.

I progettisti hanno iniziato ad usare curve free-form e superfici per disegnare e progettare gli spazi, andando oltre le limitazioni della geometria convenzionale dello *Spazio euclideo*.

Le geometrie non euclidee, come quella iperbolica ed ellittica, negano il V postulato di Euclide, per cui la somma degli angoli interni di un triangolo può essere minore o maggiore di 180° a seconda che il triangolo sia preso da una superficie iperbolica o sferica.

Un esempio di superfici non euclidee sono le superfici *NURBS – Non Uniform Rational Basis Spline* – le quali, in base alla loro genesi, sono classificate in:

- *Skinned o lofting* – è possibile generare queste superfici con una serie di sezioni su piani paralleli che identificano delle curve;

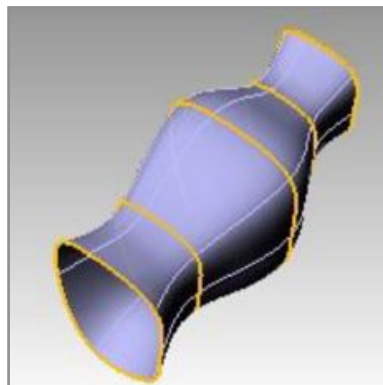


Immagine 1.1 – esempio NURBS Skinned

- *Proporzionali* – superfici con generatrici che convergono in un punto, tipo nella modellazione degli scafi e delle navi;

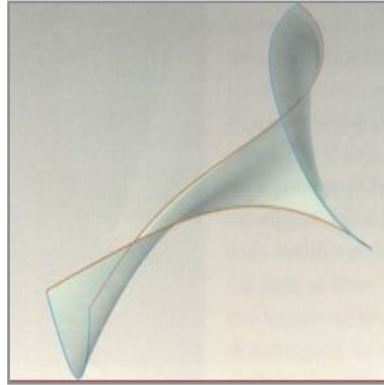


Immagine 1.2 – esempio NURBS Proporzionale

- *Spine* – si generano con una spline direttrice ed una serie di curve giacenti sui piani perpendicolari ad essa. Il processo generativo è simile a quello delle *NURBS Skinned* ma è libero l'orientamento spaziale delle curve generatrici;

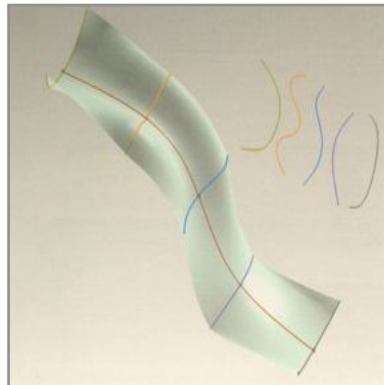


Immagine 1.3 – esempio NURBS Spine

- *Swept* – massima generalizzazione delle superfici di traslazione;

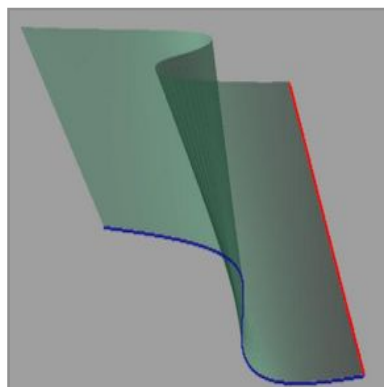


Immagine 1.4 – esempio NURBS Swept

- $S(u,v)$ – superfici libere generate da curve *NURBS*.

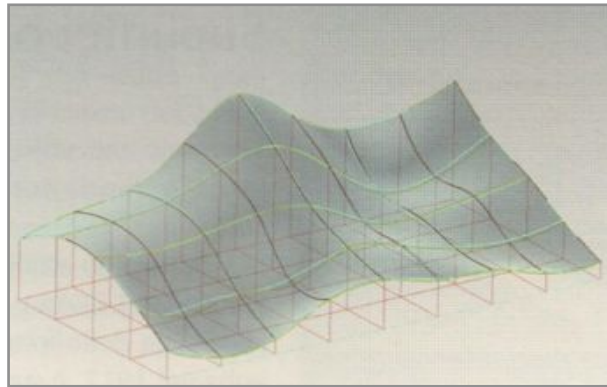


Immagine 1.4 – esempio *NURBS* $S(U,V)$

La geometria *NURBS* è caratterizzata da importanti qualità che la rendono un'ottima scelta per la modellazione assistita; infatti queste superfici possono rappresentare accuratamente sia oggetti geometrici standard che geometrie free-form ed il totale delle informazioni richieste per rappresentare un tale tipo di geometria, è molto minore della somma delle informazioni necessarie ad un poligono.

E' stata poi una combinazione tra Architettura e Digitale che ha portato i *Blob* alla ribalta, facendoli ulteriormente progredire.

Il *Blob* è una superficie ispirata alle forme biologiche, generato da parametri digitali nati sulla scorta di approfonditi studi delle forze e proprietà delle strutture naturali viventi, espresse da forze non lineari con forme non lineari.

Nonostante la crescita del calcolo sia estremamente veloce, l'architettura ha provato a tenere il passo di questo veloce ritmo digitale.

Dopo l'era del *Blob*, l'architettura contemporanea sembra essere più chiara riguardo a questo argomento. La progettazione architettonica è stata influenzata dalle potenzialità delle *Geometrie Algoritmiche Computazionali*, con gerarchie multiple e alto livello di complessità. Progettare e modellare superfici free-form e curve, come se fossero elementi di costruzioni associati con diversi componenti e aventi pattern multipli, non è un lavoro facile da portare avanti con metodi tradizionali. La potenza degli algoritmi e degli script che spostano in alto l'asticella della progettazione, è proprio questa. E' ovvio che anche solo per pensare a geometrie complesse abbiamo bisogno di strumenti appropriati, specialmente applicativi capaci di simulare le geometrie e controllarne le proprietà, per creare progetti algoritmici ed andare oltre gli attuali limiti di forme e spazio.

Non solo questi algoritmi generativi dialogano con la generazione della forma, ma palesano anche un grande potenziale per incorporare la logica dei materiali.

La logica di base della *Progettazione Parametrica*, può essere quindi strumentalizzata come un metodo progettuale alternativo, in cui il rigore geometrico della modellazione parametrica può essere distribuito, prima, per integrare i vincoli della manifattura, le logiche del montaggio e le caratteristiche del materiale nella definizione di semplici componenti, e poi, per la riproduzione dei componenti dentro costruzioni e sistemi più grandi. Questo approccio permette di capire il comportamento di un tipo di sistema e quindi le variabili parametriche sulle quali poter andare ad agire per studiare una strategia di risposta alle condizioni ambientali e alle forze esterne.

Per lavorare con oggetti complessi, il processo progettuale parte da un primo semplice livello, a cui vengono aggiunti nuovi strati; le forme complesse sono composte da gerarchie differenti, ognuna associata con la propria logica e propri dettagli. Questi livelli sono tra loro interconnessi, ed influiscono l'uno con l'altro.

In questo senso questo metodo viene definito associativo.

In generale, la *Modellazione Associativa* si riferisce ad un metodo in cui gli elementi progettuali sono costruiti gradualmente in gerarchie multiple e, ad ogni livello, alcuni parametri di questi elementi sono estratti per generare altri elementi in un altro livello; questo procedimento va avanti, passo dopo passo, fino a produrre la geometria complessiva. Quindi, il punto estremo di una curva può essere il centro di una circonferenza: ogni cambiamento nella curva comporta un cambiamento associato della circonferenza. Fondamentalmente questo metodo di progettazione dialoga con una grande quantità di dati e di calcoli e avviene attraverso il flusso degli algoritmi.

Una cosa importante è che tutte queste geometrie sono facilmente regolabili dopo il processo: i progettisti hanno sempre accesso agli elementi di design del prodotto, dal punto di partenza fino ai dettagli. Effettivamente, poiché il design del prodotto è frutto di un algoritmo, gli input dell'algoritmo possono essere modificati e il risultato può essere aggiornato di conseguenza.

E' ora dunque possibile fare uno schizzo digitale di un modello e generarne centinaia di variazioni, regolando i più semplici parametri geometrici. E' inoltre possibile incorporare le proprietà dei sistemi materiali, i vincoli di fabbricazione e le logiche di assemblaggio in parametri. E' inoltre possibile rispondere alle esigenze dell'ambiente ed essere associativi in senso largo: il design parametrico permette di riconoscere il comportamento del modello geometrico, la relativa capacità performativa e le tendenze del sistema. In un riscontro continuo con l'ambiente esterno, queste tendenze comportamentali possono quindi informare lo sviluppo ontogenetico di uno specifico sistema, come verrà discusso nel successivo capitolo.

1.2 Strumenti di progettazione parametrica

Grasshopper – Generative modeling for Rhino – è un editor di algoritmi per il disegno, distribuito come plug-in per il software di modellazione tridimensionale *Rhinoceros*; è una piattaforma che permette di rapportarsi con gli *Algoritmi Generativi* e le tecniche di *Modellazione Associativa*, non richiede la conoscenza dei linguaggi di programmazione o di scripting, ma consente di costruire forme, utilizzando un'interfaccia grafica a nodi e collegamenti che permette di mantenere il concept aperto a futuri cambiamenti.

Grasshopper è in continua crescita, ed è ormai velocemente diventato una piattaforma adeguata per la progettazione di architetture. Più che uno strumento o un applicativo, presenta un modo di pensare la progettazione, un metodo chiamato appunto parametrico, o associativo. Questo metodo si sta sviluppando proprio attraverso gli stessi utenti del programma, di tutto il mondo, come un esempio pratico di intelligenza distribuita. Poiché questi sviluppi avvengono in maniera abbastanza rapida e costantemente, si hanno sempre aggiornamenti nel software, oltre che discussioni e blog interessanti a cui fare riferimento per risolvere eventuali problemi o proporre ulteriori sviluppi. Esistono inoltre community aperte che permettono di integrare *Grasshopper* con altri applicativi, anche gratuiti, come, ad esempio, il servizio di plug-in *Food4Rhino*.

1.3 Fabbricazione digitale

Nuovo è anche il rapporto tra progettazione e fabbricazione: grazie allo sviluppo continuo di tecnologie e macchine a controllo numerico, è possibile una produzione di massa, ma personalizzata, differenziata in elementi potenzialmente unici.

La personalizzazione della produzione industriale, detta *Mass Customization*, nasce dalla necessità di eseguire sperimentazioni formali e grazie alla versatilità offerta dai prodotti presenti oggi sul mercato; l'evoluzione delle macchine a controllo numerico, la componibilità e la divisibilità del processo produttivo, permettono di adottare una logica di produzione basata non sulla ripetizione, bensì sulla variazione e adattabilità di una configurazione base. La tecnologia diventa quindi personalizzata e riferita esclusivamente a quello specifico manufatto, non standard e non necessariamente ripetibile in altri sistemi.

Ciò contribuisce ad una nuova declinazione del termine di *monumentalità*: iscritto maggiormente nell'ambito della sperimentazione tecnica, piuttosto che della rappresentatività.

Di pari passo cambia il rapporto tra progettazione e disegno costruttivo; quest'ultimo non è più posto a fine processo progettuale, come definizione e rappresentazione della forma architettonica nel suo aspetto realizzativo, ma si segue un percorso non lineare tra progettazione e fabbricazione, dove le decisioni che riguardano sia la forma sia la materializzazione sono prese in tutte le fasi di concezione dell'opera.

Ad oggi il network di ingegneri e architetti che sperimentano processi di progettazione computazionale e fabbricazione digitale conta più di 13.300 membri distribuiti uniformemente in tutto il mondo, l'andamento di crescita dal 2008 ad oggi è esponenziale.



Immagine 1.5 – Mappa d'utilizzo della progettazione computazionale (fonte: : <http://www.grashopper3d.com/profiles/members/>)

Si consulti l'allegato n°1 "Progettazione e Fabbricazione digitale – Network Research" per avere una maggiore visione d'insieme di quelle che possono essere le società, gli istituti

universitari e di ricerca, i progetti di spin-off, i singoli individui e le pubblicazioni che si sono dedicati all'utilizzo di queste nuove metodologie progettuali.

CAPITOLO 2

PARAMETRIC FORM FINDING

2.1 Parametric Design

Le nuove tecnologie, i nuovi strumenti da un lato e, dall'altro, una nuova sensibilità, un nuovo approccio metodologico, una forte tendenza alla sperimentazione formale, hanno spostato, sempre più, l'interesse dell'architettura da aspetti semiotici verso aspetti inerenti la geometria, la topologia e reciproche contaminazioni con altre forme di sapere, come la biologia, la fisica, la genetica.

Dal punto di vista dell'ultimo settore sopra citato, l'edificio viene ora paragonato ad un organismo vivente che, in quanto tale, è interessato da un insieme di processi mediante i quali si compie il suo sviluppo biologico; tale percorso dipende sia dal genoma che caratterizza l'organismo (caratteristiche peculiari che differenziano ciascun sistema dall'altro), sia dall'ambiente nel quale il processo si svolge (tendenze comportamentali del sistema in funzione del contesto in cui viene inserito).

È necessario quindi un nuovo approccio olistico alla progettazione, dove la sommatoria funzionale delle parti è sempre maggiore/differente della somma delle prestazioni delle parti prese singolarmente. L'edificio va considerato nella sua unità e totalità, non esprimibile come l'insieme degli elementi costituenti; l'architettura non deve cercare di ottimizzare uno specifico scenario, ma deve tendere ad integrare le singole parti nel "tutto", dove il "tutto" è più della somma delle singole parti.

Se il modello algoritmico è quindi un metodo di generazione che permette di produrre forme complesse e strutture basate su regole semplici, serve un nuovo modello di tipo *multi-parametrico* per il controllo olistico e la manipolazione degli oggetti di progetto a tutte le scale, dalla parte al tutto.

Nella *Progettazione Parametrica*, sono i parametri di una particolare progettazione che vengono dichiarati, non la sua forma. Assegnando diversi valori ai parametri, si possono creare facilmente diversi oggetti o configurazioni. Le equazioni parametriche poste alla base del modello, si possono usare per descrivere le relazioni tra gli oggetti e le loro interdipendenze, definire i limiti comportamentali degli oggetti sotto trasformazione, sia di carattere energetico sia strutturale, e esplicitare i requisiti da raggiungere, massimizzare o minimizzare.

In quest'ottica, il modello parametrico di un edificio, o del suo involucro, permette di combinare il modello di progetto (contenente geometrie e dati) con il modello comportamentale per la gestione delle modifiche, dando luogo ad una *Progettazione Generativa Multi-Performante – Integrated Design*.

Si parla di *Integrated Design* perché, tramite questo approccio, si ricerca l'integrazione tra forma e prestazioni, le quali, a loro volta, coinvolgono diverse discipline (approccio metodologico multi-disciplinare). Ciò porta alla generazione di alternative progettuali guidate simultaneamente da due oggettività di base: l'aspirazione per l'esplorazione della forma ed il soddisfacimento di prestazioni di sistemi interconnessi. In generale, quindi, il processo è governato da due paradigmi:

- *Generative Design* – basato su di un processo algoritmico fatto di regole che determinano la grammatica della forma;

- *Performative Design* – basato sulla combinazione tra performances e forma, con lo scopo di ottimizzare la simulazione algoritmica.

2.2 Generative Performance Based Design System

Questo tipo di metodo può essere sintetizzato in tre macro fasi: *Design Concept, Hierarchies and Level, Generate and Test Loops*; queste fasi presentano un forte carattere di interdipendenza e, per questo, non possono essere affrontate separatamente.

La prima fase riguarda la determinazione del *concept* di progetto ad opera dell'intero team di progettazione, per fissare strategie e obiettivi. Questo poi viene decomposto per una maggiore facilità di gestione e, ad ogni sottolivello, va fatto corrispondere un *Generative and Analysis System*.

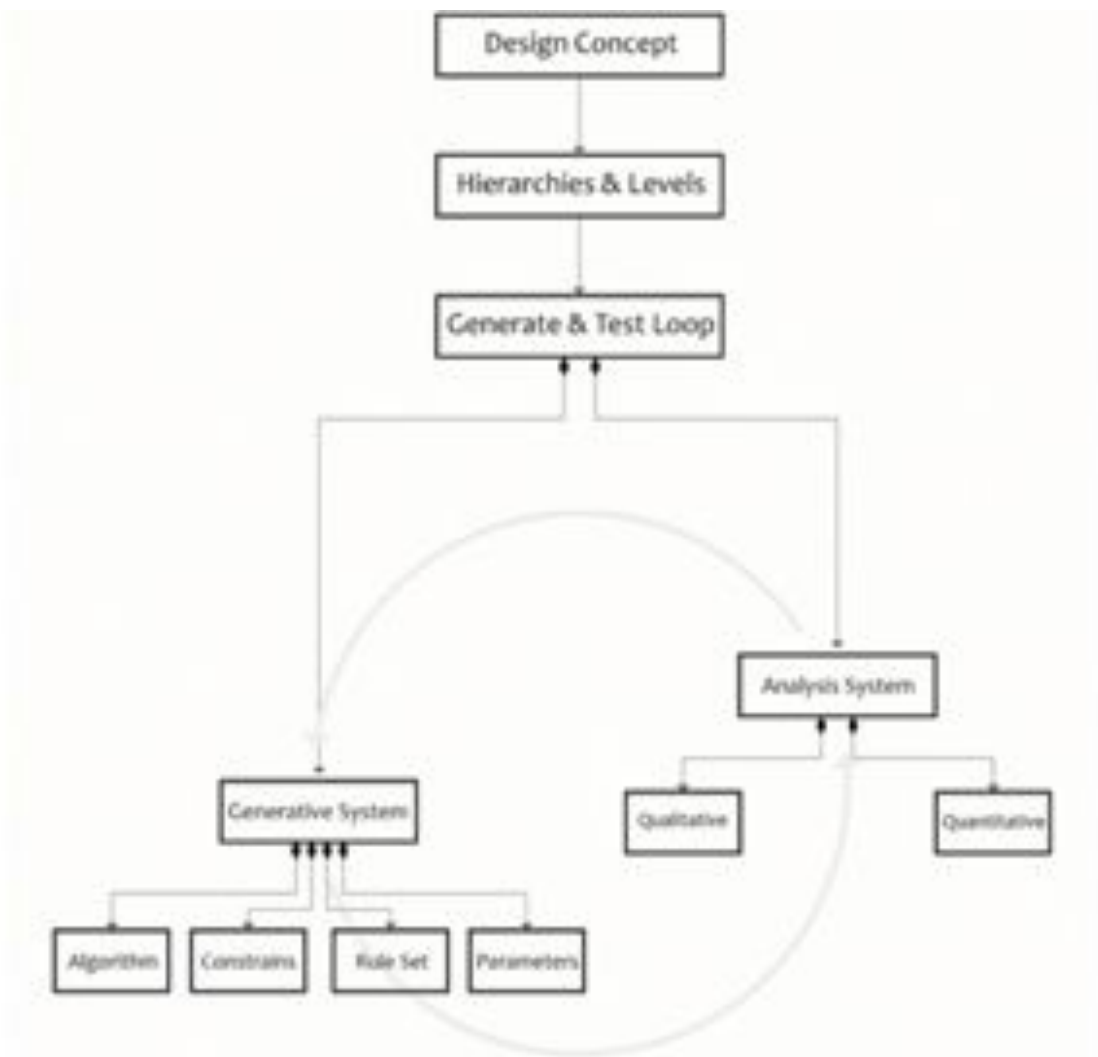


Immagine 2.1 – Generative Performance Based Design System

Design Concept

Il primo step del metodo sopra proposto riguarda lo sviluppo del *concept* di progetto, il quale è influenzato da vari aspetti quali la destinazione d'uso, condizioni ambientali e sociali; anche i limiti di costo rappresentano un fattore determinante sulle strategie e sugli obiettivi della progettazione.

Hierarchies and Level

Il progetto viene poi suddiviso gerarchicamente in componenti e aspetti che, nel loro insieme, rappresentano il *concept* iniziale. I subsistemi possono, a loro volta, essere decomposti. È importante mantenere però l'ordine gerarchico e l'asimmetria delle relazioni che vanno dal livello più alto a quello più basso. Ogni livello del sistema, includerà un proprio *Generate and Test Loops*.

Questo tipo di scomposizione permette di gestire meglio la complessità progettuale e semplifica l'intero processo di progettazione.

Generate and Test Loop

Il progettista, mentre cerca una soluzione progettuale, tipicamente, prima ipotizza una certa geometria, e poi riflette sui risultati, analizzando e valutando la soluzione. Successivamente può proporre modifiche migliorative ed eventualmente, ripete il processo.

Questo rappresenta esattamente il percorso seguito nello step 3 tramite un processo circolare che esegue delle prove, rileva eventuali errori e, sulla base di questi risultati, esegue nuove simulazioni, sino a generare la soluzione cercata. Ogni *loop* include sia un *Generative System* che un *Analysis System*.

- Generative System

Include a sua volta i seguenti elementi:

- parametri (costanti o variabili);
- vincoli geometrici e di performance: i primi controllano caratteristiche come altezza dell'edificio, superficie di piano, ecc, i secondi regolano i minimi o massimi requisiti richiesti, come l'illuminamento di uno spazio interno o la radiazione solare incidente su una superficie;
- regole: prima, deve essere estratto un'insieme di regole di forma dal *concept design*, poi, il sistema comincia a produrre nuove combinazioni di forme, in accordo con le regole prefissate, finché non si attiva una certa regola di forma che va a terminare il processo;
- algoritmi: descrivono il processo e le sequenze da seguire nel calcolo, o nelle altre operazioni di *problem-solving*. Queste sequenze dovrebbero consistere in istruzioni mirate, per ottenere l'output voluto per ogni input valido in un finito arco di tempo;

- Analysis System

Questo sistema valuta le soluzioni generate testandone le caratteristiche prestazionali e comportamentali e misurandone il grado di avvicinamento all'obiettivo richiesto. Le caratteristiche analizzate possono essere di tipo quantitativo, come requisiti economici, ambientali ed energetici; e di tipo qualitativo, come aspetti sociali ed estetici.

Ai modelli che si ottengono come risultato, corrisponde una prevalenza di prestazioni rispetto ad altre (espressa genericamente in percentuale), da valutare nella scelta del progetto. Risulta quindi importante il ruolo di assegnazione dei pesi dei criteri di scelta e l'intervento della soggettività del progettista che considera indispensabili alcune caratteristiche rispetto ad altre, in funzione di quelle richieste.

2.3 Caso di studio

Per gli edifici a torre, il significato dell'approccio alla progettazione integrata non può che essere rappresentato, nel migliore dei modi, proprio da questo metodo, perché la necessità d'integrazione tra i diversi sistemi dell'edificio è di particolare importanza.

Inoltre, l'innata monumentalità del grattacielo, dovuta alla sua scala, rende l'espressione architettonica veramente significativa in ogni contesto urbano.

Sulla base di tale tipologia edilizia, si è voluto affrontare un processo di *Form Finding* per il nostro edificio oggetto d'intervento che permettesse di sperimentare ed esplorare nuove forme⁽¹⁾.

Utilizzando l'editor di algoritmi generativi *Grasshopper*, plug-in del software di modellazione tridimensionale *Rhinceros*, si è impostato l'algoritmo di progetto che ha prodotto una "popolazione" iniziale degli edifici tipo che rispettassero i vincoli geometrici imposti, quali: altezza totale dell'edificio, massima e minima superficie di piano, numero massimo e minimo dei lati del poligono di piano.

Si associ il termine "popolazione" al processo generativo delle cellule, proprio per la caratteristiche fortemente ontogenetica del metodo.

Si sono poi fissati quattro piani di controllo, rappresentati il piano terra, la copertura e due piani intermedi della torre, che potessero essere ruotati, spostati, scalati, ecc in un definito range di trasformazione.

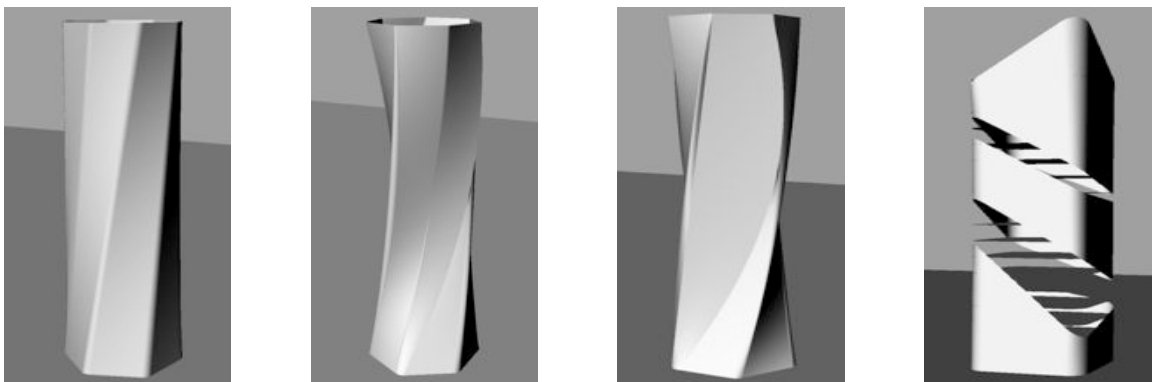


Immagine 2.2 – Popolazione iniziale

Viene poi inserito un ulteriore grado di difficoltà alle alternative progettuali, per soddisfare determinati obiettivi prestazionali, rappresentato dalla minimizzazione della radiazione solare incidente sulle superficie dell'involucro di facciata.

Ciò ci è stato permesso grazie l'utilizzo di *GECO*, che funge da *link* diretto tra *Grasshopper* ed *Ecotect*, un *Energy software* noto nel campo della bioclimatica e dell'efficienza energetica. *GECO* si è rivelato particolarmente adatto per complesse geometrie che possono quindi essere velocemente importate e analizzate in *Ecotect*; inoltre, oltre alla singola analisi, permette di creare un *loop* tale per cui si ha un continuo miglioramento delle performances con immediate modifiche al modello e aggiornamento dei relativi risultati.

Per ottenere la minimizzazione dei risultati in uscita da *Ecotect* si è fatto uso di *GALAPAGOS*, un Evolutionary solver che permette l'ottimizzazione di una serie di dati (massimizzazione o

⁽¹⁾ Riferimento tavola n° 4.00

minimizzazione). Collegando questa *add* alle variabili libere del problema, si è ottenuta la soluzione del sistema.

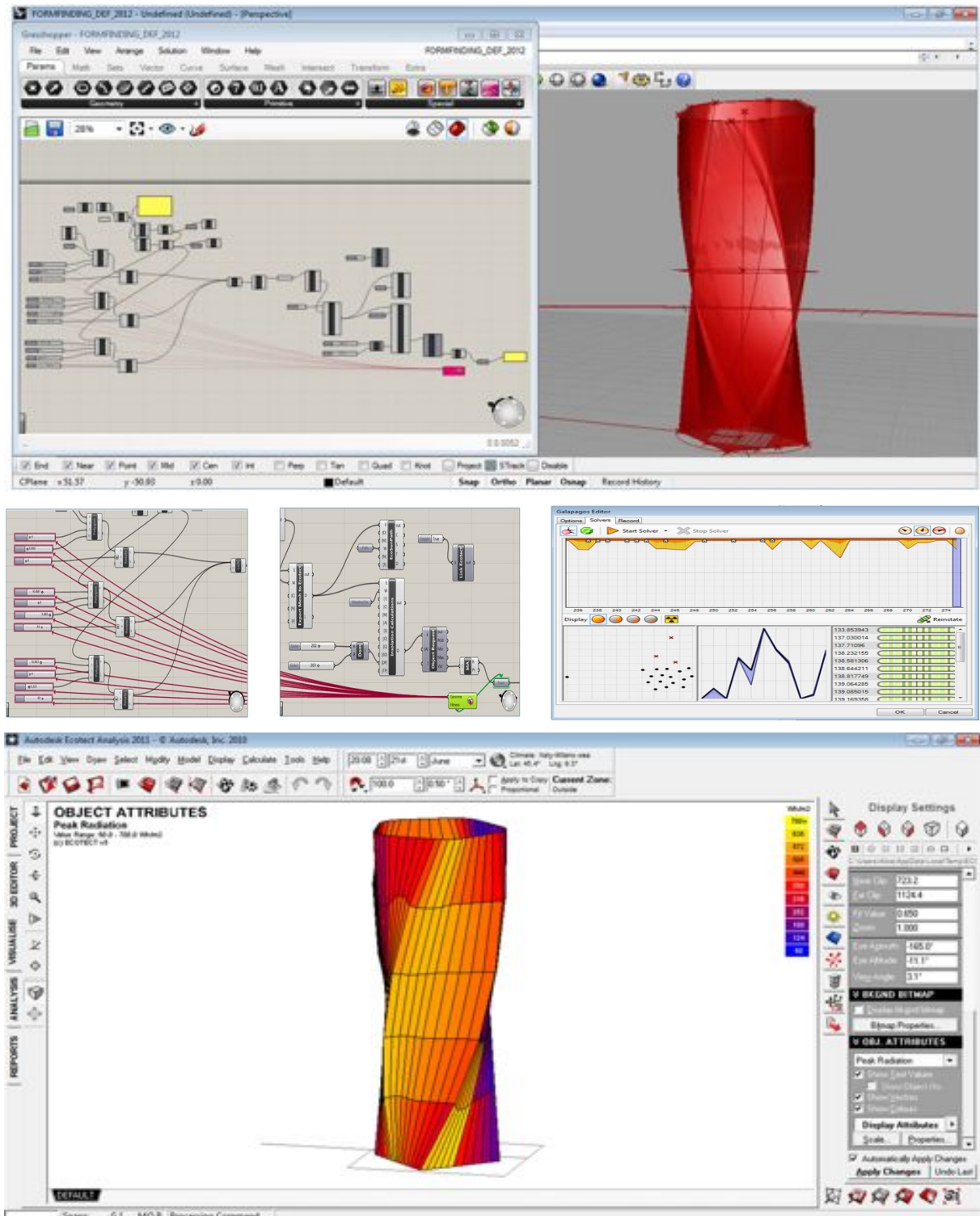


Immagine 2.3 – Form Finding

Proseguendo nel nostro percorso di progettazione, è sorta la necessità di determinare più vincoli, differenti per numero e natura da quelli impostati nel processo di Form-Finding. Sia per le nostre scarse abilità nel tradurre tali costrizioni nel linguaggio algoritmico, sia per la maggiore potenza di calcolo necessaria, il processo sopra descritto è rimasto un esercizio di

pura sperimentazione che non ha avuto alcun successivo riscontro nella definizione della nuova facciata di Torre Lodi.

I nuovi vincoli presi in considerazione riguardano: la ricerca di un'apertura dal prospetto nord per una maggiore ricezione luminosa, il vincolo di confine rappresentato a sud dalla presenza del centro commerciale MyLodi, fornire agli utenti della torre punti di vista dall'interno verso l'ambiente circostante che fossero stimolanti, adottare un qualche elemento che permettesse maggiore visibilità della torre nello sky-line della città⁽²⁾.

⁽²⁾ Riferimento tavola n° 4.01

CAPITOLO 3

TORRE LODI: DESCRIZIONE DELL’OGGETTO D’INTERVENTO E DEL CONTESTO URBANO DI RIFERIMENTO

3.1 Il paesaggio lodigiano

Il territorio lodigiano, posto al confine meridionale dell’area metropolitana milanese, è totalmente pianeggiante ed è compreso tra il Lambro e l’Adda ed è chiuso a sud dal Po; è fortemente caratterizzato dalla rete irrigua superficiale, derivata in modo sostanziale dall’Adda tramite il Canale Muzza. In tale contesto, le coltivazioni agricole e l’allevamento zootecnico sono sempre stati fortissimi e determinanti per lo sviluppo socio-economico, che ruota intorno alla filiera agro-alimentare.

L’economia è caratterizzata dalla forte presenza di piccole e medie imprese e di attività del settore terziario avanzato; la provincia ospita altresì gruppi multinazionali e società di rilievo, coniugando il tessuto tradizionalmente artigiano con le moderne forme di organizzazione.

La modesta antropizzazione e la vicinanza all’area metropolitana milanese – unite alla presenza di un’ottima rete di collegamento – progressivamente attraggono nuove attività produttive, commerciali e logistiche; per altri versi, il lodigiano è caratterizzato da un consistente pendolarismo verso Milano.

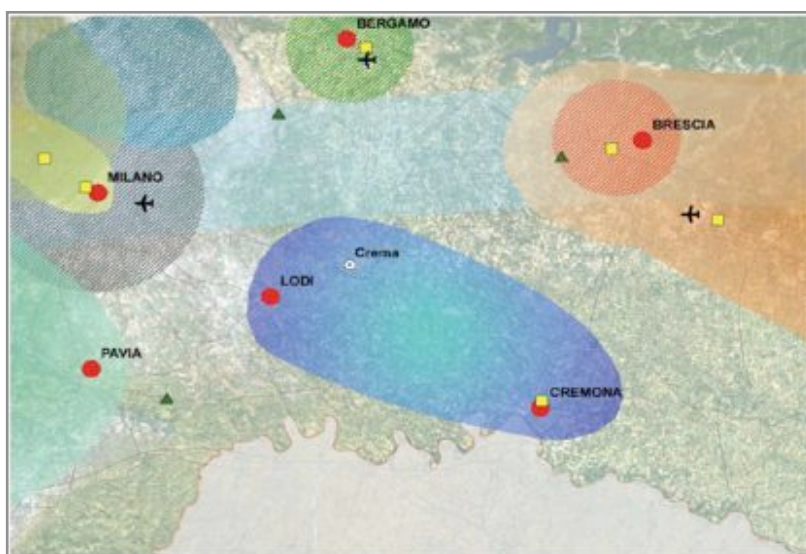


Immagine 3.1 – Stralcio della tavola del PTR “Polarità e poli di sviluppo regionali”

Secondo il Documento di Piano del Piano Territoriale Regionale, che contiene gli obiettivi e le strategie per lo sviluppo della Lombardia, il triangolo Lodi-Crema-Cremona rappresenta un’area molto meno urbanizzata, rispetto agli altri poli, e quindi più aperta e flessibile ad accogliere nuovi insediamenti. Questi poli emergenti sono da intendersi come ambiti territoriali dinamici e in grado di attrarre risorse, sviluppando una propria identità all’interno di un sistema territoriale complesso come la Lombardia e, più in generale, in un sistema a livello nazionale ed europeo.

Lungo l’asse Lodi-Cremona-Mantova vi è una forte presenza di aree agricole di pianura, e meta-distretti legati alle biotecnologie alimentari che, in quanto tali, possono differenziarsi e diventare un riferimento per la ricerca e lo sviluppo del processo e del prodotto in campo agroalimentare. La presenza di un ambiente naturale e paesaggistico interessante e di

risorse culturali e gastronomiche di qualità consente, a questo triangolo di pianura, di caratterizzarsi come una polarità di eccellenza.

Il paesaggio di Lodi si caratterizza per il forte ruolo della pianura e dei corsi d'acqua (il cui corso principale è tutelato dal PTC del Parco Adda Sud) e, come evidenziato precedentemente, si osserva un paesaggio in cui l'agricoltura assume un ruolo significativo, che ha comportato l'edificazione in differenti epoche di differenti forme insediative:

- Tessuto della città storica antica – gli insediamenti rappresentativi della realtà locale lodigiana, costituenti il caposaldo territoriale da cui ha avuto origine l'intero piano urbano appartenente a epoche storiche successive;
- Tessuto della città moderna e contemporanea – costituito dal tessuto consolidato della città, edificato in periodi più recenti, entro cui si osservano tessuti urbani eterogenei;
- Tessuto della città della produzione – ambiti urbani in cui prevalgono capannoni per produzione e stoccaggio delle merci, piuttosto che edifici a carattere terziario che formano estesi recinti isolati, contigui ad ambienti agricoli e/o urbanizzati, esito sia di processi spontanei sia pianificati.

Interpretando il sistema rurale-paesistico-ambientale comunale, si possono inoltre definire tre ambiti agricoli strategici:

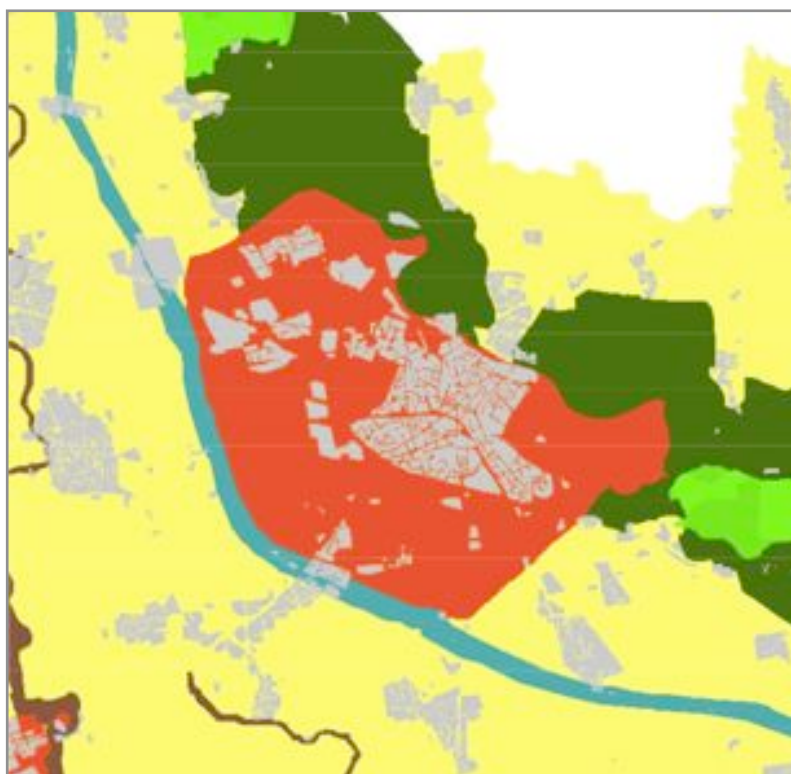


Immagine 3.2 – Suddivisione nei differenti scenari agricoli strategici

- Ambiti agricoli di pianura irrigua – le aree campite di giallo corrispondono alle parti del territorio rurale particolarmente idonee, per tradizione, vocazione e specializzazione, allo svolgimento di attività di produzione di beni agroalimentari ad alta intensità e concentrazione;
- Ambiti agricoli di valorizzazione ambientale – le aree campite di verde sono quelle parti del territorio rurale caratterizzate dalla presenza di elementi rilevanti del

patrimonio naturale integrati all'azione dell'uomo volta alla coltivazione e trasformazione del suolo;

- Ambiti agricoli periurbani – le aree campite di arancio rappresentano le parti del territorio rurale più prossime ai centri abitati, in cui le esigenze dell'interazione devono essere colte in una doppia direzione: dalle funzioni urbane verso le funzioni agricole e dalle funzioni agricole in direzione delle differenti funzioni urbane.

3.2 Il contesto urbano

L'oggetto di studio del presente elaborato, come già anticipato, è rappresentato dall'edificio Torre Lodi, detto anche Pirellino, un fabbricato a torre ubicato nel comune di Lodi, quartiere Albarola, periferia sud-ovest della città, in via Achille Grandi 6, **NON TROVO LE PARTICELLE CATASTALI DI RIFERIMENTO!**.

Il lotto è delimitato sui quattro lati da via Bruno Buozzi a nord, via Hausmann a sud, via Achille Grandi a ovest e da via Maestri del Lavoro a est; la sezione stradale è inoltre a una quota superiore rispetto al piano del lotto di 1,30 m, con riferimento ad un'altezza sul livello del mare del territorio comunale pari a 87 m.

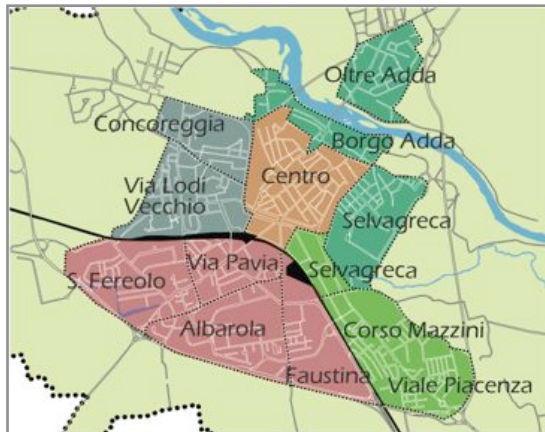


Immagine 3.3 – Circostrizioni del territorio comunale di Lodi



Immagine 3.4 – Mappa Google

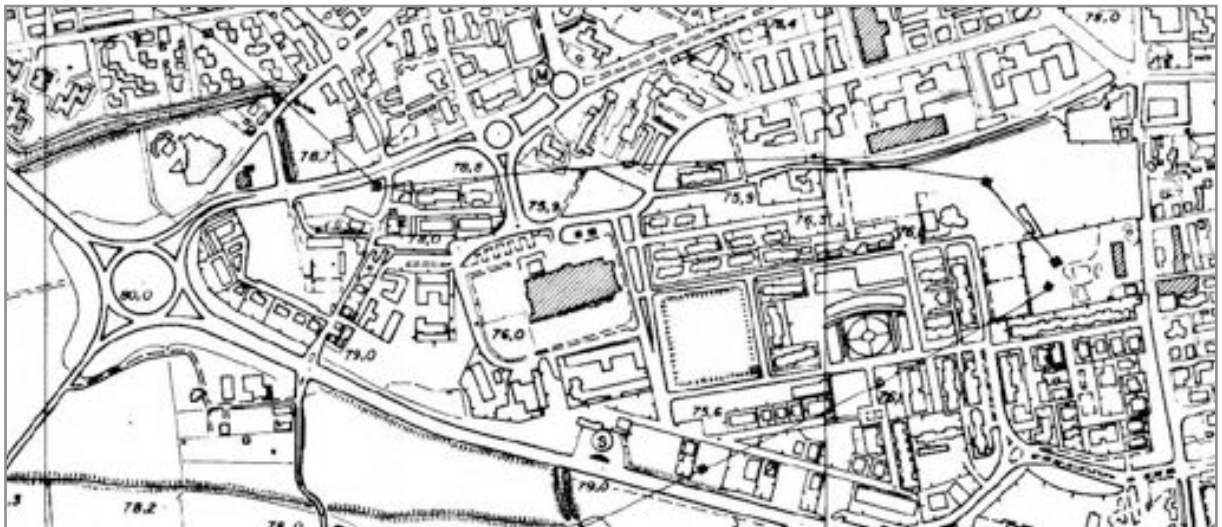


Immagine 3.5 – Estratto CTR, mappa web prodotta da Regione Lombardia



Immagine 3.6 – Ortografia aerea, mappa web prodotta da Regione Lombardia

L'edificio si trova nella periferia sud-ovest della città, nella circoscrizione comunale di S. Fereolo e Robadello, più precisamente nel quartiere Albarola. La zona risulta avere una densità abitativa media, in particolare si attesta un valore pari a 1106,63 ab/kmq.

Circoscrizioni comunali	kmq	abitanti	ab/kmq
Centro	0,83	5910	7120,48
Porta d'Adda	18,27	8315	455,12
S. Fereolo e Robadello	11,46	12682	1106,63
Porta Cremonese	4,23	7227	1708,51
Porta Regale	6,63	9457	1426,40
<i>Comune di Lodi</i>	<i>41,42</i>	<i>43919</i>	<i>1060,00</i>

Tabella 3.1 – Densità abitativa per quartiere e comunale (anno 2008)

Analizzando la densità abitativa in rapporto alla superficie edificata, i valori cambiano significativamente, in particolare per tutti i quartieri esterni al centro, con un sostanziale livellamento delle densità che si attestano intorno ai 6000 ab/kmq.

Circoscrizioni comunali	kmq	abitanti	ab/kmq
Centro	0,83	5910	7120,48
Porta d'Adda	1,26	8315	6599,21
S. Fereolo e Robadello	2,15	12682	5898,60
Porta Cremonese	1,00	7227	7227,00
Porta Regale	1,76	9457	5373,30

Tabella 3.2 – Densità abitativa per quartiere su superficie edificata (anno 2008)

L'area d'interesse è prevalentemente residenziale, con fabbricati pluripiano di recente costruzione; la zona ospita inoltre un ampio complesso scolastico d'istruzione superiore - Liceo Scientifico Statale G. Gandini- suddiviso in diversi padiglioni occupanti il lotto antistante Torre Lodi, per tutta la lunghezza di viale Papa Giovanni XXIII, e la Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Lodi in via Hausmann, proprio alle spalle della torre⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Riferimento tavola n° 1.01

Per quanto riguarda l'analisi commerciale della zona, emerge come le diverse, seppur ridotte, attività commerciali siano prevalentemente rappresentate da punti vendita di vicinato; per il comparto servizi si hanno i classici negozi di parrucchiere, estetista e attività di artigianato; in ultimo, per quanto concerne i pubblici esercizi, nell'area sono rappresentati da bar, ristoranti e pizzerie.

Il tutto è dislocato soprattutto nella zona settentrionale di quartiere, ad eccezione del supermercato MyLodi situato nel medesimo lotto di Torre Lodi, a ridosso della torre stessa.

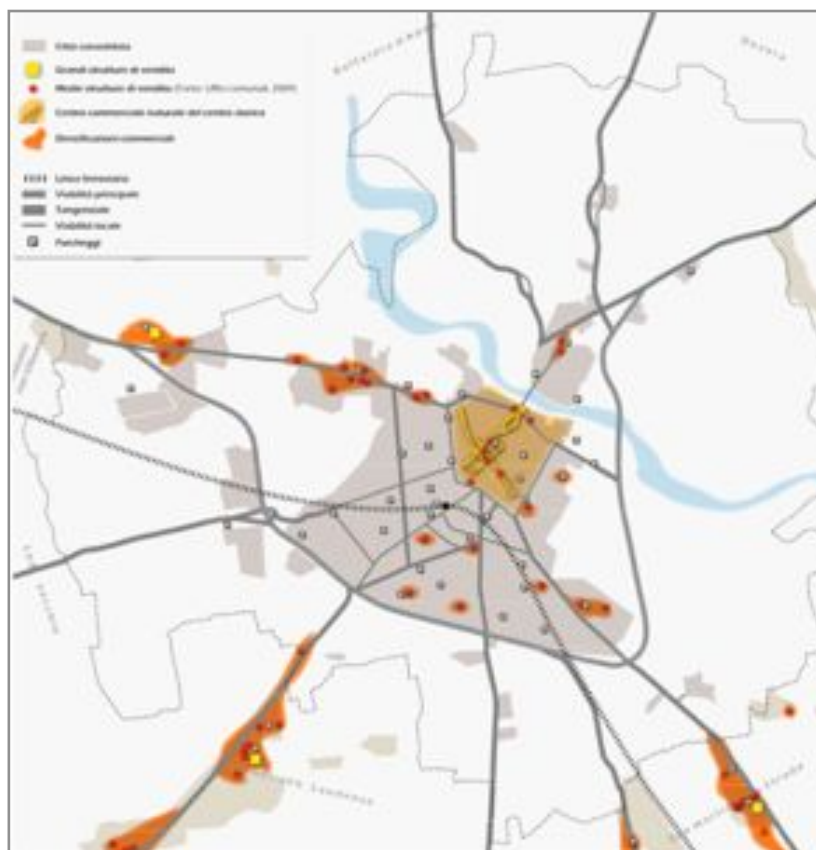


Immagine 3.7 – Rete dei commerci

Come si evince dall'immagine sopra proposta, la presenza di esercizi commerciali di vicinato riguarda l'intero comune di Lodi, ma questi rimangono localizzati soprattutto all'interno del perimetro del Centro Storico, in gran parte coincidente con il Distretto Urbano Commerciale, andando a formare un vero e proprio centro commerciale naturale.

Anche le medie strutture, sufficientemente diffuse sul territorio e principalmente localizzate sugli assi principali penetranti nel comune (SS9 e SS235), rappresentano forti polarità commerciali extra-urbane.

Prendendo in analisi il verde del quartiere Albarola, emerge come sia perlopiù di carattere privato, come giardini e aiuole; aree di verde pubblico, non di pertinenza di villette, condomini o poli scolastici, si trovano solo in prossimità del lotto esaminato, nelle vicinanze di viale Europa e della Tangenziale Sud.

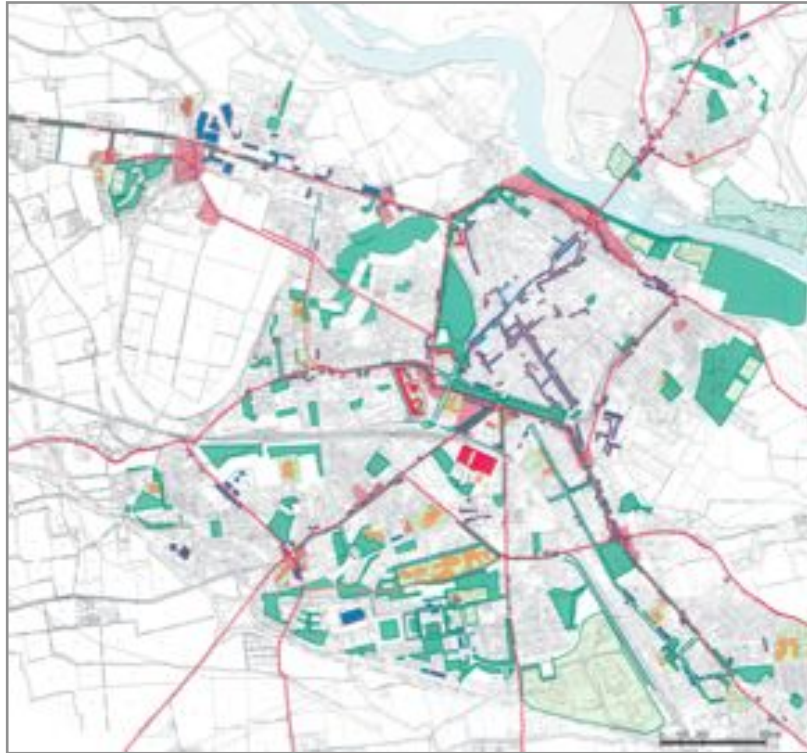


Immagine 3.8 – Sistema del verde

3.3 Viabilità e accessi

L'asse portante viario è rappresentato dalla direttrice Nord-Sud (Milano-Bologna) tramite la linea ferroviaria MI-BO-RM, l'Autostrada A1 MI-NA e la SS9 via Emilia. Lodi riveste il ruolo particolare di nodo principale di tutto il sistema, costituendosi come forte elemento di generazione e attrazione di traffico e come luogo di localizzazione privilegiata di funzioni commerciali, produttive e di servizio ⁽²⁾.

La SS9 via Emilia corre ai margini del tessuto urbano di Lodi, proprio alle spalle di Torre Lodi, con un tracciato che presenta una sezione a doppia carreggiata, svolgendo funzione di tangenziale sud della città.

La circonvallazione prosegue a nord verso Milano e a sud in direzione Piacenza; a completare trasversalmente in quadro abbiamo la SP235 che collega il comune di Lodi, verso est, a Crema e verso ovest, in direzione Pavia, allo svincolo dell'Autostrada del Sole A1.

Parallelamente all'asse portante corre inoltre Viale Europa che permette di collegare direttamente la Tangenziale Sud di Lodi al centro città, passando per il quartiere Albarola, in prossimità di Torre Lodi.

⁽²⁾ Riferimento tavola n° 1.00

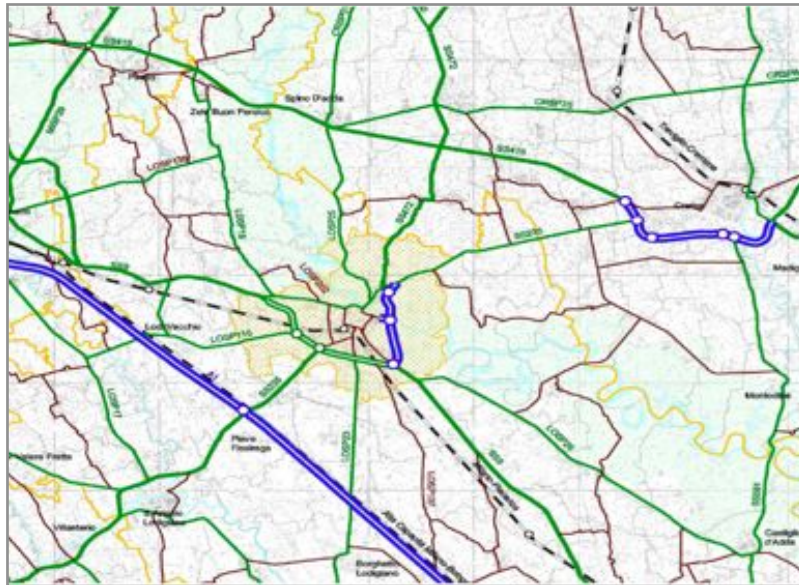


Immagine 3.9 – Aspetto della rete viaria

Per quanto riguarda la rete di trasporti pubblici, l'area è ben servita grazie alla presenza di linee di trasporto urbane, direttamente collegate al centro città, alla stazione ferroviaria e a tutti gli altri quartieri di Lodi, e grazie a linee interurbane STAR, LINE e AGI.

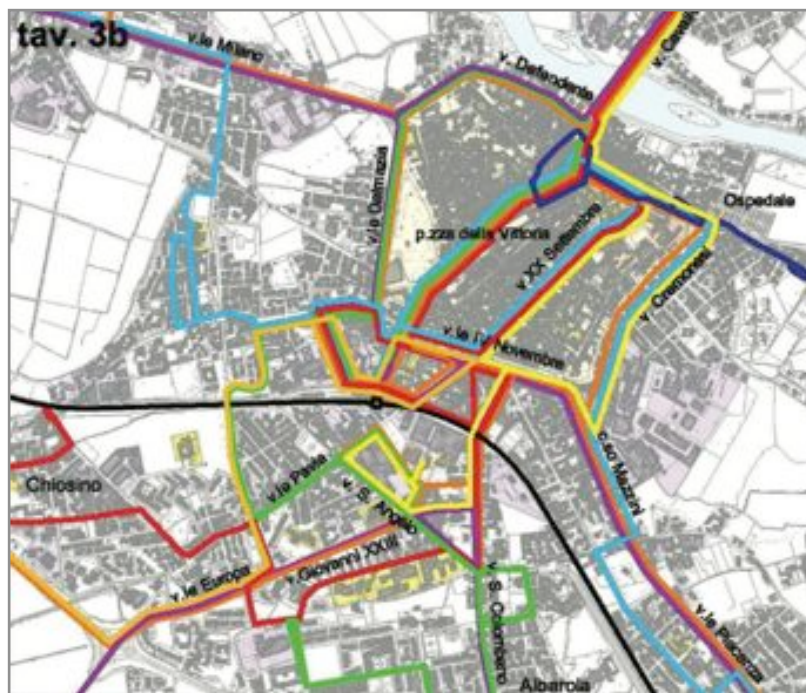


Immagine 3.10 – Sistema trasporto pubblico

In generale, pur avendo una soddisfacente accessibilità al lotto, sia con mezzi pubblici che privati, l'area presenta una forte criticità nella gestione di flussi: tutto il traffico viene convogliato su viale Europa; tale asse stradale risulta congestionato rappresentando infatti un passaggio obbligato per il traffico da e per Torre Lodi, il centro commerciale MyLodi, lo svincolo dell'Autostrada del Sole A1 e, in generale, per tutti i mezzi diretti verso il centro città, nonché verso la stazione ferroviaria di Lodi.

Analogamente, si presenta lo stesso problema di gestione del traffico anche all'interno del lotto: sia il Pirellino sia il centro commerciale presentano ingressi ed uscite comuni su tre delle quattro vie che delimitano l'area (viale Bruno Buozzi a nord, via Hausmann a sud e via Maestri del Lavoro a ovest) dando luogo alla totale assenza di una corretta gestione dei flussi da e per il lotto. Tutto intorno alla torre e al supermercato trova posto un ampio parcheggio scoperto di 5692,5 mq, utilizzato contestualmente da entrambe le attività, senza alcuna suddivisione interna. I posti auto, inoltre, pur nascendo come pertinenza della torre e del centro commerciale, vengono utilizzati a titolo gratuito anche dagli utenti degli attigui uffici - Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Lodi- ed esercizi commerciali. Ad incrementare la criticità dell'area vi è la presenza di una viabilità a senso unico di marcia che interessa le vie delimitanti il lotto ad eccezione della sola via Maestri del Lavoro.

3.4 Stato di fatto

La torre risale alla seconda metà degli anni '70, ed è stata, fino al 2004, sede provvisoria degli uffici della Provincia di Lodi, ora trasferiti nella nuova sede istituzionale dell'ex Convento San Cristoforo, in via Fanfulla 14. Nel 2011 l'edificio è stato acquistato dal gruppo Zucchetti, società di software consulting leader in Italia, per farne il suo nuovo quartier generale.



Immagine 3.11 – Rilievo fotografico⁽³⁾

L'edificio, come precedentemente accennato, è una torre di 14 livelli per un'altezza totale di 47,62 m; presenta una pianta quadrata di 18,70 m per lato, con un'estensione di piano pari a 350 mq, 45 dei quali occupati dal connettivo centrale di controventamento in cemento armato. La restante area di piano risulta essere lasciata libera ad uso degli uffici tipo open-space.

Il parallelepipedo poggia su un tronco piramidale a base ottagonale in c.a. alto 5,25 m che ospita tutti i locali tecnici della torre e l'ingresso principale con guardiola. I vari piani sono accessibili tramite due ascensori posti in posizione baricentrica rispetto alla pianta⁽⁴⁾.

L'edificio ha una struttura a telaio prefabbricato tipico del periodo, con pilastri prefabbricati in c.a.v. con armatura a gabbia monoblocco precostituita, ferri di chiamata e lato liscio; trave

⁽³⁾ Riferimento tavola n° 1.02

⁽⁴⁾ Riferimento tavole n° 1.04 – 1.05

traliciata con fondello in cls e lastre alveolari in c.a. per solai. Tutti i collegamenti tra gli elementi sono di tipo umido, realizzati con armatura integrativa e getti di consolidamento⁽⁵⁾.

Le chiusure esterne sono realizzate con elementi orizzontali rigidi di tamponamento, che corrono lungo tutto il sottofinestra, e finestre a nastro che si snodano lungo tutto il perimetro della torre, caratterizzandone la forte orizzontalità di facciata.

Per bilanciare il tutto, cercando quindi un elemento di rottura verticale, sui prospetti nord, est ed ovest, risaltano delle lesene realizzate con setti in c.a. che si sviluppano dalla base, in corrispondenza dei lati corti dell'ottagono, per tutta l'altezza dell'edificio.

⁽⁵⁾ Riferimento tavola n° 1.06

CAPITOLO 4

L'INTERVENTO DI RECLADDING

Il fenomeno del *recladding*, riguarda il rifacimento, parziale o totale, delle pareti esterne di un edificio, tramite sovrapposizione e/o sostituzione della chiusura verticale esterna, sia essa vetrata o opaca.

La parola deriva dal verbo anglosassone *to clad*, che significa letteralmente vestire; il fine ultimo di questo tipo d'intervento è infatti quello di dare un nuovo abito all'edificio, sia per ragioni estetiche e di modernità, sia per ragioni di carattere prestazionale e funzionale, con un occhio di riguardo al contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione.

Questa tipologia d'intervento di ristrutturazione, rappresenta una vera e propria disciplina che, nata di recente, si articola in vari rami, coinvolgendo non solo l'aspetto estetico, ma anche la parte impiantistica e tecnologica; sarebbe quindi più consono parlare di riqualificazione che di ristrutturazione.

Il *recladding* permette di rivalutare le preesistenze e di reinventare edifici ormai vecchi, con accorgimenti tecnici e materici tali da rendere il tutto performante e in un'ottica moderna di comfort. Un intervento che va quindi incontro alle esigenze dell'enorme patrimonio immobiliare italiano obsoleto e, a volte, anche esteticamente brutto, troppo costoso da demolire o da adeguare alle nuove normative in campo di risparmio energetico.

In maniera più specifica, si può agire sull'involucro dell'edificio esistente in tre modi:

- intervento di *re-cladding* – sostituzione e rifacimento totale della facciata esistente;
- intervento di *over-cladding* – sovrapposizione alla facciata esistente di una nuova pelle più performante, per consentire un maggiore isolamento o ventilazione della struttura muraria esistente;
- intervento di *re-fitting* – sostituzione parziale di alcuni degli elementi di facciata non più performanti o aggiunta di componenti di completamento quali schermature solari e pannelli fotovoltaici, tende, ecc.

In generale, per tutte le operazioni sopra descritte, si opera mediante l'utilizzo di appropriati pacchetti tecnologici stratificati a secco, aventi caratteristiche di elevata qualità e versatilità; inoltre permettono facilità e velocità di posa, caratteristiche fondamentali per un intervento di *recladding*.

Nel caso invece di murature a vista o intonacate, soprattutto per quanto riguarda le facciate storiche di palazzi antichi, si può intervenire con rimedi "umidi", ovvero utilizzando speciali intonaci o altri additivi chimici che ne migliorano, ad esempio, l'isolamento acustico e termico.

Importanti esempi di *recladding* si hanno soprattutto nel nord Italia; qui di seguito se ne propongono alcuni.

4.1 Esempi d'interventi di recladding

4.1.1 Nuova sede Guna

Committente: Guna spa

Progetto edificio: Polis Engineering – Irene Sabato

Progetto facciata: Dega Studio – arch. Ivo Pellegrini

Anno: 2008

Località: Milano, via Palmanova 71



Immagine 4.1 – Nuova sede Guna

La nuova sede della casa farmaceutica omeopatica Guna rappresenta un intervento di recupero caratterizzato da un'inconsueta facciata con serigrafie, alternate per dimensioni e colori, e speciali rostri in alluminio.

Le pelle esterna è caratterizzata da più di 2500 vetri tutti diversi tra loro, evidenziati con apposite cartelline ad ogiva, in alluminio anodizzato color bronzo, così da non presentare alcuna continuità lungo la facciata principale dell'edificio. Questa particolarità ha comportato lo studio di moduli di dimensioni diversi, sia in orizzontale che in verticale.

I vetri utilizzati sono del tipo serigrafato a smalto in cinque colori differenti con una trama d'erba a fili sovrapposti che vuole richiamare la naturalità dei prodotti omeopatici dell'azienda.

4.1.2 Centro Direzionale Garibaldi

Committente: Centro Direzionale Garibaldi

Progetto edificio: Laura Lazzari e Giancarlo Perrotta

Progetto facciata: Progetto CMR – Massimo Roj Architects

Anno: 2009-2012

Località: Milano, piazza Freud



Immagine 4.2 – Centro Direzionale Garibaldi

La riquilificazione del Complesso Garibaldi, sorto tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90, e diventato ben presto uno dei simboli architettonici di Milano.

Il progetto di risanamento conservativo, pur mantenendo invariata la volumetria degli edifici esistenti, ha caratterizzato il complesso edilizio con una nuova interpretazione formale ed un forte impatto tecnologico.

