



POLITECNICO
MILANO 1863

A.A.

2016 - 2017

TESI DI

FABIO MOLARO 763456

RELATORE

PROF. GABRIELE MASERA

MANUELE RUSCONI 763011

CORRELATORE

PROF. MARCO MUSCOGIURI

GABRIELE SECCHI 762698



LONDON PUBLIC LIBRARY

Indice

Sinossi	II
Abstract	IV

Premessa

La biblioteca pubblica	VI
Percorso progettuale	VIII

0. Londra

Una città cosmopolita in continua evoluzione	1
----------------------------------------------	---

1. Bando di progetto

London Public Library	5
Charles Dickens	6
Il sito	6
I progetti premiati	7

2. La biblioteca

Biblioteca nella storia	9
Antonio Panizzi e Edward Edwards	14
Andrew Carnegie	14
Investimenti dagli anni '80	15
Il modello di Idea Store nella Londra contemporanea	16
Community planning	17

3. Riferimenti architettonici

Biblioteca universitaria di Delft	21
Biblioteca Europea di informazione e cultura, BEIC	22
Aarhus Urban Mediaspace	23
Peckham Library	24
Markthal di Rotterdam	25
Biblioteca civica di Meda - MedaTeca	26
Biblioteca civica di Cinisello Balsamo	27
Whitechapel Idea Store	28
Watney Market Idea Store	29
Oslo Opera House	30
Biblioteca Sant Antoni-Joan Oliver	31

4. Contesto londinese

Inquadramento	33
Londra nella storia	34
Sistema dei trasporti	39
Sistema culturale londinese	41
Inquadramento di Southwark	43
La storia di Southwark	43
Analisi demografica Southwark	44
Southwark Vision	44
The London Bridge Plan	45
More London Masterplan	46
L'area di progetto	48
Il sistema delle biblioteche	50

Bacino d'utenza London Public library	50
Il clima di Londra	54

5. Progetto Urbano

Sopralluogo	65
Analisi SWOT	65
Il "non oggetto"	67
Concept plan	67
Concept volumetrico	68
Masterplan	70

6. Progetto biblioteconomico

I modelli biblioteconomici esistenti	73
Modello biblioteconomico	77
Organigramma funzionale	78
Analisi critica al bando di concorso	80

7. Progetto architettonico

Sito e linguaggio	85
Landmark. Un nuovo centro del sapere	86
Progettare con gli occhi del fruitore	88
Layout funzionale e destinazioni d'uso	90
Target e fasce d'età	94
Griglia modulare ed elementi principali	95
Approccio percettivo e "Wayfinding"	98
Materiali e contesto	112

8. Progetto tecnologico

Introduzione	127
Isolamento Termico	127
Valutazione del rischio condensa	129
Comfort acustico	129
Benessere luminoso	130
Benessere ambientale	131
Pacchetti tecnologici	132
Abaco delle stratigrafie	135
C.I.01 - Copertura verde praticabile	136
C.I.02 - Copertura praticabile in lastre di pietra	137
C.I.03 - Chiusura trasparente biblioteca	138
C.O.02 - Chiusura trasparente vano scale	139
C.O.01 - Chiusura orizzontale controterra	140
C.V.01 - Chiusura verticale controterra	141
C.V.02 - Chiusura verticale trasparente	142
P.I.01 - Partizione inclinata gradonata	143
P.I.02 - Partizione inclinata rampa ingresso	144
P.I.03 - Partizione inclinata biblioteca	145
P.I.04 - Partizione inclinata aggettante	146
P.O.01 - Partizione orizzontale interna	147
P.O.02 - Partizione orizzontale interna con impinati	148
P.O.03 - Partizione orizzontale passerelle	149
P.V.01 - Partizione verticale interna	150
P.V.02 - Partizione verticale con cavedio impianti	151
P.V.03 - Partizione verticale interna auditorium	152

P.V.04 - Partizione verticale trasparente	153
Strategie energetiche: Scheme Design	154
Prevenzione incendi	156
Gli impianti antincendio negli archivi	163

Analisi illuminotecniche

Illuminazione diurna e problema energetico	169
Grandezze fotometriche. Parametri di progetto, valori limite	172
La progettazione della luce. Approccio multidisciplinare	181
Progettare con e per la luce: fase concettuale	182
Progettare con e per la luce: fase progettuale	184

9. Progetto strutturale

Riferimenti Normativi	221
Metodo semiprobabilistico agli stati limite	222
Analisi dei carichi	223
Struttura volume tipo	232
Struttura volume biblioteca	247

Progettazione piastra in C.A.

Definizione degli obiettivi	261
Predimensionamento. Cenni teorici	262
Metodi di calcolo	265
Predimensionamento dell'armatura	271
Analisi costi-benefici	274
ferri/m	275
Verifica a punzonamento	276

Confronto con il procedimento di calcolo semplificato	280
Confronto Validazione dei risultati con analisi FEM	284
Il ritiro dei getti	296

10. Progetto impiantistico

Introduzione	309
Fabbisogno termico invernale	310
Fabbisogno termico estivo	312
Dimensionamento condotte dell'aria	316
Unità di trattamento dell'aria	318

Ottimizzazione energetica

Simulazione energetica dell'edificio	323
Modellazione dell'edificio	323
Benessere all'interno dell'edificio	325
Dati climatici	327
Influenza della tecnologia costruttiva	327
Influenza degli impianti tecnologici	328
Influenza del coupling tra le zone termiche	331
Influenza dell'attivazione della massa	332
Fabbisogno energetico dell'edificio	334

11. Riferimenti

Bibliografia	337
--------------	-----

Ringraziamenti

Sinossi

London Public Library (LPL) nasce da un bando di concorso indetto da Archmedium Student Competition, per la progettazione di una biblioteca pubblica all'interno dell'area verde denominata Potters Fields Park, situata in riva al Tamigi e a pochi metri dalla City Hall progettata dall'Arch. Norman Foster, nel distretto londinese di Southwark.

L'analisi del sistema bibliotecario cittadino, i sopralluoghi, il confronto diretto con Sergio Dogliani (dirigente municipale dell'Idea Store di White Chapel) e lo studio del bacino d'utenza potenziale, sono tutti elementi che hanno contribuito alla ridefinizione delle metrature e alla formulazione di un programma funzionale eterogeneo.

LPL è la dimostrazione di come una biblioteca pubblica contemporanea possa essere allo stesso tempo un luogo di aggregazione, di conoscenza e di servizi. Gli spazi di studio e di concentrazione, racchiusi in un seme trasparente che dialoga col vivace contesto, fluttuano su di una piazza pubblica coperta, ricca di funzioni coordinate con le esigenze dell'intorno (More London Area).

Luce, energia, impianti e struttura hanno influenzato in modo determinante le scelte progettuali, urbanistiche ed architettoniche, in un'ottica di approccio multidisciplinare al progetto.

Gli aspetti illuminotecnici e di benessere visivo sono trattati in modo approfondito, al fine di ottenere il miglior assetto architettonico possibile in funzione del comfort visivo interno.

Un'attenzione particolare è stata posta all'ottimizzazione energetica dell'edificio attraverso simulazioni dinamiche ai fini del calcolo del fabbisogno, giungendo a quantificare i vantaggi derivanti dall'attivazione termica della massa della copertura in calcestruzzo armato.

L'elemento a piastra dell'involucro è stato studiato anche dal punto di vista strutturale comparando diversi metodi di calcolo e delineando le soluzioni tecnologiche dei nodi più critici cui riferirsi durante le fasi esecutive.

Abstract

London Public Library (LPL) is the brief of an Architectural competition held by Archmedium Student competition, for the Design of a New public Library in London. The site is placed on the Thames River, few meters away from the City hall, designed by the Architect N. Foster in Southwark district.

The project is the result of wide studies on the contemporary Library system all over the City centre. The combination of site Surveys, direct contact with Sergio Dogliani (White Chapel Idea Store Director) and focus on the future audience is taken as starting point to rethink on the total project area and inspire the selection of functions organized internally in the complex.

LPL shows how a contemporary Public Library can be a place to meet, to work, to study and a mix of community services at the same time. The inner concentration places are encapsulated in a transparent seed, floating on a enclosed plaza equipped with coordinated functions for the nearby civic services.

Light, energy, technological plant and structure has acutely influenced the design strategies; from the urban planning to the architectural details till the executive aspects, the approach to the project has been taken from different discipline to guarantee a rooted organization behind all the design figure of the process.

The lighting technology and the visual comfort has been deeply analyzed thanks to daylighting analysis to obtain the better architectural organization for the internal spaces and furniture.

Particular focus is dedicated to optimize the energetic plant. The energy requirement is dynamically simulated hour by hour to calculate and determine the interaction between different typologies of spaces with or without the thermal activation of the concrete covering slab.

The structural plate is computed comparing different methodology of calculation and delineating the most critical nodes to overview during the executive process.

Premessa

La biblioteca pubblica

Quando si parla di biblioteca pubblica, in Europa ma anche nel resto del mondo, tra le differenti tipologie di biblioteca esistenti, si fa riferimento a quelle caratterizzate da ruolo e funzioni simili alla Public Library anglosassone, caratterizzata da una pluralità di funzioni e destinata a un'utenza non specifica.

Secondo la definizione riportata nelle Linee Guida IFLA/UNESCO del 2001, una biblioteca pubblica è: "un'organizzazione istituita, sostenuta e finanziata dalla comunità, tramite l'amministrazione locale, regionale o nazionale, oppure tramite altre forme di organizzazione collettiva. La biblioteca fornisce l'accesso alla conoscenza, all'informazione e alle opere dell'immaginazione tramite una gamma di risorse e di servizi ed è aperta equamente a tutti i membri della comunità senza distinzione di razza, nazionalità, età, genere, religione, lingua, disabilità, condizione economica e lavorativa e grado di istruzione."

L'aspetto fondamentale che caratterizza una biblioteca pubblica è dunque la "pubblicità", intesa come gratuità dei servizi fondamentali e l'apertura verso tutti, senza alcun tipo di pregiudizio, condizionamento ideologico, politico o religioso.

Lo scopo essenziale della biblioteca pubblica si erige su tre funzioni basilari che sono: accesso, mediazione e diffusione della conoscenza e dell'informazione e alle altre forme di comunicazione. Il suo compito è quello di offrire risorse e servizi per soddisfare le esigenze individuali e collettive di istruzione, informazione e sviluppo personale, compreso lo svago e il tempo libero.

La biblioteca pubblica deve appoggiare attivamente i programmi di alfabetizzazione, perché rappresenta la chiave di accesso all'istruzione che non termina con il completamento dell'istruzione vera e propria ma rappresenta un punto di partenza di un'attività che prosegue per tutta la vita; le persone infatti avranno bisogno di acquisire nuove capacità in vari momenti della loro vita e la biblioteca pubblica ha un ruolo importante nel favorire questo processo.

Oggi giorno, nonostante la rapida crescita quantitativa, l'informazione non è alla portata di tutti ma solamente di chi vi può o sa accedervi. Responsabilità della biblioteca pubblica è quindi quella di raccogliere, organizzare e rendere disponibili le informazioni in quanto risultano di fondamentale importanza per lo sviluppo individuale e sociale. L'idea alla base della biblioteca pubblica è di identificare uno spazio amico che entri nella concezione comune come uno spazio di aggregazione e scambio di esperienze tra residenti e visitatori, che possa offrire allo stesso tempo servizi alla comunità altrimenti dispersivi con minor possibilità di interazione.

Lo sviluppo personale, inteso come possibilità di sviluppare la propria creatività e di coltivare nuovi interessi, è di primaria importanza per lo sviluppo dell'essere umano. La biblioteca pubblica dovrebbe coprire anche questo ruolo mettendo a disposizione strumenti e supporti diversi, realizzazioni creative che nessuno individuo potrebbe acquisire per conto proprio. Attraverso il coinvolgimento della comunità in campagne di informazione dovrebbe fornire un contributo fondamentale allo sviluppo socio-economico.

Infine la biblioteca pubblica svolge un ruolo, non meno importante, di spazio pubblico, luogo di incontro per la società che permette di entrare in contatto in modo informale con altri membri della comunità, gettando le basi per un futuro collettivo alla base di qualsiasi comune o distretto; un luogo che identifica un quartiere.

Percorso progettuale

Lo sviluppo del seguente lavoro prende forma da un bando di concorso di idee rivolto a studenti e giovani architetti pubblicato nel giugno 2015.

L'idea è di dedicare il progetto della Public Library a Charles Dickens. Illustre scrittore e giornalista britannico vissuto tra il 1812 - 1870 che fa conoscere il distretto di Southwark proprio per l'ambientazione di due dei suoi celebri romanzi come "Little Dorrit" e "David Copperfield". L'iter progettuale seguito nello sviluppo del lavoro presentato segue definiti principi multidisciplinari che vanno dalla valutazione critica delle metrature proposte dal bando di concorso, allo sviluppo di significativi dettagli esecutivi per la messa in opera del complesso. La responsabilità pubblica del progetto oltre che essere definita dal bando è frutto di approfondite e ricercate analisi rivolte alla determinazione dell'identità della Library nel contesto ove sorge.

Diversi sopralluoghi e interviste, unite ad un confronto diretto con Sergio Dogliani (attuale dirigente municipale dell'Idea Store di Whitechapel) hanno permesso di pesare in termini sociali la sfumatura funzionale cui far appartenere il progetto.

Il progetto architettonico segue principi funzionali ed autentici che permettono ad ogni tipologia di target di riconoscere il ruolo dell'edificio anche da distante, rendendo il complesso più familiare man mano che ci si avvicina ad esso. All'interno spazi dilatati ed esperienze sempre più ricche tra utenti diversi sono i valori su cui ci si è concentrati per definire linee guida seguite durante l'intera progettazione.

Gli approfondimenti tecnici riguardano gli aspetti più esecutivi del progetto. Ci si è concentrati sull'interazione luce - architettura per la definizione funzionale degli interni. Le simulazioni energetiche in regime dinamico sono specifiche per valutare il comportamento termico di attivazione della copertura in cemento armato. La stessa si è poi sviluppata in termini strutturali giungendo ad un dimensionamento esecutivo ed un programma di realizzazione dei getti.



fig.0 L'incontro con Sergio Dogliani
Attuale dirigente municipale Idea Store Whitechapel

Londra

Una città cosmopolita in continua evoluzione

Londra è capitale e principale città dell'Inghilterra e del Regno Unito. Situata nella parte meridionale della Gran Bretagna conta ad oggi una popolazione di 8,5 mln. La sua estensione la fa rientrare nelle città più estese d'Europa con il primato di città più popolata del continente se considerata anche l'enorme area metropolitana che circonda la città fino all'estuario del fiume Tamigi su cui fonda le proprie origini.

Registra il PIL più elevato fra tutte le città europee, posizionandosi al quinto posto nel mondo. I suoi cinque aeroporti internazionali la delineano come il principale snodo del traffico aereo mondiale, rendendola uno dei centri urbani di scambio culturali più attivi e vivaci del globo. Dal 2000, con le riforme volute dal governo di Tony Blair, Londra è amministrata in maniera federale da una sola autorità centrale, la Greater London Authority con proprio sindaco, Assemblea propria, e da 33 quartieri londinesi, tra cui la Città di Londra, la Città di Westminster ed il quartiere di Southwark.

L'etimologia del nome "Londra" è incerta. Si tratta sicuramente di un nome antico e si trova già in fonti a partire dal II secolo. Il nome originario era "Londinium" nome attribuitogli dai conquistatori romani che per primi si insediarono sulle sponde del Tamigi. Si ritrova il nome "Lundenwic" a partire dal settimo secolo per tutto il medioevo, denominazione attribuita all'accampamento anglosassone in un sito di poco a monte dell'insediamento romano.

« When a man is tired of London, he is tired of life; for there is in London all that life can afford. »

« [Quando un uomo è stanco di Londra, è stanco della vita, perché a Londra c'è tutto ciò che la vita può offrire.] »

Samuel Johnson (1709-1784)



fig.0.0 SKYLINE DI LONDRA
(pagina precedente) Edifici significativi nello skyline londinese

L'uscita dall'Europa. Il post BREXIT

Si riporta il testo ufficiale del quesito sulla scheda del Referendum

« *Should the United Kingdom remain a member of the European Union or leave the European Union?* »

« *[Il Regno Unito dovrebbe restare un membro dell'Unione europea o dovrebbe lasciare l'Unione europea?]*»



fig.0.1 LONDRA NEL REGNO UNITO
(sopra) Indicazione geografica di Londra

fig.0.2 IL REGNO UNITO NEL MONDO
(in alto) Indicazione geografica Regno Unito

fig.0.3 LONDRA SUL TAMIGI
(a lato) Inquadramento dell'area di progetto nel contesto urbano

La storia contemporanea della città è direttamente collegata al recente risultato del referendum popolare pronunciato in favore dell'uscita del Regno Unito come membro dell'Unione europea. Gli effetti conseguenti a tale scelta verranno apprezzati sul lungo periodo.

Per quel che riguarda il presente del Paese, il dibattito si divide tra chi prevede un infausto futuro soprattutto per la storia commerciale e di relazioni internazionali del Regno Unito e chi più conservatore e critico analizza i dati del PIL odierno, che continua incessantemente a crescere affermandosi per il 2016 come base della più robusta economia del G7, il gruppo dei sette paesi industrializzati più ricchi della terra.

Il dibattito culturale che segue il periodo post BREXIT si incentra sul ruolo e sui principi educativi alla base del sistema urbano. Il ruolo fondamentale di biblioteche, università, musei ed altri centri resta anche da opinioni diverse l'appoggio principale con cui si sta servendo il cittadino nell'affrontare questo periodo di evoluzione politica e sviluppo di un nuovo approccio di pensiero sull'identità del proprio Paese.

Sicuramente il Regno Unito ha ed è sempre stato influenzato in maniera forte e fondamentale dal resto d'Europa e così continuerà a fare; gli spunti che nasceranno conseguenti allo sviluppo di un'identità così cosmopolita ma allo stesso tempo figlia della stessa patria servirà ad apprezzare lo sviluppo del cittadino moderno nei confronti di una globalizzazione così spinta come quella che ci apprestiamo ad affrontare.

"THE SHARD"
HOTEL + OFFICES
Renzo Piano, 2012

"HMS BELFAST"
SHIP MUSEUM
Harland and Wolff, 1939

"LONDON TOWER"
MONUMENT
(under) Richard II, 1377-1399
Norman military architecture

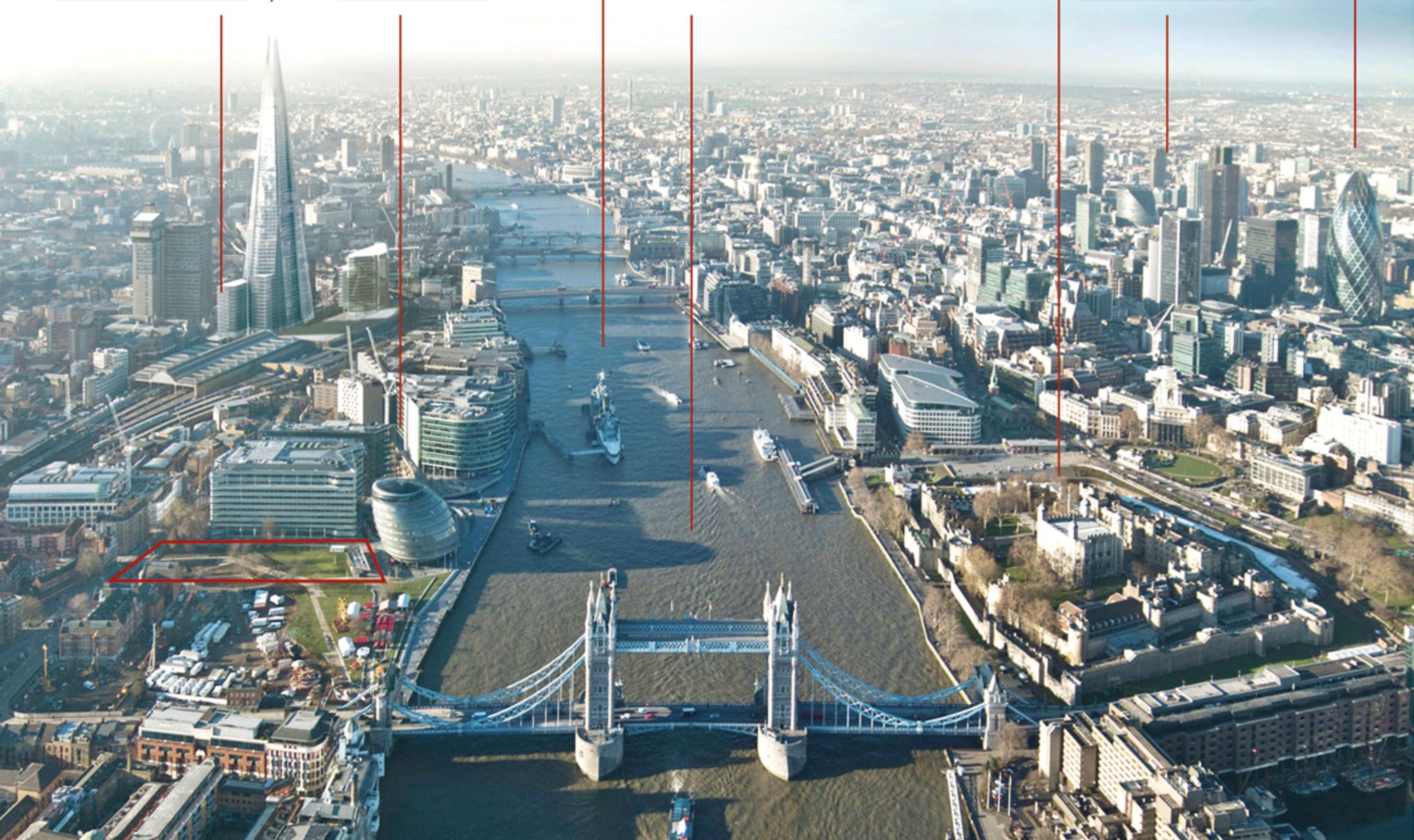
"30 ST MARY AXE"
COMMERCIAL + OFFICES
Foster & Partners, 2004

"STATION LONDON BRIDGE"
TRANSPORT HUB
National Rail, 1836

"CITY HALL"
TOWN HALL
Foster & Partners, 2002

"TOWER BRIDGE"
CONNECTOR
H.e Jones & J. W. Barry 1886-1894

"CITY OF LONDON"
COMMERCIAL + OFFICES
The new CBD



Capitolo 1

Bando di progetto

London Public Library

Il progetto della nostra tesi ha visto il suo inizio a partire da un bando per una competizione per studenti indetta dal sito web www.archmedium.com nel giugno 2015.

La proposta del bando riguarda la realizzazione di uno spazio dove cultura, storia e tecnologia interagiscono generando attività nella Londra del XXI secolo. Situata sulla sponda sud del Tamigi, alla nuova biblioteca è richiesto di instaurarsi come un'entità ad uso collettivo e pubblico in maniera tale da riflettere i valori della società di oggi.

Nel bando viene inoltre stabilito un programma di intervento che riporta: "la nuova biblioteca deve essere la naturale continuazione della città e punto di accesso alle informazioni, un'istituzione che ridefinisce il classico concetto di biblioteca trasformandolo in un magazzino di informazioni dove tutte le forme di informazioni, nuove o vecchie, siano rese pubbliche allo stesso modo".

Il programma contiene inoltre diversi requisiti funzionali-spaziali: una grande hall deve accogliere i visitatori come continuazione dello spazio pubblico della città; la presenza di ampie sale lettura e spazi di lavoro devono far sì che la biblioteca diventi luogo di vita, relazione e incontro mentre altri spazi più piccoli e chiusi saranno dedicati allo studio che richiede maggiore concentrazione; le scaffalature devono essere pubblicamente accessibili permettendo agli utenti di cercare ciò di cui hanno bisogno; il children centre deve servire come un'area di formazione e intrattenimento per i bambini con informazioni specifiche per la loro età e con un'architettura sensibile in modo da diventare una sorta di asilo nido all'interno della biblioteca, uno spazio dove i genitori che lavorano nella zona possano lasciare i loro figli; deve



fig.1.0 POSTER COMPETIZIONE
Poster della competizione ARCHMEDIUM

<i>Public</i>	
Hall	250m2
Bar/Restaurant	300m2
Exhibition room	400m2
Small auditorium	250m2
Magazine and newspaper room	250m2
Restrooms	50m2
	1500m2
<i>Administration</i>	
Library reception	100m2
Administration offices	300m2
Restrooms	100m2
File room	500m2
	1000m2
<i>Consultations</i>	
Video library room	500m2
Reprographics room	250m2
Computer room	250m2
Shelf area	1500m2
	2500m2
<i>Main rooms</i>	
Working area	6000m2
Encounter area	3000m2
Investigation rooms	3000m2
Leisure centre	500m2
Childrens centre	500m2
	13000m2
Total	18000m2

fig.1.1 PROGRAMMA COMPETIZIONE
Estratto del programma funzionale-spaziale della competizione

essere presente una sezione tempo libero dove gli utenti possono leggere comodamente, guardare un video o giocare.

Vengono fornite inoltre delle metrature che sono state da noi oggetto di critica e revisione in seguito alle ricerche su tipologia di utenti e bacino d'utenza.

Charles Dickens

Nel brief della competizione viene fatta una breve introduzione in cui vengono fatte delle citazioni di autori famosi e posti dei quesiti.

Primo fra tutti troviamo la citazione di una famosa scrittrice statunitense, Gail Carson Levine:

"A library is infinity under a roof "

Segue un piccolo riferimento a quello che lo scrittore britannico Charles Dickens descrive nelle complesse storie dell'epoca Vittoriana, a come il lettore solamente leggendole, può ricrearsi l'effervescente Londra che caoticamente si trasformò, le notti, le ombre, le persone e i pericoli e le opportunità che questa grande città offriva.

Viene quindi evidenziato come un libro, come può essere quello di Dickens o molti altri scrittori britannici, può raccontare meglio di una mappa la città di quel periodo.

Infine i quesiti che vengono posti e a cui dovrebbe rispondere il nostro progetto sono i seguenti: "Qual'è la relazione tra Londra e i racconti? Qual'è la definizione di biblioteca al giorno d'oggi?"

Il sito

Successivamente viene descritto brevemente il sito di progetto, di cui se ne parlerà ulteriormente nei successivi capitoli, e vengono fornite alcune restrizioni. In particolare, non vengono fornite limitazioni in altezza ma è richiesto il completo mantenimento dell'impronta verde presente attualmente sul sito; questo significa che può essere costruita l'intera area ma andrà distribuito lo spazio verde in copertura o in altre aree proposte.

I progetti premiati

Si riportano di seguito gli elaborati progettuali dei gruppi premiati dalla giuria del concorso.



fig.1.2 PROGETTO VINCITORE
(sopra) Tavola di concorso del progetto vincitore

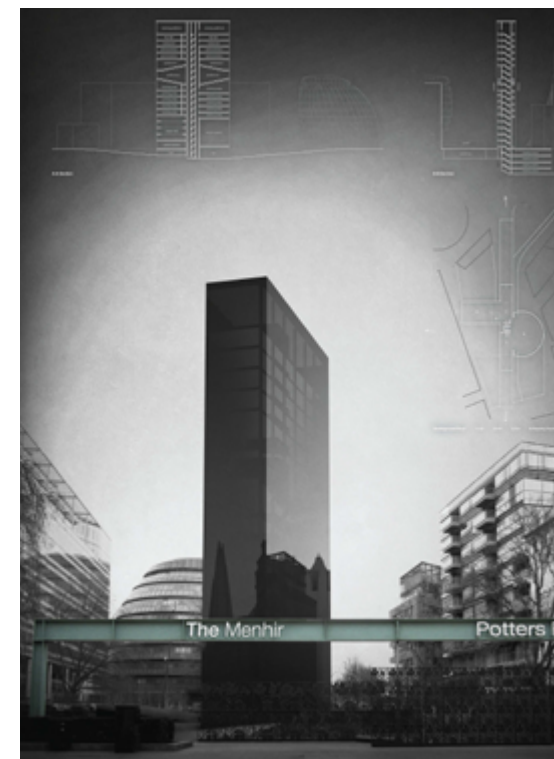


fig.1.3 PROGETTO SECONDO CLASSIFICATO
(in alto) Tavola di concorso del progetto secondo classificato



fig.1.4 PROGETTO TERZO CLASSIFICATO
(in basso) Tavola di concorso del progetto terzo classificato

Capitolo 2

La biblioteca

Biblioteca nella storia

Antichità. La cultura greca ed il ruolo pubblico a Roma

La biblioteca nelle sue prime forme si ritrova nella civiltà greca come attività complementare accanto al funzioni amministrative e religiose, la lettura e la conservazione erano attività aggiuntive ad altre di significato più pubblico. Nella biblioteca ellenistica non vi erano spazi dedicati alla consultazione, le raccolte erano conservate in nicchie lungo le pareti principali, l'ingresso era consentito ad una cerchia ristretta di studiosi che effettuavano riunioni e discussioni nella sale e negli spazi aperti connessi.

Nell'antica Roma le biblioteche si sviluppano continuando la corrente di stile ellenistico: un portico perimetrale racchiude una grande sala rettangolare rigorosamente con la statua di Minerva dentro un abside posto frontalmente alla parete di ingresso. Soprattutto nelle grandi biblioteche la sala principale era divisa in due sale, una contenente le opere romane e l'altra custodiva le opere latine. Durante questo periodo la biblioteca comincia ad assumere un ruolo sociale e più rivolto al pubblico; seppur l'ingresso era consentito ad un ceto limitato, l'ubicazione e l'identità urbana della biblioteca assume un carattere più pubblico, vengono spesso collocate vicino a grandi edifici come le terme o il foro e col tempo diventano luogo di incontro, dibattito e socializzazione.



fig.2.0 BIBLIOTECA DI CELSO ED EFESO
(pagina precedente) Resti della facciata rimasta

Medioevo

Dopo la caduta dell'impero romano, la biblioteca perde il suo ruolo come fulcro della vita pubblica, diventa parte annessa ad abbazie e monasteri con la funzione di preservare manoscritti e tramandare il sapere sacro. Durante questo periodo l'organismo della biblioteca si configura in 3 distinti spazi: lo scriptorium, ampia sala luminosa con posti di lavoro singoli dove avveniva la copiatura dei manoscritti; il deposito, sala posizionata solitamente al piano sovrastante lo scriptorium; la zona di consultazione, nicchie o celle in cubicoli sul perimetro del chiostro o in sale di conservazione con funzione di nicchie-studio ("Carolos").

Durante lo sviluppo sociale del XII sec, la funzione della biblioteca torna ad essere strumento per la diffusione del sapere. Viene permessa anche ai laici la consultazione, per questo gli spazi interni aumentano di superficie scanditi da plutei individuali disposti su file parallele, perpendicolari alle pareti.

Con la nascita delle prime università il modello architettonico della biblioteca si raffina maggiormente, viene a distinguersi la funzione di biblioteca magna, con compiti di consultazione, e la biblioteca parva, con obiettivi di conservazione dei volumi e dove era possibile richiederne il prestito con modalità simili a quelle odierne.



fig.2.1 BIBLIOTECA LAURENZIANA
La sala rettangolare scandita dai plutei e dalle paraste.

Rinascimento

E' in questo periodo che la distribuzione spaziale interna si perfeziona. La sala viene divisa in 3 navate, suddivisa da colonne ed archi a tutto sesto per aumentare lo spazio disponibile al deposito. Le sale laterali erano caratterizzate da volte a crociera per enfatizzare la suddivisione ritmata delle aree che venivano usate per la consultazione e lo studio; la navata centrale era impiegata come spazio distributivo rimarcata longitudinalmente dalla superiore volta a botte. Il principale esempio di biblioteca di questo periodo è la biblioteca Laurenziana di Michelangelo dove la tipologia monastica raggiunge la sua più sublime accezione. Il coerente dialogo tra

l'articolazione spaziale, la destinazione funzionale, il decoro e l'arredo contraddistinguono un interno ricco da un esterno più neutrale; in sequenza progettuale troviamo il vestibolo quadrato, dilatato verticalmente dominato dallo scalone plastico disegnato dall'architetto, la grande sala rettangolare longitudinale scandita da paraste, finestre e file serrate di plutei, la sala triangolare destinata al deposito di libri rari. L'innovazione introdotta da Michelangelo sta nella scomposizione funzionale cui rispecchia un differente approccio spaziale per ogni sala e spazio interno.

Seicento

L'aumento esponenziale del numero di libri, seguito dall'invenzione della stampa di Gutenberg, porta allo sviluppo ed al cercare risposte spaziali differenti per la conformazione interna della biblioteca. Ci si riferisce allora alle grandi biblioteche dell'antichità, dove la reinterpretazione del wall-system porta alla creazione di grandi sale rettangolari rivestite da depositi di libri lungo tutto il perimetro ed una parte centrale destinata alla consultazione. Spazi educativi diventano l'identificazione della magnificenza del regnante del periodo, investimenti notevoli vengono impiegati nello sviluppo architettonico delle stesse: nasce uno spazio dove il contenitore stesso è il contenuto; il libro oltre che essere depositato viene esibito, e valorizzato anche per funzioni di arredo e partizioni. Ottimo esempio di questo tipo è la biblioteca Ambrosiana, prima biblioteca pubblica inaugurata nel 1609.

Settecento

Nel corso del settecento la biblioteca nasce come impianto autonomo vicino alla concezione odierna. Prende forma indipendente da altre strutture, e la sua conformazione viene progettata seguendo specifici obiettivi funzionali e prospetti atti ad evidenziare la sua funzione pubblica. La Bibliothèque du Roi di Boullée, del 1784, è un esempio simbolico del periodo. Considerata come il monumento più prezioso, fonte del sapere e della conoscenza degli antichi e sede

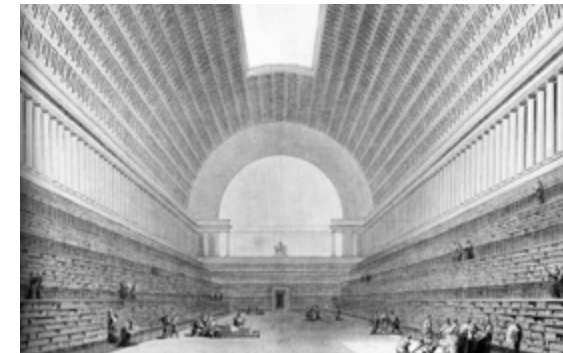


fig.2.2 BIBLIOTHÈQUE DU ROI DI BOULLÉE
Vista della sala centrale particolare delle pareti

fisica dell'eredità spirituale del tempo, si definisce come un luogo capace di contenere tutto il sapere. Immaginata con un impianto principale di 300 piedi con annessi corpi circostanti per ospitare collezioni speciali. La sala principale è l'apoteosi del sapere, 4 file sovrapposte di scaffali colmi di libri ai lati racchiudono uno spazio centrale che respira luce e proporzioni severe, in cui tutta l'illuminazione avviene dall'alto. Il wall-system è qui elemento e decorazione necessaria e sufficiente, sviluppato all'estremo definisce la sublime concezione del sapere del XII sec.

Ottocento

Nel XIX secolo, Leopoldo Della Santa enuncia i principi alla base della tripartizione funzionale della biblioteca: la netta separazione tra gli spazi di conservazione, consultazione e trattamento dei documenti costituisce un cambiamento drastico nella concezione spaziale della biblioteca. Esempio noto della teoria (piuttosto illuminista e funzionale) è il progetto di Labrouste per la Bibliothèque Sainte- Geneviève, inaugurata nel 1850. Qui la tripartizione è spinta all'estremo in sezione: il magazzino e gli uffici si snodano al piano terra, la sala consultazione al piano primo illuminata da grandi finestre con archi a tutto sesto che sovrastano un wall-system in cui la scansione degli spazi avviene mediante un sistema strutturale in acciaio lavorato in stile puramente liberty con decori floreali.

Un altro esempio che segue la corrente della tripartizione netta e funzionale della biblioteca è la Bibliothèque Nationale, dove la suddivisione avviene in pianta. Accanto alla grande sala lettura (1100 mq) si trova il Magasin Central con 26 file di scaffalature autoportanti a struttura metallica alte quattro piani, affacciate su di una galleria centrale di distribuzione per un totale di 1 milione di volumi.



fig.2.3 BIBLIOTECA AMBROSIANA
Vista della sala centrale e del wall-system

fig.2.4 BIBLIOTHÈQUE SAINTE-GENEVIÈVE DI H. LABROUSTE
(pagina seguente) Vista della sala lettura



Antonio Panizzi e Edward Edwards

Vengono menzionate, qui di seguito, due personalità che hanno contribuito allo sviluppo della concezione della biblioteca sino ai giorni nostri:

Antonio Panizzi, nato in Italia e naturalizzato Britannico, è stato principale bibliotecario della British Museum Library a Londra per diversi anni. Dopo aver studiato presso l'Università di Parma si trasferì in Inghilterra e iniziò la sua carriera, inizialmente come professore di italiano e successivamente come bibliotecario. Durante il suo mandato, che fu piuttosto movimentato da alcune controversie, intraprese insieme ai suoi collaboratori la creazione di un nuovo sistema di catalogazione, basato su 91 regole e fu promotore del "Copyright Act" del 1842, costringendo molti autori Britannici a depositare una copia stampata dei loro libri.

In conclusione Panizzi ha rappresentato un forte sostenitore del libero e pari accesso alla conoscenza.

Altra figura che necessita una menzione è sicuramente Edward Edwards, nato a Londra è stato uno dei quattro collaboratori di Panizzi nella stesura del nuovo sistema di catalogazione, e nel 1850 divenne bibliotecario principale della libera biblioteca di Manchester.

Durante la sua carriera Edward Edwards apparì come un libellista su argomenti di interesse pubblico.

Andrew Carnegie

Andrew Carnegie, uomo d'affari e filantropo scozzese-americano, grazie alla sua passione per le biblioteche e alle sue donazioni, tra il 1883 e il 1929 ne fece costruire più di 2500, principalmente negli Stati Uniti e nel Regno Unito.

Egli capì sin da subito l'importanza delle biblioteche e volle renderle accessibili a tutti, dando

la possibilità a tutti di implementare se stessi e le opportunità della loro vita.

Le Carnegie libraries, che prendono appunto il loro nome dal loro promotore e finanziatore, sono delle piccole biblioteche di quartiere costruite in edifici tradizionali all'interno di piccole comunità che hanno l'obiettivo di portare la conoscenza al maggior numero di persone possibile.

Investimenti dagli anni '80

In un periodo di crescenti tagli agli investimenti pubblici anche le biblioteche devono riorganizzarsi e indagare verso diverse tipologie di finanziamenti. Sino ad ora i costi di costruzione e mantenimento delle biblioteche sono stati ricoperti dai governi locali attraverso l'imposizione di tariffe, tasse sulla comunità, prestiti dal governo centrale ed erano integrati da entrate attraverso i servizi aggiuntivi quali il noleggio di ambienti per attività e iniziative.

Tuttavia l'attuale clima economico di moderazione e tagli da parte del Governo non consente più alle biblioteche di fornire un servizio di buona qualità senza ricorrere a fonti di finanziamento alternative; il Governo vuole contenere la spesa pubblica e parte di questa restrizione ricade anche sulla biblioteca pubblica.

In seguito a queste scelte anche le autorità locali non sono in grado di compensare tale lacuna tramite l'aumento delle imposte e alcune biblioteche hanno addirittura dovuto ridurre gli orari di apertura, altre invece si stanno muovendo verso le grandi imprese, così come avviene per il settore del commercio.

Un numero sempre più elevato di biblioteche britanniche stanno raccogliendo fondi da fonti alternative come sponsorizzazioni, sovvenzioni, donazioni e iniziative comuni. Le imprese Britanniche (secondo il report del PLDIS) spendono più di 200 milioni di sterline ogni anno in sponsorizzazioni, molti dei quali vanno allo sport, ma ultimamente anche il settore culturale sta attraendo supporti. Molteplici sono anche le donazioni da diverse compagnie e corporazioni, nonché dalla stessa Unione Europea, da parte di associazioni di volontariato e privati.

Il futuro delle biblioteche del Regno Unito, per ovvie ragioni politiche ed economiche, dovrà necessitare in maniera ovvia di sempre maggiori finanziamenti e nonostante ancora oggi, il ruolo imprenditoriale della biblioteca, non è completamente chiaro, i bibliotecari dovranno accettare il ruolo di generare fondi; il mancato rispetto di questa condizione significherà sicuramente che questo sviluppo non avverrà e che il servizio ne risentirà con evidenti ripercussioni.

Il modello di Idea Store nella Londra contemporanea

Rispetto al passato le modalità di fruizione e diffusione della cultura e informazione sono profondamente mutate e, con loro, il ruolo e la funzione della biblioteca.

Già nel 2007 questi cambiamenti sono stati evidenziati nelle Linee Guida IFLA per la progettazione di edifici bibliotecari, che sottolineavano come il focus della biblioteca si stava spostando dalla collezione alla comunicazione e da conservazione ad accesso.

Nonostante l'avvento delle nuove tecnologie di informazione negli ultimi anni, la funzione della biblioteca come centro di divulgazione di conoscenza e promozione alla lettura, non perde significato ma anzi, viene ampliato e diventa una porta di accesso e orientamento verso il mondo multimediale, centro e laboratorio di informazioni.

Sull'onda di questi profondi e continui cambiamenti venne lanciato il modello di Idea Store, un concept concepito nell'aprile 1999 quando il quartiere di Tower Hamlets svelò il suo piano di 20 milioni di sterline di investimenti in biblioteche e servizi alla cultura nonostante il periodo fosse caratterizzato da un trend nazionale di finanziamenti decrescente.

L'Idea Store rappresenta non solo una semplice biblioteca o luogo di conoscenza ma offre un' ampia finestra di classi per adulti, aree meeting, caffè, uffici di supporto al lavoro e alla salute, laboratori e corsi di formazione, tutti uniti in uno spazio semplice ed accessibile con un ambiente simile a un negozio; uno spazio in cui individui e famiglie si trovano insieme per socializzare. L'Idea Store viene localizzata in luoghi deprivati, già frequentati dalle persone,



fig.2.5 STRATEGIE IDEA STORE 1999
Concentrazione delle risorse nel concetto di Idea Store

fungendo da catalizzatore urbano verso il resto del quartiere.

La prima Idea Store è stata realizzata nel maggio 2002 a Bow dopo un ampio lavoro di consultazione della popolazione, da parte della municipalità. Il concept ha riscosso un enorme successo sia a livello locale incrementando la qualità del quartiere, sia a livello mondiale, diventando esempio di riferimento da seguire. Altre quattro Idea Store sono state realizzate negli anni successivi creando una rete interconnessa a supporto dell'intera collettività.

Community planning

Come riferisce Sergio Dogliani, promotore e dipendente dell'idea Store, in un incontro avvenuto durante la nostra visita a Londra, la "community planning" ha avuto un ruolo di fondamentale importanza nella riuscita del progetto dell'Idea Store e sottolinea come essa sia sempre più di fondamentale importanza per le pianificazioni future, delle biblioteche e non solo.

È fondamentale inoltre, continua Dogliani, ascoltare regolarmente il giudizio degli utenti in merito ai servizi offerti, al personale, agli spazi ed eventuali opportunità monitorando il grado di apprezzamento e soddisfazione, adeguando di conseguenza le scelte future.

I servizi pubblici da pianificare sul territorio possono nascere da due esigenze:

- Creare delle nuove realtà urbane (espansione del centro, nuove pianificazioni, etc)
- Completare delle realtà esistenti

Soprattutto la seconda tipologia di servizi di carattere pubblico, necessità di uno studio dettagliato sia per quanto riguarda la sostenibilità economica dei vari progetti, sia per quanto riguarda l'effettiva utilità del servizio. L'inserimento in un contesto urbano già definito, aumenta il rischio di pianificare, progettare e realizzare progettualità in parziale o completo conflitto con le reali necessità delle popolazioni coinvolte. Per scongiurare sprechi di investimenti di denaro pubblico e situazioni di degrado causate da scarso utilizzo degli spazi di carattere pubblico, la programmazione degli interventi deve essere svolta in accordo con le reali necessità

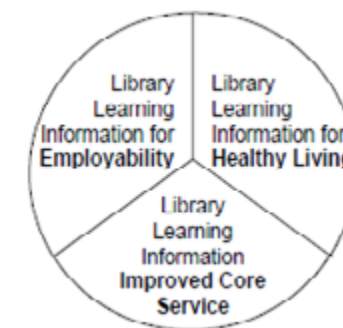


fig.2.6 STRATEGIE IDEA STORE 2009
(in basso) Strategie dell'Idea Store nel 2009



fig.2.7 Esterni WHITECHAPEL LIBRARY IDEA STORE
Il ruolo della comunità e dei servizi offerti dalla Library

fig.2.8 Interni WHITECHAPEL LIBRARY IDEA STORE
Scorcio all'ingresso della Library

delle popolazioni per cui il servizio viene concepito. È quindi indispensabile attuare processi partecipativi fin dalle prime fasi della pianificazione degli interventi: assemblee, interviste e dibattiti pubblici possono aiutare le amministrazioni pubbliche a mettere a punto servizi sempre più calzanti alle reali necessità. In questo processo partecipativo è fondamentale la consultazione delle fasce più giovani della popolazione: essi saranno i futuri fruitori della città e quindi una pianificazione lungimirante e sostenibile deve far fronte alle loro esigenze.