Le nuove facciate delle torri ex FS sono state trattate in funzione dell'esposizione, al fine di ottimizzare il comportamento energetico.

La particolare tipologia di facciata che caratterizza i fronti est-ovest è stata realizzata con sistema a cellule indipendenti, costituito da vetro esterno stratificato, intercapedine ventilata e anta interna con vetro isolante, apribile a volata per l'ispezione. Le cellule sono composte da una struttura portante in profilati di alluminio a taglio termico, a sostegno del telaio esterno, di spessore variabile, in grado di garantire le "sfaccettature" trasparenti.

L'intercapedine ad areazione forzata è di dimensione variabile sui quattro vertici, tra la lastra esterna e quella interna isolante. All'interno dell'intercapedine, in corrispondenza della zona interpiano, è posizionato un pannello isolante spandrel, composto da lastre esterne in acciaio, coibentazione con lana minerale isolante e lato interno in lamiera di acciaio zincato, che risvolta in orizzontale fino al vetro esterno. La facciata comprende un telaio interno con specchiature ad anta apribile, per l'ispezione e la manutenzione costituito da un vetro esterno isolante e un vetro interno stratificato di sicurezza. Le parti cieche della facciata

ventilata sono costituite da elementi modulari composti, con rivestimento in pietra naturale chiara, sabbiata, su sottostruttura d'acciaio, accoppiata ad un supporto di alluminio alveolare con funzione di alleggerimento del pannello. La facciata sud, invece, è realizzata con vetrocamera selettivo nel quale sono inserite serre bioclimatiche e sistemi di schermatura esterni.

Tutte le scelte progettuali puntano ad una risposta bioclimatica: questo è stato possibile ricorrendo a fonti alternative di approvvigionamento energetico e soluzioni bioarchitettiche per limitare i consumi e le emissioni.

Riscaldamento e raffrescamento sono assicurati da un sistema geotermico che pesca acqua di falda; pannelli fotovoltaici installati sul prospetto sudovest contribuiscono all'accumulo di energia, mentre le cellule a ventilazione interattiva in facciata gestiscono l'apporto solare secondo le esigenze estive e invernali.

Le serre bioclimatiche hanno la funzione di incrementare l'isolamento termico con un sistema che accumula il calore necessario a riscaldare gli ambienti in inverno e a rinfrescarli, attraverso un opportuno sistema di ventilazione, durante l'estate.

Più del 50% di fabbisogno dell'acqua calda sanitaria è soddisfatto con l'utilizzo dell'energia termica del sole ottenuta attraverso i collettori solari installati sulla copertura piana dell'edificio; le vasche di raccolta dell'acqua piovana alimentano le cassette dei servizi igienici evitando così il ricorso all'acqua potabile.

4.1.3 Complesso immobiliare Bergognone 53

Committente: società immobiliare HINES

Progetto edificio: -

Progetto facciata: Mario Cucinella Architects srl

Anno: 2001-2004

Località: Milano, via Bergognone A. da Fossano, 53





Immagine 4.3 – Complesso Bergognone 53

La ristrutturazione del complesso immobiliare ubicato nei pressi di Porta Genova, è nato come risposta ad un concorso internazionale promosso dalla società immobiliare Hines e si è inserito in una zona (tra i Navigli milanesi, la circonvallazione e la periferia) ad alta concentrazione di edifici industriali, via via, in dismissione.

Il progetto ha previsto l'integrale ristrutturazione del complesso delle ex Poste Italiane costituito da quattro edifici degli anni '60 - '70 e che racchiudono una corte interna, per una superficie totale di circa 25000 m². Interpretando gli edifici come un unico blocco urbano, l'intervento di tipo conservativo è consistito, principalmente, nel mantenimento dei volumi esistenti, nella rifunzionalizzazione e aggiornamento del design d'insieme grazie all'inserimento di nuove finestre, all'apertura di spazi a doppia altezza ed al nuovo disegno della corte-giardino.

Oggetto di intervento più consistente è stato l'edificio a nove piani che affaccia su via Bergognone (a ovest), al quale il nuovo involucro trasparente ha restituito un'immagine contemporanea e unitaria. La nuova facciata è stata realizzata con un sistema ad ampie campiture in vetro, fatte corrispondere con la struttura modulare del blocco, e sul lato sud-ovest, maggiormente esposto, si è caratterizzata per l'aggiunta di una seconda pelle a vetri selettivi (con uno sbalzo di 60 cm). Una scelta architettonica e materica che si integra con l'insieme delle opzioni per l'impiantistica meccanica volte al più efficiente sfruttamento energetico e alla contestuale riduzione dei consumi. L'utilizzo della tecnologia di travi fredde a soffitto (in parte integrate nel sistema di illuminazione e in parte nel controsoffitto forato) connesse all'impianto di ventilazione, assicura il comfort climatico localizzato degli ambienti ed il loro raffrescamento.

Il nuovo accesso principale all'edificio su via Bergognone è stato creato demolendo parte dell'edificio su via Tortona, con un intervento che ha contribuito a creare nuovi scenari urbani e prospettive visive che conducono immediatamente al giardino interno. Questa corte, protetta dai blocchi dei volumi, è parzialmente coperta da una vela in vetro, con il duplice scopo di proteggerla dalla pioggia e dal sole. I pannelli sono sostenuti da tubolari metallici curvi, con geometria a catenaria, strutturalmente assimilabili a dei cavi.

4.1.4 Sara Assicurazioni

Committente: Mangiavacchi Pedercini spa

Progetto edificio: FGS PLG & Straja

Progetto facciata: Sipam srl

Anno: 2004

Località: Milano, via della Chiusa



Immagine 4.4 – Sara Assicurazioni

L'inserimento di una nuova facciata continua esterna ha permesso di connotare in maniera nuova il fronte del preesistente edificio ad uso uffici risalente agli anni sessanta.

L'involucro di tipo puntuale a cavi tesi (spider glass) è agganciato a funi di acciaio inox sostenute da una lunga trave posta sulla sommità dell'edificio; elementi in alluminio, studiati e realizzati appositamente, permettono di fissare la facciata alle funi.

I morsetti a sezione cilindrica, inoltre, consentono l'imbullonatura dei vetri, oltre al fissaggio di bielle metalliche e d una seconda fune che irrigidisce e rende indeformabile la struttura.

È stato creato poi un raccordo con l'edificio adiacente risolto con la realizzazione di un frangisole curvo in legno fissato su una struttura di carpenteria metallica.

4.1.5 Generali RE

Committente: Generali RE

Progetto edificio: -

Progetto facciata: Studio 5+1AA

Anno: 2010

Località: Milano, piazza 4 Novembre

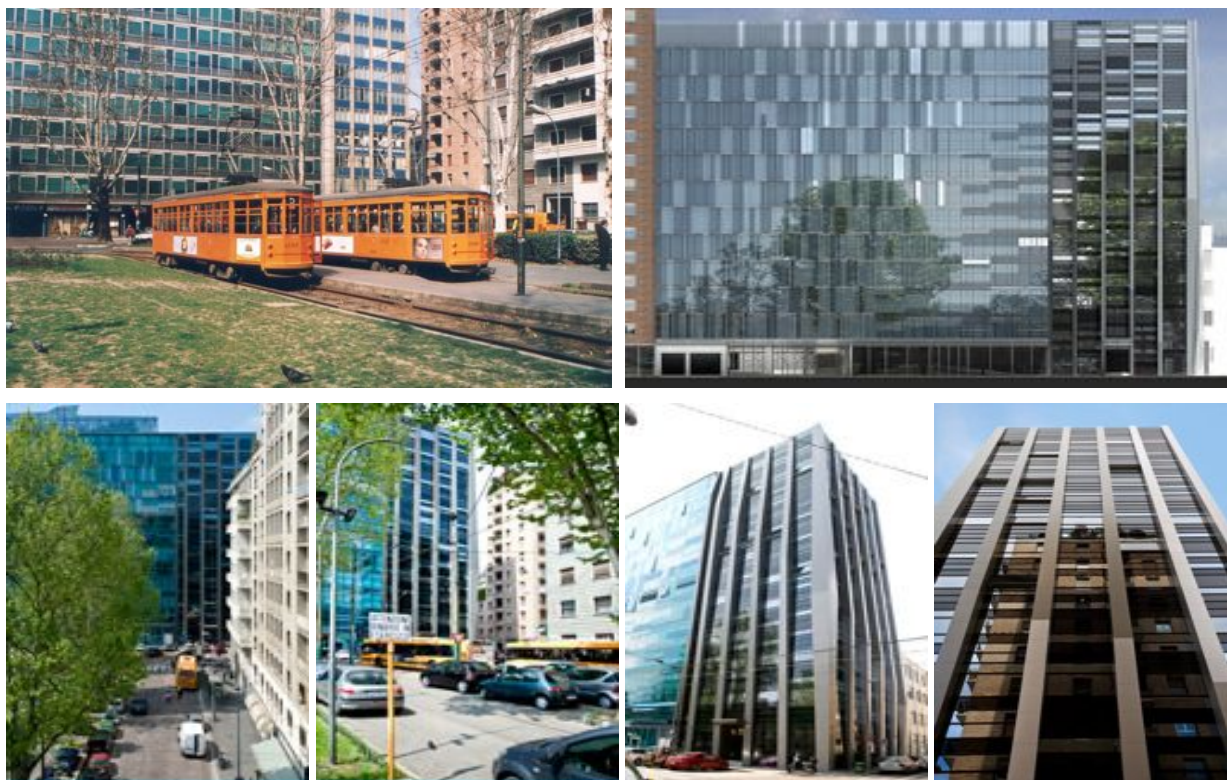


Immagine 4.5 – Generali RE

La riquilificazione dello stabile prevede la ridefinizione di un nuovo disegno di facciata, capace di creare continuità e identità con la piazza antistante. La strategia è quella della metamorfosi, ovvero esaltare e ridefinire gli elementi principali che caratterizzano il presente per riconfigurare l'edificio in un nuovo dialogo con l'esistente.

Il nuovo disegno di facciata esalta e manifesta la specificità del frammento che costruisce il fronte urbano. Il nuovo disegno si dissolve metro dopo metro, sia attraverso un effetto cromatico, che dal grigio sfuma verso il bianco, sia per una matericità che, dal riflesso e dalla trasparenza dell'acciaio-vetro, si conclude con l'opaco dell'intonaco e del mattone.

Le specchiature di vetro –inserite all'interno delle campate dei pilastri in composito di alluminio- cambiano continuamente in misura e colore. Per raggiungere questo risultato sono stati usati cinque differenti tipi di cristalli con tonalità dal grigio all'azzurro, e con finitura standard o a specchio.

La facciata, inoltre, si contraddistingue per i rivestimenti dei pilastri in composito di alluminio, come sopra citato, in diversi colori e con sagome variabili.

4.1.6 Casa del Bianco

Committente: Actea

Progetto edificio: -

Progetto facciata: Mario Cucinella Architects srl

Anno: 2005

Località: Cremona, piazza Stradivari

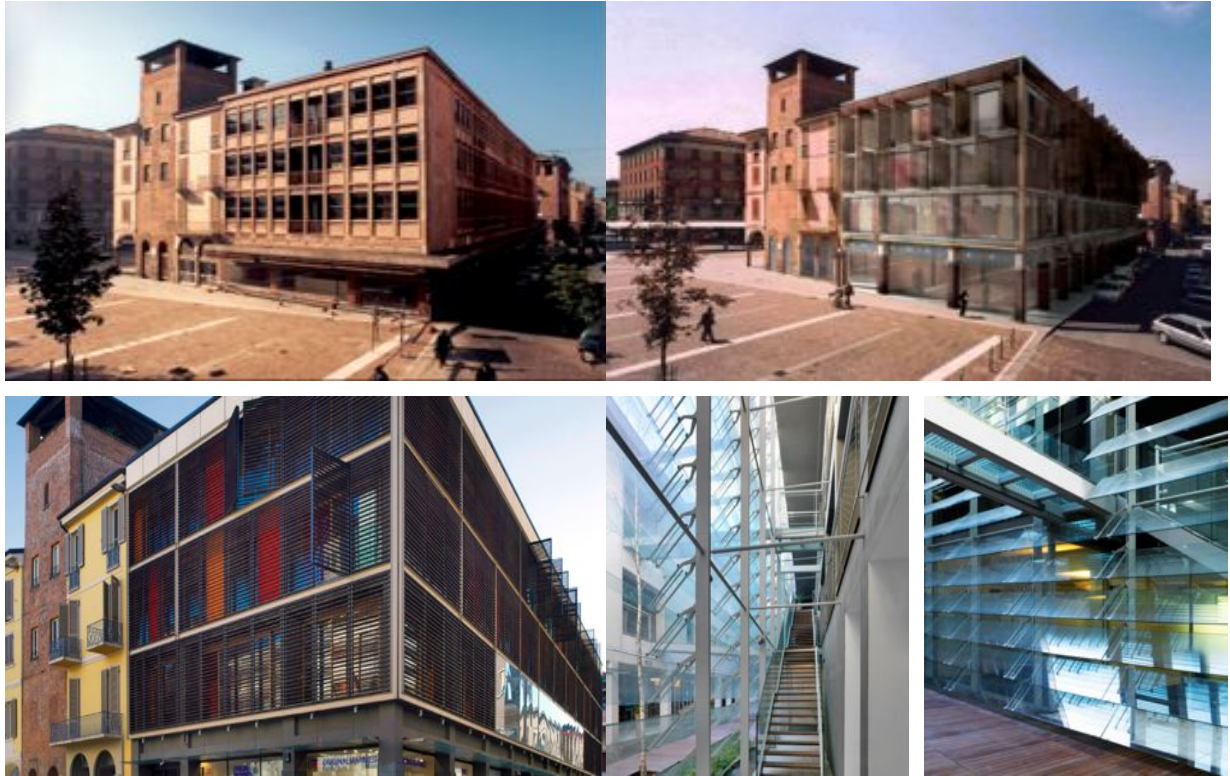


Immagine 4.6 – Casa del Bianco

Il progetto è l'esito di un concorso nazionale organizzato dalla società Actea di Cremona per la ristrutturazione della ex Casa di Bianco sita nel centro storico cittadino.

Il lotto in cui il complesso è inserito ha subito varie modifiche urbanistiche e diversi interventi, in particolare a partire dagli anni Venti e poi nella seconda metà del Novecento. Durante il periodo fascista l'area è stata oggetto di trasformazioni per l'apertura di una grande piazza e la costruzione del palazzo Littorio. Al termine di tali trasformazioni l'edificio è rimasto isolato dal suo contesto ed è stato oggetto di pesanti modifiche negli anni Settanta.

Recentemente l'Amministrazione comunale ha pedonalizzato questa zona del centro storico, creando così una continuità con l'area della cattedrale.

Il complesso della ex Casa di Bianco è costituito dalla medievale torre del Capitano del Popolo, da una costruzione cinquecentesca di cui rimane solo la facciata sulla piazza principale con il portico (rimaneggiato negli anni Venti) e infine la parte più recente realizzata negli anni Settanta, con struttura in cemento armato.

Nel rispetto delle leggi urbanistiche, che non contemplano nel centro storico la demolizione e la costruzione ex novo di un volume equivalente, il progetto ha previsto il ripristino della facciata cinquecentesca, la ristrutturazione della torre e un più consistente intervento sul

blocco moderno. Di questo viene mantenuta la volumetria esistente e la struttura, mentre sono demolite e ricostruite facciate e murature, in modo da conferire nuova immagine all'edificio.

Il progetto, quindi, ha posto inevitabili istanze in merito all'inserimento nel tessuto storico della città di un intervento contemporaneo. La scelta è stata per un confronto rispettoso con il contesto, utilizzando materiali ed elementi tipici locali, in particolare le persiane e la policromia delle facciate, interpretandole in chiave contemporanea. Le facciate sono infatti costituite da grandi persiane in legno di cedro inserite nel frame della struttura esistente, lasciando intravedere il vetro policromo della facciata retrostante.

Le originali destinazioni d'uso dell'edificio, commerciali(piano terra e primo piano) e residenziali (piani superiori), sono state mantenute.

Ulteriore elemento qualificante è costituito dal giardino interno creato entro l'antico patio, su cui affacciano le residenze.

CAPITOLO 5

PROGETTARE LO SPAZIO UFFICIO

5.1 L'area di lavoro

Un ambiente di lavoro di qualità, ben progettato e realizzato, tutela il benessere del lavoratore e valorizza il suo potenziale creativo.

Ambienti di lavoro mal progettati, penalizzando il lavoro creativo, danneggiano le capacità innovative dell'azienda.

La progettazione di un buon ambiente di lavoro deve tenere in considerazione molti fattori. Non solo si sono dati dimensionali e normative da rispettare, ma è necessario verificare che la combinazione di tutti gli aspetti, da quelli più tecnici a quelli più legati ai sensi, contribuisca a creare degli ambienti di lavoro più sicuri, sani e stimolanti. Lo spazio lavorativo ottimale deve saper supportare i diversi modi di lavorare sotto aspetti emotivi, fisici ed architettonici.

Il veloce sviluppo delle tecnologie, della comunicazione e dell'informazione, ha fatto nascere una nuova cultura del mondo del lavoro, con nuove strutture organizzative, nuove metodologie e nuove forme di aggregazione spaziale: l'ufficio è divenuto fabbrica creativa, un modello organizzativo dinamico, flessibile, che riflette nell'organizzazione degli spazi, l'organizzazione del lavoro.

Accanto alle aree tradizionali per lo svolgimento di attività di tipo individuale o dedicate al lavoro di gruppo, nascono nuovi spazi, come sale meeting, coffee area e club.

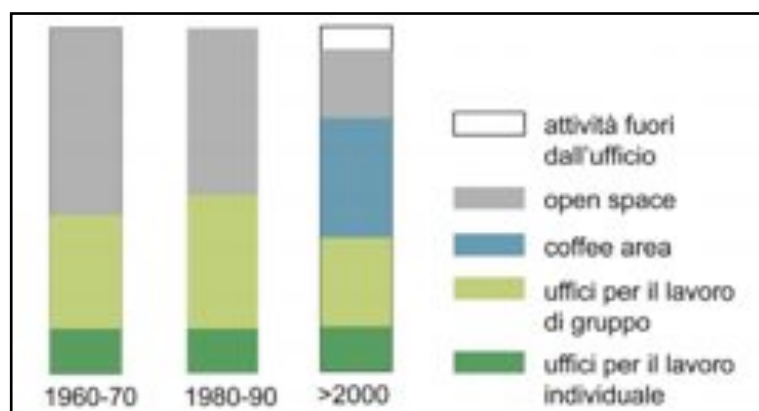


Grafico 5.1 – Mutamenti nella gestione dello spazio (fonte Assufficio 2008)

Nascono nuovi modelli organizzativi, dati dal dualismo tra i concetti basilari di interazione ed autonomia, processi individuali e di gruppo; il lavoro tende sempre di più a identificarsi in una operazione intellettuale, creativa ed astratta, che necessita di concentrazione e conoscenza, scambio di idee e informazioni, e lo spazio dove tutto questo si svolge, gioca un ruolo cruciale.

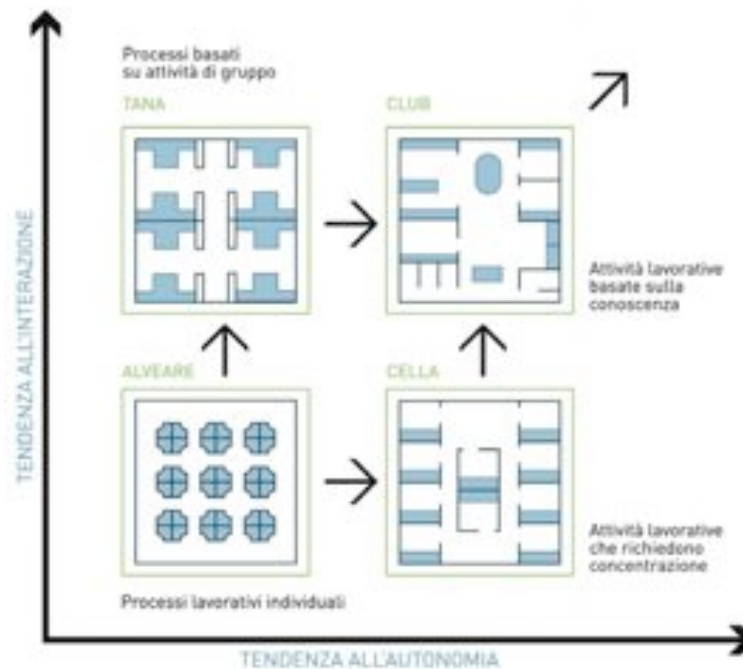


Grafico 5.2 – Modelli organizzativi per uffici

La flessibilità dei nuovi ambienti lavorativi deve interessare l'edificio stesso, il layout distributivo e gli elementi d'arredo, che devono di volta in volta potersi adattare a diverse esigenze e situazioni. Il punto fondamentale perciò è conoscere e valutare al meglio l'organizzazione aziendale: open space, uffici singoli, spazi multifunzionali sono tutte soluzioni valide se cucite su misura per l'attività quotidiana della specifica azienda.

La flessibilità deve essere perciò alla base della progettazione integrata. A seguire, l'analisi delle esigenze delle strutture da allocare, aiuta certamente ad individuare gli elementi da prediligere, ad esempio aree di progetto o piccole sale meeting.

E' doveroso far notare che la flessibilità va intesa nel senso più ampio possibile e deve quindi riguardare, anche e soprattutto, gli impianti, perché è l'edificio che deve adattarsi all'organizzazione e non viceversa. La flessibilità, in coppia con la modularità, sono un elemento di grande valore, da considerare subito nella fase di progettazione, adottando ad esempio un modulo di spazio standard e dimensionando in rapporto ad esso tutti gli uffici. Chiaramente, i migliori risultati saranno raggiunti in presenza di immobili con precise caratteristiche di efficienza strutturale: la forma geometrica, la posizione delle colonne, la regolarità delle superfici vetrate, ecc. Un altro elemento indispensabile è il pavimento galleggiante in tutta la superficie destinata agli uffici, quale unica garanzia per raggiungere facilmente ogni postazione di lavoro con gli impianti di servizio.

Uno dei criteri che in passato ha avuto un peso determinante nella creazione degli spazi ufficio è quello gerarchico, che prevede l'assegnazione di spazi più grandi, attrezzati e decorati a seconda dell'importanza della carica ricoperta in azienda. Attualmente sembrerebbe che il criterio gerarchico abbia ancora un peso, tutt'altro che trascurabile, nella gestione dello spazio: in ogni gruppo di lavoro esiste un leader e questo deve essere riconosciuto non solo per le capacità professionali. Il clima generale però sembra suggerire che, anche nei molti casi in cui è ancora applicata, questa modalità di assegnazione dello spazio sia ritenuta solo un ingombrante retaggio del passato.

Altro elemento fondamentale ed incidente della progettazione è senz'altro lo spazio per la circolazione, il quale rappresenta un importante elemento di sicurezza e fa subito comprendere se il layout è compresso o armonioso; da sottolineare anche la sua utilità nel creare tanti microambienti diversi all'interno di un unico ufficio. L'importanza attribuita a questo elemento è probabilmente anche il riflesso del maggior peso assunto dal lavoro di squadra nell'ufficio moderno: gli spazi per la circolazione sono essenziali perché l'ambiente ideale deve raccogliere, in gruppi, le persone che lavorano per lo stesso team, senza isolarle troppo dagli altri e sprecare meno spazio possibile, vista la continua spinta a ridurre i metri quadri occupati al minimo indispensabile.

In ultimo, si potrebbero considerare anche altri elementi non banali e non meno importanti dei precedenti, quali:

- una rete wireless che copra l'intera area degli uffici;
- spazi polmone (scrivanie vuote o interi uffici vuoti) ad ogni piano, per creare un sistema di hotelling desk, gestibile con sistema di prenotazioni a distanza;
- gestione individuale del comfort (illuminazione, microclima, impostazioni ergonomiche) da accesso remoto;
- allestimento in tutte le postazioni lavoro di Skype (con cuffie e microfono) per permettere collegamenti informali e veloci con i colleghi che lavorano sia in sede che in tutti i paesi del mondo.

La progettazione, inoltre, deve essere sempre più consapevole di come anche il benessere fisico e psicologico sia un bene da tutelare: l'efficacia, la qualità e la produttività migliorano in presenza di un buon ambiente di lavoro, buone condizioni di sicurezza e adeguati servizi e risorse. L'utente lavoratore deve rimanere al centro dell'organizzazione aziendale e della progettazione; tenuto conto anche del fatto che il costo del personale rappresenta circa l'80% del totale dei costi di un ufficio, va a tutto vantaggio dell'azienda, fornire aree di lavoro in grado di migliorare l'umore e la soddisfazione degli utenti, in modo che questi possano essere maggiormente produttivi e creativi.

Il rendimento giornaliero del personale d'ufficio può però essere inficiato da riduzioni nella concentrazione (che vanno a volte oltre il 50%) prodotte da cattive condizioni di illuminazione, microclima, acustica ambientale e anche per motivi biologici.

Oltre alla curva giornaliera del rendimento -la quale ha un tracciato molto simile per tutte le persone: picchi di rendimento al mattino, discesa dopo mezzogiorno per risalire a metà pomeriggio e infine scendere nuovamente- bisognerebbe tener conto anche della fatica psichica, causata da diversi fattori quali: il livello di responsabilità, complessità/difficoltà delle attività svolte, monotonia del lavoro, frequenza delle interruzioni, carenza di informazioni, condizioni ambientali inadatte.

E' quindi importante prevedere periodi di pausa abbastanza frequenti e brevi, e lasciare libertà di scelta individuale e pianificazione delle stesse: queste devono poter offrire possibilità di contatti sociali e di rilassamento.

Diventa perciò utile prevedere zone nettamente diverse dal resto dell'ambiente, sia dal punto di vista architettonico che di luce e colori, per meglio consentire all'utente di trovare relax.

5.2 Indicazioni progettuali di carattere generale

5.2.1 Organizzazione degli spazi

L'ambiente di lavoro deve avere caratteristiche che favoriscano la concentrazione e la comunicazione; per esempio, devono essere del tutto evitate postazioni di lavoro con fonti di luce di fronte o alle spalle, per evitare abbagliamenti e riflessi; i percorsi di circolazione non devono interferire con gli spazi di lavoro.



Immagine 5.1 – Organizzazione dello spazio ufficio

5.2.2 Condizioni di sicurezza

Un impegno mirato, in fase di progettazione, favorisce l'eliminazione delle fonti di pericolo in ufficio; la sicurezza di chi lavora in un edificio per uffici è connessa a scelte di:

- progettazione architettonica;
- progettazione tecnologica;
- materiali di finitura;
- elementi d'arredo;
- disposizione di mobili, macchine ed attrezzature.

5.2.3 Condizioni acustiche

Per prevenire l'inquinamento acustico può risultare utile:

- installare sistemi di articolazione dello spazio ad alta qualità fonoassorbente e fono isolante;
- aumentare le superfici fonoassorbenti orizzontali e verticali;
- introdurre superfici riflettenti che convogliano il suono verso percorsi non disturbanti;
- introdurre fonti sonore alternative (musica, rumore bianco, suoni naturali) che riducano l'intelligibilità delle conversazioni.

5.2.4 Condizioni illuminotecniche

Un illuminamento sfavorevole condiziona il rendimento del lavoratore, costringendolo a continue correzioni, con conseguente affaticamento visivo, irritazione agli occhi e disturbi più seri nel lungo periodo, accompagnati da danni all'apparato muscolo-scheletrico dovuti alla postura errata con cui si tenta di compensare alcuni problemi (es. eccessivo avvicinamento allo schermo o al foglio sulla scrivania).

L'illuminazione raccomandata negli uffici va da 300 lux a 500 lux, a seconda dell'attività da svolgere; per quanto riguarda le condizioni ottimali di illuminazione locale della postazione,

si ottengono con un illuminamento di circa 2000 lux del piano di lavoro. Con valori di illuminamento inferiori si ha un progressivo calo del rendimento e un conseguente aumento del numero di potenziali errori.

E' importante bilanciare l'illuminazione ambientale con quella locale e puntuale, in modo da ridurre i contrasti tra zone in ombra e zone più illuminate: si ritengono accettabili differenze di luminanza che non superano il rapporto massimo di 1/3 o 3/1, per le zone circostanti al compito visivo principale si assume un valore limite di 1/10; i contrasti ammissibili di luminanza delle superfici sono pari a 3:1 al centro, 10:1 alla periferia e 10:1 dal centro alla periferia.



Immagine 5.2 – Disposizione consigliata dei corpi illuminanti nei locali finestrati

5.2.5 Condizioni microclimatiche

Il microclima può essere definito come l'insieme dei parametri ambientali che determinano gli scambi termici fra uomo e ambiente. Dipende da diversi fattori, quali:

- condizioni climatiche esterne;
- layout distributivo degli spazi lavorativi;
- impianto di climatizzazione invernale ed estiva;
- mq disponibili per ogni addetto;
- caratteristiche tecniche prestazionali edilizie e di orientamento dell'edificio.

Secondo la norma ISO 7730, gli indici di riferimento da tenere in considerazione sono:

- velocità raccomandate per il movimento dell'aria pari a 0,15 m/s in inverno e 0,25 m/s in estate, con portate d'aria per persona pari a 25 m³/h;
- umidità relativa mantenuta tra il 40% ed il 60%, in particolare 50-60% in estate e 40-50% in inverno;
- temperatura di set-point dell'aria interna pari a 20-22 °C in inverno e 24-26 °C in estate.

5.2.6 Condizioni sensoriali

La varietà e la qualità degli stimoli sensoriali, influenza in modo determinante il rendimento; un buon ambiente per lavorare, come per abitare, è quello che riproduce all'interno piccole repliche, anche simboliche, dell'ambiente naturale esterno (luce, calore, colori, profumi, panorami, sensazioni tattili, piante).

5.3 I benefit aziendali

I benefit aziendali sono rappresentati da tutto quell'insieme di servizi aggiuntivi che la società può mettere a disposizione, gratuitamente o con prezzo convenzionato, dei propri dipendenti. Per evitare però che l'utilizzo di benefit si riveli controproducente dal punto di vista economico per l'azienda, è indispensabile che la stessa valuti, in primo luogo, il tipo di

benefit preferito dai vari comparti: età e condizioni familiari sono variabili da tenere in considerazione (ad esempio: un impiegato di 40 anni con due figli a carico, preferirà quasi sicuramente poter usufruire di una mensa o di agevolazioni per visite mediche, piuttosto della possibilità di frequentare una palestra aziendale).

I benefit aziendali possono essere un elemento determinante, dal punto di vista del lavoratore dipendente, o di chi cerca un'occupazione, per motivare la scelta o la rinuncia di un nuovo posto di lavoro; aumenti di stipendio, spesso, possono risultare difficili da ottenere, mentre i benefit possono essere scelti e a volte contrattati.

Dal punto di vista aziendale, invece, possono rappresentare l'espressione di apertura della società al contesto sociale in cui opera e, più direttamente, una forma di attenzione per le esigenze dei propri collaboratori. Si tratta di un'occasione per promuovere un miglioramento del clima aziendale e dell'immagine stessa dell'azienda.

Tra quelli più importanti, e più richiesti, ricordiamo il servizio mensa ed il parcheggio, agevolazioni per le visite dentistiche, asili nido e palestre aziendali.

L'aver a disposizione un parcheggio per la propria auto, senza perdere tempo per trovare un posteggio, evitando di fare chilometri a piedi per raggiungere l'ufficio, rappresenta un benefit importante, sia per ridurre il ritardo negli ingressi, sia per evitare che l'operatore raggiunga il proprio luogo di lavoro già stressato.

La possibilità di usufruire di un servizio mensa, o di appositi locali ristoro dove poter consumare il proprio pasto portato da casa, permette al lavoratore di diminuire considerevolmente il costo della pausa pranzo, il quale rappresenta una delle maggiori voci di costo che finiscono per incidere pesantemente sul bilancio familiare o su quello di una singola persona.

Una diversa opzione potrebbe essere anche quella di poter passare l'ora di pausa pranzo, o dopo il lavoro, in una palestra convenzionata. Centri fitness aziendali permettono di migliorare i rapporti tra i colleghi, garantiscono più energie, lucidità, meno dolori muscolari e meno stress tra gli operatori; possono essere erogati corsi specifici, studiati insieme al medico aziendale, per far fronte, ad esempio, ai problemi posturali. Le aziende traggono beneficio dallo stesso benessere dei loro dipendenti, sia dal punto di vista economico, in quanto le palestre non sono totalmente gratuite, ma offrono corsi e abbonamenti ad un prezzo convenzionato, sia dal punto di vista gestionale in quanto si riducono l'assenteismo e le spese per malattia.

Non si deve escludere, infine, la possibilità di realizzare un nido aziendale, magari creando rapporti di collaborazione con le amministrazioni locali nello sviluppo di tali iniziative, usufruendo altresì di alcune agevolazioni economiche. L'apertura di un asilo nido può concorrere a realizzare importanti obiettivi, anche di carattere sociale, quali:

- contribuire al miglioramento della qualità della vita delle lavoratrici e dei lavoratori, anche attraverso la riduzione del tempo da dedicare alla ricerca e all'accompagnamento dei figli agli asili nido;
- favorire un rientro delle lavoratrici dalla maternità in tempi più rapidi e con un atteggiamento più sereno;
- fidelizzare le risorse umane trattenendo le lavoratrici che abbiano carichi familiari;

- favorire, attraverso il sostegno alla gestione familiare, le possibilità di sviluppo e carriera delle donne lavoratrici e la valorizzazione dell’apporto professionale di ciascuna di esse alla vita dell’impresa.

CAPITOLO 6

TORRE ZUCCHETTI: DESCRIZIONE DEL PROGETTO D'INTERVENTO E DELLE SCELTE PROGETTUALI

6.1 La committenza

Il gruppo Zucchetti è la prima azienda italiana in ambito “Software & Servizi”, è conosciuta soprattutto come fornitore di software gestionali/Epr e di soluzioni per la gestione del personale: paghe e stipendi, rilevazione presenze e assenze, controllo accessi, gestione risorse umane, ecc. E' anche leader in Italia nella fornitura di soluzioni per commercialisti, associazioni di categoria e consulenti del lavoro.

L'azienda ha acquistato l'edificio di Torre Lodi nel 2011 per farne il suo nuovo quartier generale, spostando così gli uffici dalla vecchia sede di via Solferino.

L'obiettivo dell'intervento, così come chiesto dalla committenza, è quello di ristrutturare e riqualificare il palazzo di 14 piani che in passato fu sede della Provincia di Lodi e di altre società.

Le richieste evidenziate dalla società, per quanto concerne lo stile dell'opera, sono ben in linea con lo spirito di innovazione e di ricerca dell'eccellenza che anima l'azienda lodigiana: “Il non essere mai soddisfatti dei risultati ottenuti, il grande sforzo d'invenzione che pensa alle future esigenze dei nostri 73000 clienti, il mettersi sempre dalla parte dell'utente, comprendere in profondità il lavoro di ogni giorno, aiutano a migliorare” (Antonio Grioli, presidente del comitato di direzione Zucchetti).

Il progetto dovrà quindi essere in grado di coniugare genialità e funzionalità, per dare corpo a nuove forme che contribuiranno, sicuramente, a stimolare ancora di più la creatività degli utenti della Zucchetti, che lavoreranno in questo edificio dal nuovo aspetto.

L'impegno progettuale di Torre Lodi significherà rendere concreta la volontà di una committenza illuminata ed interpretarla attraverso una visione che integra tecnologia, ambiente, economia e società in un unico edificio, il quale dovrà diventare simbolo di innovazione e progresso.

6.2 Proposte di riqualificazione urbana

Successivamente all'analisi svolta sullo stato di fatto e sull'uso del suolo, come ampiamente descritto nel capitolo 3, si sono potute mettere in evidenza le criticità del contesto urbano in termini di viabilità, accessibilità e gestione dei flussi e gli ambiti d'intervento sui quali poter agire per meglio integrare il progetto al progresso.

6.2.1 Viabilità e accessi

Per facilitare l'accesso al lotto del Pirellino e sgravare viale Europa di parte del traffico, si è scelto di deviare i flussi, da e per la torre, su assi stradali attualmente secondari⁽¹⁾.

Per poter attuare tale soluzione si dovranno apportare significativi interventi alla sezione stradale di via Della Marescalca e via Bruno Buozzi per poterne sostenere il nuovo traffico; la circolazione stradale sulle vie delimitanti il lotto verrà cambiata da senso unico a doppio senso di marcia, senza bisogno di nessun intervento invasivo, in quanto sono già presenti le caratteristiche minime; si prevede inoltre la realizzazione di una ulteriore uscita dalla

⁽¹⁾ Riferimento tavola n° 2.00

Tangenziale Sud di Lodi che permetterebbe di raggiungere il lotto da sud, evitando così agli utenti degli uffici di dover imboccare il sempre congestionato viale Europa.

Il nuovo svincolo sarà un'intersezione a raso di tipo lineare, con possibilità di ingresso e di rientro sull'asse principale solo in una direzione; sarà distante dalla rotatoria già esistente 450 m, rispettando il distanziamento tra incroci successivi su strade extraurbane che deve essere dell'ordine dei 500 m, con distanze minime di 250 m; verrà previsto un tronco di manovra per l'uscita avente lunghezza maggiore di 40 m ed un tronco di manovra per il rientro maggiore di 80 m.

In adiacenza a via Bruno Buozzi e lungo il nuovo viale che collega l'aggiuntivo svincolo a via Hausmann, verranno creati ulteriori posti auto, fruibili anche dagli utenti della vicina Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Lodi.

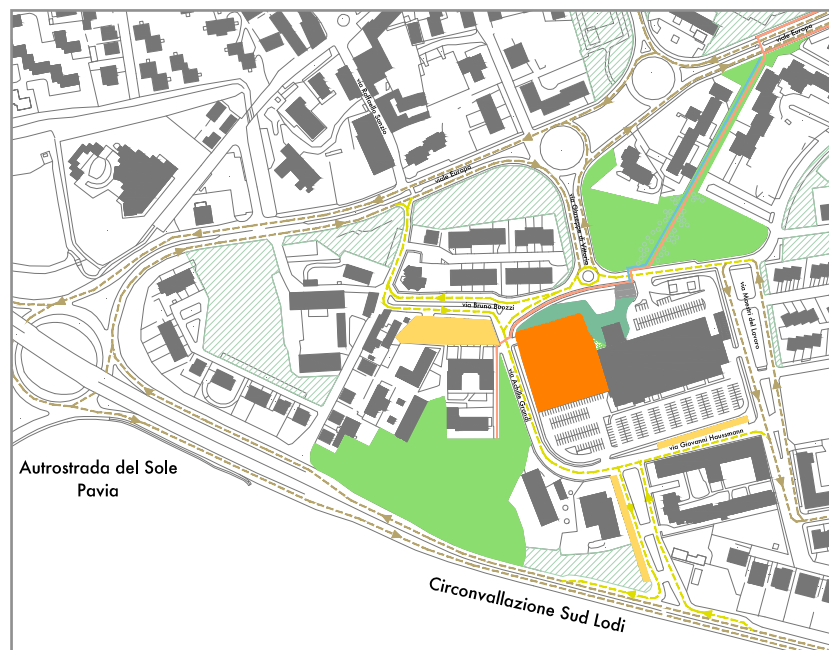


Immagine 6.1 – Proposte nuova viabilità (estratto tavola n° 2.00)

Per quanto riguarda l'area di parcheggio di pertinenza del lotto, questa è stata riorganizzata in modo da gestire separatamente gli ingressi e le uscite degli uffici e del centro commerciale, con posti auto debitamente suddivisi e riservati alle due utenze. In particolare, l'area di parcheggio privata di Torre Zucchetti si estenderà per 4550 mq con un totale di 137 posti auto e vi si accederà da via Achille Grandi, mentre i posti auto del supermercato MyLodi, pari a 261, occuperanno una superficie di 10300 mq e presenteranno accessi su tutte le restanti tre vie delimitanti il lotto.

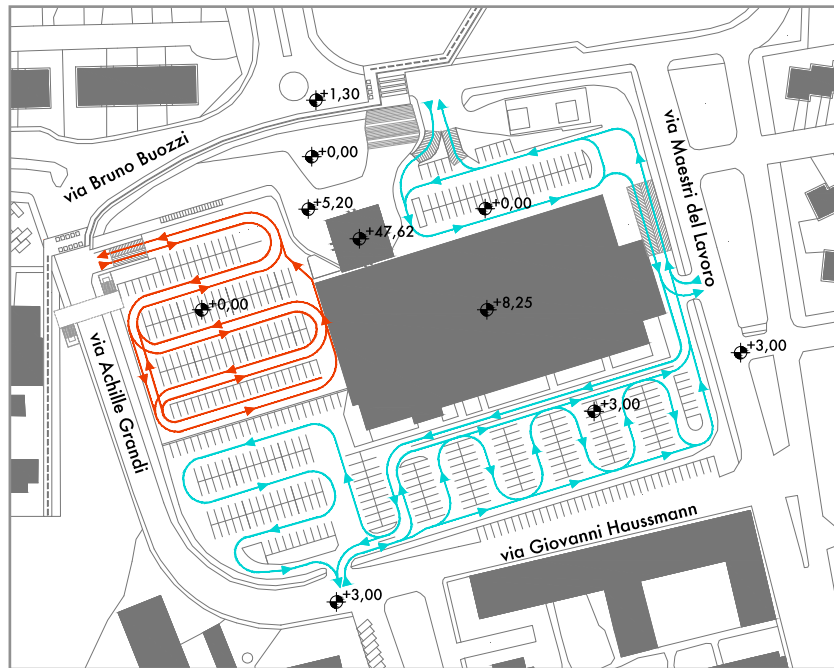


Immagine 6.2 – Organizzazione flussi parcheggi (estratto tavola n° 2.00)

6.2.2 Asse verde

Con lo scopo di completare l'ideale asse del verde pubblico attrezzato di quartiere, si è scelto di realizzare, sull'area di parcheggio riservata agli utenti di Torre Zucchetti, una copertura piana a verde estensivo calpestabile e una collinetta verde polifunzionale, antistante alla torre, che vanno a fare da ponte tra i due parchi già esistenti.

A rafforzare tale continuità, si ha la realizzazione di una pista ciclo-pedonale che percorre tutto via Europa fino ad immettersi nel sistema di parchi pubblici, passando per l'area verde rialzata di Torre Zucchetti, attrezzata con opportune passerelle e sovrappassi pedonali.



Immagine 6.3 – Realizzazione asse verde (estratto tavola n° 2.00)

6.2.3 Collinetta polifunzionale

La collinetta realizzata ai piedi di Torre Zucchetti, oltre a ricercare la continuità del sistema di verde pubblico, permette una buona gestione dei flussi dei diversi utenti della torre e offre loro servizi aggiuntivi⁽²⁾.

La collinetta si presenta con una forma a ferro di cavallo che va ad inglobare l'intera base ottagonale esistente della torre, fino ad un'altezza di 5,25 m, e a creare una piazzetta ad essa antistante, alla quota zero di calpestio. Verso via Bruno Buozzi, la collinetta scende fino al piano stradale, posto alla quota di 1,30 m, con un'importante scalinata, mentre degrada, con una pendenza del 8%, verso via Achille Grandi.

La scalinata permette quindi l'accesso all'ingresso principale, di rappresentanza, posto al primo piano, alla stessa quota di calpestio della collinetta (+ 5,25 m); mentre l'ingresso originario alla torre viene mantenuto al pian terreno come ingresso secondario.

Al di sotto della collinetta, ai lati della torre, con affaccio sulla piccola piazza interna, trovano posto un centro fitness di 230 mq, un asilo nido di 325 mq e un'area comune di ristoro di 190 mq che mette in comunicazione i parcheggi privati con la piazzetta stessa. Quest'ultima risulta poi essere facilmente accessibile direttamente dal sopraelevato piano stradale grazie a rampe ciclo-pedonali e per disabili; il tutto a creare un vero e proprio luogo d'incontro e d'aggregazione per tutti gli utenti della torre, e non solo⁽³⁾.

- *Centro Fitness*

La palestra viene pensata per un numero massimo di utenti, contemporaneamente presenti, pari a 20.

Nel momento di massimo affollamento, si fa riferimento ad uno spazio minimo per il corretto svolgimento dell'attività sportiva pari ad una cubatura di almeno 20 mc/persona, garantendo comunque un minimo di 4 mq di superficie per praticante attività a corpo libero e di 6 mq per praticante attività con attrezzi ginnici.

I requisiti di illuminazione e di aerazione richiesti dalla normativa verranno soddisfatti grazie la presenza dell'unica ampia parete vetrata, la quale si affaccia sulla piccola piazza interna, e dall'installazione di idoneo sistema di aerazione artificiale per la ventilazione ed il condizionamento. La finestratura sarà apribile per almeno il 50%, con vetri di tipo antinfortunistico e antisfondamento.

Il centro offrirà, ovviamente, servizi di supporto all'attività sportiva degli utenti, quali: servizi igienici, spogliatoi, docce e sauna; saranno previsti due locali spogliatoio distinti, considerando un egual numero di donne e uomini, aventi una superficie per utente non inferiore a 1,50 mq; sarà assicurata la fruibilità anche da parte degli utenti disabili. Per quanto riguarda i servizi igienici, presenteranno accesso da un anti-wc comune dotato di lavabi, presenti in numero uguale a quello degli stessi servizi; saranno dotati di 2 wc (rispettando il minimo di due wc per spogliatoio ogni 20 utenti), di cui uno accessibile agli utenti diversamente abili. Saranno previsti tre posti doccia (rispettando un minimo di una doccia per spogliatoio ogni 5 utenti, con dotazione minima pari a due docce) accessibili, tramite locale filtro, anche da parte degli utenti disabili. Presenteranno le stesse caratteristiche dei locali sopra esposte anche gli spogliatoi, i servizi igienici e le docce riservate agli istruttori/addetti della palestra.

(2) Riferimento tavola n° 3.00

(3) Riferimento tavola n°3.01

Non verrà previsto un locale infermeria ad uso esclusivo, ma lo spazio degli spogliatoi privati sarà comunque opportunamente attrezzato per interventi di primo soccorso.

Sarà presente un locale accessorio per il deposito di attrezzature e materiali di sanificazione.

- *Asilo Nido*

Avendo una superficie totale utile inferiore a 345 mq, l'asilo rientra nel modello tipologico n. 4: sono cioè previsti un massimo di 30 posti bambino, pur essendo ammesse variazioni in eccesso o in difetto del 10%. Per ragioni di carattere funzionale e gestionale, in questo specifico caso, non saranno ammessi lattanti, ma solo divezzi, per un massimo di 25 posti bambino: tale espediente permette di evitare la suddivisione organizzativa del gruppo di bambini in più sottogruppi con relativi ambienti separati, come suggerito dalle linee guida alla normativa.

Si prevedono i seguenti ambienti, rispettando le superfici utili unitarie a fianco indicate:

b1	<i>ingresso con deposito carrozzine e cambio abito</i>	0,30 mq/bambino
b2	<i>accettazione aggregata agli spazi di soggiorno</i>	0,60 mq/bambino
b3	<i>soggiorno pranzo</i>	3,70 mq/bambino
b4	<i>riposo comunicante col soggiorno</i>	2,00 mq/bambino
b5	<i>servizi igienici</i>	1,20 mq/bambino
b6	<i>disimpegni e ripostigli</i>	0,20 mq/bambino
	Totale superficie utile unitaria	8,00 mq/bambino

Tabella 6.01 – Superfici utili unitarie asilo nido

Lo spazio per il soggiorno permetterà, nel suo interno, attività collettive dell'intero gruppo, attività diverse svolte contemporaneamente da piccoli gruppi di 3-5 bambini ed un adulto, e attività individuali.

Per i bambini di età superiore ai 20-24 mesi, gli ambienti per il riposo saranno usati solo nelle prime ore pomeridiane; per i divezzi più piccoli, invece, gli stessi spazi potranno essere utilizzati più volte nell'arco della giornata, ma non contemporaneamente da tutti i bambini: tali spazi, quindi, non potranno essere integrabili al soggiorno, anche se ad esso direttamente comunicanti.

I servizi igienici presenteranno un'opportuna divisione tra lo spazio contenente i WC (zona sporca) e quello contenente i lavabi ad uso dei bambini (zona pulita); quest'ultima sarà chiaramente comunicante con lo spazio di soggiorno.

I percorsi di collegamento tra cucina, lavanderia e spogliatoio saranno previsti al di fuori degli spazi ad uso dei bambini, ed evitando, inoltre, interferenze con gli spazi di riposo.

Oltre agli spazi ad uso dei bambini, verranno previsti spazi interni per i servizi generali: cucina e dispensa; lavanderia; spogliatoio e servizi igienici per adulti; locale pluriuso per il personale (pranzo, riunione, segreteria, colloquio genitori, ecc.); ambulatorio pediatrico. La superficie utile totale rispettata per tale nucleo di servizi, compresi eventuali disimpegni, è di 100 mq.

Per quanto riguarda gli spazi esterni sarà previsto un percorso pavimentato e coperto a protezione dell'ingresso principale all'asilo, in direzione del parcheggio privato; mentre l'ingresso ai servizi generali, per l'approvvigionamento delle merci, avverrà attraverso un'entrata secondaria posta nel salone comune della collinetta, così da non interferire in alcun modo con le attività dei bambini.

Saranno previsti spazi liberi (non coperti) e aree a prato sulla collinetta verde attrezzata di copertura, con superfici unitarie di 3,50 mq/bambino per attività e percorsi all'aperto e 0,50 mq/bambino per vasche per la sabbia.

6.3 Torre Zucchetti

6.3.1 Accessi

La nuova torre Zucchetti, come già precedentemente accennato, avrà accessi separati: l'ingresso principale di rappresentanza, posizionato alla quota della collinetta (+5,25 m) sarà raggiungibile direttamente dalla scalinata che si affaccia su via Bruno Buozzi, o tramite il percorso pedonale in salita, con pendenza dell'8%, che segue il profilo della collinetta stessa, partendo dall'angolo tra via Bruno Buozzi e via Achille Grandi.

Al primo piano troveremo quindi un'ampia hall d'ingresso con reception e sale d'attesa.

L'ingresso originario di Torre Lodi, posto al piano terra alla quota 0,05 m, sarà mantenuto e utilizzato come accesso secondario per il personale. Gli utenti di Torre Zucchetti che si recheranno al lavoro in auto, bicicletta o motociclo, una volta lasciato il proprio mezzo nel parcheggio privato, potranno raggiungere l'ingresso al piano terreno attraversando l'ampia hall, con spazio ristoro e bar, di cui è stata fornita la collinetta polifunzionale o bypassare il tutto, imboccando il corridoio di servizio creato tra la preesistente base ottagonale della torre e il nuovo setto armato della collinetta. L'accesso secondario si affaccia sulla piccola piazza interna, verso la quale trovano respiro anche tutte le altre attività, quali palestra e asilo nido; presenta una piccola hall d'ingresso ed un servizio di guardiola per il controllo dei passaggi.

La restante superficie di piano è occupata dai già presenti locali tecnici, alcuni di pertinenza della torre, altri del centro commerciale, altri ancora in comune: gruppo elettrogeno della torre, gruppo elettrogeno del centro commerciale, centrale termica di teleriscaldamento unica, cabina Enel della torre, cabina di trasformazione del centro commerciale, sala pompe per impianto sprinkler del centro commerciale e locale contatori unico.

6.3.2 Collegamenti verticali

Torre Zucchetti ospiterà circa 300 addetti, con un'occupazione di piano media pari a 30 persone/piano. Per una corretta gestione dei nuovi flussi e per ricercare l'efficienza del trasporto verticale, si è provveduto al dimensionamento dell'impianto ascensori sulla base del traffico di ripartizione, il quale, mediamente, può soddisfare anche le altre situazioni di traffico, quali il traffico di evacuazione o di raccolta e il traffico uniforme tra i vari piani o traffico equilibrato.

Considerata la destinazione d'uso dell'edificio, tipologia uffici non aperti al pubblico, e ipotizzando una superficie netta, pari al 75% di quella lorda, del valore di 3671,75 mq, si stima una popolazione di 1 persona/10 mq, si considera un traffico di riempimento concentrato soprattutto nelle prime ore lavorative del mattino, un numero ottimale di passeggeri da trasportare in 5 minuti (P_5) pari al 20% della popolazione stimata, ed un tempo d'attesa medio al pianerottolo T_a pari a 30"; così come indicato dai dati per l'analisi del traffico adattati alle condizioni nazionali.

Si definiscono:

P_t – popolazione stimata che abita l'edificio pari a 300 persone;

P_m – numero di passeggeri mediamente in attesa nell'ora di maggior traffico

$$P_m = (0,80 * P_t) / N = 17 \text{ persone}$$

N – numero di livelli serviti pari a 14;

P_5 – numero ottimale di passeggeri da trasportare in 5 minuti

$$P_5 = 0,20 * P_t = 60 \text{ persone}$$

n_5 – numero di passeggeri che un ascensore trasporta in 5 minuti

$$n_5 = (n * 60 * 5) / T_r = 12,28 \text{ persone}$$

n – capacità di trasporto della cabina pari a 8 persone;

T_r – ciclo di rotazione medio di un ascensore

$$T_r = T_t + T_1 + T_2 = 195,5''$$

T_t – durata tecnica di una corsa

$$T_t = (2 * C) / V = 52,5''$$

C – corsa dell'ascensore pari a 42 m;

V – velocità nominale della cabina pari a 1,6 m/s;

T_1 – dato da

$$T_1 = 7'' * P_m = 119''$$

T_2 – dato da

$$T_2 = 3'' * n = 24''$$

n_a – numero di ascensori necessari

$$n_a = P_5 / n_5 = 4,8 \text{ ascensori}$$

Si decide quindi d'installare 4 ascensori aventi capienza pari ad 8 persone. Due dei suddetti saranno di tipo elettrico, installati sfruttando il già esistente vano corsa che verrà opportunamente ampliato fino ad ottenere un vano netto utile a due cabine pari a 400x172 cm; anche per il posizionamento dell'argano di movimentazione azionato da motore elettrico, si sfrutterà il locale macchine preesistente in sommità del vano corsa; le cabine avranno misure interne pari a 110x140 cm, con porte da 90 cm, adatte anche al trasporto di utenti diversamente abili, e accesso doppio per meglio adattare lo sbarco alle esigenze di piano; velocità pari 1,6 m/s. I due ascensori aggiuntivi saranno di tipo panoramico roomless installati lateralmente all'edificio, con incastellatura di sostegno ancorata ai pilastri e alla trave di bordo del solaio; le cabine presenteranno le stesse caratteristiche sopra riportate, ma con unico accesso; la corsa di tali ascensori servirà inoltre l'edificio solo dal primo piano al tredicesimo, escludendo quindi il piano terra.

L'installazione di 4 ascensori consentirà di ottenere un tempo d'attesa medio al piano T_a pari a 48,8'', maggiore del valore consigliato dalla normativa pari a 30'', ma comunque ritenuto accettabile.

Anche il connettivo verticale viene ad essere interessato da cambiamenti, per meglio soddisfare le nuove esigenze della torre, ma essendo questi d'adeguamento alla regola tecnica in materia di prevenzione incendi per locali destinati ad uffici, secondo il D.M. 22/02/2006, l'argomento verrà ampiamente trattato nel capitolo 9 riguardante le proposte di riqualificazione impiantistica, in particolare, nella relazione antincendio.

6.3.3 Distributivo

Durante la composizione architettonica degli ambienti di lavoro, si è ricercata la qualità e la tutela del benessere del lavoratore per poterne valorizzare il suo potenziale creativo. Ambienti di lavoro mal progettati, penalizzano e danneggiano le capacità innovative dell'azienda.

Si è fatto riferimento ad un modello organizzativo dinamico, flessibile, che riflettesse nell'organizzazione degli spazi, l'organizzazione del lavoro⁽⁴⁾.

Un ulteriore aspetto importante è l'immagine che fornisce l'azienda di se stessa, verso i propri clienti; questo compito è demandato proprio alla composizione del primo piano che, con il suo ingresso di rappresentanza, l'ampia hall d'ingresso, la reception e le comode aree d'attesa, trasmette inoltre la passione per l'arte che contraddistingue la società Zucchetti, attraverso le aree dedicate all'esposizione di quadri e sculture che arricchiscono le varie sedi.

Ai successivi due piani troviamo sale corsi d'aggiornamento, informatizzate e non, per soddisfare le continue esigenze di innovazione aziendale; all'occorrenza possono essere sfruttate anche come sale per svolgere colloqui o test per le nuove assunzioni.

Dal quarto al settimo piano, si snodano gli spazi uffici veri e propri: le aree di lavoro vengono suddivise in spazi per il lavoro individuale e spazi per il lavoro di gruppo, sono presenti inoltre aree di lavoro classificate come sale d'attesa, aree conferenza, sale meeting e coffee area. L'ampia fruibilità dello spazio ufficio, permette di poter adottare svariate organizzazioni spaziali, diverse anche da piano a piano: dagli uffici open space con schermi divisorii, agli uffici a tana o club ricavati attraverso l'uso di pareti interne mobili. Si è adottato quindi, un tipo di schema aperto, adatto ad essere modificato e integrato per meglio far fronte ai cambiamenti dell'organizzazione.

Il tipo di configurazione open space con postazioni singole, o raggruppate in gruppi di massimo tre persone, è ideale per svolgere processi lavorativi individuali e attività che richiedono concentrazione. L'utilizzo di schermi divisorii ciechi o semitrasparenti, ad altezza media, oltre ad aiutare a ridurre il riverbero negli ambienti, permette facili rapporti visivi e vocali tra gli utenti, ma assicura anche la privacy visiva e acustica tra gli operatori seduti; l'uso di accessori sospesi ai pannelli permette di liberare spazio sul piano di lavoro, migliorandone l'attrezzabilità e la fruibilità; analogamente, è possibile fornire agli utilizzatori fonti di luce personalizzabili.

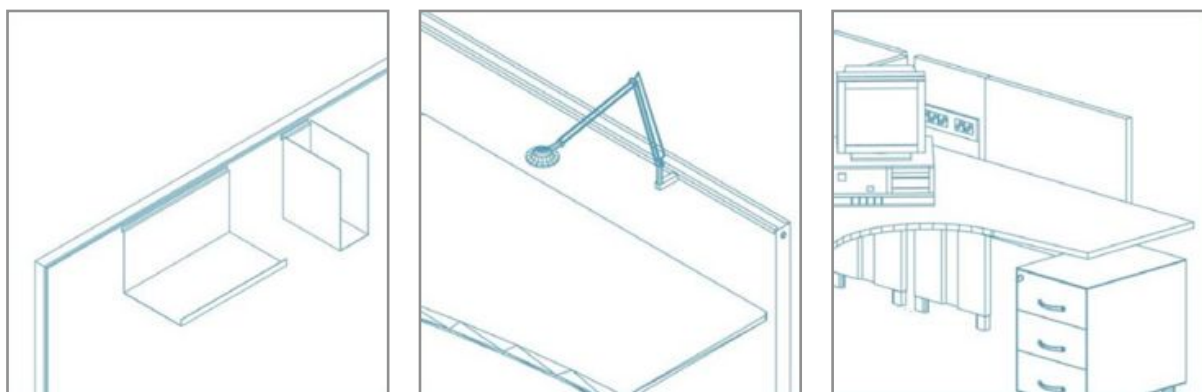


Immagine 6.4 – Attrezzabilità schermi divisorii

⁽⁴⁾ Riferimento tavola n° 5.00

Per soddisfare le esigenze legate a processi basati su attività di gruppo o attività lavorative basate sulle diverse conoscenze e competenze degli operatori, si ritiene più idoneo adottare un'organizzazione spaziale tipo a tana o club. L'utilizzo di sistemi divisori mobili rimane in linea con il concetto di sistema aperto, in quanto questa tipologia di partizione presenta svariati vantaggi, quali: attrezzabilità, ripristinabilità, ricollocabilità e transitabilità. Tali pareti interne mobili possiedono inoltre altre caratteristiche come: la fonoassorbenza, atta a ridurre il riverbero negli ambienti, il fonoisolamento che permette di abbattere l'inquinamento acustico degli ambienti limitrofi, una completa privacy acustica e visiva, un buon illuminamento naturale utilizzando pareti vetrate, le quali, incrementando la sensazione di benessere, vanno però a ridurre la privacy del lavoratore. L'inclusione della tecnologia nelle pareti, permette di ridurre lo spazio occupato in pianta dagli impianti tecnologici elettrici, di cablaggio e illuminazione.

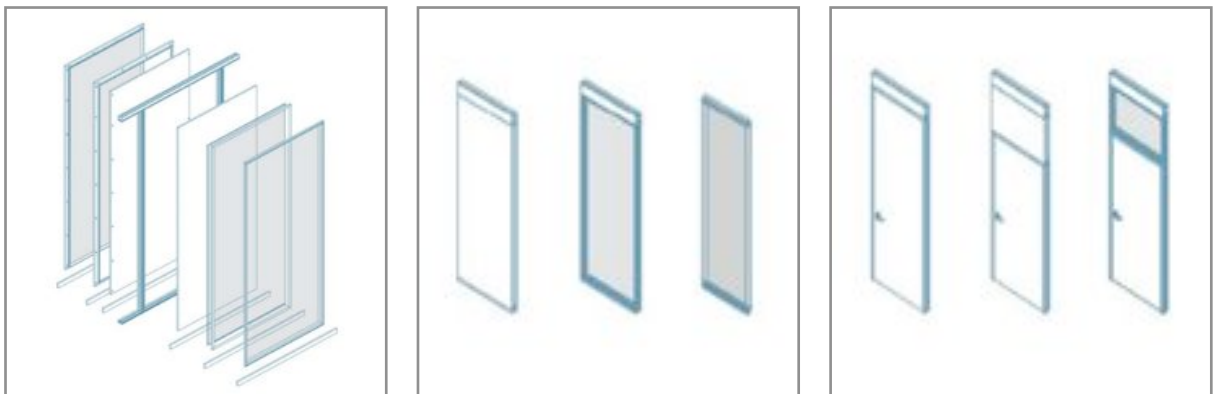


Immagine 6.5 – Pareti interne mobili

In tutte le diverse configurazioni sopra descritte, dal punto di vista spaziale, le aree di lavoro presentano aspetti comuni: sono presenti ad ogni piano spazi secondari rappresentati dalla zona belvedere -nei quali favorire le comunicazioni, riunioni ed incontri, ed il relax-caratterizzata da un forte aspetto multifunzionale; e spazi pubblici identificati nelle zone di passaggio, concentrate nell'intorno del connettivo verticale, e di servizio, concentrate a sud di ogni piano.

L'ottavo piano crea una spaccatura nella verticalità degli spazi uffici, offrendo una zona ristoro, un ampio salone attrezzato con tavolini e divanetti, una sala conferenze da 35 posti e un terrazzo belvedere che si affaccia sulla piazza interna, verso il centro città.

Dal nono al dodicesimo piano si ripresentano quindi le stesse considerazioni fatte per le aree di lavoro dei piani dal quarto al settimo.

Al tredicesimo piano, vengono collocati gli uffici dirigenziali che, necessitando di una superficie minore, lasciano spazio ad un ampio terrazzo a belvedere sull'asse verde sottostante.

6.3.4 Strutture

L'intervento di recladding ha portato alla definizione di una nuova forma dell'edificio, così come descritto nel capitolo X; ne consegue, quindi, un ampliamento e una variazione della sagoma del perimetro di solaio. Precisamente si otterrà un aumento della superficie utile del piano tipo uffici da 274,86 m² a 374,86 m², ovvero pari al 36,38%; con riferimento a tutti i piani dell'edificio, si calcola un aumento della superficie utile totale del 28,15%.

Il nuovo perimetro di solaio, presenterà una spezzata a zig-zag sui lati ovest ed est, e un

aggetto di forma parabolica verso nord, mentre il lato sud rimarrà invariato.

Per la realizzazione del nuovo solaio si è scelto di adottare la tecnica di costruzione a secco, attraverso l'assemblaggio di materiali stratificati su un'intelaiatura di acciaio, ancorata alla fascia di piano esistente. Tale soluzione è stata preferita perché si potesse rivelare capace di ridurre drasticamente i tempi di costruzione e perché permettesse leggerezza e facilità di montaggio, incidendo così in maniera minore sulle problematiche di cantiere.

Sono state prese in considerazione diverse ipotesi di schema strutturale per poter identificare quella meno invasiva. In particolare:

- OPT 1 – dovendo fissare il nuovo sistema in acciaio alla preesistente struttura, si è ipotizzato, in prima istanza, un ancoraggio diretto alla trave di bordo in c.a., ma questa si è rivelata troppo piccola per sopportare i momenti torcenti e flettenti dati dal sistema in acciaio a sbalzo; sarebbe quindi stata necessaria una fresatura degli alveolari poggianti sulla trave di bordo con inserimento di armatura aggiuntiva e getto di consolidamento, per poter portare il più possibile verso l'interno del solaio il momento torcente agente.
- OPT 2 – per ovviare al problema della trave di bordo insufficiente, si è pensato di incastrare tra i pilastri prefabbricati in c.a.v. una trave UPE in acciaio che si caricasse di tutti gli sforzi trasmessi dal sistema in acciaio a sbalzo; in questo caso, la trave UPE avrebbe quindi necessitato di ancoraggi importanti e anche la stessa struttura del nuovo solaio, essendo a sbalzo, non sarebbe rientrata nel limite di spessore dato dal solaio esistente (20+5 cm di strutture e 6 cm di pacchetto finitura per un totale di 31 cm di spessore).
- OPT 3 – mantenendo l'idea di inserire una trave UPE, per non caricare ulteriormente la trave di bordo esistente, si è pensato di abbandonare il sistema a sbalzo e di adottare un sistema tipo telaio, con l'inserimento di elementi scatolari verticali in acciaio che funzionassero da pilastro; le travi in acciaio, considerate ora in semplice appoggio, possono avere delle dimensioni tali da soddisfare il limite di spessore di solaio.

Si ottiene il seguente schema statico:

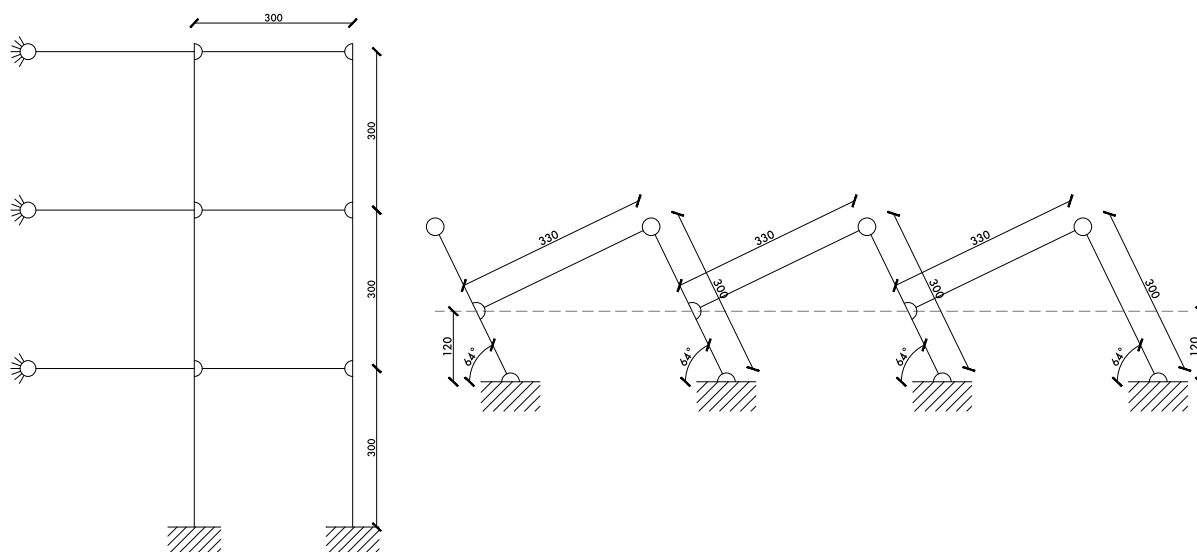


Immagine 6.6 – Schema strutturale (sezione e pianta)

Si procede al predimensionamento delle travi d'intelaiatura del solaio a zig-zag. I carichi agenti vengono così definiti:

Carichi permanenti strutturali					
	Descrizione	Spessore [m]	Peso [kg/m ²]	Peso [kN/m]	Peso [kN]
G1	peso proprio IPE 140 lamiera grecata	0,0015	17,90	0,129	
G1				0,208	
G1				0,573	
P1	IPE 140 secondaria			0,129	0,413
Carichi permanenti non strutturali					
	pavimento gres	0,01	20,00		
	sottofondo di posa	0,01	18,00		
	pannello fireboard	0,025	20,00		
	cartongesso	0,025	20,00		
	intonaco	0,01	18,00		
G2	Totale		96,00	1,536	
G2				3,072	
P2	seconda pelle				1,693
Sovraccarichi d'esercizio					
Q				3,20	
Q				6,40	

Tabella 6.02 – Carichi agenti

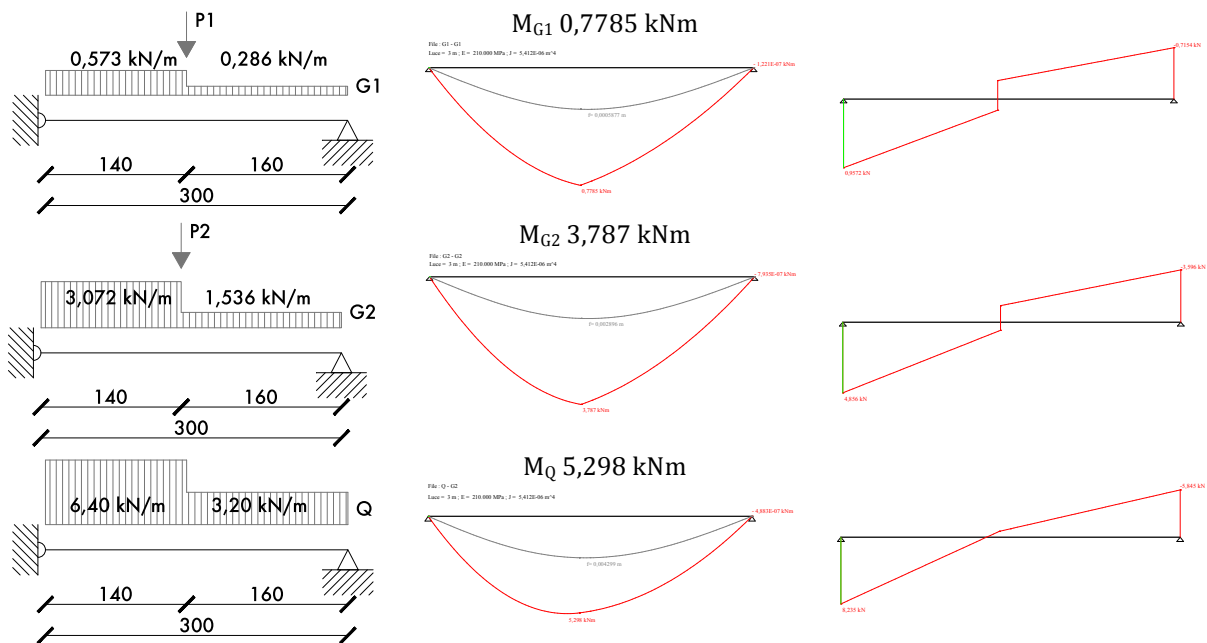


Immagine 6.7 – Diagrammi momento e taglio

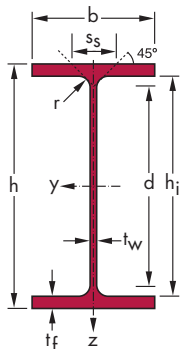
Secondo la combinazione fondamentale delle azioni del D.M. 14/01/2008, si calcola il momento agente sulle strutture:

$$M_{sd} = \gamma_{G1} * M_{G1} + \gamma_{G2} * M_{G2} + \gamma_Q * \varphi_0 * M_Q = 12,255 \text{ kNm}$$

i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ sono stati assunti pari a 1,30 per i carichi strutturali permanenti e 1,50 sia per i carichi non strutturali che per i sovraccarichi d'esercizio; il valore del coefficiente di combinazione, per la categoria B uffici, è stato assunto pari a 0,70.

$$\sigma = M_{sd} / W_{pl} < f_{yd} \quad f_{yd} = f_y / \gamma = (275 \text{ N/mm}^2) / 1,05 = 261,90 \text{ N/mm}^2 \quad W_{pl} > M_{sd} / f_{yd} = 46792,67 \text{ mm}^3$$

Sia per la trave principale che per la trave secondaria, si scelgono profili IPE 140 aventi le seguenti caratteristiche:



G [Kg/m]	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]	A [mm ²] <i>x 10²</i>	h_i [mm]	d [mm]
12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,4	126,2	112,2
I_y [mm ⁴] <i>x 10⁴</i>	W_{el,y} [mm ³] <i>x 10³</i>	W_{pl,y} [mm ³] <i>x 10³</i>	i_y [mm] <i>x 10</i>	A_{yz} [mm ²] <i>x 10²</i>	I_z [mm ⁴] <i>x 10⁴</i>	W_{el,z} [mm ³] <i>x 10³</i>	W_{pl,z} [mm ³] <i>x 10³</i>	i_z [mm] <i>x 10</i>
434,9	63,30	71,60	5,70	6,21	36,42	9,98	15,52	1,65

Tabella 6.3 – Caratteristiche geometriche e proprietà sezione IPE 140

Si ottiene dunque un momento resistente M_{rd} pari a:

$$M_{rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 18,75 \text{ kNm}$$

Per quanto riguarda i pilastri del telaio, si calcola uno sforzo assiale agente N_{sd} pari a 120,66 kN. Si effettua quindi la verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A_s * f_{yd} = 559,17 \text{ kN}$$

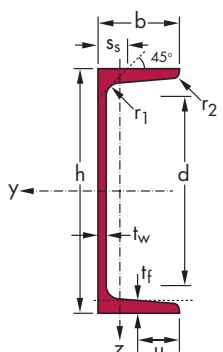
$$N_{sd}/N_{rd} = 0,216 < 1$$

Viene soddisfatta anche la verifica alla capacità portante per instabilità:

$$N_{sd}/N_{by,rd} = 120,66 \text{ kN}/307,8 \text{ kN} = 0,39 < 1$$

$$N_{sd}/N_{bz,rd} = 120,66 \text{ kN}/312,8 \text{ kN} = 0,386 < 1$$

Si scelgono quindi doppi profili UAP 80 saldati e accostati per le ali, a formare uno scatolare di sezione 80x90 mm, aventi le seguenti caratteristiche:



G [Kg/m]	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r₁ [mm]	r₂ [mm]	A [mm ²] <i>x 10²</i>	d [mm]
16,76	80	45	5	8	8	4	21,35	47
I_y [mm ⁴] <i>x 10⁴</i>	W_{el,y} [mm ³] <i>x 10³</i>	W_{pl,y} [mm ³] <i>x 10³</i>	i_y [mm] <i>x 10</i>	A_{yz} [mm ²] <i>x 10²</i>	I_z [mm ⁴] <i>x 10⁴</i>	W_{el,z} [mm ³] <i>x 10³</i>	W_{pl,z} [mm ³] <i>x 10³</i>	i_z [mm] <i>x 10</i>
214,3	53,57	63,74	3,168	4,90	221,0	49,12	61,71	3,218

Tabella 6.4 – Caratteristiche geometriche e proprietà sezione UAP 80

CAPITOLO 7

GENERAZIONE DI ALGORITMI PER LA MODELLAZIONE DEL PATTERN DI FACCIATA

7.1 Involucro dinamico ed adattivo

La ricerca e l'innovazione tecnologica, nel corso dell'ultimo decennio, hanno portato ad un notevole miglioramento nelle prestazioni degli elementi specifici dell'edificio come l'involucro. La maggior parte degli elementi dell'edificio offre opportunità di miglioramento dell'efficienza, tuttavia, il maggiore potenziale sembra risiedere nelle tecnologie che promuovono l'integrazione degli elementi costruttivi "dinamici" con i servizi di costruzione. Questo tipo di architettura dinamica, che si traduce in strutture cinetiche pieghevoli, avvolgibili, espandibili e riconfigurabili, può portare ad un cambiamento della morfologia geometrica dell'involucro, contribuendo a renderlo adattabile, per esempio, alla variazione dei fattori climatici esterni e portare al miglioramento delle prestazioni ambientali interne dell'edificio.

Da tale prospettiva si evolve la fase di definizione del pattern di facciata di Torre Lodi, che si avvale di strategie parametriche all'interno del processo progettuale. Si è voluto, pertanto, sperimentare le potenzialità di un "modello" di disegno governato da parametri variabili ed adattabili alle esigenze di progetto. A tal fine si è utilizzato un linguaggio architettonico il cui codice generativo è rappresentato da algoritmi, strips, parametri, che consentono di esplorare geometrie inconsuete, complesse ed espressive.

7.2 Concept progettuale

L'idea del pattern di facciata deriva da diverse ed attente considerazioni, sia di carattere formale - compositivo, che funzionale – prestazionale.

L'edificio esistente di Torre Lodi spicca nell'ampio piazzale in asfalto del parcheggio circostante, sì per la sua passata ricercatezza formale, quanto per il presente degrado architettonico. La committenza ricerca una nuova immagine per l'edificio, che possa essere riferimento per la città di Lodi, quanto per la Compagnia stessa. Si intende dare, dunque, visibilità all'edificio, ricercando forme sinuose ed eleganti, spingendosi verso geometrie inconsuete e singolari. Deriva da ciò la ricerca di maggiore verticalità per l'edificio, di per sé di forma tozza (una pianta quadrata di 18x18 m per un'altezza di 45 m). Si pensa ad onde sinusoidali verticali, che nel loro susseguirsi portano l'occhio dell'osservatore verso l'alto. Sguardo attratto anche dall'insolita fluidità dell'immagine. Tali onde tagliano la superficie di facciata in fasce verticali che si ripetono formando un nastro che abbraccia il volume dell'edificio.

Nel contempo le sinusoidi vengono pensate nei confronti del piano orizzontale: facendo incontrare nei punti di massima e minima curvatura tali onde si generano dei volumi geometrici, che danno profondità spaziale al pattern di facciata. Volumi pensati non solo in funzione di un movimento di facciata, ma anche in funzione al rapporto tra interno ed esterno. Si pensa, infatti, di suddividere lo spazio di piano interno in sotto moduli, ciascuno governato da una "goccia" di pelle esterna. Ogni sotto modulo è pensato corrispondere a singole postazioni di lavoro, dove ciascun utente può ritrovare le proprie condizioni ottimali di comfort abitativo. La superficie interna, così, viene ampliata e da questa si ottiene una pianta a gradoni in grado di offrire ai diversi moduli spaziali una doppia vista verso l'esterno, una orientata in direzione dei punti di maggiore interesse osservativo (l'asse verde urbano ad ovest ed il centro città ad est), l'altra come profondità di piano. Il concetto di "corner

office”, non viene dunque pensato come ambizioso miraggio per i piani alti dirigenziali, ma al servizio di tutti gli occupanti interni.

Sempre pensando allo stretto rapporto tra interno ed esterno, che fa della pelle di facciata il punto di controllo e connessione, le forme curve del pattern sono state studiate per generare elementi in grado di cambiare aspetto, adattandosi alle configurazioni che meglio rispondano alle esigenze prestazionali dell’edificio. Come si vedrà meglio nei seguenti capitoli, dove viene illustrato il progetto di facciata, gli elementi sinusoidali regolano il respiro della facciata, aprendosi e chiudendosi attraverso la rotazione attorno all’asse verticale. Questo da un aspetto di dinamicità a Torre Lodi, inserita nel contesto di una società in continuo movimento ed evoluzione.

7.3 Processo generativo Pattern di facciata

Step 1

Si considera la superficie di facciata come elemento di controllo e connessione tra spazio interno ed esterno, in grado di adattarsi alle esigenze dell’utenza e del contesto. Si scompone la superficie di facciata in una griglia a maglia rettangolare, dove le singole unità corrispondono a moduli spaziali d’aree interne.

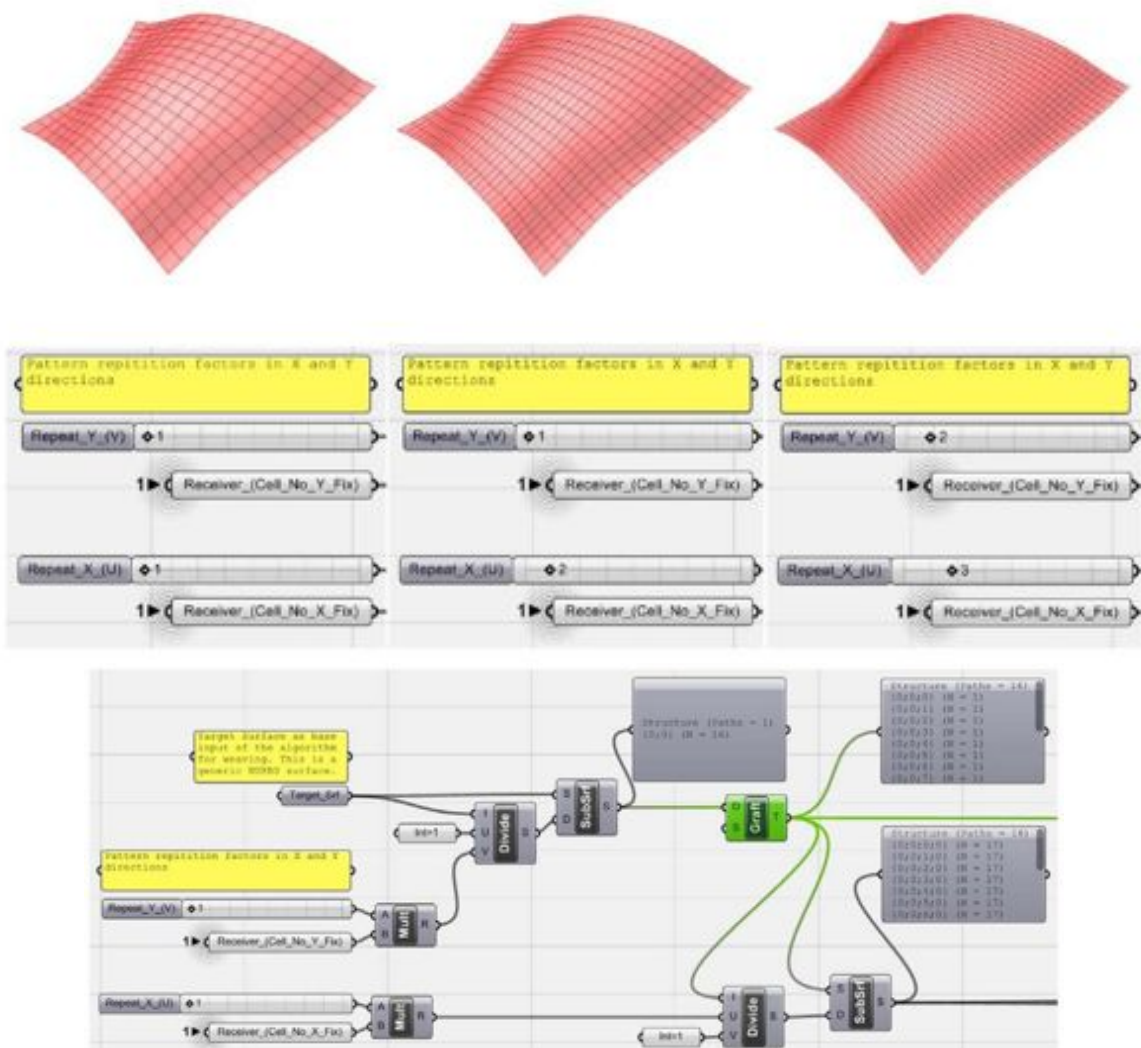


Immagine 7.1 – Algoritmi visivi di modellazione superficie

Step 2

Ad ogni modulo spaziale si intende dare un doppio affaccio esterno, con l'idea di aumentare il campo visivo ed il controllo solare da parte dei singoli utenti. La griglia di partenza viene concepita come una trama di curve, in grado di generare maggiore movimento al disegno di facciata.

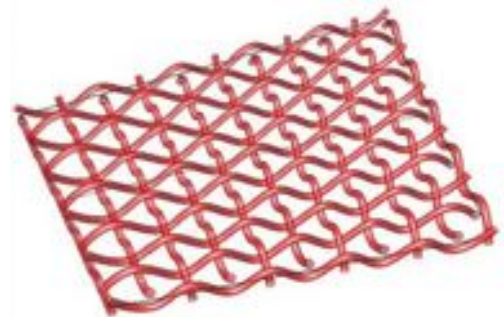
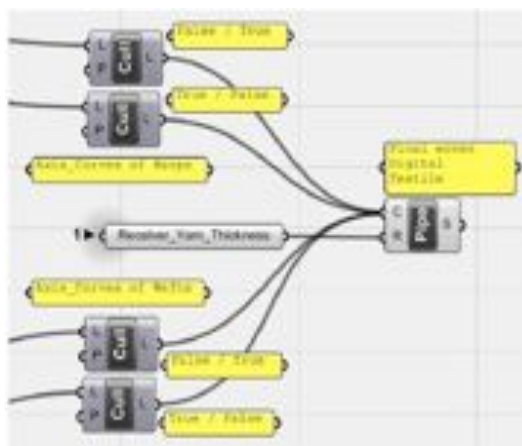
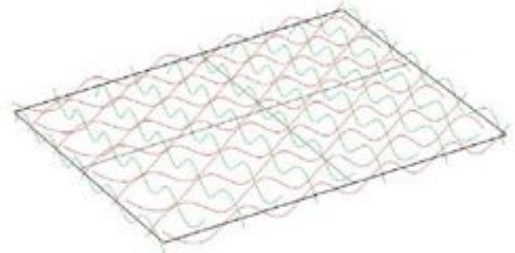
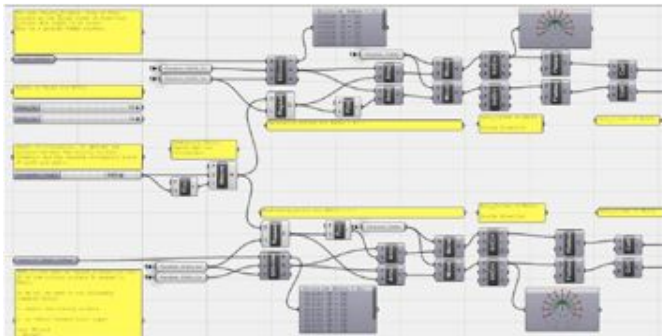


Immagine 7.2 – Generazione Curve e Pipes

Step 3

Una serie di sperimentazioni formali porta alla scelta del modulo geometrico, che va a definire il pattern di facciata.

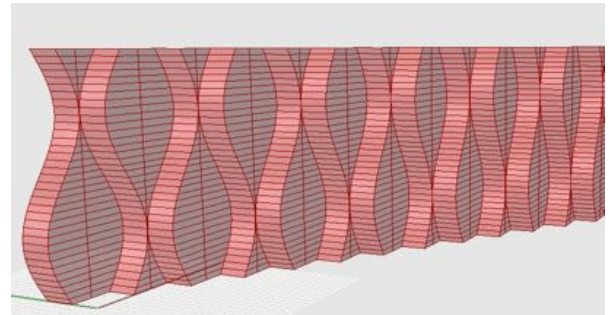
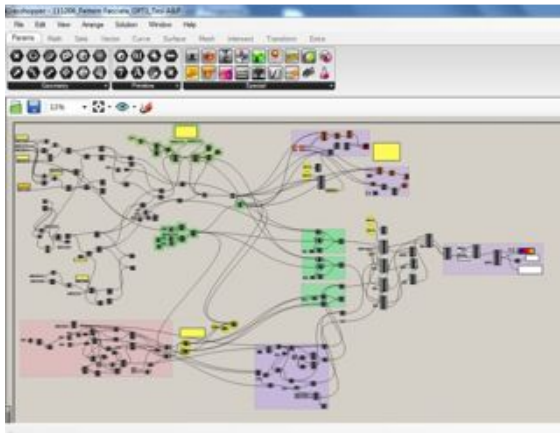


Immagine 7.3 – Generazione modulo geometrico

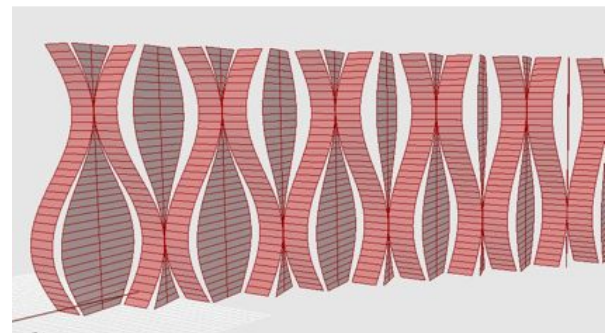
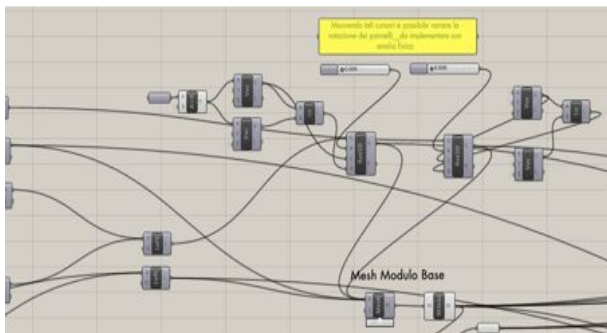


Immagine 7.4 – Rotazione elementi geometrici

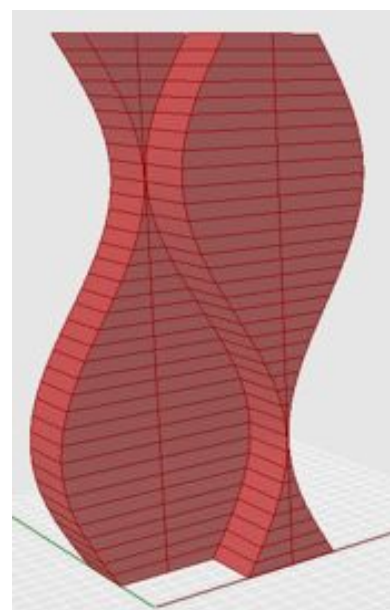


Immagine 7.5 – Modulo base e variabili geometriche

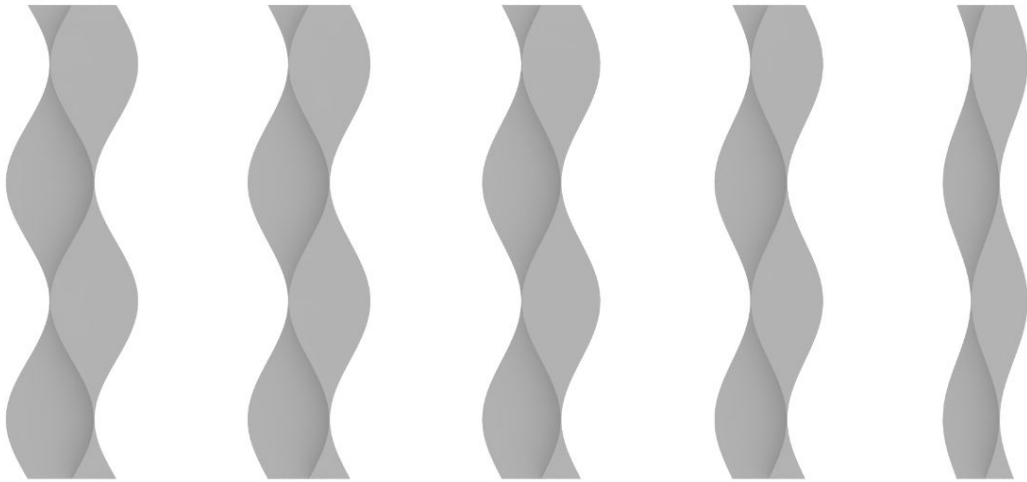


Immagine 7.6 – Sperimentazioni formali

Step 4

Le variabili geometriche del modello di base vengono rapportate a quanto si intende attendersi dall'involucro di facciata: un sistema dinamico le cui funzioni, caratteristiche e comportamento termo-fisico possano cambiare nel tempo adattandosi ai diversi requisiti dell'interazione edificio/occupanti (riscaldamento, raffreddamento, maggiore o minore ventilazione, ecc.) ed a diverse condizioni al contorno (metereologi che, calore interno, carichi termici, ecc.). Con maggiore riguardo si focalizza l'attenzione su due aspetti prestazionali da attendere dal sistema d'involucro:

- _ contribuire alla diminuzione delle dispersioni termiche invernali;
- _ contribuire a ridurre i carichi termici estivi, schermando parzialmente la radiazione solare.

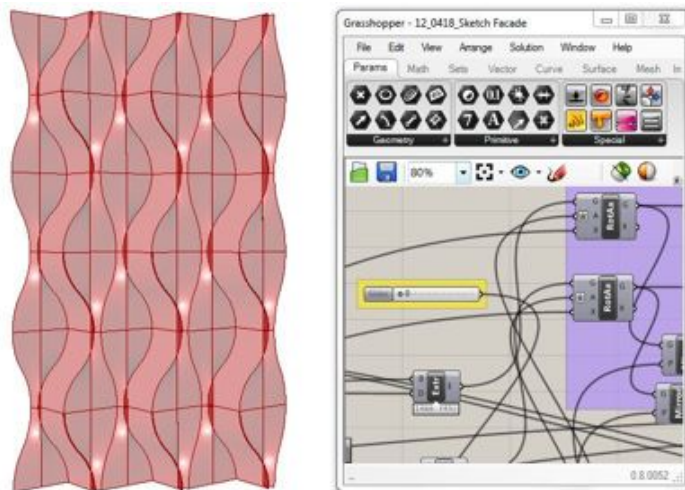


Immagine 7.7 – Modello con rotazione nulla degli elementi

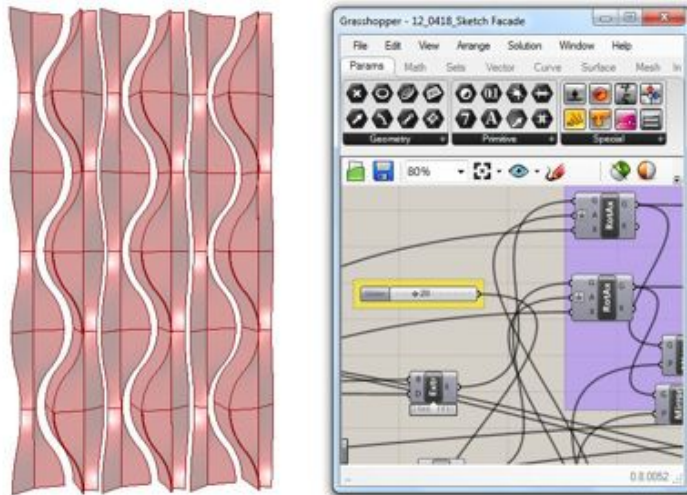


Immagine 7.8 –Modello con rotazione degli elementi di 20°

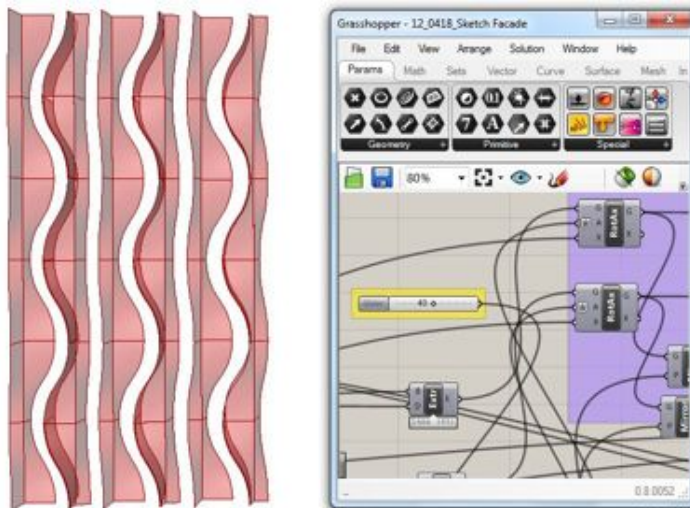


Immagine 7.9 –Modello con rotazione degli elementi di 40°

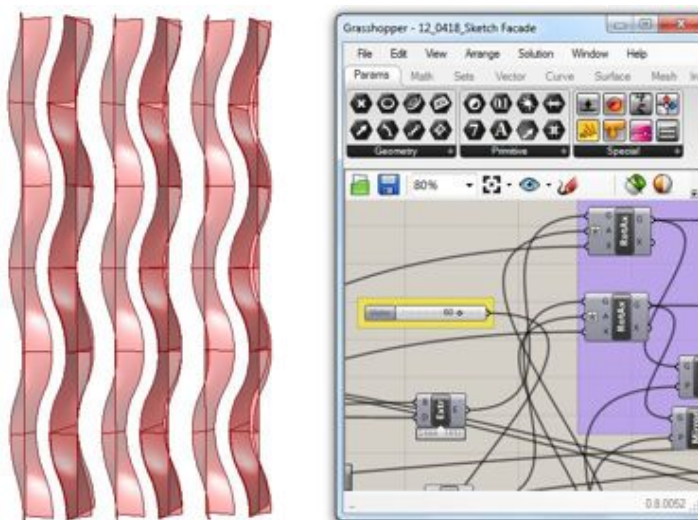


Immagine 7.10 –Modello con rotazione degli elementi di 60°

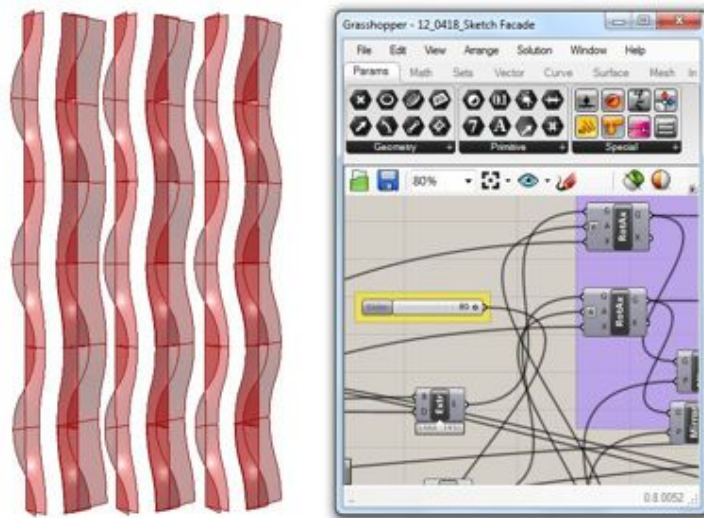


Immagine 7.11 –Modello con rotazione degli elementi di 80°

Step 5

Il modello parametrico di progetto, che contiene geometrie e dati, viene combinato con il modello comportamentale, che consente la gestione delle modifiche. Si ottiene così la definizione del pattern di facciata. Le due configurazioni estreme: quella di minima e massima rotazione, attorno all'asse verticale, degli elementi di disegno consentono di adattare il modello alle prestazioni d'involucro attese: funzionare da serra bioclimatica nelle condizioni invernali e favorire la ventilazione e la schermatura solare nella stagione estiva.

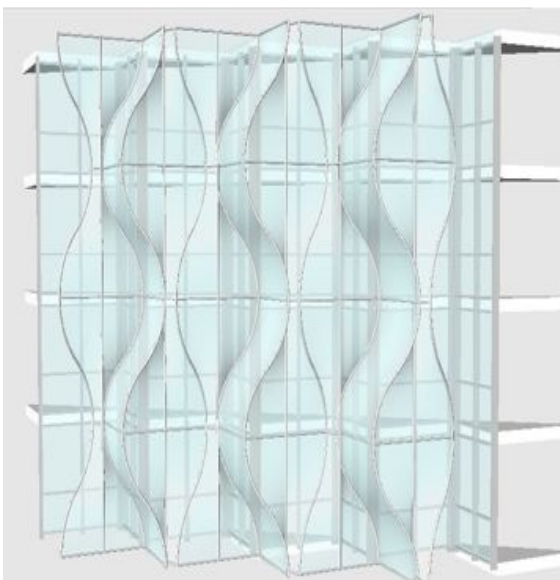


Immagine 7.12 –Modello in configurazione chiusa

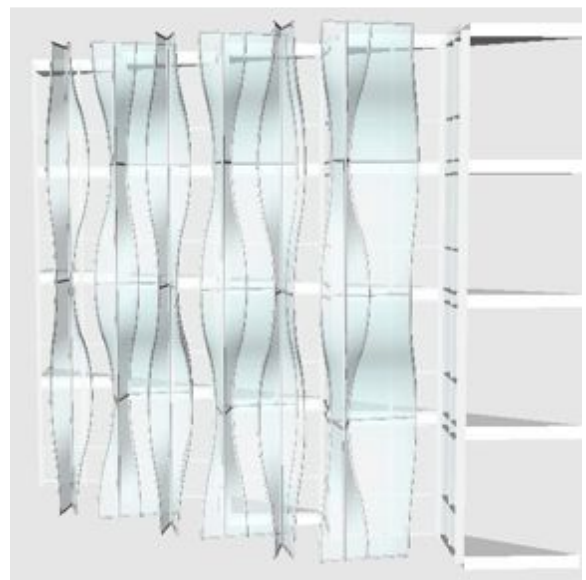


Immagine 7.13 –Modello in configurazione aperta

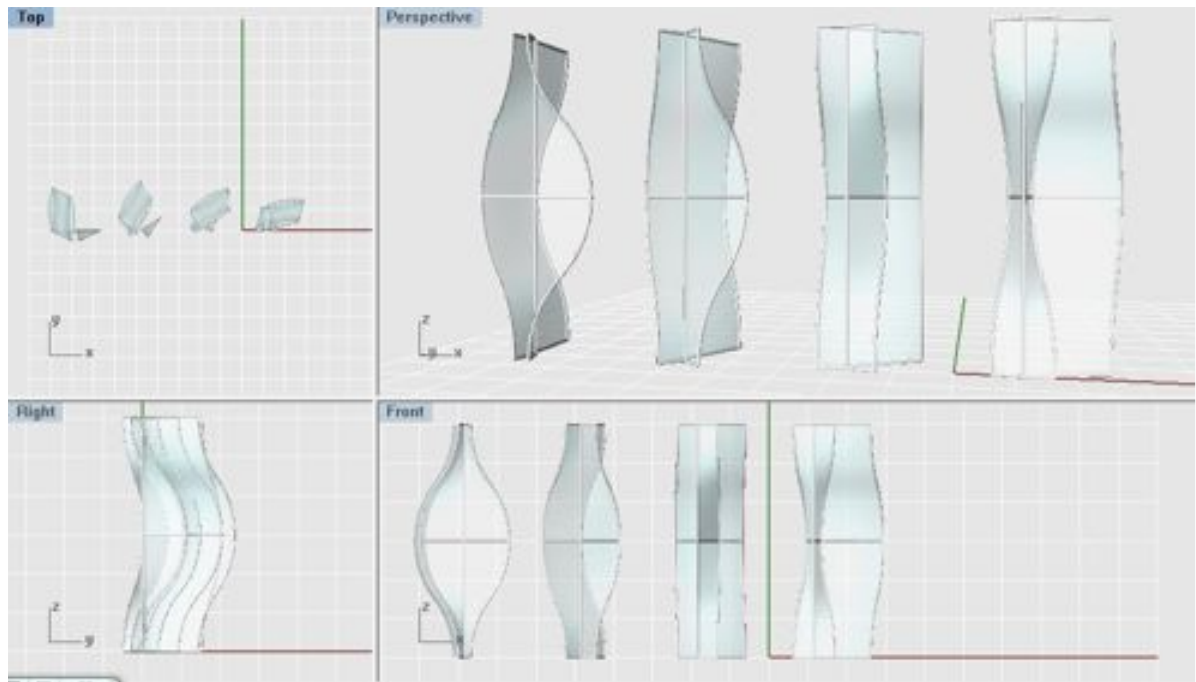


Immagine 7.14 –Modello dell' elemento di facciata

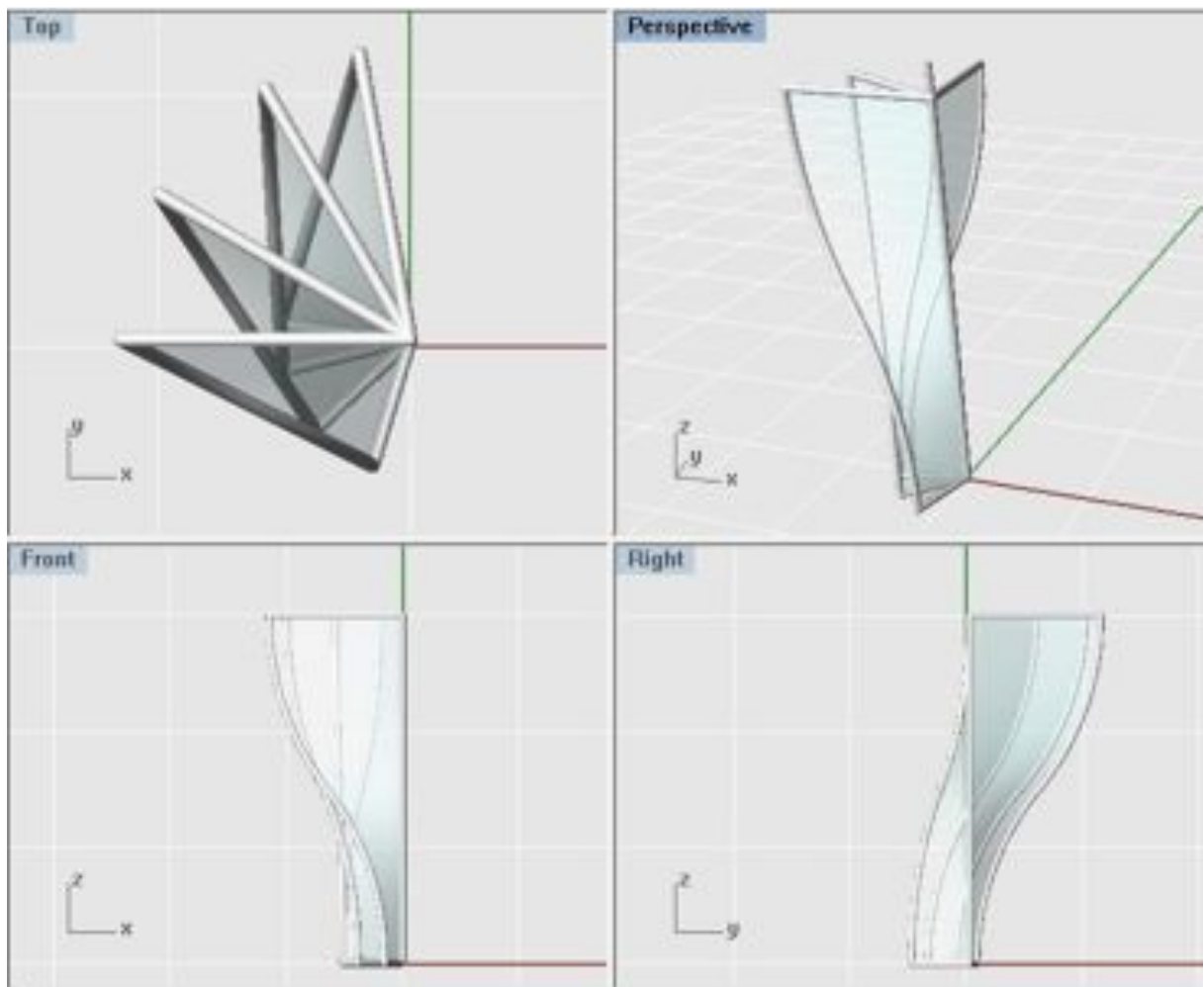


Immagine 7.15 –Modello dell' elemento di facciata in rotazione

CAPITOLO 8

ETFE - Un innovativo materiale d'involucro

8.1 Caratteristiche ETFE

L'ETFE è un fluoro polimero, ovvero un polimero (una macromolecola costituita da una catena di molecole uguali), che contiene atomi di fluoro. La molecola di base è l'etene, il più semplice degli alcheni, idrocarburi insaturi aventi un doppio legame covalente tra due atomi di carbonio. La sua formula chimica è C_2H_4 . La Germania è il più grande produttore europeo di etene. L'ETFE è anche noto con i marchi commerciali "Tefzel", di Dupont, "Fluon" della Asahi Glass Company e "Texlon" di Vector Foiltec.

È una plastica trasparente, più leggera e resistente del vetro e di altri materiali plastici trasparenti. Rispetto al vetro, è più isolante e semplice ed economico da installare.

La principale caratteristica dei polimeri fluorurati, in particolare dell'ETFE, risiede nel fatto che gran parte dei legami chimici presenti è di tipo C-F (carbonio-fluoro), uno dei legami covalenti a più alta energia. Ne consegue che le molecole sono molto stabili, in grado di supportare alti livelli di sollecitazione termica ed aggressione chimica, più di quanto riescano altri polimeri. Di contro, il loro costo è molto alto (per l'ETFE si parla di 100 euro a metro quadro). Ciò spiega perché le applicazioni dei fluoropolimeri sono ancora molto limitate: questi materiali, infatti, sono utilizzati quando nessun altro polimero è in grado di soddisfare requisiti applicativi di severità elevata. Inoltre le tecnologie produttive dei fluoropolimeri non sono alla portata di un qualsiasi operatore; solo un ristretto gruppo di società è in grado di cimentarsi nella chimica del fluoro, a causa della tecnologia di produzione avanzata necessaria. Le principali aziende del settore oggi sono: Dyneon, Dupont, Asahi Glass e Daikin.

- rivestimenti di cisterne;
- isolamenti di cavi;
- celle di impianti fotovoltaici;
- isolante acustico;
- applicazioni aerospaziali;
- industria automobilistica.

Dagli anni '80 viene utilizzato anche in architettura, perché permette la creazione di involucri totalmente permeabili alla luce e ai raggi UV.

In particolare il suo peso estremamente basso, la sua alta permeabilità alla luce, la sua elevata resistenza chimica agli acidi, la sua completa riciclabilità, lo rendono un materiale molto valido. Oggi sono stati realizzati circa duecento edifici, principalmente in Europa, nei quali l'ETFE è utilizzato come elemento di copertura nel tetto o come componente delle pareti verticali esterne. Il peso della membrana è $300 \div 1500 \text{ g/m}^2$.

L'ETFE è totalmente permeabile ai raggi UV: già da tempo questa sua proprietà viene utilizzata per edifici adibiti a serre e zoo. Infatti è possibile progettare spazi coperti, che mantengano però le condizioni di illuminazione degli spazi aperti, favorendo quindi la crescita delle piante e la vita degli animali. Inoltre i raggi UV permettono la crescita ed il mantenimento nell'erba dei campi sportivi, questo rende l'ETFE un materiale vantaggioso per la realizzazione degli stadi. La trasparenza dell'ETFE è pari al 95% per un irraggiamento che va dai 400 ai 600 nm, ovvero lo spettro della luce visibile, con una percentuale di luce diffusa pari al 12% e di luce diretta pari all'88%. Diversi tipi di stampa sulla membrana possono variare di molto la trasmissione dei raggi solari, per esempio limitando il passaggio dei raggi UV. Questo permette di progettare edifici efficienti dal punto di vista energetico e

del benessere termico degli utenti. Numerosi test portati avanti su campioni di materiali, prelevati da vecchie strutture a membrana, confermano inoltre la durabilità di questa proprietà del materiale. L'ETFE, a differenza di altre membrane in architettura, è prodotto direttamente per estrusione, non è il risultato di una tessitura. La mancanza del rinforzo dato da trama e ordito, rende quindi la resistenza del materiale di molto inferiore rispetto a quella di altri prodotti. Questo aspetto limita la luce massima dei cuscini e delle tensostrutture in ETFE, a meno di una struttura di rinforzo.

L'ETFE ha invece una buona resistenza a trazione: piccole rotture possono essere riparate facilmente con uno speciale foglio adesivo applicato direttamente, senza bisogno di smontare la struttura.

8.1.1 Isolamento termico e acustico

L'utilizzo di membrane in ETFE garantisce un grande livello d'isolamento termico, che può essere incrementato grazie all'aggiunta di altri strati di materiale. E' possibile utilizzare materiali isolanti, riducendo la trasparenza dell'involucro, nel caso di tensostrutture; oppure nel caso di elementi pneumatici è possibile inserire strati aggiuntivi di ETFE che creino camere d'aria separate. Utilizzando strutture con membrane multistrato però bisogna fare molta attenzione agli elementi di fissaggio, in modo da evitare spifferi o ponti termici. La stampa dello strato esterno della membrana, può ridurre l'energia entrante dei raggi solari, garantendo quindi un riparo dall'eccessivo calore. Bisogna tenere conto anche del problema della condensa, che può essere evitato utilizzando un ulteriore strato inferiore isolante, che eviti che il cuscino entri a contatto con l'aria umida. Inoltre è fondamentale che l'aria immessa nel cuscino sia stata sottoposta ad un trattamento preliminare, che l'abbia resa totalmente secca.

L'ETFE è un materiale elastico, a differenza, per esempio, del vetro, quindi i rumori prodotti all'interno dei locali non vengono riflessi, evitando fastidiosi fenomeni di riverbero o eco. Questo garantisce un maggiore comfort acustico per gli utenti, soprattutto nel caso di coperture a cupola o tendenzialmente sferiche. Per incrementare invece l'isolamento da rumori esterni, è possibile inserire ulteriori strati di ETFE all'interno del cuscino.

8.1.2 Comportamento al fuoco

L'ETFE è un materiale a bassa infiammabilità, nella categoria B1 secondo la DIN 4102; in caso d'incendio, quando i gas raggiungono la temperatura di circa 200°C, la membrana diventa più morbida e se è in tensione, a causa della pressione dell'aria interna al cuscino, il foglio si buca, lasciando uscire i gas. Questo evita che si concentrino gas tossici all'interno dell'edificio e che la temperatura salga ulteriormente, cosa che potrebbe provocare danni alla struttura portante. Ad una temperatura di 275°C, la membrana si scioglie, ma non lascia cadere gocce di materiale incandescente; inoltre tende a non far propagare l'incendio, grazie ad una proprietà speciale dei composti del fluoro.

8.1.3 Durabilità, punibilità e manutenzione

L'ETFE è una delle molecole organiche più stabili che siano state prodotte. Se utilizzata in condizioni normali, la durata di vita garantita è di 20 anni (dati Hightex). E' un materiale autopulente, grazie alla sua particolare composizione chimica, mantiene totalmente la sua trasparenza. Lo sporco che si può accumulare viene normalmente portato via dall'acqua piovana. La membrana non necessita di particolare manutenzione.

8.1.4 Sostenibilità ambientale

La membrana di ETFE è riciclabile al 100%. Inoltre la membrana ha una massa davvero minima dovuta al fatto che essa è estremamente sottile.

Il processo di produzione dell'ETFE è a base d'acqua, non richiede l'utilizzo di solventi chimici, né di derivati del petrolio, quindi non rientra nei materiali che danneggiano lo strato di ozono dell'atmosfera.

8.1.5 Principali produttori del materiale di base

Asahi Glass	www.fluon.jp
Asahi Glass	www.fluoropolymers.uk.com
Dyneon	www.dyneon.com
Dupont	www.dupont.com
Daikin	www.daikin.com

8.1.6 Principali produttori del prodotto finito

P.A.T.I. s.p.a	www.pati.it
Polyflon	www.polyflon.co.uk
Nowofol	www.nowofol.de
Kochmembranen	www.kochmembranen.com
Saint Gobain	www.saint-gobain.com
Vector-Foiltec	www.vector-foiltec.com

8.2 Filiera delle lavorazioni delle membrane in ETFE

Fase di lavorazione	Lavorazione	
Materiale di base	estrusione	▪ estrusione film
Materiale finito	rivestimento	▪ laminazione
	finissaggio	▪ stampa
Confezionamento membrana	taglio	▪ patterning e fitting ▪ esecuzione taglio
	giunzione	▪ saldatura ▪ formatura cuscini
Installazione Manutenzione Dismissione	installazione	▪ imballaggio e trasporto ▪ assemblaggio ▪ collaudo
	manutenzio ne	▪ pulitura ▪ riparazione in situ ▪ sostituzione
	dismissione	▪ riciclo

Tabella 9.01 – Fasi di lavorazione ETFE

8.2.1 Processo di estrusione film

Prima che i granuli siano immessi nella macchina per estrudere, vengono essiccati in un deumidificatore per diverse ore alla temperatura di 115°C per evitare la formazione di bolle quando più tardi verranno riscaldate. Gli scarti del materiale prodotto, o il materiale riciclato possono essere mescolati in questa fase di produzione.

Ci sono poi due processi di colorazione possibili: i granuli possono essere colorati direttamente in fase di confezionamento, oppure ai granuli di ETFE si mescolano a granuli di pigmenti che si fondono durante l'estrusione.

Nella prima fase d'estrusione, i termoplastici vengono sciolti per sfregamento contro la superficie della vite di metallo. Nella seconda fase, il materiale viscoso è ulteriormente deumidificato in ambiente sottovuoto a 250°C e poi, grazie alla zona ad alta pressione, è filtrato attraverso un fine setaccio (diametro da 40 a 80 micron).

“Il fuso, sotto forma di film, esce obliquamente verso il basso; esso viene deposto tangenzialmente su un cilindro di raffreddamento (tecnologia a cilindri di raffreddamento oppure Chill-roll). In questo caso i film possono essere stirati nella direzione di estrusione a spessori da 8 fino a 15 µm. E' possibile uno stiramento a freddo o a caldo, uni o biassiale, con un grado di stiro particolarmente elevato, con particolari apparecchiature di stiro. Il film con un processo a due stadi viene dapprima stirato longitudinalmente fra due cilindri ruotanti a diverse velocità periferiche. Lo stiro trasversale viene effettuato nel secondo stadio: i bordi laterali del film vengono afferrati da ganasce e addotti durante il trasporto longitudinale verso l'esterno. Nel caso di stiramento biassiale simultaneo le ganasce vengono guidate verso l'esterno e contemporaneamente, ad aumentata velocità, nella direzione di marcia. Mediante lo stiro e un post-trattamento termico (termofissaggio) vengono migliorate la resistenza meccanica, la trasparenza, la densità di permeazione, la resistenza alle basse temperature e il comportamento elettrico.” (Saechtling, 2006)

A film formato un secondo estrusore più piccolo può venire aggiunto per rivestire il materiale di base con strati sottili di un altro materiale, nel processo chiamato di “coestrusione”.

Questo processo è utilizzato, ad esempio, per realizzare pellicole che abbiano anche strati di protezione dai raggi UV. Questo adattatore è a sua volta attaccato ad ugelli che danno la forma al materiale semilavorato. I fogli singoli, doppi o multipli, a seconda del numero degli strati, vengono realizzati in base alla forma dell'ugello, e sono poi eventualmente rivestiti e tagliati.

I prodotti semilavorati possono ancora essere trattati con stampa, rivestimenti metallici, diversi tipi di trattamento delle superfici.

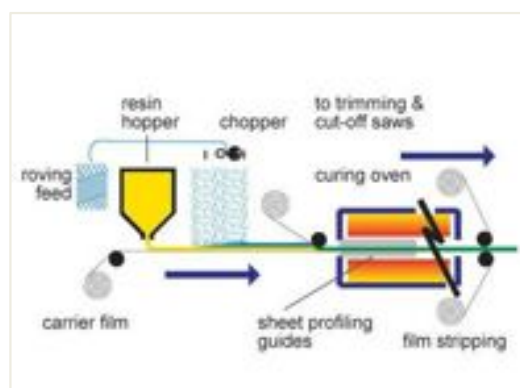


Immagine 8.01 – Schema di un impianto d'estrusione

8.2.2 Processo di rivestimento per laminazione o calandratura

Nel rivestimento per laminazione il film plastico riscaldato viene srotolato sul tessuto di base e successivamente fatto passare tra due cilindri caldi che pressano tutto l'insieme realizzando l'unione tra i componenti.

Sullo strato esterno viene anche generalmente stesa una pellicola di lacca protettiva.

Lo spessore del rivestimento ha un ruolo determinante nel garantire la curabilità della membrana.

8.2.3 Processo di finissaggio con stampa

Tra le lavorazioni di finissaggio, la realizzazione di stampe sulle membrane può determinare sia un accrescimento della qualità estetica delle stesse che renderle supporto informativo (con messaggi di testo o grafici, loghi, etc.). Per coperture in film in ETFE, questi risultati possono essere raggiunti congiuntamente al miglioramento delle prestazioni energetiche: i film in ETFE, solitamente trasparenti, possono essere stampati creando effetti grafici con colori e stampe in positivo/negativo; gli effetti positivo/negativo sono sfruttati per migliorare le prestazioni termiche delle membrane, permettendo di variare la risposta degli involucri in funzione delle variazioni di luminosità esterna.

Ad esempio, si vedano le soluzioni adottate per gli interventi Festo Headquarters, Esslingen Stuttgart, Germany e Solarlux Showroom, Bissendorf, Germany in cui un ombreggiamento dinamico è ottenuto attraverso stampe in positivo/negativo su due degli strati di un sistema a tre fogli in ETFE confezionati in cuscini pneumatici: il semplice cambio di posizione degli strati modifica la trasparenza del sistema. Il range di trasparenza del sistema è una specifica del progetto. Negli esempi riportati si va da una variazione di trasparenza tra il 5% e 65% (Festo Headquarters) ad una tra il 45% - 85% (Solarlux Showroom).

8.2.4 Processo di taglio di patterning e fitting

“I modelli di taglio sono forme bidimensionali che, quando assemblate insieme e sottoposte a forze di pretensione, producono la superficie tridimensionale prevista. Nella progettazione dei modelli di taglio devono essere soddisfatti molti requisiti, che sono legati sia ad aspetti fisici che architettonici. Il primo punto da considerare è l'orientamento dell'armatura del tessuto in relazione agli sforzi principali che interessano la membrana e, subito dopo, gli aspetti economici legati alla scelta di un certo materiale. Riguardo agli aspetti architettonici formali, è chiaro che il ritmo imposto dalle linee di giunzione svolge un ruolo importante sulla percezione della forma della membrana a doppia curvatura e tale qualità può essere sfruttata per ottenere un buon effetto spaziale complessivo.” (Forster, Mollaert, Zanelli, 2007)

La preparazione accurata dei modelli di taglio e i disegni di assemblaggio è effettuata in funzione della tolleranza indicata dalle specifiche di progetto. Le apparecchiature tecniche necessarie (EDP, programmi di taglio CAD/CAM) devono essere utilizzate con il supporto di ingegneri altamente specializzati.

“I valori di compensazione da applicare ai modelli di taglio dovrebbero essere determinati attraverso test biassiali realizzati in funzione di carichi risultanti da analisi strutturali ingegneristiche. La larghezza dei giunti va determinata da un test di resistenza uniassiale a breve termine, usando attrezzature tarate ad hoc. I set di campioni devono essere testati alle temperature sia di 23°C che di 70°C.

I test dovrebbero essere applicati sia all'ordito che alla trama in accordo con gli standard vigenti. I requisiti di resistenza dei giunti derivano da specifici calcoli realizzati in fase di progettazione. Di solito si usa come valore base una certa percentuale della resistenza standard del materiale tipo.

Per ottenere una produzione priva di difetti, i modelli di taglio e i disegni di assemblaggio devono essere forniti con tutte le informazioni richieste per ciascun dettaglio (fig.2). I disegni dovrebbero includere riferimenti incrociati a tutti i componenti, per esempio corde, cavi, elementi in acciaio etc. affinché possano essere connessi a ciascun pannello.

I progetti devono essere provvisti di note dettagliate, quote e tolleranze necessarie per assicurare la qualità del monitoraggio. Nella preparazione di questi disegni deve essere assicurato che ciascun modello possa essere tagliato dal rotolo come pezzo intero. Non è permessa la suddivisione di un singolo modello in pezzi più piccoli.

Contemporaneamente ai modelli di taglio, devono essere preparati disegni di assemblaggio per gli accessori di chiusura e di collegamento tra la membrana e la struttura di supporto.” (Forster, Mollaert, Zanelli, 2007)

8.2.5 Processo di giunzione per saldatura

“Le giunzioni saldate vengono utilizzate con più frequenza rispetto a quelle cucite, per la loro intrinseca impermeabilità all'acqua e per la possibilità di eseguire specifici controlli durante la loro realizzazione industriale. Le saldature sono generalmente eseguite sui bordi dei lembi di tessuto semplicemente sovrapposti. Attraverso le giunzioni saldate, le forze di trazione interne alla membrana devono essere trasferite da un lembo a un altro, attraverso il loro strato di rivestimento. Mentre le giunzioni cucite prevedono un collegamento meccanico tra i due lembi del tessuto, il processo di saldatura prevede la connessione chimica tra i rivestimenti dei tessuti e pertanto le saldature sono considerate più resistenti e più adatte per confezionare membrane soggette a stati di pretensione. La norma ISO 4916, Textiles-Seam Types: classification and Terminology, contiene specifiche informazioni sulle saldature.” (Forster, Mollaert, Zanelli, 2007)

“La resistenza della saldatura dipende dalla buona aderenza dello strato di rivestimento al tessuto (adesività non inferiore a 10 KG/5 cm), dalla sufficiente larghezza del giunto (2÷4 cm) e, a differenza della cucitura, dalla temperatura di esame della giunzione. Al di sotto di 20°C la resistenza dei giunti aumenta, mentre decresce proporzionalmente all'aumentare della temperatura.” (Hoepli 1999)

8.2.6 Processo di giunzione con formatura di cuscini

Membrane di tessuto tecnico possono essere tagliate e sovrapposte in più strati giunti ai bordi; tra i diversi strati viene quindi effettuato il gonfiaggio pneumatico che porta alla formazione di cuscini chiusi, isolati ed a pressione costante.