Capitolo 3

Riferimenti architettonici

Biblioteca universitaria di Delft

Progettata nel 1995 dallo studio d'architettura "Mecanoo", e realizzata nel 1998 la biblioteca dell'università di delft occupa una superficie di 15000 m² e si sviluppa su tre piani fuoriterra. Al piano interrato troviamo l'archivio dei libri e man mano che si sale si incontrano delle sale lettura, sale per la registrazione, uffici, spazi per lo studio, ecc.. L'elemento che la caratterizza maggiormente è l'ampia copertura verde che come un sottile foglio posizionato al di sopra dei sottili pilastri in acciaio ne crea la copertura e al tempo stesso diventa un prato verde pubblico all'esterno. Tale copertura viene interrotta e trafitta da un imponente cono, simbolo delle tecniche ingegneristiche, che permette alla luce naturale di penetrare all'interno degli ambienti e crea, al tempo stesso, un punto di riferimento visivo a chi proviene dall'esterno. È presente un unico punto d'accesso che, attraverso una dolce gradonata, indirizza il visitatore all'interno. Ampie facciate continue isolate termicamente completano il volume sui tre lati restanti.



fig.3.1 DELFT LIBRARY TECHNICAL UNIVERSITY
(pagina precedente a sx) Sezione trasversale

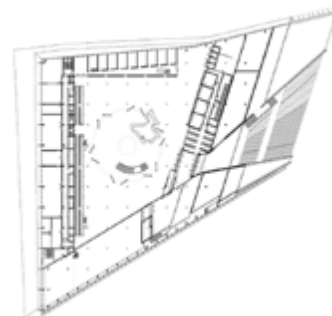


fig.3.2 DELFT LIBRARY TECHNICAL UNIVERSITY
(pagina precedente a sx) Pianta piano terra



fig.3.3 DELFT LIBRARY TECHNICAL UNIVERSITY
(pagina precedente a dx) Scorcio interno

Biblioteca Europea di informazione e cultura, BEIC

La Biblioteca Europea di Informazione e Cultura (BEIC) è una biblioteca di nuova concezione per l'Italia e riprende alcuni caratteri delle maggiori biblioteche al mondo.

Il progetto è frutto di un accordo di programma degli anni '90 tra il Ministero dei Beni culturali, il Comune di Milano, la Regione Lombardia, l'Università degli studi e il Politecnico di Milano e ha come obiettivo quello di dotare di una grande biblioteca pubblica, adeguata alle esigenze del XXI secolo, un'area metropolitana di oltre 7 milioni di cittadini, e che si proponga anche come luogo d'incontro e di socializzazione oltre che in grado di soddisfare i bisogni di informazione, divulgazione e cultura interdisciplinare.

Interessante di questo progetto risulta dunque il programma organizzativo funzionale, in grado di soddisfare i bisogni informativi di una comunità, sia esso uno studioso ricercatore sia un comune cittadino di qualsiasi età e indirizzarlo verso documenti posseduti o verso risorse remote comunque disponibili nella rete.



fig.3.4 RENDER BEIC
Vista renderizzata BEIC

Aarhus Urban Mediaspace

Progetto realizzato nel 2015 dallo studio d'architettura Schmidt Hammer Lassen Architects su una superficie di 30000 m² ad Aarhus in Danimarca è la biblioteca più grande della penisola scandinava. Conosciuta come "Dokk1" l'edificio risulta un insieme di volumi poligonali sovrapposti e sollevati dal piano stradale mediante un podio che ospita la nuova stazione dei treni.

Come disse l'architetto che la concepì: "Aarhus non è una semplice biblioteca ma un luogo di incontro che cambierà l'intera percezione delle persone sull'intera città".

Proprio per questa ragione la nuova biblioteca risulta un buon esempio a cui fare riferimento in quanto enfatizza attraverso la sua conformazione una connessione e continuazione dello spazio cittadino circostante.

L'edificio in se stesso forma un'icona per la città, che come dice il progettista "supporta e stimola la collaborazione creativa". Altro aspetto a cui si è fatto riferimento rappresenta la forte percezione visiva interno-esterno soprattutto dei piani mediani ottenuta attraverso l'utilizzo di ampie facciate vetrate; aspetto che consente una visione a 360 gradi e offre luce naturale agli spazi vitali della biblioteca.

Anche gli interni sono stati configurati ottenendo spazi a doppia altezza per aiutare a mantenere un senso d'apertura.

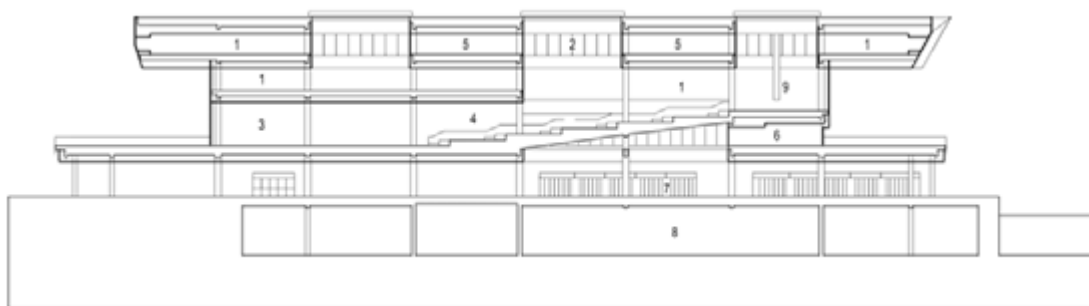


fig.3.5 AARHUS URBAN MEDIASPACE
(in alto) Vista dell'Urban Mediaspace di Aarhus

fig.3.6 AARHUS URBAN MEDIASPACE
(in basso) Pianta piano terra dell'Urban Mediaspace di Aarhus

fig.3.7 AARHUS URBAN MEDIASPACE
(a lato) Sezione dell'Urban Mediaspace di Aarhus



Peckham Library

Biblioteca completata nel 2000 dai progettisti Alsop e Störmer's in risposta alla richiesta della municipalità di Southwark di creare un edificio architettonicamente valido che desse prestigio al quartiere e una spinta psicologica all'area; uno spazio con cui la popolazione locale potesse relazionarsi e sentirsi orgogliosa di possederlo. Come affermò la giuria del concorso: "si tratta di un edificio pieno di spavalderia e come tale ha catturato i cuori di una parte insoddisfatta della popolazione...Questo è un edificio che fa sorridere, più di quanto un'architettura dovrebbe fare". Interessante è l'organizzazione degli spazi interni con la creazione di tre volumi a forma di seme che fuoriescono dalla copertura, i cosiddetti "pods"; all'interno di essi sono racchiuse tre diverse funzioni: la sezione bambini, la sezione della culture caraibica e una sala per incontri/riunioni.

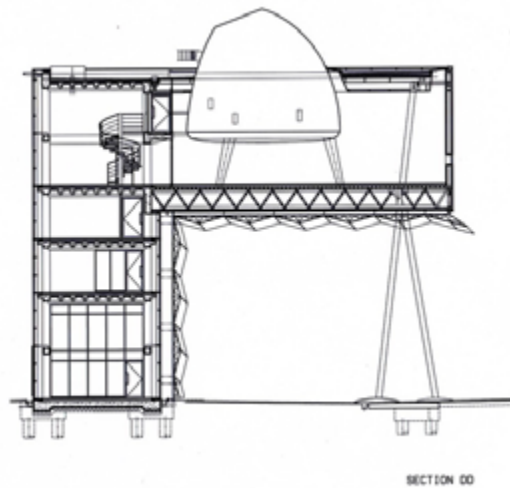
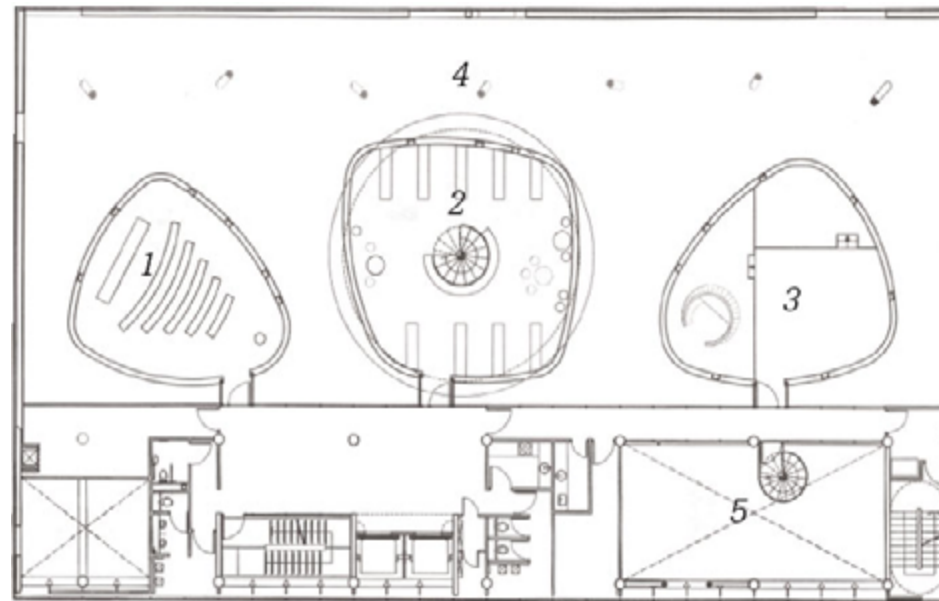


fig.3.8 PECKHAM LIBRARY
(in alto) Vista della Peckham library

fig.3.9 PECKHAM LIBRARY
(in basso) Sezione della Peckham library

fig.3.10 PECKHAM LIBRARY
(a lato) Pianta piano quinto della Peckham library



Markthal di Rotterdam

Edificio completato nel 2014 dallo studio d'architettura MVRDV, con una superficie di 95000 m² nel centro della città di Rotterdam. Si tratta di un mercato alimentare coperto, il primo nei Paesi Bassi, ispirato a quelli già esistenti di Stoccolma, Barcellona e Valencia, dove i visitatori possono passeggiare sorseggiando un drink e/o facendo shopping.

Sebbene la destinazione d'uso è completamente diversa da una biblioteca è stato comunque preso in considerazione come riferimento per l'organizzazione interna delle bancarelle e dei negozi; organizzazione che in qualche modo si riflette nella progettazione della piazza pubblica coperta presente nel volume del nostro edificio. Si tratta di uno spazio piuttosto isotropo dove il visitatore è libero di camminare nella direzione che preferisce senza comunque perdere l'orientamento.



fig.3.11 MARKTHAL ROTTERDAM
(in alto) Vista del Markthal di Rotterdam

fig.3.12 MARKTHAL ROTTERDAM
(in basso) Vista intera del Markthal di Rotterdam

fig.3.13 MARKTHAL ROTTERDAM
(a lato) Pianta del Markthal di Rotterdam



Biblioteca civica di Meda - MedaTeca

La MedaTeca come è intuibile dal nome rappresenta la biblioteca civica di nuova realizzazione del Comune di Meda (MB) da parte della società di architettura Alterstudio Partners, di cui è socio fondatore il nostro professore, nonché correlatore, Arch. Marco Muscogiuri.

Durante il nostro percorso di tesi è stato possibile visitarla da vivo e nonostante le modeste dimensioni, circa 1900 m², è stato scelto di inserirla tra i riferimenti apprezzandone in particolar modo l'attento studio rivolto alla progettazione degli spazi interni (arredo compreso) e alla luce naturale, l'identità della facciata sulla strada antistante, l'imponenza del colore rispetto al contesto, la trasparenza-relazione tra l'interno e l'esterno, frangisole verticali in facciata.

Essa rappresenta infatti un punto di riferimento della comunità medese per tutte le altre funzioni che ivi si svolgono durante l'arco dell'anno come corsi pratici, cineforum, mostre, esposizioni.



fig.3.14 MEDATECA
(in alto) Foto esterna della MedaTeca

fig.3.15 MEDATECA
(in basso) Foto intera della MedaTeca



fig.3.16 MEDATECA
Foto dell'interno della MedaTeca



fig.3.17 MEDATECA
Foto dell'interno della MedaTeca

Biblioteca civica di Cinisello Balsamo

La biblioteca civica di Cinisello Balsamo (MI) fa parte di un centro culturale di recente realizzazione; inaugurato del settembre 2012 oltre alla biblioteca il centro ospita un auditorium, una sala conferenze, alcuni laboratori didattici e una caffetteria.

A detta dell'amministrazione il progetto doveva diventare la nuova "piazza dei saperi", un luogo di studio, incontro, dove poter leggere, studiare e prendere in prestito un libro.

In seguito a una nostra visita in loco, è stato possibile verificare l'espressività e la compostezza dell'intera facciata vetrata, la possibilità di integrare forme primarie e potenti per dinamizzare gli spazi esterni.



fig.3.21 BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO
Foto dell'interno della biblioteca civica di Cinisello Balsamo



fig.3.20 BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO
Foto dell'interno della biblioteca civica di Cinisello Balsamo



fig.3.18 BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO
(in alto) Foto esterna della biblioteca civica di Cinisello Balsamo

fig.3.19 BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO
(in basso) Foto esterna della biblioteca civica di Cinisello Balsamo



Whitechapel Idea Store

Biblioteca di riferimento del quartiere, progettata da Davide Adjaye e aperta nel settembre del 2005, è un esempio dell'ambizioso progetto delle Idea Store. Sviluppata su 5 piani in altezza è la più grande delle cinque oggi realizzate; architettonicamente presenta il forte stile che la caratterizza, fortemente impattante e comunicativo nei confronti della comunità.

Le funzioni al suo interno combinano i comuni servizi bibliotecari con funzioni di diverso tipo, culturali, ricreative e formative; all'ultimo piano sono localizzati la caffetteria-emeroteca con vista su tutta la città.

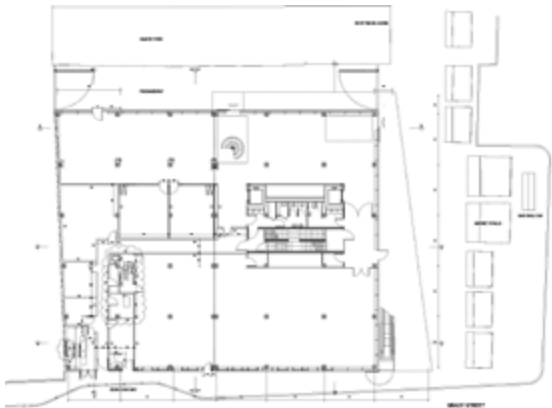


fig.3.22 WHITECHAPEL IDEA STORE
(in alto) Foto esterna dell'Idea Store whitechapel

fig.3.23 WHITECHAPEL IDEA STORE
(in basso) Pianta piano terra dell'Idea Store Whitechapel



fig.3.24 WHITECHAPEL IDEA STORE
Pianta piano primo dell'Idea Store Whitechapel



fig.3.25 WHITECHAPEL IDEA STORE
Pianta piano quinto dell'Idea Store Whitechapel

Watney Market Idea Store

Altro esempio di Idea Store, realizzata dallo studio Bisset Adams nel maggio 2013, ultima realizzata nel suo genere, si sviluppa su tre piani fuori terra e offre un'ampia gamma di servizi tra i quali risaltano gli sportelli per la salute e per il lavoro posti al piano terra.

In seguito alla nostra visita presso tale edificio, è stato possibile effettuare delle critiche a riguardo in particolare sulla loro localizzazione all'interno dell'edificio: posizionati al piano terra, di fianco alla welcome desk creano una situazione piuttosto caotica durante gli orari di apertura, intralciando il percorso dei fruitori della biblioteca.

Facendo riferimento da questo progetto è stata dunque posta l'attenzione a questo inconveniente evitando di ripeterlo.

Dall'altro lato sono stati considerati alcuni aspetti positivi quali la posizione rispetto al contesto, la luce naturale degli ambienti e il trattamento del colore.

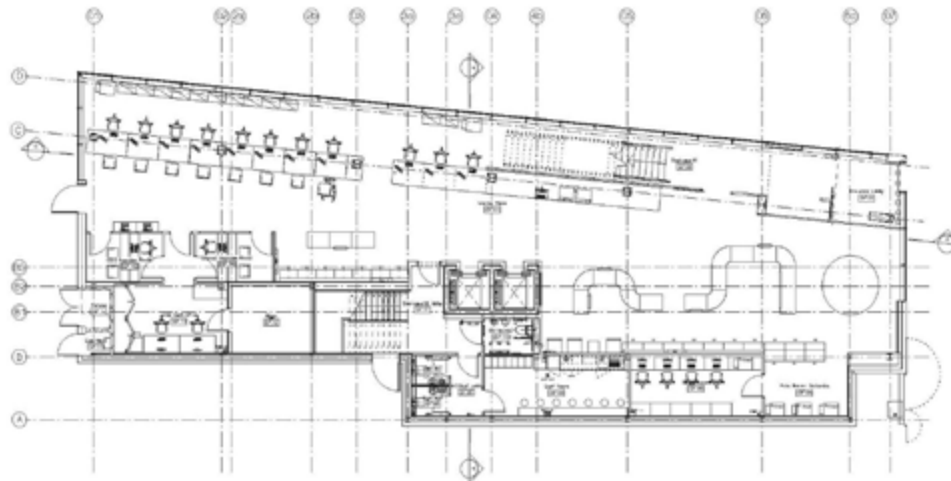


fig.3.26 WATNEY MARKET IDEA STORE
(in alto) Foto esterna dell'Idea Store Watney Market

fig.3.27 WATNEY MARKET IDEA STORE
(in basso) Foto interna dell'Idea Store Watney Market

fig.3.28 WATNEY MARKET IDEA STORE
(a lato) Pianta piano terra dell'Idea Store Watney Market

Oslo Opera House

Opera dello studio d'architettura Snohetta, completato nel 2007, con un'area di 38500 m² è il teatro nazionale d'opera della Norvegia. Situato al centro di Oslo grazie alla sua grande copertura praticabile in granito bianco, crea una piazza pubblica e invita i pedoni a camminarci e godere della splendida vista panoramica della città.

Ragione per cui tale riferimento, sebbene rivesta una differente destinazione d'uso, risulta un ottimo esempio in cui l'architettura entra a far parte del contesto in cui si inserisce e ne definisce lo spazio o addirittura lo crea ampliandolo.

Anche il trattamento riservato alla progettazione degli spazi interni risulta di incredibile efficacia, soprattutto visiva; per non interferire con la vista attraverso le ampie pareti vetrate, i pilastri che sorreggono l'imponente copertura, sono stati realizzati in acciaio secondo un profilo angolare.



fig.3.29 OSLO OPERA HOUSE
(in alto) Foto interna dell'Oslo Opera House

fig.3.30 OSLO OPERA HOUSE
(a lato) Foto esterna dell'Oslo Opera House



Biblioteca Sant Antoni-Joan Oliver

Inaugurata nel 2007, con progetto del gruppo d'architettura RCR Arquitectes, la nuova biblioteca di Saint Antoni-Joan Oliver occupa una superficie di 4200 m² circa e rappresenta un ottimo esempio di relazione spaziale con un contesto urbano fortemente dinamico e di rivitalizzazione dell'area.

L'interazione visiva tra interno ed esterno e tra esterno ed esterno è portata in primo piano grazie all'ampio utilizzo di vetrate intervallate da frangisole e si configura come una porta che filtra la luce e si rivolge alla comunità esterna.

Il cortile interno, come un'estensione della sala di lettura della biblioteca, diventa uno spazio di coesione sociale tra i bambini che vi giocano e gli anziani che vanno e vengono per raggiungere la casa di riposo a lato.



fig.3.33 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER
Foto esterna della biblioteca Saint Antoni-Joan Oliver



fig.3.34 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER
Foto esterna del cortile della biblioteca di Saint Antoni-Joan



fig.3.31 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER
(in alto) Foto esterna della biblioteca di Saint Antoni-Joan
fig.3.32 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER
(in basso) Foto interna della biblioteca di Saint Antoni-Joan

Capitolo 4

Contesto londinese

Inquadramento

Londra città cosmopolita e capitale del Regno Unito si presenta al giorno d'oggi come una delle più prospere e vibranti città del pianeta. La sua ampia estensione superficiale, approssimativamente 1500 km², l'ha resa la città più estesa d'Europa nonché città più popolosa di tutta l'Unione Europea. La sua area metropolitana, "Greater London", divisa in 32 distretti, conta circa 14 milioni di abitanti e si estende per svariate decine di chilometri lungo la valle del Tamigi, fiume che la attraversa e la divide in due parti e che ne ha caratterizzato profondamente la sua evoluzione.

Dal punto di vista urbanistico, benché si sia sviluppata a partire dalla zona conosciuta come City, Londra non ha mai ricevuto una pianificazione vera e propria e il contesto che oggi si presenta risulta un mosaico di villaggi esterni inglobati nella città man mano che questa si sviluppava.

La mancanza di spazio nel centro di Londra non è un problema così recente tant'è che gli ingegneri vittoriani quando si trovarono di fronte a questo stesso problema decisero di costruire sotto la superficie tunnel, ferrovie e strade, interrando addirittura alcuni corsi d'acqua; tutt'oggi si può affermare che esiste una vera e propria città sotterranea nascosta.

Londra da sempre è stata capitale del regno Britannico di conseguenza era ed è tutt'ora meta indiscussa di enormi flussi migratori soprattutto dopo l'era coloniale. Degli 8,7 milioni di persone che compongono la sua popolazione, circa il 36,7 % sono immigrati.



fig.4.0 *SWISS RE*
(pagina precedente) *Il dialogo con gli edifici pre-esistenti*

Londra nella storia

La storia di Londra risale a più di 2000 anni fa quando i Romani costruirono una rete stradale che attraversava l'Inghilterra e il cui nodo centrale andava a formare quello che è stato il porto romano di Londinium e la cui popolazione aveva raggiunto un picco stimato di 25-30 mila unità; la sua estensione copriva i 2,5 km² della City di oggi.

Attualmente non è sopravvissuto quasi nulla della Roman Londinium anche se alcuni resti archeologici sono stati trovati e conservati.

A partire dal V secolo l'impero Romano ebbe un declino e abbandonò Londinium e lasciò la cosiddetta Britannia. In seguito a tale abbandono, l'area strategica sulle rive del Tamigi venne occupata dagli anglosassoni che costruirono un nuovo porto un po' più a ovest e nelle aree di campagna fecero costruire delle fattorie isolate; aree che ancora oggi si possono riconoscere dal nome di alcuni distretti (-ham, -ton, -wich, -worth).

La conquista normanna dell'Inghilterra del 1066 è normalmente considerata l'inizio dell'era medioevale, da parte di Guglielmo I d'Inghilterra, duca di Normandia. Era in cui vennero costruite diverse fortificazioni a difesa della città come la Tower of London e venne iniziata la costruzione di Westminster Hall, edificio che divenne la base per la costruzione del Palazzo di Westminster, prima residenza reale londinese. Durante l'era medioevale Londra si sviluppò in due zone, una vicino a Westminster che divenne centro del potere politico e residenza del re, l'altra il centro degli affari essendosi trasformata in uno dei maggiori centri del commercio europeo. La Londra medioevale era costituita da un insieme di strade strette e tortuose e gli edifici erano costruiti con legno e paglia cosicché erano soggetti a continui incendi.

Dopo anni di peste e carestie, nel cosiddetto periodo dei Tudor, la città vide una forte crescita della popolazione e un sostanziale incremento dei commerci anche oltre oceano grazie all'esportazione del carbone; si ebbe inoltre uno dei periodi più brillanti per la sua cultura (William Shakespeare).

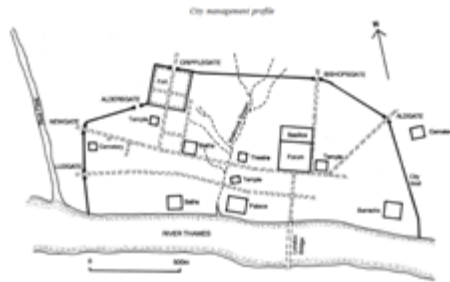


fig.4.1 INSEDIAMENTO LONDRA "ROMANA"
(sopra) 43 D.C. insediamento della città al tempo dei Romani

fig.4.2 VISTA LONDRA "ROMANA"
(sotto) 43 D.C. vista di come appariva la città al tempo dei Romani



fig.4.3 LONDRA DEI TUDOR
1572 Raffigurazione di Londinium

Nel 1666 un grande incendio distrusse tre quartieri di Londra e molte eredità del periodo medievale e dei Tudor. Nei successivi tre giorni alla catastrofe vennero presentati tre piani per la ricostruzione che però non vennero presi in considerazione e la separazione fra la città commerciale (City of London) ed il mondo della Corte (Westminster) divenne completa; si diffuse la tendenza a costruire edifici in pietra e mattoni al posto di quelli in legno presenti nella vecchia città, allo scopo di ridurre il rischio di incendi catastrofici.

Il XVIII secolo fu un periodo di rapida crescita per la città, che rifletteva la crescita della popolazione nazionale e i primi accenni dell'avvento della rivoluzione industriale. Nel 1707 con l'unificazione dei parlamenti di Scozia ed Inghilterra si sancì la nascita del Regno Unito di



fig.4.4 LONDRA DEGLI STUART
1616, Londra degli Stuart

Gran Bretagna.

Durante il XIX sec. Londra venne trasformata nella città più grande al mondo e divenne la capitale dell'impero britannico; la popolazione passò da circa 1 milione di abitanti nel 1800 a 6,7 milioni un secolo più tardi. Sempre nel XIX sec. la città di Londra venne trasformata dall'arrivo della prima ferrovia; una nuova rete di ferrovie metropolitane consentì lo sviluppo delle periferie, anche in contee confinanti, dalle quali la classe media e danarosa si spostava nel centro della città. Nel 1851, presso il Cristal Palace si tenne la Great Exhibition, fiera che richiamò visitatori da ogni parte del mondo e diede una dimostrazione della potenza dell'Impero britannico. Nel 1888, venne istituita la prima assemblea amministrativa eletta dal popolo di Londra, la nuova Contea di Londra, amministrata dal London County Council, che amministrava tutto il territorio della città, anche se questo successivamente finì per espandersi oltre i confini della contea. Nel 1900 la contea venne suddivisa in 28 quartieri. Molti simboli della città di Londra come Trafalgar Square, Big Ben, The House of Parliament, Royal Albert Hall, Tower Bridge vennero costruiti durante il XIX sec..



fig.4.6 LONDRA NEL XIX SEC.
1824, mappa di Londra nel XIX sec.

fig.4.5 LONDRA NEL XIX SEC.
1812, mappa di Londra nel XIX sec.

Nel XX sec. Londra raggiunse la massima espressione della sua potenza come capitale del più grande impero della storia, la popolazione continuò a crescere rapidamente e i trasporti pubblici vennero ampiamente incrementati. Durante la prima guerra mondiale, Londra subì i primi bombardamenti aerei realizzati dai tedeschi a mezzo dei dirigibili.

Il periodo intercorrente fra le due guerre vide Londra crescere con una velocità mai vista fino ad allora. La preferenza dei londinesi per delle case suburbane in zone a bassa densità

abitativa e staccate una dall'altra venne a modificare le abitudini inglesi per le case a schiera. Ciò fu facilitato dalla capillarità dei trasporti pubblici e dalla lenta diffusione delle automobili private. I sobborghi londinesi si espansero al di là dei limiti della contea entrando nei territori delle contee confinanti.

Durante la seconda guerra mondiale, Londra, così come altre città britanniche, subì notevoli danneggiamenti a seguito di bombardamenti intensivi da parte dell'aviazione tedesca.

Nel corso degli anni cinquanta e sessanta, l'aspetto della città cambiò repentinamente a causa della costruzione di alti grattacieli; allo scopo di eliminare le coabitazioni, vennero introdotte delle leggi che incoraggiavano la popolazione a trasferirsi nelle nuove città costruite nei dintorni di Londra.

L'espansione di Londra venne rallentata dalla guerra, e la Green Belt venne realizzata subito dopo. Nel 1965 la vecchia Contea di Londra ed il London Country Council vennero aboliti, e la più estesa area della Greater London venne affidata all'amministrazione del Greater London Council costituito da 32 nuovi quartieri; la popolazione declinò velocemente, scendendo dagli 8,6 milioni di abitanti del 1939 ai circa 6,8 milioni degli anni '80, per poi ricrescere incoraggiata dai grandi risultati dell'economia e dall'accresciuta positiva immagine della città.

Nel 1986 il Greater London Council venne abolito delegando molti dei suoi poteri ai singoli quartieri; questa decisione fece di Londra l'unica grande città a livello mondiale a non avere una amministrazione centrale che ne potesse dirigere e coordinare la gestione.

Nel 2000 venne ripristinata un'amministrazione centralizzata con la costituzione della Greater London Authority (GLA), un organismo che ebbe la giurisdizione sull'intera area della Greater London e poteri simili a quelli posseduti dal precedente organismo, ovvero l'elezione diretta del Mayor e della London Assembly. Inoltre Londra venne anche riconosciuta come una delle nove regioni dell'Inghilterra.

Sistema dei trasporti



fig.4.7 AEROPORTI DI LONDRA
 mappa dei 6 aeroporti di Londra

La città di Londra possiede una capillare e ben sviluppata rete di trasporti sia pubblici che privati, che connettono non solo i diversi luoghi della città ma anche la città stessa con il Regno Unito e il resto del mondo e la cui gestione è affidata all'autorità per la gestione del trasporto pubblico TfL (transport for London).

In primis abbiamo la presenza di sei aeroporti distribuiti ai margini e al centro della città:



fig.4.8 TRASPORTO FERROVIARIO LONDRA
Sistema di trasporto ferroviario

- aeroporto di Heathrow: principale aeroporto della città nonché il più trafficato del Regno Unito e di tutta l'Unione Europea per numero di passeggeri anche internazionali
- aeroporto di Gatwick: dopo Heathrow è l'aeroporto più importante di Londra ed il secondo aeroporto nel Regno Unito per numero di passeggeri
- aeroporto di Stansted: principale destinazione delle compagnie aeree di voli low-cost e terzo aeroporto per numero di passeggeri nel Regno Unito ed il terzo per grandezza di Londra
- aeroporto di Luton: situato vicino all'omonima città
- aeroporto di Londra-City: situato nell'area dei London Docklands e costruito principalmente per servire la Città di Londra
- aeroporto di Southend: scalo aereo più piccolo di Londra; negli anni sessanta è stato il terzo aeroporto del Regno Unito per numero di passeggeri.

Oltre agli aeroporti la città riveste una notevole importanza per il trasporto ferroviario con una rete che dopo quella di Parigi è la più grande d'Europa e gode di un elevato flusso di passeggeri. È presente anche una rete tranviaria che però non viene particolarmente sfruttata. Terza, ma non di meno importanza rispetto alle precedenti, è la rete della metropolitana comunemente chiamata "Tube" per la forma dei suoi tunnel che vanta la presenza di ben 111 linee, 270 stazioni e 400 km di tracciato e copre la maggior parte del territorio di Londra estendendosi per la maggior parte a nord del Tamigi. Fa parte della rete della metropolitana anche la linea di trasporto su rotaia fuori terra chiamata London Overground.

Il trasporto su gomma è caratterizzato principalmente da due tipologie, i taxi chiamati "black cabs" e gli autobus, caratterizzati dal famoso colore rosso che vantano di oltre 700 linee articolate su un totale di 19000 fermate.

Per far fronte al traffico piuttosto congestionato della città, anche la bicicletta sta prendendo piede negli ultimi anni, grazie anche della presenza di una fitta rete di stazioni di bike sharing. Anche il governo sta incentivando sempre di più questa tipologia sostenibile di trasporto; sono infatti state costruite tre "Cycle Superhighways" ovvero delle piste ciclabili dedicate che



fig.4.9 TRASPORTO CICLABILE
Servizio di bike sharing

partono dall'esterno della città e la attraversano.

Seppur non sia popolare come una volta, è presente anche una rete di traghetti cosiddetti "Piers" che permettono di spostarsi navigando il Tamigi.

Sistema culturale londinese

La città di Londra ospita più di 240 fra musei, gallerie d'arte e altre istituzioni che ne rappresentano la principale fonte di turismo. A partire dal British Museum, a Bloomsbury del 1753, che conserva più di 7 milioni di reperti archeologici provenienti da tutto il mondo, troviamo poi la National Gallery del 1824 nei pressi di Trafalgar Square, alcuni importanti musei nazionali come il Victoria Trafalgar Albert Museum, il Museo di Storia Naturale e il Museo della scienza. Di primaria importanza troviamo poi la Tate Modern, una galleria d'arte moderna ospitata nella ex centrale elettrica di Bankside e il Madame Tussauds.

Numerose sono anche le biblioteche che costituiscono il sistema culturale bibliotecario londinese; di seguito si riportano alcuni esempi con le più rilevanti:

- Canada Water Library & Canada Water Culture con uno spazio pubblico esterno recentemente progettato;
- Westminster Reference Library con fantastici libri di teatro e servizi di stampa e postazioni lavoro;
- Mediatheque at BFI Southbank con una grande collezione digitale dove è possibile prenotare una cabina e avere accesso a numerosi contenuti esclusivi della storia della televisione e del cinema;
- National Art Library at V&A che rappresenta la biblioteca di maggior riferimento per le arti decorative;
- British Library che rappresenta la biblioteca più grande della città;
- Deptford Lounge un nuovo spazio bibliotecario che ha trasformato il centro della municipalità di Deptford a sud-est di Londra;



fig.4.10 CYCLE SUPERHIGHWAYS LONDRA
Esempio di cycle superhighways



fig.4.11 BRITISH MUSEUM
Vista del British Museum



fig.4.12 TATE MODERN
Vista del Tate Modern



fig.4.13 CHRISP STREET IDEA STORE
Vista dell'Idea Store Chrisp Street



fig.4.14 WATNEY MARKET IDEA STORE
Vista dell'Idea Store Watney Market



fig.4.15 WHITE CHAPEL IDEA STORE
Vista dell'Idea Store White Chapel

- the Women's Library che contiene una ricchezza di risorse che documentano la vita delle donne attraverso i secoli, i loro diritti, il suffragio, la sessualità, la salute, l'istruzione, l'occupazione, il femminismo e la casa;
- London Metropolitan Archives contenente una straordinaria gamma di documenti, immagini, mappe, film e libri su Londra;
- Saint Bride Library che è la biblioteca più importante al mondo di arti grafiche, rilegature e stampe;
- the National Archives che rappresenta l'archivio ufficiale del Regno Unito, Inghilterra e Galles

Vanno inoltre ad aggiungersi e completare il sistema culturale bibliotecario londinese, le Idea Stores (vedi cap. II); tutt'ora a Londra ne sono presenti solo cinque:

- Idea Store Bow, la prima nel suo genere ad essere stata aperta nel 2002, come progetto pilota;
- Idea Store Canary Wharf, realizzata nell'aprile 2006 nel quartiere di Canary Wharf;
- Idea Store Chrisp Street aperta il 19 Luglio 2004 nel distretto di Tower Hamlets;
- Idea Store Whitechapel, aperta il 22 September 2005 nel quartiere di Whitechapel;



fig.4.16 BOW IDEA STORE
Vista dell'Idea Store Bow



fig.4.17 CANARY WHARF IDEA STORE
Vista dell'Idea Store Canary Wharf

- Idea Store Whatney Market, ultima realizzata e aperta il 14 maggio 2013 sempre nel quartiere di Whitechapel.

Inquadramento di Southwark

Situato sulla sponda sud del Tamigi, a ridosso del Tower Bridge, il quartiere di Southwark, una delle parti più antiche della città, si sviluppa tra i quartieri di Lambeth a ovest e Lewisham a est. Durante la fine del XIX secolo ha subito un rapido spopolamento e oggi sta rivivendo un importante lavoro di rigenerazione urbana e dal 2002 ospita anche la sede della Greater London Authority (GLA) presso l'edificio della City Hall.

La storia di Southwark

Le sue origini risalgono all'epoca romana quando fu costruito un sobborgo a sud del fiume Tamigi, sull'area dell'attuale distretto, tuttavia esso fu abbandonato nel V secolo quando i Romani lasciarono la Bretagna. Sotto gli anglosassoni un nuovo sobborgo crebbe e si sviluppò e prese il nome di "South Work" e dal XVI secolo di "The Borough".

Nel XVI e XVII secolo il quartiere continuò a prosperare e nel 1676, 10 anni dopo l'incendio della grande Londra, fu coinvolta anch'essa da un incendio che distrusse centinaia di abitazioni, tuttavia venne subito ricostruita. Fino al 1750 c'era solo un ponte che permetteva di oltrepassare il Tamigi e di conseguenza tutto il traffico proveniente da sud-est doveva attraversare Southwark. Nel XIX secolo il distretto continuò a svilupparsi seppur i suoi abitanti era in prevalenza poveri, grazie anche al fiorente mercato del luppolo del Kent.

Nel 1889 Southwark entrò a far parte della contea di Londra e nel 1972 fu costruito l'attuale London Bridge.

Oggi Southwark presenta molte attrazioni tra le quali il Tate Modern, precedentemente già citato, Shakespearès Globe e London Dungeon.



fig.4.18 INQUADRAMENTO SOUTHWARK
 Mappa di inquadramento del distretto di Southwark

Analisi demografica Southwark

Il distretto di Southwark, secondo il Southwark Demographic Factsheet del 2014, conta una popolazione residente di 293530 persone, con una densità abitativa di circa 10000 persone/km² suddivisi in maniera equa tra maschi e femmine (49,6 % contro 50,4 %).

Nel complesso la popolazione è piuttosto giovanile in quanto il 42 % della popolazione possiede un'età compresa tra i 20 e 39 anni rispetto alla media del 35 % di Londra e 27 % dell'Inghilterra. Quelli con un'età compresa tra i 50 e 64 anni corrispondono al 13 % rispetto al 14 % di Londra e 18 % dell'Inghilterra. Gli anziani occupano solo una piccola parte essendo quelli di età sopra i 65 anni solamente l'8 % in confronto all'11% di Londra e al 17 % dell'Inghilterra.

Il numero di nascite conta circa 5000 unità all'anno mentre il numero delle morti è di circa 1300 unità all'anno e le previsioni prevedono che la popolazione incrementerà del 21 % nei successivi 10 anni.

Southwark si configura come un distretto multietnico, circa il 30 % della popolazione è nata al di fuori dell'Europa. In particolare il 26,9 % risulta di etnia nera in confronto con il 3,6 % dell'Inghilterra. Purtroppo ancora oggi il distretto risulta tra quelli più poveri dell'Inghilterra, il dodicesimo su 33 di Londra e il 35 % della popolazione vive in condizioni depravate specialmente nei quartieri di Peckham, Livesey, Nunhead e The Lane.



fig.4.19 DISTRETTO DI SOTHWARK
 Mappa del distretto di Southwark

Southwark Vision

Di recente la municipalità di Southwark ha dato inizio a una serie di incontri con i residenti al fine di approvare il nuovo piano di miglioramento e rigenerazione urbana chiamato “New Southwark Plan”, che andrà a sostituire quello precedente del 2011. L’obiettivo principale è quello di rispondere alla crescente domanda di abitazioni per tutte le classi sociali, con l’intenzione di costruire 41000 nuove case implementando e rafforzando l’economia locale anche attraverso la costruzione di nuove infrastrutture, spazi aperti, scuole e servizi alla salute.

Il piano include le cosiddette “Area Action plans” che sono dei documenti allegati al piano che vanno ad individuare le aree di intervento e danno forma allo sviluppo del distretto definendo i provvedimenti chiave da adottare per il settore pubblico, i trasporti e il lavoro.

Particolare attenzione è stata prestata a quello che viene chiamato “The London Bridge Plan”.

The London Bridge Plan

Per la prima volta nella storia dello sviluppo delle politiche di pianificazione del Regno Unito, il Consiglio di Southwark ha invitato squadra London Bridge, un “Business Improvement District (BID)” composto da circa 300 imprese, a consultare e informare la comunità del distretto riguardo a un “Nuovo Piano di Southwark”.

Gli obiettivi strategici emersi dal Team London Bridge per il rinnovamento della zona che si estende dal London Bridge al Tower Bridge, sono stati i seguenti:

- sviluppo di un nodo di trasporti di prima classe
- una sfera pubblica pedonale centrale
- ripristino delle arcate della ferrovia storica
- aumento e differenziazione dell’offerta degli spazi commerciali

Il piano di sviluppo proposto è potenzialmente in grado di creare una stazione di rango mondiale sebbene il sistema di pianificazione della rete ferroviaria dovrebbe anche riconoscere che il mix vivace di lavoro, tempo libero e di attività culturali che attualmente occupano le gallerie e gli archi sono parte integrante del carattere della zona e che tale mix dovrebbe essere mantenuto all’interno della stazione.

Purtroppo la stazione sembra essere stata concepita unicamente come luogo di interscambio di trasporto e non ben pensato in termini di collegamento con lo spazio pubblico adiacente garantendo una corretta gestione dei flussi pedonali che si prevedono in crescita negli anni a venire.



fig.4.20 LONDON BRIDGE PLAN
London Bridge Plan del Team London Bridge

Gli archi e i tunnel sono perfettamente integrati nella storia e nel carattere della zona. Sono occupati da un vivace mix di imprese indipendenti che aggiunge vitalità, unicità e attrattività alla zona. Il tunnel sulla Bermondsey Street è però percepito come buio, rumoroso, inospitale e talvolta minaccioso: per tale motivo non viene percorso frequentemente. Il Piano suggerisce di forare le facciate di questo tunnel per poter inserire delle attività commerciali, di allargare i marciapiedi utilizzando materiali di alta qualità per la pavimentazione, di intervenire sul design e sull'illuminazione del tunnel e di rallentare il traffico dei veicoli, andando così ad aumentare la qualità e rendere variegata l'offerta commerciale della zona.

More London Masterplan

Il More London masterplan è un progetto di riqualificazione che ha riguardato un'area di 280.000 m² che si affaccia sul Tamigi, compresa tra il London Bridge e il Tower Bridge e che ha previsto la realizzazione di edifici per uffici, hotel e spazi pubblici tra cui il nuovo municipio e le aree limitrofe.

Un team internazionale di progettisti e pianificatori guidato da Foster and partners hanno dato forma ad un complesso direzionale, di cui circa la metà spazi aperti, servendo un bacino d'utenza di circa 20.000 persone.

Oggi l'area si presenta completamente trasformata e rappresenta uno dei più importanti centri d'affari della città.

La prima unità realizzata è il municipio, City Hall, sede della Greater London Authority, con la sua forma sfavillante; progettato come simbolo della democrazia e della sostenibilità in modo da far avvicinare i visitatori alle attività delle istituzioni accoglie al suo interno la sala per i 25 membri dell'Assemblea Comunale londinese, gli uffici del sindaco e quelli delle persone che ci lavorano all'interno. Accanto troviamo the Scoop, un anfiteatro per circa 800 persone, ricavato attraverso una serie di dislivelli nella pavimentazione di arenaria azzurra. Tra gli altri edifici troviamo: More London Riverside 2, More London Riverside 3, More London Riverside 4,



fig.4.21 MORE LONDON MASTERPLAN
2003, *More London Masterplan*, Norman foster

More london Riverside 7, More London Place 1, More london Place 5 e More Londond Place 6.



fig.4.22 CITY HALL
(in alto) 2002, vista esterna della City Hall, Norman Foster

fig.4.24 More LONDON RIVERSIDE 2
(in basso) 2002, vista esterna del London Riverside

fig.4.23 More LONDON RIVERSIDE 3
(in alto) 2002, vista esterna della City Hall, Norman Foster

fig.4.25 More LONDON SKYLINE
(in basso) 2002, vista dello skyline del More London



L'area di progetto

Il sito del nostro intervento architettonico è localizzato all'interno dell'area del More London Masterplan, più precisamente sulla lingua di terreno verde di Potters Fields Park, confinata a nord dalla City Hall, a ovest dal More London Riverside 3, a est da un complesso residenziale-commerciale di recente costruzione e a sud da Tooley Street; a nord-est si affaccia verso il Tower Bridge, una delle maggiori attrazioni e simbolo della città.