Possono essere interposte anche più camere d'aria, tra loro separate, aumentando così l'isolamento termico del cuscino: nelle camere d'aria separate, infatti, il movimento convettivo dell'aria è inferiore a quello che si verificherebbe all'interno di un'unica camera d'aria. I cuscini pneumatici sono comunemente costituiti da membrane in poliestere / PVC, ma possono essere realizzati anche completamente trasparenti, usando film in ETFE.

“Gli elementi possono essere stabilizzati attraverso una sovra-pressione leggera tra gli strati individuali. Gli elementi gonfiati prevengono la perdita di trazione nella copertura. Inoltre le

camere d'aria provvedono a dotare il sistema di copertura di elevate proprietà di isolamento termico. Comunque, il sistema non influisce sulle proprietà strutturali, come nel caso delle strutture pneumatiche per le quali una caduta nella pressione interna provocherebbe il collasso della struttura. I fogli in ETFE possono essere molto sottili (da 0.1 a 0.2 mm) dotando comunque il sistema di copertura trasparente di un'alta resistenza data dalle notevoli proprietà meccaniche del materiale. Il rigonfiamento del cuscino rispetto al livello neutro di assemblaggio può essere circa del 10% della lunghezza di ogni elemento.” (Foiltec)

8.2.7 Processo di imballaggio e trasporto

Il trasferimento delle membrane confezionate dal produttore agli installatori comprende le operazioni di imballaggio nel sito produttivo e quelle successive di trasporto. La fase di imballaggio deve essere direttamente preceduta da un'ispezione del materiale da inviare, con relativa stesura di rapporto. Il controllo deve essere effettuato anche sullo stoccaggio della merce, perché potrebbe determinare delle variazioni nelle caratteristiche delle membrane confezionate.

Tutti i documenti che riportano i risultati delle verifiche effettuate durante l'intero ciclo produttivo dovrebbero essere inclusi nei documenti di progetto e conservati fino alla fine del periodo di garanzia dell'edificio. Tutti gli elementi vanno controllati, marchiati individualmente e imballati nei contenitori per le spedizioni. Per evitare possibili danni, elementi quali cavi o supporti vanno separati dalle membrane.

8.2.8 Processo di assemblaggio

L'assemblaggio avviene in conformità al piano di assemblaggio messo a punto in fase progettuale tenendo conto sia dei dettagli strutturali e delle connessioni che delle possibili condizioni di posa in opera (manipolazione del materiale, condizioni del sito, condizioni atmosferiche prevalenti) e degli eventuali slittamenti o rotazioni di alcuni punti durante il montaggio stesso.

Durante il montaggio della struttura è essenziale rispettare le regole di sicurezza del cantiere ed equipaggiare tutti gli operatori con gli appropriati dispositivi di sicurezza individuali.

Prima di procedere con il montaggio il personale, con un buon livello di specializzazione, deve prendere visione di tutti i disegni esecutivi, insieme al responsabile di cantiere.

Si procede quindi con il disimballo e la contestuale verifica della completezza ed integrità del materiale, in genere posando la membrana su di un telo protettivo, rispettando le indicazioni di piegatura e dispiegamento.

“Il sollevamento richiede l'uso di pantografi o mandrini che prevengano danni dovuti a schiacciature o piegamenti. Gli accessori e le teste dei cavi che devono essere collegate a terra devono essere protetti con guaine. La membrana può essere quindi sollevata seguendo le istruzioni di installazione del supervisore, in accordo con le norme di sicurezza e in condizioni atmosferiche opportune. Le membrane devono essere innalzate e fissate il più velocemente possibile per prevenire eventuali danni durante la fase iniziale di cantiere. Una membrana tesa solo in parte deve essere costantemente sorvegliata in modo che si possano prendere adeguati provvedimenti qualora le condizioni climatiche peggiorino. Il montaggio non deve essere effettuato o deve essere tempestivamente interrotto qualora dovessero svilupparsi condizioni meteorologiche critiche (vento oltre 3.0 – 10.0 m/s, temperature inferiori ai 5°C, pioggia incessante, etc.).

Ciascun elemento della membrana già innalzato deve essere adeguatamente fissato. La membrana deve essere messa in tensione in accordo con le indicazioni contenute nei piani di montaggio e nei calcoli strutturali. I punti di aggancio dei martinetti, l'entità e le forze di tensione devono essere scelti in funzione del metodo di montaggio. Questo potrebbe richiedere un adattamento alle condizioni meteorologiche locali". (Forster, Mollaert, Zanelli, 2007)

8.3 Esempi applicativi

8.3.1 Eden Project_St. Austell, Cornovaglia, 2001

Progettisti:	<i>Grimshaw & Partners</i>
Consulenti al progetto:	<i>OVE Aruo & Partners, McAlpine Joint Venture</i>
Prodotto:	<i>ETFE</i>
Produttore:	<i>Foiltec</i>
Confezionatore:	<i>Foiltec</i>
Installatore:	<i>Foiltec</i>
Funzione dell'edificio:	<i>Serra</i>
Funzione della membrane:	<i>Copertura</i>

Eden Project è uno degli esempi più significativi di un recupero ambientale del mondo. E' un grande serra costruita in Cornovaglia, su progetto dell'architetto Nicholas Grimshaw nel 1996, ultimata nel 2001, con la collaborazione di McAlpine Joint Venture e Ove Arup Partners. Da una cava d'argilla abbandonata in Cornovaglia, si è ricavato questo significativo esempio di architettura sostenibile al cui interno sono studiati i legami tra l'uomo e la natura, mediante la riproduzione di habitat tipici di ogni parte del mondo, dal Sud America all'Oceania.

Il progetto si compone di una serie di cupole geodetiche, chiamate "Biomes", appoggiate l'una sull'altra e affondate nella voragine, alta 60 m di profondità. L'architetto Nicholas Grimshaw sostiene che "Il problema era creare un edificio che si adattasse alla cava dal punto di vista ideologico e strutturale. Ho scelto un modulo universale, la sfera, adattandola al perimetro irregolare della cava". La temperatura e l'umidità all'interno delle biosfere sono create artificialmente e mantenute naturalmente dalla presenza delle piante. Le cupole sono composte da una armatura metallica, che supporta esagoni trasparenti incastrati l'uno nell'altro come un puzzle, realizzati con l'ETFE, che pesa 100 volte meno del vetro, autopulente, riciclabile e dura più di 25 anni. L'architetto racconta che "la scelta degli esagoni non è casuale, perché è una forma che si trova in natura e consente di costruire strutture sferiche molto forti, perché le forze si distribuiscono su tutti i lati. I pannelli, però, non sono piatti, ognuno si sviluppa su tre dimensioni, come un palloncino a più strati, in cui l'aria viene pompata e tenuta sotto pressione per lasciare la temperatura costante dentro le biosfere. Il che è fondamentale per la sopravvivenza delle piante".

Ogni componente della struttura è un pezzo unico, realizzato attraverso una produzione meccanizzata, secondo cui il componente è tagliato e numerato ed ha una posizione unica nella struttura. La struttura di supporto è stata concepita per consentire in futuro l'eventuale sostituzione degli 831 pannelli di ETFE con materiali trasparenti innovativi, che consentano

all'edificio di respirare. La struttura dell'intero complesso è sostenuta da una serie di fondazioni continue in cemento armato.



Immagine 8.01 – Schema di un impianto d'estrusione

8.3.2 Water Cube_Pechino, Cina, 2008

Progettisti: *Toby Wong del Ptw Architects*

Consulenti al progetto: *OVE Aruo & Partners*

Prodotto: *ETFE*

Produttore: *Foiltec*

Confezionatore: *Foiltec*

Installatore: *Foiltec*

Funzione dell'edificio: *Piscina*

Funzione della membrane: *Involucro, isolamento e accumulo termico*

Il centro nazionale di nuoto è stato realizzato in occasione delle olimpiadi di Pechino 2008. L'edificio si presenta come un volume semplice di forma quadrata, costituito da una struttura reticolare tridimensionale, che sostiene le bolle realizzate in ETFE, assemblate prima di essere poste in opera e quindi gonfiate. Un sistema di controllo gestisce il pompaggio continuo delle bolle, mantenendo intatta la struttura. Non si tratta della tradizionale maglia a sviluppo tetraedrico, ma di una struttura nata dall'osservazione dell'aggregazione delle bolle di sapone di cui la schiuma si compone, che riesce a creare una forma organica e flessibile adatta alle necessità del centro acquatico olimpico. L'insolita geometria dell'intelaiatura consente, inoltre, di rispondere efficacemente ai requisiti antisismici imposti dalle particolari caratteristiche del luogo. Il progetto accoglie la principale piscina olimpica, uno spazio multifunzionale e 17.000 posti a sedere, di cui 11.000 pensati come struttura rimovibile. Le sue pareti traslucide formano poligoni irregolari, che di giorno assumono una colorazione grigio azzurra come il cielo, di notte possono essere illuminati a piacere.

L'edificio, progettato secondo principi di design ecosostenibile, utilizza materiali ecologici e tecnologie per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. L'ETFE, prodotto dalla Dupont,

permette di catturare il 20% dell’energia solare incidente sull’edificio, riutilizzandola per riscaldare l’acqua delle vasche e grazie alla sua trasparenza, durante il giorno, l’impianto è illuminato dalla luce solare, riducendo del 55% i consumi. Inoltre, data la scarsità di risorse idriche della zona, l’80% dell’acqua piovana raccolta dal tetto viene riciclata e riutilizzata.



Immagine 8.02 – Water Cube, Pechino

8.3.3 Space Center_Leicester, UK, 2001

Progettisti:	<i>Nicholas Grimshaw & Partners</i>
Consulenti al progetto:	<i>OVE Aruo & Partners (strutture)</i>
Prodotto:	<i>lastre in ETFE</i>
Produttore:	<i>Tensys</i>
Confezionatore:	<i>Tensys</i>
Installatore:	<i>Tensys</i>
Funzione dell’edificio:	<i>Base spaziale</i>
Funzione della membrane:	<i>Copertura, Involucro</i>

Il Centro Nazionale dello Spazio catalizza l’interesse del pubblico per la scienza spaziale tramite una zona per l’esposizione ed un’altra appartenente all’Università di Leicester, destinata alla ricerca e all’insegnamento. Il complesso si trova a Leicester, sulle rive del

fiume Soar, dove occupa le installazioni di una cisterna d’acqua in disuso. Queste aree sono state così soggette a recupero, dando vita ad un nuovo quartiere, che ha significato un notevole miglioramento per la città. Nella scelta del progetto venne coinvolto anche il pubblico di Leicester, con la consultazione delle comunità vicine e mediante riunioni tenute per misurare l’opinione pubblica. La visione del centro emoziona il visitatore appena uscito dall’autostrada, infatti l’asfalto cambia colore dal grigio al rosso intenso, quasi a simulare il suolo marziano. Un viale alberato porta poi all’ingresso del complesso, dove è situato l’edificio, abbellito inoltre da chioschi informativi interattivi ed esposizioni temporanee all’aperto. L’edificio, nella sua interezza, si mostra nella sua opacità variegata, infatti vi è uno strato di metallo perforato, che copre tutte le aperture della facciata, quali finestre, lucernari e griglie di ventilazione, che donano il colore alla struttura. Tutto il complesso cambia d’aspetto illuminandosi dall’esterno e dall’interno.

Il complesso è dominato visivamente dalla torre espositiva. Questa è costruita con una struttura leggera in acciaio, che sostiene uno scheletro metallico e da un involucro di cuscini pneumatici in membrana a tre strati di ETFE, che sembrano quasi delle vele bianche. La scelta di questo materiale è dovuta alla sua alta resistenza e flessibilità, capace quindi di adattarsi alla forma desiderata dal progettista, dalla sua capacità autopulente e dalla sua notevole durata. Inoltre esso permette di coprire vani enormi, senza l’utilizzo di grandi travi d’appoggio. La leggerezza del materiale e la limitata quantità d’acciaio hanno facilitato e semplificato la realizzazione del progetto. L’aspetto futurista della torre è dato dalle caratteristiche di trasparenza e riflessione dell’ETFE, grazie al quale l’edificio può assumere varie colorazioni, anche se le sue forme organiche le conferiscono un aspetto naturale e terracqueo.



Immagine 8.03 – Space Center, Leicester

8.3.4 Villa Nurbs_Girona, Spagna, 2003

Progettisti:	<i>Enric Ruiz Geli dello Studio Cloud 9</i>
Consulenti al progetto:	<i>Agusti Obiol Boma S.L.Guillem, Baraut, Santos Valladolid</i>
Prodotto:	<i>ETFE</i>
Funzione dell’edificio:	<i>Abitazione</i>
Funzione della membrane:	<i>Copertura, Rivestimento</i>

Villa Nurbs (il nome deriva dal mondo della grafica digitale) è stata progettata dall'architetto Enric Ruiz Geli dello Studio Cloud 9 di Barcellona, con una forma molto innovativa rispetto al contesto suburbano monotono in cui è inserita. L'idea progettuale nasce dalla volontà di creare una superficie continua e fluida, che abbracci tutti gli ambienti della casa. La tecnologia digitale e il design parametrico hanno permesso la realizzazione di forme di notevole complessità. Rivestimento esterno, struttura, clima e tecnologia sono tutti ristudiati in modo innovativo. Lo spirito di Villa Nurbs si avvicina più alle imbarcazioni che alle case che la circondano. Le due gambe cilindriche di cemento si innalzano dal terreno per sostenere una piattaforma ovale dello stesso materiale. Tra questi due piloni si trova l'entrata principale ed un appartamento riservato agli ospiti, mentre il resto dell'abitazione è al livello superiore, costituito da una serie di ambienti che si affacciano sulla piscina. L'intero spazio è racchiuso da un involucro trasparente in ETFE: un tetto di pannelli di plastica gonfiabili di forma allungata, che riempiti d'aria si espandono, lasciando penetrare la luce del giorno; viceversa, quando vengono sgonfiati si contraggono, bloccando il chiarore e la vista del cielo. L'effetto ricorda un organismo vivo. L'edificio non ha finestre sull'esterno e sul lato nord è rivestito di Corian bianco, una plastica dura e traslucida che di giorno lascia penetrare la luce naturale e di notte fa trasparire quella dell'interno. La facciata sud è rivestita di mattonelle di ceramica nere, per proteggere dal sole.



Immagine 8.04 – Villa Nurbs, Girona

8.3.5 Kingsdale School_Dulwich, UK, 2003

Progettisti:	<i>De Rijke Morsh Morgan</i>
Consulenti al progetto:	<i>Michael Hadi Associates (strutture)</i> <i>Fleming & Barron (acustica)</i>
Prodotto:	<i>membrana in ETFE</i>
Produttore:	<i>Foiltec</i>
Confezionatore:	<i>Foiltec</i>

Installatore:	<i>Fulcrum</i>
Funzione dell'edificio:	<i>Edificio scolastico</i>
Funzione della membrana:	<i>Copertura, Involucro</i>

La Kingsdal School è situata nel sud est di Londra ed è stata riqualificata nel 2003. La situazione del complesso era del tutto inappropriata per i 1200 studenti che vi erano iscritti. Per questo motivo la RIBA (Royal Institut of british architects) organizzò un concorso di architettura, che fu vinto da De Rijke Morsh Morgan (dRMM).

L'edificio ha una pianta rettangolare di 3200 mq, che circonda un doppio cortile centrale. Proprio questa parte è diventata il fulcro del progetto di De Rijke: riqualificare tutta la parte centrale in modo da garantire una migliore organizzazione distributiva. L'atri centrale viene così chiuso e coperto da un nuovo involucro trasparente, che fornisce all'ambiente una nuova identità ed un nuovo ruolo all'interno dell'istituto: diventa così un luogo di ritrovo e di socializzazione per gli studenti ed un luogo di raccordo per i vari ambienti della scuola. Al centro del cortile viene posto un grande elemento geodetico, con la funzione di auditorium. La copertura è trasparente, permette così di sfruttare l'ambiente in qualsiasi mese dell'anno, poiché lo protegge dagli agenti atmosferici e controlla passivamente la temperatura del grande volume, conferendo così la capacità di essere uno spazio filtro tra ambiente interno ed esterno. La copertura di quasi 3200 mq, è composta da elementi di ETFE gonfiati con aria compressa deumidificata, a diversa pressione per garantire l'isolamento e resistere alla forza del vento. E' un involucro intelligente: una pelle multistrato variabile capace di adattarsi alle variazioni ambientali cambiando il coefficiente di trasmissione solare. Infatti il tetto reagisce alla luminosità del sole, proteggendo l'atrio dai raggi più forti e rendendo la membrana opaca quando necessario. De Rijke ritenne necessario inserire tre strati di ETTFE, dove i due superiori sono stampati con strisce di colore grigio argenteo coprenti, per ridurre l'irraggiamento solare. Quando i cuscini sono totalmente gonfi, gli strati stampati lasciano passare il 50% della luce naturale, quando invece sono sgonfi la luce può essere ridotta al 5%. La struttura di supporto della membrana sintetica è formata da elementi sottili in acciaio curvato.

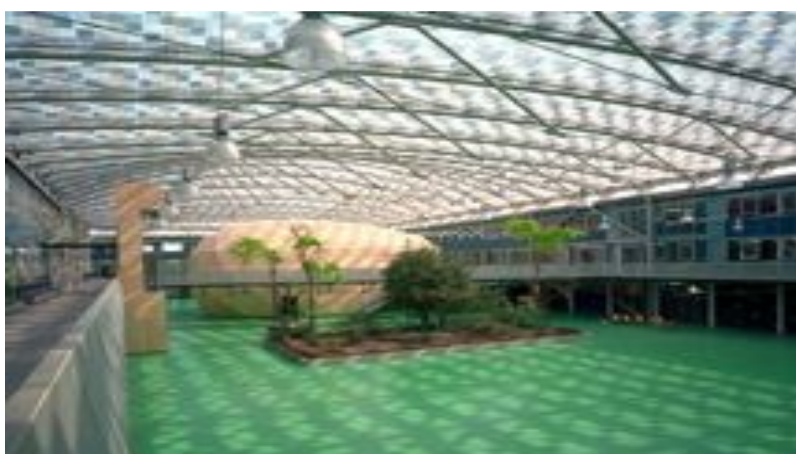


Immagine 8.05 – Kingsdale School, Dulwich

8.3.6 Frosilos_ Copenhagen, Danimarca, 2005

Progettisti:	<i>MVRDV</i>
Consulenti al progetto:	<i>JJW Arkitekter</i>
Prodotto:	<i>ETFE</i>
Produttore:	<i>Foiltec</i>
Confezionatore:	<i>Foiltec</i>
Installatore:	<i>Foiltec</i>
Funzione dell’edificio:	<i>Edificio d’abitazione</i>
Funzione della membrana:	<i>Copertura</i>

La città di Copenhagen si è impegnata negli ultimi anni nella sistemazione di una ex zona industriale nei pressi del porto. Tra i vari interventi, vi era quello di trasformare due vecchi silos inutilizzati in un edificio d’abitazione. Il progetto, realizzato dal gruppo MVRDV, aveva l’obiettivo di mantenere le preesistenze, sfruttandole come punto di forza del progetto. I due silos, infatti, sono rimasti pressoché intatti, mentre 129 appartamenti, distribuiti su otto piani, sono stati costruiti attorno alle vecchie strutture. Gli spazi vuoti interni contengono l’accesso, la distribuzione verticale e quella orizzontale a ballatoio. Essi appaiono come due modernissime corti interne. Si è scelto inoltre non fare appoggiare gli appartamenti sulle pareti principali, creando così una specie di seconda pelle dell’edificio. La copertura di questi spazi è affidata ad una leggera struttura in acciaio, che regge una serie di cuscini di ETFE pressurizzati. Le motivazioni dell’utilizzo di questa tecnologia sono essenzialmente due: la leggerezza del materiale, che necessita di una struttura di sostegno molto esile, e la quasi totale trasparenza della membrana. Queste caratteristiche, unite ad un interno completamente bianco, contribuiscono alla smaterializzazione del volume che sembra privo di peso ed a fornire una notevole quantità di luce all’ambiente interno. L’utilizzo di questa struttura innovativa del dentro-fuori è stata una soluzione relativa alla fragilità dei muri già esistenti nella struttura. I progettisti hanno quindi considerato la debolezza del calcestruzzo, il quale limitava molto il taglio di grandi fori nel muro per il collocamento di finestre, che avrebbe così compromesso di molto la stabilità dell’edificio. Il risultato finale è stato quello di ottenere 84 appartamenti che vanno dai 90 ai 200 mq, con balconi che sono circa un terzo di ogni appartamento.

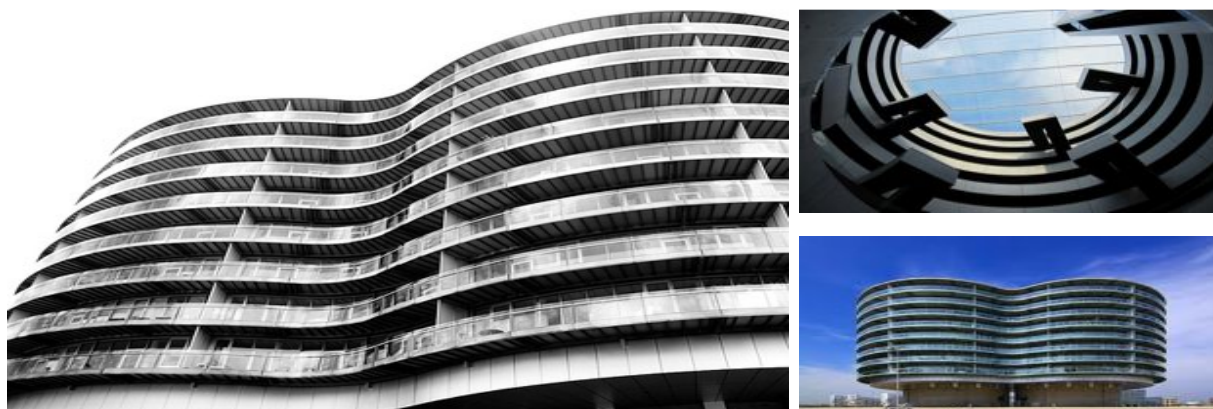


Immagine 8.06 – Frosilos, Copenhagen

8.3.7 Media-Tic_Barcellona, Spagna, 2009

Progettisti: *Enric Ruiz Geli dello Studio Cloud 9*

Prodotto: *ETFE*

Funzione dell’edificio: *Centro per tecnologie ICT*

Funzione della membrane: *Rivestimento esterno*

Il Media-Tic di Barcellona, ribattezzato “Digital Pedrera”, è un edificio eco-sostenibile che è in grado di risparmiare sino al 40% di energia grazie all’utilizzo di materiali e tecnologie innovative. Il progetto, realizzato dall’architetto Enric Ruiz Geli, sorge all’interno del quartiere tecnologico denominato “22@Barcelona”, ambizioso progetto di trasformazione urbana che prevede lo sviluppo di un’area di circa 3,7 milioni di metri quadrati, destinata ad ospitare spazi tecnologici per società all’avanguardia. L’edificio ospita un centro per le tecnologie ICT (Information and Communication Technologies). All’interno trovano spazio anche uffici, aree espositive, un auditorium con 300 posti a sedere, ristoranti e negozi.

Il progetto consiste in una struttura metallica principale a forma di cubo rivestita su tre lati di ETFE. Le caratteristiche del materiale permettono la penetrazione di luce naturale assorbendo, inoltre, il calore dei raggi solari di cui sfruttano le potenzialità energetiche. All’interno, tuttavia, la temperatura non diventa mai eccessivamente alta grazie ad una capacità di filtraggio ultravioletto pari all’85%.

La manutenzione richiesta è poca grazie alla superficie antiaderente dell’ETFE, che difficilmente si sporca. Tratto distintivo del progetto sono dei rigonfiamenti sulle facciate rivestite in ETFE. Si tratta di cuscini d’aria, cui si dà forma per mezzo di un sistema pneumatico, che assolvono alla funzione di isolamento termico creando al tempo stesso zone di ombra sulla superficie. Tale sistema di cuscini gonfiabili consente di gestire l’esposizione dell’intera facciata semplicemente.



Immagine 8.07 – Media-Tic, Barcellona

CAPITOLO 9

SISTEMA TECNOLOGICO DI FACCIATA

9.1 Concept progettuale

Nello scenario progettuale e sperimentale contemporaneo è maturata una presa di coscienza piuttosto forte su una questione centrale nel rapporto architettura-ambiente, tanto sul versante della ricerca applicativa quanto su quello della realtà costruttiva. E' diventato infatti significativo parlare dell'involucro edilizio come di una "pelle" e non più solo come di una protezione dagli agenti esterni o come elemento d'identificazione estetica. L'involucro edilizio viene concepito non più come un semplice diaframma interno - esterno, ma come un filtro dinamico in grado di rispondere al meglio alle esigenze di benessere, di sostenibilità e risparmio energetico e capace contemporaneamente di coniugarsi con le istanze di espressione e linguaggio.

Da tali assunzioni si è inteso, in tale sede, progettare l'involucro di facciata di Torre Lodi, perseguendo l'intento d'investigare i diversi scenari progettuali: compositivo, formale, spaziale, prestazionale, tecnologico.

Come illustrato nei precedenti capitoli, il processo compositivo ha adottato strategie progettuali di sperimentazione formale strettamente legata ai fattori prestazionali che si intende garantire alla pelle di facciata.

I fattori prestazionali dell'involucro quale complesso sistema – filtro selettivo e polivalente sono:

- controllo e interazione con le condizioni di soleggiamento;
- controllo e graduazione dell'illuminazione naturale diretta e diffusa e dell'assorbimento dell'irraggiamento luminoso;
- controllo della ventilazione naturale;
- accumulo termico e trasformazione in calore delle radiazioni solari;
- controllo degli scambi termici, delle dispersioni di calore;
- controllo delle relazioni percettive - visive all'interno degli ambienti.

I fattori prestazionali dell'involucro quale barriera protettiva sono:

- controllo e graduazione del grado igrotermico dell'aria, diffusione del vapore, auto protezione dell'involucro contro le diverse forme di umidità, da acque meteoriche o da acque di risalita;
- barriera contro le precipitazioni atmosferiche;
- controllo della qualità dell'aria e dell'inquinamento gassoso e pulviscolare, nell'ottica di un generale miglioramento delle condizioni di salubrità ambientale, auto protezione dal degrado per smog;
- controllo dell'inquinamento acustico;
- durabilità, durevolezza e autoconservazione delle capacità prestazionali;
- protezione contro gli urti e resistenza alle sollecitazioni meccaniche;
- resistenza e protezione dal fuoco.

Nel presente capitolo si intendono, dunque, illustrare le scelte tecnologiche di progetto adottate per conseguire le prestazioni attese dal modello di facciata risultante dalla prima fase progettuale, la sua materializzazione ed esecuzione.

9.2 L'idea progettuale

L'idea progettuale si basa su alcuni temi fondamentali che riflettono aspetti caratteristici dell'edificio come flessibilità, trasparenza, luminosità, qualità degli spazi e dei materiali, che rappresentano gli elementi basilari per ottenere un ambiente di lavoro moderno e compatibile con gli elevati standard richiesti.

Quest' idea è stata realizzata attraverso la scelta progettuale della facciata strutturale continua trasparente, presente su tutti e quattro i prospetti: a nord e sud come unico involucro, ad est ed ovest accoppiata ad una pelle esterna, anch'essa trasparente, in cuscini pneumatici in ETFE ⁽⁴⁾.

La soluzione a "doppia pelle", presente in corrispondenza degli spazi interni destinati ad uffici open space, permette di "aprire" il più possibile con finestre di ampia superficie la facciata più interna, perché la seconda facciata trasparente e la passerella grigliata di circa 100 cm dalla facciata principale creano psicologicamente un maggior senso di sicurezza in chi vive nell'edificio e si avvicina alle vetrate, riducendo quindi il senso di vertigine. Il comfort interno aumenta grazie alla riduzione dello sbalzo termico tra il dentro e il fuori, oltre che per le prestazioni garantite dagli accorgimenti tecnologici adottati nel caso specifico. Tale soluzione, come verrà meglio illustrato nei successivi paragrafi, ha consentito di sviluppare un sistema di facciata dinamica, atta al controllo di prestazioni termiche ed energetiche dell'involucro edilizio.

Di contro, la scelta progettuale della doppia pelle di progetto, non è certo giustificabile con una motivazione economica. Una soluzione tecnologica di questo tipo esce dalla pratica comune del costruire e rientra in quella fascia in cui più che mai diventa importante la sinergia tra la committenza, necessariamente "illuminata", l'impresa e il progettista. La committenza deve credere nel progetto "di valore" anche se inizialmente deve aumentare il budget. Il perché della doppia pelle è quindi di altra e varia natura, centrata sulla valorizzazione dell'edificio sia dal punto di vista estetico, sia per l'aumento del comfort abitativo.

9.3 La facciata continua

La scelta progettuale è ricaduta sulla tipologia di facciata continua strutturale a montanti e traversi.

Questa è costituita da:

- montanti verticali in lega d'alluminio Anticorodal, aventi interasse di 100/130/150 cm a seconda della posizione lungo il perimetro dell'edificio; questi hanno il compito di sostenere il peso proprio della facciata e dei carichi orizzontali agenti sulla stessa;
- traversi orizzontali in lega d'alluminio Anticorodal, d'interasse 260 cm per la parte trasparente, 40 cm per la parte opaca;
- elementi trasparenti (2,4 · 90/120/140 · 250 cm) composti da una vetrocamera a triplo vetro, sp. 4 mm, con rivestimento bassoemissivo in faccia 2 e 5, intercapedine, sp. 12 mm, riempita con gas Argon;
- elementi opachi in corrispondenza della fascia marcapiano, composti da una lastra di vetro temprata opacizzata (0,8 · 90/120/140 · 30 cm) a cui viene accoppiato un pannello isolante termoacustico interno in lana di vetro ad alta densità, sp. 5 cm.

(1) Riferimento tavole n° 5.00 – 5.01

9.3.1 Montanti e traversi

La struttura a montanti e traversi in alluminio anodizzato Anticorodal garantisce la portanza della facciata. La scelta del materiale è legata fundamentalmente a tre motivi:

- la notevole duttilità che consente di ottenere profili di forma complessa;
- il peso contenuto;
- la resistenza alla corrosione.

Quest'ultima è garantita dalla capacità dell'alluminio di autoprotettersi mediante una pellicola di ossido che si forma per il naturale processo di ossidazione di questo. Nell'utilizzo corrente tale proprietà viene sfruttata per sottoporre i profilati al trattamento di anodizzazione con il quale si favorisce la formazione di ossido sino a formare uno strato di 10 – 20 μm , che permette di ottenere una protezione maggiore di quella che si formerebbe naturalmente di 1/100 μm .

<i>Proprietà alluminio Anticorodal</i>		
Peso specifico	2,7	kg/cm^3
Punto di fusione	658	$^{\circ}\text{C}$
Modulo elastico di Young	69500	MPa
Resistenza al limite elastico dello 0,2%	240	MPa
Coefficiente di dilatazione termica	$2,3 \cdot 10^6$	$1/^{\circ}\text{C}$
Conducibilità termica	260	W/mK

Tabella 9.01 – Proprietà alluminio Anticorodal

La conformazione della sezione del montante di facciata è composta da tre parti distinte. La prima è quella che assolve la funzione statica del montante, che è direttamente connessa alle staffe di fissaggio. La seconda, costituita da due elementi laterali, è la parte del telaio dei pannelli, già assemblati in officina, che si fissa alla parte principale del montante mediante opportuni accessori. La terza, facente sempre parte del telaio, è connessa all'altra mediante barrette in poliammide rivestite in fibra di vetro, sulla quale sono incollate le vetrate o i pannelli opachi, mediante silicone strutturale. Le barrette di poliammide garantiscono il taglio termico del profilato. Infatti la notevole conducibilità termica dell'alluminio comporta la necessità di interrompere la continuità tra la parte del telaio a contatto con l'esterno dell'edificio e quella a contatto con l'interno. Ciò è ottenuto appunto mediante le barrette in poliammide che garantiscono la continuità strutturale del profilato in quanto grazie al rivestimento in fibra di carbonio possiedono una notevole rigidità, dall'altra interrompono il flusso di calore in quanto la poliammide è caratterizzata da una bassissima conducibilità termica.

Nella sezione del traverso è inoltre presente un elemento sotto la lastra di vetro superiore. Questo ha la funzione di sostenere la lastra che si appoggia su questa o semplicemente di sicurezza nel caso in cui il silicone strutturale, a cui ci si affida per connettere il vetro all'alluminio, cedesse.

9.3.2 Componente vetrata

Gli elementi vetrati sono costituiti da una vetrocamera a triplo vetro a bassa emissività extra chiaro, che unisce le prestazioni d'isolamento termico ed un elevato fattore solare.

Tra le tre lastre di vetro, sp. 4 mm, vi è un'intercapedine contenete gas Argon, in modo da garantire una sufficiente resistenza termica, che altrimenti il vetro non potrebbe consentire. Ciò permette di raggiungere valore di trasmittanza termica pari a $0,7 W/m^2K$ contro i $5,6 W/m^2K$ che fornirebbe un vetro singolo.

Le prestazioni della vetrata non sono però solo frutto dell'intercapedine. Infatti, un elevato potere isolante della vetrata ha vantaggi esclusivamente in inverno, durante il quale l'apporto di calore interno e quello solare che la stessa lascia filtrare rimangono all'interno dell'edificio con i vantaggi facilmente immaginabili. Ciò è inoltre agevolato dall'introduzione come vetro più interno di una lastra capace di assorbire la radiazione nel campo dell'infrarosso (che è quella emessa dal corpo umano e da qualunque sorgente di calore) che quindi non si perde ma viene reimpressa all'interno per irraggiamento.

Durante il periodo estivo invece è necessario sia un buon potere isolante che una schermatura alla radiazione solare, altrimenti l'apporto di calore fornito dal sole rimarrebbe immagazzinato all'interno dell'edificio. Ciò porterebbe a un oneroso sovradimensionamento dell'impianto di climatizzazione e relativi oneri di gestione. A tale scopo viene applicata una pellicola di ossidi metallici sulla superficie del vetro più esterno che guarda dentro l'intercapedine (in questo modo sarà protetto dagli agenti atmosferici), che permette di riflettere parte della radiazione solare.

<i>Proprietà componente vetrato</i>	
<i>Fattori luminosi</i>	
Trasmissione luminosa	74 %
Riflessione luminosa esterna	15 %
Riflessione luminosa interna	15 %
<i>Fattori energetici</i>	
Trasmissione energetica	54 %
Riflessione energetica esterna	27 %
Fattore solare	0,6
<i>Isolamento termico</i>	
U_g con 90% Argon	0,7 W/m^2K

Tabella 9.02 – Proprietà componente vetrato

9.3.3 Guarnizioni e tenuta all'acqua

Il materiale delle guarnizioni è l'E.P.D.M. (Etilene-Propilene-Diene Monomero) un elastomero noto in Italia anche con il nome commerciale Dutral, che presenta ottime proprietà meccaniche, elevata resistenza alla deformazione permanente, insensibilità termica, adeguata inerzia chimica nei confronti di agenti aggressivi acidi, buona impermeabilità all'acqua ed un ottimo intervallo di temperature d'esercizio (-20/+130 °C); per contro è caratterizzato da una bassissima resistenza alla fiamma.

Ciò che garantisce che il sistema di facciata in vetro e metallo funzioni al meglio, è la progettazione degli elementi che interfacciano i due materiali sennonché lo studio per garantire la tenuta all'acqua e all'aria. A tale proposito giocano un ruolo fondamentale le

guarnizioni. La prestazione di tenuta della facciata continua è comunque il risultato di un comportamento a sistema di diversi componenti:

- le deformazioni elastiche degli elementi di telaio che devono essere contenute in modo tale da non compromettere il funzionamento dei giunti;
- i giunti di dilatazione verticali ed orizzontali in corrispondenze dell'attacco dei traversi ai montanti e tra un montante ed il successivo;
- i giunti in corrispondenza delle soluzioni d'angolo e di collegamento;
- le sigillature e le guarnizioni di tenuta del vetro.

Per quanto riguarda le guarnizioni, si tengono in considerazione due aspetti:

- la deformazione degli elementi di telaio può mettere in crisi la tenuta all'acqua della facciata;
- l'acqua meteorica si concentra in prossimità dei giunti.

Nella progettazione del sistema di facciata si suppone quindi che sia quasi impossibile eliminare completamente qualsiasi infiltrazione d'acqua; è dunque importante impedire che le infiltrazioni d'acqua possano raggiungere la faccia interna della facciata.

Nella progettazione dei profili di facciata si è dunque considerata la soluzione a giunto aperto.

Questa tecnica si basa sull'ipotesi che l'acqua possa superare la prima linea di difesa costituita dalla sigillatura dei giunti e venga successivamente intercettata ed espulsa verso l'esterno da una seconda linea di difesa costituita da un complesso di gocciolatoi e canali ricavati nei profili dei montanti e dei traversi ed in grado di condurre l'acqua meteorica e di condensa verso asole di scarico di espulsione. Ciò spiega anche la necessità di impiego di un materiale con una resistenza alla corrosione come l'alluminio. Inoltre vi è una terza via d'azione, che consiste nell'eliminare, o per lo meno nel ridurre, l'intensità delle forze che guidano l'acqua all'interno dei giunti di facciata.

9.3.4 Messa in opera del sistema di facciata continua

Qui di seguito, si elencano sinteticamente le fasi per l'assemblaggio della facciata continua strutturale:

1. unione dei montanti, e successivamente dei traversi;
2. applicazione dei profili pretranciati, sia sui montanti che sui traversi;
3. inserimento delle guarnizioni sui profilati già fissati;
4. fissaggio degli accessori, attraverso viti, sui montanti e sui traversi;
5. fissaggio degli accessori, attraverso viti, sul modulo da inserire (pannello o vetro);
6. inserimento del modulo fra i montanti e i traversi;
7. applicazione del sigillante strutturale su tutto il perimetro del modulo.

9.4 La doppia pelle

L'intento di sviluppare un sistema di facciata capace di garantire prestazioni energetiche flessibili e adeguate alle condizioni climatiche, ha condotto ad indagare la tematica dei sistemi di facciata a doppia pelle trasparente cercando di sviluppare un innovativo componente di chiusura verticale caratterizzato dalla possibilità di variare la sua configurazione nell'arco dell'anno in corrispondenza del passare delle stagioni.

Il componente dinamico è frutto della sperimentazione condotta utilizzando le strategie di progettazione parametrica e computazionale, descritte nei precedenti capitoli.

A tale sperimentazione è seguita la progettazione tecnologica, che ha consentito di proporre un sistema di facciata a doppia pelle composto da:

- prima pelle trasparente: facciata continua strutturale a montanti e traversi (si veda il paragrafo precedente);
- seconda pelle trasparente: cuscini pneumatici in ETFE inseriti in una struttura leggera in alluminio.

Tale doppia pelle non presenta in pianta uno sviluppo rettilineo, ma a gradoni aventi i due lati tra loro perpendicolari rispettivamente di 1,60 e 3,30 m, posti in corrispondenza dei prospetti dell'edificio, est ed ovest, di maggiore affaccio per le postazioni lavorative. Questa peculiarità deriva dall'intento di ottenere spazi interni modulari con una doppia esposizione, in grado di fornire all'utente un maggiore comfort visivo.

L'involucro segue anche in elevazione tale irregolarità, presentandosi come un susseguirsi di curve sinusoidali verticali, andanti a generare moduli di facciata con forma "a goccia".

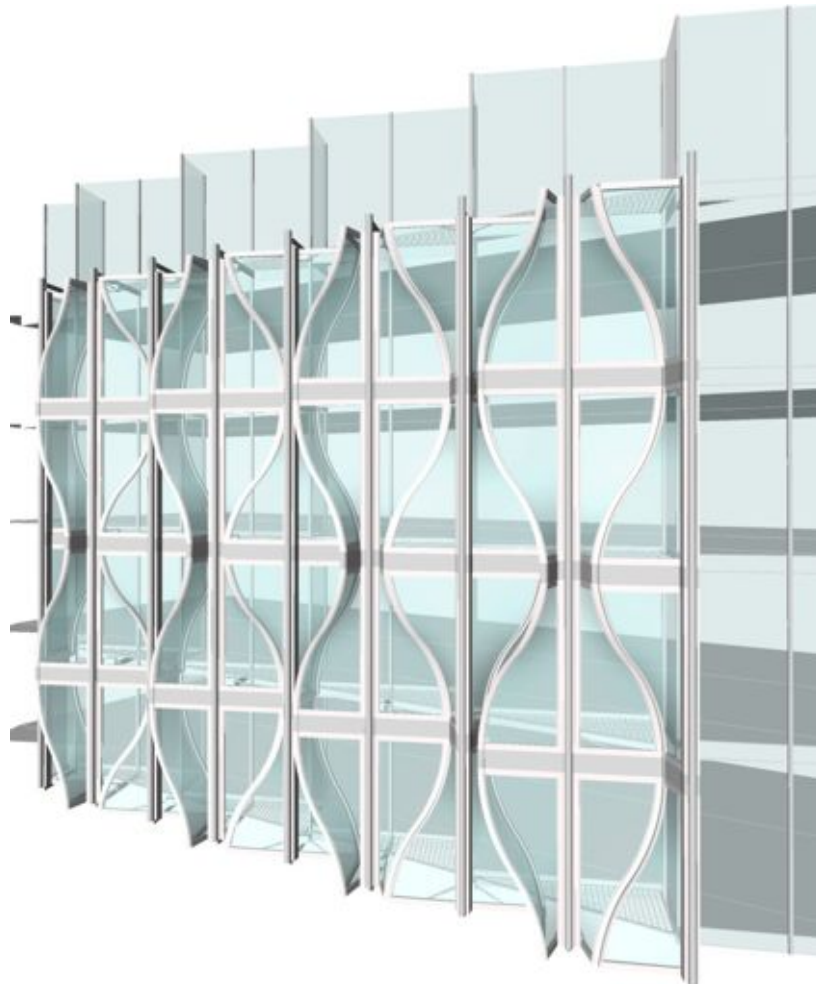


Immagine 9.01 – Vista prospettica "a" doppia pelle di facciata

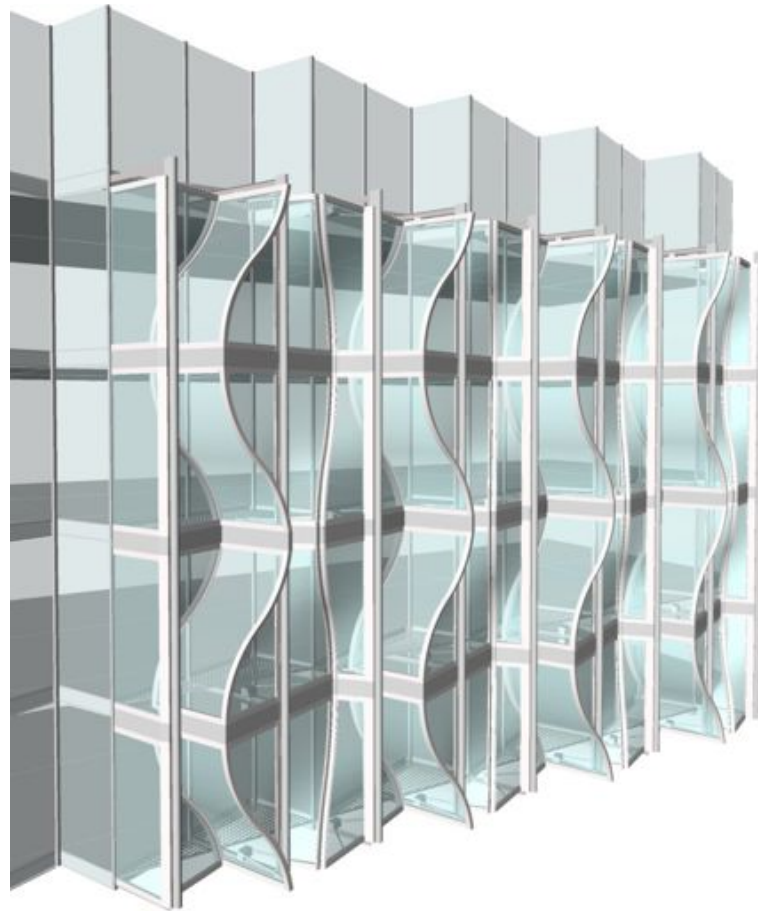


Immagine 9.02 – Vista prospettica “b” doppia pelle di facciata

Il telaio strutturale di seconda pelle è assimilabile allo schema montanti e traversi della facciata continua. La seconda pelle è composta da:

- montanti verticali in alluminio anodizzato Anticorodal, di sezione $2,5 \cdot 65 \cdot 135 \text{ mm}$, lunghezza 3 m ed interasse di $1,65 \text{ m}$. Questi hanno il compito di sostenere il peso proprio della seconda pelle e dei carichi orizzontali agenti sulla stessa;
- traversi orizzontali in lega d’alluminio Anticorodal, d’interasse 3 m ; Tali elementi sono costituiti da un profilo portante, alto 22 cm , con irrigidimento interno in acciaio e da profili che fungono da battuta per gli infissi mobili del sistema di facciata;
- elementi trasparenti costituiti da cuscini pneumatici in membrana a triplo strato di ETFE;
- profili curvi in alluminio anodizzato Anticorodal, costituenti l’intelaiatura degli elementi trasparenti e la parte mobile del sistema.

Facenti parte del sistema vi sono anche:

- struttura di ancoraggio dei montanti costituita da trave in acciaio IPE 120 e piastra in acciaio $17 \cdot 120 \text{ mm}$;
- sistema di movimentazione degli elementi di facciata costituito da attuatore lineare a corrente alternata, con bracci telescopici in alluminio;
- grigliato metallico per consentire la manutenzione di facciata;

- eventuale sistema di fornitura d'aria compressa necessaria per mantenere in sovrappressione i cuscini trasparenti.

9.4 Le configurazioni di facciata

La particolare forma dei moduli “a goccia” di facciata è stata studiata per consentire che questi, nel ruotare attorno all'asse verticale del rispettivo montante, generino un disegno di facciata mutevole, strettamente legato alla funzione d'assolvere. In tale dinamica si individuano due configurazioni di facciata:

La prima, in condizioni invernali, dove i pannelli vengono portati paralleli al piano di facciata. Quest'ultimi, dotati di infissi in alluminio a giunto chiuso e taglio termico, vanno ad isolare il sistema di facciata dagli agenti esterni, assolvendo la funzione di serra bioclimatica.

La seconda configurazione è quella in condizioni estive, dove i pannelli vengono fatti ruotare, così da aprire la facciata verso l'esterno. Ciò consente di regolare la ventilazione naturale di facciata e al contempo schermarla dalla radiazione solare. I cuscini in ETFE sono infatti dotati di tre strati di membrana formanti due camere d'aria mantenute in pressione da un apposito sistema di controllo. Lo strato esterno e quello intermedio presentano un sistema di filtraggio solare dato dalla pigmentazione in silver FEP (etilene propilene fluorurato), formante un pattern a pallini sulla superficie della membrana. Ognuna delle due intercamere dei cuscini è dotata di un dispositivo d'alimentazione d'aria, un controllo termostatico per produrre un differenziale di pressione in grado di muovere la posizione della membrana intermedia. Il pannello è in grado di trasmettere il 70% di radiazione solare, quando i fogli di membrana sono tenuti separati, il 30% quando questi vengono sovrapposti, fornendo al sistema potere schermante.

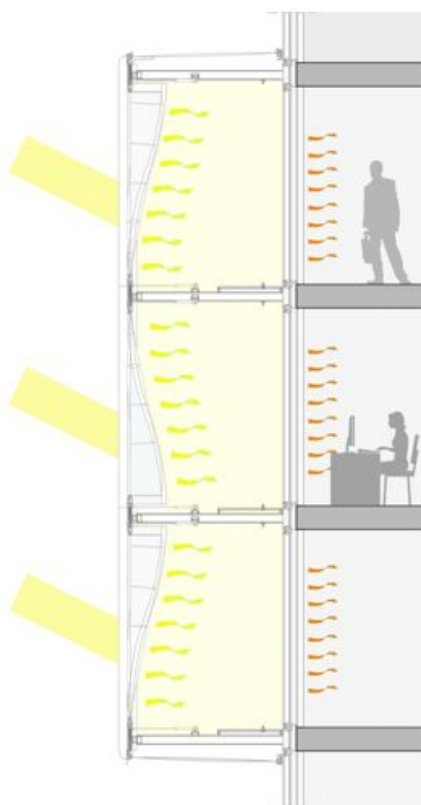


Immagine 9.03 – Serra bioclimatica

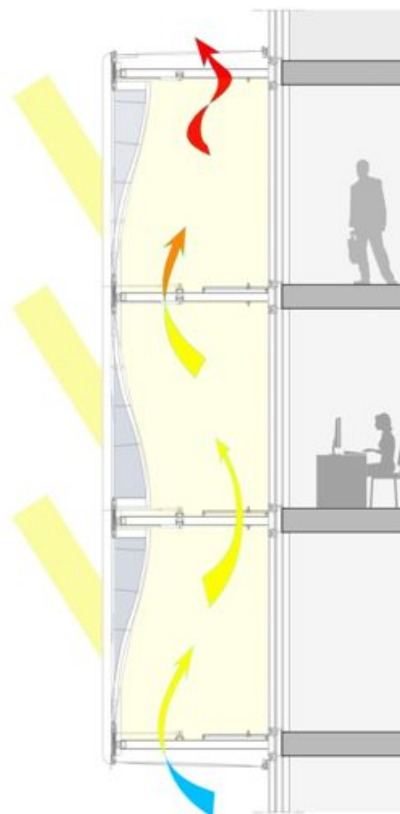


Immagine 9.04 – Ventilazione e schermatura solare

9.5 Calcolo strutturale elementi di facciata

9.5.1 Azione del vento

Dati di partenza:

- altezza sul livello del mare di Lodi: $a_s = 82$ m;
- distanza dalla costa del mare di Lodi: oltre 30 km;
- altezza dell'edificio: $H = 45$ m;
- struttura portante edificio: mista (calcestruzzo armato gettato in opera e prefabbricato);
- permeabilità dell'edificio: edificio avente una superficie di serramenti minore di 1/3 della superficie totale;

Considerando i lati dell'edificio d'interesse per l'analisi delle strutture del sistema di facciata di seconda pelle, cioè i prospetti ovest ed est, si evince che l'edificio presenta irregolarità in pianta, dovute a rientranze ed aggetti.

Introducendo il parametro geometrico e , pari a:

$$e = \min \{b; 2 \cdot h\} = 0,9 \text{ m}$$

dove, b è la lunghezza in pianta dell'edificio ed h la sua altezza,

essendo le dimensioni delle irregolarità inferiori a $e/10$, si trascura la presenza di tali elementi nella valutazione del campo di pressioni del vento attorno all'edificio.

Ipotesi presa vista l'impossibilità di quantificare in maniera semplice i valori dei coefficienti di pressione, che richiederebbero analisi più approfondite, quali prove in galleria del vento.

Parametri di macrozonazione v_0, a_0, k_a

In funzione della regione italiana (Lombardia) le NTC2008 indicano i valori dei parametri di macrozonazione per l'edificio in esame:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Tabella 9.03 – Parametri di macrozonazione, NTC2008

Classe di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella 9.04 – Classe di rugosità del terreno, NTC2008

Classe di esposizione del sito

	ZONE 1,2,3,4,5					
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Tabella 9.05 – Classe di esposizione del sito, NTC2008

Parametri k_r , z_0 , z_{min}

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 9.06 – Parametri k_r , z_0 , z_{min} , NTC2008

9.5.2 Coefficiente di pressione esterna c_{pe}

Per gli elementi di facciata sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), avendo inclinazione sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$, si ricava il seguente valore del coefficiente di pressione esterna:

$$c_{pe} = +0,8$$

Per gli elementi di facciata sottovento (cioè non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente), si ricava il seguente valore del coefficiente di pressione esterna:

$$c_{pe} = -0,4$$

9.5.3 Coefficiente di pressione interna c_{pi}

Poiché l'edificio di ipotesi è una costruzione che ha una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, si ricava il seguente valore del coefficiente di pressione interna:

$$c_{pi} = \pm 0,2$$

Per le pareti sopravento, poiché il coefficiente di pressione esterna c_{pe} è positivo, la combinazione più sfavorevole è rappresentata da un valore del coefficiente di pressione interna c_{pi} negativo:

$$\text{per pareti sopravento } c_{pi} = -0,2.$$

Per le pareti sottovento, poiché il coefficiente di pressione esterna c_{pe} è negativo, la combinazione più sfavorevole è rappresentata da un valore del coefficiente di pressione interna c_{pi} positivo:

$$\text{per pareti sottovento: } c_{pi} = +0,2.$$

9.5.4 Coefficiente dinamico c_d

Il coefficiente dinamico viene assunto cautelativamente pari ad 1, come prescritto dalle NTC2008:

$$c_d = 1$$

9.5.5 Coefficiente di topografia c_t

Dal momento che il sito ove sorge l'edificio risulta pianeggiante si è assunto un valore unitario del coefficiente di topografia :

$$c_t = 1$$

9.5.6 Calcolo della pressione del vento p

Noti la pressione cinetica di riferimento q_b , il coefficiente di pressione esterna c_{pe} , il coefficiente di pressione interna c_{pi} e il coefficiente dinamico c_d , il coefficiente di esposizione c_e , la pressione del vento p si ricava la combinazione più gravosa di pressione (pressione interna ed esterna agenti simultaneamente e normalmente alla facciata dell'edificio, nello stesso verso):

- a) per pareti sopravento rettilinee:

$$p = c_p \cdot c_d \cdot c_e \cdot q_b + p_f = [(+0,8) - (-0,2)] \cdot 1 \cdot 2,030 \cdot 390,625 + 31,715 \\ = 824,595 \text{ N/m}^2$$

b) per pareti sottovento rettilinee:

$$p = c_p \cdot c_d \cdot c_e \cdot q_b + p_f = [(-0,4) - (+0,2)] \cdot 1 \cdot 2,030 \cdot 390,625 - 31,715 \\ = -444,013 \text{ N/m}^2$$

Nelle zone di discontinuità della forma esterna dell'edificio (spigoli, riseghe, displuvi, fasce perimetrali, sporgenze e rientranze) si deve considerare il coefficiente

$$c_p = (c_{pe} - c_{pi}) = -1,8.$$

Il valore della pressione del vento localizzata da considerare risulta pertanto per zone di discontinuità sopravento e sottovento:

$$p = c_p \cdot c_d \cdot c_e \cdot q_b + p_f = -1,8 \cdot 1 \cdot 2,030 \cdot 390,625 - 31,715 = -1458,898 \text{ N/m}^2$$

9.5.7 Dimensionamento dei montanti di seconda pelle di facciata

Si è ipotizzato che gli elementi strutturali della seconda pelle di facciata atti a garantirne la portanza ed il corretto comportamento sotto l'azione dei carichi siano i montanti.

Le dimensioni del modulo della seconda pelle di facciata sono le seguenti:

altezza = 3 m;

larghezza superiore = 2,60 m;

larghezza inferiore = 1,60 m.

I montanti sono realizzati in lega di alluminio Anticorodal avente le seguenti caratteristiche:

densità $d = 2,7 \text{ g/cm}^3$;

modulo elastico di Young $E = 69500 \text{ N/mm}^2$;

resistenza al limite elastico dello 0,2% $f_0 = 240 \text{ N/mm}^2$;

coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Scelte le minime sezioni portanti di questi elementi si è proceduto a dimensionarne le masse:

Montante
a = 135 mm
b = 65 mm
s = 2,5 mm
n = 1
V = 5400000 mm ³
m = 15,80 kg

Tabella 9.07 – Dimensioni sezione resistente montante seconda pelle

Dove:

a altezza dell'elemento;
b profondità dell'elemento;
s spessore dell'elemento;

n numero degli elementi considerati;
V volume;
m massa degli elementi;

Una volta eseguite le verifiche del caso si è determinata la massa di ogni singolo modulo di facciata:

Componente	Massa	
montante:	15,80	kg
traverso:	37,45	kg
telaio mobile:	63,44	kg
cuscini in ETFE:	10,88	kg
totale:	127,56	kg

Tabella 9.08 – Massa componenti modulo di seconda pelle

Si è quindi proceduto a determinare i carichi agenti sul modulo di facciata e definire le combinazioni di carico per verificare il comportamento a flessione del montante allo SLU e SLE.

G_1	peso proprio del montante	158,00	N	$G_{1,tot} = 145,80$ N
G_2	peso proprio del traverso	374,50	N	
G_2	peso proprio del telaio mobile	634,40	N	$G_{2,tot} = 1117,7$ N
G_2	peso proprio dei cuscini in ETFE	108,80	N	
Q_{k1}	pressione del vento	1236,89	N/m	
A	urto	1500,00	N/m	

Dalle NTC2008 vengono prescritte tre combinazioni di carico a seconda della tipologia di stati limite. Nel seguito verranno analizzati le tre più gravose.

Lo schema statico del modulo di facciata, in forma bidimensionale, è riconducibile ad una trave semplicemente appoggiata, appesa al solaio superiore attraverso un vincolo a cerniera, ed appoggiata all'elemento inferiore tramite un carrello che ne permetta l'allungamento. Tale schema isostatico permette di annullare i fenomeni di instabilità che si avrebbero se ci fosse un vincolo statico rigido alla base. La continuità degli elementi viene garantita dall'appoggio tra i traversi superiori su quelli inferiori dei moduli. Alla base verranno garantiti opportuni sistemi di dilatazione che permettano l'allungamento della struttura.

Combinazione permanente, SLE

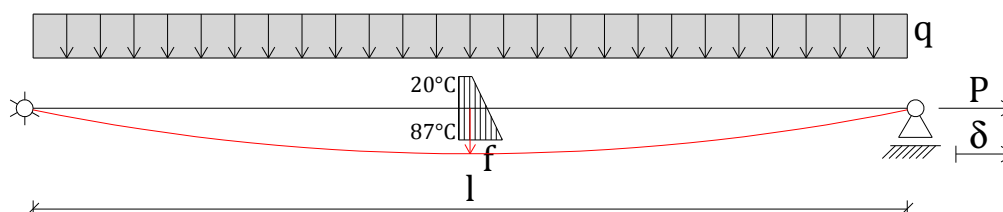


Immagine 9.05 – Schema statico montante di seconda pelle, SLE

$$q = Q_{k1} \cdot \psi_{21} = 742 \text{ N/m} \quad P = G_1 + G_2 = 1275,65 \text{ N}$$

Risolvendo l'omogenea associata dall'equazione della linea elastica e imponendo le condizioni al contorno, si ricava il valore della freccia dovuto al contributo dei carichi nella sezione maggiormente sollecitata:

$$f_c(l/2) = A \cdot e^{\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} + B \cdot e^{-\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} - \frac{q}{2P} (l/2)^2 + \frac{q}{2P} \cdot l(1/2) - \frac{q \cdot EI}{P^2} = 4,00 \text{ mm}$$

Il momento d'inerzia è dato dalle formule di geometria delle masse.

Sul montante è presente anche una deformazione termica, dovuta alla situazione più sfavorevole imposta dalla normativa: in estate, sui lati di esposizione sud ed est e con un incremento della temperatura dovuto all'irraggiamento.

Sempre attraverso l'equazione della linea elastica è possibile valutare il contributo a farfalla della deformazione termica che porta ad un incremento della freccia in mezzera. Si è ipotizzato che tale valore venga corretto con un coefficiente pari a 0,3.

$$f_t(l/2) = 0,3 \left[\frac{\alpha \cdot \Delta T}{b} \cdot l(1/2) - \frac{\alpha \cdot \Delta T}{b} (l/2)^2 \right] = 8,00 \text{ mm}$$

Pertanto la freccia massima nella sezione più sollecitata avrà valore pari a:

$$f = f_c(l/2) + f_t(l/2) = 12,00 \text{ mm}$$

Tale valore è stato confrontato con quelli imposti dall'Eurocodice 9, che prevede per "montanti e traverse" il minore tra $l/250$ e 15 mm.

La componente lineare della deformazione termica provoca un allungamento pari a:

$$\delta = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 3,69 \text{ mm}$$

Combinazione fondamentale, SLU

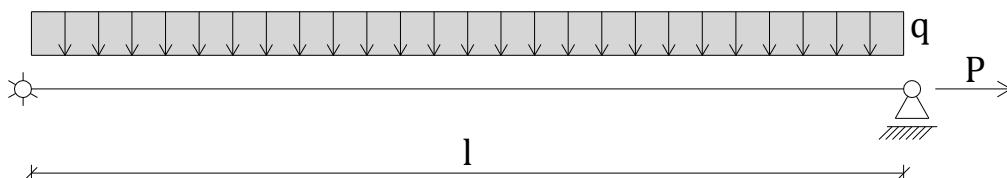


Immagine 9.06 – Schema statico montante di seconda pelle, SLU

$$q = Q_{k1} \cdot \gamma_{21} = 1860 \text{ N/m} \quad P = G_1 + G_2 = 1275,65 \text{ N}$$

Procedendo nella risoluzione della linea elastica è possibile calcolare il momento agente nella sezione più sollecitata, quella di mezzeria, che verrà poi confrontato con il momento resistente:

$$M_{Ed} = EI \left[A(P/EI) \cdot e^{\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} + B(P/EI) \cdot e^{-\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} - \frac{q}{P} \right] = 2047,30 \text{ Nm}$$

Il momento resistente è dato dalla seguente formula:

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_0}{\gamma_m} = 5476,36 \text{ Nm} > M_{Ed}$$

Il valore del modulo a flessione di plasticizzazione è stato calcolato attraverso la norma UNI EN 10219 – 2 – 1999. La verifica allo stato limite ultimo risulta pertanto soddisfatta.

Combinazione eccezionale, SLU

Analogamente:

$$q = Q_{k1} \cdot \psi_{21} + A = 2240 \text{ N/m} \quad P = G_1 + G_2 = 1275,65 \text{ N}$$

$$M_{Ed} = EI \left[A(P/EI) \cdot e^{\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} + B(P/EI) \cdot e^{-\sqrt{P/EI} \cdot l(2)} - \frac{q}{P} \right] = 2506,75 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_0}{\gamma_m} = 5476,36 \text{ Nm} > M_{Ed}$$

Anche in questo caso la verifica allo stato limite ultimo risulta pienamente soddisfatta.

9.5.8 Dimensionamento dei bracci del sistema di movimentazione

Ogni modulo di facciata è dotato di un sistema di movimentazione, che consente l'apertura e la chiusura dei cuscini in ETFE intelaiati. Tale sistema è composto da un attuatore lineare a corrente alternata, avente bracci telescopici con anima in estruso d'alluminio, ancorati al traverso mobile del telaio di facciata.

Oltre a consentire il movimento dei pannelli di facciata, tali bracci aiutano a contrastare la spinta del vento agente sugli stessi.

Le dimensioni del braccio sono:

- lunghezza = 1,20 m;
- sezione 25x25 mm, s = 3,5 mm;

I bracci sono realizzati in lega di alluminio avente le seguenti caratteristiche:

- densità $d = 2,7 \text{ g/cm}^3$;
- modulo elastico di Young $E = 69500 \text{ N/mm}^2$;

- resistenza al limite elastico dello $0,2\% f_0 = 240 \text{ N/mm}^2$;
- coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Scelte le minime sezioni portanti di questi elementi si è proceduto a dimensionarne le masse:

Braccio
$a = 25 \text{ mm}$
$b = 25 \text{ mm}$
$s = 3,5 \text{ mm}$
$n = 1$
$V = 60200 \text{ mm}^3$
$m = 0,16 \text{ kg}$

Tabella 9.09 – Dimensioni sezione resistente braccio

Dove:

a altezza dell'elemento;
 b profondità dell'elemento;
 s spessore dell'elemento;

n numero degli elementi considerati;
 V volume;
 m massa degli elementi;

Si è considerato come unico carico agente la pressione del vento e sono state definite le combinazioni di carico per verificare il comportamento a flessione del braccio allo SLU e SLE.

Q_{k1} pressione del vento 989,51 N/m

Dalle NTC2008 vengono prescritte le combinazioni di carico a seconda della tipologia di stati limite. Nel seguito verranno analizzati le due più gravose.

Per il caso in esame è stato considerato come schema statico, in forma bidimensionale, quello di una trave a mensola. La pressione del vento è stata ricondotta a forza agente all'estremo libero della trave e di questa si sono ricavate la componente normale e tangenziale (l'angolo nel punto d'ancoraggio tra braccio e traverso è di 45°).

Combinazione permanente, SLE

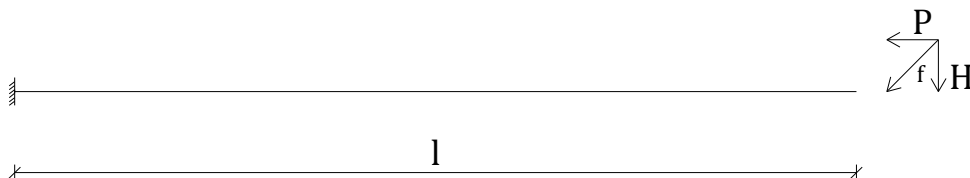


Immagine 9.07 – Schema statico braccio movimentazione

$$P = Q_{k1} \cdot \psi_{21} \cdot 0,7 = 41,56 \text{ N} \quad H = Q_{k1} \cdot \psi_{21} \cdot 0,7 = 41,56 \text{ N}$$

Risolvendo l'omogenea associata dall'equazione della linea elastica e imponendo le condizioni al contorno, si ricava il valore della freccia dovuto al contributo dei carichi nella sezione maggiormente sollecitata:

$$f_c(l) = \frac{H \cdot h^3}{3EI} \left\{ \frac{3}{(\alpha h)^3} \cdot (\tan \alpha h - \alpha h) \right\} = 4,47 \text{ mm}$$

Tale valore è stato confrontato con quelli riportati dall'Eurocodice 9, che prevede per travi a mensola l/180.

Combinazione fondamentale, SLU

$$P = Q_{k1} \cdot \gamma_{21} \cdot 0,7 = 103,90 \text{ N} \quad H = Q_{k1} \cdot \gamma_{21} \cdot 0,7 = 103,90 \text{ N}$$

Procedendo nella risoluzione della linea elastica è possibile calcolare il momento agente nella sezione più sollecitata, quella di mezzeria, che verrà poi confrontato con il momento resistente:

$$M_{Ed}(l) = -EI \cdot \theta = H \cdot h \cdot \frac{\tan \alpha h}{\alpha h} = 125,85 \text{ Nm}$$

Il momento resistente è dato dalla seguente formula:

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_0}{\gamma_m} = 451,64 \text{ Nm} > M_{Ed}$$

Il valore del modulo a flessione di plasticizzazione è stato calcolato attraverso la norma UNI EN 10219 – 2 – 1999. La verifica allo stato limite ultimo risulta pertanto positiva.

9.6 Calcolo termico telaio di seconda pelle

9.6.1 Descrizione del metodo di calcolo

La seconda pelle d'involucro è composta da moduli aventi una caratteristica forma a "goccia", data da un telaio metallico curvato a seguire una sinusoide, con montanti e traversi disposti sfalsati rispetto al piano di facciata.

Per la valutazione della trasmittanza termica totale del singolo modulo di seconda pelle si considera l'area caratteristica avente come dimensioni l'interpiano dell'edificio e l'interasse degli elementi.



Immagine 9.08 – Schema modulo di seconda pelle

Tale pelle viene assimilata ad un sistema di facciata continua, pertanto viene utilizzato il metodo di calcolo proposto dalla norma UNI EN 13947 – 2007: Single assessment method.

Tale procedimento prevede il calcolo della trasmittanza termica globale attraverso la seguente formula:

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_{TJ} \cdot U_{TJ}}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_{TJ}}$$

dove:

- A_g area del vetro;
- A_p area del pannello opaco;

- A_{TJ} area della connessione termica (montanti e traversi);
 U_g trasmittanza del vetro;
 U_p trasmittanza del pannello opaco;
 U_{TJ} trasmittanza della connessione termica (montanti e traversi);

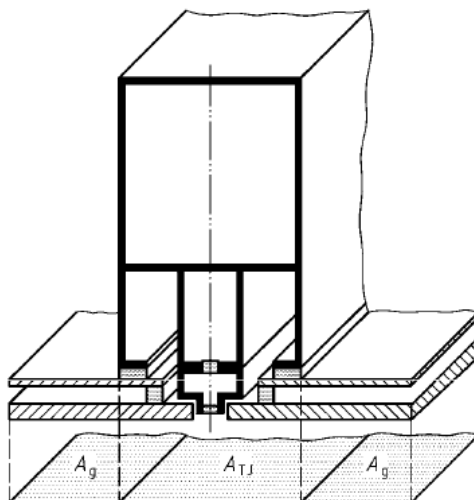


Immagine 9.09 – Suddivisione aree montante, UNI EN 13947 – 2007

Nel caso in esame gli elementi di chiusura trasparente sono composti da cuscini pneumatici in membrana di ETFE a triplo strato (250 micron), irrigiditi e tenuti in tensione da un telaio in alluminio anodizzato Anticorodal.

Non sono presenti pannelli opachi.

9.6.2 Descrizione degli elementi di seconda pelle

Per il calcolo della trasmittanza termica degli elementi strutturali si è proceduto con la creazione di un modello semplificato per il quale è stato considerato una direzione del flusso termico perpendicolare alla facciata, in accordo con la norma UNI EN ISO 10077 – 2004 parte 2. Tale modello è stato creato con il programma di calcolo di modellazione termica ad elementi finiti *Therm*.

Caratteristiche tecniche dei materiali di seconda pelle

Tamponamento trasparente: membrana in ETFE a triplo strato

- peso = $3,5 \text{ kg/m}^2$;
- resistenza a trazione = 50 MPa ;
- resistenza a deformazione del 10% = 21 MPa ;
- opacità = 75%;
- trasmittanza termica = $1,96 \text{ W/m}^2 \text{ K}$;
- conduttività termica = $0,24 \text{ W/m K}$;
- emissività = 0,89;

Telaio metallico: lega d'alluminio anodizzato Anticorodal

- densità = $2,7 \text{ kg/cm}^2$;
- modulo elastico di Young = 69500 MPa ;
- resistenza al limite elastico dello 0,2% = 240 MPa ;
- coefficiente di dilatazione termica = $2,3 \cdot 10^{-6} 1/C$;
- conduttività termica = 237 W/m K ;
- emissività = 0,8;

Guarnizioni: silicone

- conduttività termica = $0,20 \text{ W/m K}$;
- emissività = 0,9.

Tagli termici : poliammide con riempimento in poliuretano espanso

- conduttività termica poliammide = $0,25 \text{ W/m K}$;
- emissività poliammide = 0,9;
- conduttività termica poliuretano = $0,02 \text{ W/m K}$;
- emissività poliuretano = 0,9;

Tabella 9.10 – Caratteristiche tecniche dei materiali di seconda pelle

Per quanto riguarda le intercapedini, le caratteristiche sono state determinate come prescritto dalla norma.

9.6.3 Chiusure verticali trasparenti di seconda pelle

C.T.V. sezione A-A

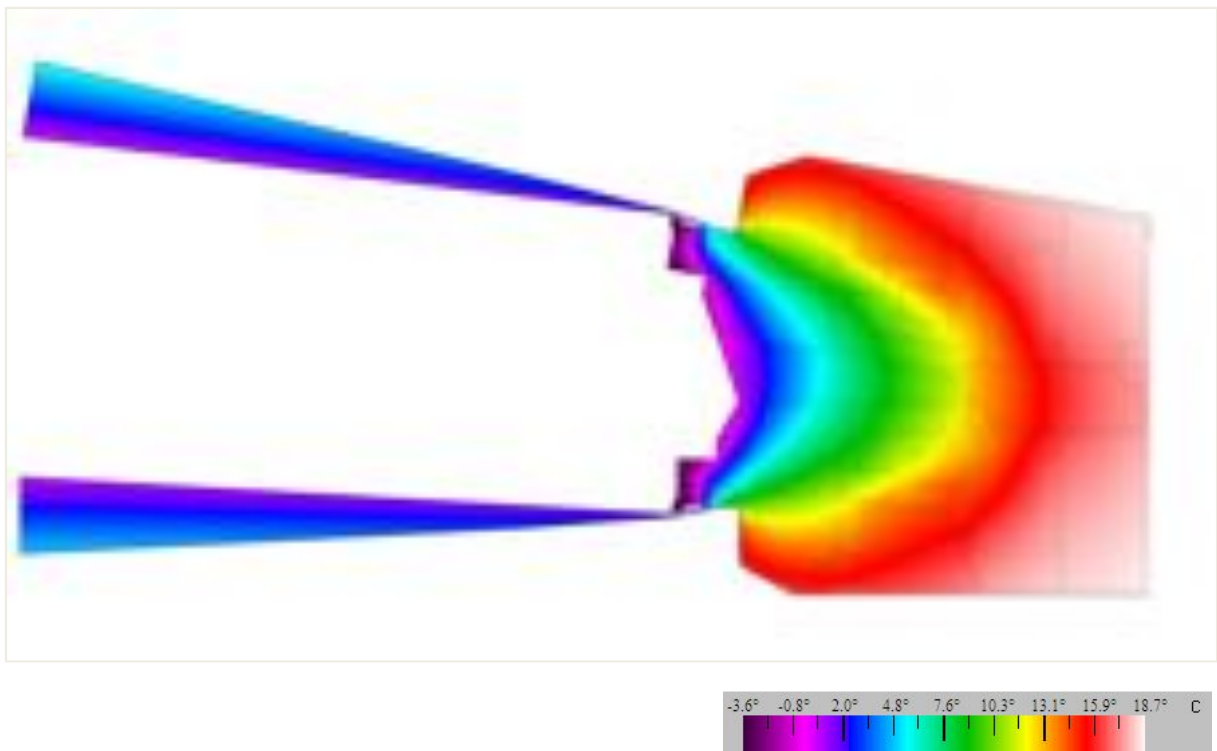


Immagine 9.10– C.T.V. sezione A-A_Risultati cromatici radiazione termica

C.T.V. sezione B-B

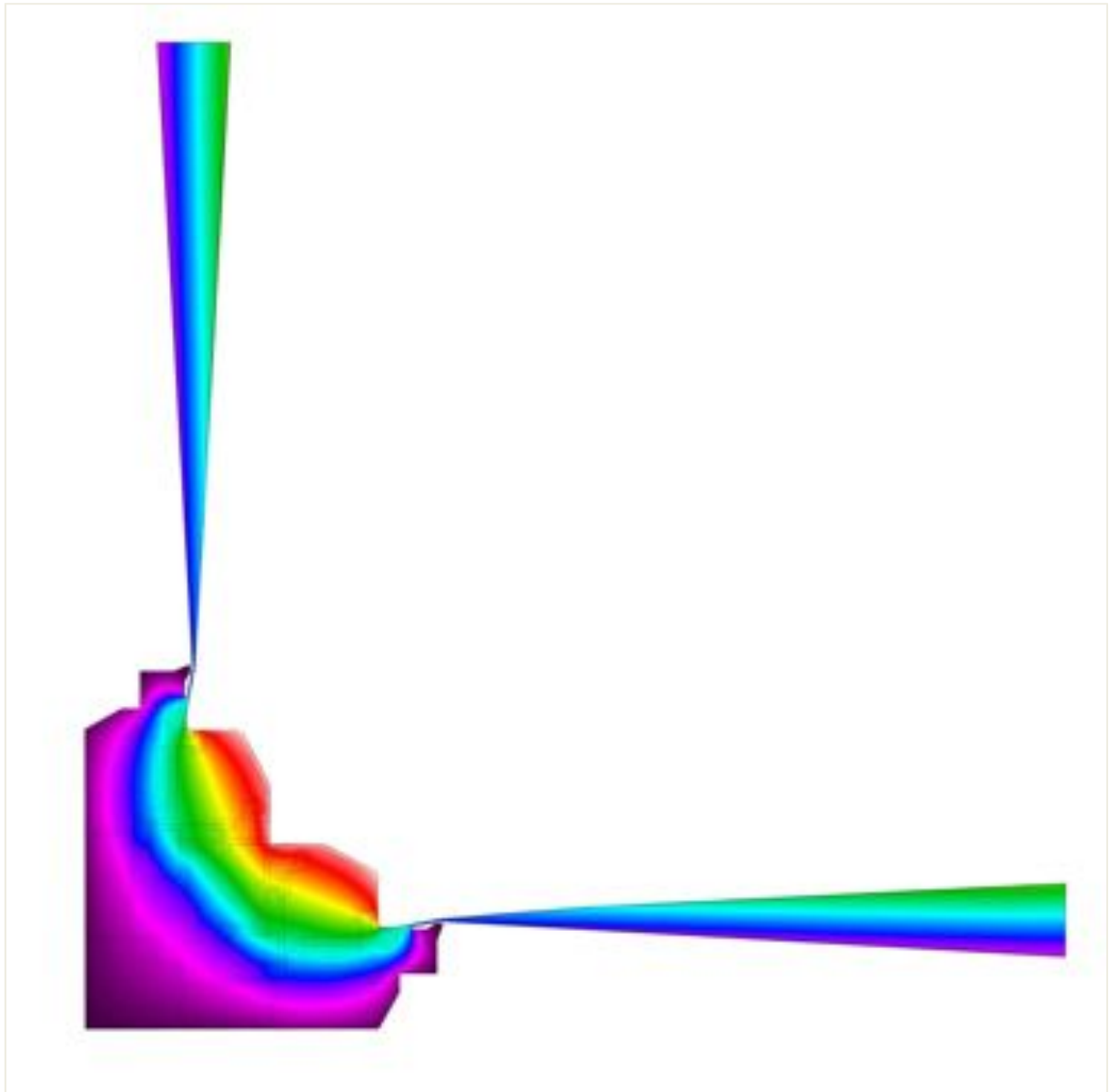


Immagine 9.11– C.T.V. sezione B-B_Risultati cromatici radiazione termica

C.T.V. sezione C-C

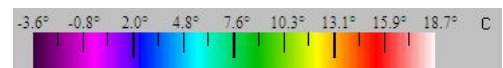
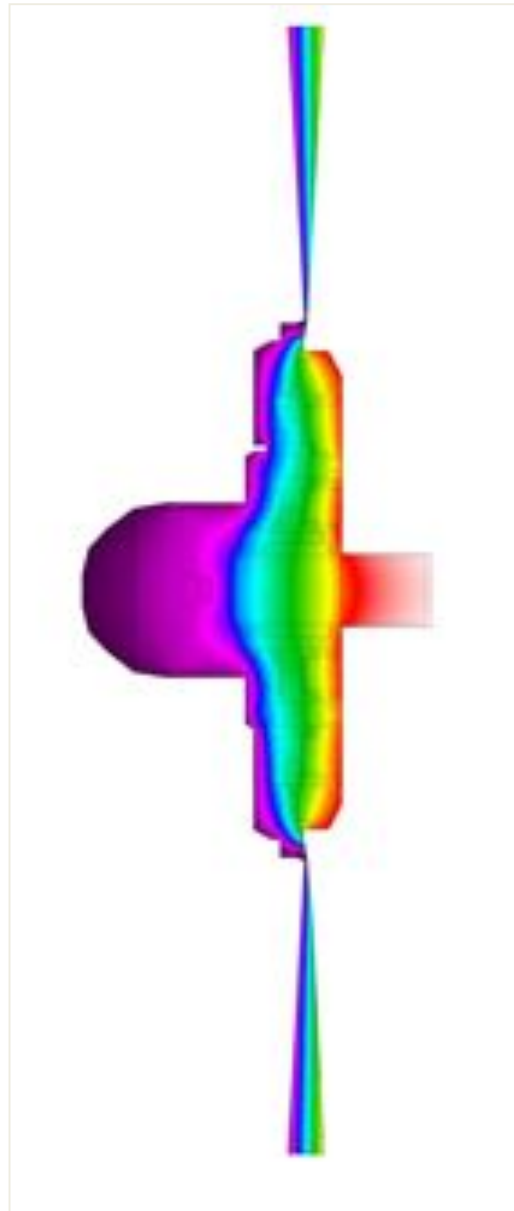


Immagine 9.12– C.T.V. sezione C-C_Risultati cromatici radiazione termica

C.T.V. sezione D-D



Immagine 9.13– C.T.V. sezione D-D_Risultati cromatici radiazione termica

C.T.V. sezione E-E

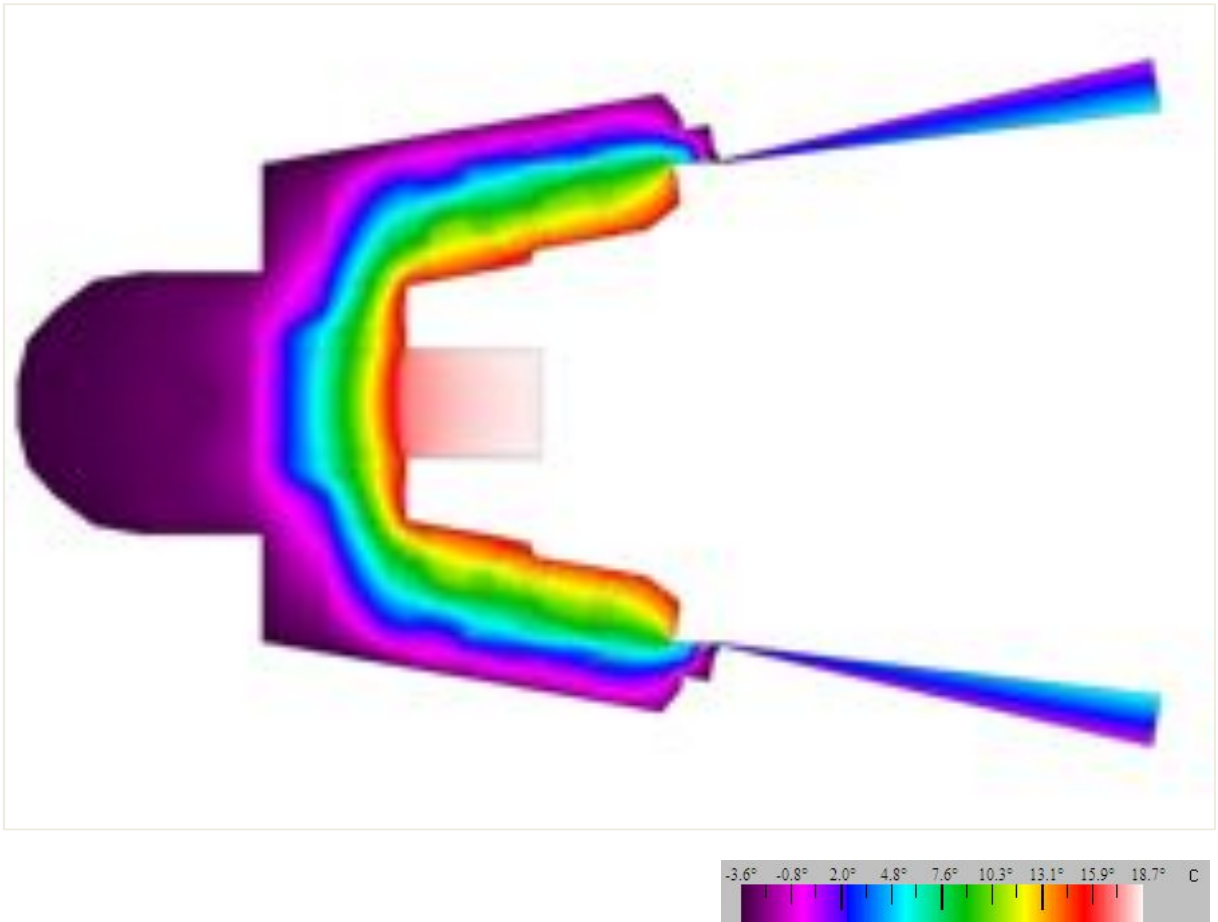


Immagine 9.14– C.T.V. sezione E-E_Risultati cromatici radiazione termica

C.T.V. sezione F-F

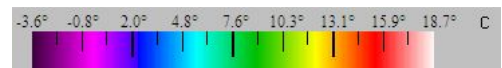
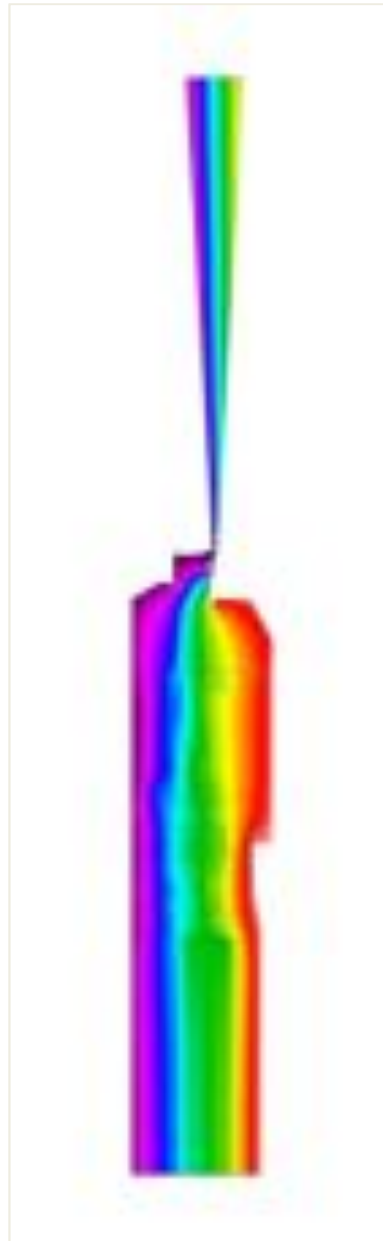


Immagine 9.15– C.T.V. sezione F-F_Risultati cromatici radiazione termica

9.6.4 Trasmittanza termica modulo di seconda pelle

Sono state considerate le seguenti condizioni al contorno:

- esterno: -5°C con resistenza superficiale pari a $0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$;
- interno: 20°C con resistenza superficiale pari a $0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Componente	Area [m^2]	Trasmittanza [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Tamponamento trasparente	10,02	1,96
C.T.V. A	0,51	2,98
C.T.V. B	0,62	3,30
C.T.V. C	0,99	1,82
C.T.V. D	0,53	2,64
C.T.V. E	1,70	3,16
C.T.V. F	1,61	1,55
Modulo	17,60	2,09

Tabella 9.11 – Trasmittanza termica modulo di seconda pelle

Il valore di trasmittanza termica del modulo di seconda pelle è stato confrontato con quello contenuto nel Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, che prescrive un valore massimo di trasmittanza per chiusure verticali trasparenti di $2,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

CAPITOLO 10**ANALISI ENERGETICHE****10.1 Apporti solari per irraggiamento**

Nella seguente trattazione si intende studiare quali siano gli apporti del sistema di schermatura dati dai cuscini pneumatici in ETFE alla facciata vetrata di primo involucro, in termini di trasmissione d'energia solare totale e trasmissione luminosa.

Per far questo ci si avvale del Metodo semplificato dettato dalla Norma UNI EN 13363-1:2008 e si assume come elemento di riferimento un singolo modulo del sistema di doppia pelle.

In configurazione estiva, i cuscini pneumatici in ETFE sono formati da tre strati di membrana, ciascuno avente spessore di 250 μm . Fra tali strati si formano due camere d'aria mantenute in pressione da un apposito sistema di controllo. Lo strato esterno e quello intermedio presentano un sistema di filtraggio solare dato dalla pigmentazione in silver FEP (etilene propilene fluorurato), formante un pattern a pallini sulla superficie della membrana. Ognuna delle due intercamere dei cuscini è dotata di un dispositivo d'alimentazione d'aria, un controllo termostatico per produrre un differenziale di pressione in grado di muovere la posizione della membrana intermedia e variare così la percentuale di trasmissione solare. Tale sistema va a schermare l'involucro di prima pelle, la cui componente trasparente è una tripla vetrocamera, 4-12-4-12-4 mm, con intercapedini riempite in gas Argon.

Determinati i fattori di trasmissione solare, si intende calcolare l'energia dovuta agli apporti solari sulla superficie vetrata del modulo d'analisi, in condizioni con e senza schermatura, valutare quindi il comportamento del sistema schermante. Questo viene eseguito facendo riferimento alla "Procedura di calcolo per la certificazione energetica" della Regione Lombardia, Decreto n. 5796 del 11-6-2009.

10.1.1 Dati di progetto

Caratteristiche della vetrocamera			
U_g	Trasmittanza termica	0,7 W/m ² K	Dati forniti dal produttore
τ_v	Fattore di trasmissione luminosa del vetro	0,74	
ρ_v	Fattore di riflessione luminosa della faccia del vetro ricevente la radiazione incidente	0,15	
ρ'_v	Fattore di riflessione luminosa della faccia del vetro non ricevente la radiazione incidente	0,15	
τ_e	Fattore di trasmissione diretta dell'energia solare del vetro	0,54	
ρ_e	Fattore di riflessione diretta dell'energia solare della faccia del vetro ricevente la radiazione incidente	0,27	

ρ'_e	Fattore di riflessione diretta dell'energia solare della faccia del vetro non ricevente la radiazione incidente	0,27	
g_{\perp}	Fattore di trasmissione dell'energia solare totale del vetro	0,60	

Tabella 10.01 – Caratteristiche della vetrocamera

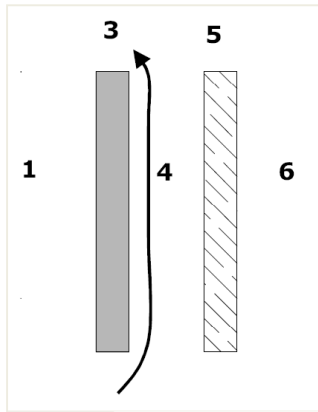
Caratteristiche della schermatura solare			
U_g	Trasmittanza termica	1,96 W/m ² K	Dati forniti dal produttore
$\tau_{v,B}$	Fattore di trasmissione luminosa della protezione	0,20	
$\rho_{v,B}$	Fattore di riflessione luminosa della faccia della protezione ricevente la radiazione incidente	0,15	
$\rho'_{v,B}$	Fattore di riflessione luminosa della faccia della protezione non ricevente la radiazione incidente	0,15	
$\tau_{e,B,\perp}$	Fattore di trasmissione dell'energia solare della lamella ad incidenza ortogonale sulla superficie della stessa;	0,20	
$\rho_{e,B,\perp}$	Fattore di riflessione dell'energia solare della lamella ad incidenza quasi normale sulla superficie della stessa;	0,60	
$\rho'_{e,B,\perp}$	Fattore di riflessione dell'energia solare della lamella ad incidenza quasi normale sulla faccia della protezione non ricevente la radiazione incidente;	0,60	

Tabella 10.02 – Caratteristiche della schermatura solare

10.1.2 Trasmittanza d'energia solare totale, in presenza del sistema schermante

La valutazione della trasmittanza di energia solare totale del componente d' involucro trasparente dotato di sistema schermante viene effettuata in accordo alla norma UNI EN 13363-1:2008, che associa a tale tipologia un "sistema equivalente" con prestazioni estive più simili, ma potenzialmente meno favorevoli (valutazione conservativa).

Condizione:



1. Ambiente esterno
3. Schermatura solare
4. Intercapedine con ventilazione esterno - esterno
5. Vetrata interna
6. Ambiente interno

Immagine 10.1 – Schematizzazione di una schermatura solare, UNI EN 13363-1:2008

La trasmittanza di energia solare totale di facciata in presenza di sistema schermante esterno ed intercapedine ventilata viene calcolata con la seguente relazione:

$$g_{(sh+gl)t} = \tau_{e,B} \cdot g_{\perp} + \alpha_{e,B} \cdot \frac{G}{G_2} + \tau_{e,B} \cdot (1 - g_{\perp}) \cdot \frac{G}{G_1}$$

dove:

G_1 : è assunto dalla normativa pari a $5 \text{ W/m}^2\text{K}$;

G_2 : è assunto dalla normativa pari a $10 \text{ W/m}^2\text{K}$;

G : è espresso in $\text{W/m}^2\text{K}$ e definita come $G = \left(\frac{1}{G_1} + \frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1}$;

U_g : è la trasmittanza termica del vetrocamera ;

g_{\perp} : è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento ;

$\tau_{e,B}$: è il fattore di trasmissione dell'energia solare del dispositivo schermante;

$\alpha_{e,B}$: è la frazione d'energia solare assorbita dal componente schermante, ottenuta secondo l'equazione:

$$\alpha_{e,b} = 1 - \tau_{e,b} - \rho_{e,b} = 0,20$$

$\rho_{e,B}$: è il fattore di riflessione solare del dispositivo schermante;

Risulta:

$$g_{(sh+gl)t} = 0,20 \cdot 0,60 + 0,20 \cdot \frac{0,58}{10} + 0,20 \cdot (1 - 0,60) \cdot \frac{0,58}{5} = 0,14;$$

10.1.3 Fattore di trasmissione luminosa totale

Il fattore di trasmissione luminosa totale del dispositivo schermatura esterno è dato dalla seguente relazione:

$$\tau_{v,t} = \frac{\tau_v \cdot \tau_{v,B}}{1 - \rho_v \cdot \rho'_{v,B}} = \frac{0,74 \cdot 0,20}{1 - 0,15 \cdot 0,15} = 0,15$$

dove:

- τ_v : è il fattore di trasmissione luminosa del vetro;
- $\tau_{v,B}$: è il fattore di trasmissione luminosa della protezione;
- ρ_v : è il fattore di riflessione luminosa della faccia del vetro ricevente la radiazione incidente;
- $\rho'_{v,B}$: è il fattore di riflessione luminosa della faccia della protezione non ricevente la radiazione incidente.

10.1.4 Fattore di trasmissione dell'energia solare totale

Secondo la UNI EN 13363-1:2008, il Fattore di trasmissione diretta dell'energia solare totale del dispositivo schermatura esterno è dato dalla seguente relazione:

$$\tau_{e,t} = \frac{\tau_e \cdot \tau_{e,B}}{1 - \rho_e \cdot \rho'_{e,B,\perp}} = \frac{0,54 \cdot 0,20}{1 - 0,27 \cdot 0,60} = 0,13$$

10.1.5 Apporti solari attraverso l'involucro trasparente

Si considera il modulo di facciata, esposto a Sud-Ovest, e si calcola, per questo, l'energia dovuta agli apporti solari sulla superficie trasparente, Q_{SI} , per il mese di luglio (condizione più gravosa), secondo la "Procedura di calcolo per la certificazione energetica" della Regione Lombardia, Decreto n. 5796 del 11-6-2009, prendendo in considerazione l'effetto delle schermature solari, come:

$$Q_{SI} = N \cdot \sum_j [H_{s,j} \cdot (A_L \cdot (1 - F_F) \cdot F_{S,j} \cdot F_{(sh+gh),j} \cdot g_{\perp})] = 329 \text{ kWh}$$

dove:

- Q_{SI} : è l'apporto di calore dovuto alla radiazione solare attraverso la superficie trasparente dell'involucro esterno (kWh);
- N : è il numero dei giorni del mese considerato, si prende in considerazione il mese di Luglio, $N = 31$;
- $H_{s,j}$: è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione j , considerando che l'elemento di facciata in esame sia posto a Sud-Ovest, da Prospetto XIV si ricava $H_{s,j} = 3,9 \text{ kWh/m}^2$;

- A_L : è la superficie lorda del serramento vetrato, pari a $(5,40 \cdot 3,30) = 17,82 \text{ m}^2$;
- $1 - F_F$: è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio del serramento, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata, pari a $(15,50/17,82) = 0,87$;
- $F_{S,j}$: è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, in base all'esposizione j , calcolato come:
 $F_{S,j} = F_{h,j} \cdot \min(F_{o,j}; F_{f,j}) = 0,88$
- $F_{(sh+gh),j}$: è il fattore di riduzione degli apporti solari relativi all'utilizzo della schermatura complementare al serramento, con esposizione j , ovvero di correzione per angolo di incidenza medio giornaliero diverso da 0° , giacché tiene esplicitamente conto della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata; si calcola con la seguente relazione:

$$F_{(sg+gl),j} = f_{shd,j} \cdot F_{sh,j} + (1 - f_{shd,j}) \cdot F_{gl} = 0,33$$

dove:

- $f_{shd,j}$: è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irradianza solare incidente, ed in funzione della sua esposizione j , valori riportati nel Prospetto XIX e nel seguente caso pari a 0,73;
- $F_{sh,j}$: è il fattore di riduzione degli apporti solari dovuti all'effetto di schermatura mobile permanente, comprensivo della radiazione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata;
- F_{gl} : è il fattore di correzione che tiene conto della dipendenza angolare delle proprietà ottiche della superficie trasparente, quando non è schermata, desumibile dal Prospetto XX e pari a 0,85;
- g_{\perp} : è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento.

Al fine di valutare che i sistemi filtranti della superficie d'involucro riducano l'apporto di calore per irraggiamento solare, si calcola il valore di Q_{SI} . Con $F_{(sh+gh),j} = 0,85$, si ottiene $Q_{SI} = 841 \text{ kWh}$.

Confrontando tale valore con quello ottenuto per le condizioni di progetto, si evince di aver ottenuto una riduzione del 60% degli apporti solari per irraggiamento attraverso la superficie trasparente.

10.1.6 Irraggiamento solare

Si intende valutare l'irraggiamento solare incidente sulla superficie vetrata di prima pelle in condizioni estive, per il caso specifico della facciata a doppia pelle in esame. Attraverso tale analisi è possibile valutare gli effetti della schermatura solare data dai cuscini pneumatici di seconda pelle e dalla complessa conformazione geometrica di facciata.

Per far questo si è utilizzato il software di simulazione ed analisi energetica Ecotect®.

Si è proceduto considerando un modello semplificato di facciata, di questo si è presa in esame la superficie vetrata di un singolo modulo, avente area pari a $17,82 m^2$. Inserite le caratteristiche dei materiali e i dati climatici di contesto, si è analizzato l'irraggiamento solare globale incidente sulla superficie, per un arco temporale stagionale ristretto, conducendo l'analisi dal 21 giugno al 21 settembre (questo per consentire al programma di calcolo maggiore accuratezza e precisione nel fornire i valori finali).

La superficie in esame è stata valutata nelle due condizioni d'orientamento, proprie del modulo di facciata: sud-ovest e nord-est. Di ciascuna condizione d'orientamento è stata considerata la superficie con e senza schermatura esterna.

Esposizione Sud-Ovest

Modulo privo di schermatura solare

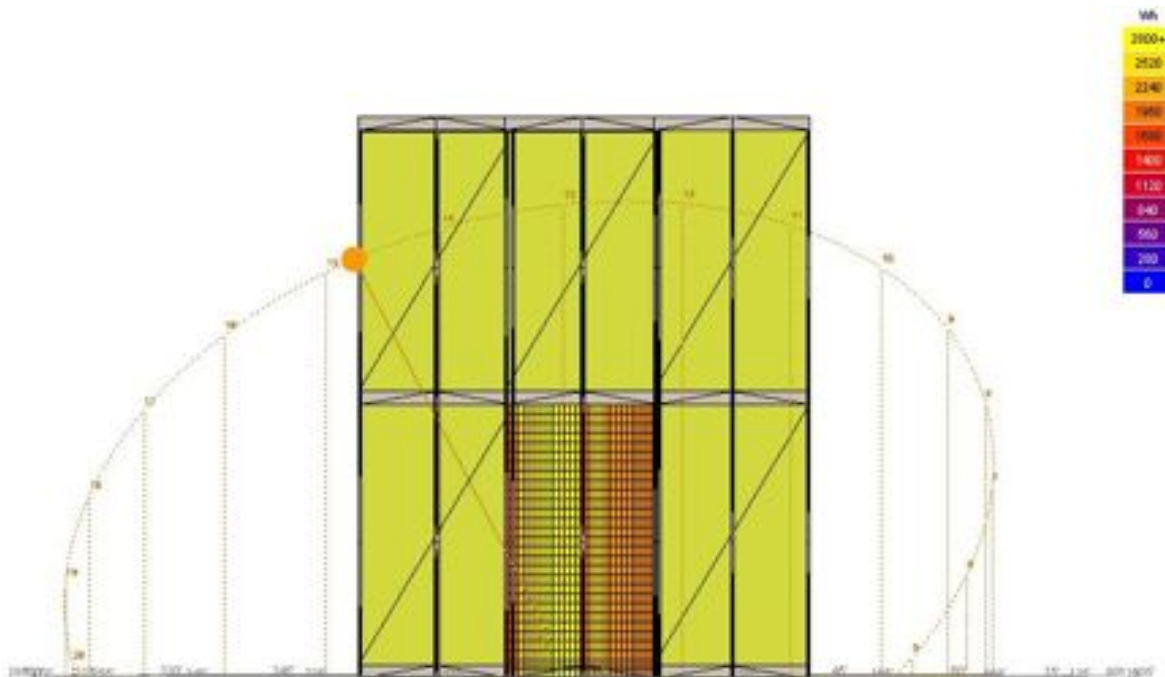


Immagine 10.2 – Vista frontale, radiazione solare media giornaliera totale, modulo sud-ovest senza schermatura

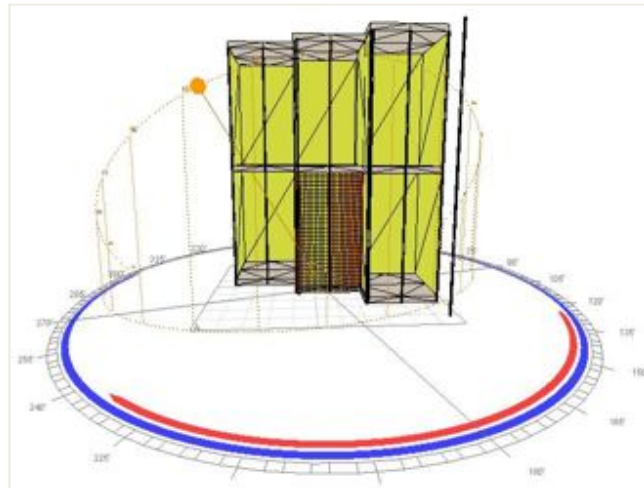


Immagine 10.3 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo sud-ovest senza schermatura

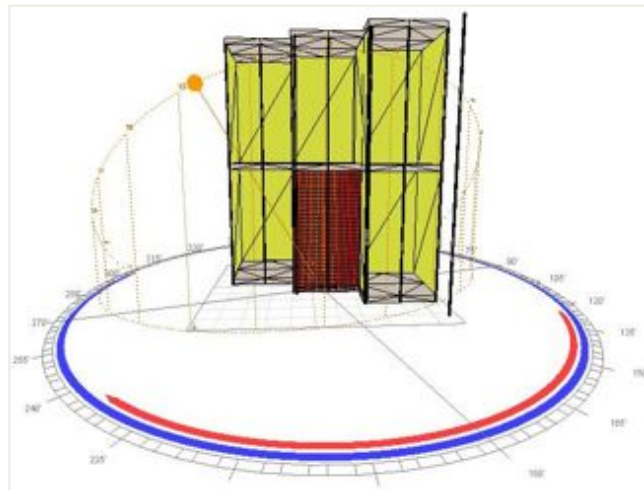


Immagine 10.4 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo sud-ovest senza schermatura

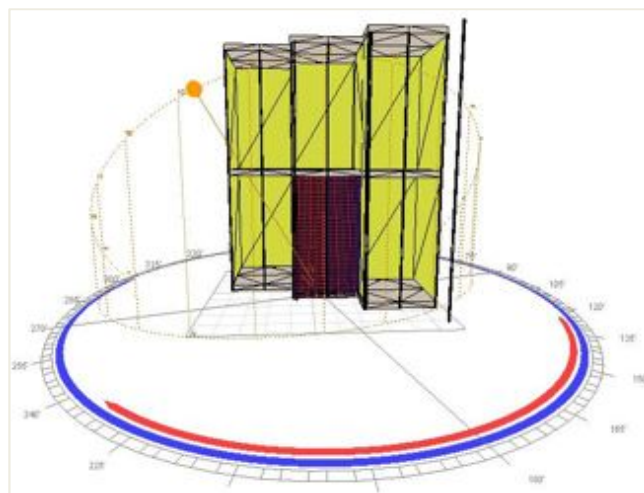


Immagine 10.5 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo sud-ovest senza schermatura

Modulo con schermatura solare

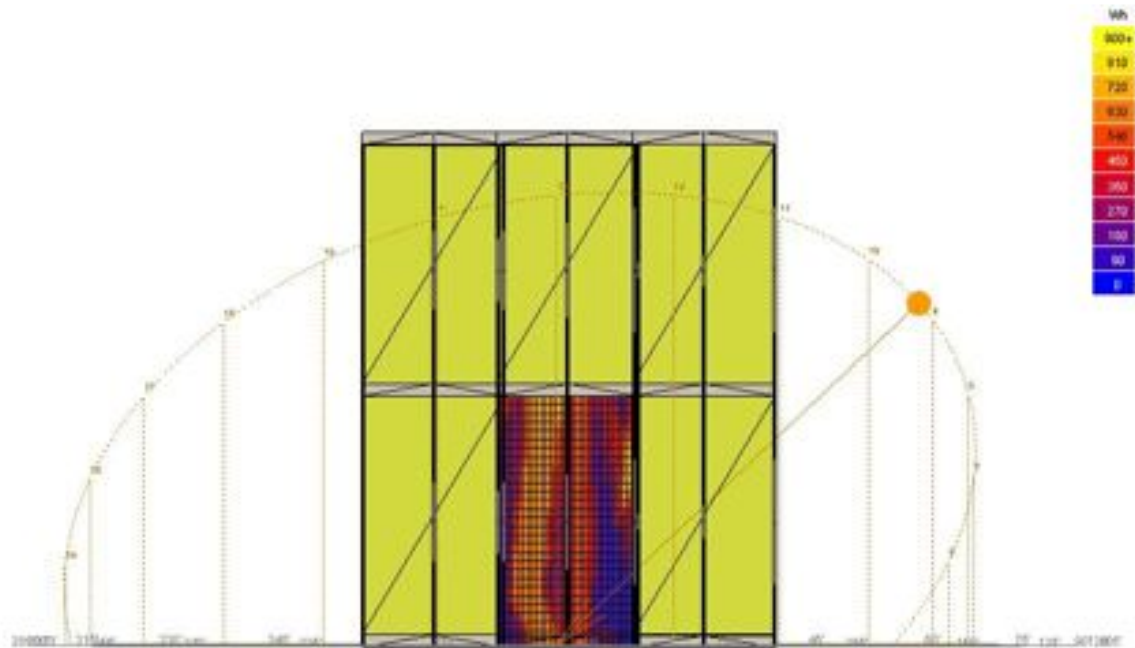


Immagine 10.6 – Vista frontale, radiazione solare media giornaliera totale, modulo sud-ovest con schermatura

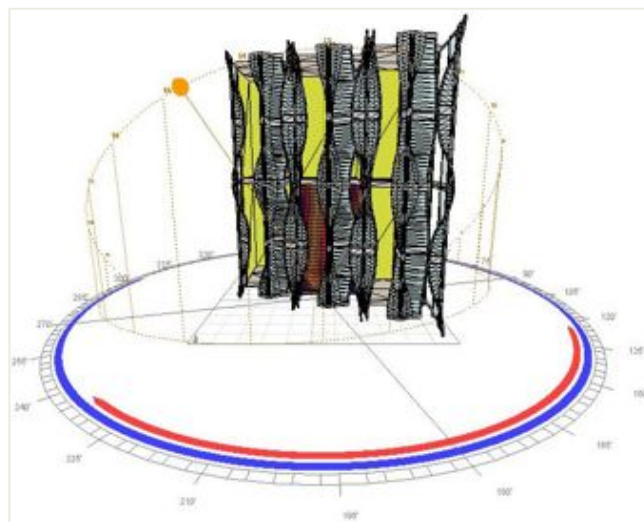


Immagine 10.7 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo sud-ovest con schermatura

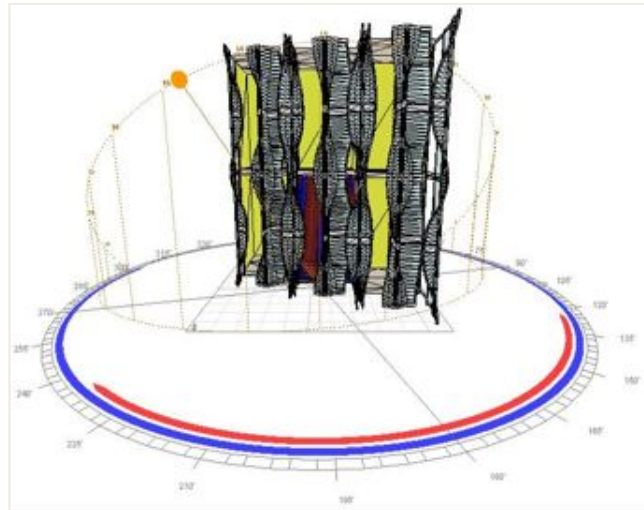


Immagine 10.8 – Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo sud-ovest con schermatura

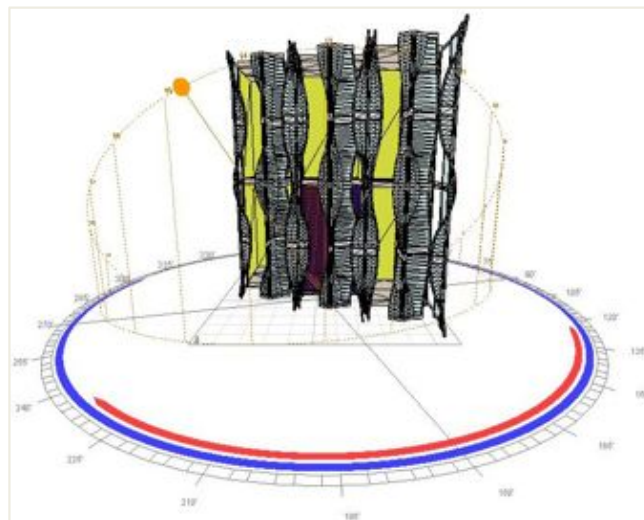


Immagine 10.9 – Radiazione solare media giornaliera diffusa modulo sud-ovest con schermatura

Esposizione Sud-Ovest

Modulo privo di schermatura solare

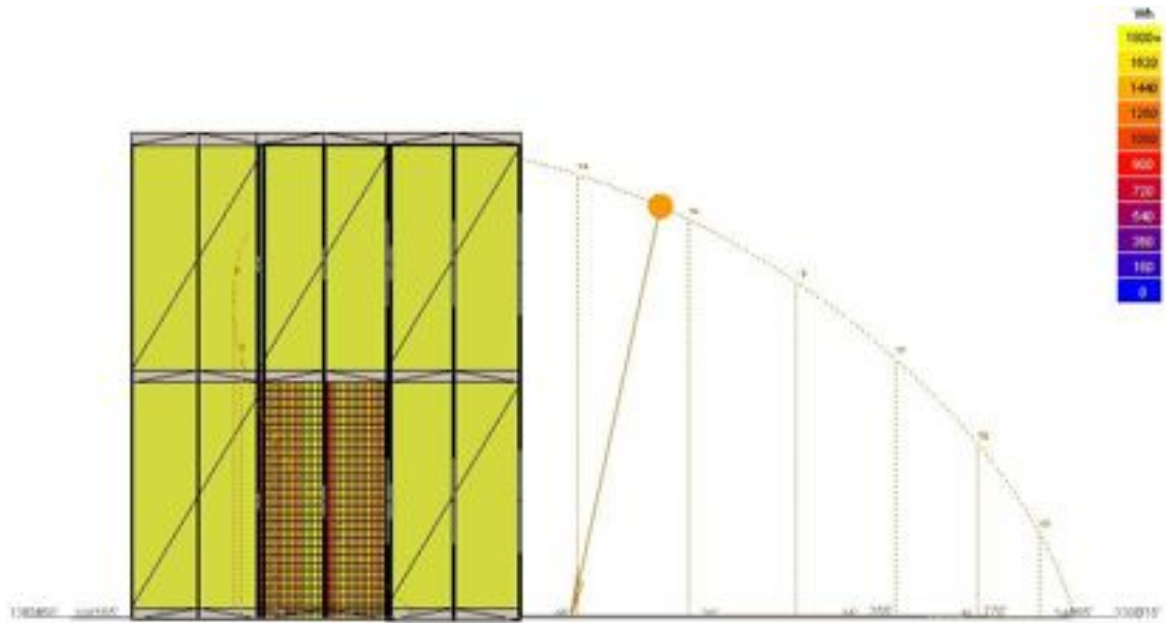


Immagine 10.10 – Vista frontale, radiazione solare media giornaliera totale, modulo nord-est senza schermatura

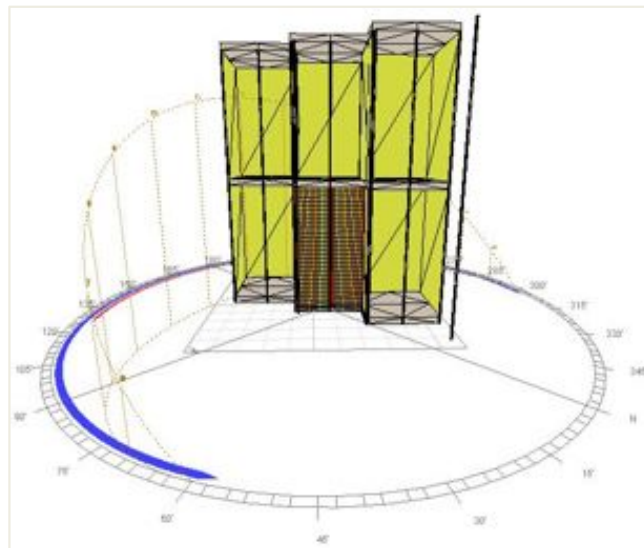


Immagine 10.11 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo nord-est senza schermatura

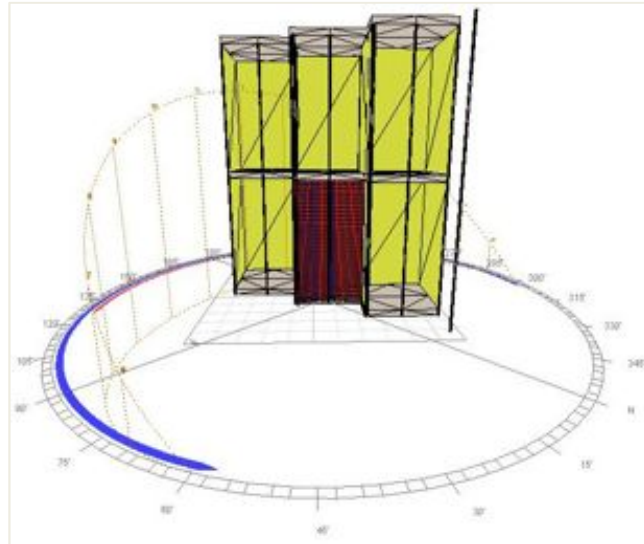


Immagine 10.12 – Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo nord-est senza schermatura

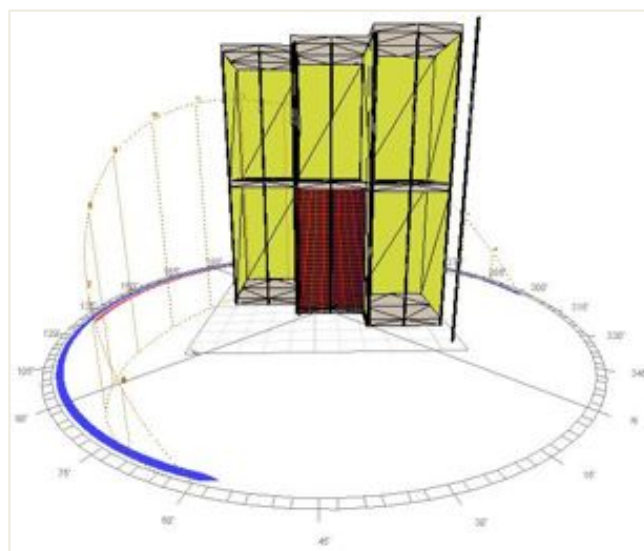


Immagine 10.13 – Radiazione solare media giornaliera diffusa, modulo nord-est senza schermatura

Modulo con schermatura solare

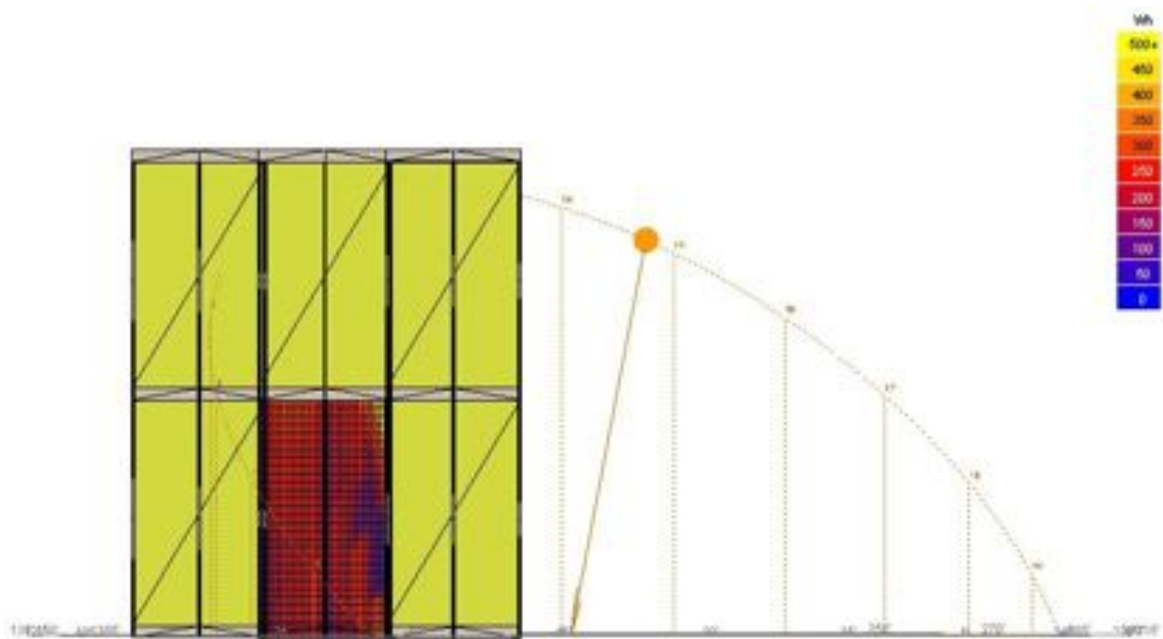


Immagine 10.14 – Vista frontale, radiazione solare media giornaliera totale, modulo nord-est con schermatura

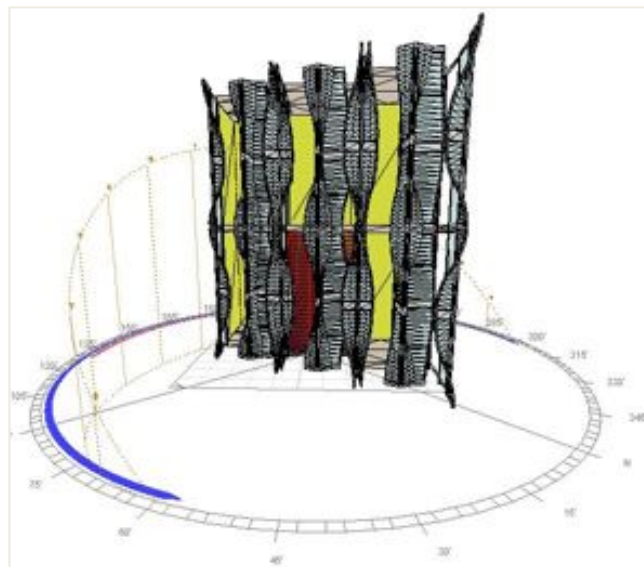


Immagine 10.15 – Radiazione solare media giornaliera totale, modulo nord-est con schermatura

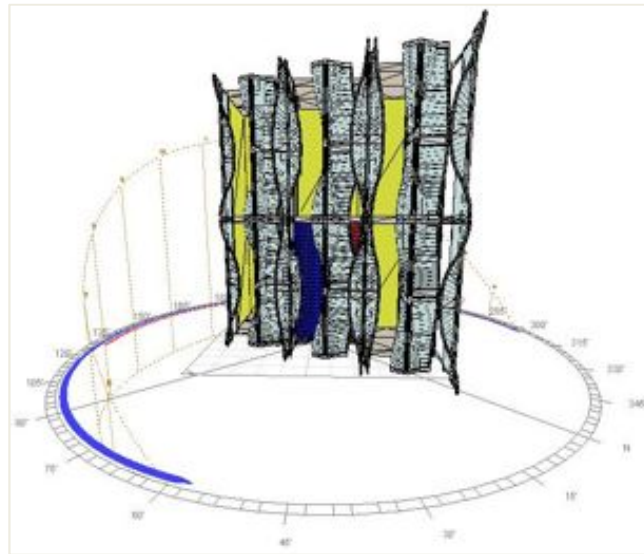


Immagine 10.16 – Radiazione solare media giornaliera diretta, modulo nord-est con schermatura

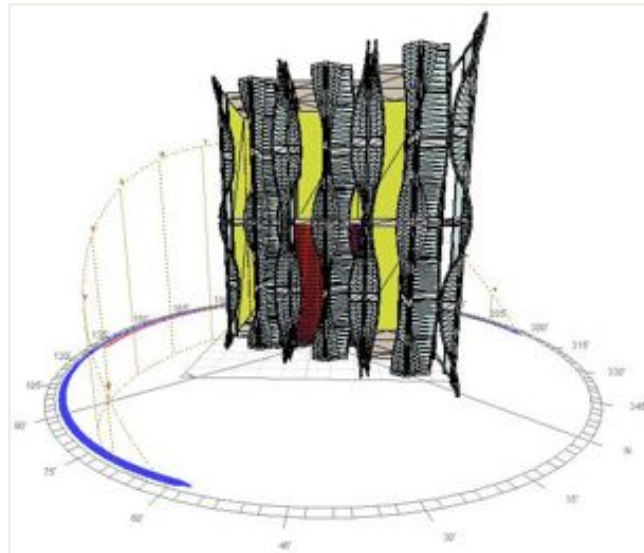


Immagine 10.17 – Radiazione solare media giornaliera diffusa modulo nord-est con schermatura

Esposizione Sud-Ovest		
Senza schermatura solare		
Radiazione solare media giornaliera totale	2194,55	Wh
Radiazione solare media giornaliera diretta	1424,48	Wh
Radiazione solare media giornaliera diffusa	770,08	Wh
Con schermatura solare		
Radiazione solare media giornaliera totale	491,94	Wh
Radiazione solare media giornaliera diretta	230,64	Wh
Radiazione solare media giornaliera diffusa	261,30	Wh
Esposizione Nord-Est		
Senza schermatura solare		
Radiazione solare media giornaliera totale	1397,62	Wh
Radiazione solare media giornaliera diretta	627,55	Wh
Radiazione solare media giornaliera diffusa	770,08	Wh
Con schermatura solare		
Radiazione solare media giornaliera totale	332,88	Wh
Radiazione solare media giornaliera diretta	65,60	Wh
Radiazione solare media giornaliera diffusa	267,28	Wh

Tabella 10.03 – Valori medi giornalieri d'irraggiamento solare

Confrontando i valori medi giornalieri di irraggiamento solare in condizioni senza schermatura e con schermatura si evince che:

_ per il modulo con esposizione sud-ovest si ha una riduzione dell'irraggiamento solare totale sulla superficie in esame del 78%;

_ per il modulo con esposizione sud-ovest si ha una riduzione dell'irraggiamento solare totale sulla superficie in esame del 76%.

Si tiene conto che tali valori sono ricavati non considerando nel modello di calcolo la presenza degli aggetti orizzontali di facciata (pannelli metallici a livello di solaio), che, nel periodo estivo e per l'esposizione sud-ovest, sono pensati anche per la loro funzione d'ombreggiamento.

10.2 Illuminazione naturale

Nella presente trattazione si intende studiare l'illuminazione naturale dell'edificio in esame, ponendo particolare attenzione all'analisi ed alla verifica delle condizioni di comfort visivo richieste al sistema di facciata a doppia pelle di progetto.

Si è provveduto a redigere una piccola introduzione in modo tale da illustrare quali siano i fattori dominanti all'interno di questo campo, cosa rappresentino e gli effetti che hanno sugli occupanti degli ambienti.

Si è passato poi ad analizzare nello specifico le condizioni di luce naturale, per mezzo dell'involucro a doppia pelle, all'interno degli uffici open space.

10.2.1 Illuminazione naturale

Nelle analisi relative all'illuminazione naturale degli interni si considerano tre componenti distinte: la luce diretta del sole, quella proveniente dalla volta celeste e quella riflessa dalle superfici esterne.

La luce solare diretta è però associata ad alcuni effetti indesiderabili, come abbagliamento, scolorimento degli oggetti e eccessiva temperatura nei periodi più caldi; per queste ragioni è solo raramente considerata una sorgente di illuminazione per gli interni.

Nello studio dell'illuminazione naturale all'interno degli ambienti, come già visto precedentemente, si considera come sorgente luminosa primaria la volta celeste, e non direttamente il sole. Nella maggior parte dei casi, infatti, l'ingresso della radiazione solare diretta negli ambienti è ritenuta causa di discomfort.

Dal punto di vista della progettazione, quindi, è opportuno considerare la volta celeste come una fonte luminosa separata ed indipendente rispetto al sole, in modo da considerare un illuminamento uniforme e non puntuale.