L'area di progetto si pone quindi al centro e funge da connessione tra il centro finanziario

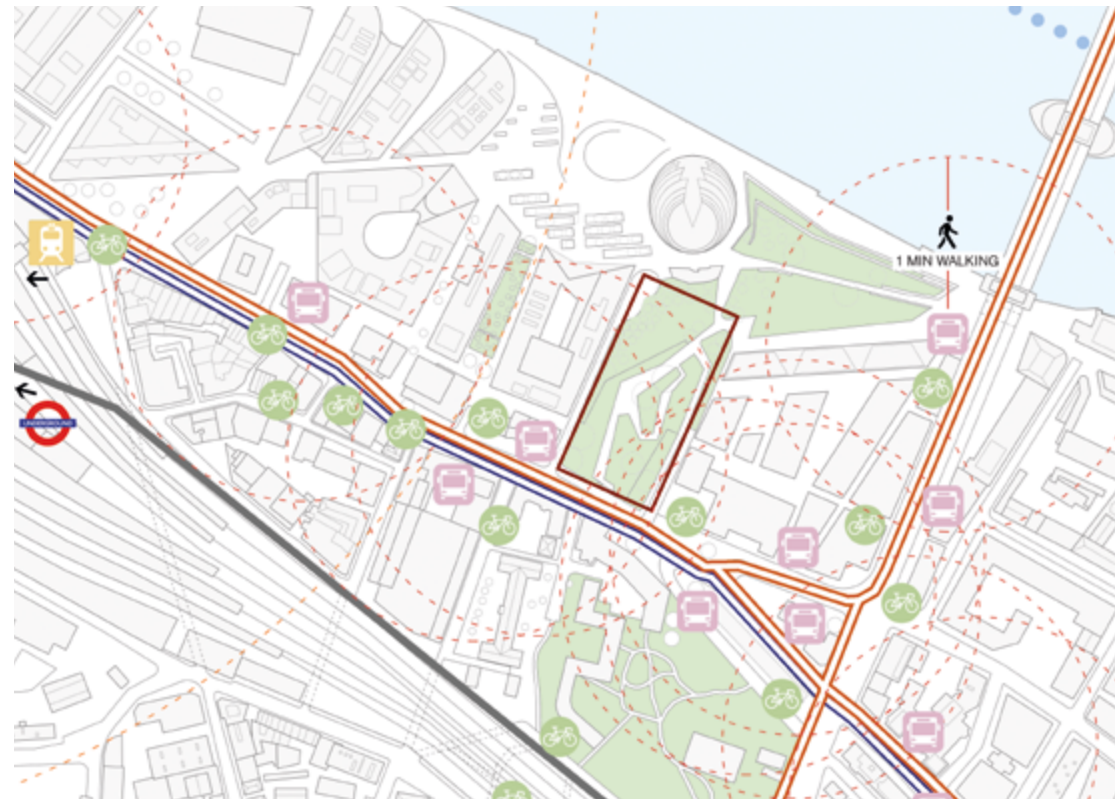


fig.4.26 AREA DI PROGETTO
Sistema dei trasporti intorno all'area di progetto

di Londra, a nord, e un'area residenziale, a sud, tra contemporaneità e tradizione la cui separazione viene marcata notevolmente dalla presenza della ferrovia sopraelevata su arcate. Dal punto di vista dei trasporti l'area risulta ben servita in quanto nelle immediate vicinanze troviamo la stazione ferroviaria di London Bridge (500m) presso cui è presente l'omonima fermata della metropolitana facente parte della linea Jubilee. Sono inoltre presenti diverse fermate autobus con più di 10 linee che vi transitano e una serie di stazioni bike-sharing; non a caso su Tooley Street transita una delle Cycle Superhighways di Londra.

Sul lato nord è presente un percorso pedonale che dal Tower Bridge arriva sino al London Eye



SERVIZI

VISION

Il quartiere di Southwark si presenta come uno storico centro cittadino che nel tempo si è trasformato in una delle zone centrali della Città di Londra ed ora si appresta a diventare la nuova estensione del CBD (Central Business District). Il masterplan adiacente all'area di progetto è stato disegnato dallo studio dell'Arch. N. Foster agli inizi degli anni 2000 e combina funzioni pubbliche, residenze extra lusso, numerosi palazzi con destinazione mista, servizi ed uffici a servizio di grandi catene e multinazionali di vario genere.

In un ottica di visione futura il Team London Bridge e la municipalità di Southwark stanno provvedendo a incoraggiare l'area del London Bridge a raggiungere il suo potenziale attraverso delle decisioni politiche e investimenti sia nei settori pubblici che in quelli privati.

Il London Bridge Plan in particolare è stato realizzato col fine di ottenere un luogo globalmente significativo, storico e vibrante, del commercio moderno, del fare impresa e della creatività.

- Commerciale/Ristorazione
- Destinazione d'uso terziario direzionale
- Destinazione residenziale
- Edifici pubblici/Servizi ai cittadini
- Destinazione mista Commerciale/residenziale

fig.4.27 DESTINAZIONI D'USO
Destinazioni d'uso dell'intorno all'area di progetto

costeggiando tutto il Tamigi e dove, ogni giorno, transitano migliaia di visitatori e lavoratori. Per quanto riguarda le funzioni presenti nell'intorno, l'area si presenta a prevalente destinazione d'uso terziaria direzionale, seguita da qualche edificio a carattere misto commerciale-residenziale e qualche servizio pubblico rivolto ai cittadini; procedendo verso sud si inizia a configurare il tessuto residenziale che si estende lungo tutto il distretto di Southwark.

Il sistema delle biblioteche

Nel distretto di Southwark sono presenti 12 biblioteche, distribuite più o meno equamente su tutta la superficie: Blue Anchor Library, Brandon Library, Camberwell Library, Canada Water Library, Dulwich Library, East Street Library, Grove Vale Library, John Harvard Library, Kingswood Library, Newington Temporary Library, Nunhead Library, Peckham Library.

Ognuna di esse accoglie un bacino d'utenza di circa 30000 persone e un raggio d'azione di 1 km².

In seguito a un'attenta analisi è stato possibile osservare come l'area oggetto del nostro intervento risulti scoperta o comunque meno servita da un servizio di biblioteca, si ritiene quindi adeguata alle esigenze della comunità la scelta di realizzare una tale tipologia di intervento andando ad incrementare la rete bibliotecaria della Greater London.

Bacino d'utenza London Public library

Al fine della progettazione del nuovo intervento edilizio si rende necessario, in primo luogo, stimare il bacino d'utenza attraverso l'analisi di alcune statistiche realizzate sulla popolazione, dati delle biblioteche presenti e previsioni future.

Come espresso dal Southwark Demographic Factsheet del 2014, che riporta le statistiche del distretto, il numero di lettori attivi è di 152 ogni giorno ogni 1000 abitanti e il numero di

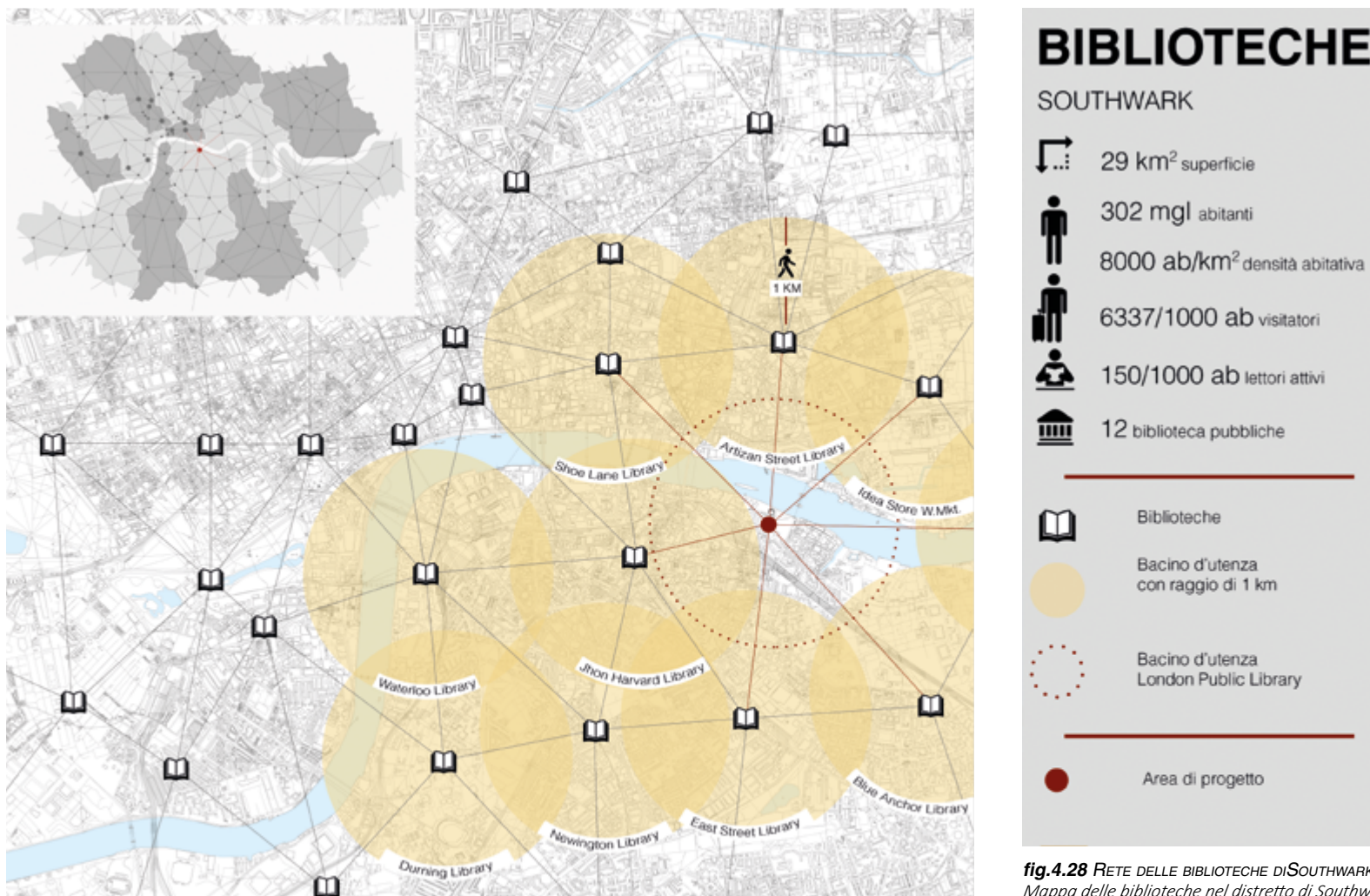


fig.4.28 RETE DELLE BIBLIOTECHE DI SOUTHWARK
 Mappa delle biblioteche nel distretto di Southwark e nella città

visitatori delle biblioteche si aggira intorno alle 6300 unità ogni 1000 abitanti; inoltre il numero di libri conservati è di 4500 ogni giorno ogni mille abitanti, che corrisponde a una media di 4,5 volumi a persona. Quest'ultimo rappresenta un dato piuttosto alto se confrontato con la media di Londra pari a 2,5 volumi a persona, ma è frutto degli investimenti effettuati nel settore culturale negli ultimi anni da parte della municipalità.

Sulla base dei dati sopra riportati sul numero di lettori attivi e di visitatori, divisi per il numero di biblioteche presenti risulta:

$$\text{lettori attivi e visitatori} = (152 \cdot 302 + 6337 \cdot 302) / 12 = 163306,5 \text{ abitanti}$$

Il risultato così ottenuto non risulta sufficiente ai fini del dimensionamento in quanto presenta le seguenti criticità:

- non vengono considerate modifiche del bacino d'utenza nel corso del tempo
- non viene considerata la tipologia della popolazione
- gli utenti vengono distribuiti ugualmente sul territorio ma risulta una forte semplificazione
- non vengono prese in considerazione le aree di interferenza con altre biblioteche
- in un'ottica di previsione futura aumenterà il numero di visitatori e quindi aumenteranno di conseguenza le aree destinate a servizi per esterni
- a tutte le biblioteche viene riservata la stessa importanza

Utilizzando un metodo "grafico", si definisce un cerchio di competenza di raggio pari a 1 km per ciascuna biblioteca, si ripartisce la superficie delle aree di sovrapposizione e lo si moltiplica per la densità abitativa del distretto pari a 9887 abitanti/km², e si ottiene:

$$\text{bacino d'utenza} = [(0,52 + 0,66) / 2 + 0,31/3 + 0,03/4] \cdot 9887 = 15000 \text{ abitanti}$$

Al bacino così definito vanno aggiunti i lavoratori non residenti, essendo la zona a prevalente

destinazione direzionale/terziaria. Considerata una superficie di 280000 m² fra uffici, hotel di lusso, ristoranti e palestre e stimata una superficie di 12 m² a lavoratore nella zona sono presenti:

$$\text{numero lavoratori} = 280000 / 12 = 23250 \text{ lavoratori}$$

Vanno poi aggiunti i lavoratori, abitanti e pendolari presenti nelle immediate vicinanze dello Shard e della stazione ferroviaria di London Bridge che sono approssimati a 45000 unità.

Infine si prevede che nei prossimi 15-20 anni la popolazione si svilupperà con un incremento del 21%.

Si riporta una tabella comparativa riportante i bacini d'utenza così calcolati:

Tipologia d'utenza	Oggi	Previsione tra 10 anni
Residenti nell'area di competenza (persone)	15000	18150
Impiegati More London + uffici (persone)	23250	30000
bacino d'utenza (persone)	38250	48150

tab.4.1 BACINO D'UTENZA
Definizione e confronto bacino d'utenza

eccessivamente calde in estate e fredde in inverno, caratteristica tipica di un clima mite.

Le precipitazioni nevose sono molto rare e mai abbondanti, mentre l'instabilità climatica è ulteriormente accentuata dall'alto grado di ventosità.

Analisi climatica

Un clima mite come quello londinese non possiede delle caratteristiche estreme facilmente riconoscibili. Per una completa comprensione di quelle che risultano essere le caratteristiche climatiche del sito di progetto, è stato necessario comparare i dati climatici della città di Londra con i dati climatici di città differenti Milano e Roma.

I dati seguenti sono stati definiti grazie all'interpretazione dei file climatici per mezzo dell'applicazione Weather tool di Ecotect Analysis® e alla consultazione del sito meteorologico ufficiale della città di Londra (<http://www.metoffice.gov.uk>), curato dall'azienda Met Office che beneficia di accordi e concessioni direttamente con "Her Majesty's Stationery Office" (HMSO). Il file climatico è reso disponibile dal Dipartimento Statunitense per l'Energia, in download gratuito e la stazione metrologica di riferimento è quella di Greenwich park, la più vicina al sito di progetto.

- Latitudine 51,50° N
- Longitudine -0,079° O
- Altitudine 20 m s.l.m.

Temperatura dell'aria

Come anticipato nel paragrafo precedente, il clima londinese risente fortemente dell'effetto mitigatore oceanico. Facendo riferimento ai grafici riportati a fianco, l'andamento orario delle temperature è molto meno altalenante di quello registrato in modo analogo a Milano. Lo

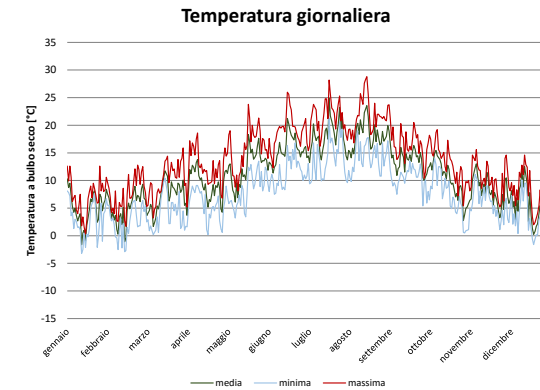


fig.4.31 TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE, MAX E MIN - LONDRA
Grafico elaborato a partire dal file climatico di Londra

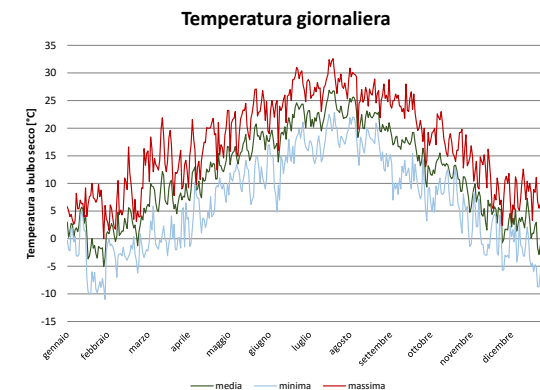


fig.4.32 TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE, MAX E MIN - MILANO
Grafico elaborato a partire dal file climatico di Milano

schiacciamento della curva delle temperature orarie conferma l'effetto dell'influenza oceanica sulle caratteristiche climatiche della città.

In particolare la temperatura media annuale a bulbo secco è di 10,76 °C, mentre la temperatura media mensile varia dai 4,92 °C del mese di Gennaio ai 17,92 °C del mese di Agosto.

Bisogna evidenziare che la temperatura dell'aria misurata nel contesto urbano di Londra è mediamente maggiore di circa 0,52 °C rispetto a quella misurata in territori limitrofi non così pesantemente antropizzati (London Gatwick).

La differenza tra le temperature massime e le minime giornaliere è contenuta in un intervallo minore rispetto al contesto milanese ed anche lo sbalzo termico tra giorno e notte risulta contenuto in un intervallo compreso tra i 2 °C (mese di Gennaio) e i 4 °C (mesi di Luglio e Agosto), molto meno rilevante di quello registrato per la città di Milano, mediamente attorno ai 5° C.

Alla luce di quanto appena riportato, sembrerebbe corretta la classificazione climatica mondiale eseguita da W. Koppen: le temperature dell'aria misurate a bulbo secco dimostrano che Londra sembra godere di inverni miti ed estati moderatamente calde.

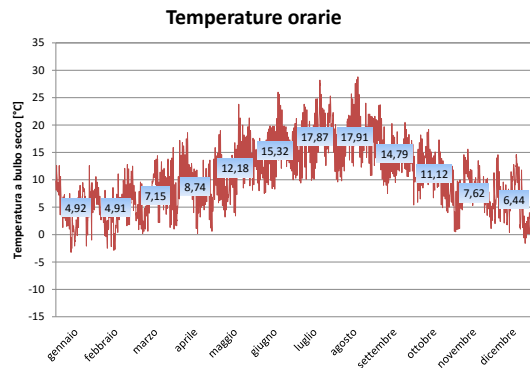


fig.4.33 TEMPERATURE GIORNALIERE E MEDIE MENSILI - LONDRA
Grafico elaborato a partire dal file climatico di Londra

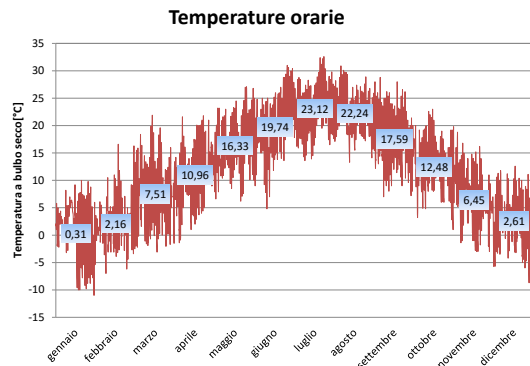


fig.4.34 TEMPERATURE GIORNALIERE E MEDIE MENSILI - MILANO
Grafico elaborato a partire dal file climatico di Milano

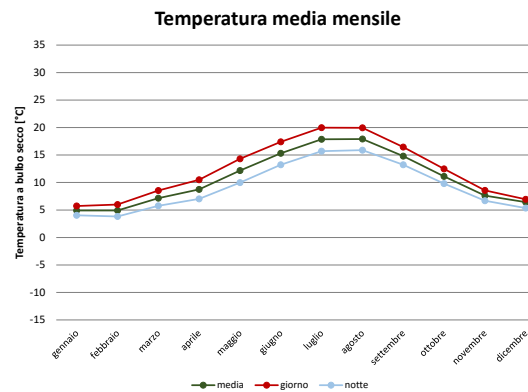


fig.4.35 TEMPERATURE MEDIE MENSILI, GIORNO E NOTTE - LONDRA
Grafico elaborato a partire dal file climatico di Londra

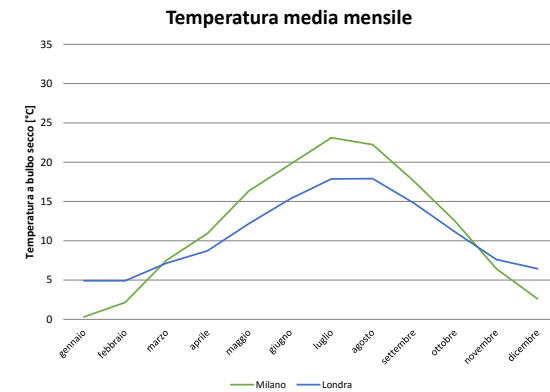
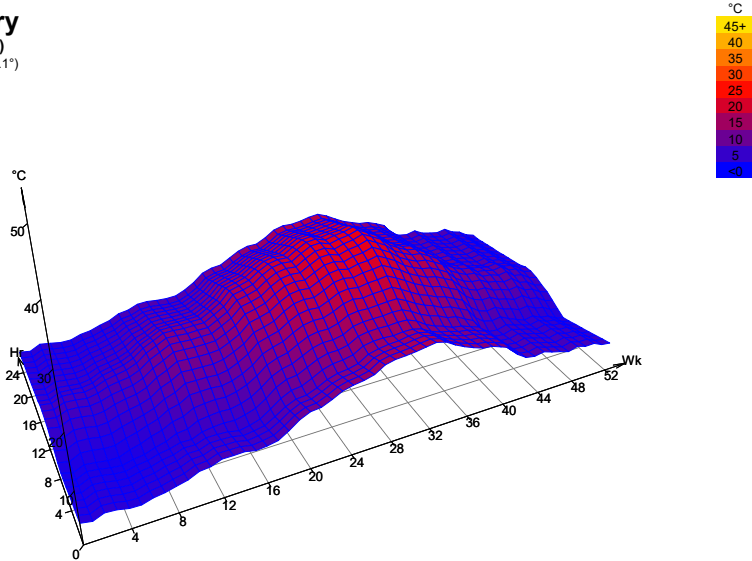


fig.4.36 TEMPERATURE MEDIE MENSILI - MILANO E LONDRA
Grafico elaborato a partire dai files climatici di Londra e Milano

Weekly Summary
Average Temperature (°C)
 Location: London, GBR (51.5°, -0.1°)
 © Weather Manager



Weekly Summary
Average Temperature (°C)
 Location: MILAN, ITA (45.6°, 8.7°)
 © Weather Manager

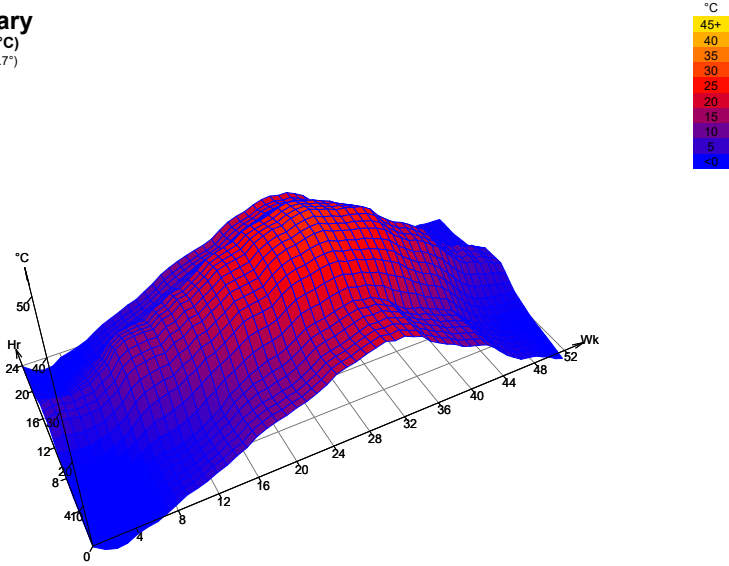


fig.4.37 TEMPERATURE MEDIE A BULBO SECCO - LONDRA
 Grafico settimanale del grado di umidità, fonte: Ecotect

fig.4.38 TEMPERATURE MEDIE A BULBO SECCO - MILANO
 Grafico settimanale del grado di umidità, fonte: Ecotect

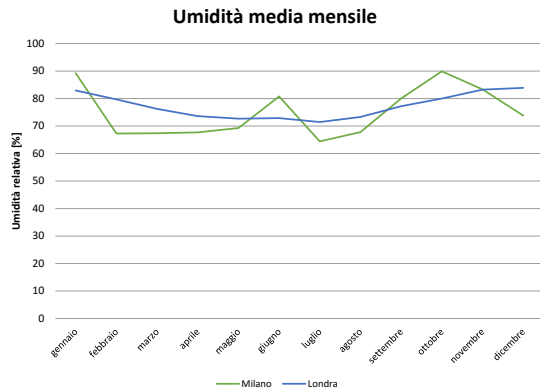


fig.4.39 Umidità relativa % - LONDRA E MILANO
Grafico elaborato a partire dai files climatici di Londra e Milano

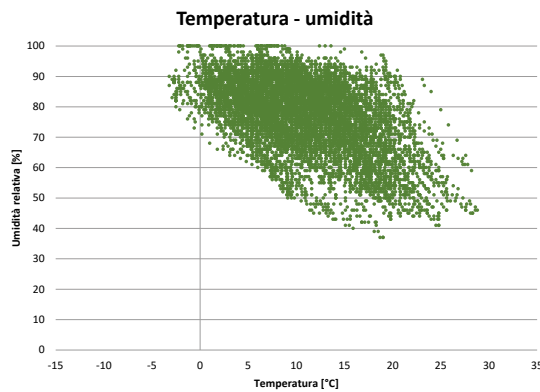


fig.4.40 TEMPERATURA E Umidità relativa % - LONDRA
(in alto) Grafico elaborato a partire dal file climatico di Londra

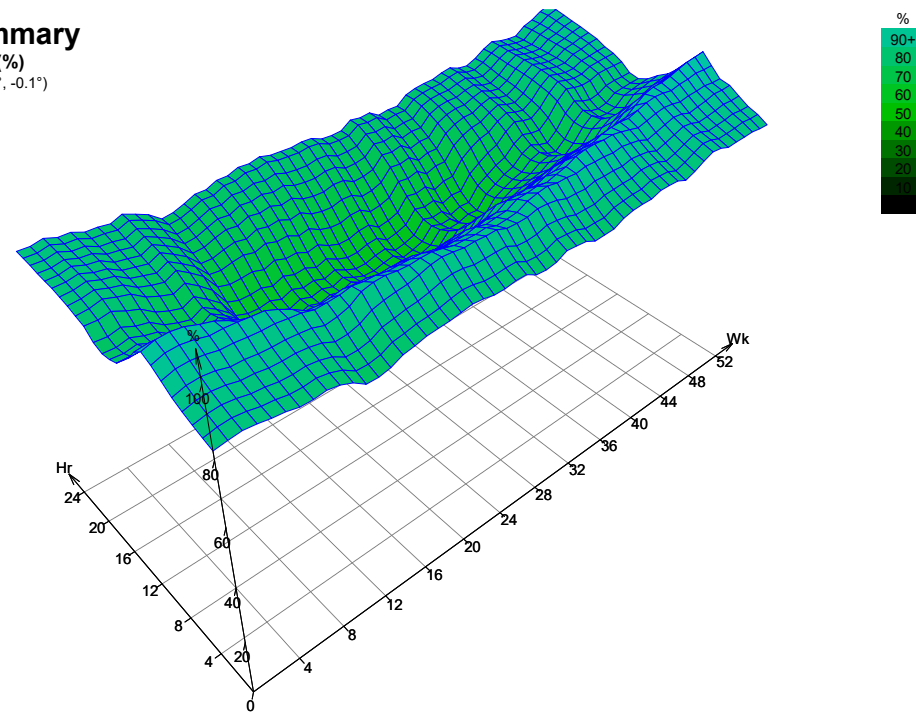
fig.4.41 Umidità relativa % - LONDRA
(a lato) Grafico settimanale del grado di umidità, fonte: Ecotect

Temperatura e umidità

L'umidità relativa media del sito di progetto va da un minimo del 71,45% del mese di Luglio al massimo del 83,89 % del mese di Dicembre. Durante l'anno l'umidità relativa media varia in modo sostanzialmente continuo e la curva presenta un massimo invernale e un minimo estivo. La comparazione con Milano evidenzia ancora una volta l'attendibilità della classificazione di Koppen: il livello di umidità relativa media mensile di Londra è rappresentato da una curva, mentre quello di Milano è rappresentato da una spezzata con picchi massimi e minimi. Dal grafico a dispersione sotto riportato emerge che la maggior parte delle ore dell'anno, a Londra, registrano dei livelli compresi tra 90% - 70% di umidità relativa e 0 °C - 15 °C.

Weekly Summary

Relative Humidity (%)
Location: London, (51.5°, -0.1°)
© Weather Manager



Precipitazioni

Il clima di Londra è notoriamente piovoso, con una media di 15,5 giorni di pioggia al mese e 186 giorni di pioggia all'anno; i dati riportati nei grafici sottostanti, fanno riferimento al trentennio compreso tra il 1971 e il 2000.

Sebbene le precipitazioni si verificano praticamente un giorno ogni due, mediamente l'intensità piovosa è molto bassa. Infatti, confrontando i dati londinesi con quelli relativi a due città italiane conosciute (Milano e Roma) emerge chiaramente che Londra è sì una città piovosa, ma l'intensità degli eventi è molto minore rispetto a quelli che si sviluppano nelle due città italiane di riferimento. Nella città inglese cadono in media 46 mm di pioggia al mese contro i 77 mm di Milano e i 67 di Roma. Annualmente si registrano in media 557 mm a Londra, mentre 920 mm e 798 mm rispettivamente per il capoluogo Lombardo e la capitale d'Italia.

Annualmente, la percentuale di copertura del cielo media ammonta a 79%, con picchi in corrispondenza dei mesi di Agosto e Dicembre. In particolare in Agosto si ha una copertura media pari a 71% (picco minimo), mentre a Dicembre si ha un valore medio pari a 91% (picco massimo).



fig.4.42 INSTABILITÀ CLIMATICA A LONDRA
Le giornate londinesi possono alternare pioggia e sole in rapida successione

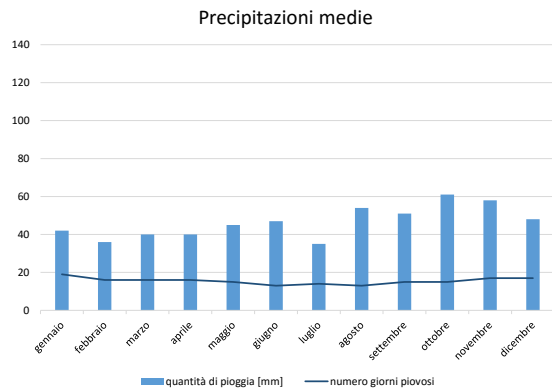


fig.4.43a PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - LONDRA
Grafici elaborati a partire dai dati del file climatico di Londra

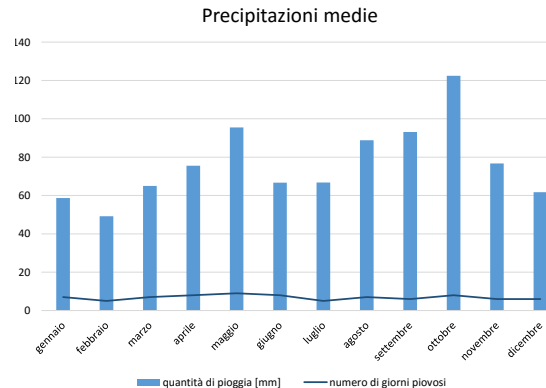


fig.4.43b PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - MILANO
Grafici elaborati a partire dai dati del file climatico di Milano

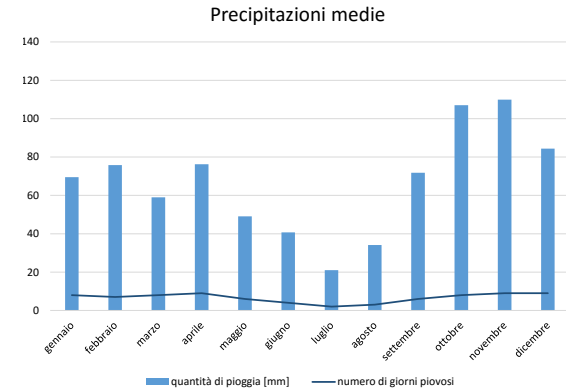


fig.4.43c PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - ROMA
Grafici elaborati a partire dai dati del file climatico di Roma

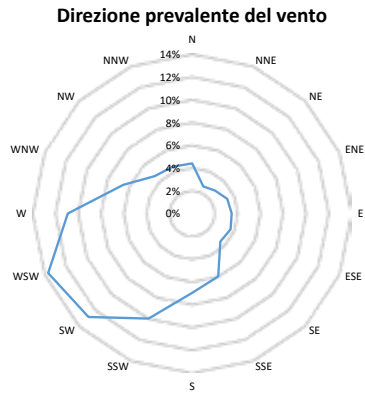


fig.4.44 PREVALENZA DIREZIONALE DEL VENTO - LONDRA
 Grafico elaborato a partire dai dati del file climatico di Londra

Vento

Durante l'anno, il vento soffia principalmente dalla direzione WSW (Ovest - Sud - Ovest), con una frequenza pari al 14%.

In totale, le frequenze relative ai venti che provengono dalle sole direzioni comprese tra Ovest e Sud - Ovest, corrispondono al 38% del totale.

Frequenze moderate si registrano in corrispondenza delle direzioni comprese tra Nord e WNW (Ovest - Nord - Ovest), per un totale parziale pari al 20%, e tra SSE (Sud - Sud - Est) e SSW (Sud - Sud - Ovest), per un totale parziale pari al 23%. La restante porzione di frequenze, pari al 19%, si suddivide tra le 6 direzioni comprese tra NNE (Nord - Nord - Est) e SE (Sud - Est).

Durante l'anno, le velocità caratteristiche dei fenomeni ventosi sono principalmente comprese tra i 12 e i 28 chilometri orari, con rari eventi di eccezionale ventosità, quasi tutti concentrati durante i mesi invernali.

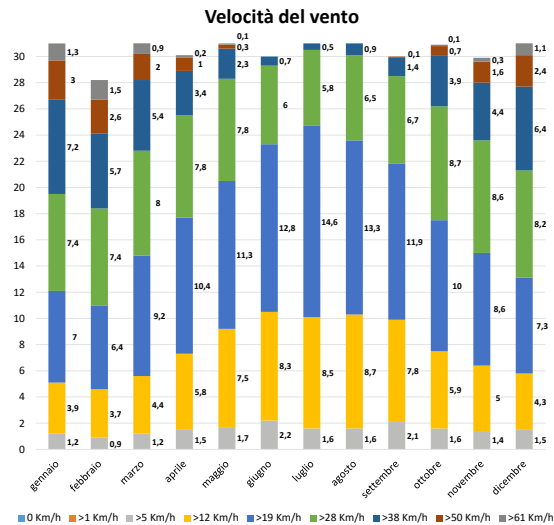
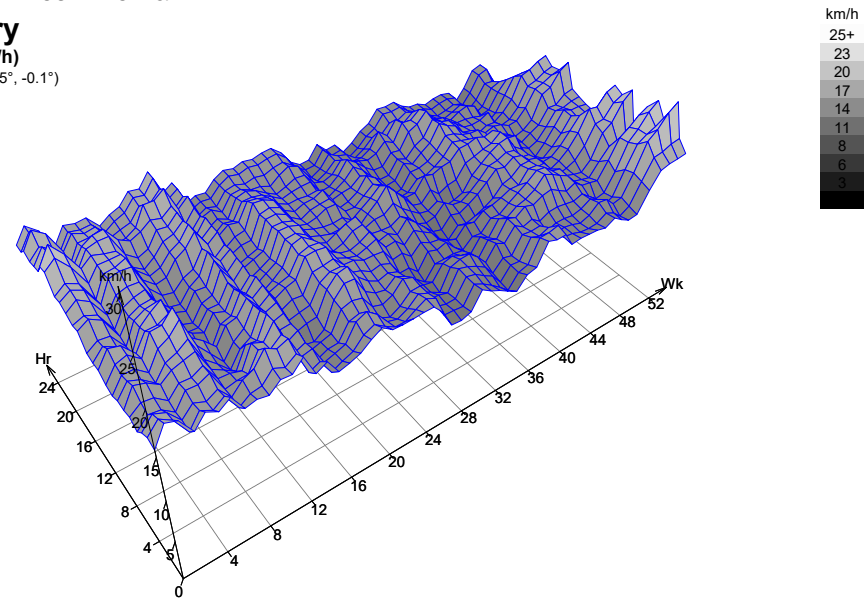


fig.4.45 VELOCITÀ E DURATA DEL VENTO - LONDRA
 (in alto) Grafico elaborato a partire dal file climatico di Londra

fig.4.46 VELOCITÀ DEL VENTO - LONDRA
 (a fianco) Grafico settimanale delle velocità, fonte: Ecotect

Weekly Summary

Average Wind Speed (km/h)
 Location: London, [NoWhere] (51.5°, -0.1°)
 © Weather Manager



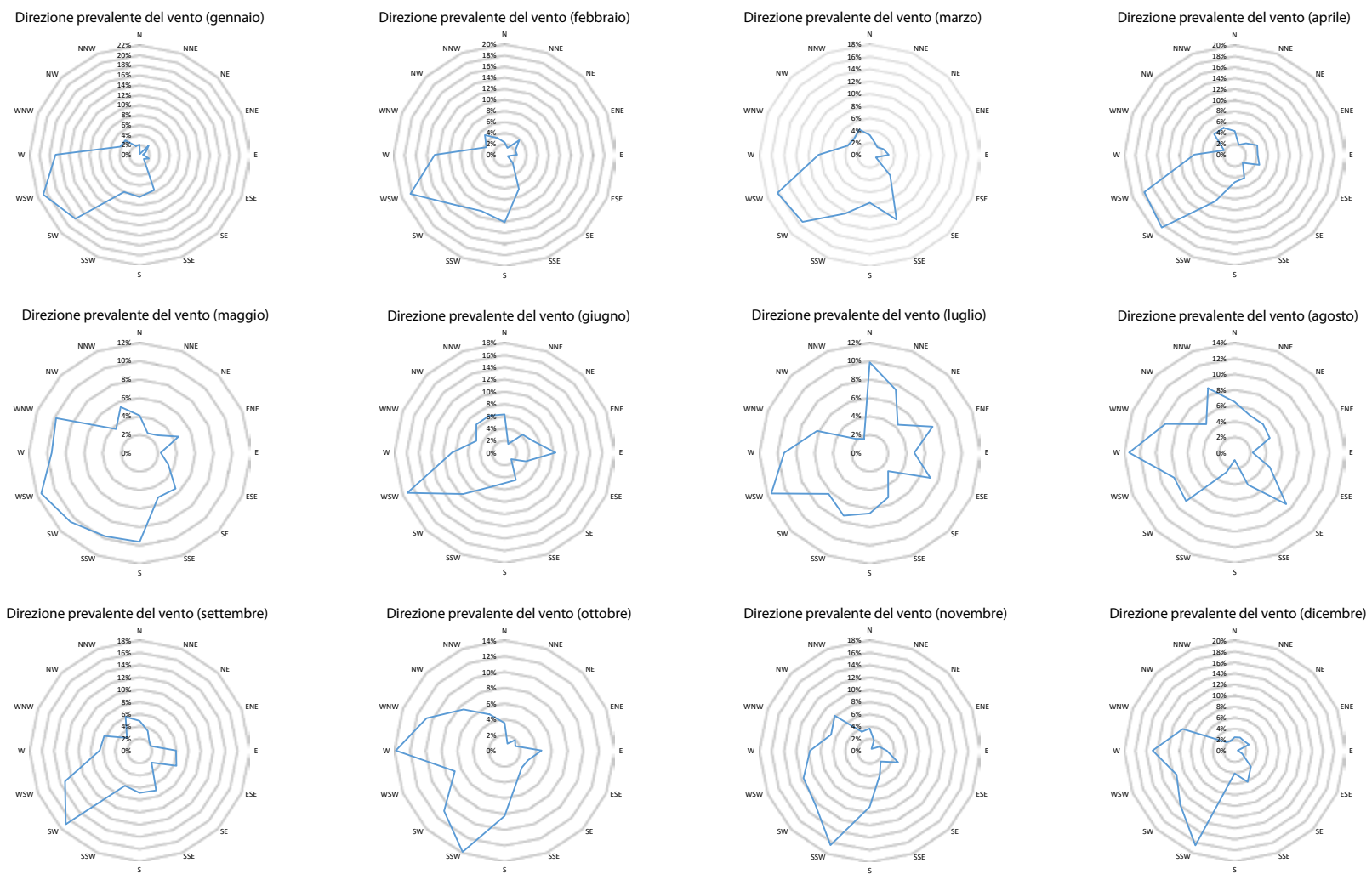
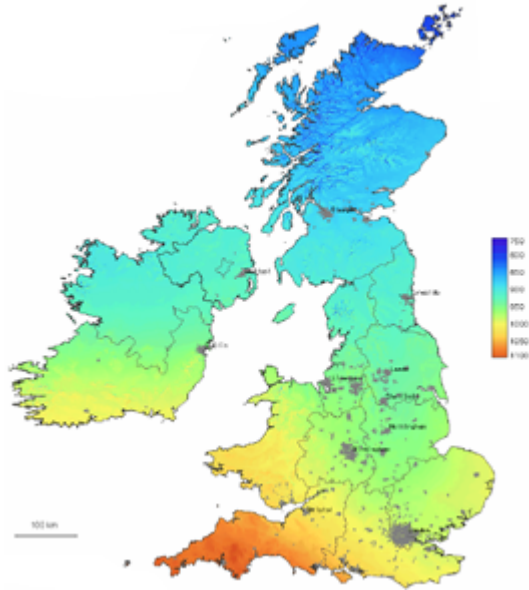


fig.4.47 PREVALENZA DIREZIONALE DEL VENTO - LONDRA
 Grafici elaborati a partire dai dati del file climatico di Londra

fig.4.48 IRRAGGIAMENTO ORIZZONTALE DELLA GRAN BRETAGNA
 Mappa del grado di irraggiamento, fonte: European Commission



Radiazione globale mensile

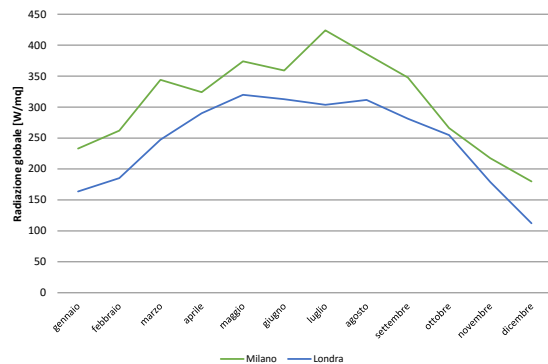


fig.4.49 RADIAZIONE GLOBALE - LONDRA E MILANO A CONFRONTO
 Grafico elaborato a partire dai files climatici di Londra e Milano

Radiazione solare

L'elevata latitudine della città di Londra comporta un ridotto valore di radiazione solare incidente durante tutto l'anno solare, come illustrato nell'immagine a fianco.

In basso a lato viene riportato il grafico di confronto tra la radiazione globale media mensile incidente a Londra e a Milano: è del tutto evidente la grossa differenza esistente tra le due realtà analizzate.

L'irraggiamento medio annuo è di 3,02 kWh/m² giorno, cioè circa 1104,01 kWh/m² annui.

La componente di radiazione diretta ha un notevole effetto sui livelli di radiazione globale.

In corrispondenza del picco di irraggiamento diretto, all'incirca corrispondente a metà giugno, si hanno giornate con valori di irraggiamento diretto maggiori di più del 30% rispetto alla media annuale, con valori giornalieri che sfiorano i 4,3 kWh/m² giorno.

Lo svantaggio del clima londinese è quello di essere estremamente variabile durante la stessa giornate. Mensilmente la percentuale di ore a cielo coperto o parzialmente coperto è considerevole e ciò influisce in modo non trascurabile, sull'effettivo apporto solare gratuito invernale e estivo.

Grado di nuvolosità

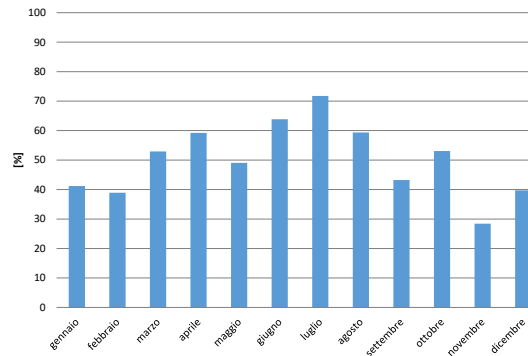


fig.4.50 GRADO DI NUVOLOSITÀ - LONDRA
 Grafico elaborato a partire dai dati del file climatico di Londra

Radiazione diretta e diffusa

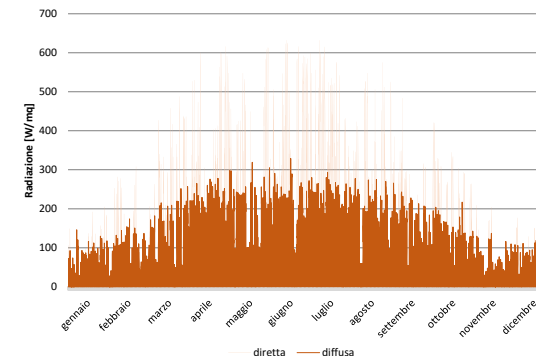


fig.4.51 RADIAZIONE SOLARE DIRETTA E INDIRETTA - LONDRA
 Grafico elaborato a partire dai dati del file climatico di Londra

La distribuzione annuale del grado di nuvolosità mensile, se da una parte limita il guadagno termico invernale, dall'altra consente di affermare che la radiazione solare diretta è maggiormente schermata proprio durante i mesi estivi, favorendo un abbattimento naturale dei carichi termici estivi dovuti all'apporto solare.

L'angolo zenitale, anch'esso dipendente dalla latitudine, è generalmente basso e misura $15,1^\circ$ alle ore 12:00 del solstizio d'inverno e $62,0^\circ$ al medesimo orario del solstizio estivo.

Agli equinozi, lo zenit misura rispettivamente $39,6^\circ$ in corrispondenza delle ore 12:00 del 21 settembre, e $38,3^\circ$ in corrispondenza delle ore 12:00 del 21 marzo.