Per determinare la quantità d'illuminazione naturale fornita dalla volta celeste sono stati proposti diversi "modelli di cielo", definiti in base alle condizioni dell'ambiente in cui ci si trova.

Si fa riferimento ad un modello di cielo coperto, con luminosità definita dalla seguente formula:

$$L_p = L_z \cdot \frac{(1+2 \cdot \sin \xi)}{3} \quad [\text{cd/m}^2]$$

dove:

- L_p luminanza del generico punto P posto sulla volta celeste, $[\text{cd/m}^2]$;
- L_z luminanza dello zenit, $[\text{cd/m}^2]$;
- L_z angolo zenitale, $[\text{rad}]$.

Oppure un modello di cielo sereno, con luminosità definita dalla seguente formula:

$$\frac{L_j}{L_z} = \left(1 - e^{\frac{-0,32}{\sin j}}\right) \cdot \frac{(0,94 + 10e^{-3\alpha} + 0,45\cos^2(\alpha))}{(0,274 \cdot (0,91 + 10e^{-3\varphi} + 0,45\cos^2(\theta)))}$$

dove:

- L_j luminanza del punto P che si trova j gradi sopra l'orizzontale, $[\text{cd/m}^2]$;

- L_z luminanza dello zenit, [cd/m^2] ;
 α distanza angolare del punto preso in considerazione dal sole, [rad] ;
 φ zenit del sole (angolo rispetto all'asse verticale).

Attraverso il modello di cielo è quindi possibile determinare con sufficiente precisione il valore di luminanza che agisce su di un dato elemento, e quindi determinare il livello di comfort raggiungibile in una specifica situazione.

Può essere utile ricordare che con cielo coperto, l'illuminamento su un piano orizzontale che vede tutto il cielo senza ostruzioni raggiunge valori che vanno dai 5000 ai 15000 lux, con cielo sereno (radiazione solare diretta + diffusa) si possono ottenere dai 100.000 ai 150.000lux su una superficie normale ai raggi solari, mentre la sola radiazione diffusa può andare dai 17.000 lux per un cielo molto limpido ai 23.000 per un cielo con elevata torbidità.

Pur non esistendo un metodo di calcolo più semplice di quello sopracitato per descrivere correttamente la luminosità della volta celeste in caso di cielo sereno, è possibile fare alcune considerazioni qualitative relative al suo andamento:

- la luminosità del cielo coperto è più costante rispetto a quella del cielo sereno;
- la distribuzione della luminanza è massima nell'intorno del disco solare (verso Sud) e minima nella direzione opposta alla posizione del sole (verso Nord);
- Passando dallo zenit all'orizzonte la luminanza varia in maniera meno rilevante rispetto al modello di cielo coperto.

Nelle regioni italiane il limitato grado di copertura del cielo determina una variazione della luminanza che non dipende solo dall'altezza del punto nella volta celeste, ma anche dal suo orientamento geografico. Si può quindi dire che quest'andamento rappresenta una condizione di cielo intermedia alle due viste finora.

Il modello di cielo per le condizioni climatiche italiane dovrà quindi:

- considerare la luminosità di un punto della volta celeste in relazione sia alla sua altezza sul piano dell'orizzonte che al suo orientamento;
- considerare la variazione della luminosità della volta celeste in relazione al periodo dell'anno ed alle specifiche condizioni micro - ambientali locali (vento, nebbia, smog, etc.);
- considerare la posizione del sole e la possibilità di avere condizioni di cielo sereno con piena visibilità del disco solare.

Il modello di cielo rappresentativo delle condizioni luminose riferite alle latitudini del nord Italia è definito dalla formula:

$$L_d = L_z \cdot (1 + 2 \sin \alpha) \cdot (1 + \gamma \cos \beta \cos \alpha) \quad [cd/m^2]$$

dove:

- γ fattore i cui valori variano a seconda del grado di turbolenza dell'atmosfera, generalmente pari a 0,3 ;
 L_z luminanza dello zenit, [cd/m^2] ;
 β angolo di altezza del punto dalla volta celeste, [rad] ;
 α azimut misurato a partire dal Sud geografico (Sud=0°) .

La rappresentazione che si ottiene da questa formula indica la luminanza media della volta celeste evitando la dipendenza del modello dal tempo, cioè dal periodo dell'anno e dal giorno.

Si può quindi affermare che il lotto preso in esame sia soggetto a condizioni di cielo coperto, perché ci si trova in una zona settentrionale dell'Italia, dove si può rilevare un'elevata presenza di nebbia nei periodi freddi e un notevole grado d'inquinamento.

Si è quindi optato per l'utilizzo di un modello di cielo coperto, perché, pur trovandosi in un'area centro-meridionale dell'Europa, l'utilizzo di un modello di cielo sereno si discosterebbe troppo dalla situazione reale. Così facendo si riesce, inoltre, a garantire un adeguato livello di comfort all'interno degli ambienti anche nei periodi invernali.

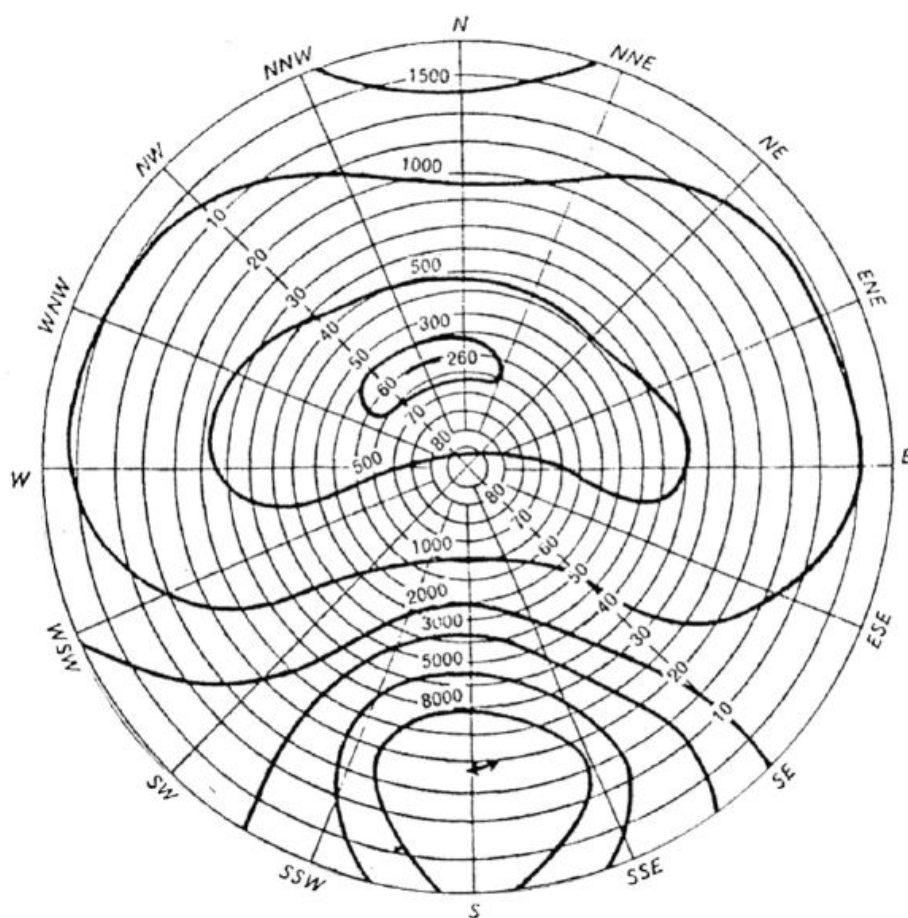


Immagine 10.17 – Esempio di distribuzione delle luminanze per un modello di cielo sereno

Dalla figura riportata è evidente che in un modello di cielo sereno la volta celeste è più luminosa in direzione Sud, cioè in direzione del sole, mentre è minore in direzione Nord, cioè in direzione opposta al sole.

Nel modello di cielo coperto, invece, la luminosità della volta celeste cresce in funzione dell'altezza sul piano dell'orizzontale, e nella rappresentazione grafica si traduce in cerchi concentrici più o meno equidistanti.

10.2.2 Il percorso apparente del sole

È evidente che non è solo il modello di cielo scelto a definire il livello di comfort all'interno di un ambiente, ma bisogna tenere in considerazione anche i percorsi solari, nonché i parametri di localizzazione ed intorno dell'edificio.

Il percorso apparente del sole nella volta celeste dipende dalla localizzazione geografica e dal periodo dell'anno che si sta analizzando.

Le variabili che descrivono il percorso apparente del sole nella volta celeste sono:

- coordinate geografiche del luogo: latitudine e longitudine;
- declinazione solare: giorno dell'anno;
- angolo orario: ora del giorno.

La declinazione tiene in considerazione la variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al sole, legata al movimento della rotazione della terra. Il valore della declinazione, inoltre, varia a seconda del giorno dell'anno che si vuole analizzare.

L'angolo orario, invece, varia nel corso della giornata con una velocità costante di 15°/ora; a mezzogiorno vale 0° ed aumenta o diminuisce di 15° per ogni ora contata a partire da mezzogiorno. I valori negativi si riferiscono alle ore del pomeriggio, mentre quelli positivi alle ore del mattino.

I percorsi apparenti che il sole compie sulla volta celeste nei diversi periodi dell'anno possono essere rappresentati su appositi diagrammi che riportano le posizioni di altezza ed azimut del sole.

Si riporta di seguito il diagramma del percorso che il sole compie in un anno per la zona di Milano, più precisamente per una latitudine di 45,4° Nord ed una longitudine di 9,3° Est, valori che non si discostano sensibilmente dai dati della città di Lodi, con latitudine di 45,31° Nord ed una longitudine di 9,49° Est.

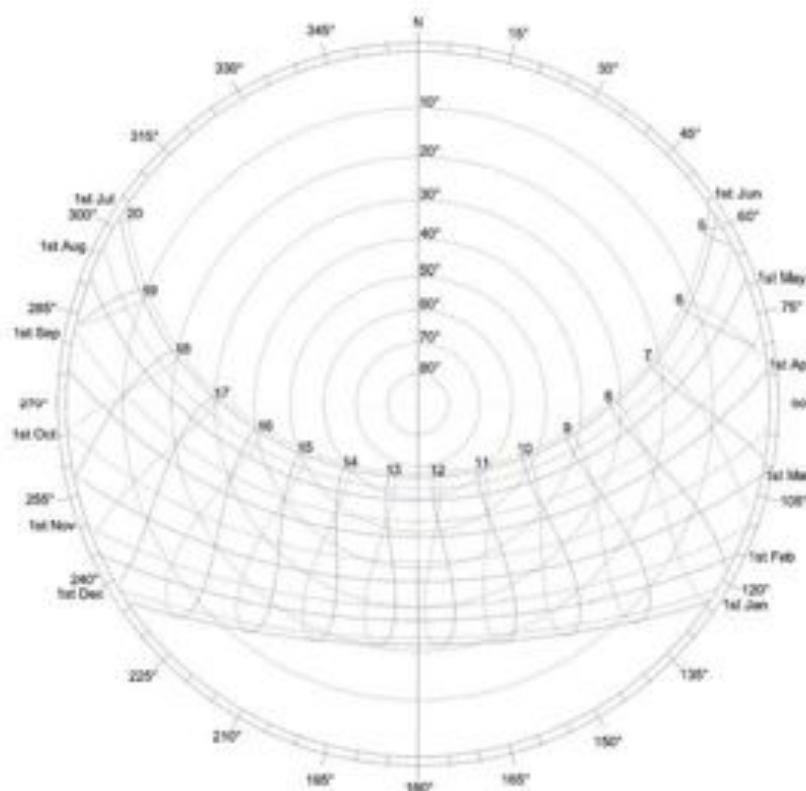


Immagine 10.18 – Carta solare polare di Milano

La circonferenza più esterna rappresenta la linea dell'orizzonte ed ognuno dei cerchi concentrici indica un incremento di 10° di altezza rispetto all'orizzonte.

Si è quindi voluto unire, tramite l'aiuto del software Ecotect®, il diagramma del percorso solare con il progetto sviluppato, in modo da verificare la distribuzione delle ombre in determinati periodi dell'anno.

Vengono quindi di seguito riportati i diagrammi che definiscono il percorso solare sulle 24 ore per l'area di Torre Lodi applicati al progetto in esame, per i quattro giorni più significativi dell'anno:

- equinozio di primavera (21 Marzo);
- equinozio d'autunno (21 Settembre);
- solstizio d'estate (21 Giugno);
- solstizio d'inverno (21 Dicembre).

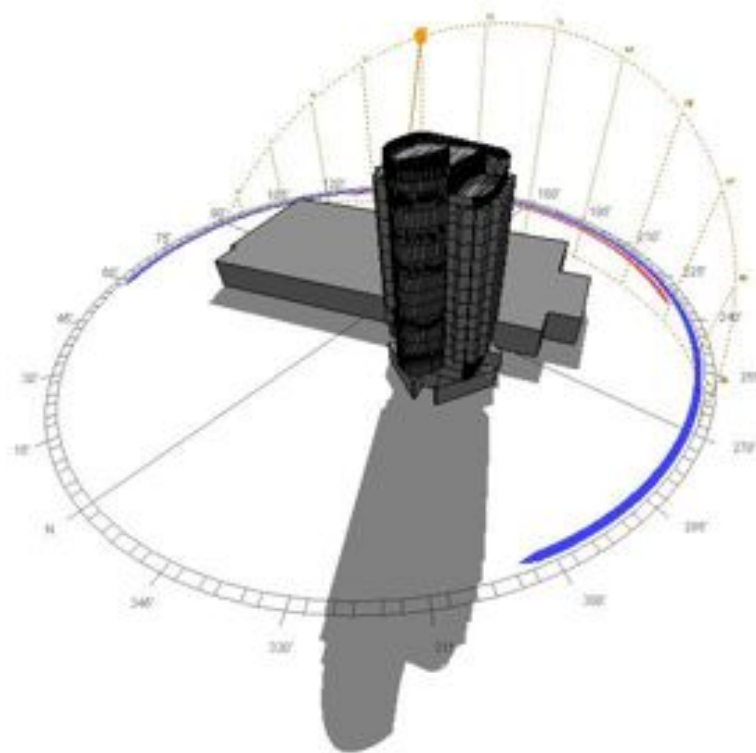


Immagine 10.19– Diagramma del percorso solare del 21 Marzo - Equinozio di primavera

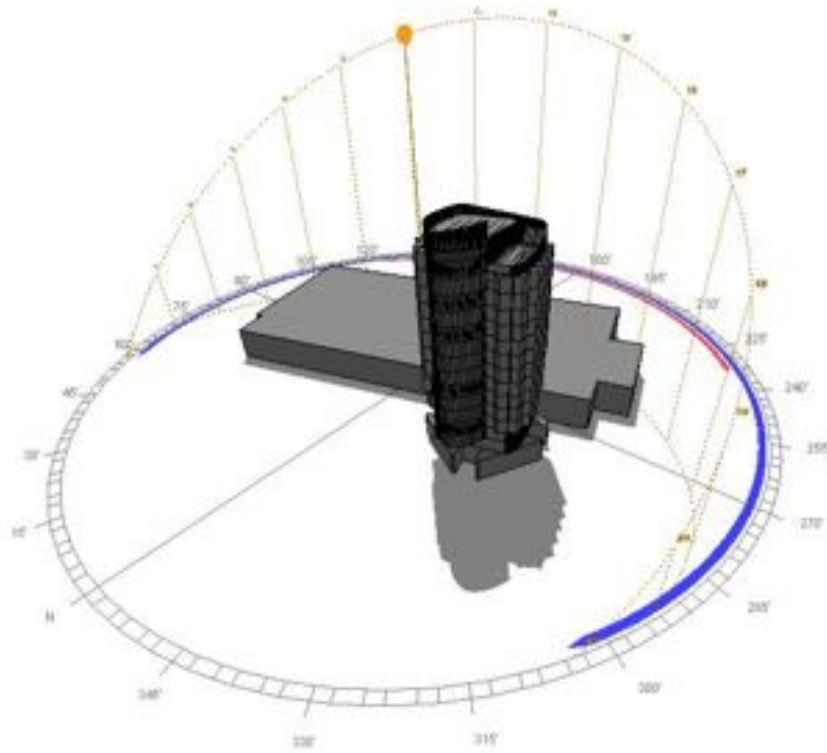


Immagine 10.20– Diagramma del percorso solare del 21 Giugno - Solstizio d'estate

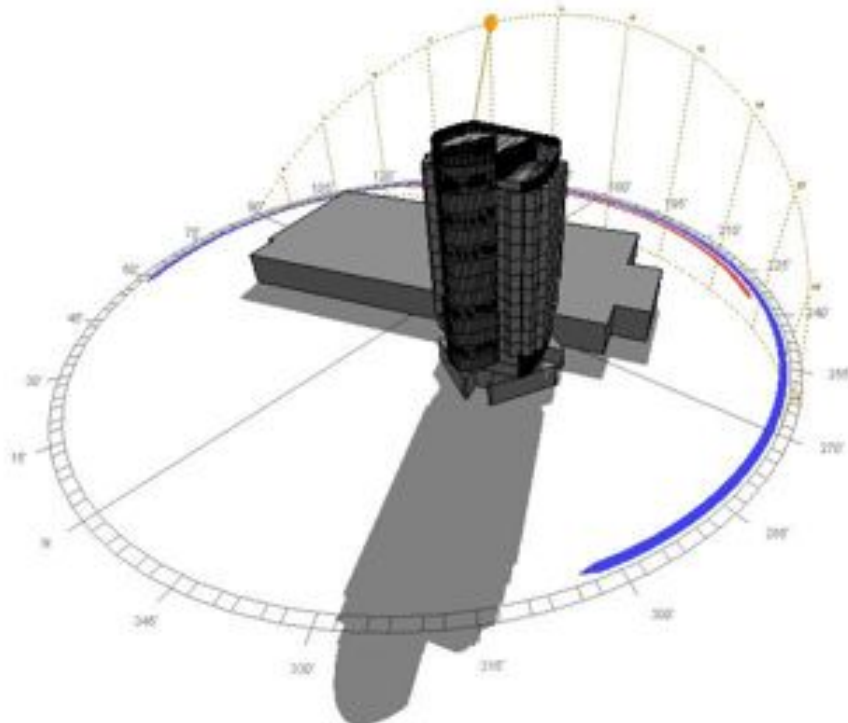


Immagine 10.21– Diagramma del percorso solare del 21 Settembre - Equinozio d'autunno

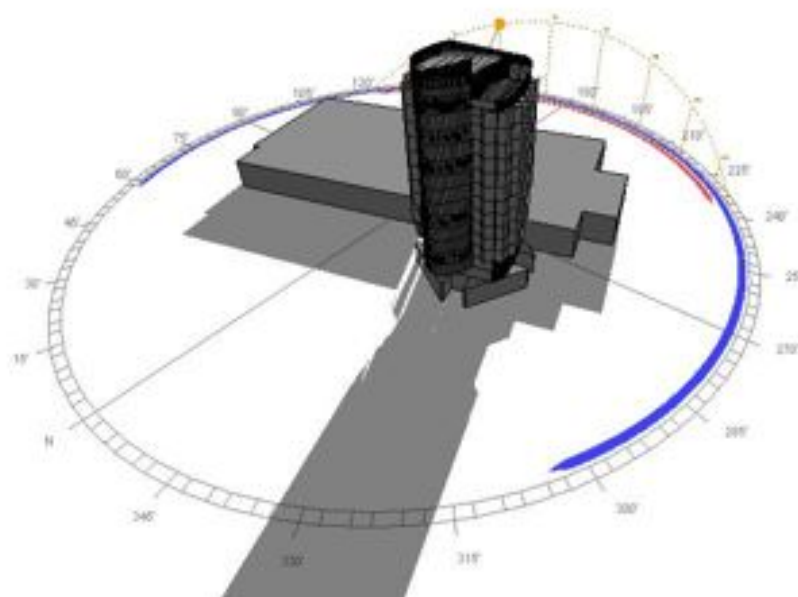


Immagine 10.22– Diagramma del percorso solare del 21 Dicembre - Solstizio d'inverno

Le ombre restituite dall'immagine si riferiscono al momento in cui il sole è più alto, cioè alle ore 12.00.

In questo modo risulta molto evidente, oltre al percorso solare, anche l'orario di alba e tramonto, così da poter determinare con semplicità il periodo di luce in un determinato giorno dell'anno.

Ai fini della progettazione non è molto significativo conoscere con precisione il contributo luminoso fornito dal sole, ma è essenziale sapere se, quando e come il disco solare sarà potenzialmente visibile in un determinato punto dello spazio, per capire quando un dato elemento sarà colpito dalla radiazione diretta del sole, in modo da prevederne gli effetti.

Si è proceduto all'approfondimento più nel dettaglio del valore d'illuminazione naturale all'interno dell'ambiente preso in esame, in modo da verificare che gli standard minimi di comfort visivo fossero garantiti.

In quest'applicazione sono stati analizzati solo alcuni mesi dell'anno, e più precisamente quelli più freddi, cioè quei periodi per i quali la facciata a doppia pelle con funzionamento a serra ha il compito di captare i raggi solari e trasmettere il calore all'interno dell'edificio.

Grazie a questi diagrammi, però, si è potuto verificare il grado d'ombreggiamento dato dal centro commerciale nei confronti dei primi due livelli di edificio, condizione accentuata nel periodo dell'anno in cui il sole segue un percorso più basso; il grado d'ombreggiamento delle superfici di facciata della torre e quanto questo debba essere considerato per le scelte di progetto.

Si riportano di seguito i diagrammi solari per il 21 Marzo, il 21 Giugno, il 21 Settembre ed il 21 Dicembre. Questi rappresentano le ombre portate dagli edifici secondo step orari, per un periodo di tempo che va dalle h 8.30 alle 19.00.

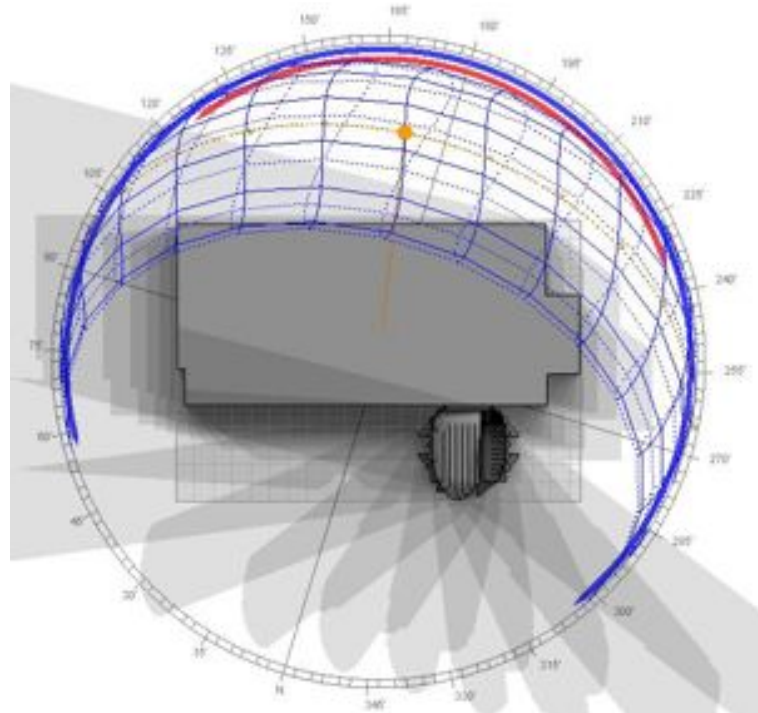


Immagine 10.23– Diagramma del percorso solare del 21 Marzo – Visuale in pianta delle ombre

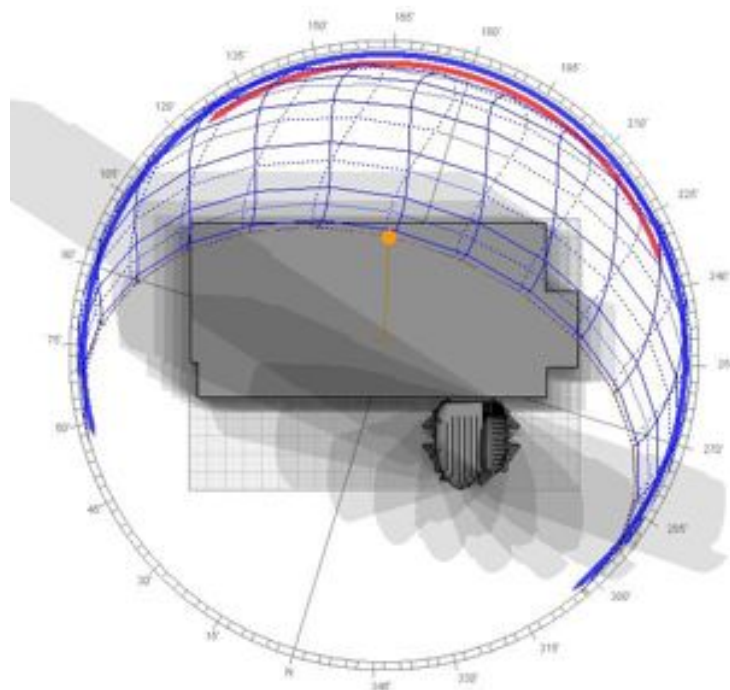


Immagine 10.24 – Diagramma del percorso solare del 21 Giugno – Visuale in pianta delle ombre

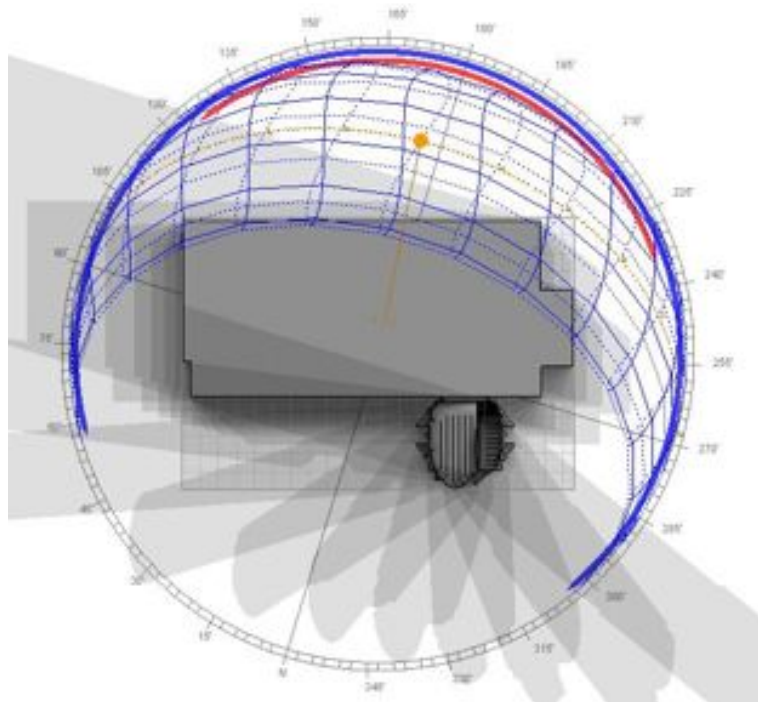


Immagine 10.25 – Diagramma del percorso solare del 21 Settembre – Visuale in pianta delle ombre

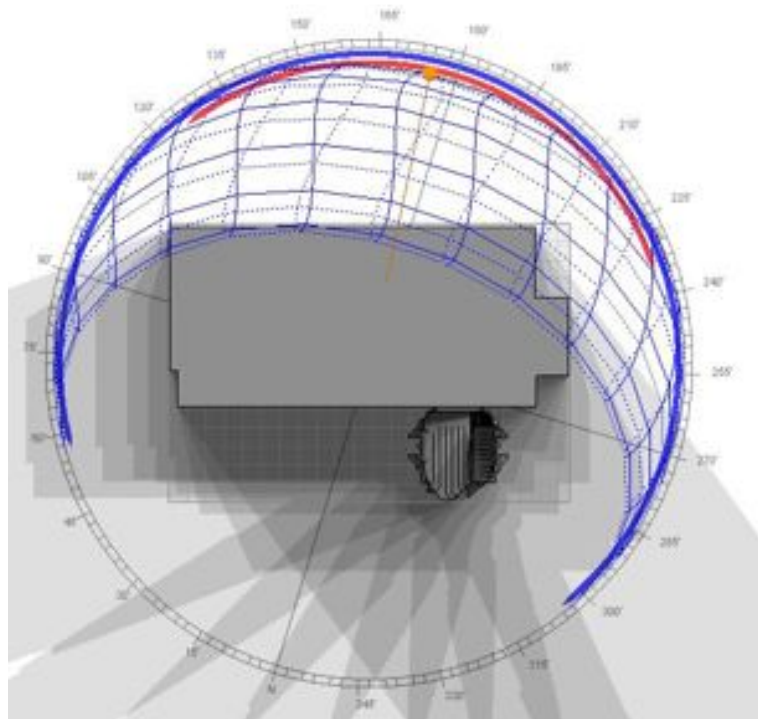


Immagine 10.26 – Diagramma del percorso solare del 21 Dicembre – Visuale in pianta delle ombre

10.2.3 Variabili ambientali e di contesto

Un ulteriore fattore da tenere in considerazione, oltre al tipo di cielo e al tipo di percorso apparente del sole, è la particolare condizione microclimatica cui è soggetto il sito di progetto.

Queste specifiche condizioni influiscono in maniera sostanziale sulla distribuzione della luminosità nella volta celeste: una località in cui vi sia eccessiva presenza di nebbia, elevato tasso d'umidità e smog avrà una distribuzione della luminosità nella volta celeste più uniforme e vicina alla condizione di cielo coperto, mentre condizioni di bassa umidità relativa dell'aria ed un regime di vento elevato determinano una maggiore variazione della luminosità in relazione all'orientamento, avvicinandosi alla condizione di cielo sereno.

Risulta ulteriormente avvalorata la scelta di un modello di cielo coperto, in quanto l'area oggetto d'intervento è soggetta a presenza di nebbia e polveri sottili per un cospicuo numero di giorni nel periodo invernale, e ad una elevata percentuale d'umidità per tutta la durata dell'anno, affiancata a una velocità del vento limitata.

L'ultima fondamentale situazione da tenere in considerazione per determinare le caratteristiche del contesto nel quale è inserito il sito d'intervento, riguarda i parametri di localizzazione e intorno, che introducono il modello teorico di cielo in una situazione reale localmente definita.

Sono relativi alla localizzazione tutti gli elementi, naturali o artificiali, che caratterizzano ed influenzano le condizioni luminose locali su cui non è possibile intervenire progettualmente (montagne, edifici circostanti, etc.); sono relativi all'intorno gli elementi, naturali o artificiali, presenti nell'ambiente circostante l'edificio, sui quali è possibile intervenire direttamente con delle modifiche per migliorare le condizioni luminose locali (alberi, schermi, etc.).

La presenza di ostruzioni naturali ed artificiali riduce la visibilità della volta celeste, può impedire la vista del sole in determinate ore del giorno e diminuisce le potenzialità globali d'illuminazione. In queste condizioni la luminosità media dell'ambiente interno risulta essere inferiore, ma anche più stabile rispetto a quella che si avrebbe in assenza di ostruzioni.

Le variazioni dovute alla presenza di questi elementi possono venire facilmente introdotte nel modello rilevando le ostruzioni all'orizzonte e sovrapponendo il diagramma delle ostruzioni al modello di cielo locale. A livello di localizzazione è necessario distinguere tra ostruzioni a scala geografica ed ostruzioni a scala locale, in quanto i loro effetti risultano molto diversi.

Le ostruzioni a scala geografica si mantengono costanti in ogni punto dell'edificio, mentre le ostruzioni a scala locale, essendo dello stesso ordine di grandezza della costruzione, hanno effetti differenti nei punti diversi del complesso.

Nello caso specifico in esame, tali ostruzioni sono rappresentate dalla sola presenza del centro commerciale, distante poco più di 2 m dal prospetto sud dell'edificio. Questo interessa la porzione di spazio occupata dai primi due livelli della torre, il cui involucro esterno, una curtain wall interamente vetrata, è stata appunto pensata per garantire la massima apertura possibile in grado di portare un sufficiente quantitativo di luce naturale all'interno. La stessa organizzazione degli spazi interni è stata concepita con il medesimo intento.

10.2.4 Prerogative fondamentali

Nella progettazione illuminotecnica è essenziale, oltre al valore dell'illuminamento richiesto, soddisfare le esigenze qualitative e quantitative.

I requisiti illuminotecnici vengono determinati dalla soddisfazione delle seguenti tre esigenze fondamentali:

- comfort visivo: la sensazione di benessere percepita da chi staziona all'interno del locale;
- prestazione visiva: gli individui sono in grado di svolgere i loro compiti visivi anche in circostanze difficili e per lunghi periodi di tempo;
- sicurezza.

Il livello di illuminamento richiesto per lo svolgimento di una specifica attività dipende dal tipo di attività e viene scelto all'interno di un intervallo limitato sia inferiormente, per garantire possibilità di percezione distinta degli oggetti, sia superiormente per evitare fenomeni di abbagliamento.

Generalmente gli illuminamenti si riferiscono a particolari altezze da terra, a seconda dell'ambiente in cui ci si trova:

Per gli uffici, dove l'attività si svolge prettamente seduti a un tavolo, si considera un'altezza da terra pari a quella della superficie di lavoro orizzontale, cioè 0,85 m. Per altre posizioni delle superfici di lavoro, per esempio per superfici di lavoro più alte, l'illuminamento deve riferirsi alle specifiche situazioni; per zone di transito si considera un'altezza di 0,2 m dal pavimento.

In tabella sono riportati alcuni valori di illuminamento per differenti compiti ed attività desunti dalla norma ISO 8995 _ Lighting of work places.

Tale norma prevede diversi livelli di illuminazione in base a 9 tipologie di riferimento fornendo un intervallo di valori legato a fattori ambientali e/o soggettivi, quali, ad esempio la capacità visiva dell'operatore.

Aree – Compiti – Attività		Intervalli d'illuminamento (lux)
1	Aree esterne di circolazione	20 – 30 – 50
2	Aree di circolazione, semplice orientamento, brevi visite	50 – 100 – 150
3	Locali non usati con continuità per scopi di lavoro	100 – 150 – 200
4	Compiti con semplici requisiti visivi	200 – 300 – 500
5	Compiti con requisiti visivi medi	300 – 500 – 750
6	Compiti con requisiti visivi di precisione	500 – 750 – 1000
7	Compiti con requisiti visivi difficili	750 – 1000 – 1500
8	Compiti con requisiti visivi speciali	1000 – 1500 – 2000
9	Svolgimento di compiti visivi molto precisi	> 2000

Tabella 10.04 – Illuminamento per differenti compiti-attività, ISO 8995

10.2.5 Caso di studio

Si intende considerare nello specifico l'illuminazione naturale negli spazi interni dell'edificio in esame, destinati ad ospitare uffici open space.

Come già illustrato nei precedenti capitoli, l'involucro esterno è un sistema di facciata continua a doppia pelle, le cui chiusure trasparenti sono costituite da una tripla vetrocamera basso emissiva e da cuscini pneumatici in ETFE.

Nell'ambito delle interazioni che l'involucro a doppia pelle pone in essere con i fattori ambientali esterni, legati all'energia solare, diviene centrale la relazione rispetto alla gestione dell'illuminazione naturale. Illuminare uno spazio confinato con luce naturale, proveniente da grandi superfici trasparenti opportunamente orientate, aiuta a ridurre notevolmente il consumo d'energia elettrica per l'illuminazione degli edifici. A maggior ragione per uno spazio destinato ad attività lavorativa l'illuminamento naturale contribuisce ad incrementare la sensazione di comfort indoor e la produttività degli utenti, così che la qualità della luce oltre che la quantità diventano elementi indispensabili per una buona progettazione dello spazio confinato.

Risultano, però, notevoli i problemi che appaiono occupandosi di illuminazione naturale degli ambienti.

Se da una parte infatti le sorgenti artificiali mantengono costante la loro luminanza nel tempo, dall'altra quelle naturali, sole e volta celeste, presentano una luminanza variabile in funzione delle condizioni meteorologiche (cielo sereno o coperto), dell'ora e del giorno dell'anno considerati. Di conseguenza il campo luminoso naturale all'interno degli ambienti varia non solo da punto a punto ma anche nel tempo.

Il calcolo dettagliato delle condizioni di illuminazione naturale nei diversi punti di un ambiente risulta un obiettivo assai ambizioso e solo l'utilizzo di modelli matematici complessi, in grado di tenere conto in maniera corretta sia della distribuzione di luminanza del cielo nelle diverse condizioni sia dei fenomeni di riflessione multipla della luce sulle superfici, permette la descrizione attendibile delle condizioni di illuminamento. E' vero d'altra parte che nella progettazione la conoscenza precisa punto per punto del campo luminoso naturale interno è indispensabile solo in casi particolari, ad esempio quando si affronti la progettazione illuminotecnica di ambienti espositivi, nella progettazione corrente, invece, è sufficiente garantire e verificare il raggiungimento di condizioni medie di illuminazione ritenute accettabili e valutare che le superfici trasparenti dell'involucro soddisfino tali prerogative.

Con questi obiettivi, è possibile allora utilizzare un modello di calcolo, che può essere definito di "predimensionamento", in grado di fornire delle indicazioni di massima sull'ambiente luminoso interno.

Si è preso in considerazione un modulo di facciata a doppia pelle e si è considerata la configurazione invernale della serra. Per la superficie verticale del modello in considerazione, si è calcolato il Fattore di luce naturale, che tiene conto delle caratteristiche delle superfici vetrate, in assenza di sistemi schermanti, secondo la procedura descritta nell'allegato C della norma UNI EN 15193.

Il Fattore di luce naturale per facciate a doppia pelle è calcolato come:

$$F_{L,V} = F_{L,V} \cdot (1 - F_{f,V}) \cdot k_{1,V} \cdot k_{2,V} \quad [\%]$$

dove:

- $Fl_{L,V}$ fattore lordo di luce naturale sulle superfici verticali, [%];
 $(1 - F_{f,V})$ fattore telaio della facciata vetrata, assunto pari a 0,8;
 $k_{1,V}$ fattore che considera il livello di pulizia del vetro, assunto pari a 0,8 per vetri normali;
 $k_{2,V}$ fattore che tiene conto dell'incidenza non perpendicolare della luce, assunto pari a 0,85.

Fattore lordo di luce naturale sulle superfici verticali

Il fattore lordo di luce naturale per aperture finestrate sulle superfici verticali $Fl_{L,V}$ è definito come:

$$Fl_{L,V} = (4,13 + 20,0 \cdot I_T - 1,36 \cdot I_p) \cdot I_o \quad [\%]$$

dove:

- I_T indice di trasparenza;
 I_p indice di profondità, assunto pari a 2,5;
 I_o indice di ostruzione.

La relazione precedente può quindi essere espressa come:

$$Fl_{L,V} = (20,0 \cdot I_T + 0,73) \cdot I_o \quad [\%]$$

Indice di trasparenza

L'indice di trasparenza è determinato come:

$$I_T = \frac{A_w}{A_{u,c}} = \frac{8,91 \text{ m}^2}{11,55 \text{ m}^2} = 0,78$$

dove:

- A_w sommatoria delle aree delle aperture finestrate presenti nella facciata considerata, [m^2];
 $A_{u,c}$ superficie utile climatizzata del locale, [m^2].

Vista l'estensione della facciata e dello spazio interno adibito ad open space, si è considerato come modello di calcolo una porzione vetrata larga 3,30 m, le pareti divisorie hanno invece una profondità di 3,50 m.

Indice di ostruzione

L'indice di ostruzione viene calcolato come:

$$I_o = \frac{1}{A_w} \cdot \sum_i I_{o,i} \cdot A_{w,i} = 0,51$$

con

$$I_{o,i} = I_{o,hor,i} \cdot I_{o,ov,i} \cdot I_{o,fin,i} \cdot I_{co,At,i} \cdot I_{o,vdp,i} = 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,36 = 0,51$$

dove:

$I_{o,hor,i}$ indice di ostruzione esterno;

$I_{o,ov,i}$ indice di ostruzione per aggetti orizzontali,

$$I_{o,ov,i} = \cos(1,33 \cdot \theta_{o,ov}) = 0,77;$$

$I_{o,fin,i}$ indice di ostruzione per aggetti verticali;

$I_{co,At,i}$ indice di ostruzione per cortili e atri;

$I_{o,vdp,i}$ indice di ostruzione per facciate vetrate a doppia pelle,

$$I_{o,vdp,i} = \tau_{vdp} \cdot (1 - F_{f,vdp}) \cdot k_{1,vdp} \cdot k_{2,vdp} = 0,663 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,36$$

con

τ_{vdp}	fattore di trasmissione luminosa della facciata vetrata a doppia pelle, per incidenza normale;
$(1 - F_{f,vdp})$	fattore telaio del vetro;
$k_{1,vdp}$	fattore che tiene conto del grado di pulizia del vetro;
$k_{2,vdp}$	fattore che tiene conto dell'incidenza non perpendicolare della luce.

Il fattore lordo di luce naturale risulta:

$$Fl_{L,V} = (20,0 \cdot 0,78 + 0,73) \cdot 0,51 = 8,33 \%$$

Il fattore di luce naturale del modulo di doppia pelle è pertanto:

$$F_{L,V} = Fl_{L,V} \cdot (1 - F_{f,V}) \cdot k_{1,V} \cdot k_{2,V} = 8,33 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 4,53 \%$$

Come definito dal prospetto 88 della suddetta norma, il livello di penetrazione della luce naturale per tale modello di facciata trasparente, con $F_{L,V} \geq 3\%$, è considerato d'entità forte.

Tali dati sono stati confrontati con quelli ricavati dalla simulazione dell'apporto di luce naturale del modulo di facciata, svolta con il programma Ecotect®, considerando una porzione di spazio avente profondità di 3,5 m.

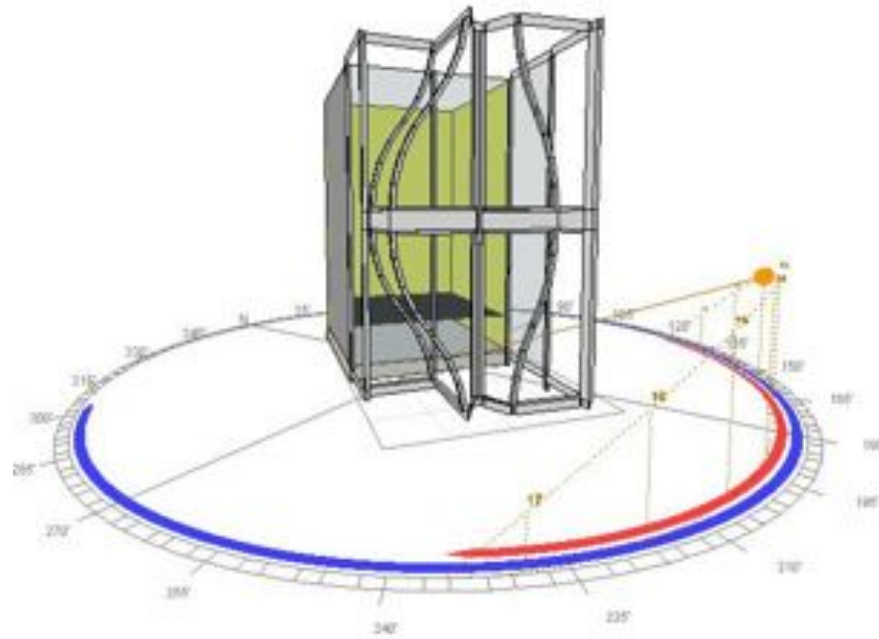


Immagine 10.27 – Modulo di facciata

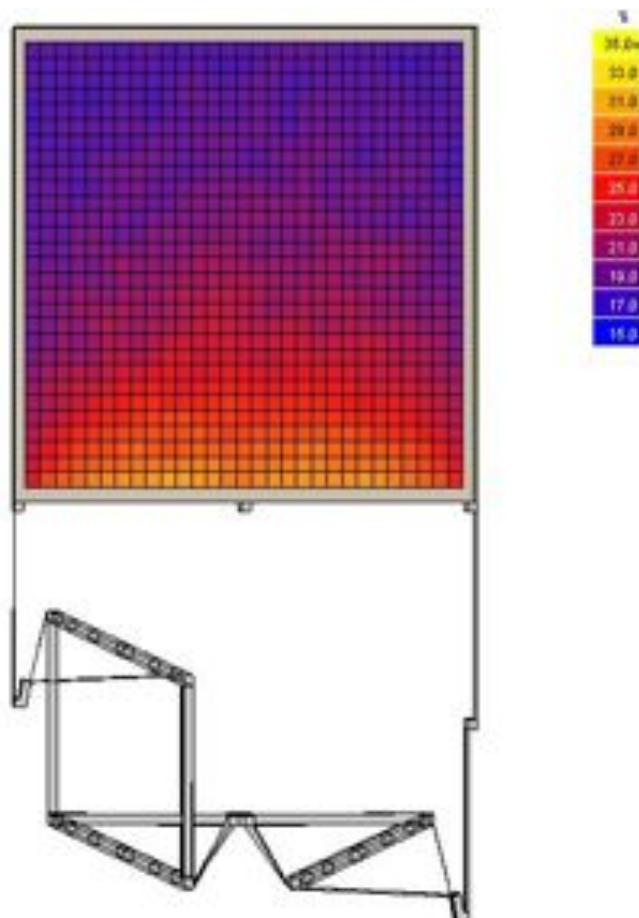


Immagine 10.28 – Fattore di luce diurna per il modulo di facciata

10.3 Analisi energetiche in regime dinamico

Nel presente capitolo si svilupperà l'analisi energetica in regime dinamico dell'edificio oggetto di progettazione, allo scopo di valutare il comportamento energetico del sistema edificio-involucro. Per realizzare tale procedura si è fatto ricorso ad uno specifico software di calcolo: University of Wisconsin – TRNsys versione 16.01.0003; nella fase di creazione del modello di calcolo dell'organismo edilizio, invece, si è utilizzato TRNBuild versione 1.0.94.

10.3.1 Descrizione generale dell'edificio

L'edificio in oggetto di progettazione è sito in Lodi, località di latitudine 45°18'52"20 N longitudine 09°30'14"04 E, con un'altezza minima sul livello del mare pari a 65 m e massima di 87 m. Appartiene, secondo il D.P.R. 26/08/1993 n° 412, alla zona climatica E, con un ammontare complessivo di 2592 Gradi Giorno.

Per quanto riguarda la caratterizzazione termo-igrometrica annuale ci si presenta il seguente scenario: temperatura minima di -6,57 °C il 23 gennaio, massima di 32,18 °C il 10 luglio, media annuale di 13,11 °C, media stagionale invernale di 7,07 °C e media stagionale estiva di 20,22 °C.

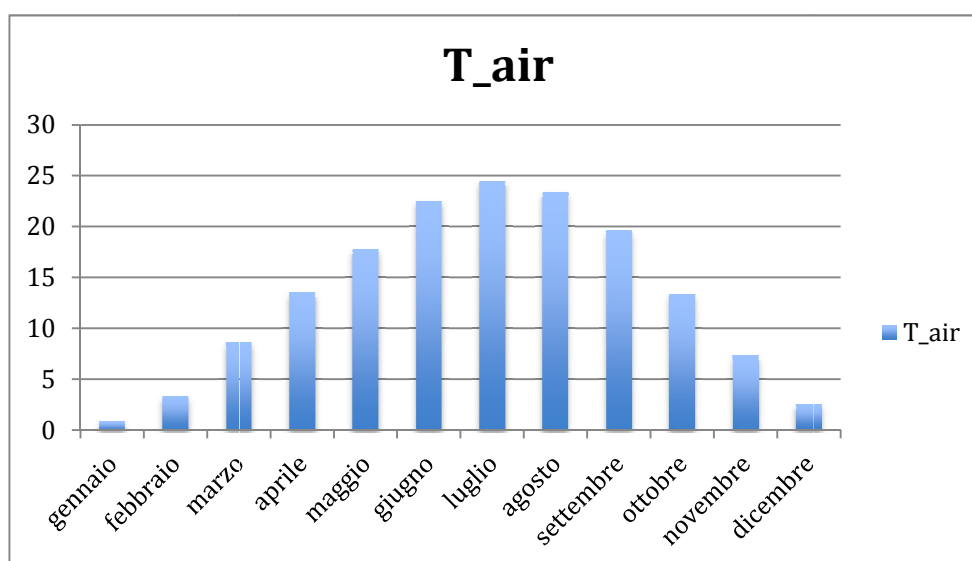


Grafico 10.1 – Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna (fonte: UNI 10349:1994)

Si provvede a suddividere l'edificio in due differenti zone termiche omogenee: la prima è rappresentata dallo spazio uffici open space, per una superficie totale di 405,7 mq, la seconda è data invece dal corpo scale non riscaldato e quindi privo di sistemi impiantistici per il controllo delle condizioni termo-igrometriche ambientali.

Si definisce, inoltre, il parametro notevole, utile all'analisi ed alla valutazione del fabbisogno energetico per la climatizzazione dell'edificio, detto rapporto di forma (S/V) pari a 0,28 1/m. Quest'ultimo, interpolato con i gradi giorno della località in cui è ubicato l'edificio, fornisce il valore limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale $EP_{i, \text{lim}}$, espresso in kWh/m³anno per edifici non residenziali.

Rapporto di forma dell'edificio (S/V)	ZONA CLIMATICA									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	da 601 GG	a 900 GG	da 901 GG	a 1400 GG	da 1401 GG	a 2100 GG	da 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
< 0,20	1,8	1,8	3,2	3,2	5,4	5,4	7,7	7,7	10,3	10,3
> 0,90	7,4	7,4	11,5	11,5	15,6	15,6	18,3	18,3	25,1	25,1

Tabella 10.05 – Valori limite indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale $E_{Pi,lim}$ [kWh/m^3 anno] per edifici non residenziali (fonte: D.M. 11/03/2008)

Per interpolazione si ottiene:

Rapporto di forma dell'edificio (S/V) [1/m]	$E_{Pi, lim}$ [kWh/m^3 anno]		
	GRADI GIORNO [GG]		
	2101	2592	3000
0,2	7,70	9,12	10,30
0,28	8,90	10,59	12,00
0,90	18,30	22,01	25,10

Tabella 10.06 – Indice limite di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

Per la definizione delle superfici disperdenti utile al calcolo del fabbisogno di energia utile, si rimanda al capitolo precedente.

10.3.2 Strategia di controllo del sistema edificio-impianto

Al fine di giungere ad una corretta analisi del comportamento termico dinamico dell'edificio, per mezzo del bilancio energetico globale, sono stati creati due scenari di controllo del sistema edificio-impianto, differenziati per giorno festivo e lavorativo.

Tali scenari sono stati sviluppati attraverso le due stagioni e considerando come settimane festive i giorni dal 22 dicembre al 7 gennaio e dal 6 agosto al 19 agosto, e settimane lavorative tutti i restanti giorni dell'anno.

Si premette inoltre che, secondo il D.P.R. 26/08/1993 n° 412, nella città di Lodi, il periodo di accensione degli impianti di riscaldamento va dal 15 ottobre al 15 aprile con un limite massimo consentito di utilizzo pari a 14 ore giornaliere; la stagione estiva sarà quindi da considerarsi dal 16 aprile al 14 ottobre.

	SCHED_WEEK_UFFICI
Lunedì	SCHED_ON
Martedì	SCHED_ON
Mercoledì	SCHED_ON
Giovedì	SCHED_ON
Venerdì	SCHED_ON
Sabato	SCHED_OFF
Domenica	SCHED_OFF

Tabella 10.07 – Schedule settimanale

h	SCHED_ON	SCHED_OF
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

Tabella 10.08 – Schedule giornaliera

Le schedule controllano sia il riscaldamento che il raffrescamento in quanto, essendo l'edificio ad uso uffici, il periodo giornaliero di accensione degli impianti corrisponde agli orari di lavoro. Essi rimangono spenti per tutte le ore notturne e nei week-end.

Il sistema di ventilazione è di tipo meccanico con ricambio d'aria pari a 1,6 vol/h, come imposto dalla norma sugli impianti aerulici UNI 10339, e segue le schedule dell'impianto di climatizzazione.

Il tasso d'infiltrazione viene assunto costante per l'intero arco dell'anno e pari a 0,05 vol/h.

Gli apporti interni si articolano in tre componenti: presenza di persone, illuminazione artificiale e utilizzo di personal computer. Nello specifico, secondo la norma UNI 10339, è stato calcolato un affollamento di piano pari a 30 persone, occupate in attività di lavoro leggere, un'intensità di energia termica da illuminazione di tipo tradizionale pari a 5 W/m² e l'utilizzo di un personal computer da 140 W per ogni utente.

In regime invernale, si impone una temperatura di set-point di 20 °C ed una umidità relativa del 50%; in regime estivo, una temperatura di set-point di 26 °C ed una umidità relativa del 50%.

10.3.3 Analisi bilancio energetico estivo

Si calcola con il software d'analisi TRNsys il fabbisogno di energia utile per il raffrescamento, ricordando, con la seguente formula, l'espressione del bilancio energetico:

$$Q_{HEAT} - Q_{COOL} + Q_{INF} + Q_{VENT} + Q_{TRANS} + Q_{G,INT} + Q_{G,SOL} = 0$$

In particolare, si esegue un confronto tra il comportamento dell'edificio, durante la stagione estiva, senza e con i sistemi di schermature verticali.

La presenza delle schermature è stata modellizzata in TRNsys imponendo nei vari mesi estivi, e a seconda delle varie esposizioni, i diversi fattori di solar-shading precedentemente calcolati analizzando il modulo di facciata in Ecotect.

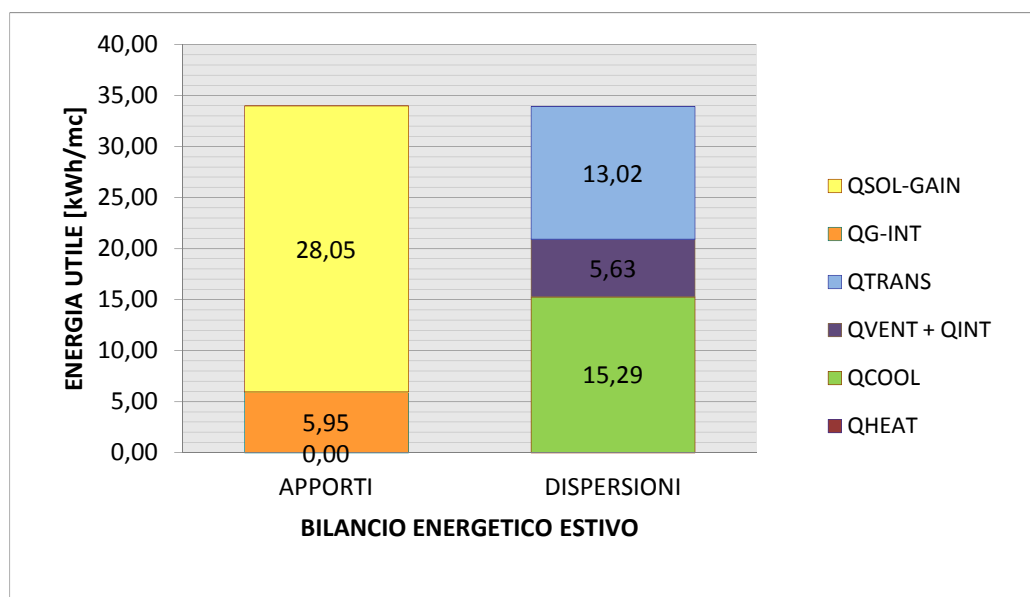


Grafico 10.2 – Bilancio energetico estivo senza frangisole [kWh/m³]

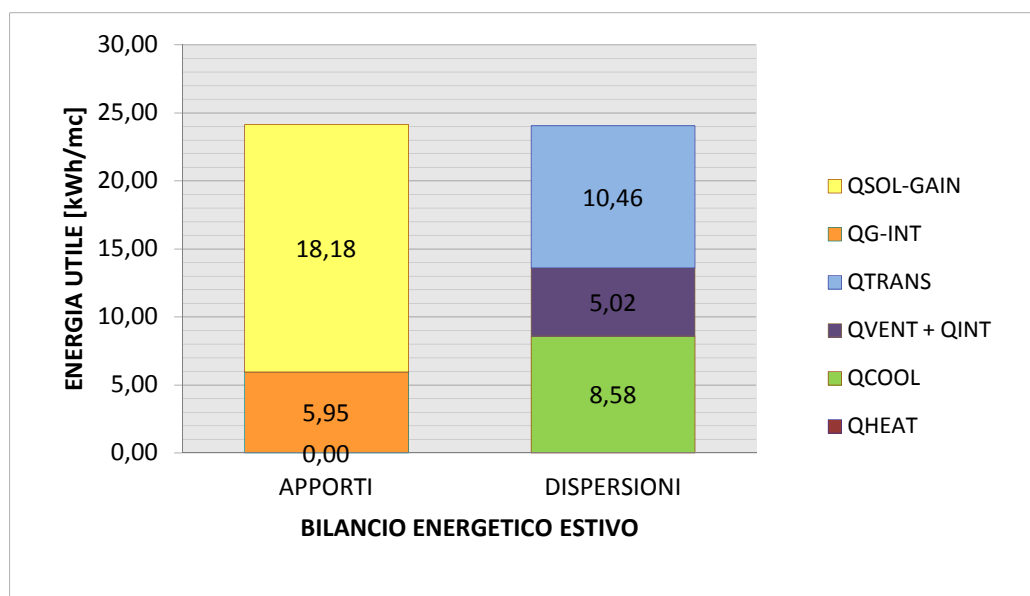


Grafico 10.3 – Bilancio energetico estivo con frangisole [kWh/m³]

Si nota una consistente riduzione dei carichi solari e quindi, quasi un dimezzamento del fabbisogno di energia utile per la climatizzazione estiva.

Con riferimento al D.P.R. 02/04/2009 n° 59, viene quindi paragonato il fabbisogno di energia utile per la climatizzazione estiva Q_{COOL} , al valore limite dell'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio $EP_{e,inv}$. Per edifici non residenziali appartenenti alla zona climatica E, tale limite è assunto pari a 10 kWh/m³. La verifica risulta quindi essere soddisfatta.

Si è infine caratterizzata la qualità energetica annuale dell'involucro sulla base del fabbisogno energetico dell'involucro edilizio espressa in kWh/m²; nello specifico caso si richiede mediamente 23,17 kWh/m², ottenendo così una classe di qualità III (classe terza) rispetto ai limite da D.M. 26/06/2009.

$EP_{e,inv}$ [kWh/m ² anno]	Prestazioni	Qualità prestazionale
$EP_{e,inv} < 10$	Ottime	I
$10 < EP_{e,inv} < 20$	Buone	II
$20 < EP_{e,inv} < 30$	Medie	III
$30 < EP_{e,inv} < 40$	Sufficienti	IV
$EP_{e,inv} > 40$	Mediocri	V

Tabella 10.09 – Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva dell'involucro
(fonte: D.M. 26/06/2009)

10.3.4 Analisi del bilancio energetico invernale

L'elaborazione del bilancio energetico invernale è stata articolata in due fasi: prima attraverso un'analisi comparativa del comportamento del sistema edificio-involucro con e senza la presenza della serra solare; poi, in presenza della serra, con diversi valori del fattore solare g corrispondenti alle diverse configurazioni del layer interno al cuscinetto di ETFE.

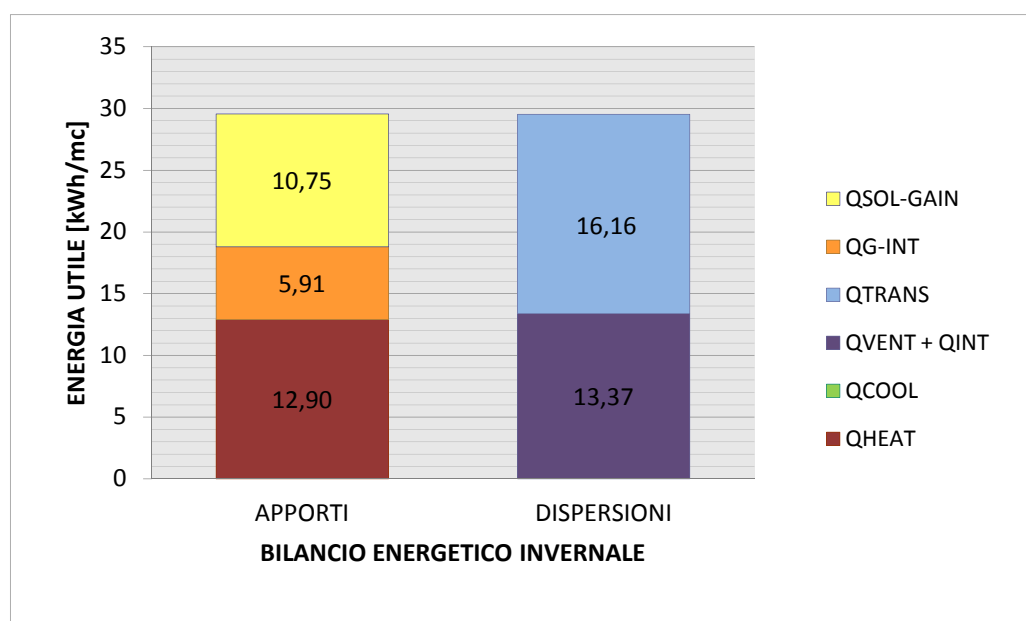


Grafico 10.4 – Bilancio energetico invernale senza serra [kWh/m³]

Le perdite per ventilazione ed infiltrazioni sono, come è lecito aspettarsi, nettamente superiori a quelle della stagione estiva; i guadagni solari gratuiti risultano essere quasi dimezzati rispetto ai carichi solari estivi, avendo una minore radiazione solare incidente nei mesi invernali.

Per la configurazione con la serra solare, è stato modificato il modello di calcolo dell'edificio inserendo una seconda zona termica che andasse a simulare la presenza della serra; questa è stata inserita nell'analisi come uno spazio non climatizzato, avente un ricambio d'aria naturale pari a 0,5 vol/h e superfici disperdenti il più possibile simili all'ETFE.

Nella libreria dei materiali fornita dal software di calcolo TRNsys, si è scelto una vetrocamera che più si avvicinasse alle caratteristiche tecniche dei cuscinetti in ETFE, non essendo disponibile questo materiale; in particolare una trasmittanza termica U pari a 1,96 W/m²K, un fattore solare g pari a 0,69 nella configurazione (1) e 0,35 nella configurazione (2) e una percentuale di luce trasmessa pari al 60%.

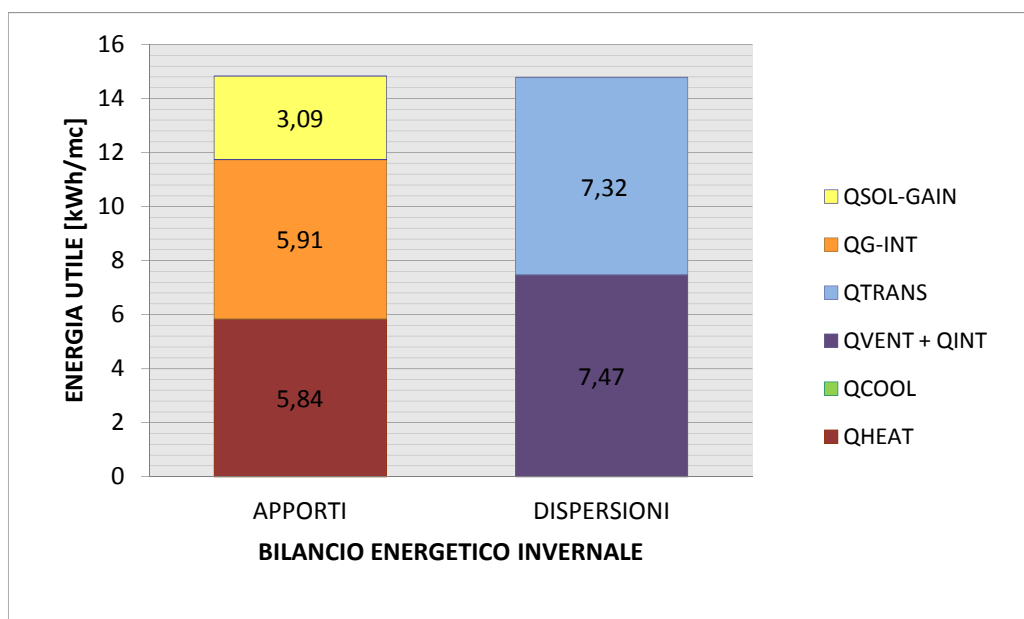


Grafico 10.5– Bilancio energetico invernale con serra (configurazione 1) [kWh/m³]

Confrontando i due bilanci termici si evince immediatamente che:

- le perdite per ventilazione e infiltrazione $Q_{VENT}+Q_{INF}$ risultano nettamente diminuite perché viene utilizzata la serra come zona di preriscaldamento per l'aria da immettere in ambiente;
- si ha una sensibile diminuzione delle perdite per trasmissione Q_{TRANS} attraverso la curtain wall in quanto, grazie alla presenza della serra, la temperatura superficiale esterna dell'involucro risulta essere maggiore della temperatura dell'ambiente esterno;
- i guadagni gratuiti interni Q_{G-INT} rimangono costanti;
- diminuzione dei guadagni solari gratuiti $Q_{SOL-GAIN}$ a causa della presenza della serra che va a schermare maggiormente la radiazione solare entrante.

La presenza della serra, quindi, anche se va ad incidere i guadagni solari, incide positivamente sulle perdite per trasmissione portando ad una diminuzione del fabbisogno di energia utile per la climatizzazione invernale ben superiore al 20% (come richiesto dalla normativa della Regione Lombardia).

Si esegue una seconda analisi in merito ad una possibile diversa configurazione del layer intermedio ai cuscinetti di ETFE nelle mezze stagione, in particolare dal 1 al 15 aprile e dal 1 al 15 ottobre; avendo temperature esterne più alte e maggiore radiazione solare incidente, anche se il sistema risulta ancora nella configurazione chiusa, potrebbe essere utile abbassare il valore del fattore solare della serra da 0,69 a 0,35.

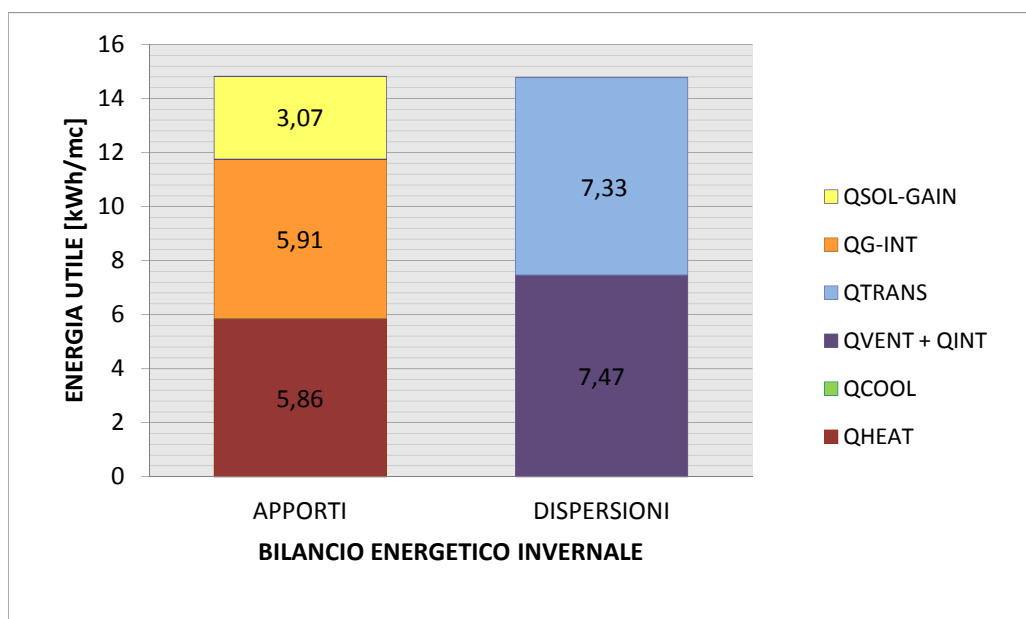


Grafico 10.6 – Bilancio energetico invernale con serra (configurazione 2) [kWh/m³]

L'utilizzo dell'una o dell'altra configurazione non porta, come si evince dai grafici precedenti, a sostanziali benefici.

Per stimare, in prima approssimazione, il consumo di energia primaria dell'edificio, è possibile incrementare il valore ottenuto di energia utile per il riscaldamento aumentando del 15% le perdite per trasmissione (per tenere conto della presenza di eventuali ponti termici) e del 25% il totale energetico per considerare le dispersioni dell'impianto di riscaldamento. Si ottiene così un valore indicativo pari a 8,65 kWh/m³ annui.

Viene rispettato il limite di energia primaria EP_i precedentemente calcolato in funzione del fattore di forma e , in base ai valori relativi alle classi energetiche espresse nel D.M. 26/06/2009, l'edificio si classifica in Classe C.

	CLASSE A_i +	< 0,25 $EP_{i,lim}$
0,25 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE A_i	< 0,50 $EP_{i,lim}$
0,50 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE B_i	< 0,75 $EP_{i,lim}$
0,75 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE C_i	< 1,00 $EP_{i,lim}$
1,00 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE D_i	< 1,25 $EP_{i,lim}$
1,25 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE E_i	< 1,75 $EP_{i,lim}$
1,75 $EP_{i,lim}$ <	CLASSE F_i	< 2,50 $EP_{i,lim}$
	CLASSE G_i	> 02,50 $EP_{i,lim}$

Tabella 10.10 – Scala di classi energetiche espressione della prestazione energetica per la climatizzazione invernale EP_i (fonte D.M. 26/06/09)

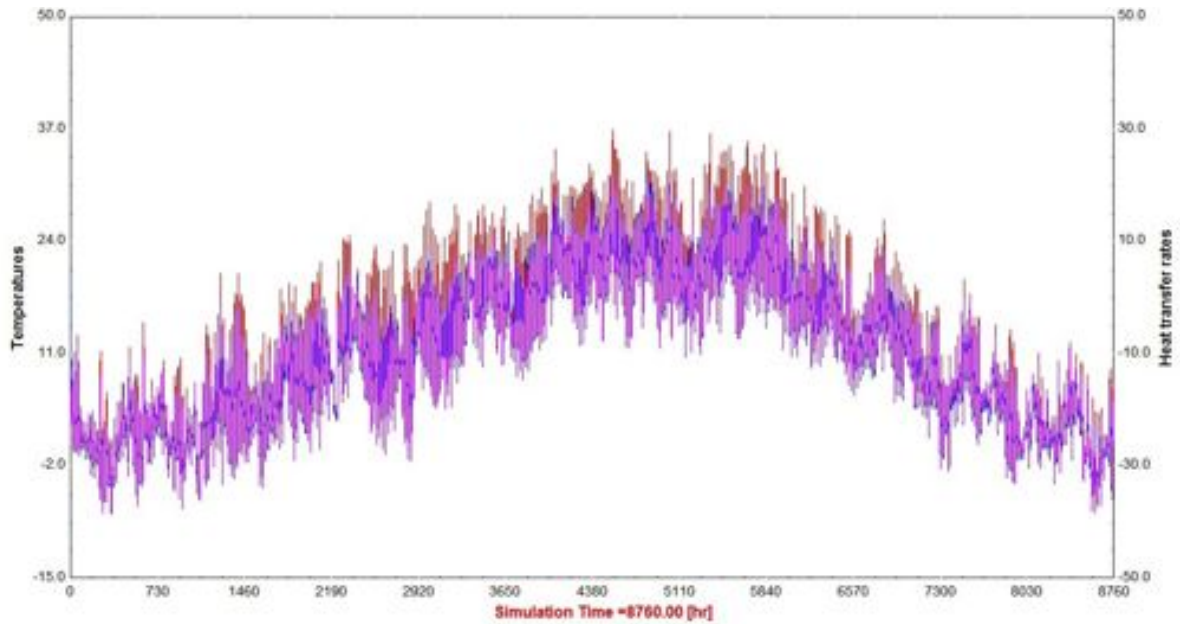


Grafico 10.7 – Andamento della T_s , senza serra

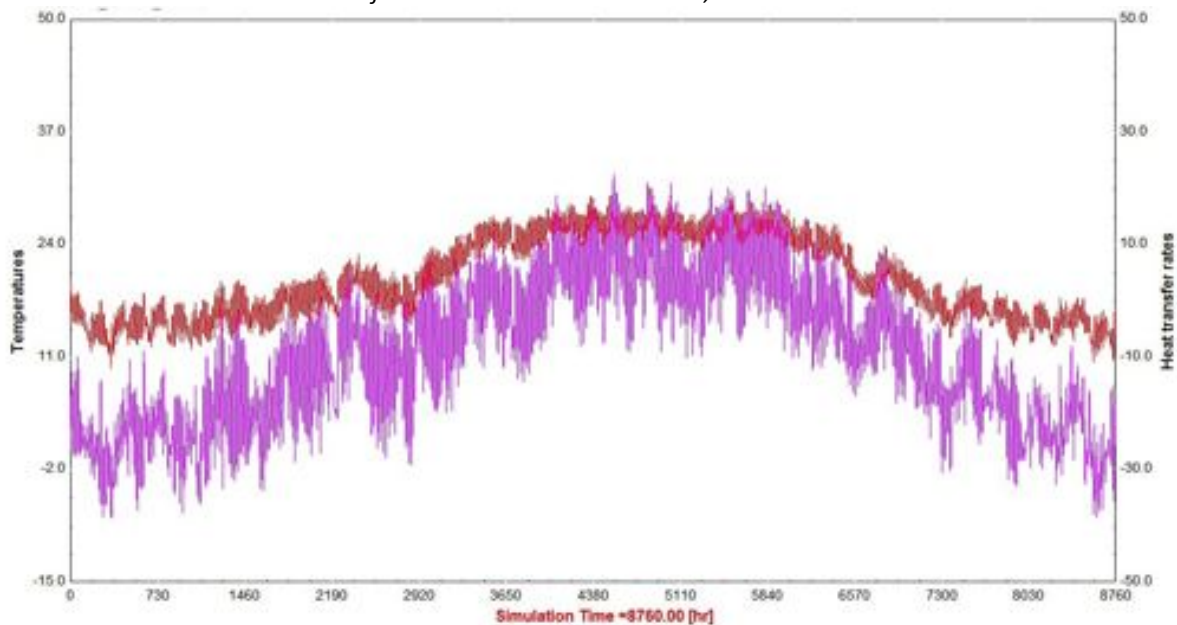


Grafico 10.8 – Andamento della T_s , con serra

Dai due grafici precedenti si intuisce come la temperatura superficiale esterna della curtain wall non segua più l'andamento della temperatura dell'ambiente esterno, ma che, grazie alla presenza della serra solare, la quale funge da spazio cuscinetto, rimane in un range di valori compreso tra 14 °C e 18°C con punte di 21°C nelle mezze stagioni.

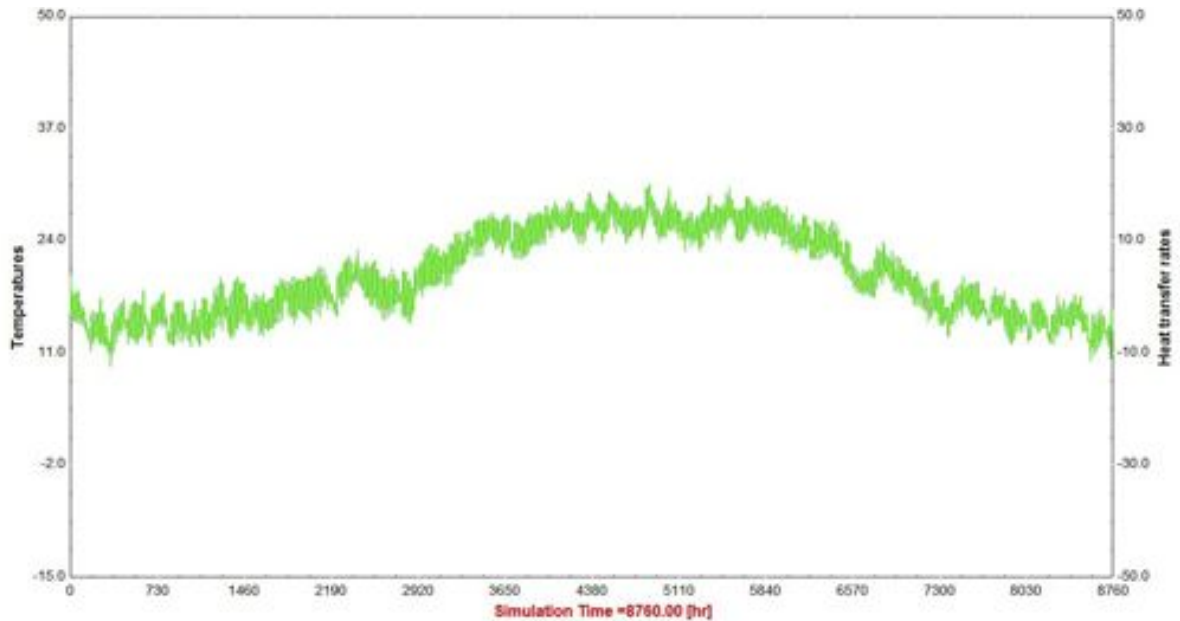


Grafico 10.9 – Andamento della temperatura all'interno della serra

Viene inoltre ad essere verificata l'assenza di condensa su tutte le superfici interne alla serra:

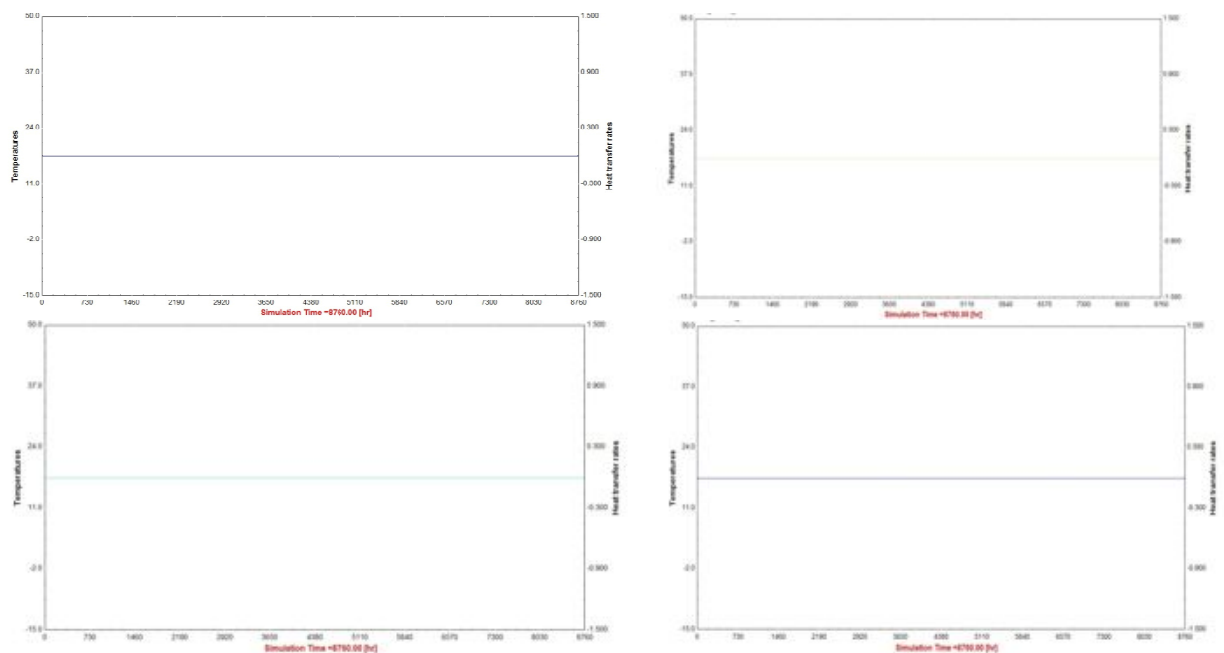


Grafico 10.10 – Verifica alla condensa

Altro fattore considerato è la diminuzione della desimmetrizzazione termica, ovvero della differenza tra la temperatura ambiente e la temperatura superficiale interna dalla curtain wall che potrebbe portare discomfort termico agli utenti.

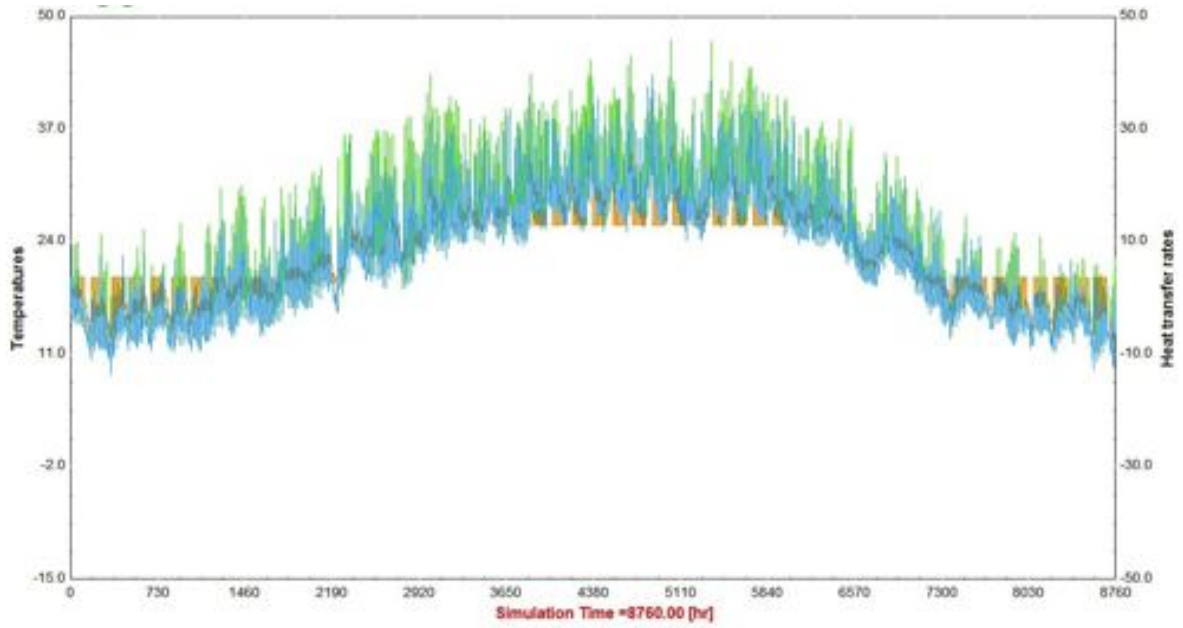


Grafico 10.11 – Andamento della temperatura ambiente interna e della T_s senza serra

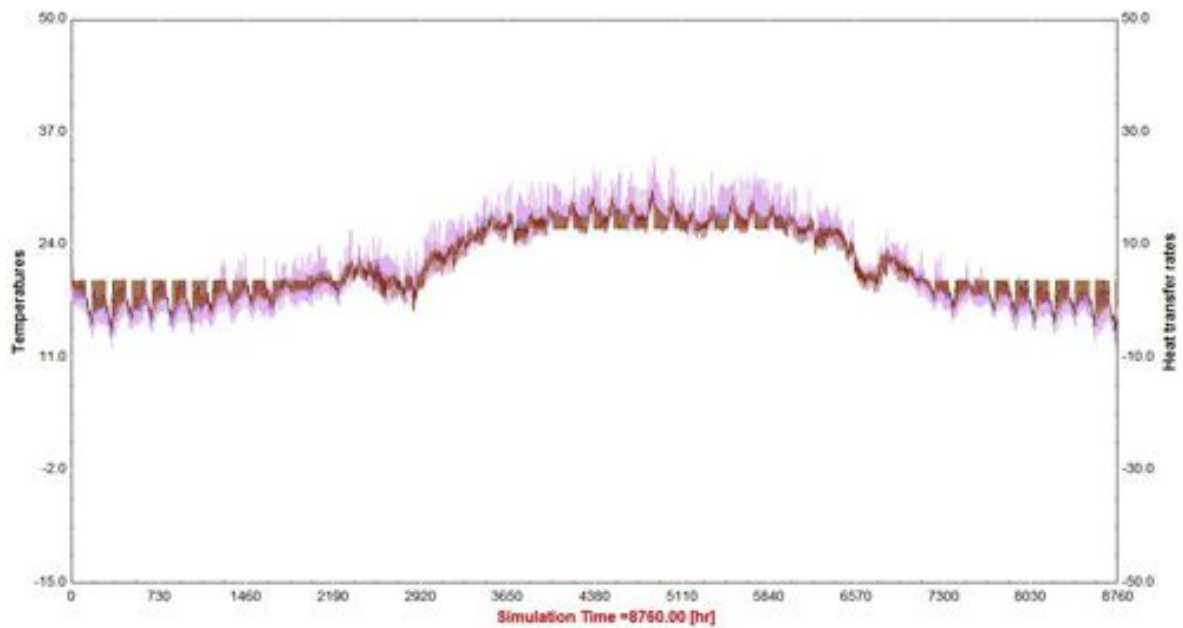


Grafico 10.12 – Andamento della temperatura interna e della T_s con serra

CAPITOLO 11

PROPOSTE DI RIQUALIFICAZIONE IMPIANTISTICA

11.1 Relazione antincendio

11.1.1 Progettazione antincendio

Secondo il D.M. 22/02/2006 -Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici- l'edificio in esame, avente un'altezza antincendio pari a 42,41 m, viene classificato, in relazione al numero di presenze, di tipo 2.

Tipo 1	da 26 fino a 100 presenze
Tipo 2	da 101 fino a 300 presenze
Tipo 3	da 301 fino a 500 presenze
Tipo 4	da 501 fino a 1000 presenze
Tipo 5	con oltre 1000 presenze

Tabella 11.1 – Classificazione (fonte D.M. 22/02/2006)

L'edificio in cui sono ubicati gli uffici, è di tipo isolato (classificazione "a"), ovvero non è a destinazione mista.

L'accessibilità all'area per consentire l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco è assicurata sul lato est, verso i parcheggi del centro commerciale; la rampa d'accesso di via Bruno Buozzi presenta i requisiti minimi richiesti dalla normativa, quali:

- larghezza 3,50 m;
- altezza di libero passaggio 4,00 m;
- raggio di manovra 13,00 m;
- pendenza non superiore al 10%;
- resistenza al carico di almeno 20 tonnellate (8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore, passo 4,00 m).

L'edificio, essendo caratterizzato da un'altezza antincendio superiore a 12 m, presenta inoltre la possibilità di accostamento dell'autoscala sul medesimo lato est, verso il centro commerciale, per consentire l'accesso dei soccorsi a tutti i locali di piano.

Tutte le strutture ed i sistemi di compartimentazione garantiscono rispettivamente requisiti di resistenza al fuoco R e REI/EI almeno pari a 90, in quanto l'altezza antincendio risulta essere compresa tra 24 e 54 m.

Altezza antincendio	Caratteristiche R e REI/EI
<i>piani interrati</i>	90
< 24 m	60
compresa tra 24 e 54 m	90
> 54 m	120

Tabella 11.2 – Caratteristiche di resistenza al fuoco (fonte D.M. 22/02/2006)

Anche le strutture in acciaio a sostegno della nuova superficie di solaio sono state trattate con vernici intumescenti per la protezione dal fuoco fino a 90 minuti.

Per quanto riguarda l'ipotesi di massimo affollamento, per il calcolo delle larghezze delle vie di esodo, si è fatto riferimento al numero degli addetti effettivamente presenti al piano (30 persone) incrementato del 20% e si sono considerati due piani contigui della torre. La

capacità di deflusso attraverso un modulo unitario di passaggio, viene assunta pari a 50. Si ottiene una larghezza minima delle vie di esodo pari a 1,20 m.

Gli interventi di adeguamento alla normativa antincendio, che sono stati operati sul connettivo verticale, hanno permesso di soddisfare le misure minime di passaggio, ricavando all'interno degli esistenti setti in c.a. una scala antincendio. Quest'ultima è di tipo a prova di fumo, provvista di apertura di aerazione in sommità di superficie pari a 1 mq; presenta un accesso per ogni piano da filtro a prova di fumo, areato direttamente verso l'esterno tramite apertura di 1mq e dotato di parapetto a giorno con affaccio a sud, verso la copertura del centro commerciale. La scala ha ampiezza pari a 150 cm, con larghezza utile, al netto del corrimano, pari a 140 cm; non è di tipo rettilineo, ma si divide in tre rampe intervallate da due pianerottoli di riposo da 150x150 cm; i gradini hanno alzata e pedata costanti pari a, rispettivamente, 17 cm e 30 cm. Il connettivo è fornito di porte aventi resistenza al fuoco EI 90, dotate di congegno di autochiusura e caratterizzate da doppio modulo di apertura pari a 80 cm (passaggio netto 140 cm).

Sul versante sud del connettivo verticale, costituente compartimento antincendio, è stato inoltre installato un ascensore antincendio (obbligatorio per edifici aventi altezza antincendio superiore a 32 m), con portata di 1000 kg e dimensioni nette interne della cabina pari a 210x110 cm, è quindi adatto anche ad uso montalettighe; l'ascensore presenta un accesso doppio adiacente: verso il sottopassaggio tra torre e centro commerciale, al piano terra, e verso il locale filtro a prova di fumo esterno, per tutti gli altri piani.

La sala conferenze con capienza pari a 45 persone è servita da due uscite pari a 1,20 m, che immettono nel sistema di vie di uscita del piano; le sale corsi con capienza inferiore a 25 persone, sono state fornite di un'unica uscita pari a 0,80 m; mentre i locali con capienza superiore alle 25 persone sono stati forniti di un'unica uscita pari a 1,20 che immette nel sistema di vie di fuga del piano.

Pur rispettando la lunghezza massima delle vie di uscita (che risulta sempre inferiore a 30 m), e anche se le presenza a piano sono inferiori a 50, non si è riuscita ad assicurare la doppia uscita d'emergenza contrapposta. Si ritiene quindi necessaria l'installazione di un aggiuntivo impianto di rilevazione e segnalazione antincendio e impianto di spegnimento automatico incendio con sistema tipo water-mist, il quale, necessitando di accumuli d'acqua molto ridotti e tubazioni di distribuzione a bassissima sezione, risulta essere facilmente integrabile nello spessore delle travi ribassate (il vincolo dell'altezza netta di interpiano pari a 2,70 m, rappresenta infatti un forte ostacolo all'integrazione impiantistica).

Gli ugelli componenti il sistema sono di tipo a secco, in quanto le tubazioni non vengono mantenute piene d'acqua, e l'attivazione dell'impianto avviene in modo automatico tramite un sistema di rivelazione incendi. Le tubazioni sono in acciaio inossidabile con diametri che vanno da 12 a 60 mm. Il gruppo pompe elettrico è dotato di un piccolo serbatoio d'accumulo e di un quadro elettrico di controllo, il tutto installato nel locale pompe ricavato al piano terreno; l'alimentazione avviene direttamente dalla rete idrica. Nello stesso locale macchine trovano posto anche le bombole di gas che permettono la pressurizzazione e la nebulizzazione delle gocce d'acqua.

11.1.2 Compartimentazione antincendio

Per quanto concerne il sistema di compartimentazione, si fa riferimento alle superfici massime indicate nella seguente tabella:

Altezza antincendio [m]	Uffici isolati "a" [m ²]	Uffici misti "b" [m ²]
sino a 12	6000	4000
da 12 a 24	4000	3000
da 24 a 54	2000	1500
oltre 54	1000	1000

Tabella 11.3 – Limiti di compartimentazione (fonte D.M. 22/02/2006)

Si adotta il valore di limite massimo pari a 2000 mq, anche considerando più piani contigui. Quindi, si avrà un primo compartimento dato dal piano terra, il quale ospita tutti i locali tecnici della torre, avente una superficie di 460,28 m²; un secondo compartimento che ingloba tutti i livelli dal piano primo al sesto, per un totale di 2072,84 m²; un terzo compartimento che va dal settimo al tredicesimo piano, per un totale di 2045,99 m² e il connettivo verticale, costituente anch'esso compartimento antincendio, con una superficie in pianta di 50 m² e che si estende per tutta l'altezza dell'edificio.

Ai fini della compartimentazione degli ambienti, si è provveduto alla risoluzione del problema relativo alla propagazione dell'incendio, da un piano all'altro dell'edificio, attraverso lo spazio esistente tra la testa di solaio ed il piano di facciata; tale intercapedine, infatti, rappresenta il punto debole della curtain wall, in quanto il tiraggio, indotto dall'effetto camino, spinge i fumi e le fiamme a salire lungo il lato interno della chiusura.

Si è intervenuto, in tal senso, ancorando l'elemento opaco della chiusura esterna alla testa di solaio, per non consentirne il distacco e limitare la propagazione delle fiamme dall'esterno; per lo stesso spandrel sono stati adottati pannelli in lana minerale ad alta densità rivestiti con mastice intumescente a base di polimeri acrilici per una perfetta tenuta contro il passaggio di fumo, calore e fiamma; gli attraversamenti causati dal sistema d'ancoraggio sono opportunamente schiumati con schiuma antincendio monocomponente poliuretana. In generale, in tutti gli altri piani, è stato eliminato l'uso di pannelli in poliuretano e polistirene per l'isolamento degli elementi spandrel, in quanto costituiscono fonte di emissione di sostanze tossiche e nocive per l'uomo.

Per l'isolamento dell'intercapedine tra la testa di solaio e l'involucro vengono utilizzati pannelli in fibre di cellulosa ignifughi.

Anche la scelta della vetrocamera può incidere sulla progettazione antincendio: si scelgono, infatti, vetri esterni temprati, che non rechino danno in caso di rottura e caduta a terra, e vetri interni stratificati con film plastici resistenti al calore d'incendio, in grado di trattenere i frammenti delle pareti vetrate.

In merito alla seconda pelle di facciata, non si hanno particolari problematiche di propagazione dei fumi e del calore, in quanto l'ETFE, in caso d'incendio, prima si buca, lasciando fuoriuscire i gas caldi ed evitando il surriscaldamento delle strutture, poi, alla temperatura di 275 °C, si scioglie senza lasciar cadere gocce di materiale incandescente.

11.2 Relazione impianto di climatizzazione

L'edificio oggetto del questo elaborato presenta molti vincoli che limitano in maniera considerevole l'integrabilità degli impianti. Per questo motivo si sono scelte soluzioni impiantistiche il cui impatto potesse essere, per quanto possibile, ridotto al minimo.

Il problema si è ovviamente riproposto anche per l'impianto di climatizzazione invernale ed estiva: la difficoltà di poter portare all'interno degli ambienti canali d'areazione, anche di

una considerevole sezione, senza poter utilizzare sistemi di controsoffittatura, ha indirizzato la scelta verso un altro sistema impiantistico, del tipo ad acqua.

Nello specifico, si è scelto di operare il riscaldamento, il raffrescamento e la ventilazione con un unico elemento rappresentato dalla trave fredda attiva. Questa permette l'installazione sospesa a vista, l'integrabilità con l'impianto di illuminazione, non necessita di una doppia canalizzazione per l'aria primaria e si evita la dislocazione, in tutto l'ambiente, di bocchette sia di mandata che di ritorno.

Le travi fredde attive sono sistemi di condizionamento dell'aria utilizzati per lo smaltimento del carico sensibile presente in ambiente (fino ad un massimo di 120 kW/m²); il carico latente viene gestito tramite l'immissione di aria primaria adeguatamente deumidificata per evitare il rischio di formazione di condensa. Questi diffusori d'aria sfruttano il principio induttivo o convettivo prodotto dall'aria primaria proveniente dall'UTA per richiamare l'aria ambiente che, attraverso la batteria di scambio, viene raffrescata. La portata d'aria all'interno della batteria, gestisce la modulazione dei carichi per ogni singolo ambiente rendendo possibile una gestione delle temperature zona per zona.

Come accennato in precedenza, a seconda del processo alla base dello scambio termico, le travi attive si dividono in convettive ed induttive:

- le travi convettive operano in modo autonomo il ricambio d'aria necessario alla gestione del carico latente;
- le travi induttive basano il loro funzionamento su un processo in cui l'aria primaria entra in ambiente attraverso un sistema di ugelli, generando una zona di depressione che richiama l'aria ambiente. L'aria calda richiamata da questo meccanismo passa attraverso la batteria per essere raffrescata prima di miscelarsi a quella primaria, e la combinazione delle due viene poi reintrodotta in ambiente.

La quantità d'aria richiamata dipende dalla portata e dalla prevalenza dell'aria primaria, incidendo anche fortemente sulle prestazioni della trave. Il fattore di induzione tipico è pari a 3-4, per cui, ad ogni volume di aria primaria immesso, corrisponde una movimentazione totale di circa quattro volumi aria.

Il fluido termovettore che attraversa la batteria, gestisce i carichi termici in ambiente, aprendo e chiudendo la valvola di alimentazione dell'acqua, per avere una regolazione puntuale della zona di riferimento. La mancanza di una vasca di raccolta per la condensa, migliora le condizioni igieniche dell'ambiente.

Al fine di non incorrere nel rischio di formazione della condensa, la batteria degli impianti a trave opera ad una temperatura dell'acqua d'ingresso di circa 15 °C; nel caso si verificano sbalzi di carico latente che possano pregiudicare il funzionamento del sistema, si utilizzano delle sonde le quali, in caso di rischio condensa, chiudono la valvola di alimentazione.

11.2.1 Schema funzionale

Torre Lodi beneficia della presenza di un allacciamento alla rete di teleriscaldamento e, al piano terra, ne troviamo già la sottocentrale. Si integrano allora le nuove ipotesi impiantistiche con le condizioni preesistenti⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Riferimento tavola n° XX

La già esistente sottocentrale di teleriscaldamento verrà quindi sfruttata per alimentare una pompa ad assorbimento che produrrà il fluido refrigerante per le batterie di raffreddamento sia dell'UTA sia della trave attiva; le batterie di riscaldamento e di post-riscaldamento saranno invece alimentate direttamente dal fluido in uscita allo scambiatore primario della sottocentrale di teleriscaldamento.

L'unità di trattamento aria e la torre evaporativa della pompa di calore ad assorbimento saranno entrambe installate sulla copertura del centro commerciale.

Per quanto riguarda l'impianto ACS, anche questo verrà alimentato dalla rete di teleriscaldamento tramite tre differenti scambiatori secondari, installati in tre differenti locali tecnici, propri, rispettivamente, della torre uffici, del centro fitness e dell'asilo nido. Gli scambiatori secondari andranno ad alimentare la serpentina dei relativi bollitori aventi volumi d'accumulo pari a 1500 litri per gli uffici, 1300 litri per la palestra e 800 litri per l'asilo. In particolare, il solo bollitore degli uffici sarà di tipo solare a doppia serpentina, collegato ad un campo di collettori solari installati sulla copertura del centro commerciale.

Gli impianti di climatizzazione delle aree polifunzionali della collinetta, sono tra di loro indipendenti e caratterizzati dall'installazione, integrata nel controsoffitto, di recuperatori termodinamici attivi.

La parete di chiusura verticale trasparente esposta a sud, inoltre, presenterà moduli fotovoltaici costituiti da celle solari collegate tra loro e inserite tra due lastre di vetro, accoppiate a vetro interno isolante per non inficiare le prestazioni d'isolamento della curtain wall.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha condotto la progettazione di un nuovo involucro per Torre Lodi, in stretto rapporto ad un intervento di riqualificazione funzionale ed energetica per l'intero edificio. Tale elaborazione è stata possibile attraverso l'integrazione di diversi scenari progettuali, tutti coinvolti per conseguire gli obiettivi fondamentali a base di progetto.

In primo luogo rispondere all'esigenza della committenza di fornire una nuova immagine e un nuovo significato all'edificio in questione. Questo è stato affrontato proponendo un nuovo volume all'interno dell'impaginato strutturale esistente, evitando al massimo demolizioni ed ottimizzando la superficie utile disponibile, e attraverso l'attento studio del pattern di facciata. In più la proposta d'intervento di riqualificazione del contesto urbano, ha dato nuova funzionalità all'intera area insediativa. E' stato previsto l'inserimento di nuovi volumi e destinazioni a ridosso dell'edificio, al servizio degli occupanti e della comunità cittadina, come l'asilo nido, l'area wellness, aree di ristoro e d'aggregazione, la generazione di un asse verde urbano.

La composizione formale ha interagito quasi naturalmente all'obiettivo di garantire alti comfort abitativi per gli spazi interni di progetto. La pianta interna dell'edificio è stata ripensata in funzione dell'esposizione e della percezione visiva dell'utente. Da pianta quadrata è stata scomposta in moduli in aggetto, formanti corner office per i prospetti ad ovest ed est, una chiusura verticale a pianta ellissoidale a nord, punto panoramico verso il centro città.

Il sistema tecnologico di facciata proposto, una doppia pelle composta da curtain wall interna e pelle esterna dinamica costituita da cuscini pneumatici trasparenti in ETFE, permette di raggiungere buone prestazioni i termini di:

- trasmittanza termica: la sola parete interna presenta valori di trasmittanza pari a $1,19 / 2$ per la componente trasparente, $0,86 / 2$ per la parte opaca; la pelle esterna ha un valore complessivo di $2,01 / 2$;
- resistenza meccanica, con la capacità di resistere in maniera soddisfacente a deformazioni indotte da carichi accidentali e dinamici ed una buona resistenza al fuoco;
- permeabilità all'aria, al vapore ed all'acqua, grazie alle soluzioni di raccordo adottate, che evitano la formazione di condense e garantiscono ottima tenuta;
- manutenibilità, incrementata dalla modularità delle singole unità, sulle quali è possibile intervenire isolatamente, senza compromettere le prestazioni del sistema.

Le simulazioni relative alle prestazioni energetiche (termoigrometriche e d'illuminamento), condotte nella parte finale della tesi, hanno permesso di valutare le caratteristiche del sistema di facciata dinamica a doppia pelle e la sua capacità di contribuire alla riduzione del fabbisogno energetico dell'ambiente confinato.

Rimandando a futuri sviluppi della ricerca valutazioni analitiche di dettaglio in merito all'analisi della fluidodinamica dell'intercapedine (movimento dei moti dell'aria e reale trasmittanza del sistema calcolate in funzione delle temperature superficiali reali) e della prestazione di isolamento acustico, poiché queste valutazioni possono essere fatte solo in una fase conseguente ad un monitoraggio in opera del sistema ed ad una successiva simulazione con software dedicati, in questo momento d'indagine scientifica ci siamo concentrati sulle simulazioni del fabbisogno d'energia primaria per il condizionamento, per comprendere se il sistema sviluppato garantisce vantaggi prestazionali.

BIBLIOGRAFIA

Foged I.W., Kirkegaard P.H. (2012), *“Involucro architettonico adattabile”*, Casa&Clima, n.35, annoVII, gennaio – febbraio 2012, Milano, Quine Editore;

Burry Mark (2011), *“Scripting Cultures: Architectural Design and Programming”*, London, John Wiley & sons;

Gengnagel C., Kilian A., Palz N., Scheurer F. (2011), *“Computational Design Modeling”*, Berlin, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K;

Menges Achim, Ahlquist Sean (2011), *“Computational Design Thinking”*, London, John Wiley & sons;

Burry Jane, Burry Mark (2010), *“The new mathematics of architecture”*, London, John Wiley & sons;

ETH Zurich CAAD, Hovestadt Ludger, Menges A. (2010), *“Beyond the Grid - Architecture and Information Technology”*, Basel, Birkhäuser;

Paoletti Ingrid (2010), *“Costruire le forme complesse. Innovazione, industrializzazione e trasferimento per il progetto di architettura”*, Milano, Maggioli Editore

Venturelli Giuliano (2010), *“La modellazione parametrica dell’involucro”*, Frames,n.149, novembre-dicembre 2010, Milano, Il Sole24ore, pp.30-35;

Schumacher M., Sohaeffer O., Vogt M. (2010), *“MOVE: Architecture in Motion - Dynamic Components and Elements”*, London, John Wiley & sons;

Schropter Thomas (2010), *“Material Design - Informing Architecture by Materiality”*, London, John Wiley & sons;

Campiooli A., Zanelli A. (2009), *“Architettura tessile_progettare e costruire membrane e scocche”*, Milano, Il Sole 24ore

Gramazio Fabio, Kohler Matthias (2008), *“Digital materiality in architecture”*, Baden, Lars Muller Publishers

LeCuyer Annette (2008), *“ETFE_Technology and Design”*, Basel-Boston-Berlin, Birkhauser;

Sakamoto T., Ferre A., Kubo M. (2008), *“From control to design”*, Barcelona, ACTAR;

Reiser J, Umemoto N. (2006), *Atlas of novel tectonics*, Princeton Architectural Press;

Kolarevic Branko , Malkawi Ali (2005), *“Performative Architecture Beyond Instrumentality”*, New York, London, Taylor & Francis;

Kolarevic Branko (2003), *“Architecture in the digital age : design and manufacturing”*, New York, London, Taylor & Francis;

Balmond Cecil, Smith Jannuzzi (2002), *“ Informal”*, Munich,Berlin, London, New York, PRESTEL;

Tucci Fabrizio (2001), *“Ecoefficienza dell’involucro architettonico”*, Roma, Ed.Dedalo;

Riferimenti normativi e legislativi

Decreto n. 5796 dell’11 giugno 2009_Aggiornamento delle procedure di calcolo per la certificazione energetica degli edifici;

UNI EN 15193:2008_Requisiti energetici per l’illuminazione;

UNI EN 13363-1:2008_Calcolo della trasmittanza solare e luminosa, Metodo semplificato;

CNR DT 207/2008: *“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”*, 17 gennaio 2008, Roma, CNR;

DM 14.1.2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni”;

UNI EN 13947:2007_Prestazione termica delle facciate continue, Calcolo della trasmittanza termica;

UNI EN 10077-2:2004_Prestazione termica di finestre, porte e chiusure, Calcolo della trasmittanza termica, Metodo numerico per i telai;

UNI EN 12464-1:2004_Illuminazione dei posti di lavoro;

UNI EN 832_Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento (Edifici residenziali);

EUROCODICE 3 (Strutture in acciaio).

Indice degli allegati

Allegato 1 – Progettazione e fabbricazione digitale – Network Research	3
Allegato 2 – Tavole di progetto	3
Tavola 1.00 – Analisi urbana.....	3
Tavola 1.01 – Analisi dello stato di fatto e dell’uso del suolo.....	3
Tavola 1.02 – Rilievo fotografico	3
Tavola 1.03 – Analisi ambientale	3
Tavola 1.04 – Piante stato di fatto.....	3
Tavola 1.05 – Sezioni stato di fatto	3
Tavola 1.06 – Pianta strutturale stato di fatto.....	3
Tavola 2.00 – Proposte di riqualificazione urbana	3
Tavola 3.00 – Planimetria generale	3
Tavola 3.01 – Planimetria P.T. e 1°P.	3
Tavola 3.02 – Pianta P.T. architettonico.....	3
Tavola 3.03 – Pianta P.T. quotato.....	3
Tavola 4.00 – Form finding	3
Tavola 4.01 – Concept Guide Line	3
Tavola 4.02 – Modelli DAS.....	3
Tavola 4.03 – Volume 1	3
Tavola 4.04 – Volume 2	3
Tavola 4.05 – Volume 3	3
Tavola 5.00 – Piante	3
Tavola 5.01 – Piante	3
Tavola 5.02 – Pianta piano tipo esecutivo.....	3
Tavola 5.03 – Pianta piano tipo esecutivo.....	3
Tavola 5.04 – Pianta piano tipo esecutivo.....	3
Tavola 5.05 – Pianta strutturale	3
Tavola 5.06 – Sezione architettonica.....	3
Tavola 5.07 – Sezione esecutiva	3
Tavola 5.08 – Sezione esecutiva	3
Tavola 5.09 – Abaco chiusure.....	3
Tavola 5.10 – Particolari costruttivi.....	3
Tavola 6.00 – Sketch pattern di facciata.....	3
Tavola 6.01 – Algoritmi generativi.....	3
Tavola 6.02– Modello di studio	3
Tavola 6.03 – Prima modellizzazione del sistema di facciata	3
Tavola 6.04 – Concept Guide line di facciata.....	3
Tavola 6.05 – Concept Pattern di facciata	3
Tavola 6.06 – Concept configurazione di facciata	3
Tavola 7.00 – Sistema tecnologico di facciata	3

Tavola 7.01 – Sistema tecnologico di facciata	3
Tavola 7.02 – Pianta sistema tecnologico di facciata	3
Tavola 7.03 – Sezione verticale sistema tecnologico di facciata	3
Tavola 7.04 – Sezione orizzontale C.T.V (A B E).....	3
Tavola 7.05 – Sezione orizzontale C.T.V (C D)	3
Tavola 7.06 – Composizione montante e traverso seconda pelle	3
Tavola 7.07 – Chiusura superiore seconda pelle	3
Tavola 7.08 – Attacco tipo seconda pelle	3
Tavola 7.10 – Particolare d’angolo seconda pelle	3
Tavola 7.11 – Abaco seconda pelle	3
Tavola 8.00 – Schema funzionale impianto climatizzazione.....	3

POLITECNICO
DI MILANO



Progettazione e Fabbricazione digitale – NetworkResearch Allegato 1

FACOLTA' DI INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA

Tesi di Laurea Magistrale in INGEGNERIA DEI SISTEMI EDILIZI

Recladding Lodi Tower – Riqualificazione funzionale ed energetica di un edificio a torre
A.A. 2011/2012

RELATORE: Prof. Emilio PIZZI

CORRELATORE: Ing. Pierpaolo RUTTICO

NETWORK RESEARCH
School/Laboratory/Spin-off

Tag / Keywords	School/Laboratory/Spin-off	Type	Sector	Web address	Country	Contact's Name	Contact's Surname	Job title	E-mail	Phone number	Address	City	ZIP Code
Computational Design	AA design and make	Laboratory	Architecture, Fine Arts, Design	http://designandmake.aaschool.ac.uk	United Kingdom	Martin	Self	Director	webmaster@aaschool.ac.uk	020 7887 4000	36 Bedford Square	London	WC1B 3ES
Robotic fabrication	Sharjah	School	Architecture, Fine Arts, Design	www.sharjah.ac.ae	UAE			Director	info@sharjah.ac.ae	+971 6 5063441		Sharjah	27272
Robotic fabrication	Architectural Association (AA)	School	Architecture, Architecture, Art, Design	http://www.aaschool.ac.uk/	United Kingdom			Professor	arcwebm@andrew.cmu.edu	+44 207887 4111	36 Bedford Square	London	WC1B 3ES
Robotic fabrication	Carnegie Mellon University	School	Architecture, Art, Design	www.cmu.edu	Pennsylvania, USA	Omer	Akin	Professor			201 College of Fine Arts	Pittsburgh	15213
Digital Crafting	Cita	School	Architecture	http://www.karch.dk/uk	Denmark	Mette	Ransgard	Professor	mette.thomsen@karch.dk	+45 3268 6000	Philip de Langes Allé 10	Kbh	1435
Digital Design and Fabrication	DDF	School	Architecture	http://arch.ttu.edu	Texas, USA	Maria	Perbellini	Associate Professor	info@pongatz-perbellini.com	8067423169	Mail Stop 42091	Lubbock	79409
Computational Design	DRL	Laboratory	Architecture	http://www.aaschool.ac.uk/STUDY/GRAD	United Kingdom	Theodore	Spyropoulos	Director	webmaster@aaschool.ac.uk	020 7887 4000	36 Bedford Square	London	WC1B 3ES
Digital fabrication, Additive production	ETH	Laboratory	Architecture, Digital fabrication	http://www.dfab.arch.ethz.ch	Switzerland	Tobias	Bonwetsch	Senior researcher	bonwetsch@arch.ethz.ch	+41 44 633 4906	Hoenggerberg, HIL F 56 Wolflig-ang-Pauli-Str. 15	Zurich	8093
Robotic fabrication	EZCT Architecture & Design Res	Laboratory	Architecture, Design	www.ezct.net	France				info@ezct.net	+33 1 42 40 19 81	85, rue Anelot	Paris	F-75011
Robotic fabrication	Graz University of Technology	School	Architecture, Art, Design	www.tugraz.at	Austria				info@tugraz.at	+43 316 873/0	Rechbauerstr. 12	Graz	8010
Robotic fabrication	Harvard University	School	Architecture, Art, Design	www.harvard.edu	Massachusetts, USA	Preston	Cohen	Professor Chairman		6174951000	48 Quincy Gund Hall	Cambridge	2138
Non-standard, Virtual and Interactive architectures	Hyperbody	School	Architecture, Art, Design	http://www.hyperbody.nl	Netherlands	Kas	Oosterhuis	Director/Head of program	K.Oosterhuis@hude.nl	(015) 278 98 05	Julianalaan 134	Delf	2628
Computational Design	ICD	School	Architecture, Art, Design	http://www.icd.uni-stuttgart.de	Germany	Achim	Menges	Director/Head of program	mail@icd.uni-stuttgart.de	+49 711 685 819 20	Kepplerstrasse 11	Stuttgart	D-70174
Graphics and Vision	IITD	School	Computer Science	http://www.cse.iitdernet.in	India	Niloy J.	Mitra	Professor	niloy@cse.iitdernet.in	+91 11 2658 2283		New Delhi	110 016
Digital art, Electronic art	Institute for experimental architecture.hochbau Lab(au)	Laboratory	Architecture	http://www.exparchi.at	Austria	Patrik	Schumacher	Professor	hochbau@ilbka.ac.at	+43 512 507 6781	Technikerstrasse 13 Rue di Laeken 104	Innsbruck Brussels	A-6020 1000
Robotic fabrication	Massachusetts Institute of Tech	School	Architecture, Art, Design	www.mit.edu	Massachusetts, USA	Michael	Fox	Senior researcher	mafox@foxlin.com	+1 310 621 5685	77 Massachusetts Avenue	Cambridge	2139
Surface research-design, Design of material structures	NSO	Laboratory	Architecture, Design, Arts	http://nonlinear-systems.org	Pennsylvania, USA	David	Leatherbarrow	Interim Chairman	brshawm@design.upenn.edu arch@design.upenn.edu	215 898 5728	207 Meyerson Hall	Philadelphia	19104-6311
Computational Design	p-art	Laboratory	Architecture, Engineering	http://www.akt-uk.com	United Kingdom					+44 20 7250 7777	100 St John Street UNIT 38 Mahatma Gandhi Industrial Estate Milkwood Road Herne Hill	London	EC1M 4EH
Robotic fabrication	Robofold	Laboratory	Architecture, Art, Design	www.robofold.com	United Kingdom					+44 20 7737 7760		London	SE24 0JF
Fabrication technologies, Generative modeling, Interactive architecture	srpJAB	Laboratory	Architecture, Design	http://www.srpjlab.net	Arkansas, USA	Santiago	Perez	Senior researcher	sperez@uark.edu	479-575-4705	112 W. Center St	Fayetteville, AR	72701
Computational Design, Robotic fabrication	The Bartlett UCL	School	Multidisciplinary, Architecture, Engineering, Built Environment	http://www.bartlett.ucl.ac.uk	United Kingdom	Alan	Penn	Professor	a.penn@ucl.ac.uk	+44 20 7679 2000	Wates House, 22 Gordon Street	London	WC1H 0QB
Fabrication technologies, Generative modeling	The University of Tokyo	School	Architecture, Engineering	http://www.u-tokyo.ac.jp	Japan					+81 3 5841 6009	Todai-Koenai	Tokyo	1500042
Robotic fabrication	University of Michigan	School	Architecture, Art, Design	www.tcaup.umich.edu	Michigan, USA	Milton	Curry	Associate Dean	TaubmanCollegeCommunications@umich.edu	734 764 1300	2000 Bonisteel Boulevard	Ann Arbor	48109-2069
Robotic fabrication	Vienna University of Technology	School	Architecture, Art, Design	www.roboticsarchitecture.com	Austria	Klaus	Semroth	Professor	semroth@ipi-arch.tuwien.ac.at	+43 58801 - 250 00	Karlsplatz 13	Wien	1040

Tag / Keywords	Company/Consultancy/R&D	Type	Sector	Web address	Country	Contact's Name	Contact's Surname	Job title	E-mail	Phone number	Address	City	ZIP Code
Digital Design	3XN A/S ADAMS KARA TAYLOR Adaptive Buildings- joint venture Buro Happold &Hoberman Associates	Company Company Company	Architecture Engineering Architecture, Engineering	http://www.3xn.dk http://www.akt-uk.com http://www.adaptivebuildings.com	Denmark United Kingdom New York, USA	Anders Christian Craig	Wadman Derix Holland	Associate Design Research Operations	awe@3xn.dk christian.derix@aedas.com craig@adaptivebuildings.com	3264 2360 +44 20 7250 7777 +1 212-349-7919	Strandgade 73 100 St John Street 40 Worth Street	Copenhagen London New York	1401 EC1M 4EH 10013
Advanced Modeling, Computational Design, Sustainability Advanced Geometry	AEAS AGU / ARUP ARANDA / LASCH	Company/R&D Consultancy Company	Architecture Engineering Architecture	http://www.aedas.com http://www.arup.com http://www.arandalasch.com	United Kingdom United Kingdom New York, USA	Christian Daniel	Derix Bosia	Associate Associate	christian.derix@aedas.com london@arup.com info@arandalasch.com	+44 20 7837 9789 +44 20 7636 1531 +1 917 534 9767	5-8 Hardwick St 13 Fitzroy Street 212 forsyth street	London London New York City	EC1R 4RG W1T 4BQ 10002
Art, Architecture, Industrial Design	Bail Nogues	Company	Architecture, Engineering	http://www.bail-nogues.com	California, USA	Benjamin	Ball	Principal	info@bail-nogues.com	213 458 3673	3533 East Olympic Boulevard	Los Angeles	90023
	BALMOND/STUDIO	Company	Architecture, Engineering	http://balmوندstudio.com	United Kingdom	Cecil	Balmوند	Principal	info@balmوندstudio.com	+44 20 7043 0651	190 a New North Road	London	N178J
	CAP-Contemporary Architecture Practice	Company	Architecture, Furniture Design, Lighting Design Architecture,	www.c-a-p.net	New York, USA	Ali Hina	Rahim Jamelle	Principal Principal	info@c-a-p.net	1 212 366 9333	Spring Street 233	New York City	10013
New technologies	Cloud 9	Company	Design	http://www.e-cloud9.com	Switzerland			Architect	info@e-cloud9.com	+34 93 215 0553	Pasatge Mercader 10	Barcelona	8008
Digital Design, Parametric Design, Non-standard architecture	DESIGN TO PRODUCTION	Consultancy	Architecture, Engineering	http://www.designtoproduction.ch	Germany					+41 (44) 914 74 90 +49 (711) 61 07 49 49a	Seestrasse 78 Augustenstrasse	Erlenbach/Zurich Stuttgart	8703 70178
Digital Computational Design Computational design	EcologicStudio Evolute	Company Consultancy Company	Architecture Engineering Engineering	http://www.ecologicstudio.com http://www.evolute.at	United Kingdom Austria	Marco Michael	Poletto Eigensatz	Principal Associate	marco@ecologicstudio.com eigensatz@evolute.at	+44 20 853 37177 +43 780 141422	6 Westgate Street Schwimgasse 4/10	London Wien	E8 3RN 1040
Computational Design	Evolute GmbH	Consultancy	Engineering	http://www.evolute.at	Austria	Florin	Isvoranu	Architect	florin@evolute.at	+43 780 141422	Sonnbergstrasse 101/8	Perchtoldsdorf	2380
Digital Fabrication	GRAMAZIO&KOHLE	Company	Architecture, Urbanism	www.gramaziokohler.com	Switzerland	Fabio Matthias	Gramazio Kohler	Principal Principal	gramazio@gramaziokohler.com kohler@gramaziokohler.com info@gramaziokohler.com	+41 44 350 2125	Wasserwerkstrasse 129	Zurich	8037
Transformable Design	Hoberman Associates	Company/R&D	Architecture, Art	www.hoberman.com	New York, USA	Matthew Davis	Davis	VP Engineering	associates@hoberman.com	+1 212 439 7919 +1 212 966 3526	40 Worth Street 11 West 40th Street	New York New York City	10013 10036
Computational Design	Kohn Pedersen Fox Associates	Company	Architecture	http://www.kpf.com	United Kingdom				info@kpf.com	+44 20 7497 1175	7a Langley Street	London	10036
System Development, Generative Algorithms, Algorithmic Morphogenesis, Form-finding design Parametric Design, Form Finding, Digital Manufacturing Digital Design, Digitally generated geometry	MORPHOGENESSM MRGD	R&D/Consultancy Company/R&D	Architecture Architecture Urbanism Design	http://www.morphogenesism.com http://studio.mrgd.co.uk	United Kingdom United Kingdom	Zubin Daniel	Khabazi Widring	Researcher Associate	zubin.khabazi@gmail.com info@mrgd.co.uk	+44 782465 5249	16 Richmond Avenue	London	N10NF
Meta Design	NOX ART ARCHITECTURE	Company	Architecture, Art	www.nox-art-architecture.com	Nederland	Lars	Spuybroek	Principal	nox@luna.nl	+31 10 477853	Conradstraat 38	Rotterdam	
	OMA/AMO	Company	Architecture, Urbanism	www.oma.nl	Netherlands Hong Kong New York, USA	Eveline Marieke Stefano	Van Engelen Obdam Baroffio	PR H R BD	PR@oma.nl recruitment@oma.nl businessdevelopment@oma.com	+31 10 243 8200 +86 10 58 696 993 +852 369 18 941 +1 212 337 0770	Pier bolleweg 149 Dongsanjuan Zhonglu 39 Wyndham Street Central 15 Varick Street 180	Rotterdam Hong Kong New York City	3032 EG 3032 EG 10014
Computational Design, Algorithms and Software programs, Non-standard Geometries, Parametric Design, Automation and Optimization algorithms	One-to-One GmbH	Consultancy	Architecture Infrastructure	http://1-to-one.com	Germany	Benjamin S Koren	Koren	Principal	info@1-to-one.com	+49 69 71 06 96 00	Zeppeinallee 25	Frankfurt Main	60325
Parametric Design	ONL [Oosterhuis_Lénárd]	Company	Architecture	http://www.oosterhuis.nl	Netherlands Hungary	Kas	Oosterhuis	Principal	lenard@lenard.nl	+31 10 244 70 39 +36 17882088	Essenburgeringel 94c Gyalai utca 15	Rotterdam Budapest	3022 EG 1088
Computational Design	PIP Architecture	Company	Architecture, Engineering, Urbanism, Infrastructure	http://www.piparchitecture.com/	United Kingdom	Lee	Polisano	President	info@piparchitecture.com	+44 20 3006 3900	Carlow Street	London	NW17LH
	Pongratz Perbellini Architects	Company	Architecture	http://www.pongratz-perbellini.com	Italy Germany	Maria Christian	Perbellini Pongratz	Principal Principal	info@pongratz-perbellini.com	+39 45 8751644 +49 30 683 5500	Via D.A. Tidemina 9 Dierfenbachstrasse 33	S. Giovanni Lupatoto, Verona Berlin	37057 10967










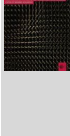
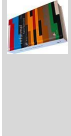

NETWORK RESEARCH
Company

Responsive Design, Robotic fabrication	R&D	Architecture	http://www.responsivevedesign.de	Switzerland	Manuel	Kretzer	Associate	info@responsivevedesign.de	Langackerstr. 56 Bonner Str. 39	Zürich Köln	8057 50677
Advanced Geometry, Parametric Design, Digitally generated geometry	Company	Engineering Architecture, Service firms	http://www.rfr-group.com	France	Niccolo	Baldassini	Director	paris@rfr-group.com gap@shoparc.com	4 rue d'Enghien Park Place Penthouse 11	Paris	75010
	Company	Architecture, Engineering, Urbanism, Infrastructure, Interior	www.shoparc.com	New York, USA	Gregg	Pasquarelli	Principal	somchicago@som.com somsanfrancisco@som.com somnewyork@som.com somlondon@som.com	224 S. Michigan Avenue Front Street Wall Street 1 Oliver's Yard 20 Peckler Street	New York City Chicago San Francisco New York London Hong Kong	10007 60604 94111 10005 EC1Y 1HH PRC
Digital Design	Company	Interior	http://www.som.com	York Kingdom	Kent	Jackson	Design Director	hongkong@som.com	852.2810.6011		
Computational Design	Company	Architecture Architecture, Urbanism, Infrastructure, Interior	http://www.burchappold.com/buildings/building-fabric/smart-solutions/	United Kingdom	Shrikant	Sharma	Associate Director	shrikant.sharma@burchappold.com	230 Lower Bristol Road	Bath	BA2 3DQ
	Company	Architecture Interior	http://www.unstudio.com	Netherlands United Kingdom	Ben	Van Berkel Innocenti	Principal Associate	info@unstudio.com filippo@filippoinnocenti.com	Stadhouderskaade 113 10 Bowling Green Lane	Amsterdam London	1073 AX EC 1R 8PQ
	Company	Architecture	http://www.zaha-hadid.com	United Kingdom	Filippo		Associate				

Tag / keywords	People	Job title	Sector	Web address/E-mail	Country	Phone number	Address	City	ZIP Code
Integral design processes, Evolutionary Computation, Algorithmic Design, Biomimetic Engineering, Computer Aided Manufacturing	Achim Menges	Architect, Director of ICD, Visiting Professor at Harvard University, Visiting Professor at AA Emtech	Architecture	http://www.achimenges.net	Germany	+49 711 6 85 819 20	Keplerstrasse 11	Stuttgart	D-70174
Computational Design, Digital Design	Alessio Erfoli	Engineer, Researcher at Università di Bologna	Architecture, Art, Engineering, Design						
Computational Design, Digital Design	Andrea Graziano	Architect, computational designer and digital explorer	Architecture, Art, Engineering, Design						
Parametric Design	Andy Payne	Architect, Developer of Firefly	Architecture, Art, Engineering, Design	andy@lftarchitects.com	Massachusetts, USA	646 483 9731	448 Broadway	Cambridge	2138
Computational Design, Algorithms and Software programs, Non-standard Geometries, Parametric Design, Automation and Optimization algorithms	Benjamin S Koren	Architect	Architecture, Engineering, Urbanism, Infrastructure	http://1-to-one.com	Germany	+49 69 77 06 96 00	Zeppelinallee 25	Frankfurt Main	60325
Energy Transfer	Chad McCarthy	Director of Engineering for TelecityGroup	Electronic Engineering						
Parametric Design	David Rutten	Developer of the Grasshopper Logical Modeling plug-in for the Rhinoceros 3D CAD application.	Architecture, Art, Engineering, Design	David@McNeel.com	Slovakia		Ul. Slobody 22	Poprad	5801
Computational Design, Digital Design	Davide dei Giudice	Architect	Architecture, Art, Engineering, Design						
Digital Design, Digital Fabrication	Jesse Reiser	Architect	Architecture						
Geometric Articulation, Evolutionary Computation, Organizational Logic	Lip Chiong	Architect	Architecture	http://www.studio-twist.com	People's Republic of China	+86 21 64722889	207 Nanchang Road, Rm 1118	Shanghai	200020
Digital Design, Digital Fabrication	Luis Fraguada	Instructor at Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya	Architecture	http://www.nordarchitects.dk	Denmark	+45 33 69 09 08	Meinungsgade 8D, 2th	Copenhagen	1401
Digital Design, Digital Fabrication	Monika Wittig	Architect	Architecture	http://www.philpprahm.com	France	+33 1 49 26 91 55	12 rue Chabanais	Paris	75002
Geometric Articulation, Evolutionary Computation, Organizational Logic	Morten Rask Gregersen	Architect	Architecture						
Digital Design, Digital Fabrication	Philippe Rahm	Architect	Architecture						
Digital Design, Digital Fabrication	Pip Greasley	Sonic Artist	Architecture						
Digital Design, Digital Fabrication	Shane Salisbury	Architect	Architecture						
Computational Design, Digital Design	Theodore Spyropoulos	Director AA DRL - London	Architecture	http://www.aaschool.ac.uk/aadr/	United Kingdom	+44 20 7887 4111	36 Bedford Square	London	WC1B 3ES
Scenographical Design	Uwe Brückne	Architect and Stage Designer	Scenography	http://www.atelier-brueckner.com	Germany	+49 711 50 00 77 - 0	Krefelderstraße 32	Stuttgart	70376
Interactive Technologies	Mette Ransgard Thomsen	Architect, Professor at Cita	Architecture	mette.thomsen@karch.dk	Denmark	+45 3268 6000	Philip de Langes Allé 10	Kbh	1435
Computer-Aided Design, Digital Fabrication, Urban Modeling and Simulation	Daniel Allaga	Chair for Information Architecture, ETH, Associate Professor of Computer Science at Purdue University	Computer Science	aliaga@cs.purdue.edu	Indiana, USA	765 494 0739	305 N. University St.	West Lafayette	47907-2066
Performative Architecture	Bigo Tuncer	Chair for Information Architecture, ETH, and Design Informatics, Delft University of Technology	Architecture, Urbanism	e.b.tuncer@tudelft.nl	Netherlands	+31 648875957	Julianalaan 134	Delft	2628 BL

NETWORK RESEARCH
People

Emergent technologies Computational Design, Emergent Technologies	Michael Weinstock	Architect, Director of Research and Development, and Director of the Emergent Technologies and Design programme in the AA School	Architecture, Urbanism	mweinstock@aschool.ac.uk	United Kingdom	020 7887 4000	36 Bedford Square London	WC1B 3ES
	Evan Greenberg	Architect, Director of the AA San Francisco Visiting School	Architecture	gradinfo@aschool.ac.uk	United Kingdom	+44 20 7887 4067	36 Bedford Square London	WC1B 3ES
Computational Design	Christina Doumploti Christoph Schindler	Architect, ARUP Associates	Architecture	http://designandmake.aschool.ac.uk	United Kingdom	020 7887 4000	36 Bedford Square London	WC1B 3ES
Digital Design	Filippo Innocenti Cristiano Ceccato	Zaha Hadid Architects	Architecture	filippo@filippoinnocenti.com				
	Lars Hessegren Hugh Whitehead J Parrish Xavier De Kestelier Shane Burger	PLP Architects Foster + Partners AECOM Foster + Partners Woods Bagot						
Smart Geometry								

Writer	Type	Title	Front Cover	Place	Publishing house	Date	Language	Link
Achim Menges, Sean Ahlquist	Book	<i>Computational Design Thinking</i>		London	John Wiley & sons	2011	English	http://www.amazon.it/Computational-Design-Thinking-Computing/dp/0470665653
Mark Burry	Book	<i>Scaling Cultures: Architectural Design and Programming</i>		London	John Wiley & sons	2011	English	https://www.amazon.it/Computational-Design-Thinking-Computing/dp/0470665653
Jane Burry, Mark Burry	Book	<i>The new mathematics of architecture</i>		London	John Wiley & sons	2010	English	https://www.amazon.it/New-Mathematics-Architecture-Jane-Burry/dp/0530342644/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Christoph Gengnagel, A. Kilian, Norbert Palz, Fabian Schleuer	Book	<i>Computational Design Modeling</i>		Berlin	Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. K	2011	English	http://www.amazon.it/Computational-Design-Modeling-Proceedings-Symposium/dp/3642234348/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
ETH Zurich CAD, Ludger Hovesstadt, Achim Menges	Book	<i>Beyond the Grid: Architecture and Information Technology</i>		Basel	Birkhauser	2010	German, English	http://www.amazon.it/Jensels-Bastes-Information-Technologie-Architecture-Architecton/dp/3034600986/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Michael Hensel, Michael Weinstock, Achim Menges	Book	<i>Emergent technologies and design</i>		Abingdon, New York	Routledge	2010	English	http://www.amazon.it/Emergent-Technologies-Design/dp/0415409347/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Michael Hensel, Christopher Hight, Achim Menges	Book	<i>Space reader: heterogeneous space in architecture</i>		Chichester	John Wiley & sons	2009	English	http://www.amazon.it/Space-Reader-Heterogeneous-Architecture-AD/dp/0470519428/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Michael Hensel, Achim Menges	Bi-monthly publication	<i>Versatility and Vicissitude: Performance in Morpho-Ecological Design</i>		Wiley Academy, Lond	Architectural Design Vol. 78	2008	English	http://www.amazon.it/Versatility-Vicissitude-Performance-Morpho-Ecological-Architecture/dp/0470516879/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Fabio Gramazio and Matthias Kohler	Book	<i>Digital materiality in architecture</i>		Baden	Lars Muller Publishers	2008	English	http://www.amazon.it/Digital-Materiality-Architecture-Angles-Gramazio/dp/2829779323/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Michael Hensel, Achim Menges	Book	<i>Morpho-ecologies</i>		London	Architectural Association	2006	English	http://www.amazon.com/Morpho-Ecologies-Towards-Heterogeneous-Architecture-Design/dp/1902902133
Ali Rahimi	Book	<i>Catalytic formations: architecture and digital design</i>		London	Taylor & Francis	2006	English	http://www.amazon.it/Catalytic-Formations-Architecture-Digital-Design/dp/0415330877/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Branko Kolarevic, Ali Malkawi	Book	<i>Performative Architecture Beyond Instrumentality</i>		New York, London	Taylor & Francis	2005	English	http://www.amazon.it/Performative-Architecture-Instrumentality-Branko-Kolarevic/dp/0415700833/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Branko Kolarevic	Book	<i>Architecture in the digital age: design and manufacturing</i>		New York, London	Taylor & Francis	2003	English	http://www.amazon.it/Architecture-Digital-Age-Design-Manufacturing/dp/0415338143/ref=sr_1_1?ie=english-book&ie=UTF8&qid=132094778&sr=1-1
Tomoko Sakamoto, Albert Ferre, Michael Kubo	Book	<i>From control to design</i>		Barcelona	ACTAR	2008	English	http://www.amazon.com/Control-Design-Parametric-Algorithmic-Architecture/dp/8496540790
Cecil Balmond & Januzzi Smith	Book	<i>Informal</i>		Munich, Berlin, London, New York	PRESTEL	2002	English	http://www.amazon.com/Informal-Cecil-Balmond/dp/3791337769
Josep Riera, Nanako Umemoto	Book	<i>Atlas of noise factories</i>		Princeton, Architectural Press		2006	English	http://books.google.com/books/about/Atlas_of_noise_factories.html?url=http://www.iaac.upc.edu

School / Laboratory / Spin-off nei quali si sperimentano nuovi processi di progettazione e fabbricazione digitale:

AA design and make/ American University of Sharjah/ Architectural Association (AA)/ Carnegie Mellon University/Cita/ DDF/ DRL/ ETH/ Evolute GmbH/ EZCT Architecture & Design Research/ Graz University of Technology/ Harvard University/ Hyperbody/ ICD/ IITD/ Institute for experimental architecture.hochbau/ Lab(au)/ Massachusetts Institute of Technology/ NSO/ p.art/ Robofold/ srpLAB/ The Bartlett UCL/ The University of Tokyo/ University of Michigan/ Vienna University of Technology.