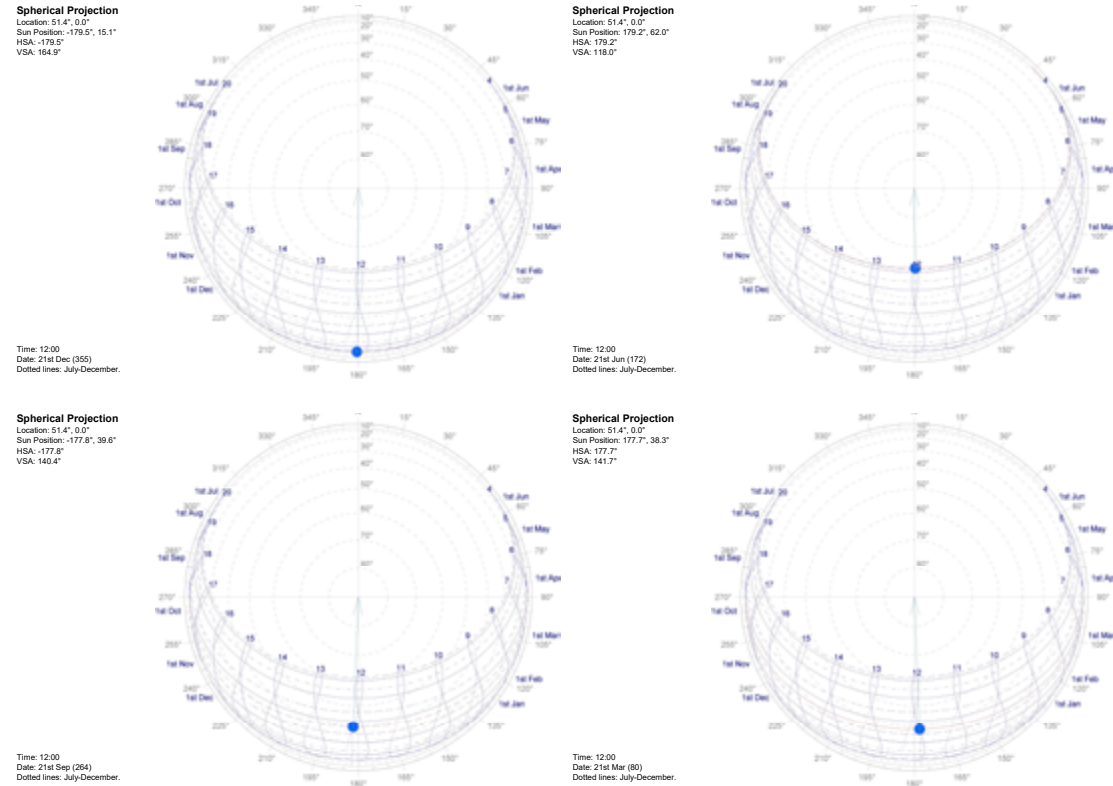


fig.4.52 PERCORSO SOLARE, SPHERICAL PROJECTION
 Posizione del sole a mezzogiorno in equinozi e solstizi, fonte:
 Ecotect

Capitolo 5

Progetto Urbano

Sopralluogo

Durante il sopralluogo avvenuto nella primavera del 2016 si sono constatate le condizioni in cui si presenta l'area di progetto, catturandone le sensazioni, i suoni, i colori e comportamenti delle persone che vi trascorrono del tempo.

L'area si presenta come una piccola porzione verde dedicata a parco pubblico (Potters Fields Park) con percorsi pedonali delimitati da siepi ed aiuole molto curate; nonostante il pregio di essere una delle poche aree verdi restanti viene scarsamente sfruttata ed utilizzata solamente per il transito.

Gli edifici nelle immediate vicinanze dell'area invece si presentano con stili architettonici eterogenei che si interfacciano col contesto in modi differenti. Si possono scorgere facciate dal tradizionale cotto londinese a moderni palazzi di vetro fino ad arrivare a edifici nuovi rivestiti da materiali metallici verniciati con tonalità di colore contemporanee e vivaci.

Analisi SWOT

Durante il sopralluogo e ancor prima di iniziare il processo di progettazione dell'intervento edilizio è stata eseguita un'analisi SWOT individuando quelli che sono i punti di forza, le debolezze, le opportunità e le minacce che caratterizzano l'area di progetto e il suo intorno, soprattutto in riferimento all'uso odierno che si fa del sito. Essendo l'area ubicata in un contesto così dinamico, l'interpretazione degli elementi dell'intorno sono tarati sulla destinazione funzionale che avrà il lotto, prestando maggior attenzione per gli aspetti naturalistici e di connessione con l'antistante Tamigi.



<p>STRENGTHS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flusso pedonale consistente e misto parallelo al Tamigi • Potters Fields Park: unica area verde rilevante della zona • Mix destinazioni d'uso: uffici, residenze, funzione pubblica, turismo , servizi al cittadino • Mix di utenti dell'area: lavoratori, residenti, turisti ecc... • Vista privilegiata sullo skyline della City of London • "More London Masterplan" di Foster & Partners: riqualificazione intera città • Presenza servizi di trasporto: stazione ferroviaria London Bridge, Cycle Superhighway, linee bus 	<p>WEAKNESSES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Area compresa tra due limiti: Tamigi e linea ferrovia che divide in due il quartiere di Southwark • Sottoutilizzo della porzione sud del Potter's Field Park • Connessioni tra Tooley Street e River Front poco valorizzate • Carenza di servizi e attività commerciali nella zona in previsione della futura espansione
<p>OPPORTUNITIES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connessione tra differenti porzioni urbane omogenee per destinazione d'uso e tra architetture tradizionali e contemporanee • Sopperire a carenza di servizi e attività commerciali in previsione della futura espansione • Riqualificazione area verde "buffer" in previsione dell'espansione del Financial District • Implementazione del sistema bibliotecario di Southwark e di Londra • Funzionamento 24 ore dell'edificio: catalizzatore per l'intera zona come propulsore di sviluppo urbano 	<p>THREATS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sovrabbondanza di elementi architettonici • Area scarsamente popolata soprattutto durante le ore diurne, a causa della destinazione d'uso prevalente (direzionale, terziaria)

Il “non oggetto”

Analizzati tutti i punti individuati e constatata la notevole presenza di “oggetti architettonici”, si evidenzia la necessità di trattare l'edificio con un approccio pubblico e rivolto all'utilizzatore/visitatore ultimo.

L'intervento non vuole porsi in contrasto con l'esistente bensì cercherà di mimetizzarsi il più possibile pur restando un elemento che cattura l'attenzione e invoglia ad entrarci. La scelta di mantenere la copertura verde, oltre che essere specifica richiesta da bando, permette alla Library di fondare la sua identità ed il suo riconoscimento sull'aspetto pubblico insito nella copertura praticabile.

Concept plan

Il concept plan è stato articolato sulla base dell'analisi SWOT, sviluppando tre concetti chiave fondamentali: circolazione, allineamenti, visibilità.

Il primo aspetto prevede lo spostamento e la riorganizzazione dei flussi pedonali e ciclabili attraverso l'area creando due direttrici preferenziali parallele ai fianchi del nuovo volume; le due direttrici così create vanno ad aggiungersi a quelle esistenti implementando la connessione tra il riverfront e il quartiere di Southwark.

Il secondo concetto chiave ha visto la ricostruzione del fronte stradale al lato sud, piuttosto irregolare e frammentato; con l'inserimento del nuovo volume si vuole quindi colmare un vuoto che ricucia il tessuto urbano esistente, integrandolo con quello di recente trasformazione dell'area del More London.

Altro aspetto dichiarato come fondamentale nell'elaborazione del concept plan è quello della

fig.5.0 POTTERS FIELDS PARK
(inizio capitolo) Foto di Potters Fields Park

tab.5.1 ANALISI SWOT
(pagina precedente) Analisi dei punti di forza, debolezze, opportunità, minacce

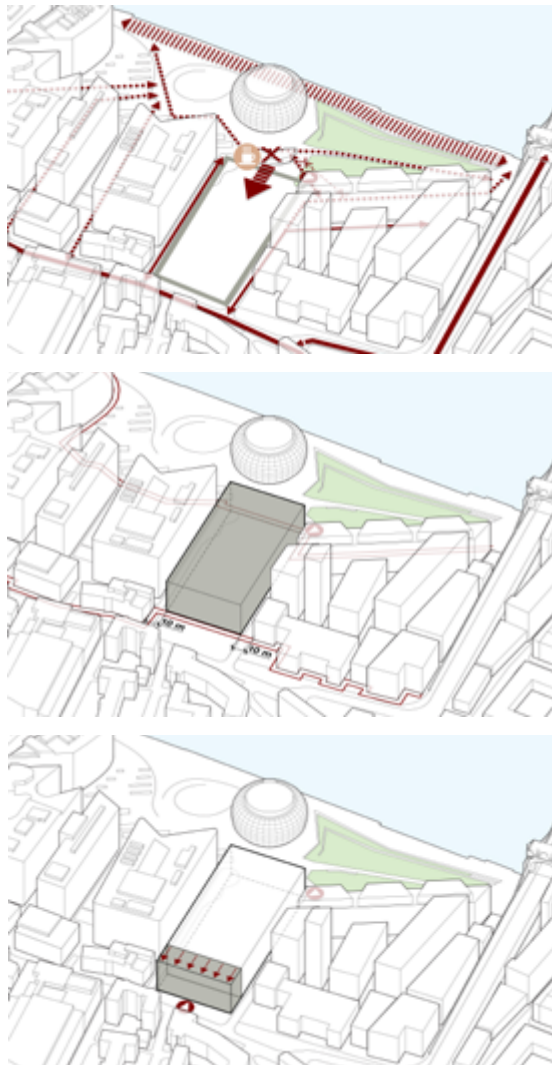


fig.5.2 CONCEPT PLAN
Schemi concept plan

visibilità; si è cercato di immedesimarsi nei panni di un utente/utilizzatore finale e creare un volume che si rendesse visibile a primo impatto, catturando l'attenzione e invogliandolo ad entrare, sia sul lato rivolto verso il Tower Bridge (a Nord), sia sul lato sud rivolto verso Tooley Street (prospetto Sud).

Concept volumetrico

L'indagine di volumi semplici con identità propria è stata la base per la definizione volumetrica del complesso.

Attorniato da un numero sovrabbondante di forme ed edifici di altissimo interesse storico-culturale il sito di progetto si configura come un vuoto urbano che da respiro all'intero More London. Il mantenimento di tale interesse e funzione per l'intera zona è stato riprodotto considerando diversi aspetti urbani di sinergia e relazione con gli oggetti presenti.

Vengono qui riassunte le principali linee guida definite a monte del progetto, mantenute salde e fisse durante tutta la fase di sviluppo progettuale

- mantenimento del green footprint in copertura (richiesta da bando)
- interazione con la City Hall
- connessione visiva attiva e retroattiva con il Tower Bridge
- crescita in altezza per avere connessione diretta con lo skyline della City
- esigenza di attrarre il visitatore di passaggio tramite la creazione di un landmark
- aggiunta di un volume contenitore per la biblioteca vera e propria
- movimento in copertura per rimarcare la modernità del luogo e rendere riconoscibile il manufatto

A livello sociale-sociologico riveste un'importanza fondamentale la tipologia di utilizzatore della zona; accanto a turisti/lavoratori di passaggio, sono e rimangono l'anima del luogo i residenti

che anche durante i periodi più freddi popolano la zona. La volontà di creare un oggetto-non oggetto che contenga funzioni adatte ad utenti eterogenei si rispecchia nel disegno degli spazi interni e nella scelte delle funzioni associate ad ogni volume apposto.

Un'attenzione particolare è rivolta all'organizzazione degli scorci interni ed esterni, alle viste prospettiche e all'esperienza che i futuri utilizzatori compiranno all'interno dell'edificio.

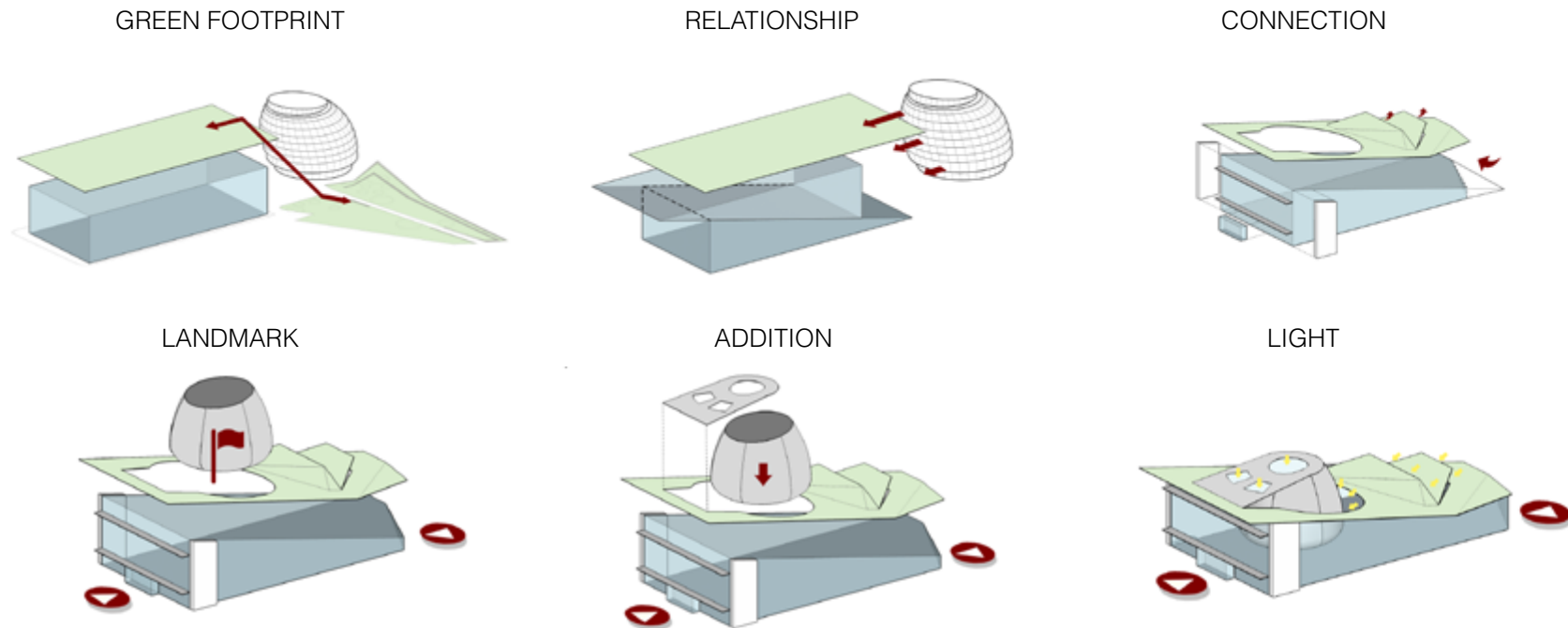


fig.5.3 CONCEPT VOLUMETRICO
Sequenza concept volumetrico

FUNCTIONS



fig.5.4 FUNCTION CONCEPT
 Concept delle funzioni

VIEW



fig.5.5 VIEW CONCEPT
 Concept delle viste

EXPERIENCE

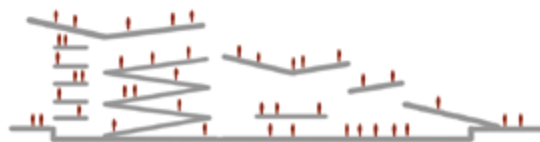


fig.5.6 CONCEPT EXPERIENCE
 Concept esperienza interna ed esterna

fig.5.7 MASTERPLAN
 (pagina seguente) Inquadramento planivolumetrico

Masterplan

Il risultato del processo progettuale è riassunto nella definizione del masterplan, attraverso l'individuazione dei materiali, degli ingombri e dell'organizzazione degli spazi esterni.

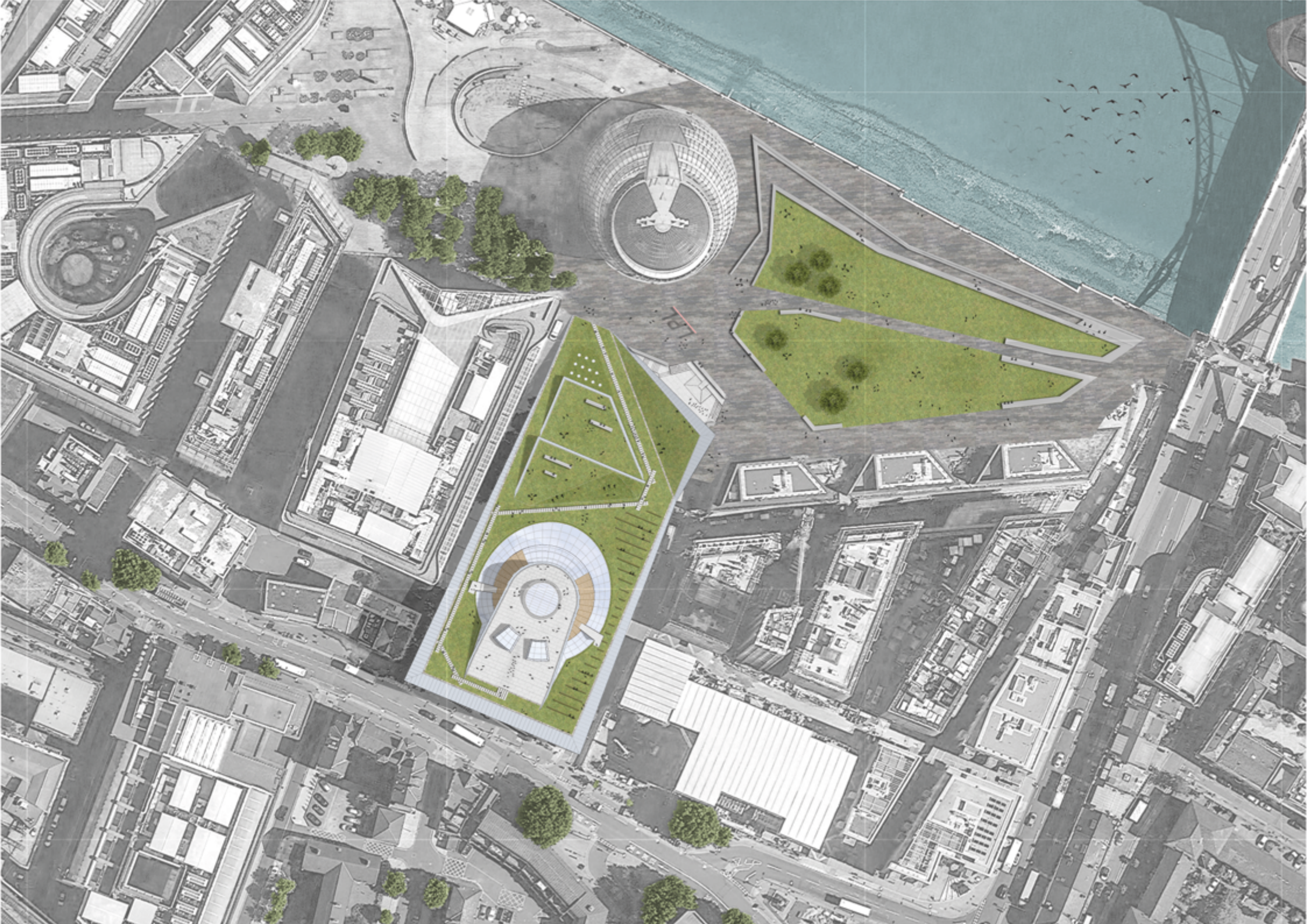
Si è deciso di occupare tutta l'impronta dell'area di progetto a disposizione creando un'ampia copertura verde praticabile che sale da livello del terreno fino a quota + 27 m verso sud e quindi creare una continuazione dell'area verde antistante esistente ad oggi intensamente utilizzata. L'ampia copertura verde ricalca ed amplifica gli obiettivi richiesti nel bando in merito al mantenimento del green footprint. Si presenta come la facciata principale dell'edificio, fin da subito visibile se avvicinandosi attraversando il Tower Bridge.

L'edificio occupa una posizione centrale sul sito con una distanza di rispetto di 10 m sui lati longitudinali (Ovest e Est) e mantiene la continuità della cortina stradale per l'avanzamento del fronte Sud. A nord la copertura si incontra col terreno ad una distanza di 25 m dall'antistante City Hall.

I materiali artificiali scelti per la composizione degli esterni sono principalmente tre

- il vetro, impiegato per le facciate continue a montanti e traversi dei tre fronti dell'edificio e per parte del rivestimento del seme della Library interna
- il legno che riveste l'esterno, fungendo da frangisole, al volume della biblioteca
- la pietra, per la pavimentazione dei camminamenti esterni e per la porzione di copertura al di sopra della biblioteca.

Si rivolge la scelta a tale tipologia di materiale cercando di inserire il concetto ed i materiali usualmente utilizzati per il disegno di un parco pubblico, nel moderno contesto della More London.



Capitolo 6

Progetto biblioteconomico

I modelli biblioteconomici esistenti

Il modello anglosassone della Public Library

Il modello della public library nacque nella seconda metà del XIX secolo, in Inghilterra, per motivi di ordine filantropico e politico-sociale e per soddisfare esigenze di tipo educativo e informativo.

Questo modello ebbe un rapido sviluppo poiché le public library erano, per legge, finanziate dalle comunità locali e quindi dovevano rispondere del proprio operato alla comunità svolgendo un servizio adeguato ed efficiente. Un servizio che non era più di soddisfare esigenze di ricerca e studio di un'élite di studiosi, ma quelle di carattere informativo, educativo e ricreativo dell'intera popolazione.

Per far ciò le raccolte dovevano essere di nuova acquisizione, riferite al mercato editoriale corrente e continuamente aggiornate. I documenti non erano più visti come beni storico-artistici da preservare ma come strumenti di informazione, e pertanto venivano resi direttamente accessibili al pubblico che ne poteva usufruire in piena libertà.

Questa maggior importanza data alla consultazione rispetto alla conservazione portò alla nascita dello scaffale aperto e ad un servizio sempre più centrato sull'utente.

Queste innovazioni portarono anche a cambiamenti nell'architettura degli edifici, che divennero più familiari e caratterizzati da spazi informali e funzionali. Gli spazi destinati alla consultazione si specializzarono in base alla tipologia di supporto (libri, riviste, reference) o in base alla tipologia di utenza (bambini, ragazzi, studenti). La public library, assumendo un'importante



fig.6.0 REVAMP STAIRCASE
(pagina precedente) fonte: Lushome

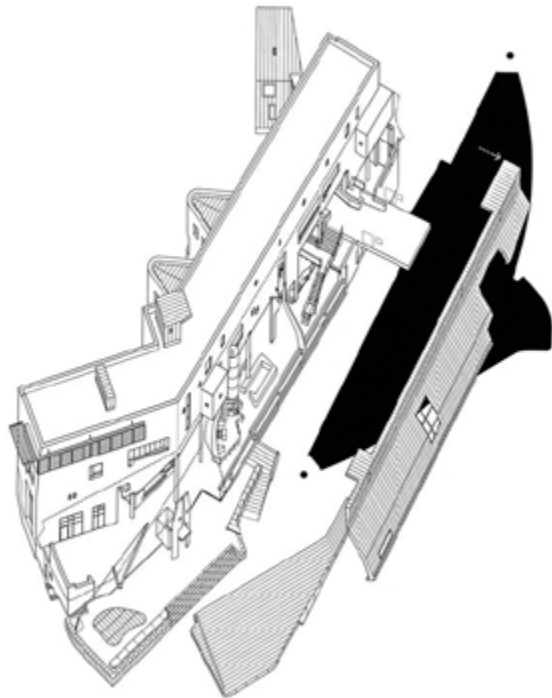


fig.6.1 BIBLIOTECA DI MÜNSTER
assonometria della scansione esterna

ruolo di aggregazione sociale, si dotò di altri servizi utili per la comunità. Questo modello, e le idee alla base di esso, con pochi cambiamenti, risultano tutt'oggi valide, e sono ampiamente sfruttate nella progettazione di biblioteche.

Oggi le public library sono caratterizzate dalla disposizione dei libri a scaffale aperto, dalla gratuità dei servizi offerti, dalla garanzia di accesso libero per tutti, dalla familiarità e friendliness dell'ambiente, dell'edificio, dei servizi offerti e del personale, da un servizio di reference non finalizzato solo a rispondere a domande di carattere meramente bibliografico, ma anche a fornire tutte quelle tipologie di informazioni, di carattere istituzionale e non, utili alla vita della comunità.

Il modello francese della Médiathèque

All'inizio degli anni Ottanta, in Francia, venne proposta un nuovo modello di biblioteca, ribattezzato usando il neologismo médiathèque, a sottolineare l'orientamento verso la contemporaneità e il mondo dei media. Il nuovo nome serviva anche per avvicinare la gente, che aveva della biblioteca un'immagine di luogo chiuso e polveroso. La médiathèque offre quindi una nuova tipologia di servizi bibliotecari, caratterizzata dalla forte integrazione tra documenti di natura diversa, dai tradizionali documenti cartacei ai supporti audiovisivi e digitali.

Oltre a ciò vi è l'offerta di svariate altre attività culturali annesse, tipo esposizioni temporanee, spettacoli, proiezioni filmiche, conferenze. Questo modello fu innovativo non solo per quanto riguardava i servizi offerti, ma anche dal punto di vista dell'immagine. Infatti era ospitato in edifici costruiti ex-novo, con caratteristiche architettoniche moderne e accattivanti, che invitavano l'ingresso e davano l'idea di luogo sociale e non di austero magazzino.

Il prototipo della médiathèque è la Bibliothèque Publique d'Information del Centre Pompidou, realizzata tra il 1972 e il 1978. Il successo di questo modello ha portato la Francia a quintuplicare, in circa trent'anni, il numero delle sue biblioteche.

Il modello tedesco della Dreigeteleite Bibliothek

La dreigeteleite bibliothek, la biblioteca a tre livelli, nasce negli anni settanta grazie all'opera di Heinz Emunds, allora direttore della Biblioteca Civica di Münster, e si basa sulla frammentazione dell'offerta dei servizi in base all'utenza ed è caratterizzato dall'articolazione dell'architettura dell'edificio e del servizio in tre livelli.

Ai due settori tradizionali della lettura/consultazione a scaffale aperto e del complesso deposito chiuso, laboratori e uffici, se ne aggiunge un terzo, il settore d'ingresso, di primo impatto con l'utente, organizzato come una moderna libreria (per questo chiamato anche market), focalizzato sulla lettura ricreativa e sull'attualità e fortemente centrato sull'utente. Si giunge così a una struttura bibliotecaria caratterizzata da una suddivisione fisica e organizzativa dei servizi bibliotecari in tre livelli di progressivo approfondimento.

Il primo livello, il Nahbereich (ambito vicino), il settore d'ingresso, risponde ai bisogni informativi più generici.

Il secondo livello, il Mittelbereich (ambito intermedio), il settore a scaffale aperto, risponde a esigenze di studio, lettura e consultazione più definite.

Il terzo livello, il Fernbereich (ambito lontano), il settore a deposito chiuso, è destinato alle ricerche più approfondite e complesse.

La suddivisione effettuata da Emunds parte dalla constatazione che parte della domanda di informazione non specializzata non può essere soddisfatta dalle consuete forme di catalogazione e infatti è spesso vaga e priva di un oggetto preciso non potendo trovare soddisfazione dalla catalogazione sistematica e dalla disposizione ordinata dei documenti. Si affianca, perciò, ai due sistemi classici una disposizione dei documenti, nel settore d'ingresso, organizzata in base ad aree di interesse. I principi organizzativi enunciati da Emunds trovarono applicazione nella Biblioteca di Gütersloh, costruita nel 1979, divenuta il prototipo di questo modello.

Biblioteche nel mondo oggi

Negli ultimi due decenni in molti paesi di tutto il mondo sono stati avviati lavori per la realizzazione di nuove sedi per le biblioteche nazionali.

Nei paesi occidentali ciò si è verificato a causa dell'incremento nel numero di pubblicazioni annuo (libri e periodici); all'inadeguatezza strutturale, dimensionale e impiantistica delle vecchie sedi storiche; alla necessità di adeguarsi allo sviluppo delle tecnologie digitali.

Ne sono degli esempi le nuove biblioteche nazionali di Parigi, Londra, Copenaghen; le biblioteche civiche centrali di Amsterdam, Phoenix, Seattle, Torino, Vancouver, Vienna; o le biblioteche a carattere sopranazionale come la BEIC di Milano.

Nei paesi in via di sviluppo e in quelli nati dallo smembramento dell'URSS e della Jugoslavia, invece, ciò è causato dalla volontà politica di emergere e di dare al mondo un'immagine moderna ed efficiente; allo sviluppo del mercato editoriale in questi paesi; per simboleggiare la loro rinnovata o ritrovata identità nazionale. Ne sono un esempio le nuove biblioteche nazionali di Zagabria, Tallin, Algeri, Alessandria d'Egitto, Città del Messico.

Da sempre, infatti, nel caso di nuovi edifici culturali, come la biblioteca, l'immagine dell'edificio pubblico è un problema di ordine politico e culturale prima ancora che architettonico, ed è finalizzata ad annunciare e affermare l'autorevolezza, il prestigio e l'efficienza dell'amministrazione che l'ha realizzata e dell'istituzione che in quel edificio è collocata.

In tutto il mondo queste nuove biblioteche vengono accolte in edifici di nuova concezione, dalle dimensioni notevoli e con una forte specializzazione degli spazi, che, utilizzando il linguaggio architettonico per affermare la loro presenza e la loro missione, si caratterizzano per architettura e forme tali da diventare icone nell'immaginario collettivo, immediatamente riconoscibili e fortemente connotate.

Questo particolare aspetto politico-simbolico si trasmette ai livelli inferiori e vale per tutte le biblioteche in genere, anche le più piccole, in quanto tutte rispondono ad un desiderio delle

amministrazioni da un lato di fornire agli abitanti un servizio culturale, dall'altro di cristallizzare l'immagine della comunità in un'architettura simbolica.

Modello biblioteconomico

La programmazione biblioteconomica rappresenta la fase iniziale del progetto di una biblioteca in cui si va a definire quelli che sono gli obiettivi da raggiungere e le esigenze da soddisfare per la comunità a cui andrà a rivolgersi.

In seguito a indagini effettuate, sia in loco tramite un sopralluogo, sia tramite fonti indirette è stato delineato il profilo della comunità e del contesto che risulta piuttosto variegato e in continua evoluzione. In particolare il progetto si inserisce in un contesto in cui vi è la presenza di differenti categorie di persone appartenenti alle più svariate classi d'età: lavoratori, turisti, residenti, anziani, bambini e adolescenti. La missione della nuova London Public Library è quindi quella di attrarre e soddisfare le esigenze di chiunque, specialmente anche di coloro che non hanno mai frequentato luoghi di questo tipo.

Il progetto è configurato secondo la fisionomia della biblioteca a tre livelli del modello tedesco e offre servizi rivolti ai residenti e ai turisti contemporaneamente a quelli dedicati agli usuali utenti della biblioteca.

Per questa ragione gli orari delle diverse tipologie di servizi offerti sono organizzati in maniera flessibile, lasciando la possibilità di mantenere la Library aperta 24h/7 così da soddisfare appieno le richieste di qualsiasi utente.

Le collezioni e il patrimonio documentario saranno suddivisi ed esposti principalmente su scaffale aperto ad eccezione dei documenti esclusivi, custoditi in sale con controllo di umidità e temperatura indipendente, e saranno integrati con le diverse tipologie di supporti offerti.

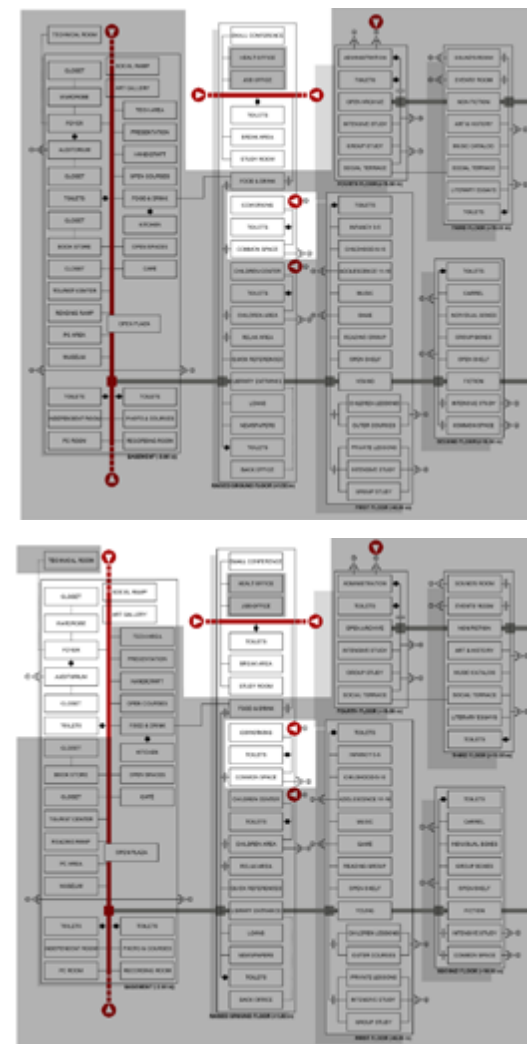


fig.6.2 FLESSIBILITÀ ORGANIGRAMMA
Organigramma soluzione 1 e 2 durante le ore serali e festività

Organigramma funzionale

La somma delle funzioni offerte all'interno del nuovo complesso è riportata alla pagina seguente sotto forma di schema orientativo. Sono suddivise per piani e lo schema riporta in ordine di lettura gli ambienti che si incontrerebbero seguendo un ipotetico percorso nord-sud all'interno dell'edificio.

In VERDE vengono riportate le funzioni principali per cui il progetto architettonico richiede maggior riflessione nel disegno degli spazi, in GIALLO invece si definiscono le funzioni che potenzialmente possano evolvere nel tempo dove la mera destinazione funzionale è determinata dall'arredo e/o dall'organizzazione che mantiene la gestione dello spazio (principalmente il bibliotecario).

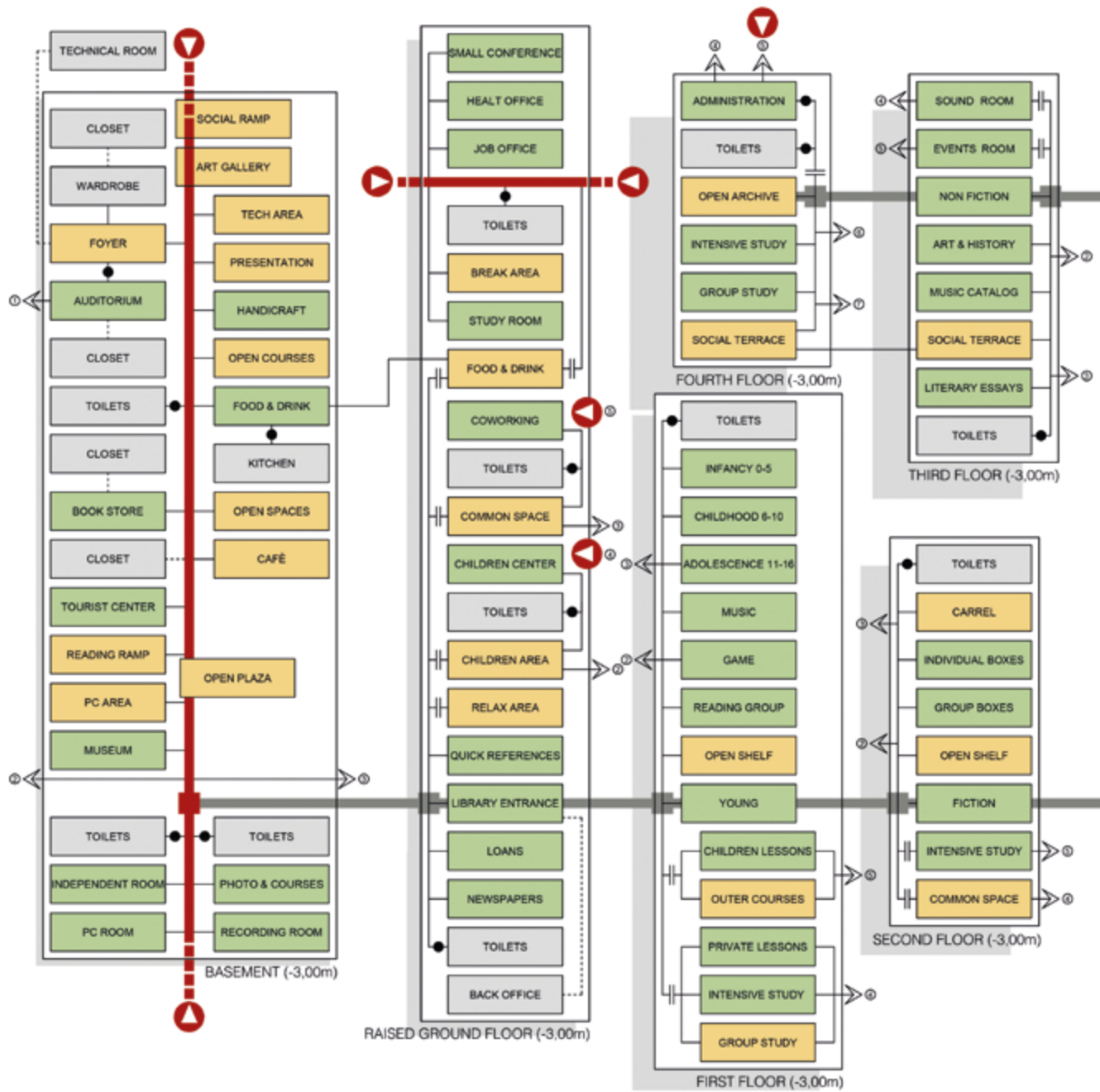
Lo schema evidenzia in modo approfondito anche l'interazione tra gli spazi serviti e serventi, mettendo in luce il peso funzionale che ogni spazio comporta nella sua progettazione.

L'approccio è orientato al pieno soddisfacimento di residenti e visitatori di passaggio, con fascia d'età variabile tra i 3-90 anni, dimostrando come sotto la stessa copertura possano convivere ed anzi arricchire in termini di esperienza, funzioni eterogenee adatte a chiunque.

LPL si pone come obiettivo la crescita e l'evoluzione costante dei servizi offerti, principalmente nella parte pubblica, gli spazi sono progettati per garantire la piena trasformazione funzionale a seconda del periodo dell'anno e/o della differente necessità di offerta di servizi.

Particolare attenzione richiede poi la separazione di flussi di persone differenti soprattutto negli orari serali, quando parte dell'edificio rimane chiusa: la progettazione degli spazi interni oltre che offrire una chiara interpretazione delle funzioni interne al primo sguardo, definisce e ricalca in modo lampante la scansione temporale di apertura e chiusura di definite aree all'interno del complesso.

fig.6.3 ORGANIGRAMMA FUNZIONALE
(pagina seguente) Organigramma funzionale totale



Analisi critica al bando di concorso

Una volta definito il bacino d'utenza di 50000 abitanti e le classi d'utenza del nostro intervento edilizio si analizza e verifica in maniera critica il patrimonio documentario, il numero dei posti a sedere e le metrature dichiarate nel bando della competition, confrontandole con quelle delle Linee Guida IFLA/UNESCO 2001 e gli STANDARD DELLA DIPUTACIÒ DE BARCELONA.

Linee guida IFLA/UNESCO 2001

		linee Guida IFLA	numero di progetto
patrimonio	doc/abitante	2-3	10000
info e reference	% su totale	10 %	10000
fondo bambini	% sul totale	33 %	33000
fondo prestito	% sul totale	50 %	50000
periodici	titoli / 1000 abitanti	10	500
musica e video	doc / 1000 abitanti	12,5	625
minoranze etniche	doc/ab	0,2	200000
incremento annuo a regime	doc / 1000 ab	200	10000
scarto annuo a regime	% sul totale	10 %	10000

tab.6.0 STANDARD INTERNAZIONALI RACCOLTE
Linee GUIDA IFLA/UNESCO per dimensionare le raccolte

STANDARD DELLA DIPUTACIÒ DE BARCELONA

posti a sedere	linee Guida IFLA	standard Spagna	numero di progetto
totale posti di lettura	1,5 ogni 1000 ab	3,8	195
emeroteca	-	0,4/1000	40
zona lettura e consultazione	-	5.1/1000	106
musica e video	-		10
bambini	-	1,5/1000	40
sale polifunzionali	-		100
postazioni pc per catalogo	-		12
postazioni pc per internet	-		10
prestito self-check	-		1/2

tab.6.1 CONFRONTO TRA STANDARD INTERNAZIONALI POSTAZIONI
 Confronto tra standard internazionali per la quantificazione del numero dei posti a sedere

Definiti quindi il bacino d'utenza, la dimensione delle collezioni e il numero di posti a sedere viene effettuato un calcolo verosimile della superficie dell'edificio. Il calcolo viene effettuato moltiplicando l'indice di superficie, che relaziona la superficie destinata a servizi per il pubblico con la popolazione, per il numero di abitanti del bacino d'utenza.

Si effettuano alcune considerazioni e si individua il caso più sfavorevole, riportato dagli STANDARD DELLA DIPUTACIÒ DE BARCELONA.

L'indice di superficie scelto risulta quindi 0,66/10 ab, che corrisponde a una superficie lorda praticabile, escluse le funzioni aggiuntive:

$$SLP = (0,66 \cdot 50000) / 10 = 3300 \text{ m}^2$$

organizzata come da tabella seguente:

ORGANIZZAZIONE DELLE METRATURE	
Abitanti	50000
Indice superficie netta servizi per il pubblico	0,4
Superficie netta per servizi per il pubblico	2000
Superficie netta per servizi interni e deposito chiuso	500
Superficie netta complessiva	2500
Superficie lorda	3300
SLP 0 SNP + 32%	
Indice superficie lorda	0,66
Percentuale servizi interni e deposito chiuso	20 %

tab.6.2 ORGANIZZAZIONE E DISTRIBUZIONE DELLE METRATURE
Riassunto della suddivisione delle metrature

fig.6.4 VISTA INTERNA
(pagina successiva) Vista interna dall'ingresso nord



eat and drink with

24
17 studying place

let a place to use book festival

co working

work & meetings

Charlotte's Web

• Black House

• Marvin Chuzzlewit

• Ford Times

• Errandy Ridge

• The Adventures of Oliver Twist

• David Copperfield

• A Tale of Two Cities

• The Old Curiosity Shop

• The Posthumous Papers of the Pickwick Club

• The Life and Adventures of Nicholas Nickleby

• The Mystery of Edwin Drood

• Dombey and Son

• Our Mutual Friend

Capitolo 7

Progetto architettonico

Sito e linguaggio

Il progetto è ubicato a Londra nel quartiere di Southwark, uno storico centro cittadino che nel tempo si è trasformato in una delle zone centrali della Città ed ora si appresta a diventare la nuova estensione del CBD (Central Business District) di Londra.

Al suo interno si trova la City Hall, ovvero il più significativo centro pubblico per identità; più a Ovest troviamo lo Shard che fa da Landmark per la sottostante stazione principale dei treni, la "London Bridge Station"; mentre più a sud insistono ancora zone residenziali a media densità abitativa. L'area si può considerare come il maggior centro cittadino per quella che è la combinazione di turisti sia inglesi che stranieri, lavoratori e residenti della zona: il sito infatti connette il vicino Tower Bridge alla nodale stazione ferroviaria tramite una camminata pedonabile che affaccia direttamente sul Tamigi.

Il quartiere si divide sostanzialmente in due macro aree: la parte Sud con abitazioni a due o tre piani, con una prevalente funzione residenziale e di servizi annessi, con tipico paramento murario a vista, ed una parte a Nord in cui i palazzi raggiungono anche i 15 piani di altezza che, a livello percettivo-urbanistico, si presentano con un carattere spiccatamente moderno, che ben si distacca e contrappone alla zona in cui si inseriscono.

Il masterplan su cui insiste il progetto, disegnato dallo studio dell'Arch. N. Foster agli inizi degli anni 2000 combina funzioni pubbliche, residenze extra lusso nonché numerosi palazzi con destinazione mista, servizi ed uffici a servizio di grandi catene e multinazionali di vario genere.



fig.7.0 THE SHARD (2017)
 (pagina precedente) Vista dal sito di progetto.

Landmark. Un nuovo centro del sapere

LPL si inserisce in un contesto a forte urbanizzazione e con edifici contemporanei di nuova concezione e di spiccata identità. La progettazione di una nuova Public Library in tale contesto rende necessaria una valutazione sugli obiettivi di personalità propria dell'edificio e della catena di Idea Store già presenti a Londra.

L'indagine effettuata in loco e la comparazione con ambienti di simile sviluppo, richiede un approfondimento in termini psicologici-percettivi degli utenti che frequentano la zona:

- buona parte dei fruitori conoscono la zona e interpretano come una porzione mutevole di città il lotto di progetto. Si recano già nell'area durante il tempo libero, appunto per apprezzarne l'identità come motore della personalità dell'intera città
- chi arriva da sud è sostanzialmente un residente della zona, informato e cosciente anch'esso dello sviluppo della zona in termini dinamici e innovativi
- i turisti che per la prima volta si avvicinano al sito iniziano ad apprezzare l'area già dalla riva del Tamigi opposta, comunque hanno visione e tempo per riconoscere e familiarizzare col progetto per tutto l'attraversamento del tower bridge
- eventuali altre tipologie di fruitori che visitano la zona si troveranno immersi in un clima così moderno fin da subito e gli sarà chiaro come la zona continui ed ha da poco gettato le basi per uno sviluppo fortemente orientato al moderno ed alla sperimentazione architettonica oltre che urbanistica.