Esempi:

Tag / Keywords	Non-standard, Virtual and Interactive architectures	Computational Design
School/Laboratory/Spin-off	Hyperbody	ICD
Type	School	School
Sector	Architecture, Art, Engineering, Design	Architecture, Art, Engineering, Design
Web address	http://www.hyperbody.nl	http://icd.uni-stuttgart.de
Country	Netherlands	Germany
Contact's Name	Kas	Achim
Contact's Surname	Oosterhuis	Menges
Job title	Director/Head of program	Director/Head of program
E-mail	K.Oosterhuis@tudelft.nl	mail@icd.uni-stuttgart.de
Phone number	(015) 278 98 05	+49 711 685 819 20
Address	Julianalaan 134	Keplerstrasse 11
City	Delf	Stuttgart
ZIP Code	2628	D-70174

Tag / Keywords	Digital fabrication, Additive production	Surface research-design, Design of material structures
School/Laboratory/Spin-off	ETH	NSO
Type	Laboratory	Laboratory
Sector	Architecture, Digital fabrication	Architecture, Design, Arts
Web address	http://www.dfab.arch.ethz.ch	http://nonlinearsystems.org
Country	Switzerland	Pennsylvania, USA
Contact's Name	Tobias	David
Contact's Surname	Bonwetsch	Leatherbarrow
Job title	Senior researcher	Interim Chairman
E-mail	bonwetsch@arch.ethz.ch	brahamw@design.upenn.edu
Phone number	+41 44 633 4906	215 898 5728
Address	Wolfgang-Pauli-Str. 15	207 Meyerson Hall
City	Zurich	Philadelphia
ZIP Code	8093	19104-6311

Attività di Kas Oosterhuis all’Hyperbody - TU Delft

“COMPUTATION AND PERFORMANCE > Towards a revolution in Architecture”

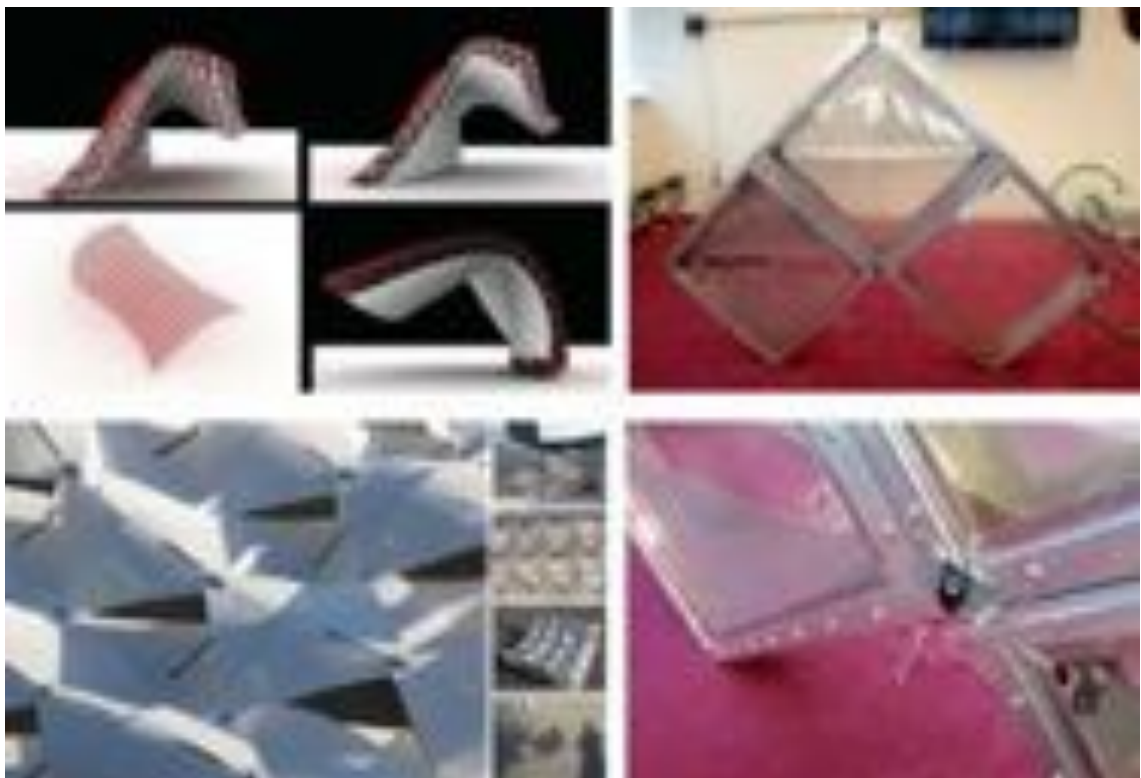
Real-time interactive spaces - MUSCLE Prototypes, TU Delft, 2011, Complex systems and Interactive architecture

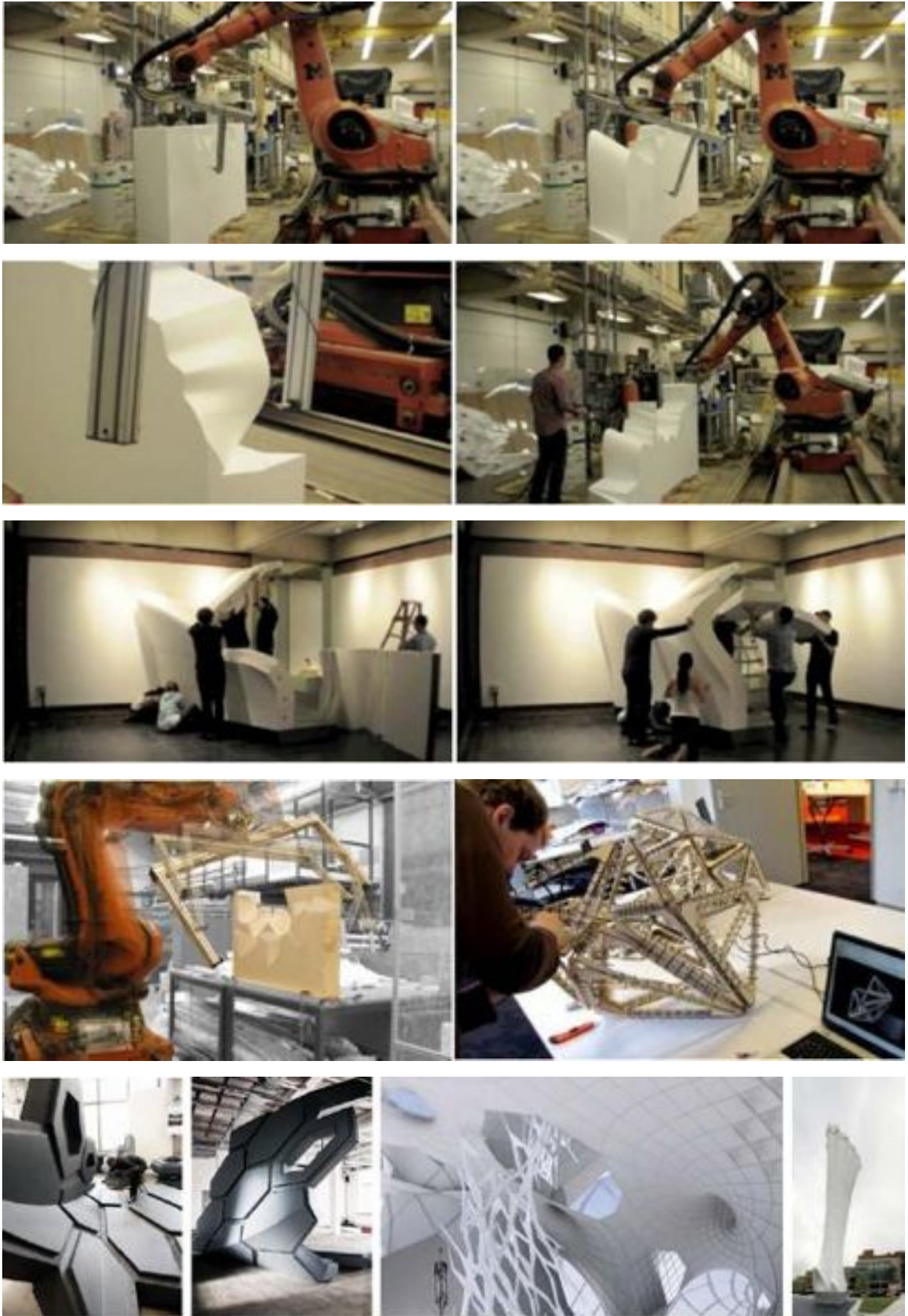


Non-standard production modes, the case of Streaming fabrication, Digital design and manufacturing techniques



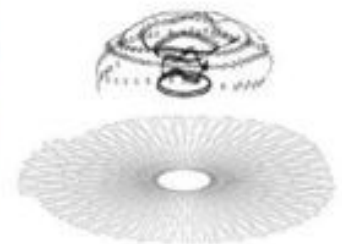
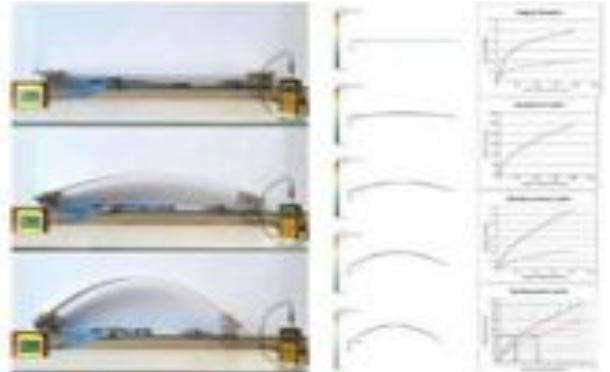
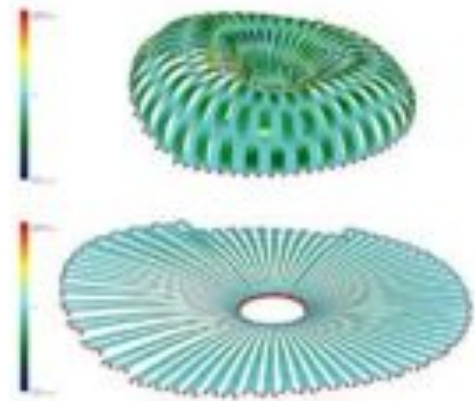
Performative skins, Morphogenom





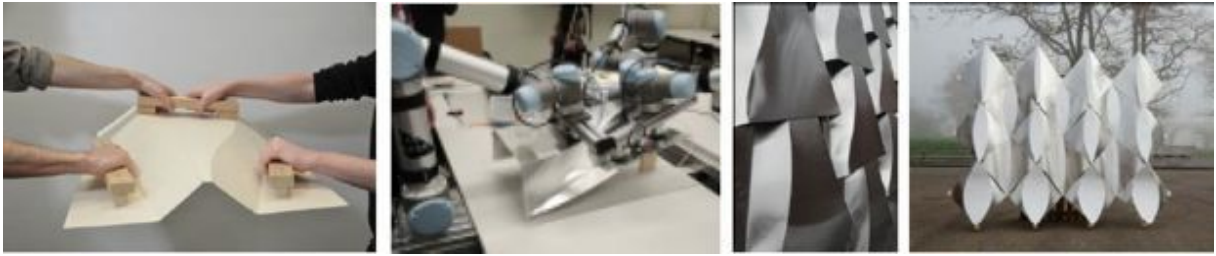
Attività di Achim Menges all'ICD (Institute for Computational Design) di Stoccarda.

ICD/ITKE Research Pavilion 2010

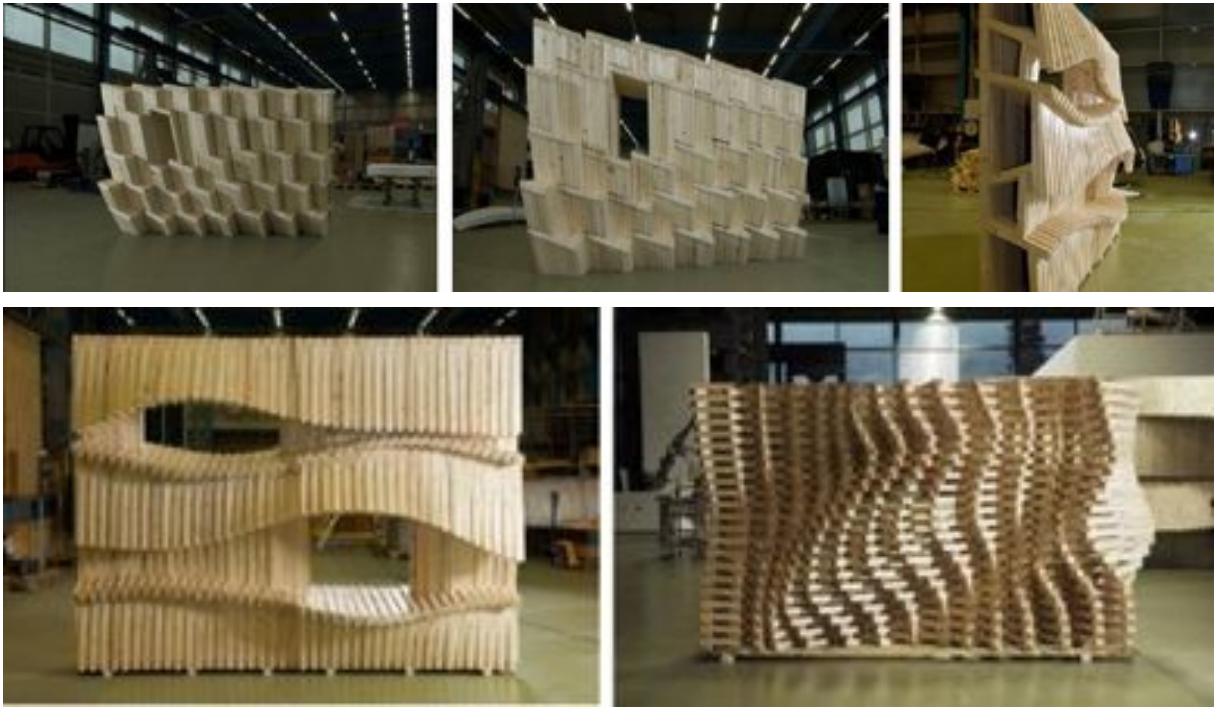


ICD/ITKE Research Pavilion 2011



Attività di Gramazio e Kohler all'ETH di Zurigo**Curved Folding, ETH Zurich, 2011. Robotic Modellab****The Sequential Structure 2, ETH Zurich, 2010****Open Air Theater, ETH Zurich, 2009****The Voxel Furniture, ETH Zurich, 2009**

The Opening, ETH Zurich, 2009



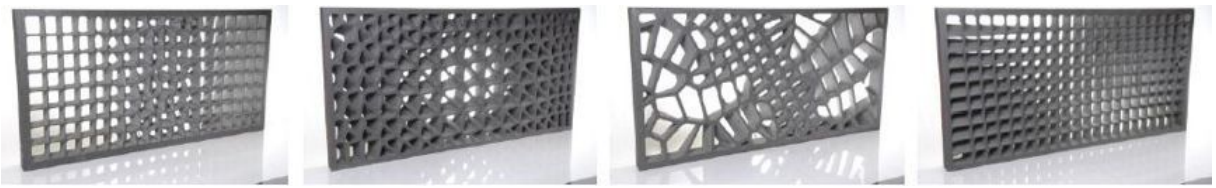
The Programmed Column, ETH Zurich, 2009



The Sequential Wall, ETH Zürich, 2008



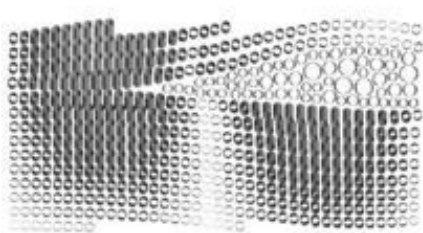
The Disintegrated Wall, ETH Zürich, 2006-2007



Domoterra Swissbau-Lounge, Basel, 2006-2007



The Perforated Wall, ETH Zurich, 2006

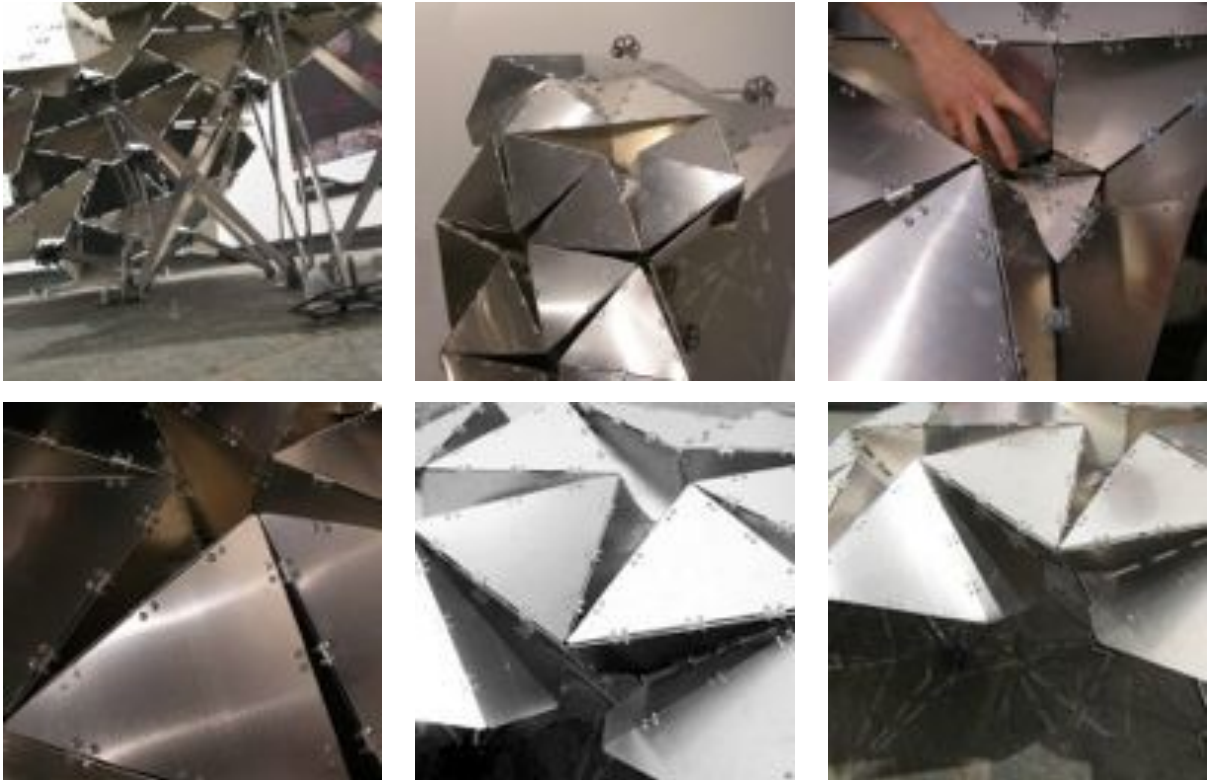


Gantenbein Vineyard Facade, Fläsch (Switzerland), 2006



Attività di Cecil Balmond al NSO di Philadelphia

Nonlinear Systems Biology and Design, Jenny Sabin + Peter Lloyd Jones, NSO, 2010

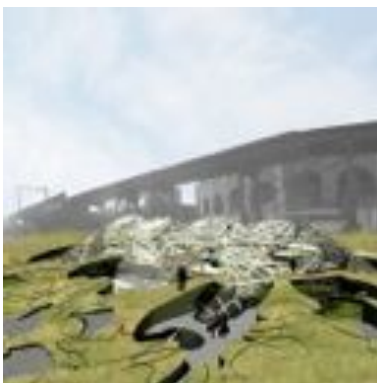
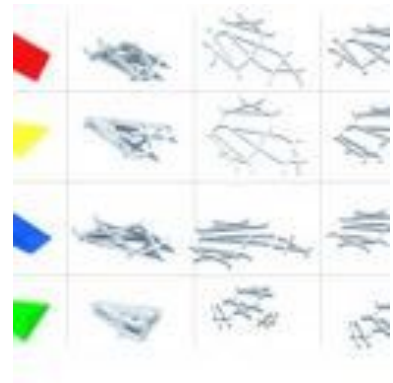
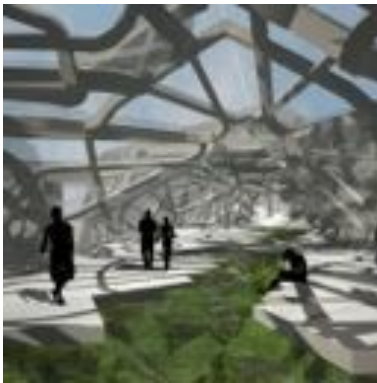


Portal Pavilion, Cecil Balmond + Jenny Sabin, NSO, 2008

Moop



Danzer



Company / Consultancy / R&D nei quali si sperimentano nuovi processi di progettazione e fabbricazione digitale:

3XN/ ADAMS KARA TAYLOR/ Adaptive Buildings -joint venture Buro Happold &Hoberman Associates/ AEDAS/ AGU / ARUP/ ARANDA / LASCH/ Ball Nagues/ BALMOND STUDIO/ CAP-Contemporary Architecture Practice/ Cloud 9/ DESIGN TO PRODUCTION/ EcoLogicStudio/ Evolute/ Evolute GmbH/ GRAMAZIO&KOHLE/ Hoberman Associates/ Kohn Pedersen Fox Associates/ MORPHOGENESIS/ MRGD/ NOX ART ARCHITECTURE/ OMA AMO/ One-to-One GmbH/ ONL [Oosterhuis_Lénárd]/ PLP Architecture/ Pongratz Perbellini Architects/ Responsive design studio/ RFR/ SHoP ARCHITECTS/ Skidmore, Owings and Merrill LLP (SOM)/ SMART Group, Buro Happold/ UN Studio/ ZAHA HADID.

Esempi:

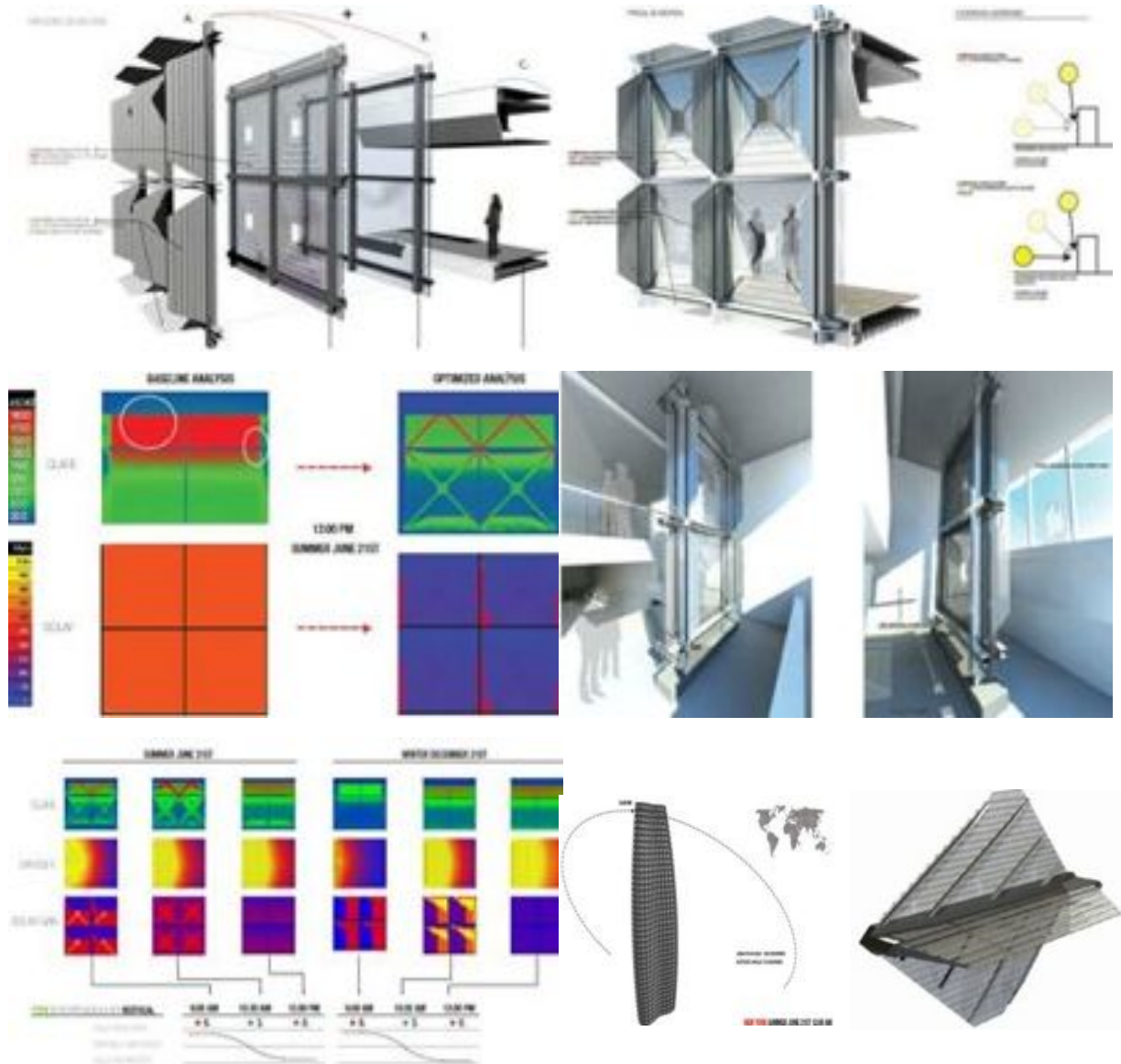
Tag / Keywords	Adaptive façades and building envelopes	Advanced Modeling, Computational Design, Sustainability
School/Laboratory/Spin-off	Adaptive Buildings -joint venture Buro Happold &Hoberman Associates	AEDAS
Type	Company/Consultancy	Company/R&D
Sector	Architecture, Engineering	Architecture, Engineering
Web address	http://www.adaptivebuildings.com	http://www.aedas.com
Country	New York, USA	United Kingdom
Contact's Name	Craig	Christian
Contact's Surname	Holland	Derix
Job title	Director of Business Operations	Director of Computational Design Research
E-mail	craig@adaptivebuildings.com	christian.derix@aedas.com
Phone number	+1 212 349 7919	+44 20 7837 9789
Address	40 Worth Street	5-8 Hardwick St
City	New York	London
ZIP Code	10013	EC1R 4RG

Tag / Keywords	Digital Design, Parametric Design, Non-standard architecture	Computational Design, Non-standard Geometries, Parametric Design, Automation and Optimization alg.
School/Laboratory/Spin-off	DESIGN TO PRODUCTION	One-to-One GmbH
Type	Consultancy	Consultancy
Sector	Architecture, Engineering	Architecture, Engineering, Infrastructure
Web address	http://www.designtoproduction.ch	http://1-to-one.com
Country	Switzerland	Germany
Contact's Name	Fabian	Benjamin S
Contact's Surname	Scheurer	Koren
Job title	Computer Scientist	Principal
E-mail	info@designtoproduction.com	info@1-to-one.com
Phone number	+41 (44) 914 74 90	+49 69 77 06 96 00

Address	Seestrasse 78	Zeppelinallee 25
City	Erlenbach/Zurich	Frankfurt Main
ZIP Code	8703	60325

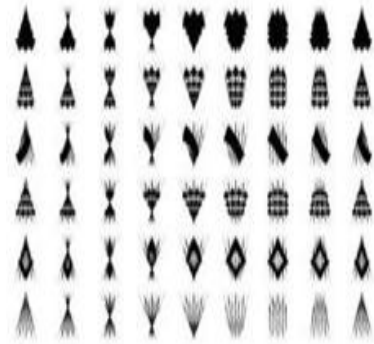
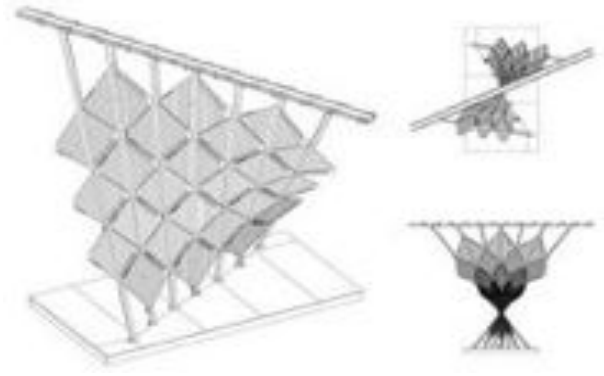
Attività di Adaptive Buildings, New York

HelioTrace, Center for Architecture, New York, 2010



In risposta al Concorso “Open Call: Innovative Curtain Wall Design” il team di Adaptive Building Initiative, collaborando con Skidmore, Owings ed il Gruppo Permastellisa, realizza il concept di facciata Helio Trance. L’obiettivo di tale collaborazione è stato quello di sviluppare un avanzato prototipo d’involucro edilizio, in grado di sfruttare gli input contestuali ed ambientali per informare un sistema di facciata cinetica. Tale sistema migliora le prestazioni rispetto alla luce naturale e quella trasmessa dalla parete, si riduce l’apporto di calore solare fino al 81%, grazie anche al sistema d’ombreggiamento.

Emergent Surface, Museum of Modern Art, New York, 2008

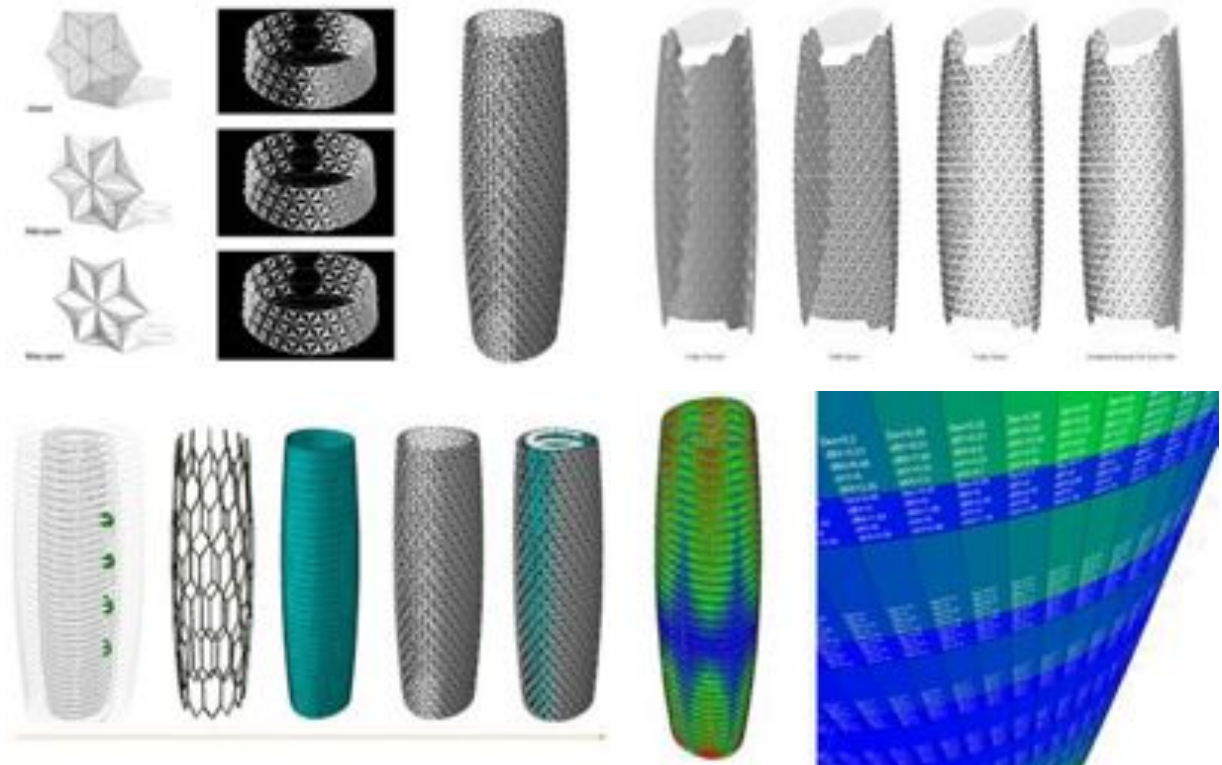
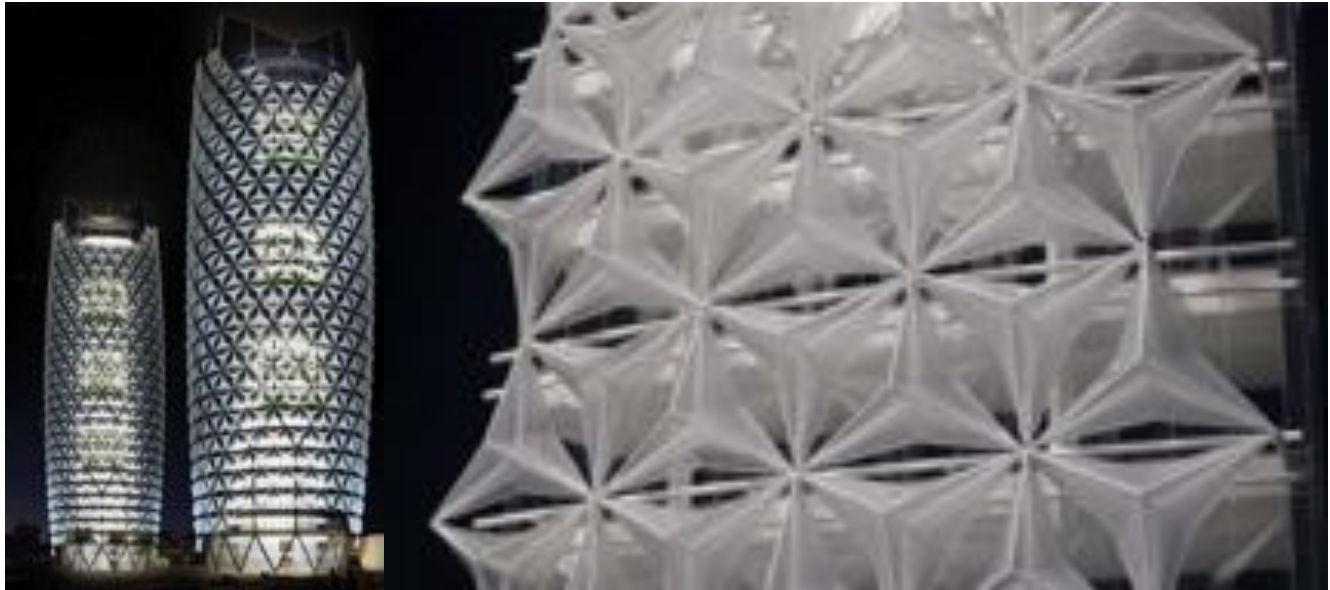


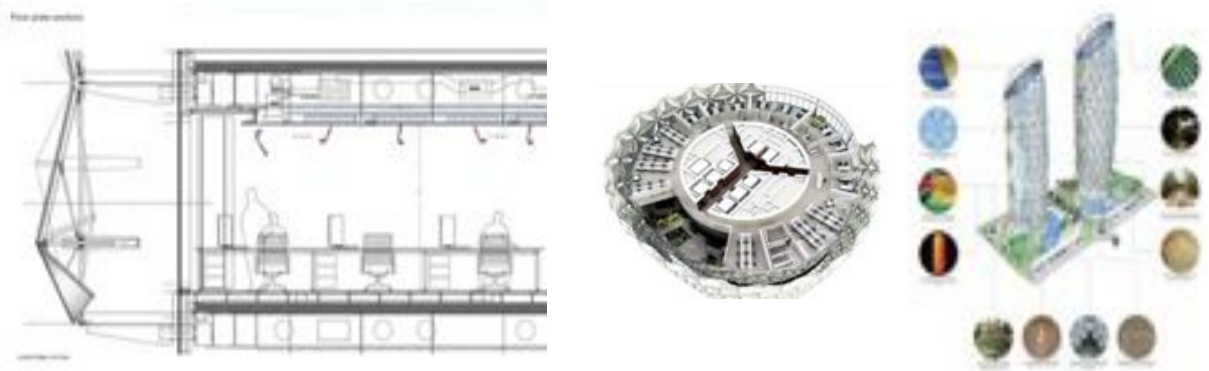
Sulla base delle nuove tecnologie per involucri edilizi adattivi, Surface Emergent è una parete che configura continuamente se stessa, mediante elementi tecnologici che scompaiono e riappaiono.

In una configurazione il tutto si presenta come una superficie solida tridimensionale incurvata, in un'altra si ottengono sette poli sottili in movimento verticalmente. Tra queste soluzioni estreme si collocano un'infinità di configurazioni.

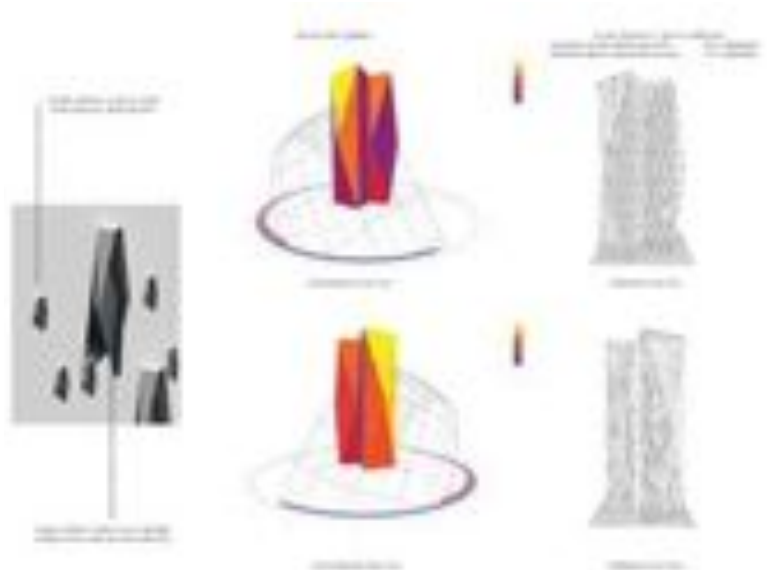
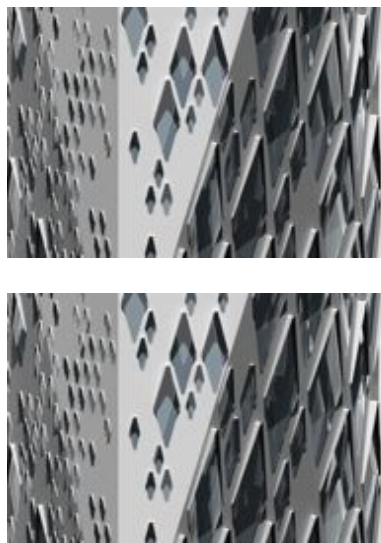
Attività di AEDAS, London

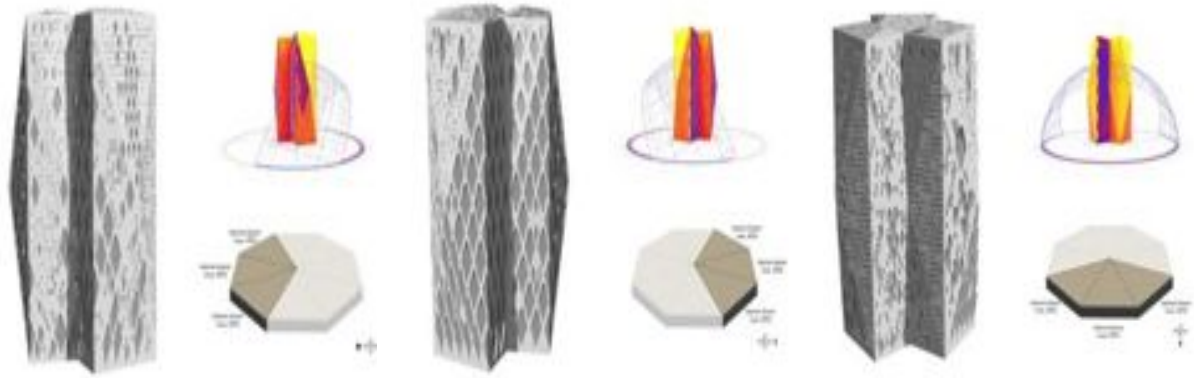
Al Bahr Towers, Middle East, 2011





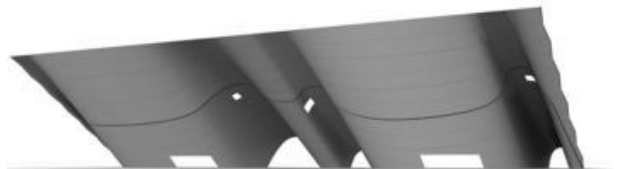
The Desert Rose, Khalifa, Middle East, 2008





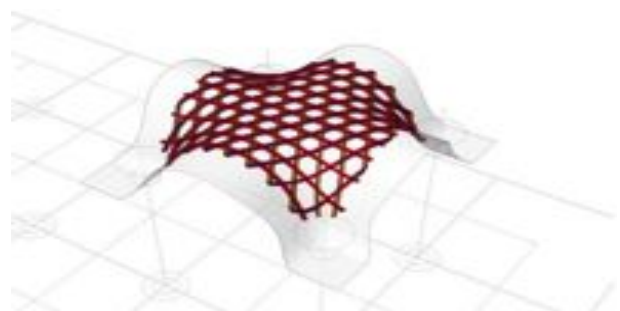
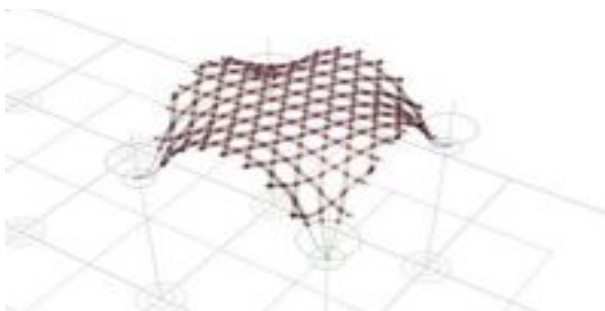
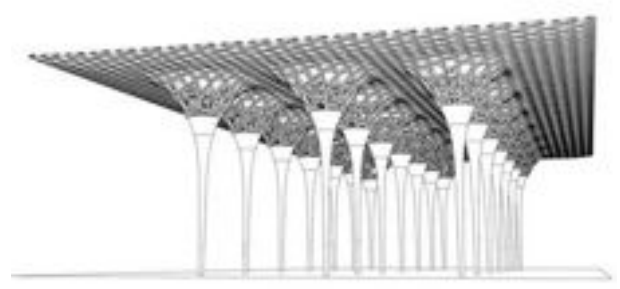
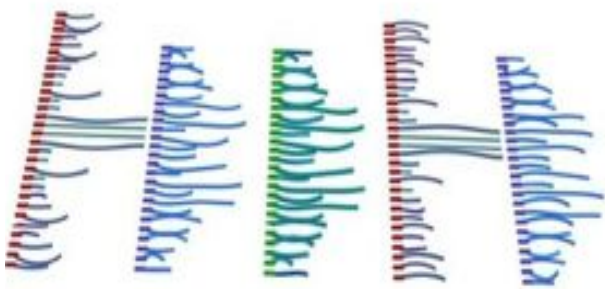
Attività di DESIGN TO PRODUCTION, Zurich

Kilden Performing Arts Center, Kristiansand (Norway), 2010





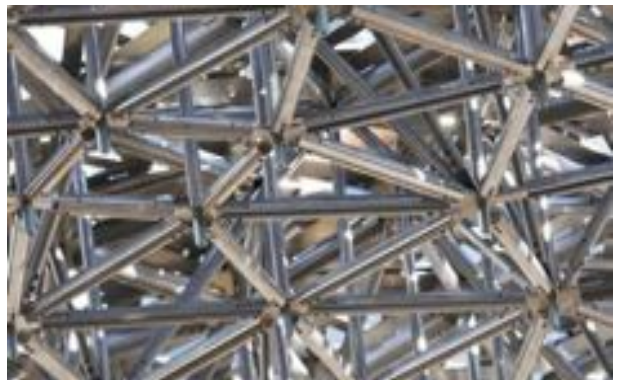
Un muro ondulato di 3.500 metri quadrati, direttamente sul lungomare è l'eye-catcher Kilden Performing Arts Center di Kristiansand, progettato dagli architetti ALA. DESIGN TO PRODUCTION, in stretta collaborazione con specialisti del legname, ha progettato la pre-fabbricazione e il concetto di montaggio per la facciata in legno, ha sviluppato un modello parametrico 3D che contiene tutte le 14.309 travi lamellari, le tavole di quercia e i dati per la loro fabbricazione con macchine a controllo numerico.

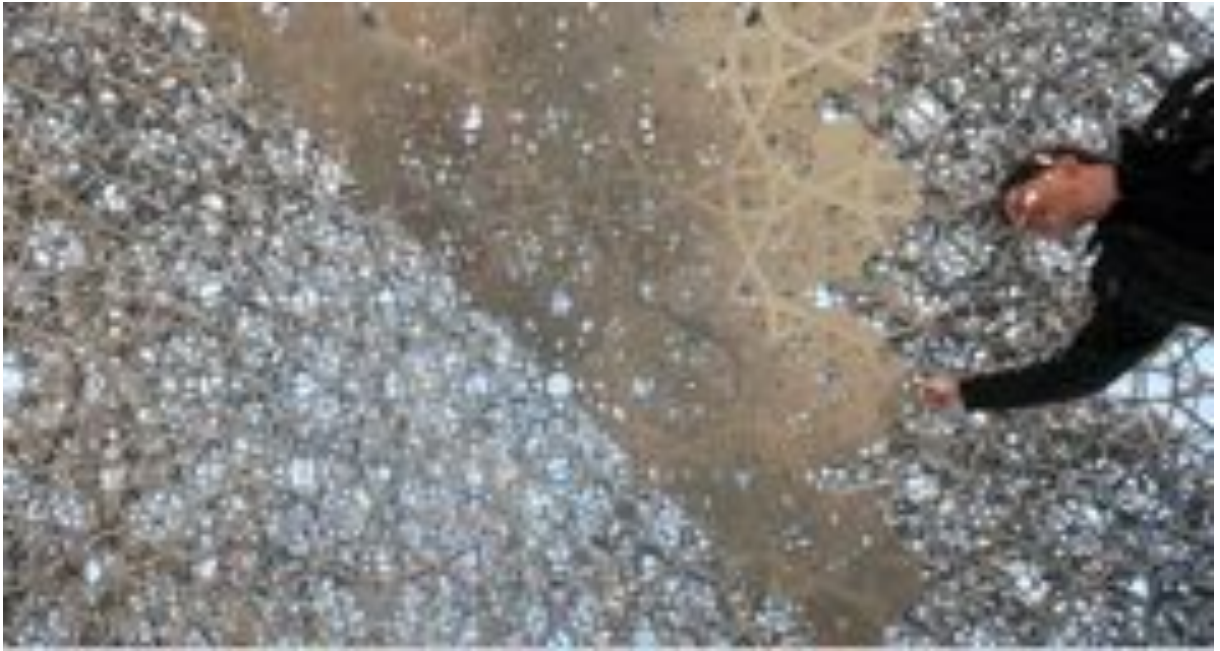
Haesley Nine Bridges Golf Club House, Yeosu (South Korea), 2008

Una tettoia di travi in legno intrecciato porta il tetto della club house disegnata da Shigeru Ban per **Haesley Nine Bridges Golf Resort** in Sud Corea. 21 colonne , 32 elementi di supporto del tetto, assemblato da più di 3.500 segmenti in legno lamellare ricchissimi di dettagli prefabbricati in Svizzera. DESIGN TO PRODUCTION ha aiutato nella creazione di una geometria di riferimento del tetto e ha generato modelli 3D per tutti i 467 diversi tipi di componenti in legno - tra cui i dettagli per quasi 15.000 nodi di giuntura.

Attività di One-to-One GmbH, Frankfurt Main

Louvre Abu Dhabi, 2009

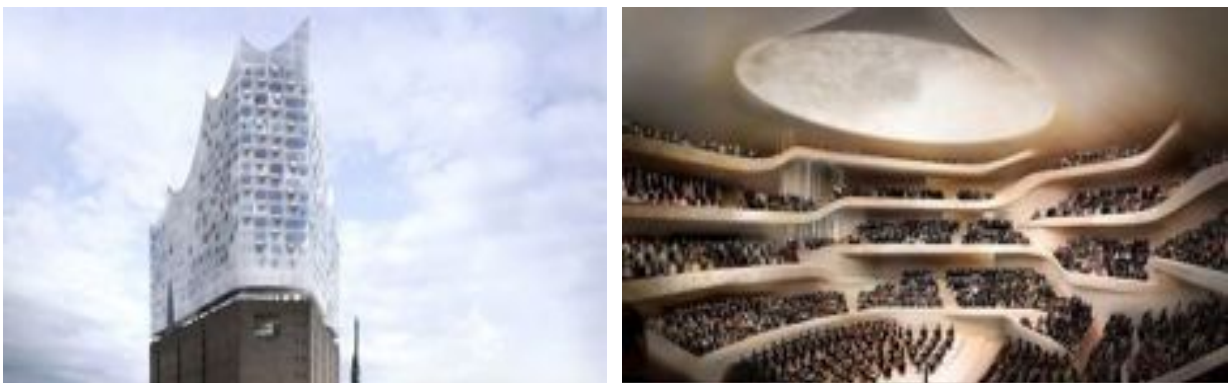


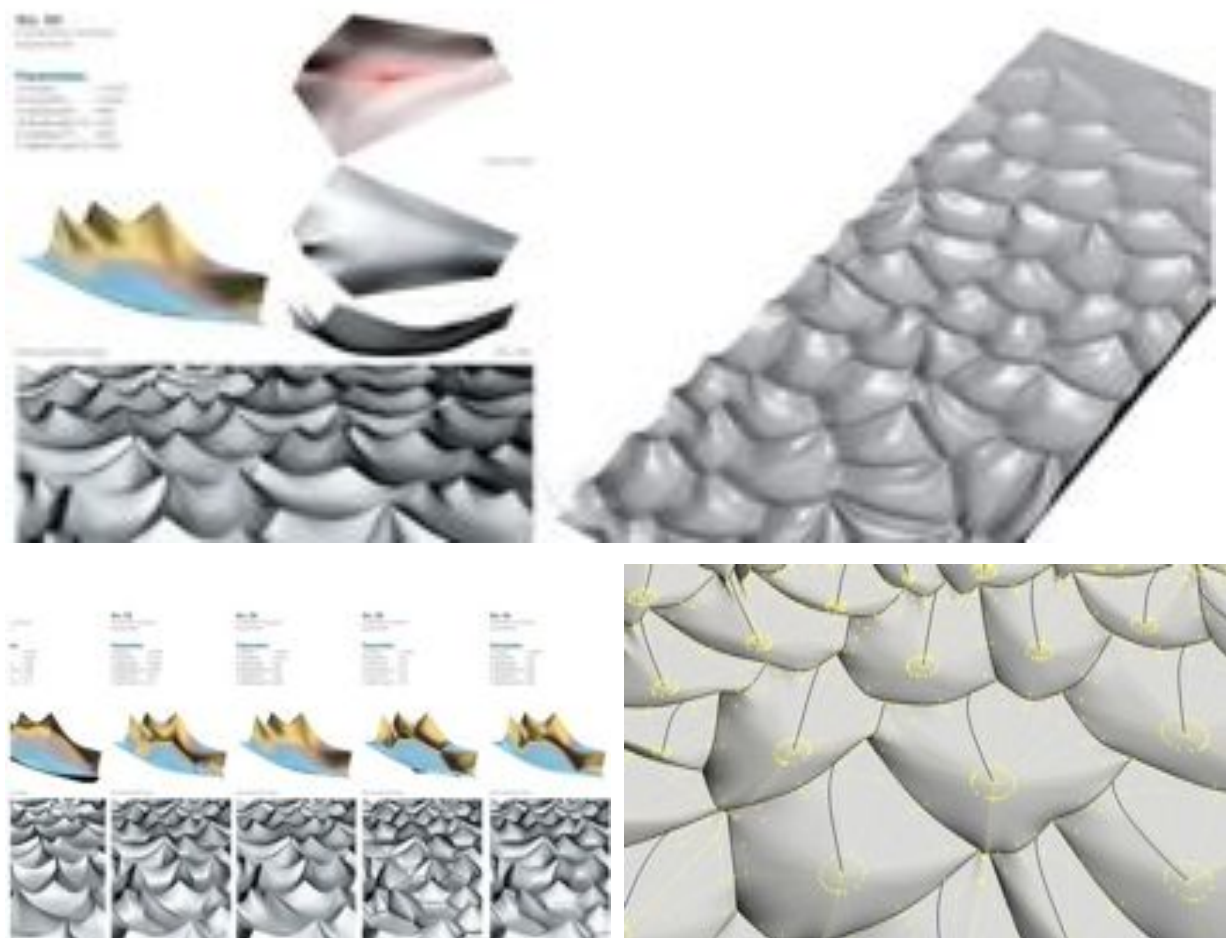


Cliente/Architetto: Ateliers Jean Nouvel

One-to-One si è occupato del coordinamento e realizzazione del modello in scala 1:33 per le prove illuminotecniche; ha sviluppato un algoritmo di ottimizzazione per la progettazione e produzione integrata di 15.000 elementi non-standard in alluminio ed acciaio, così da consentire una rapida produzione ed un efficiente montaggio.

Elbphilharmonie Hamburg, 2008-2009





Cliente/Architetto:Herzog&deMeuron

One-to-One si è occupato della consulenza, implementazione e generazione del rivestimento audio-diffusivo della sala sinfonica (6000m² di superficie) e la sala della musica da camera (800 m² di superficie dell'area), utilizzando superfici con geometrie non convenzionali.