Ciò premesso si opta per una soluzione in termini volumetrici e architettonici neutrale e pacata, dove sia il pubblico stesso il motore della modernità del progetto. Ciò che è subito apprezzabile da distante è il carattere di "oggetto-non oggetto" dell'edificio. Il parco pubblico in copertura si identifica sostanzialmente come la facciata principale con cui il visitatore si interfaccia per primo; l'efficacia della scelta sta nel preferire una soluzione in termini pubblici e di maggior funzioni urbane, in una zona così urbanizzata, anziché un edificio-scultura con minor funzioni.

fig.7.1 VISTA DAL TOWER BRIDGE
 (pagina successiva) Inserimento nel contesto del progetto.



erkeley

LUXURY LIVING AT
ONE TOWER BRIDGE

Berkeley

LPL

Progettare con gli occhi del fruitore

La progettazione degli spazi interni alla Public Library è il risultato di un approccio iterativo che unisce la modellazione tridimensionale alla percezione degli spazi finiti.

I blocchi interni sono stati proporzionati e disposti in maniera tale che l'utente abbia in ogni posizione dell'edificio una comprensione dell'intero complesso chiara e completa, che lo aiuti nell'orientamento e lo guidi.

Attraverso la costante simulazione di viste prospettiche e la continua immedesimazione nella posizione dell'utente finale all'interno del modello tridimensionale si è potuto progettare direttamente con gli occhi del fruitore. La scelta di disporre e di accostare uno o più volumi pieni accanto ad un'area più aperta, lungo tutta la fase progettuale, è volta alla ricerca della più chiara ed istantanea comprensione dell'interno.

Questa metodologia di ragionamento e di approccio volta verso un edificio che sia sempre più vicino all'utente ha permesso di creare spazi liberi in cui siano le persone a diventare la parte dinamica degli interni; si è prediletto per tutto lo sviluppo volumetrico una chiave di lettura più aperta e libera che permetta a più utenti di interagire l'uno con l'altro.

Oltre che verbalmente, l'utente scambia informazioni con altri fruitori anche visivamente: si creano quindi spazi a doppia tripla ed in certe parti anche quadrupla interazione tra più individui che stanno compiendo azioni simili.

L'intero volume si compone di due elementi principali: un cuore vetrato che fa da fulcro e spazio di smistamento per l'intero complesso, che contiene le funzioni più vicine alla biblioteca, ed una copertura che fa da riparo a funzioni di servizio alla comunità che si dispongono a livello del terreno nel piano di ingresso.

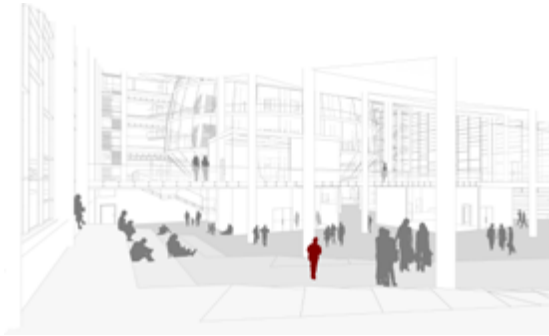


fig.7.2 VISTA CONCETTUALE INTERNA LPL
Punto di presa: ingresso Nord.



fig.7.3 VISTA CONCETTUALE INTERNA LPL
Punto di presa: ingresso Ovest.

Il piano principale e l'annessa piazza coperta a meno 3 metri dal livello del terreno si configurano come un insieme di volumi regolari, disposti in pianta in maniera "scatterizzata" che, pur inserendosi in una griglia rigida, permette all'utente di muoversi in modo libero tra diverse funzioni divise per reparti.

La casualità con cui tali volumi sono disposti è frutto di una ricerca progettuale che garantisce all'utente stesso la comprensione totale della composizione volumetrica in qualunque posizione esso si trovi.

Ai piani superiori il progetto continua con la stessa logica, rimarcando la dinamicità dei volumi associando materiali contrastanti che, disegnati, riescono a dissimulare la rigidità della stessa griglia anche in sezione e/o nel prospetto Sud.

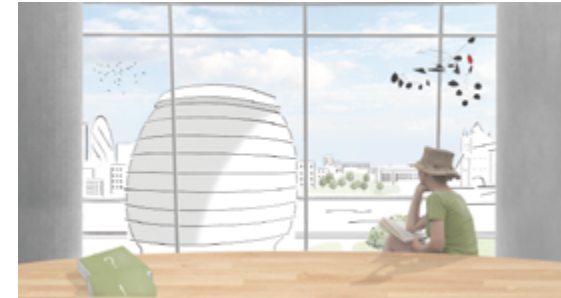


fig.74 VISTA INTERNA
Scorcio sulla Skyline di Londra

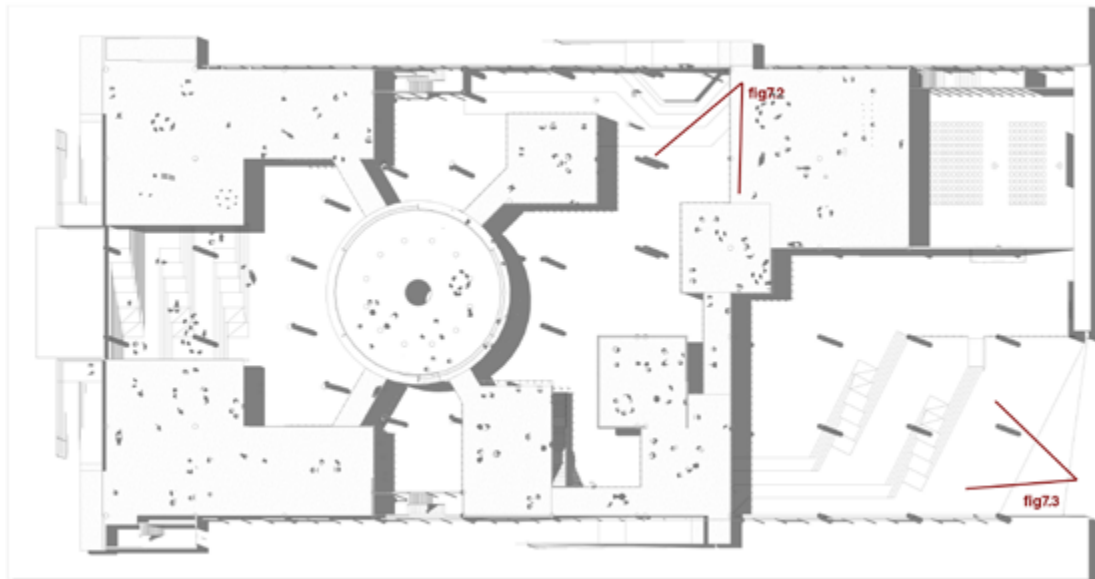


fig.7.5 PIANO -1
(a lato) Indicazione degli scorci chiave agli ingressi

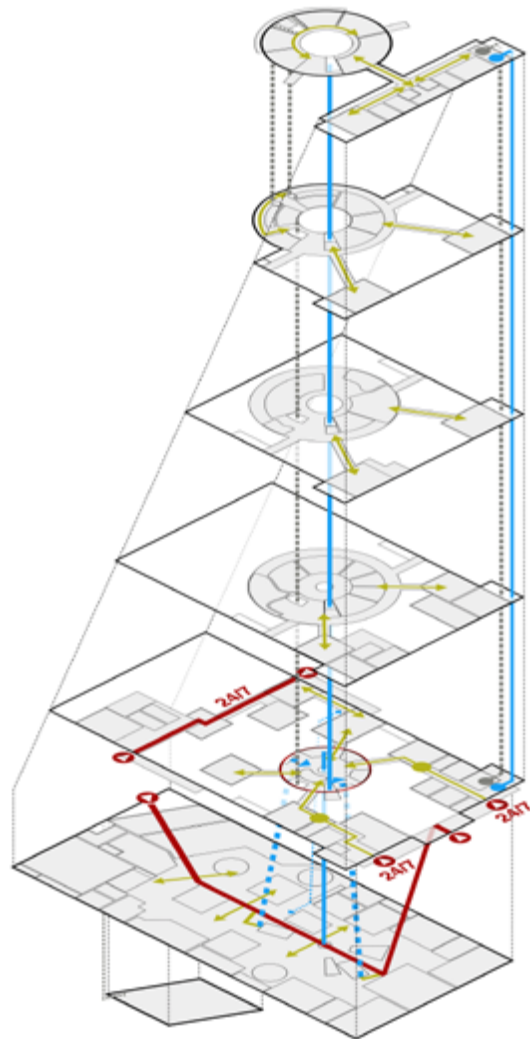


fig.7.6 CIRCOLAZIONE INTERNA LPL”
Schema flussi principali e circolazione interna.

Layout funzionale e destinazioni d’uso

“LPL” è un progetto che combina al suo interno elementi prettamente tipici di una biblioteca con spazi sociali ad alto flusso di persone. La piazza coperta che si crea al piano -1 ospita al suo interno funzioni atte ad un elevato numero di interazione tra i fruitori. Entrando dall’ingresso principale a Nord si trova il Tourist centre (100m²), che affiancato al laboratorio di “handicraft” fa da palcoscenico alle gradinate sociali laterali necessarie agli spazi calmi e di interazione tra il semplice turista che entra (per avere informazioni sulla zona o sulla città) ed il residente che trova qui un rifugio in cui interagire e rilassarsi con persone che svolgono una vita simile alla sua.

Più avanti nella zona centrale, continuando il percorso che porta al cuore della Library vera e propria, troviamo una zona dedicata ad esibizioni ed installazioni temporanee, ed un caffè (80m²) su due livelli, che oltre a fare da quinta per il centro della piazza coperta, offre un servizio di mensa (110m²) direttamente accessibile dal livello del piano 0 della Library stessa. Nella porzione SUD si dispongono simmetricamente una serie di funzioni più vicine al quartiere ed ai residenti che abitano la zona: una ricerca in loco ha consentito di introdurre funzioni vicine ad ogni fascia di età che abita il quartiere di Southwark.

- CHILDREN CENTRE 320 m²
- SPAZIO COWORKING 280 m²
- SPAZI PER RIUNIONI (n°2) 150 m² (75 x 2)
- AULA INFORMATICA 180 m²
- SALA REGISTRAZIONE 180 m²
- INDEPENDENT SPACE 280 m²
- ZONA CORSI APERTI 100 m²

Mentre nella cintura trasversale EST-OVEST, al piano 0, aperta per tutte le 24 ore compresi i giorni festivi, il residente ha a disposizione:

- AREA STUDIO INTERNA 100 m²
- AREA STUDIO ESTERNA 150 m²
- JOB OFFICE 40 m²
- HEALTH OFFICE 40 m²
- SALA CONFERENZE MINORI 140 m²
- AUDITORIUM (p.-1) 340 m²

L'accostamento di funzioni diverse all'interno della Public Library garantisce un maggior scambio di informazioni (tra utenti che frequentano lo stesso edificio per motivi differenti). Questo concetto è alla base dell'Idea Store, nata come innovazione al concetto di biblioteca nel XXI sec.

Lo studio volto alla ricerca di attività necessarie, da predisporre soprattutto nella fascia maggiormente frequentata da residenti nella zona (fascia 24/7 e porzione SUD), è il risultato di un'attenta analisi che verifica e compara l'effettivo utilizzo di spazi analoghi all'interno di altre Public Library o Idea Store nei quartieri vicini con realtà simili.

La criticità che l'inserimento di funzioni, totalmente o quasi completamente differenti da quello che è il layout funzionale di una biblioteca classica, alla francese o alla tedesca, sta nella difficoltà di coniugare flussi e orari di persone che per motivi diversi frequentano lo stesso edificio.

LPL usa esperienze di realtà simili, testate su utenti londinesi, per inglobare e rendere maggiormente efficace lo scambio di informazioni e di interessi, anche casuale e involontario, che sta alla base dell'associazione di attività diverse tra loro.

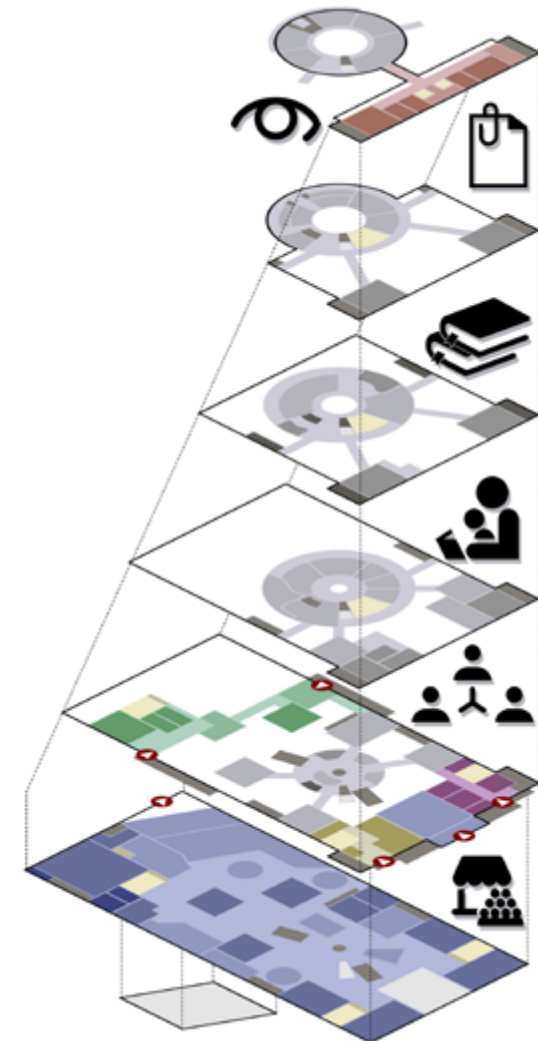


fig.7.7 LAYOUT FUNZIONALE INTERNO LPL
Indicazione schematica delle principali attività interne.



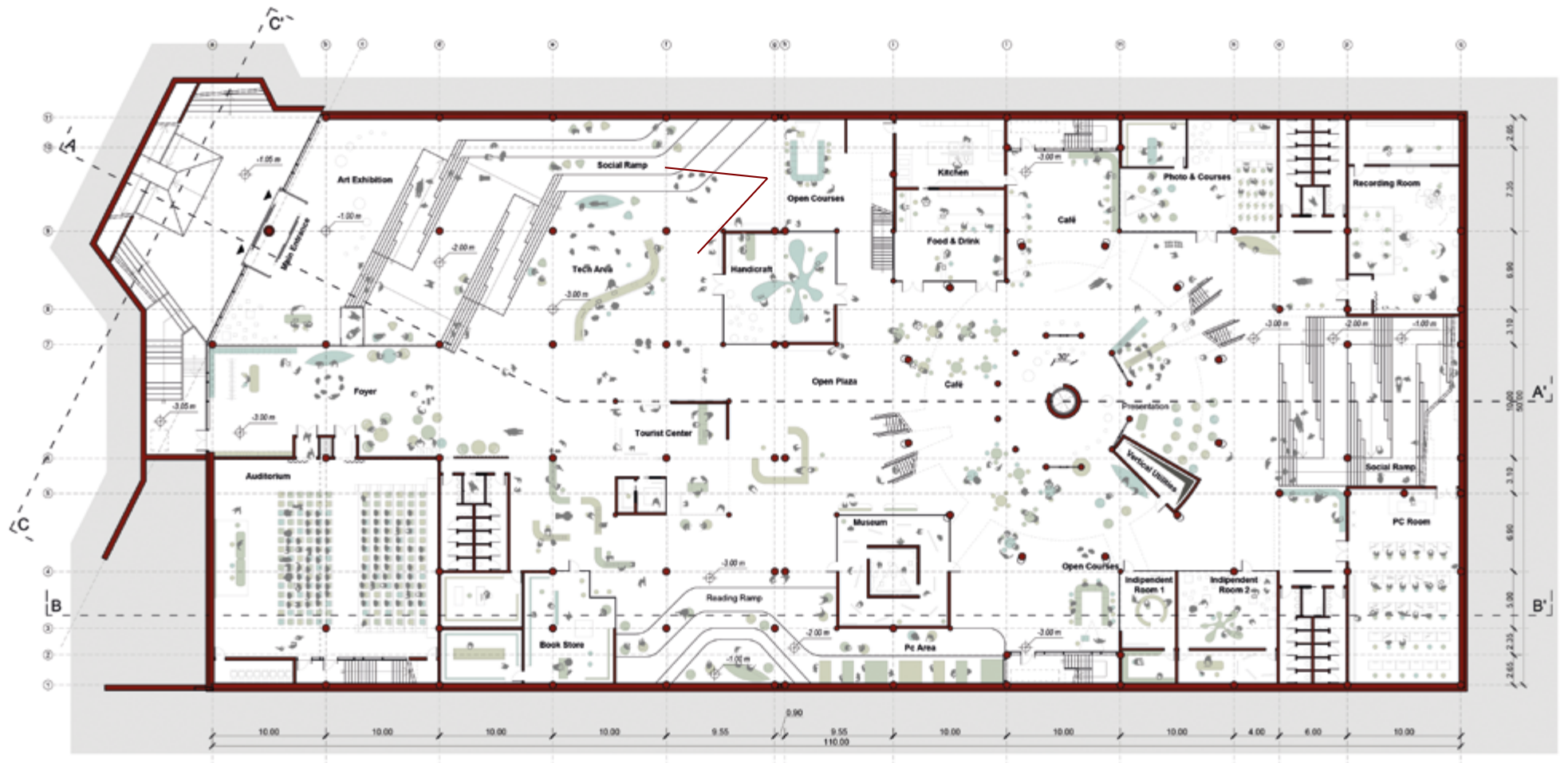


fig.7.8 PIANO -1
 (sopra) Pianta architettonica piano -1

fig.7.9 VISTA INTERNA
 (pagina precedente) Vista interna della piazza coperta

Target e fasce d'età

L'edificio si rivolge a tutte le fasce d'età, contiene funzioni che vanno dal Children Centre per bambini neonati a funzioni come l'Emeroteca al piano degli ingressi, solitamente frequentata da persone più anziane.

LPL è stata pensata come una biblioteca il più possibile integrata con i bisogni del quartiere; essendo Southwark abitato in prevalenza da famiglie eterogenee (sia per età che per cultura) si è optato di comporre la piazza coperta come un agglomerato di "funzioni accennate" destinate ai residenti della zona (ovvero attività di cui è stato definito il tema ma che lasciano al gestore finale la definizione esatta della funzione più appropriata, in base al tempo ed alle mutevoli necessità).

Da studi sul luogo e ricerche demografiche si è reso necessario pensare ad ogni tipologia di utente o target, così da rendere più efficace la scelta della funzione migliore e la gestione delle interferenze.



fig.7.10 TARGET E FASCIA D'ETÀ
Tipologia di utenti nella zona. Aprile 2017

Si individuano 3 categorie principali:

- turisti
- residenti
- lavoratori di passaggio

Questa suddivisione è stata fin dall'inizio basilare per la definizione e la scelta degli accessi alla biblioteca.

Troviamo infatti l'ingresso principale per i turisti rivolto a nord-est dove il flusso di persone che dal Tower Bridge, costeggiando il Tamigi, arriva fino al "TATE modern Museum" risulta essere maggiormente composto proprio da visitatori di passaggio.

A sud invece l'ingresso risulta essere suddiviso in 1 entrata principale e 2 indipendenti così da poter ampliare i vantaggi derivanti da una gestione discretizzata dei flussi (orario continuato ed indipendenza degli spazi per servizi come il coworking o la sala riunione).

L'obiettivo dell'intero progetto è di innestare in un quartiere così mutevole ed in rapida trasformazione un cuore di cultura pulsante e basato sulla comunità del quartiere, che possa battere a tutte le ore del giorno e della notte. Si è quindi inserita una fascia di funzioni trasversale est-ovest, con ingressi indipendenti che rimanga sempre aperta, che sia da garanzia per un libero accesso a chiunque ed in qualunque orario.

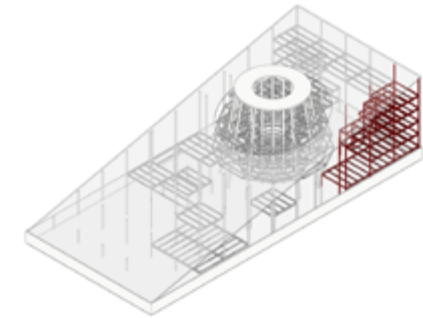
Griglia modulare ed elementi principali

Lo schema strutturale così come lo sviluppo in pianta degli spazi a servizio del pubblico ricalcano fedelmente il modulo base quadrato (10 x 10m) definito a monte del progetto.

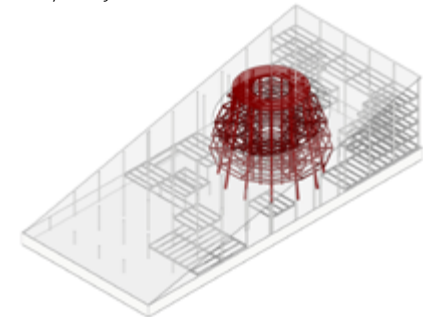
La complessità costruttiva e la necessità di tenere preciso controllo del posizionamento di ogni elemento, soprattutto in fase di messa in opera, ha determinato e portato allo sviluppo di un edificio che seppur complesso in termini volumetrici, è il risultato della ripetizione in serie del modulo base.

In totale si viene a formare una griglia base di 11 x 5 moduli relativa alla piazza coperta con annesso un sistema di riferimento radiale per il volume centrale della biblioteca composto da 12 spicchi identici di 30° ciascuno.

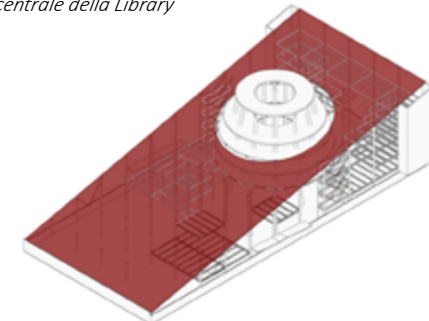
La scansione dimensionale ripetitiva, quasi ossessiva, di ogni elemento continua anche nello sviluppo in altezza. A parità di altezza di interpiano si unisce la scansione orizzontale di tutte le facciate, permettendo così l'utilizzo di moduli identici per la composizione di un volume multiforme.



I blocchi interni per le funzioni miste



Il corpo centrale della Library



La copertura verde pubblica praticabile.

fig.7.11 ELEMENTI VOLUMETRICI PRINCIPALI
Scansione delle funzioni principali del volume

fig.7.12 PIANO 0
(a lato) Pianta architettonica piano 0



fig.7.13 VANCOUVER COMMUNITY LIBRARY
 Tipologia di wayfinding esterno.

Approccio percettivo e “Wayfinding”

La biblioteca contemporanea è un contenitore di funzioni atte a soddisfare i bisogni intellettuali ed informativi dell’utente che in essa vi trascorre più o meno tempo.

E’ per questo logico e non per niente scontato valutare e sviluppare l’intero iter progettuale dal punto di vista dell’utente finale stesso, prestando attenzione ai singoli scorci ed alla possibilità di interazione che uno spazio multifunzione può offrire.

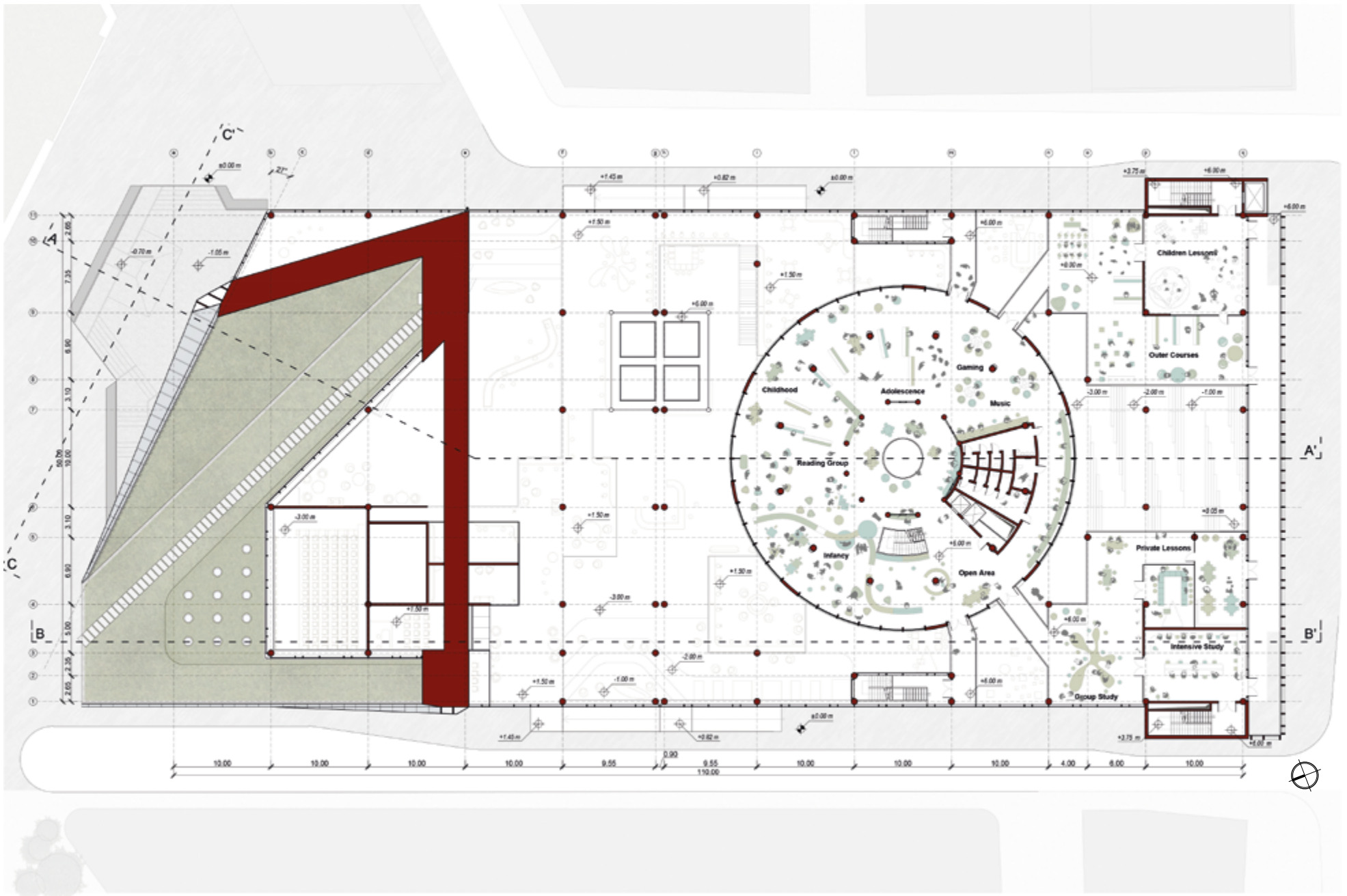
LPL si pone come sperimentazione nell’associare un tipo di progettazione moderno (rivolto all’utilità e alla logica costruttiva più rapida e con minor costo di costruzione) accanto ad uno approccio che in più fasi predilige il punto di vista del fruitore come risultato di un’architettura che funzioni.

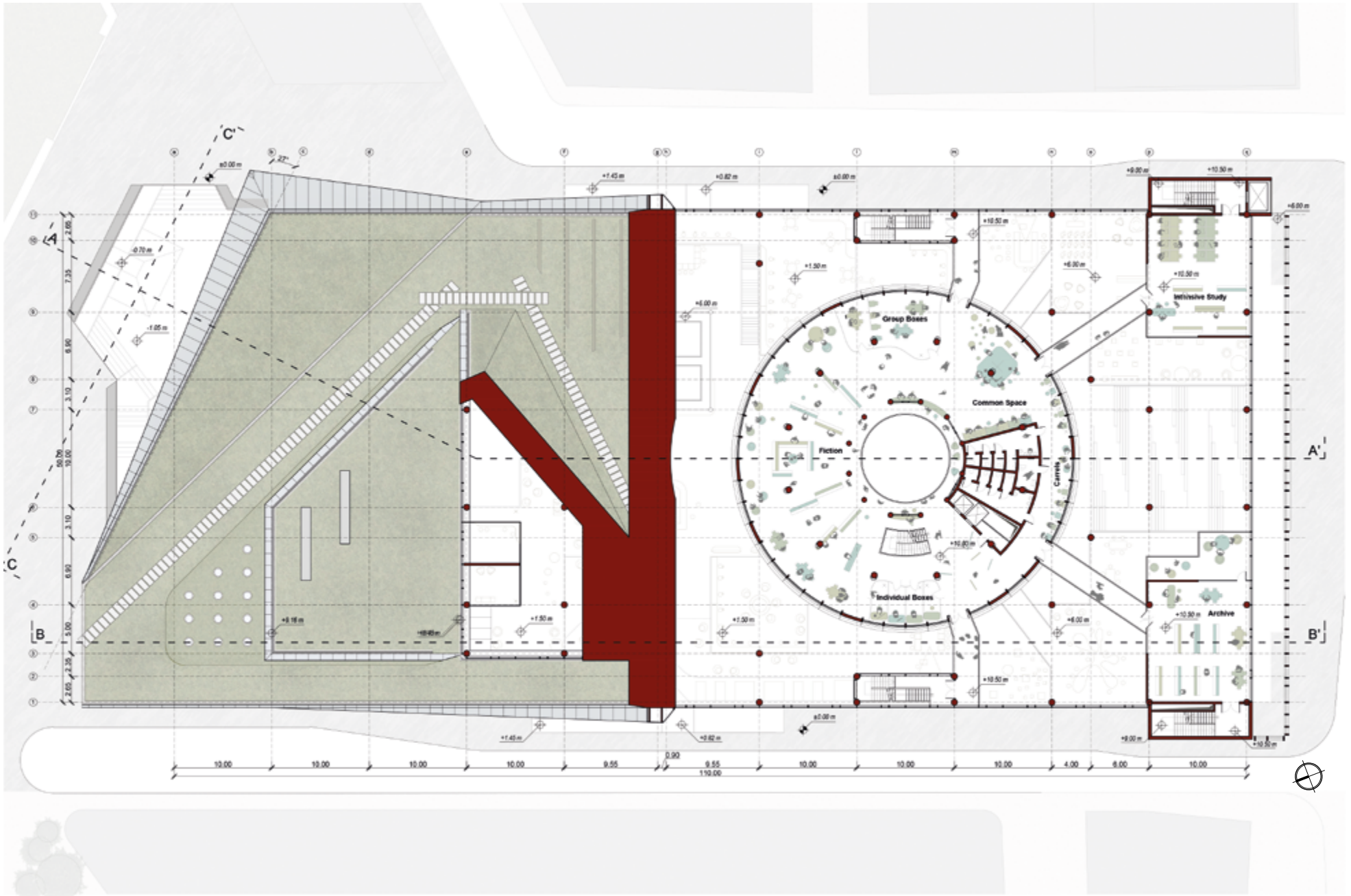
La biblioteca è strutturata principalmente come l’intersezione di un guscio più isolato, con possibilità di concentrazione e separazione, ed una piazza multi livello in cui l’interazione tra utenti è il cuore pulsante che conduce nell’esplorazione degli spazi-funzioni che si creano al livello più basso.

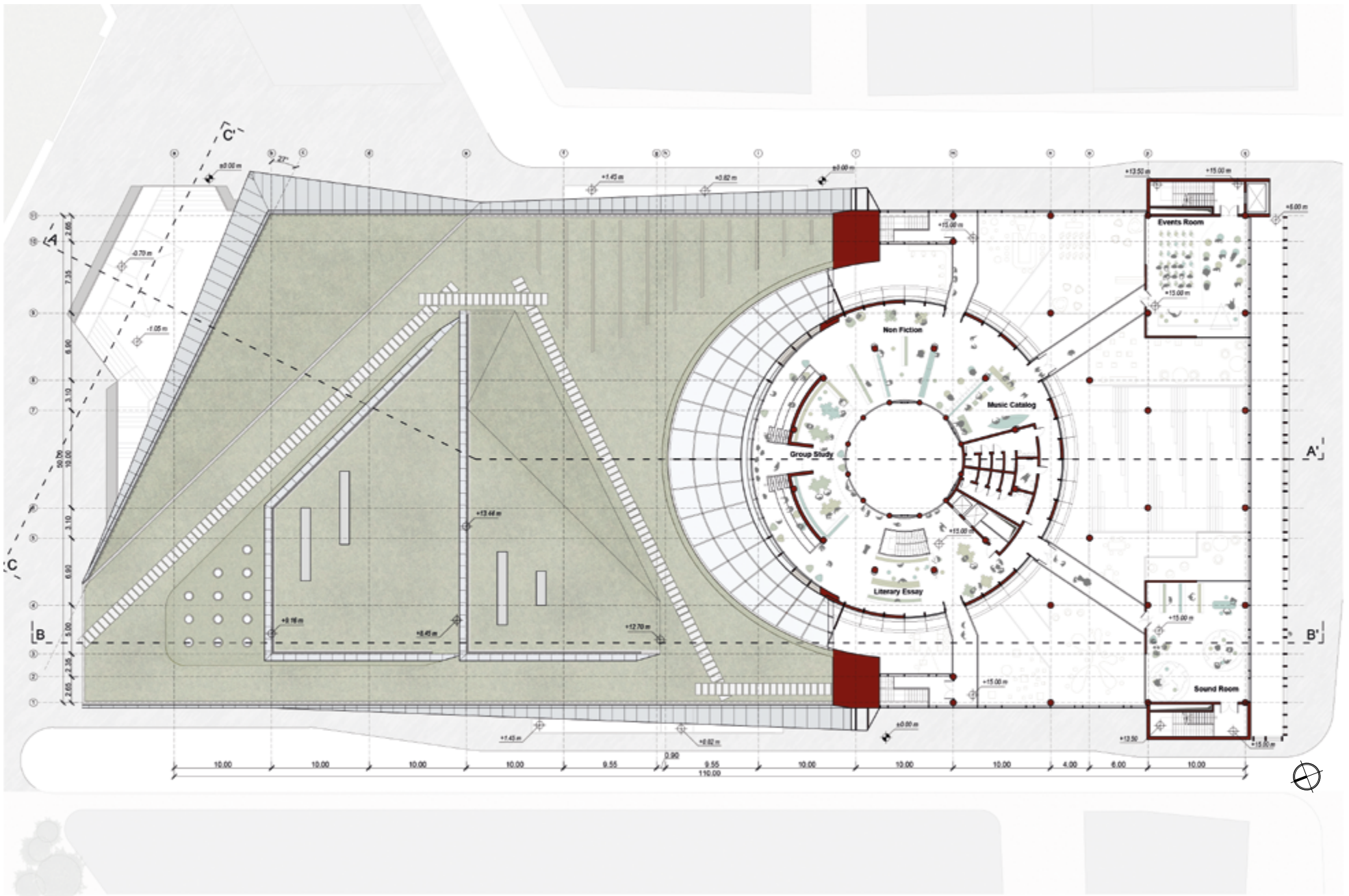
Il “WAYFINDING” è un’idea di arredamento e segnalazione interna che sperimenta e sfrutta la percezione inconscia dell’uomo nell’identificare la strada più breve per raggiungere il punto finale di suo interesse.

Attraverso una chiara e lineare disposizione delle vie principale, LPL permette all’utente di riconoscere immediatamente la struttura funzionale dell’edificio; ciò contribuisce a:

- Rendere più familiare l’ambiente, garantendo maggior successo che l’utente ritorni altre volte terminata la visita;
- Più piacevole e spensierato il tempo che si trascorre all’interno, accrescendo così la serenità









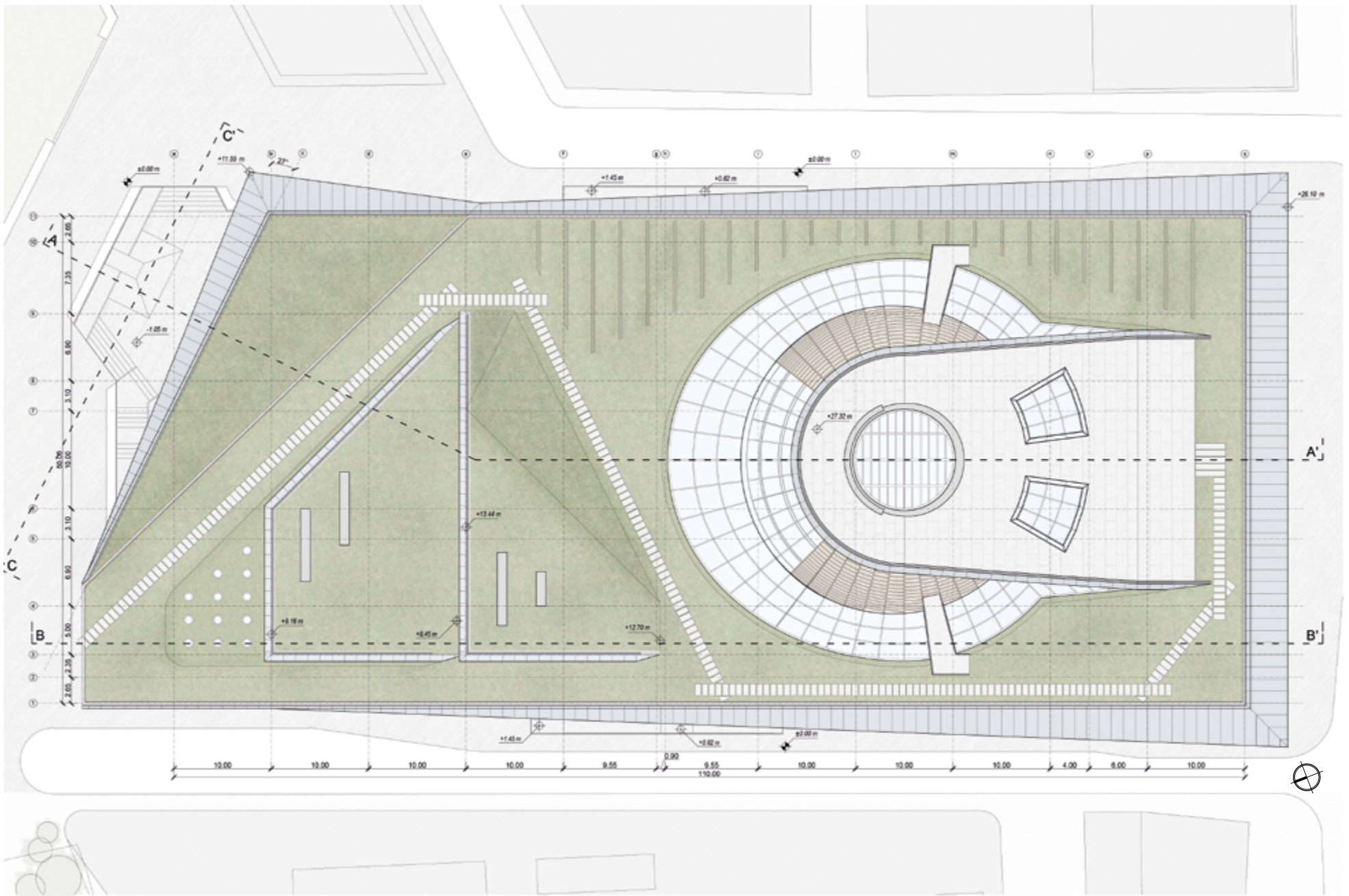




fig. 7.21 TU DELFT LIBRARY
Copertura verde esistente inclinata praticabile.

fig. 7.22 VISTA SUD DA TOOLEY STREET (SUD-OVEST)
(pagina precedente) Inserimento nel contesto del progetto.

Materiali e contesto

L'impiego di materiali integrati con il contesto, permette alla Library di inserirsi come parte di un organismo definito principalmente dalle architetture della City Hall e dello Shard che si identificano come i principali landmark della zona.

Le scelte materiche alla base di LPL si esprimono come tentativo di apporre ed accostare la tipicità di materiali concepiti come pieni e massivi accanto a materiali leggeri ed eleganti; una ricercata assonanza che permette all'edificio di vivere su più stagioni con notevoli cambiamenti pur mantenendo il carattere che lo contraddistingue.

Il verde urbano. La copertura

La copertura come facciata principale dell'edificio è un'interpretazione recente di come sfruttando una tecnologia costruttiva più avanzata sia possibile creare percezioni ed interazioni con l'edificio fuori dall'ordinario e che maggiormente possono avvicinarsi al benessere dell'uomo ed all'arcaico sito naturale su cui il progetto base le sue fondamenta.

È il caso della copertura verde inclinata accessibile, dove la facciata principale diventa parco urbano liberamente fruibile dal pubblico. Oltre che essere una esplicita richiesta da bando di progetto, la scelta di una tale tipologia copertura è frutto di un'analisi attenta al contesto ed alla permeabilità del sito, dove in un ambiente così densamente urbanizzato la possibilità di mantenere un'impronta verde diventa necessaria per permetterne la sostenibilità urbanistica dell'utente.

Scelte similmente azzardate sono state disegnate per edifici di simile tipologia, dove addirittura il disegno degli spazi esterni si è ridotto al minimo proprio per concedere agli utenti il pieno apprezzamento della nuova quinta verde. LPL per la sua ubicazione e la variegata tipologia di utenti avanza l'ipotesi di un parco totalmente fornito in cui l'interno e l'esterno si fondono in un disegno unico dell'intero volume che diventa quindi la nuova anima dell'edificio.





fig. 7.23 OFFICE BUILDING MORE LONDON
L'utilizzo del vetro in facciata nel contesto

Il legno. Le schermature e l'arredo urbano

Anche il legno riveste un'importanza notevole nel progetto. Utilizzato principalmente per le schermature e per la definizione dell'arredo urbano, si accosta come materiale naturale al mutevole verde in copertura. La progettazione degli spazi esterni oltre che essere punto basilare per un parco che funzioni, garantisce la qualità ed il popolamento continuativo del parco stesso. LPL va oltre questa concezione, amplifica il significato dell'arredo in copertura proponendo una facciata visibile e riconoscibile già a distanza, che rende il luogo di chiara comprensione fin da subito e non lascia spazio ad interpretazioni che potrebbero confondere gli utenti di una tipologia di edificio come la Public Library.

Il vetro. La library e le facciate

Il materiale principale della nuova espansione del CBD è il vetro, in tutte le sue forme e riflessioni. A Nord ed a ovest si trovano 2 degli edifici principali che caratterizzano il masterplan More London, la City e l'edificio per uffici disegnati entrambi dall'Arch. Foster (vedi figure a lato). In entrambi i casi si riscontra come il vetro possa assumere carattere differente a seconda della tecnologia che si utilizza per la sua produzione; accanto ad una tipologia piuttosto riflettente come quella della City troviamo la possibilità di divisione degli interpiani così come estremizzato nell'edificio ad ovest di LPL.

È interessante notare come ciò che contraddistingue l'una o l'altra tipologia sia principalmente definita dalla complessità del volume su cui si applica tale pelle vetrata. In un edificio con più personalità volumetrica un tipo di vetro più neutrale è preferibile per farne risaltare le forme ed il carattere.

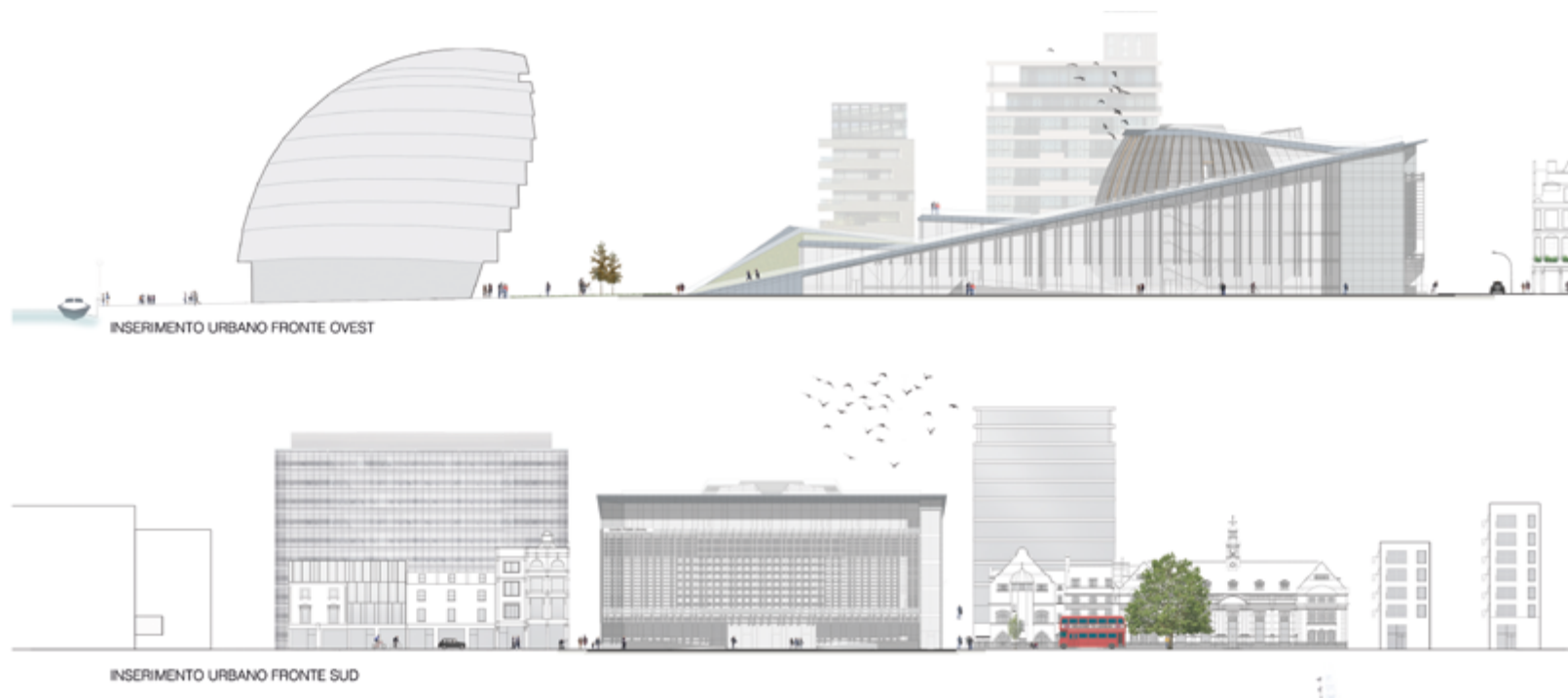
Il calcestruzzo. Finiture e dettagli esterni

Si associa ai materiali fin qui elencati il calcestruzzo, nelle sue lavorazioni più comuni ma con finiture apprezzabili alla vista. Accanto ad una copertura così massiva, il materiale che

tecnologicamente può sopportare tali sforzi ed essere di facile costruzione è il calcestruzzo armato. L'idea è di mantenere un edificio integro e pulito in termini visuali, che lasci trasparire le scelte anche tecnologiche alla base della costruzione, che possa istruire anche permettendo agli utenti di leggere in chiave tecnologica le scelte costruttive.

Il calcestruzzo a vista è presente nel parco esistente a nord più volte come finiture urbane, parapetti e lastre di pavimentazione. Viene inoltre richiamato nel nuovo edificio residenziale ad est negli sporti dei balconi e nei colori.

fig.7.24 SEZIONI URBANE OVEST E SUD
Inserimento nel contesto del progetto.



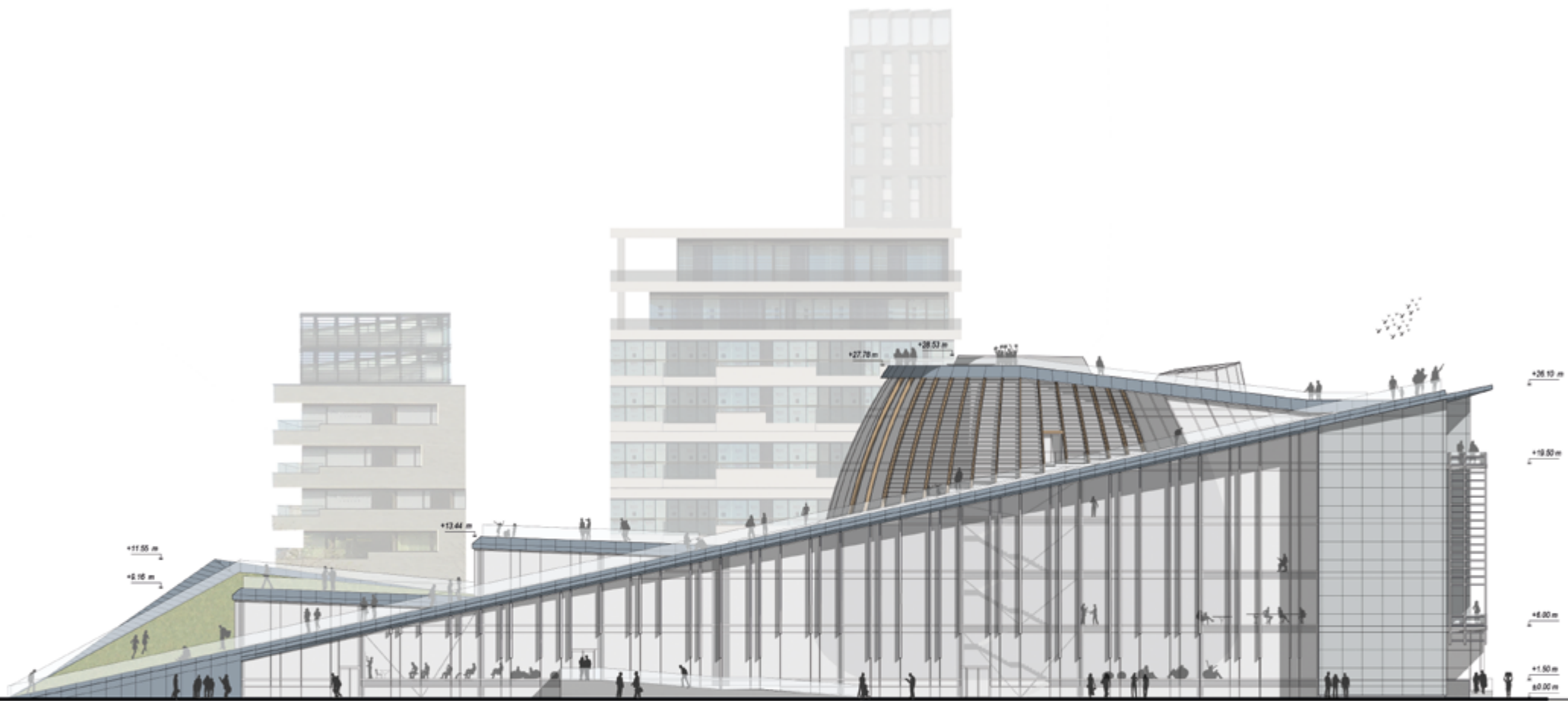


fig.7.25 PROSPETTO OVEST
Inserimento prospetto ovest nell'intorno

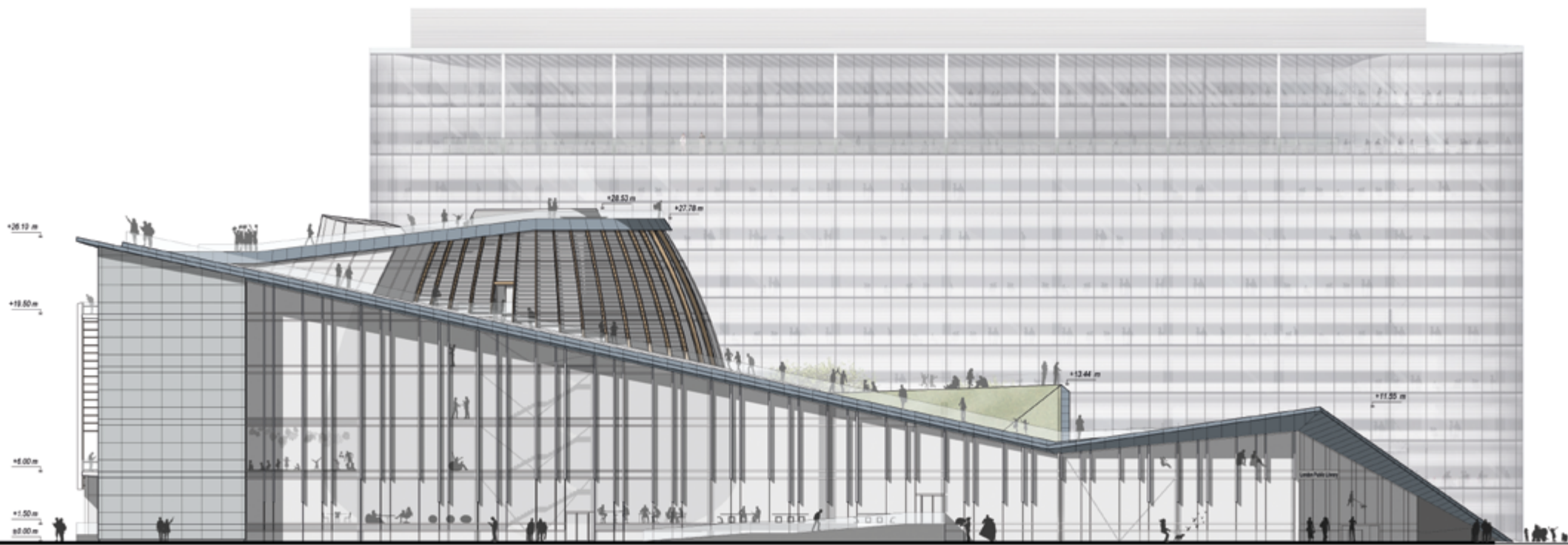


fig.7.26 PROSPETTO EST
Inserimento prospetto est nell'intorno

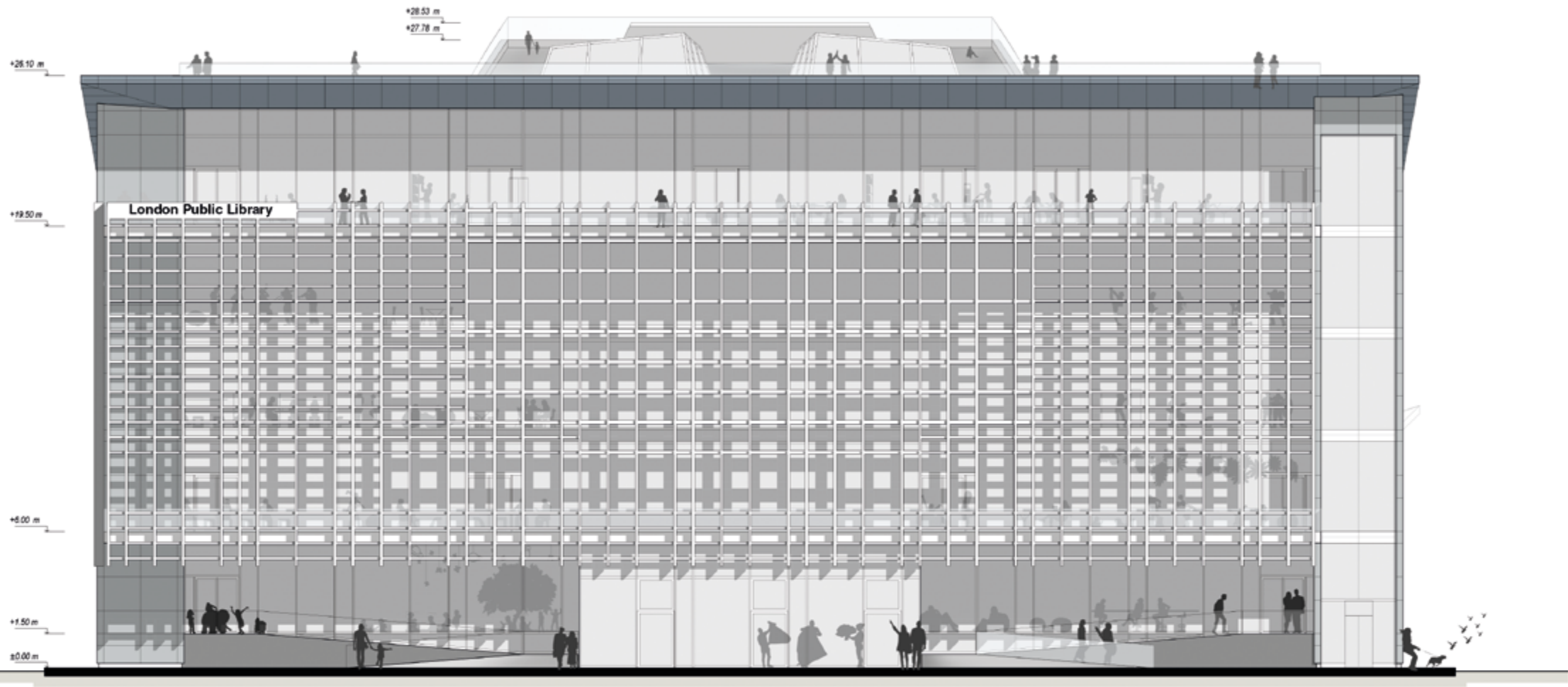


fig.7.27 PROSPETTO SUD
Inserimento prospetto sud nell'intorno



Very truly Yours

Stables Bickins

WE ARE OKAY
A new story of love and life
Kina La'ana

LLP

Small vertical sign with a portrait of a man in a top hat.

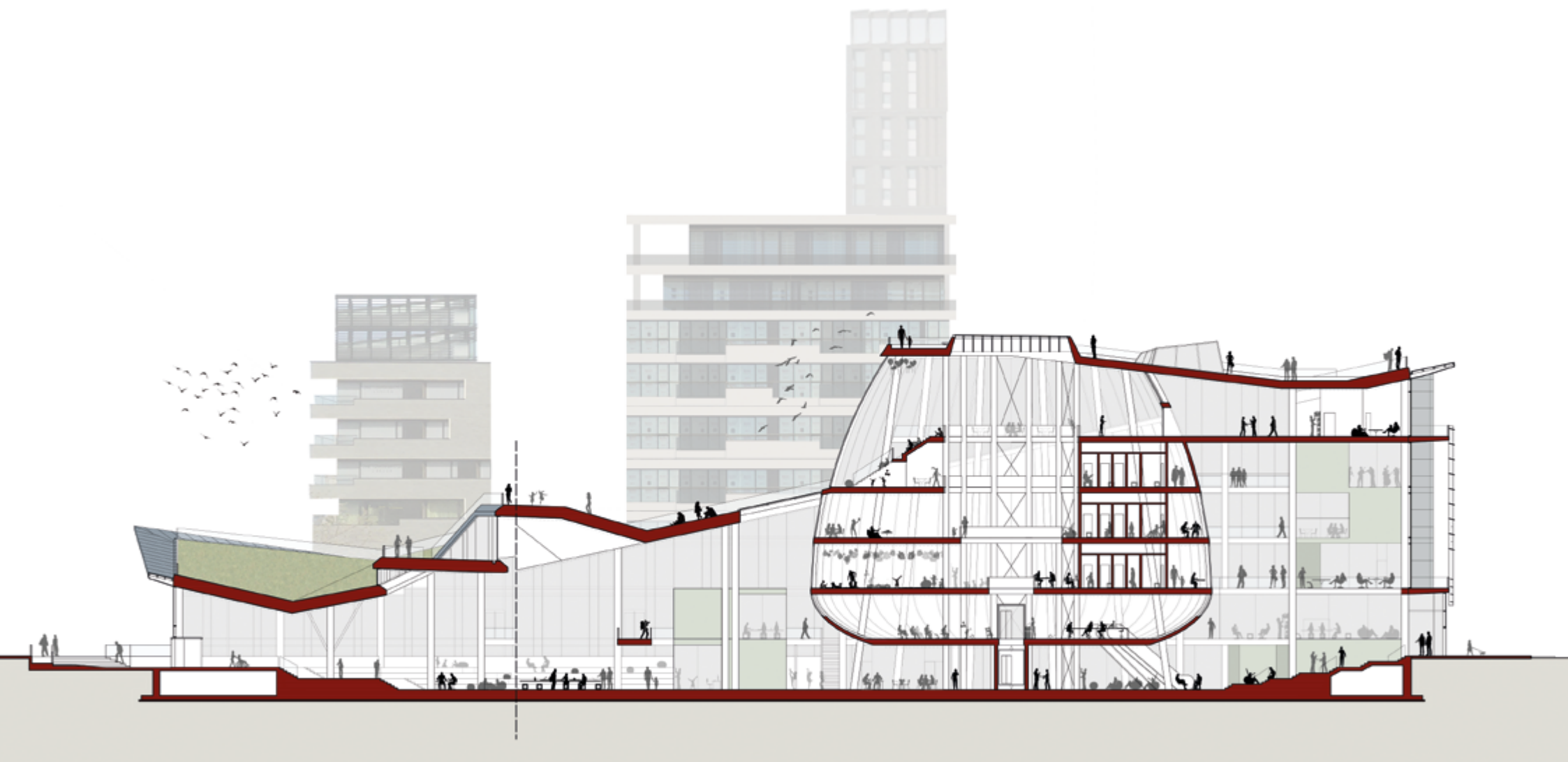


fig.7.29 SEZIONE A-A
Sezione longitudinale A-A

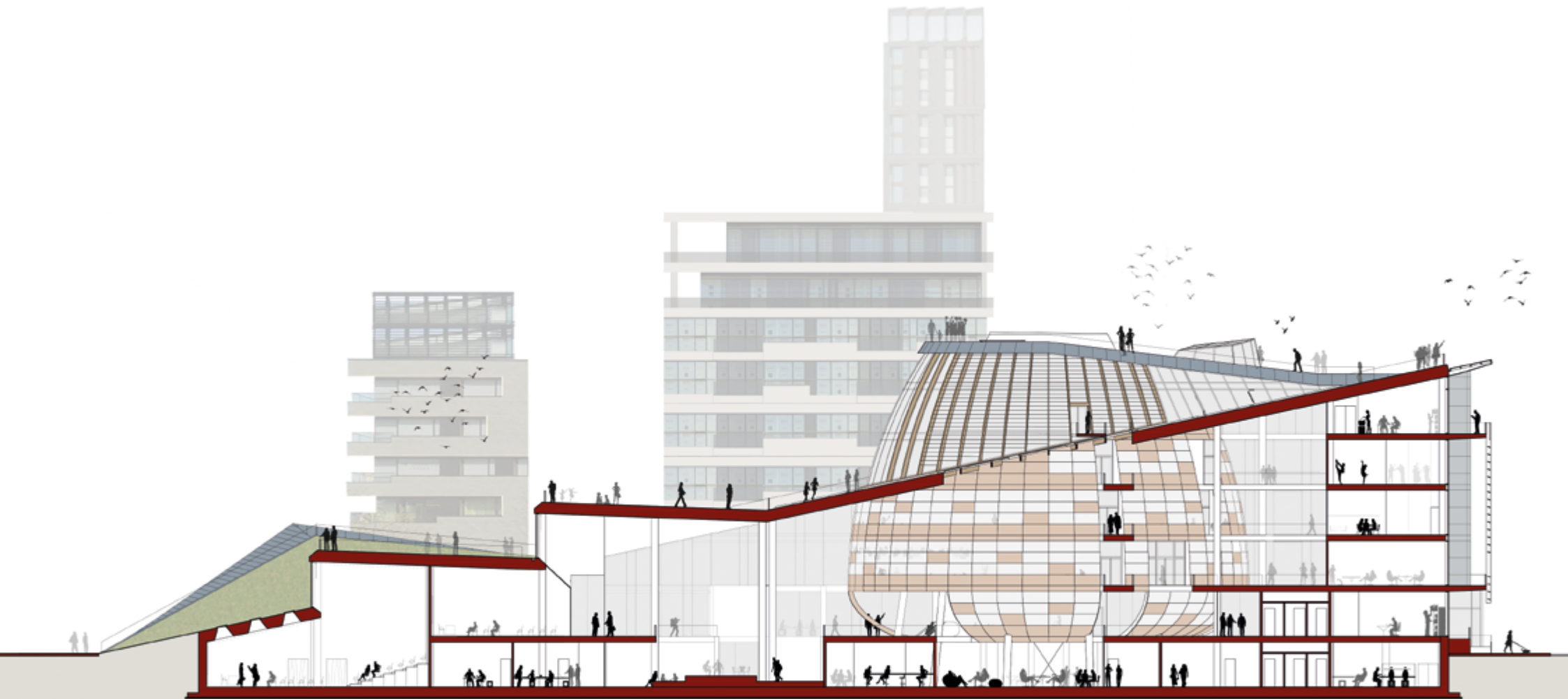


fig.7.30 SEZIONE BB
Sezione longitudinale B-B

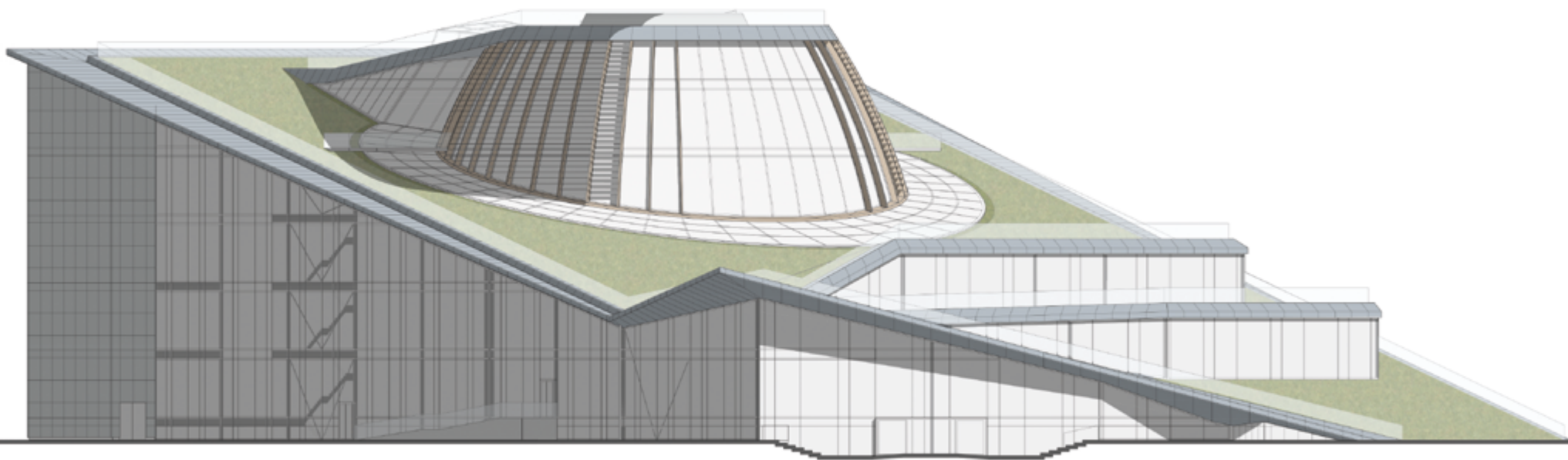


fig.7.32 VISTA DALLA SPONDA OPPOSTA DEL TAMIGI
Inserimento nel contesto del progetto.



Capitolo 8

Progetto tecnologico

Introduzione

Il progetto tecnologico prestazionale di una biblioteca prevede svariati requisiti tecnici e ambientali che possono essere completamente diversi in termini di temperatura, ventilazione, illuminazione, rumore, comfort ambientale.

Gli stessi requisiti ed esigenze per le persone che frequentano la biblioteca sono diversi da quelli necessari per la buona conservazione dei documenti cartacei; gli utenti e gli addetti possono avere differenti esigenze di comfort ambientale per il diverso tempo di permanenza e la diversa tipologia di attività svolta; gli spazi per le varie attività richiedono prestazioni illuminotecniche differenti e le stesse attività all'interno dello stesso luogo presuppongono livelli di isolamento acustico differenti.

Dovrà essere quindi adottata una progettazione prestazionale per priorità, privilegiando in alcuni ambienti il benessere degli addetti e in altri quello degli utenti, fermo restando che in una Public Library il problema della conservazione dei documenti cartacei è secondario rispetto al loro utilizzo.

Isolamento Termico

Facendo riferimento ai dati climatici della località di Londra, calcolati in precedenza, la progettazione dei pacchetti tecnologici è stata finalizzata al raggiungimento di determinate prestazioni di isolamento termico, in modo da limitare le dispersioni di calore attraverso l'involucro esterno nel periodo invernale e per mantenere una condizione di comfort interno nel periodo estivo, riducendo di conseguenza i consumi energetici dovuti a raffrescamento e



fig.8.0 LONDO SKYGARDEN
(pagina precedente) Rafael Viñoly

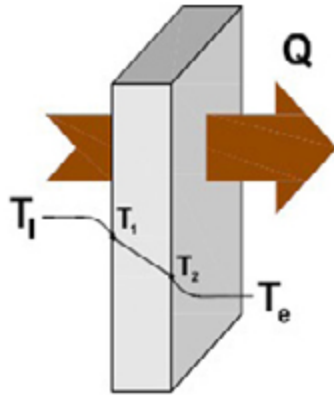


fig.8.1 FLUSSO TERMICO
Flusso termico attraverso una parete

riscaldamento. In particolare, con riferimento alla normativa UNI EN ISO 6946, si è valutato il parametro U di trasmittanza termica, ovvero il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a una differenza di temperatura di 1°C. Esso dipende dalle caratteristiche di ciascuna stratigrafia tecnologica, fornite mediante le schede tecniche dai produttori considerati. La formula utilizzata per calcolarla risulta:

$$U = 1 / R = 1 / (1 / R_{si} + s_i / \lambda_i + s_n / \lambda_n + 1 / R_{se})$$

Dove:

- R è la resistenza termica totale della parete [m²K/W]
- R_{si} è la resistenza liminare della superficie interna [m²K/W]
- s_i è lo spessore dello strato i-esimo [m]
- λ_i è la conduttività del materiale i-esimo [W/mK]
- R_{se} è la resistenza liminare della superficie esterna [m²K/W]

Altro parametro di notevole interesse nel periodo estivo, è l'inerzia termica, cioè la variazione delle condizioni termoigrometriche durante l'arco della giornata dovuta agli apposti solari dell'irradiazione incidente sulle pareti e sulla copertura. La sua importanza entra in gioco una volta spento l'impianto di riscaldamento in quanto misura la sua predisposizione a trattenere il calore. Due sono i fattori che influenzano il comportamento inerziale:

- il fattore di attenuazione, f_a, che si configura come la riduzione di ampiezza dell'onda termica durante il suo passaggio da ambiente esterno a interno
- il fattore di sfasamento, Φ, che rappresenta il ritardo, espresso in ore, con cui una variazione di temperatura esterna si trasmette all'interno.

Valutazione del rischio condensa

Un'errata progettazione delle stratigrafie dei pacchetti tecnologici, in particolare nella scelta dei materiali e nella loro disposizione e posa in opera, può condurre a spiacevoli inconvenienti tra i quali la formazione di condensa. Quest'ultima può essere classificata secondo due categorie:

- condensa superficiale che è la condensazione sulla superficie a temperatura inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria;
- condensa interstiziale quando il vapore condensa all'interno della muratura in seguito a una differenza di pressione e temperatura fra le due zone ed a un'errata disposizione dei materiali.

Per ovviare a tali inconvenienti, già in fase progettuale, vengono eseguite delle verifiche. La norma di riferimento è la UNI EN ISO 13788 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia" che fissa la procedura per valutare la capacità di un componente edilizio di evitare problemi dovuti a condensa interstiziale, il Metodo di Glaser.

Per condurre il calcolo del rischio di condensa è stato utilizzato il software JVap®, sviluppato dall'azienda Celenit S.p.A..

Comfort acustico

La qualità sonora degli ambienti di una biblioteca ne condiziona fortemente l'atmosfera interna e allo stesso tempo costituisce una delle condizioni indispensabili per il benessere fisico e psicologico delle persone oltre ad essere presupposto per l'attività di studio, di lavoro e di relax.

Sarà quindi opportuno adottare degli accorgimenti per limitare la diffusione del rumore che può essere di natura aerea o di impatto, attraverso sistemi di fonoisolamento (se il rumore proviene dall'esterno) oppure controllarlo attraverso i materiali di rivestimento o sistemi fonoassorbenti (se il rumore proviene dall'interno).

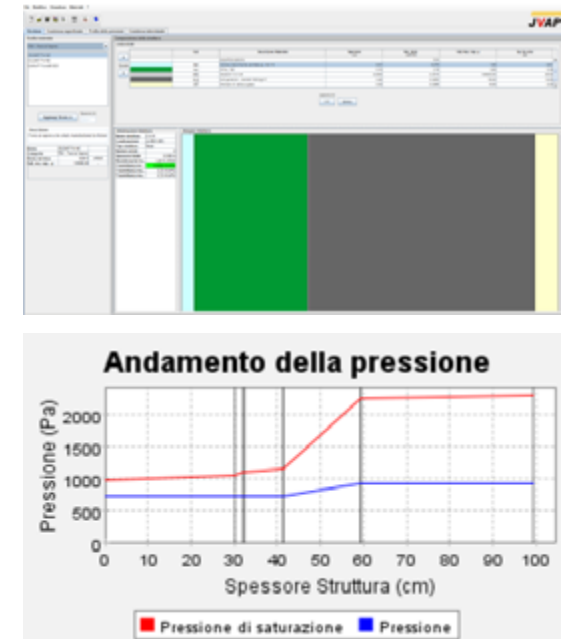


fig.8.2 INTERFACCIA SOFTWARE JVAP
Software (registrato) utilizzato per verifiche condensa interstiziale

fig.8.3 INTERFACCIA RISULTATI SOFTWARE JVAP
Esempio risultato verifiche condensa interstiziale

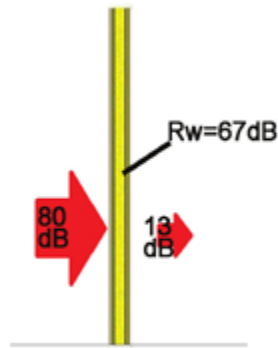


fig.8.4 FLUSSO SONORO ATTRAVERSO UNA PARETE
Flusso sonoro attraverso una parete

Il decreto italiano D.P.C.M. 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” stabilisce le prestazioni minime di isolamento acustico delle chiusure e delle partizioni in funzione della destinazione d’uso, stabilendo dei valori minimi per edifici adibiti a biblioteca:

- $R_w = 50$ dB indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti
- $L_{n,w} = 55$ dB indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato
- $D_{2m,nT,w} = 42$ dB indice dell’isolamento acustico standardizzato di facciata

Tutti gli spazi abitabili dell’edificio devono essere protetti da rumori provenienti dall’esterno. I locali confinati, destinati ad attività rumorose (atrio, prestito, auditorium, sale conferenza, sale attrezzate, sale per gruppi di visione ed ascolto) devono essere separati dai locali adiacenti con pareti divisorie fonoisolanti o interponendo tra di esse delle zone “cuscinetto” di passaggio. Ciascuno spazio destinato ad eventuali attività commerciali e a servizi di ristoro deve essere separato dai locali adiacenti con pareti divisorie fonoisolanti. Tutti i pavimenti soprastanti spazi abitabili devono essere protetti contro la trasmissione dei rumori da calpestio, adottando accorgimenti costruttivi per evitare la trasmissione di tutti i rumori da impatto.

Benessere luminoso

L’illuminazione naturale può essere utilizzata come linea guida per caratterizzare gli ambienti interni, in particolare quelli destinati all’incontro e alla socializzazione (ingresso) e quelli destinate ad attività prolungate di lettura, consultazione e studio. La luce determina infatti i comportamenti e dunque organizza e costruisce gli spazi.

Può assumere una duplice funzione: quella di esaltare la “disponibilità pubblica” creando una sorta di continuità con gli spazi esterni (se c’è continuità visiva o addirittura fisica attraverso ampie vetrate) e quella di esaltare l’immagine di piazza o galleria pubblica e di “interno urbano” (mediante spazi a tutta altezza e lucernari).

Inoltre assume funzione biologica e psicologica in quanto rende più agevole e piacevole la



fig.8.5a STOCCARDA CITY LIBRARY, GERMANIA
(2011) Stoccarda city library, Yi Architects

visione e facilita la concentrazione e il relax; il contatto visivo con uno spazio esterno consente inoltre, di riposare gli occhi distraendo lo sguardo nella distanza.

Per tenere in conto di tutti i fattori sopra descritti e ottenere un corretto grado di benessere luminoso, si fa riferimento alle normative UNI EN 1665:2004 "Luce e illuminazione - Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici" e UNI EN 12464-1:2004 "Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro".

Benessere ambientale

Altro aspetto molto importante dal punto di vista del progetto tecnologico riguarda il soddisfacimento del benessere termico degli utenti all'interno degli spazi della biblioteca; tale situazione climatica avviene quando il soggetto non è più costretto ad attivare meccanismi di termoregolazione e non avverte sensazioni di caldo e freddo ed è influenzata dal tipo di attività svolta, dal vestiario e da condizioni soggettive.

Una corretta progettazione degli spazi e dell'impianto di condizionamento permettono il raggiungimento di condizioni microclimatiche volte al soddisfacimento del benessere termico degli utenti e la creazione di ambienti salubri.

Per la definizione dei parametri ambientali per il progetto degli impianti, si è fatto riferimento alle norme UNI 10339 "Impianti aeraulici ai fini di benessere: generalità, classificazione e requisiti" che assicurano dei valori minimi di immissione di aria esterna in funzione della destinazione d'uso dei locali, una filtrazione minima dell'aria, una movimentazione dell'aria secondo velocità entro determinati limiti.



fig.8.5b VISTA INTERNA
Vista interna della piazza coperta

Pacchetti tecnologici

Sulla base dei requisiti descritti in precedenza sono stati definite le stratigrafie dei pacchetti tecnologici scegliendo i materiali e la loro sequenza di messa in opera. Di seguito si riportano alcuni degli aspetti che hanno portato la scelta verso alcune soluzioni.

Copertura

La copertura rappresenta uno degli elementi che identificano e caratterizzano maggiormente l'edificio e consiste in una sorta di "pendio" verde che dal lato nord verso il fiume Tamigi si incrementa in direzione sud secondo una pendenza di 15° circa; scelta nata, in primo luogo, dalla necessità di rispondere alla richiesta del bando della competition di mantenere l'impronta verde dell'area di progetto, secondo, per creare una continuità con il parco urbano antistante, andando così a mantenere uno dei pochi "polmoni" verdi rimanenti nel cuore della città di Londra.

E' costituita da una piastra in calcestruzzo armato, densità 2500 kg/m³, isolata esternamente con un sistema di pannelli ad elevata resistenza alla compressione (900 kN/m²) in vetro cellulare, sormontati da un tetto giardino praticabile che costituisce la finitura verso l'esterno. La scelta di una piastra piena in calcestruzzo ha consentito di coprire luci di dimensioni piuttosto elevate e una migliore redistribuzione del carico della copertura sui pilastri.

L'isolamento è stato posto all'esterno, creando un "tetto caldo", in modo da sfruttare la piastra in calcestruzzo come un sistema ad attivazione della massa e permettere di ridurre i carichi interni.

Lo strato di terreno più esterno invece, oltre ad una "ecologica", ha portato notevoli vantaggi dal punto di vista dell'attenuazione dell'onda termica e dello sfasamento.

Chiusure verticali trasparenti

I fronti est, ovest e sud dell'edificio sono stati trattati con delle facciate continue a montati e traversi in alluminio per tutta l'altezza dell'edificio in modo da creare permeabilità visiva con l'esterno e permettere alla luce naturale di entrare. Viste le condizioni climatiche dell'area di progetto si è reso necessario adottare una facciata continua con triplo vetro, 13+6+9 mm, vetrocamera 12+12 mm con gas argon, guarnizioni in EPDM, tipo schuco FW60+SI.

È dotato del sistema di isolamento SI (Super Insulation) che prevede listelli distanziali isolanti e guaine butiliche alluminate sui profili di copertina in alluminio, con superfici riflettenti che riducono al minimo la dispersione di energia causata dall'irraggiamento termico.

È possibile così raggiungere un ottimo isolamento termico, grazie al valore di trasmittanza termica del vetro fino a $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ e dell'intero sistema (spessore totale del vetrocamera 52 mm) pari a $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Per ridurre al minimo gli effetti dell'inquinamento acustico proveniente dall'esterno, l'impiego di questi tipo di facciata consente di raggiungere valori di fonoisolamento $R_w = 49 \text{ dB}$.

Partizioni verticali

Le partizioni perimetrali, che separano le funzioni vere e proprie della biblioteca da quelle piazza coperta, sono costituite da due gusci desolidarizzati: uno "shell" esterno in pannelli fonoassorbenti e un rivestimento interno in lastre di gesso rivestito ignifughe.

Il rivestimento esterno è costituito da un pannello fonoassorbente in MDF impiallacciato con essenza di legno naturale di faggio che, oltre a conferire un ottimo controllo acustico, dona al volume della biblioteca un meraviglioso effetto estetico. Esternamente delle lamelle orizzontali in legno movimentano e ritmano la modularità verticale conferita dalle travi calandrate in legno lamellare, fungendo da schermatura solare quando necessario.

La partizione così costituita ha consentito di raggiungere valori di fonoisolamento $R_w = 65 \text{ dB}$.

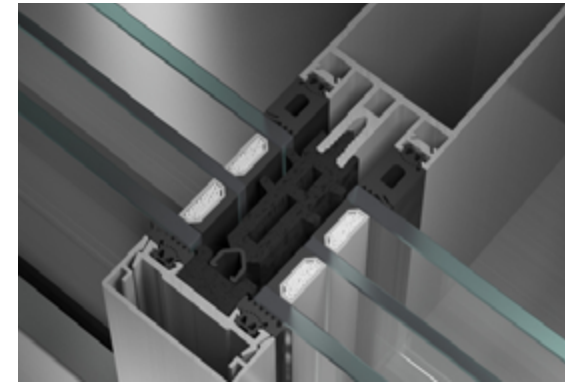


fig.8.6 SISTEMA FACCIATA CONTINUA
Dettaglio sistema facciata continua

Per quanto riguarda le partizioni perimetrali dell'auditorium si è ipotizzata una stratigrafia leggera a secco costituita da una doppia orditura metallica in profili a "C" asolati in acciaio zincato desolidarizzati da una lastra in gesso rivestito dello spessore di 12,5 mm, completati su entrambi i lati da una doppia lastra in gesso rivestito ignifuga. In intercapedine sono stati inseriti dei pannelli in lana di vetro, densità 21 kg/m³, $\lambda = 0,037$ W/mK, dello spessore di 50 mm. seppur di spessore ridotto la partizione così ottenuta ha consentito di raggiungere valori di fonoisolamento $R_w = 66$ dB.

Partizioni orizzontali

Le partizioni orizzontali che separano i vari ambienti della biblioteca sono stati progettati cercando di ottenere la massima leggerezza in termini di peso. Si è cercato di minimizzare il numero di travi in acciaio e allo stesso tempo di rispettare un interpiano tra i vari solai di almeno 4 m. Tutto ciò è stato possibile utilizzando un solaio in lamiera grecata per grandi luci con getto collaborante, al di sotto del quale è stato fissato un sistema di controsoffitto con isolamento acustico in lana minerale, $\lambda = 0,037$ W/mK, dello spessore di 45 mm. Il sistema di controsoffitto è costituito da pannelli in gesso rivestito, montati su sottostruttura metallica, con superficie forata per migliorarne le proprietà di fonoisolamento. Entro lo spessore del controsoffitto sono stati nascosti gli impianti di ventilazione meccanica controllata.

Al di sopra della soletta collaborante invece è stato predisposto un pannello acustico bugnato in polistirene sinterizzato espanso a doppia densità che permette il passaggio dell'impianto di riscaldamento radiante e previene i rumori dovuti al calpestio. Anche la finitura è stata scelta per rispondere ai requisiti di natura estetica, fisico-chimica, durata e resistenza all'usura adottando un pavimento in linoleum colorato.

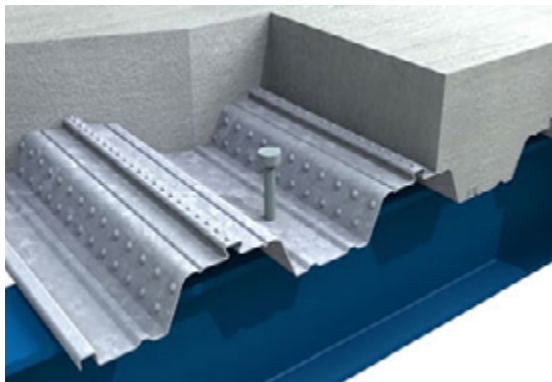


fig.8.7 SOLETTA COLLABORANTE
Soletta collaborante utilizzata per le partizioni orizzontali

Partizioni inclinate

Per superare il dislivello che dal settore d'ingresso conduce alla piazza coperta sono state studiate due "stramps", ossia un intreccio di rampe a zig-zag integrate con una serie di gradini che fungono anche da sedute. Il complesso disegno geometrico così ricavato ha permesso di risparmiare spazio e allo stesso tempo di garantire un accesso sicuro per i disabili.

Sia le rampe che i gradini sono costituiti da calcestruzzo a prestazione specifico per pavimentazioni, densità 320 kg/m^3 dello spessore di 250 mm.

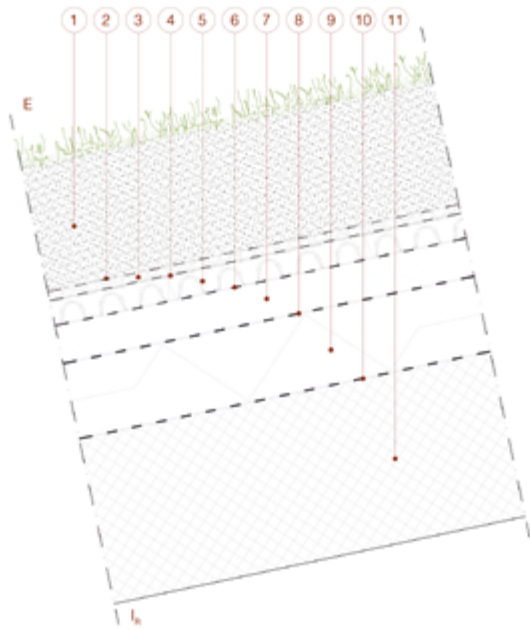
Nel volume della biblioteca e sulla piazza coperta, inoltre, sono state create delle gradonate sociali, ossia dei luoghi "open space" dove gli utenti possono socializzare o semplicemente rilassarsi comodamente seduti. Sono interamente realizzate con materiali naturali, caldi ed accoglienti; in particolare la sottostruttura dei gradoni è costituita da delle travi in legno lamellare sagomate a cresta di drago dello spessore di 300 mm mentre le alzate e le pedate sono costituite da pannelli in MDF impiallacciati in legno di faggio dello spessore di 40 mm.

Abaco delle stratigrafie

Di seguito si riportano le schede descrittive relative alle stratigrafie (chiusure e partizioni) indicandone le specifiche tecniche e geometriche. Vengono inoltre indicate caratteristiche prestazionali termiche, acustiche e di resistenza al fuoco, nonché i grafici delle verifiche termoigrometriche eseguite mediante software JVap[®], dei pacchetti tecnologici nel loro insieme.



fig.8.8 ERASMUS UNIVERISTY, ROTTERDAM
Gradonata sociale interna



C.I.01 - Copertura verde praticabile



trasmissanza termica $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 17,21 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 66 \text{ dB}$

1. SUBSTRATO DI TERRICCIO: miscela di lapillo vulcanico, terreno vegetale e concime organico sp. 300 mm, $\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
2. STRATO FILTRANTE: geotessuto in fibra tessile di polipropilene sp. 1.3 mm
3. STRATO DI RIEMPIMENTO DRENANTE: riempimento di lapillo vulcanico sp. 20 mm, granulometria 8-12 mm, $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$
4. STRATO ANTIRADICE: membrana elastoplastomerica impermeabile sp. 4 mm, $\lambda=0,2 \text{ W/mK}$
5. STRATO DI DRENAGGIO ACQUE: materiale plastico rigenerato dim. 500x500x60 mm, $\lambda=0,52 \text{ W/mK}$
6. STRATO IMPERMEABILIZZANTE: membrana bituminosa a miscela elastomerica BPE sp.4mm, $\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$
7. STRATO DI PENDENZA (1%): massetto in sabbia e cemento sp. min. 9 cm, $\rho = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 0,269 \text{ W/mK}$
8. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. 0,2 mm, $\lambda = 0,06\text{W/mK}$
9. STRATO ISOLANTE: vetro riciclato rivestito con uno strato verde di rinforzo in fibra di vetro, $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$, densità 130 kg/m^3 , sp. 180 mm
10. STRATO STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. 0,2 mm, $\lambda=0,06 \text{ W/mK}$
11. STRATO PORTANTE: piastra in CLS armato gettato in opera, sp. 400 mm, $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$

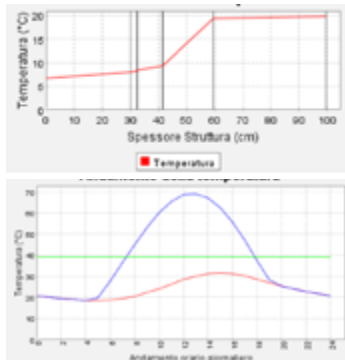


fig.8.9 CHIUSURA INCLINATA C.I.01
(in alto) Copertura verde praticabile

fig.8.10 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE
(in basso) Andamenti della temperatura e sfasamento calcolati tramite software JVap e JTempest

C.I.02 - Copertura praticabile in lastre di pietra



trasmissione termica $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 12,95 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 66 \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: lastre in pietra ricostruita vibro-compresa a base di legante idraulico e inerti di cava selezionati, dim. $1000 \times 500 \times 90 \text{ mm}$, $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 0,7 \text{ W/mK}$
2. STRATO DI SUPPORTO: supporto regolabile per pavimentazioni esterne in materiale plastico per consentire il deflusso e l'allontanamento delle acque piovane, sp. 30 mm
3. STRATO IMPERMEABILIZZANTE: membrana bituminosa a mescola elastomerica BPE sp. 4 mm , $\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$
4. STRATO DI PENDENZA (1%): massetto in sabbia e cemento sp. min. 9 cm , $\rho = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 0,269 \text{ W/mK}$
5. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. $0,2 \text{ mm}$, $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$
6. STRATO ISOLANTE: vetro riciclato rivestito con uno strato verde di rinforzo in fibra di vetro, $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$, densità 130 kg/m^3 , sp. 180 mm
7. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. $0,2 \text{ mm}$, $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$
8. STRATO PORTANTE: piastra in CLS armato gettato in opera, sp. 400 mm , $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$

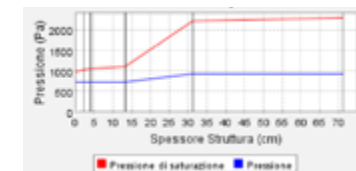
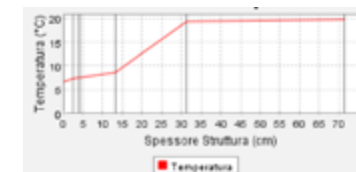
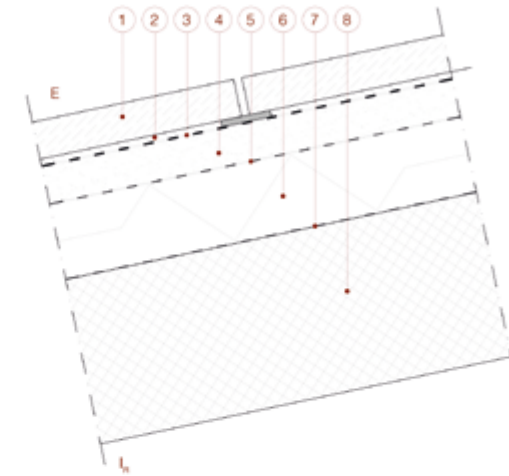


fig.8.11 CHIUSURA INCLINATA C.I.02
(in alto) Copertura praticabile in lastre di pietra

fig.8.12 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE
(in basso) Andamenti della temperatura e sfasamento calcolati tramite software JVap e JTempest

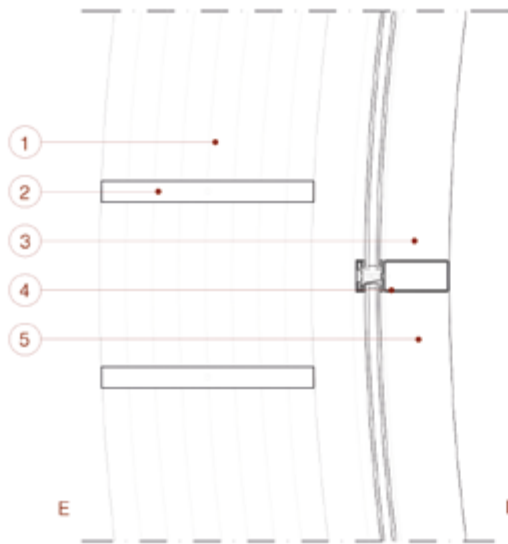


fig.8.13 CHIUSURA INCLINATA C.I.03
Chiusura trasparente biblioteca

C.I.03 - Chiusura trasparente biblioteca



trasmissione termica $U = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,5 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 37 \text{ dB}$

1. STRUTTURA PORTANTE: travi calandrato in legno lamellare, $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$, sp. 400x100mm
2. SCHERMATURA: lamelle in legno di abete trattato con impregnante protettivo a base solvente ad aspetto lucido naturale, dim. 400x20 mm
3. PANNELLO FACCIATA CONTINUA: triplo vetro sp.16+3+9 mm con doppia vetrocamera riempita di gas Argon sp.12+12 mm, guarnizioni in EPDM4. TRAVERSO facciata continua: profilo tubolare calandrato in acciaio , dim. 60x12,5x10 mm
5. MONTANTE FACCIATA CONTINUA: profilo tubolare calandrato in acciaio, dim. 60x12,5x3mm

C.O.02 - Chiusura trasparente vano scale



trasmissione termica $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,50 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 45 \text{ dB}$

1. FACCIATA CONTINUA MOBILE: doppio vetro 9+9 mm con vetro camera riempita di gas Argon sp. 16 m, guarnizione in EPDM.
2. MONTANTE FACCIATA CONTINUA: profilo tubolare in alluminio dim 60x150x3 mm
3. TRAVERSO FACCIATA CONTINUA: profilo tubolare in alluminio dim 60x150x3 mm

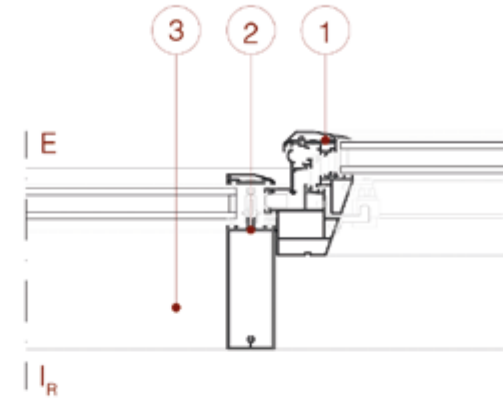
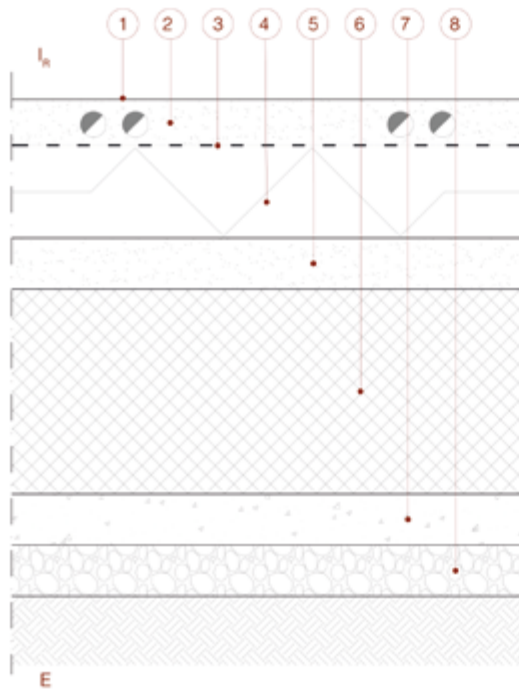






fig.8.14 CHIUSURA INCLINATA C.O.04
Chiusura trasparente vano scale



C.O.01 - Chiusura orizzontale controterra

-  trasmittanza termica $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
-  resistenza al fuoco REI120
-  peso del pacchetto $P = 11,65 \text{ kN/m}^2$
-  potere fonoisolante $R_w = 62 \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pavimento in linoleum sp. 3 mm, $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
2. STRATO IMPIANTISTICO: massetto alleggerito autolivellante per redistribuzione carichi e passaggio impianti, sp. 90 mm, $\rho = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 0,269 \text{ W/mK}$
3. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. 0,2 mm, $\lambda=0,06 \text{ W/mK}$
4. STRATO ISOLANTE: vetro riciclato rivestito con uno strato verde di rinforzo in fibra di vetro, sp. 180 mm, $\rho = 130 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
5. STRATO DI COMPLETAMENTO: massetto alleggerito autolivellante per redistribuzione carichi e passaggio impianti elettrici comprensivo di rete antiritiro sp. 100 mm, $\rho = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 0,269 \text{ W/mK}$
6. STRATO PORTANTE: piastra di fondazione in CLS armato gettato in opera con armatura bidirezionale, sp. 400 mm, $\rho=2500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
7. MAGRONE di fondazione con funzione livellante e distribuzione dei carichi, sp. 100 mm, $\rho=1500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda = 2,3 \text{ W/mK}$
8. STRATO DRENANTE: ghiaia di varie dimensioni, sp. 100 mm, $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

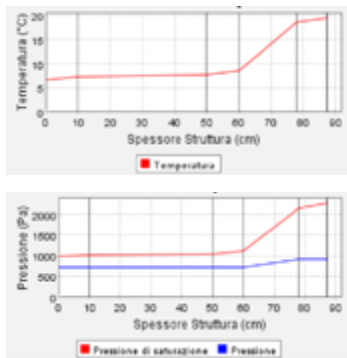


fig.8.15 CHIUSURA CONTROTERRA C.O.01
(in alto) Chiusura orizzontale controterra

fig.8.16 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE
(in basso) Andamenti della temperatura e sfasamento calcolati tramite software J vap e JTempest

C.V.01 - Chiusura verticale controterra



trasmissione termica $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 10,47 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 63 \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: doppia lastra in gesso rivestito, sp. 2x12,5 mm
2. ORDITURA METALLICA: profili a "C" asolati in acciaio zincato sp. 0.6 mm, 25x25x25 mm
3. STRATO ISOLANTE: pannello in lana di legno di abete rosso mineralizzata e legata con cemento portland bianco, $\lambda = 0,065 \text{ W/mK}$, sp. 25 mm
4. STRATO PORTANTE: getto in CLS armato gettato in opera, sp. 400 mm, $\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda=2,3 \text{ W/mK}$
5. STRATO ISOLANTE: vetro riciclato rivestito con uno strato verde di rinforzo in fibra di vetro, $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$, densità 130 kg/m^3 , sp. 180 mm
6. STRATO IMPERMEABILIZZANTE: membrana bituminosa a mescola elastomerica BPE sp.4mm, $\lambda = 0,2 \text{ W/mK}$
7. STRATO DI PROTEZIONE DRENANTE E FILTRANTE: membrana alveolare in HDPI altamente resistente alla compressione con geotessuto integrato sp. 5 mm

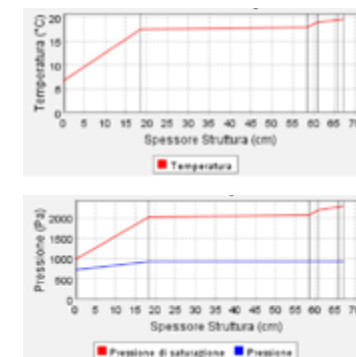
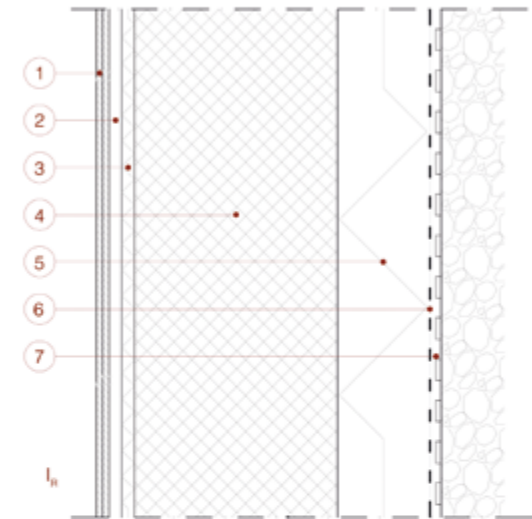
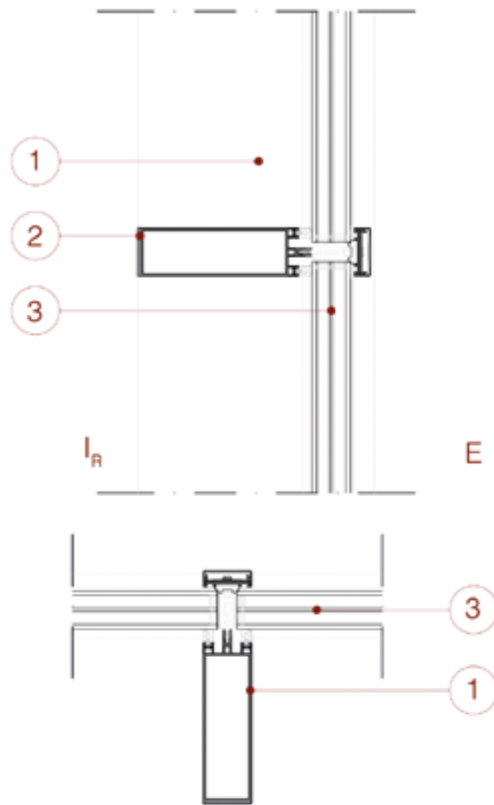


fig.8.17 CHIUSURA VERTICALE CONTROTERRA C.V.01
(in alto) Chiusura orizzontale controterra

fig.8.18 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE
(in basso) Andamenti della temperatura e delle pressioni calcolati tramite software JVap



C.V.02 - Chiusura verticale trasparente



trasmissione termica $U = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,50 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 45 \text{ dB}$

1. MONTANTE FACCIATA CONTINUA: profilo tubolare in alluminio, dim. 60x200x3 mm
2. TRAVERSO FACCIATA CONTINUA: profilo tubolare in alluminio, dim. 60x200x3 mm
3. SISTEMA DI FACCIATA CONTINUA: triplo vetro sp.16+3+9 mm con doppia vetrocamera riempita di gas Argon sp.12+12 mm, guarnizioni in EPDM

fig.8.19 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE C.V.02
(in alto) Sezione verticale chiusura orizzontale controterra

fig.8.20 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE C.V.02
(in basso) Sezione orizzontale chiusura orizzontale controterra

P.I.01 - Partizione inclinata gradonata



trasmissione termica $U = 0,30/m^2K$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 2,72 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = xx \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pannelli acustici in MDF impiallacciati con legno di faggio sp.40 mm, classe B
2. STRATO PORTANTE: trave in legno lamellare sagomata a coda di drago, sp. 300 mm
3. STRATO DI FINITURA: alzate gradoni in pannelli di legno multistrato di faggio sp. 40 mm

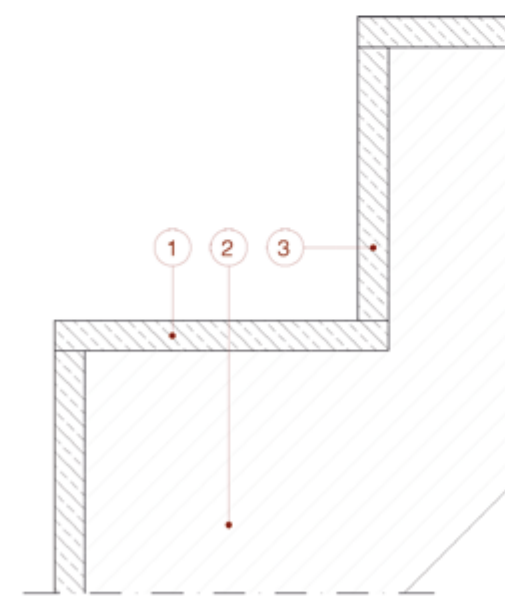


fig.8.21 PARTIZIONE INCLINATA P.I.01
Sezione verticale partizione inclinata gradonata

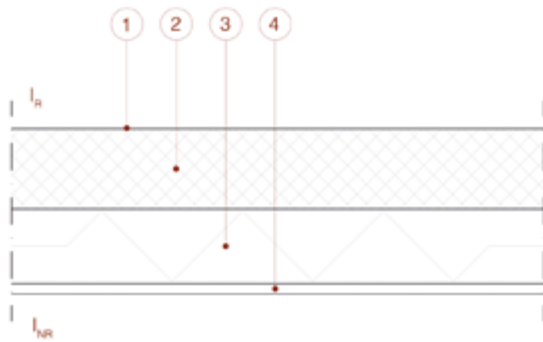


fig.8.22 PARTIZIONE INCLINATA P.I.02
Sezione verticale partizione inclinata rampa ingresso

P.I.02 - Partizione inclinata rampa ingresso



trasmissione termica $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 1,20 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = xx \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pavimento in linoleum sp. 3 mm, $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
2. STRATO PORTANTE: calcestruzzo a prestazione specifico per pavimentazioni, $\rho = 320 \text{ kg/m}^3$, sp. 250 mm
3. STRATO ISOLANTE: vetro riciclato rivestito con uno strato verde di rinforzo in fibra di vetro, $\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$, $\rho = 130 \text{ Kg/m}^3$, sp. 140 mm
4. STRATO DI FINITURA: intonaco in calce e gesso, sp. 15 mm

P.I.03 - Partizione inclinata biblioteca



trasmissione termica $U = 0,28/m^2K$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,77 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 65 \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pannelli acustici in MDF impiallacciati con legno di faggio sp. 15 mm, classe B
2. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro rivestito su un lato con velo vetro, $\rho = 21 \text{ kg/m}^3$, sp. 50mm, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, classe A1
3. STRATO DI SEPARAZIONE: singola lastra in gesso rivestito, sp. 12,5mm, $\rho = 760 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$, classe A2
4. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro rivestito su un lato con velo vetro, $\rho = 21 \text{ kg/m}^3$, sp. 50mm, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, classe A1
5. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi, sp. $2 \times 12,5\text{mm}$, $\rho = 820 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$, classe A2
6. STRATO PROTETTIVO: barriera al vapore in polietilene retinato, sp. 0,2mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$, classe A2
7. STRUTTURA PORTANTE: travi calandrate in legno lamellare, $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$, sp. 400x100mm, $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$, classe D

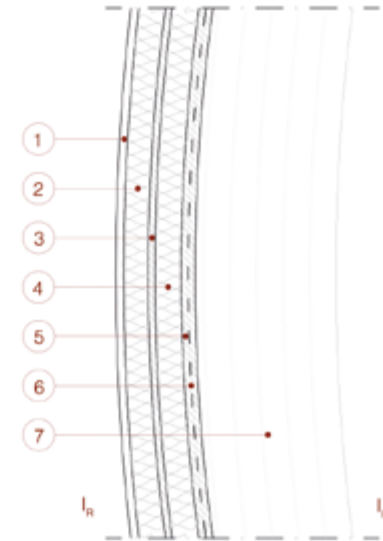


fig.8.23 PARTIZIONE INCLINATA P.I.03
Sezione verticale partizione inclinata biblioteca

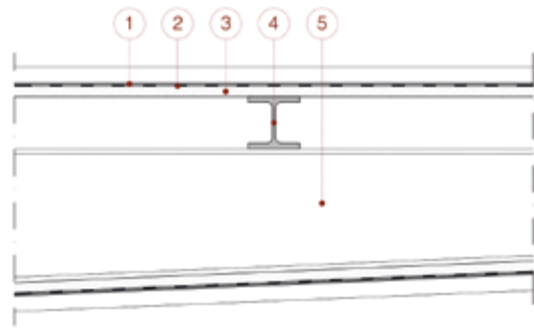


fig.8.24 PARTIZIONE INCLINATA P.I.04
Sezione verticale partizione inclinata aggettante

P.I.04 - Partizione inclinata aggettante



trasmissione termica $U = - W/m^2K$



resistenza al fuoco -



peso del pacchetto $P = 0,61kN/m^2$



potere fonoisolante $R_w = - dB$

1. STRATO DI FINITURA: rivestimento in lastre di zinco titanio unite mediante aggraffatura doppia, sp. 1mm, $\rho = 7400 \text{ kg/m}^3$
2. STRATOIMPERMEABILIZZANTE: membrana bituminosa a mescola elastomerica, BPE, sp. 4mm, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
3. STRATO IRRIGIDENTE: pannello OSB in legno MDF, sp. 20mm
4. STRATO DI SUPPORTO: profili HEA di acciaio zincato dim 100x100x8 mm, posati ad interasse di 1000 mm
5. STRATO PORTANTE: trave in acciaio zincato alveolare tipo HEB 260 rastremata, sp. min 200 mm

P.O.01 - Partizione orizzontale internatrasmissione termica $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

resistenza al fuoco REI120

peso del pacchetto $P = 2,49 \text{ kN/m}^2$ potere fonoisolante $R_w = xx \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pavimento in linoleum sp. 3 mm, $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
2. STRATO DI COMPLETAMENTO: massetto autolivellante per redistribuzione carichi e passaggio impianti elettrici comprensivo di rete antiritiro sp. 40 mm
3. STRATO IMPIANTISTICO: pannello isolante radiante acustico in polistirene espanso sinterizzato espanso a doppia densità ed elasticizzato sp. 58 mm
4. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. 0,2 mm, $\lambda=0,06 \text{ W/mK}$
5. STRATO COLLABORANTE: getto collaborante in CLS con armatura con funzione livellante e distribuzione carichi sp. 55 mm, $\rho = 2200\text{Kg/m}^3$
6. STRATO COLLABORANTE A SECCO: lamiera grecata in acciaio zincato $h=95 \text{ mm}$, sp. 1mm
7. STRATO PORTANTE: trave in acciaio alveolare con fori ottagonali tipo HEB 280-450
8. STRATO ISOLANTE: lana di vetro a bassa densità con alta capacità fonoassorbente, $\rho = 5\text{Kg/m}^3$, $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$, sp. 40 mm
9. CONTROSOFFITTO: lastre di gesso rivestite a superficie forata, sp. 12,5 mm, con sottostruttura in acciaio galvanizzato a T sp. 30 mm
10. Pendino in acciaio

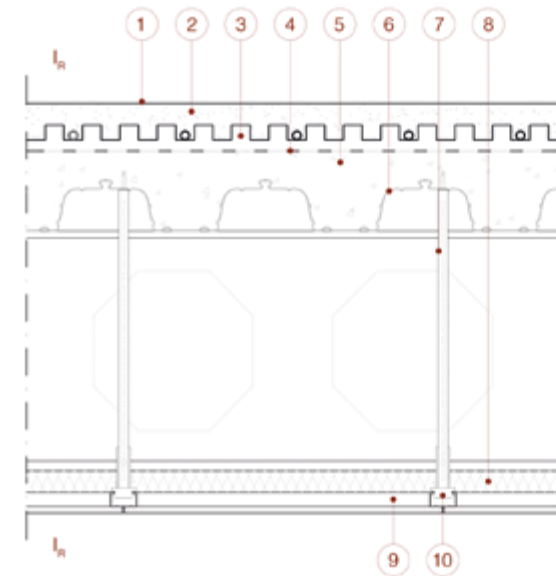


fig.8.25 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.01
Sezione verticale partizione orizzontale interna

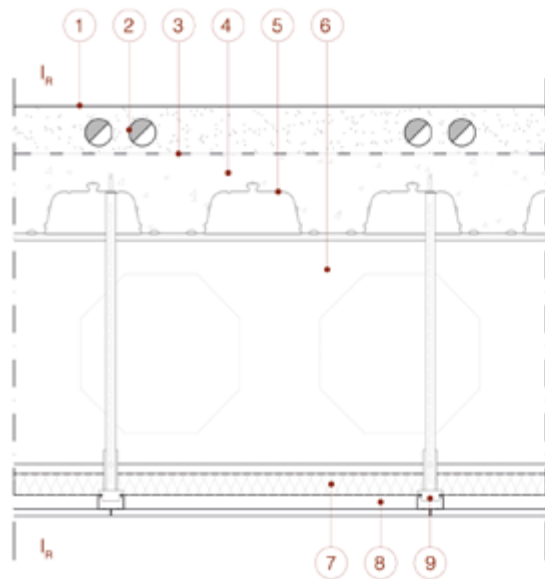


fig.8.26 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.02
Sezione verticale partizione orizzontale interna con impianti

P.O.02 - Partizione orizzontale interna con impinati



trasmittanza termica $U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 3,40 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = xx \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pavimento in linoleum sp. 3 mm, $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
2. STRATO IMPIANTISTICO: massetto autolivellante per redistribuzione carichi e passaggio impianti idrosantari sp. 90 mm
3. STRATO PROTETTIVO E DI SEPARAZIONE: in polietilene riciclato sp. 0,2 mm, $\lambda=0,06 \text{ W/mK}$
4. STRATO COLLABORANTE: getto collaborante in CLS con armatura con funzione livellante e distribuzione carichi sp. 55 mm, $\rho = 2200\text{Kg/m}^3$
5. STRATO COLLABORANTE A SECCO: lamiera grecata in acciaio zincato $h=95 \text{ mm}$, sp.1 mm
6. STRATO PORTANTE: trave in acciaio alveolare con fori ottagonali tipo HEB 280-450, sp.450mm
7. STRATO ISOLANTE: lana di vetro a bassa densità con alta capacità fonoassorbente, $\rho=15\text{kg/m}^3$, $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$, sp. 40 mm
8. CONTROSOFFITTO: lastre di gesso rivestite a superficie forata, sp. 12,5 mm, con sottostruttura in acciaio galvanizzato a T sp. 30 mm
9. PENDINO IN ACCIAIO

P.O.03 - Partizione orizzontale passerelletrasmissione termica $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ 

resistenza al fuoco REI120

peso del pacchetto $P = 1,20 \text{ kN/m}^2$ potere fonoisolante $R_w = xx \text{ dB}$

1. STRATO DI FINITURA: pavimento in linoleum sp. 3 mm, $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$
2. STRATO DISTRIBUZIONE: massetto autolivellante per ridistribuzione carichi, sp. 40 mm
3. STRATO COLLABORANTE: getto collaborante in CLS con armatura con funzione livellante e distribuzione carichi sp. 55 mm, $\rho = 2200 \text{ Kg/m}^3$
4. STRATO COLLABORANTE A SECCO: lamiera grecata in acciaio zincato $h = 95 \text{ mm}$, sp. 1mm
5. STRATO PORTANTE: trave in acciaio alveolare tipo IPE200, sp. 200 mm

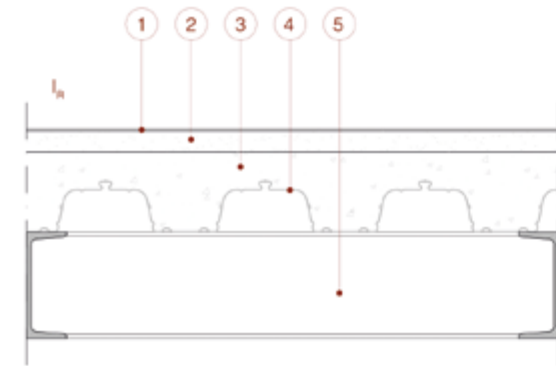
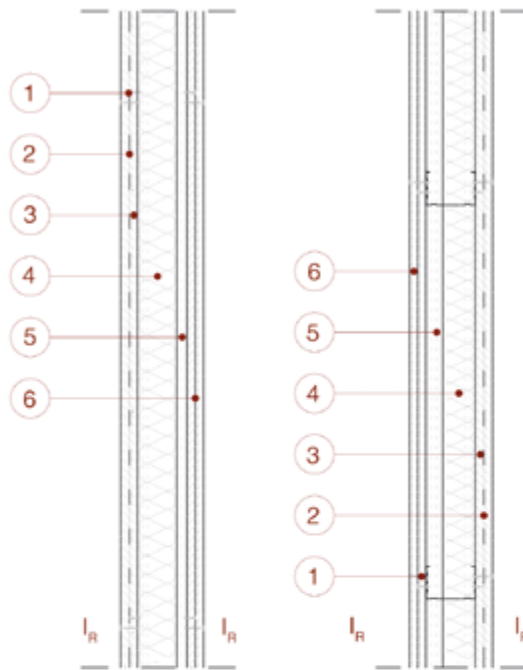


fig.8.27 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.03
Sezione verticale partizione orizzontale passerelle



P.V.01 - Partizione verticale interna



trasmissione termica $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,48 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 53 \text{ dB}$

1. SISTEMA DI ANCORAGGIO RIVESTIMENTO: viti autoperforanti per gessofibra da 30 mm ad interasse 800 mm
2. STRATO PROTETTIVO: barriera al vapore in polietilene retinato, sp. 22 mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
3. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
4. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro rivestito su un lato con velo vetro, densità 21 kg/m^3 , sp. 60 mm
5. ORDITURA METALLICA: profili a "C" asolati in acciaio zincato sp. 0.6 mm, 50x75x50
6. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$

fig.8.28 PARTIZIONE VERTICALE P.V.01

Sezione verticale e orizzontale partizione verticale interna

P.V.02 - Partizione verticale con cavedio impianti



trasmissione termica $U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,54 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 61 \text{ dB}$

1. SISTEMA DI ANCORAGGIO RIVESTIMENTO: viti autoperforanti per gessofibra da 30 mm ad interasse 80 cm
2. STRATO PROTETTIVO: barriera al vapore in polietilene retinato, sp. 22 mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
3. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
4. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro rivestito su un lato con velo vetro, densità 21 kg/m^3 , sp. 50 mm
5. ORDITURA METALLICA: doppia orditura realizzata con profili a "C" asolati in acciaio zincato sp. 0.6 mm, dim. 50x75x50 per passaggio impianti, sp. 150 mm
6. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$

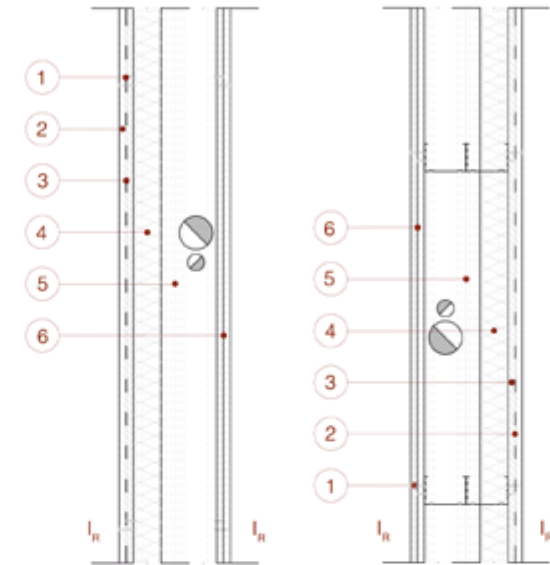


fig.8.29 PARTIZIONE VERTICALE P.V.02
Sezione verticale e orizzontale partizione verticale interna con cavedio impianti

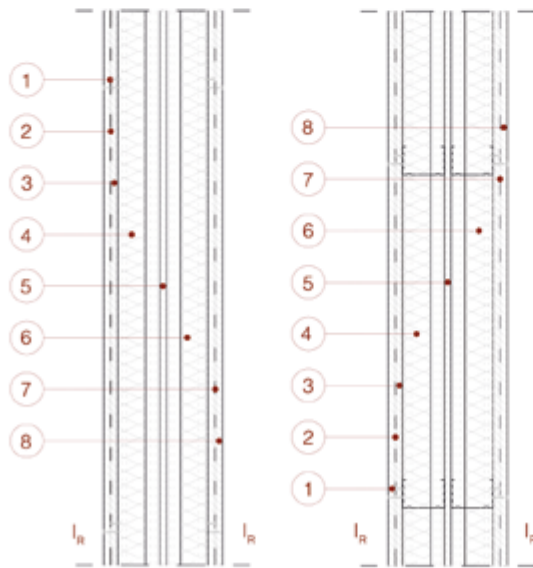


fig.8.30 PARTIZIONE VERTICALE P.V.03
Sezione verticale e orizzontale partizione verticale interna auditorium

P.V.03 - Partizione verticale interna auditorium



trasmissione termica $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$



resistenza al fuoco REI120



peso del pacchetto $P = 0,64 \text{ kN/m}^2$



potere fonoisolante $R_w = 66 \text{ dB}$

1. SISTEMA DI ANCORAGGIO RIVESTIMENTO: viti autoperforanti per gessofibra da 30 mm ad interasse 80 cm
2. STRATO PROTETTIVO: barriera al vapore in polietilene retinato, sp. 22 mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
3. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
4. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro rivestito su un lato con velo vetro, $\rho = 21 \text{ kg/m}^3$, sp. 50 mm
5. STRATO DI SEPARAZIONE: singola lastra in gesso rivestito, sp. 12,5 mm, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$
6. STRATO DI ISOLAMENTO: pannelli in lana di vetro knauf rivestito su un lato con velo vetro, $\rho = 21 \text{ kg/m}^3$, sp. 50 mm
7. STRATO PROTETTIVO: barriera al vapore in polietilene retinato, sp. 22 mm, $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
8. STRATO DI FINITURA: doppia ignilastra in cartongesso armata con fibre minerali e additivi sp. $2 \times 12,5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,20 \text{ W/mK}$

P.V.04 - Partizione verticale trasparentetrasmissione termica $U = - W/m^2K$ 

resistenza al fuoco -

peso del pacchetto $P = 0,64 \text{ kN/m}^2$ potere fonoisolante $R_w = - \text{dB}$

1. SISTEMA DI FINITURA: doppio vetro stratificato di sicurezza e anticaduta con intercalare plastico in polivinilbutirrale (PVB), sp. 6 + 0,76 + 6 mm, dimensione lastre fino a 6000x3210 mm



fig.8.31 PARTIZIONE VERTICALE P.V.04
Sezione verticale partizione verticale interna trasparente

Strategie energetiche: Scheme Design

Le strategie energetiche adottate possono essere quindi riassunte nei seguenti punti:

- grande copertura verde: oltre ad avere forte valenza architettonica comportandosi come un prospetto, attenua l'onda di calore grazie all'elevato livello di sfasamento;
- massa termica: la grande copertura costituita di calcestruzzo, grazie alla sua elevata inerzia termica, permette di asportare calore dall'interno dell'edificio nelle ore più affollate e rilasciarlo in quelle più fresche;
- sistema TABS: grazie al sistema di attivazione della massa, previsto nella soletta della copertura, è possibile effettuare il "peak-shaving" limitando il picco di potenza e riducendo la potenza degli impianti installati;
- drenaggio e accumulo acque piovane: mediante l'utilizzo di un sistema di vaschette in materiale plastico è possibile raccogliere e accumulare le acque piovane che saranno successivamente assorbite dal manto vegetale quando necessario;
- involucro efficiente: lo studio e la scelta delle stratigrafie costituenti le pareti perimetrali è stata accurata e minuziosa in modo da ottenere bassi valori di trasmittanza termica e da limitare le dispersioni termiche;
- luce naturale: in seguito alla destinazione d'uso la luce ha avuto un ruolo fondamentale nella progettazione; si è cercato quindi di massimizzarne l'ingresso, soprattutto di quella diffusa zenitale, e controllare quella diretta mediante l'utilizzo di schermature;
- ventilazione meccanica controllata: nonostante le tecnologie d'involucro adottate, la presenza di grandi spazi suscettibili di affollamento, ha richiesto l'installazione di impianti meccanici che garantiscano i ricambi d'aria sufficienti al mantenimento del comfort degli utenti;

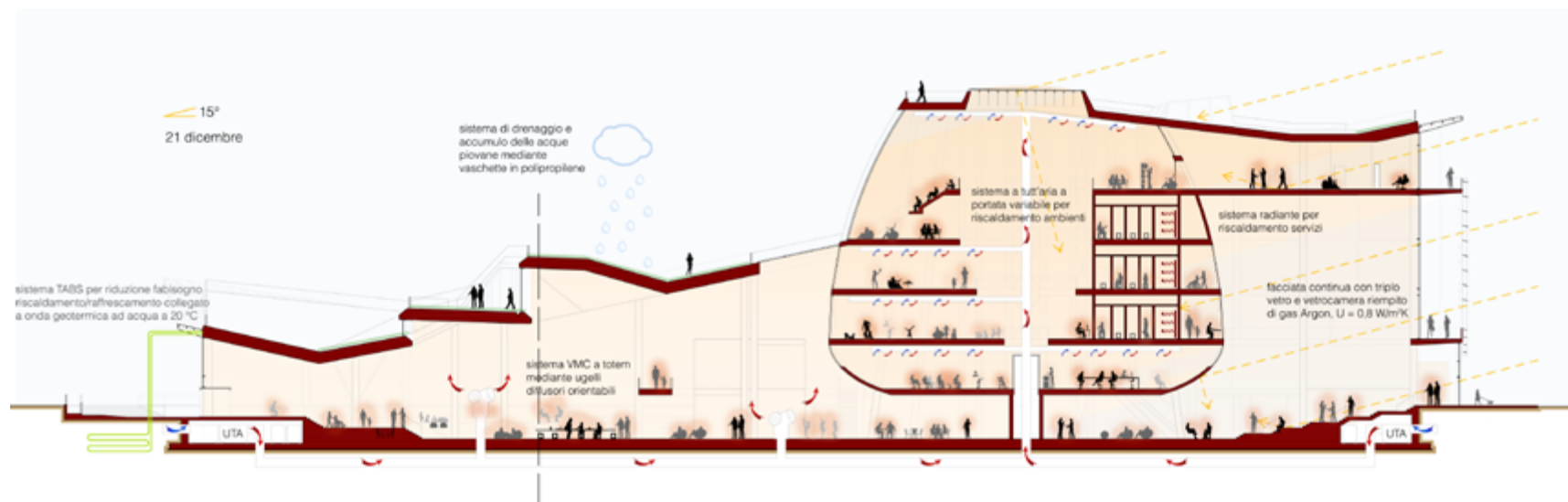
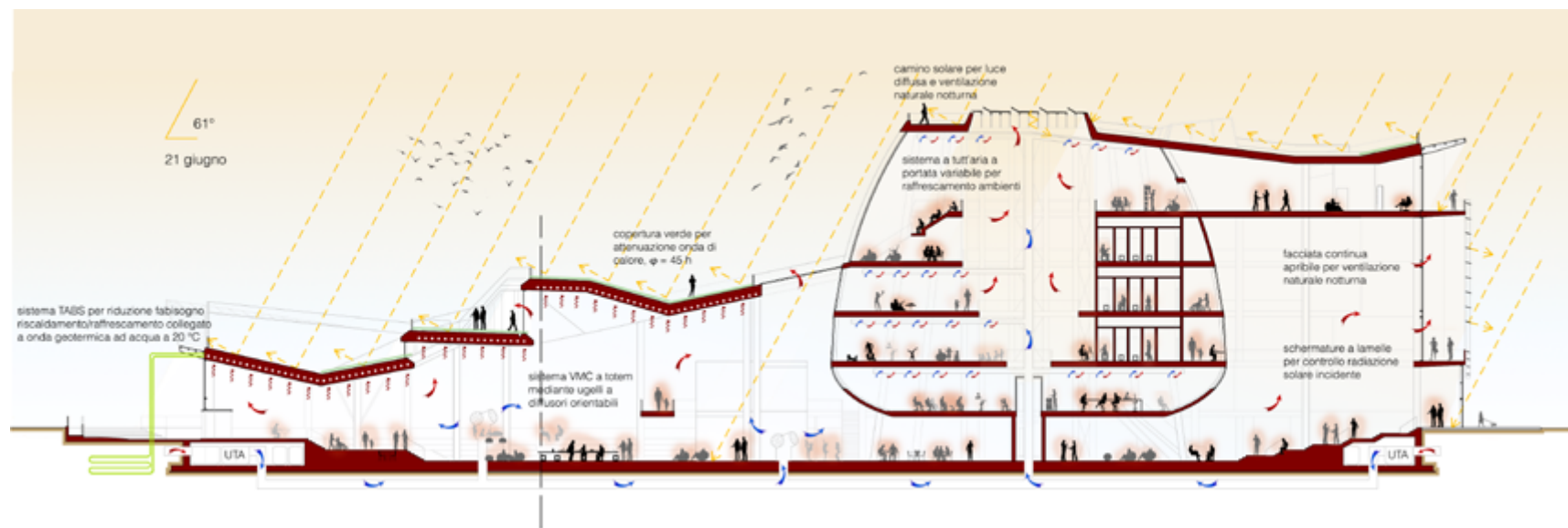
I punti sopra descritti sono stati schematizzati alla pagina seguente, interpretando il comportamento dell'edificio nel periodo estivo e in quello invernale.

fig.8.32 SCHEME DESIGN ESTIVO

(pagina seguente in alto) Comportamento dell'edificio nel periodo estivo

fig.8.33 SCHEME DESIGN INVERNALE

(pagina seguente in basso) Comportamento dell'edificio nel periodo invernale



Prevenzione incendi

Il progetto architettonico è stato sviluppato confrontandosi con quelle che sono le prescrizioni normative in materia di prevenzione incendi, in particolare si è fatto riferimento al D.M. 3 agosto 2015 “Norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell’art. 15 del D.Lgs 8 marzo 2006, n. 139”. Gli obiettivi primari della prevenzione incendi sono:

- sicurezza della vita umana
- incolumità delle persone
- tutela dei beni e dell’ambiente

Tali obiettivi si intendono raggiunti se le attività sono progettate, realizzate e gestite in modo da:

- minimizzare le cause di incendio
- garantire la stabilità delle strutture portanti per un periodo di tempo determinato
- limitare la produzione e la propagazione di un incendio all’interno dell’attività
- limitare la propagazione di un incendio ad attività contigue
- garantire la possibilità che gli occupanti lascino l’attività autonomamente o che gli stessi siano soccorsi in altro modo
- garantire la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza
- garantire la continuità d’esercizio per le opere strategiche
- prevenire il danno ambientale

Per le attività non normate deve essere effettuata la valutazione del rischio di incendio, prima attraverso l’individuazione dei pericoli di incendio e le condizioni ambientali nelle quali i pericoli sono inseriti, attribuendo poi un profilo di rischio. Si distinguono tre tipologie di profilo di rischio, il primo attribuito per ciascun compartimento dell’attività, gli altri due attribuiti per l’intera attività.

Una volta terminata la valutazione del rischio di incendio, la progettazione prosegue attraverso

l'adozione di tutte le misure che compongono la strategia antincendio per contrastare tale rischio, l'attribuzione dei livelli di prestazione per ciascuna misura antincendio e la selezione delle soluzioni progettuali più adatte alla natura ed alla tipologia d'attività.

Tipologie di destinazione d'uso	R _{vita}	Tipologie di destinazione d'uso	R _{vita}
Palestra scolastica	A1	Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattenimento, area lettura di biblioteca, attività commerciale al dettaglio, attività espositiva, autosalone	B2-B3
Autorimessa privata	A2		
Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, attività commerciale all'ingrosso	A2-A3	Civile abitazione	Ci2-Ci3
Laboratorio scolastico, sala server	A3	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti	Cii2-Cii3
Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica	A1-A4	Rifugio alpino	Ciii1-Ciii2
Depositi sostanze o miscele pericolose	A4	Camera d'albergo	Ciii2-Ciii3
Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico	B1-B2	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria	D2
Autorimessa pubblica	B2	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana	E2

fig.8.34a PROFILI DI RISCHIO
Tabella profili di rischio D.M. 03/08/2015

In seguito alla presenza di diverse tipologie di attività viene attribuito un R_{vita} A2-A3 per le attività di archivio e deposito librario, B2-B3 per le aree di lettura della biblioteca e A1-A4 per i laboratori e le attività artigianali.

L'attribuzione del profilo di rischio R_{beni} è effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico della stessa e dei beni in essa contenuti.

Viene scelto un R_{beni} pari a 1 per tutta la costruzione.

		Opera da costruzione vincolata	
		No	Sì
Opera da costruzione strategica	No	R _{beni} = 1	R _{beni} = 2
	Sì	R _{beni} = 3	R _{beni} = 4

fig.8.34b PROFILO DI RISCHIO BENI
Tabella profili di rischio D.M. 03/08/2015

La terza tipologia di rischio, $R_{ambiente}$ si ritiene mitigato dall'applicazione di tutte le misure antincendio connesse ai profili precedenti.

Le misure che compongono la strategia antincendio risultano quindi:

Reazione al Fuoco

La reazione al fuoco è una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase di prima propagazione dell'incendio. Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni finali di applicazione, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio
III	I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio
IV	I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio

Per contributo all'incendio si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1.

fig.8.35a LIVELLI DI PRESTAZIONE DE MATERIALI PER LA REAZIONE AL FUOCO
 Tabella liveli di prestazione per la reazione al fuoco D.M. 03/08/2015

Viene dunque definito un livello di prestazione per la reazione al fuoco dei materiali impiegati nelle attività pari a III in cui i materiali contribuiscono moderatamente all'incendio.

Vengono riportati di seguito anche i criteri dei livelli di prestazione attribuiti alle vie d'esodo e ad altri locali dell'attività.

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Vie d'esodo [1] non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
II	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{abs} in B1.
III	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{abs} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
IV	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{abs} in D1, D2.

[1] Limitatamente a vie d'esodo verticali, percorsi d'esodo(corridoi,atri, filtri...) e spazi calmi ,

fig.8.35b LIVELLI DI PRESTAZIONE DELLE VIE D'ESODO PER LA REAZIONE AL FUOCO
 Tabella liveli di prestazione delle vie d'esodo per la reazione al fuoco D.M. 03/08/2015

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
II	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{min} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
III	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{min} in D1, D2.
IV	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

fig.8.36 LIVELLI DI PRESTAZIONE DI ALTRI LOCALI PER LA REAZIONE AL FUOCO
Tabella livelli di prestazione dagli altri locali per la reazione al fuoco D.M. 03/08/2015

Si considera soluzione conforme l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM2, ovvero quelli classificabili come da tabella sottostante con riferimento al DM 10/3/2005 e alle classi europee indicate con [EU]:

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Rivestimenti a soffitto [1] Controsoffitti Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s1,d0
Rivestimenti a parete [1] Partizioni interne, pareti, pareti sospese	1	B-s1,d0				
Rivestimenti a pavimento [1] Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)	1	B _F -s1	1	C _F -s1	2	C _F -s2

[1] Qualora trattati con prodotti vernicianti ignifughi, questi ultimi devono avere la corrispondente classificazione indicata ed essere idonei all'impiego previsto.

fig.8.37 CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DEI MATERIALI PER RIVESTIMENTO E COMPLETAMENTO
Classificazione in gruppi dei materiali per rivestimento e completamento D.M. 03/08/2015

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Condotte di ventilazione e riscaldamento	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	1	B-s3,d0
Condotte di ventilazione e riscaldamento preisolate [1]	0-1	A2-s1,d0 B-s2,d0	0-1	B-s2,d0 B-s3,d0	1-1	B-s3,d0 C-s1,d0
Raccordi e giunti per condotte di ventilazione e riscaldamento (L<1,5 m)	1	B-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s1,d0
Canalizzazioni per cavi elettrici	0	[na]	1	[na]	1	[na]
Cavi elettrici o di segnalazione [2] [3]	[na]	B2 _{ca} -s1,d0,a1	[na]	C _{ca} -s1,d0,a2	[na]	E _{ca}

fig.8.38 CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DEI MATERIALI PER RIVESTIMENTO E COMPLETAMENTO
Classificazione in gruppi di materiali per impianti D.M. 03/08/2015

Resistenza al fuoco

La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

fig.8.39 LIVELLI DI PRESTAZIONE PER LA RESISTENZA AL FUOCO
 Tabella dei livelli di prestazione per la resistenza al fuoco D.M. 03/08/2015

Viene attribuito un livello di prestazione per la resistenza al fuoco, pari a III e deve essere rispettata la classe minima di resistenza al fuoco, ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come da tabella seguente:

Attività	Valore medio (MJ/m ²)	Frattile 80% (MJ/m ²)
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365
Trasporti (spazio pubblico)	100	122

fig.8.40 CARICO D'INCENDIO SPECIFICO PER DESTINAZIONE D'USO
 Tabella dei carichi d'incendio specifici per destinazione d'uso D.M. 03/08/2015

Il carico di incendio relativo alla destinazione d'uso biblioteca viene ricavato mediante la formula:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Dove:

- $q_{f,d}$ è il carico d'incendio specifico di progetto [MJ/m²]
- δ_{q1} è il fattore che tiene del rischio d'incendio in relazione alla dimensione del compartimento pari a 1,8
- δ_{q2} è il fattore che tiene del rischio d'incendio in relazione al tipo di attività svolta pari a 1,2
- δ_n è il fattore che tiene in conto delle differenti misure antincendio del compartimento pari a 0,54 in presenza di sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna
- q_f è il valore nominale del carico d'incendio specifico pari a 1500 MJ/m² per le biblioteche

$$q_{f,d} = 1,8 \cdot 1,2 \cdot 0,54 \cdot 1500 = 1749,6 \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{f,d} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{f,d} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{f,d} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{f,d} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{f,d} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{f,d} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

Tale livello di prestazione risulterà rispettato se la classe minima di resistenza al fuoco, ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio, sarà REI 120.

Compartimentazione

La finalità della compartimentazione è di limitare la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti verso altre attività o all'interno della stessa attività.

Data la complessità volumetrica e spaziale del progetto, si progetta un tipo di compartimentazione

fig.8.41 CLASSE MINIMA DI RESISTENZA AL FUOCO
 Tabella di classe minima per la resistenza al fuoco D.M.
 03/08/2015

“macro”, che rifletta le concezioni architettoniche degli interni. Si definiscono quindi 2 macro compartimenti a sua volta suddivisi in una sottoclasse di zone con evacuatori di fumo definiti come:

- library interna autonoma
- porzione piazza coperta a nord
- porzione library a sud con vie di fuga indipendenti ed evacuazione dei fumi diretta.

Esodo

La finalità del sistema d’esodo è di assicurare che gli occupanti dell’attività possano raggiungere o permanere in un luogo sicuro, a prescindere dall’intervento dei Vigili del fuoco. La progettazione del sistema d’esodo avviene in funzione del più gravoso dei profili di rischio vita, R_{vita} e dell’affollamento.

L’affollamento di ciascun compartimento è determinato moltiplicando la densità di affollamento per la superficie lorda del compartimento. Nel caso di sale di lettura di biblioteche, archivi la densità di affollamento vale 0,2 persone/m² e l’affollamento risulta:

$$\text{Affollamento} = 0,2 \cdot 927,68 = 185,54 \text{ persone}$$

Tipologia di attività	Densità di affollamento o criteri
Luoghi di pubblico spettacolo senza posti a sedere	1,2 persone/m ²
Aree per mostre, esposizioni, manifestazioni varie di intrattenimento a carattere temporaneo	
Aree adibite a ristorazione	0,7 persone/m ²
Aree adibite ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale d’attesa	
Uffici aperti al pubblico	
Aree di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Aree di vendita di medie e grandi attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	

fig.8.42 DENSITÀ DI AFFOLLAMENTO PER DESTINAZIONE D’USO
 Tabella delle densità di affollamento per destinazione d’uso D.M.
 03/08/2015

Gli impianti antincendio negli archivi

Efficacia ed economicità

L'incendio rappresenta una delle principali cause di danno al patrimonio artistico e culturale ed è, quindi, l'evento più temuto. Il numero di chilometri di carta presente negli archivi ne fa comprendere l'importanza.

In particolare, nel caso degli archivi cartacei o delle biblioteche, il loro coinvolgimento diretto o indiretto nell'incendio può portare ad eventi devastanti, con "perdite" di valore inestimabile, sia in termini economici che di valore storico.

Tecnologia e disponibilità sul mercato

In termini di tecnologia utilizzabile per lo spegnimento di incendi in ambienti così sensibili, il mercato offre diverse possibilità di scelta per quel che riguarda il tipo di impianto estinguente utile allo scopo.

L'approccio corretto deve partire dal contenuto dell'archivio, inteso come tipologia di documenti presenti, per poi indagare sul sistema di protezione da installare: la prima e più importante distinzione va, pertanto, fatta partendo proprio dalle caratteristiche del contenuto dell'archivio. In termini di valore conservato e di dati a monte con cui definire il progetto del sistema antincendio, un archivio si può classificare diviso secondo le opere e i documenti conservato e dunque:

- documenti unici, che non possono essere in alcun modo recuperati a seguito di danneggiamento grave
- documenti rari, dei quali esistono comunque un certo numero di esemplari
- documenti generici, in grande quantità, da conservare per un tempo più o meno lungo.

Per quanto in progetto si considera un tipo di archivio bibliotecario che contiene documenti generici, e comunque reperibile e sostituibili. Si definisce quindi un primo parametro di scelta definito come “livello di danneggiamento” che in questo caso risulta accettabile, in termini economici, a favore di un impianto antincendio comune alle normali biblioteche che non necessiti di particolari requisiti che ne possa far aumentare considerevolmente il costo, quali l’aggiunta o la sostituzione del liquido estinguente con gas o altri materiali tecnologicamente più avanzati e costosi.

Danno accettabile

In virtù della documentazione archiviata possiamo stabilire quale, in caso di incendio, possa essere il danno ritenuto accettabile. Tale considerazione può variare a seconda del valore dei documenti contenuti nell’archivio e dalle scelte economiche intraprese.

Per la tipologia di biblioteca in progetto, considerata la zona e l’utenza che frequenterà l’edificio, si definisce una tipologia di danno che sia limitato, ossia:

- si accetta che venga danneggiata una quantità di documenti, anche notevole, ma che sia, comunque, una perdita limitata in valore assoluto e che l’edificio sia preservato, quindi, si rende utile la scelta di un sistema di rilevazione, una buona dotazione di estintori ed un impianto a norma UNI EN 12845/04, nonché di un’organizzazione di emergenza, pronta ad intervenire rapidamente in caso di allarme, ed a chiamare i VV.F entro massimo 10 minuti dall’inizio dell’incendio.

Viene comunque prescritto un tipo di impianto estinguente che limiti il danno attraverso un’attenta selezione del momento di attivazione dello stesso.

Per il progetto si definisce un impianto antincendio principale con sistema sprinkler di preallarme regolamentati dalla norma UNI EN 12845/04.

Sistema sprinkler a preallarme

I sistemi sprinkler a preallarme utilizzano il concetto base dei sistemi a secco: le tubazioni sono riempite con aria non in pressione e non con acqua. La differenza consiste nel fatto che l'apertura della valvola di controllo è comandata da impianto di rilevazione incendi separato. Affinché l'acqua venga scaricata occorre quindi un doppio consenso (apertura dell'erogatore e intervento dell'impianto di rivelazione). Questi sistemi vengono utilizzati in quei casi dove si temono gravi danni da bagnamento come conseguenza della rottura accidentale di un erogatore o di un tubo. Il vantaggio principale dei sistemi a preallarme è la duplice azione richiesta per il rilascio dell'acqua: l'apertura della valvola di preallarme (comandata dal sistema di rivelazione) e l'apertura degli erogatori sprinkler.

Questo sistema offre e garantisce un margine di protezione maggiore contro un rilascio accidentale di liquido che porterebbe ad un danno inutile dei documenti in archivio.

In via di definizione esecutiva del progetto antincendio si potrà apprezzare in termini esatti l'economicità delle scelte prese a monte.

Le decisioni che hanno portato alla scelta del tipo di impianto con Sprinkler a preallarme si basano sulla chiarificazione di un obiettivo reale funzionale al tipo ed alla quantità di documenti contenuti all'interno dell'edificio.

Un grado di sicurezza maggiore avrebbe portato un aumento di costi inutile che avrebbe influito in maniera eccessiva sui costi agli impianti.

Va comunque precisato che il sistema scelto presenta caratteristiche di flessibilità, che seppur minime, lasciano spazio ad ulteriori modifiche del sistema in via esecutiva, grazie alla modifica della tecnologia definita per l'attivazione del sistema in caso di necessità.

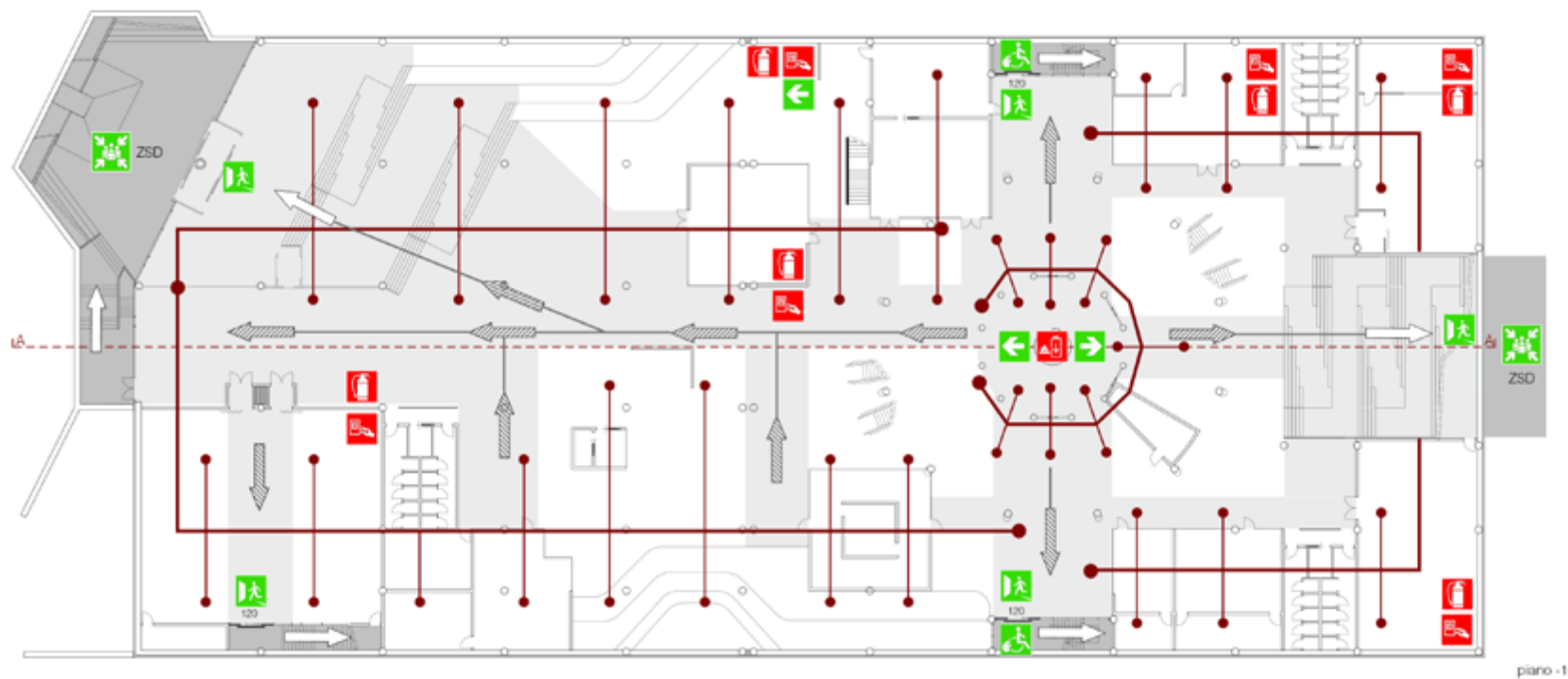


fig.8.43 PIANA ANTINCENDIO PIAZZA COPERTA
(in alto) Pianta antincendio piazza coperta

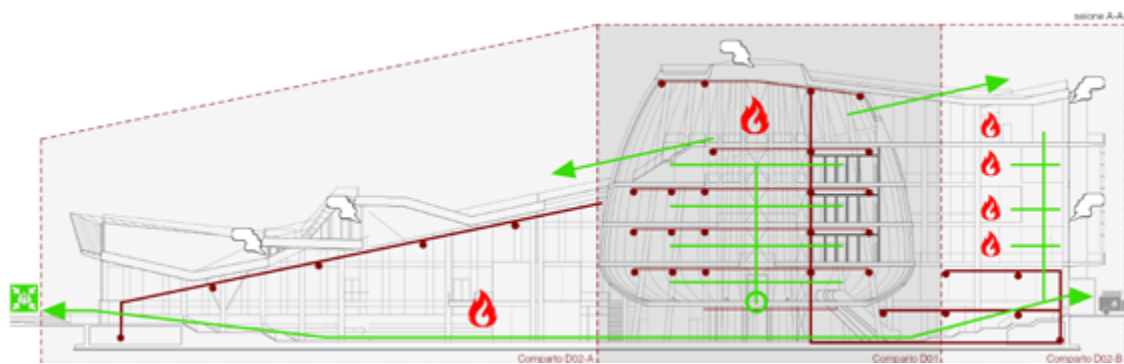


fig.8.44 SEZIONE A-A COMPARTIMENTAZIONE
(a lato) Sezione A-A con indicazione dei compartimenti

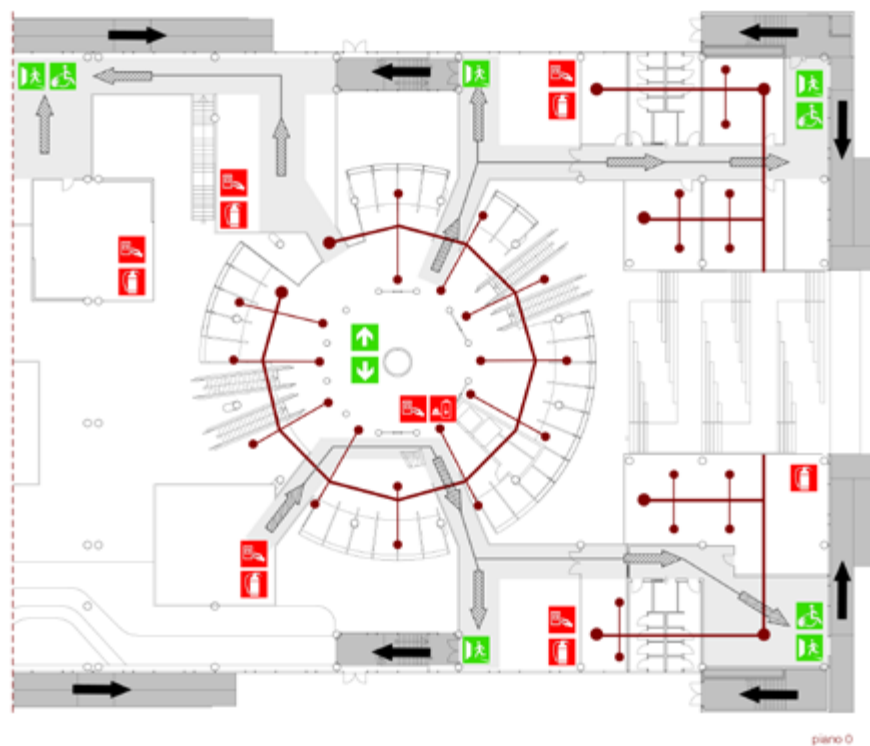


fig.8.45 Pianta antincendio piano 0 biblioteca
(in alto) Pianta antincendio piano zero biblioteca

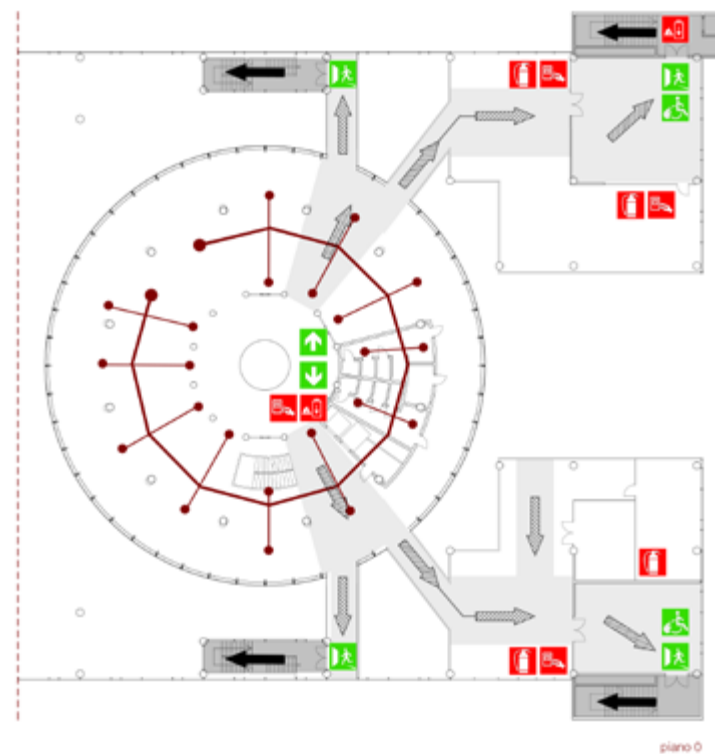


fig.8.46 Pianta antincendio piano 1 biblioteca
(in alto) Pianta antincendio piano primo biblioteca

Analisi illuminotecniche

Illuminazione diurna e problema energetico

L'illuminazione diurna e il consumo energetico dell'edificio sono due aspetti fondamentali da considerare contemporaneamente durante il processo di progettazione di un edificio contemporaneo.

Prevedere superfici vetrate di grandi dimensioni può infatti apportare grossi vantaggi sia per il benessere visivo che per il risparmio di energia elettrica necessaria al funzionamento dell'impianto di illuminazione artificiale.

Contemporaneamente, però, il benessere termoigrometrico delle persone che occupano gli ambienti interni richiede, sia di inverno che in estate, il funzionamento dell'impianto di climatizzazione, con consumi energetici tanto più grandi quanto maggiore è stato l'impiego di materiale ad elevata trasmittanza e trasparenza, come ad esempio il vetro.

Occorre allora fare delle scelte oculate che portino ad una ottimizzazione dei consumi energetici globali.

A tale riguardo può essere utile introdurre la grandezza adimensionale "apertura effettiva" definita dal rapporto:

$$A_{eff} = \frac{S_v}{S_v + S_p} t_v$$

Dove:

- S_v = superficie trasparente della parete perimetrale;
- S_p = superficie opaca della parete perimetrale;
- t_v = coefficiente di trasparenza della superficie vetrata.



fig.8.47 BRITISH MUSEUM
(pagina precedente) N. Foster

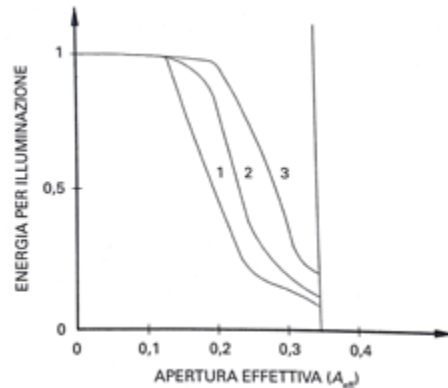


fig.8.48 ENERGIA PER ILLUMINAZIONE RICHIESTA IN FUNZIONE DI A_{eff}
Grafico sperimentale Moncada, Lo Giudice, Lieto Vollaro, 1993

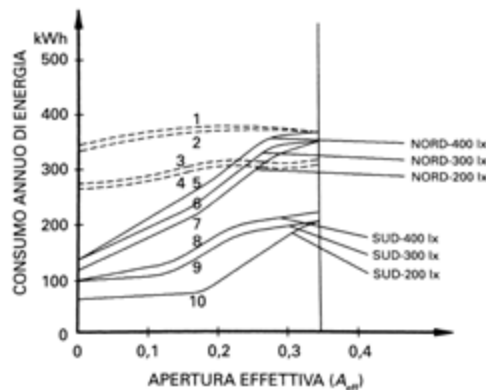


fig.8.49 CONSUMI ANNUI DI ENERGIA TERMOFRIGORIFERA
In funzione di a_{eff} per varie esposizioni. Grafico sperimentale
Moncada, Lo Giudice, Lieto Vollaro, 1993

Nel grafico a fianco, si riporta il calcolo relativo ad un modulo ufficio (3,60 m x 6 m) localizzato a Roma (G. Moncada Lo Giudice, A. de Lieto Vollaro, 1993).

Nella figura è rappresentato l'andamento della frazione di energia richiesta per l'illuminazione di un ufficio tipo con finestra verticale di altezza 1,5 m, in funzione dell'apertura effettiva per diversi valori di illuminamento (1= 200 lux, 2= 300 lux, 3 = 400 lux).

Dal grafico si evince chiaramente che:

- esiste un valore di A_{eff} al di sotto del quale il consumo energetico per l'illuminazione artificiale è pressoché costante e non sono rilevabili vantaggi significativi. Per tutti i valori di A_{eff} al di sotto di questa soglia, il consumo energetico per l'illuminazione artificiale è infatti paragonabile a quello di una stanza con pareti completamente opache.
- all'aumentare del livello di illuminamento richiesto, il contributo al risparmio energetico comincia ad essere apprezzato per valori crescenti di A_{eff} .
- è inoltre possibile identificare dei valori di A_{eff} al di sopra dei quali il risparmio di energia elettrica non è più significativo; tale valore cresce al crescere del livello di illuminamento richiesto. Questo effetto viene denominato saturazione della luce diurna e nelle diverse aree climatiche europee, anche nelle condizioni più sfavorevoli, è compreso tra $A_{eff} = 0,18 - 0,35$.

Nel grafico in a fianco, si riporta la relazione tra i consumi annui di energia termofrigorifera in funzione dell'apertura effettiva e dell'esposizione della parete esterna (G. Moncada Lo Giudice, A. de Lieto Vollaro, 1993).

Il calcolo riportato a titolo esemplificativo, fa riferimento ad un modulo ufficio (3,60 m x 6 m) localizzato a Roma.

Le trasmittanze della parete opaca e della parete vetrata sono state impostate rispettivamente pari a:

- $K_p = 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ °C})$
- $K_v = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ °C})$

Rispetto a quelli termici (linea continua) i consumi di energia frigorifera (linea tratteggiata) sono più elevati, ma variano meno con A_{eff} e ciò in armonia con l'andamento climatico della zona considerata, con la destinazione d'uso dell'ambiente di progetto e con l'orientamento del volume del locale; nella figura sono riportati vari andamenti in funzione delle esposizioni (Nord – sud) e dei livelli di illuminamento (200 – 300 – 400 lux).

La figura a fianco riporta invece le curve che rappresentano i costi energetici globali in funzione di A_{eff} (G. Moncada Lo Giudice, A. de Lieto Vollaro, 1993). Queste curve sono state ottenute sulla base dei consumi elettrici e termofrigoriferi ricavabili dai grafici della pagina precedente, trasformando tali consumi in costi mediante ipotesi delle nelle tariffe tipiche dello scenario energetico dell'anno 2000.

Dal grafico si deduce che le curve dei costi energetici globali presentano un massimo e un minimo. Il valore di A_{eff} per il quale risulta massimo il costo globale, definisce rispetto alla parete opaca una finestratura non conveniente, perché fino a quel punto il risparmio di energia elettrica risulta essere modesto. Tale valore $A_{eff\ max}$ aumenta all'aumentare del livello di illuminamento richiesto. Il valore di A_{eff} per cui risulta minimo il costo globale definisce, tra quelle possibili, una finestratura conveniente perché si ottiene un sensibile risparmio di energia elettrica; anche tale valore di $A_{eff\ min}$ si sposta verso valori più grandi al crescere del valore di illuminamento richiesto.

Aumentare l'apertura delle finestre al di sopra di tale valore, soprattutto per bassi valori di illuminamento medio o per esposizioni favorevoli come il sud, comporta una situazione antieconomica: il costo globale aumenta a causa dell'alto costo dell'energia termofrigorifera e dell'incremento nullo di risparmio di energia elettrica destinata ad illuminazione artificiale.

Oltre al rapporto tra superficie vetrata e superficie opaca, al fine di massimizzare il comfort visivo – luminoso degli spazi interni e contemporaneamente abbattere i consumi energetici è indispensabile prendere in considerazione anche altri aspetti progettuali e di contorno, come:

- Caratteristiche intrinseche all'area di progetto: clima, ombreggiamenti e orientamento dei volumi;

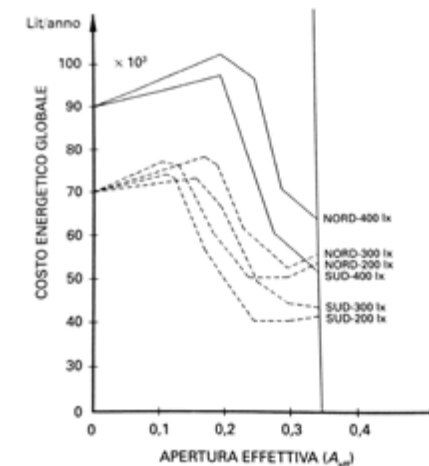


fig.8.50 COSTI ENERGETICI GLOBALI IN FUNZIONE DI A_{eff} (riferiti a valori in lire anno 2000)

Grafico sperimentale G. Moncada Lo Giudice, A. de Lieto Vollaro, 1993

- destinazione d'uso del fabbricato e requisiti minimi;
- possibilità di installare schermature solari in grado di ridurre i carichi solari estivi;
- impiego di materiali aventi differenti caratteristiche fisiche (trasmissione, riflessione, assorbimento, trasmissione, colore)
- possibilità di impiegare sistemi di illuminazione con modulazione del flusso di energia elettrica dei centri luminosi.

È quindi automatico comprendere quanto sia importante adottare un approccio multidisciplinare sin dalle prime fasi del progetto.

Grandezze fotometriche, parametri di progetto e valori limite

Al fine di comprendere quanto riportato nei paragrafi successivi, si è ritenuto utile evidenziare alcune definizioni relative alle principali grandezze fotometriche, in modo tale da stabilire delle grandezze di riferimento oggettive che hanno consentito la valutazione del progetto dal punto di vista illuminotecnico.

Le principali grandezze fotometriche sono: il flusso luminoso, l'intensità luminosa, l'illuminamento, la luminanza e la radianza.

Mentre le prime due grandezze fanno riferimento alle sorgenti luminose, l'illuminamento rappresenta l'effetto prodotto da queste su una superficie. La luminanza e la radianza sono grandezze rappresentative sia delle sorgenti illuminanti sia degli oggetti illuminati, che possono esser considerati a loro volta come sorgenti secondarie.

Il parametro più efficace per una valutazione dei livelli di illuminamento di un ambiente è il fattore di luce diurna (FLD), definito da Hopkinson nel 1963.

Flusso luminoso

Il flusso luminoso (F. M. Butera, 1995) Φ_l è la misura della sensazione luminosa, legata alla

potenza dello stimolo. L'unità di misura del flusso luminoso è il lumen (lm).

In termini fisici il lumen è una unità di potenza, come il watt; tuttavia, a differenza del watt, che è una unità radiometrica direttamente convertibile in altre unità di potenza, il lumen è una misura di potenza fotometrica. Questo significa potenza luminosa come percepita dall'occhio umano e quindi funzione della fisiologia umana.

Per radiazioni monocromatiche si può scrivere:

$$d\Phi_l = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_{e\lambda} d\lambda$$

con:

$$V(\lambda) = \Phi_{e\lambda_m} / \Phi_{e\lambda}$$

Dove:

- K_m = costante che vale 683 m/W4
- $V(\lambda)$ = valore di visibilità relativa
- $\Phi_{e\lambda}$ = flusso energetico radiante di lunghezza d'onda λ
- $d\lambda$ = intervallo di lunghezze d'onda
- $\Phi_{e\lambda_m}$ = flusso energetico radiante di lunghezza d'onda λ_m

La sensibilità dell'occhio alle diverse lunghezze d'onda non è uniforme e differisce a seconda che si tratti di visione fotopica o scotopica. Nella in basso sono riportate le curve di sensibilità spettrale standard dell'occhio; esse forniscono, in funzione della lunghezza d'onda, il valore del fattore di visibilità relativo.

Il flusso radiante nella zona dello spettro visibile, 380 ÷ 780 nm, è associato ad un flusso luminoso Φ_l , che è la misura della sensazione visiva. In tutto l'intervallo del visibile Φ_l è quindi ottenibile integrando l'equazione tra 380 nm e 780 nm, ovvero:

$$\Phi_l = K_m \int_{380}^{780} V(\lambda) \Phi_{e\lambda} d\lambda$$

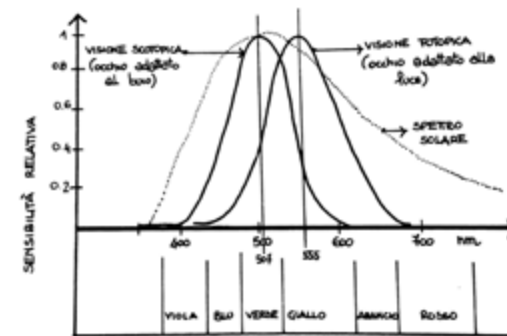


fig.8.51 CURVE DI SENSIBILITÀ SPETTRALE STANDARD DELL'OCCHIO
Grafico F. M. Butera, 1995

Intensità luminosa

L'intensità luminosa (F. M. Butera, 1995) esprime un flusso luminoso emesso da una sorgente infinitesima, supposta puntiforme, nell'angolo solido elementare attorno ad una data direzione r . Si ha dunque:

$$I = d\Phi_l / d\omega$$

Dove:

- $d\Phi_l$ = flusso luminoso emesso da una sorgente
- $d\omega$ = angolo solido del cono infinitamente piccolo avente come asse la direzione r

Si ricorda che l'angolo solido è l'estensione allo spazio della nozione di angolo piano. Se su una sfera di raggio r si ritaglia, con un cono che ha il suo vertice nel centro della sfera, una superficie dA , l'angolo solido di questo cono è:

$$d\omega = dA/r^2$$

Se il cono non è infinitamente piccolo si ha:

$$I = \Phi_l / \omega$$

Dove I indica il valore esatto per tutte le direzioni se il flusso è uniformemente distribuito. Se il flusso luminoso non è uniformemente distribuito, l'intensità non è la stessa in tutte le direzioni e il valore calcolato con la formula sopra riportata rappresenta il valore medio.

L'unità di misura dell'intensità luminosa è la candela (cd), che è l'intensità di una sorgente che emette uniformemente un flusso di 1 lumen in un angolo solido di 1 steradiante, dove lo steradiante (sr) è l'angolo solido che ritaglia una superficie di 1m^2 su una sfera di raggio 1 m. Una sorgente luminosa dell'intensità di una candela produce 4π (12,57) lumen di flusso luminoso; quindi ogni metro quadrato di superficie sferica che circonda la sorgente riceve un flusso luminoso pari a 1 lumen.

Illuminamento

L'illuminamento (F. M. Butera, 1995) E di un punto di una superficie si definisce come il rapporto fra il flusso luminoso incidente su un elemento infinitamente piccolo della superficie che contiene il punto e l'area dA di questo elemento.

$$E = d\Phi_l / dA$$

Quando si tratta di grandezze non infinitesimali, ecco che l'equazione sopra inserita dà il valore esatto dell'illuminamento per tutti i punti all'interno dell'area A di dimensioni finite se il flusso luminoso è distribuito uniformemente sulla superficie; diversamente, il rapporto indica il valore medio per tutti i punti che ricadono all'interno dell'area.

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux (lm/m^2). Un illuminamento è pari ad 1 lux se un flusso luminoso uniformemente distribuito di 1 lumen cade su un'area di 1 m^2 .

Se si combinano le equazioni di intensità luminosa e di illuminamento, facendo uso della legge del coseno, si trova il rapporto fra illuminamento E , intensità luminosa I della sorgente considerata, la distanza r fra la sorgente e il punto illuminato e l'angolo di incidenza θ dei raggi luminosi:

$$E = (I \cdot \cos\theta) / r^2$$

con:

$$d\omega = (dA / r^2) \cdot \cos\theta$$

Dal rapporto tra intensità luminosa e illuminamento, si evince anche la cosiddetta legge dell'inverso al quadrato: quando la superficie è normale alla direzione dell'intensità ($\cos\theta=1$; $E=I/r^2$), l'illuminamento di una superficie per effetto di una sorgente puntiforme diminuisce con il quadrato della distanza.

La normativa UNI EN 12464 stabilisce i requisiti illuminotecnici per interni, compiti e attività. La classificazione avviene in base a illuminanza media e uniformità tra area di svolgimento del compito e area circostante. Lo stralcio della norma, riportato a fianco, indica il valore di 200 lux medi per le aree destinate a scaffalatura, e 500 lux medi per le aree di lettura e per i banchi.

N° di Riferimento	Tipo di interno, compito o attività	\bar{E}_m (lx)
5.6.	Biblioteche	
5.6.1.	Scaffali	200
5.6.2.	Area di lettura	500
5.6.3.	Banchi	500

Illuminamento del compito (lux)	Illuminamento delle aree immediatamente circostanti (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{compito}$
Uniformità: ≥ 0.7	Uniformità: ≥ 0.5

fig.8.52 REQUISITI DI ILLUMINANZA MEDIA NEI LUOGHI DI LAVORO
Grafico estratto dalla normativa europea UNI EN 12464

fig.8.53 REQUISITI DI UNIFORMITÀ DI ILLUMINANZA (LUOGHI LAVORO)
Grafico estratto dalla normativa europea UNI EN 12464

Luminanza

La luminanza (F. M. Butera, 1995) è l'intensità luminosa per unità d'area emessa da una superficie in una data direzione:

$$L = dI / (dA \cdot \cos\theta)$$

Ovvero luminanza come rapporto tra intensità luminosa dI nella direzione data di un elemento infinitamente piccolo dA della superficie e l'area della proiezione ortogonale di questo elemento sul piano perpendicolare alla direzione considerata.

Il valore esatto di luminanza in una direzione per ciascun punto all'interno dell'area A non infinitamente piccola, con area totale avente luminanza uniforme, si ottiene dalla seguente relazione:

$$L = I / (A \cdot \cos\theta)$$

Se l'area totale non ha luminanza uniforme, il valore che si ottiene dalla relazione, esprime il valore medio nella direzione considerata per tutti i punti all'interno dell'area.

La luminanza si può anche esprimere come il rapporto tra intensità luminosa proveniente da una superficie luminosa in una data direzione e l'area apparente di quella superficie. Per area apparente si intende la proiezione di qualsiasi area della superficie in oggetto su un piano perpendicolare alla direzione di vista. L'unità di misura della luminanza è la candela al metro quadro (cd/m^2), quindi la luminanza è pari all'unità quando una sorgente luminosa di superficie apparente di 1 m^2 emette con una intensità di una candela.

Emetenza o radianza luminosa

Un elemento di superficie dA che emette un flusso totale (F. M. Butera, 1995) $d\Phi$ (in un angolo solido pari a $2\pi \text{ sr}$) possiede un'emetenza pari a:

$$R = d\Phi / dA$$

Nel caso di una superficie perfettamente diffondente esiste una relazione semplice tra la sua

emittenza luminosa e la sua luminanza:

$$R = \Phi / A = \pi L$$

La radianza si misura in lm/m^2 , cioè è dimensionalmente uguale all'illuminamento; la differenza sta nel fatto che la radianza riguarda l'illuminamento emesso.

Indicando con ρ il coefficiente di riflessione della superficie, cioè il rapporto fra il flusso emesso e quello incidente, si ha:

$$R = \rho \cdot E$$

Nel caso di superfici trasparenti, dato un coefficiente di trasmissione τ , si ha che:

$$R = \tau \cdot E$$

Di seguito si riporta un quadro riassuntivo delle principali grandezze fotometriche con le relative formule di definizione e le unità di misura.

Simbolo	Grandezza	Formola di definizione	Unità di misura
I	Intensità luminosa	$d\Phi_l/d\omega$	candela (cd)
L	Luminanza	$dI/(dA \cdot \cos\theta)$	nit (nt) = cd/m^2
Φ	Flusso luminoso	$\Phi_l = K_m \int_{380}^{780} V(\lambda) \Phi_{e\lambda} d\lambda$	lumen (lm) = $\text{cd} \times \text{sr}$
E	Illuminamento	$d\Phi_{\text{inc}}/dA$	lux (lx) = lm/m^2
R	Radianza	$d\Phi_{\text{em}}/dA = \pi L$	lm/m^2

tab.8.1 QUADRO RIASSUNTIVO DELLE GRANDEZZE FOTOMETRICHE
 Tabella F. M. Butera, 1995

Segue la descrizione sintetica dei due parametri di controllo fondamentale, largamente utilizzati durante la progettazione della LPL: fattore di luce diurna e abbagliamento.

Fattore di luce diurna

Il fattore di luce diurna FLD (F. M. Butera, 1995), chiamato anche Daylight Factor DF, è il parametro definito da Hopkinson nel 1963. Oggi è abbondantemente impiegato per l'impostazione degli studi volti a garantire una illuminazione diurna ottimale.

Esso è definito come rapporto tra l'illuminamento che si ha in un punto dell'ambiente per effetto dell'illuminazione globale ricevuta da un cielo di nota distribuzione di luminanza e l'illuminamento che, nello stesso istante, si avrebbe su una superficie orizzontale esposta all'aperto e schermata dall'irraggiamento solare diretto. Il parametro così definito risulta dipendente dalla località considerata.

Il coefficiente di illuminazione diurna è quindi scomponibile nella somma di tre componenti:

- componente cielo;
- componente di riflessione esterna;
- componente di riflessione interna;

In sintesi è quindi possibile affermare che il fattore di luce diurna è il rapporto percentuale tra l'illuminamento medio dell'ambiente, E_m , e l'illuminamento E_0 che si ha nelle stesse condizioni di tempo e spazio, su una superficie esterna che riceve luce dall'intera volta celeste, senza irraggiamento solare diretto:

$$FLD = (C.C.)/E_0 + (C.R.E.)/E_0 + (C.R.I.)/E_0$$

Dove:

- E_0 = illuminamento medio su superficie esterna esposta alle stesse condizioni e in assenza di irraggiamento diretto
- C.C. = componente cielo visibile
- C.R.E. = componente riflessioni esterne
- C.R.I. = componente riflessioni interne

La norma italiana UNI 10840, stabilisce i criteri generali per l'illuminazione naturale ed artificiale dei locali scolastici, definendo i valori di FLD auspicabili per aree destinate a biblioteca e scaffali.

La similitudine tra le destinazioni d'uso e la validità scientifica della norma, hanno consentito l'utilizzo dei valori di FLD consigliati anche per la progettazione della LPL.

Per le aree di lettura delle biblioteche, la norma indica come ottimali dei valori di FLD maggiori o uguali al 3%, mentre per le zone destinate a scaffalatura, non vi sono prescrizioni in termini di FLD.

Fenomeno dell'abbagliamento

A seconda delle proprietà riflettenti, ogni superficie (F. M. Butera, 1995) può essa stessa essere considerata come sorgente luminosa secondaria. Esiste infatti una relazione tra illuminamento medio E , riflettanza ρ e luminanza L della superficie:

$$L = \rho E / \pi$$

Ciò che vediamo nella realtà è l'insieme delle luminanze, o piuttosto le variazioni delle luminanze del campo visivo. La luminanza è pertanto la principale quantità illuminotecnica nonostante sia la quantità più complessa da calcolare e misurare.

Per tali ragioni, una grandezza derivata dalla luminanza, che ricopre un ruolo fondamentale nelle valutazioni di comfort visivo degli ambienti interni è il contrasto di luminanza C :

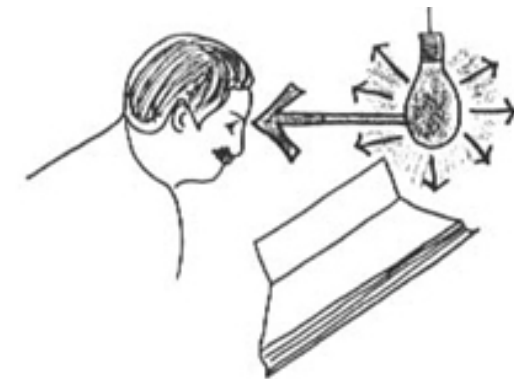
$$C = |(L_0 - L_s) / L_s| = |(L_0 / L_s) - 1|$$

Dove:

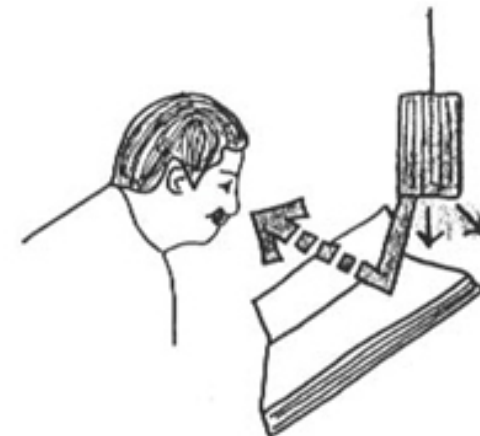
- L_0 = luminanza dell'oggetto
- L_s = luminanza dello sfondo

Come orientamento, i valori del rapporto L_0/L_s più vantaggiosi per il comfort visivo sono:

- fra oggetto e sfondo, per svolgere un lavoro 3:1



Abbagliamento diretto: presenza di superfici o oggetti (sorgenti luminose, vetrate, il sole) con luminanza molto elevata



Abbagliamento riflesso: riflessione di oggetti posti sul piano di lavoro della luce proveniente da altri corpi.

fig.8.54 TIPOLOGIE DI ABBAGLIAMENTO
Illustrazione F. M. Butera, 1995

- fra oggetto e superfici lontane più scure, per svolgere un lavoro, 10:1
- fra sorgenti luminose e l'intorno 20:1
- valore massimo, eccetto che per ragioni decorative, 40:1
- fra oggetto da mettere in evidenza e sfondo 50:1

Un oggetto, per essere percepito correttamente, deve avere una luminanza variabile fra 2 e 3 volte quella dello sfondo e fra 5 e 10 volte quella dell'ambiente.

Superati i limiti sopra citati si entra nel campo dell'abbagliamento, definibile come condizione di discomfort e/o riduzione della capacità di distinguere dettagli o oggetti, causata da una distribuzione inadeguata di luminanze o da contrasto eccessivo.

Come illustrato nella figura riportata nella pagina precedente, fenomeno dell'abbagliamento può essere classificato come abbagliamento diretto o riflesso. Nel primo caso si fa riferimento alle caratteristiche dell'ambiente e dalle sorgenti luminose direttamente presenti nel campo visivo del soggetto. L'abbagliamento indiretto fa può invece presentarsi in due forme: riflesso e di velo. Si parla di abbagliamento di velo può manifestarsi quando l'angolo di incidenza della luce sulla superficie è all'interno del campo.

Per limitare l'abbagliamento di tipo diretto occorre verificare anche i valori assoluti di luminanza delle sorgenti luminose (artificiali o naturali).

I valori limite di luminanza per illuminazione artificiale sono indicati dalla norma UNI 10380.

Nel caso di abbagliamento diretto è possibile calcolare un indice di discomfort DGR (discomfort glare rate) che è influenzato dai seguenti fattori:

- luminanza del campo visivo
- posizione di ogni sorgente abagliante
- dimensione angolare di ogni sorgente abbagliante
- luminanza di ogni sorgente abbagliante
- numero di sorgenti abbaglianti

Nel caso in cui sia richiesta una valutazione dall'abbagliamento causato da illuminazione

naturale, si utilizza un altro indice, detto Daylight Glare Index (DGI).

L'abbagliamento da luce naturale è prevalentemente dovuto alla luminanza della sorgente e a quelle delle pareti interne prossime alla superficie vetrata.

Il DGI si mantiene pressoché costante al variare delle dimensioni della finestra se questa ha una superficie maggiore del 2% della superficie del pavimento.

La progettazione della luce come approccio multidisciplinare

Come già accennato in precedenza, le strategie per un impiego della luce naturale e le strategie progettuali architettoniche sono inseparabili: dalla pianificazione urbana alla progettazione degli interni, l'intero processo progettuale degli edifici deve essere coinvolto.

La progettazione con (e per) la luce naturale persegue diversi obiettivi, in funzione della fase progettuale:

- fase concettuale di progettazione: lo schema dell'edificio nasce e cresce anche grazie a valutazioni illuminotecniche preliminari, in grado di influenzare la forma dell'edificio, le sue dimensioni (proporzioni), il rapporto tra superficie opaca e superficie trasparente, il grado di integrazione e il ruolo che gli impianti ricopriranno all'interno dell'edificio;
- fase progettuale: la progettazione vera e propria dell'edificio comprende anche l'analisi delle strategie relative all'impiego della luce naturale, che devono essere sviluppate per ciascuna zona dell'edificio.
- progetto esecutivo: la scelta dei materiali e dei prodotti dipende anche dalla strategia di luce naturale adottata per l'edificio, e i dettagli finali del progetto di luce naturale devono essere definiti assieme al progetto esecutivo.
- realizzazione e Vita dell'edificio: terminata la realizzazione dell'edificio, i sistemi di regolazione e controllo della luce devono essere calibrati, e successivamente inizia la fase di manutenzione.

Per quanto riguarda la Public Library oggetto del lavoro di tesi, molta attenzione è stata riservata

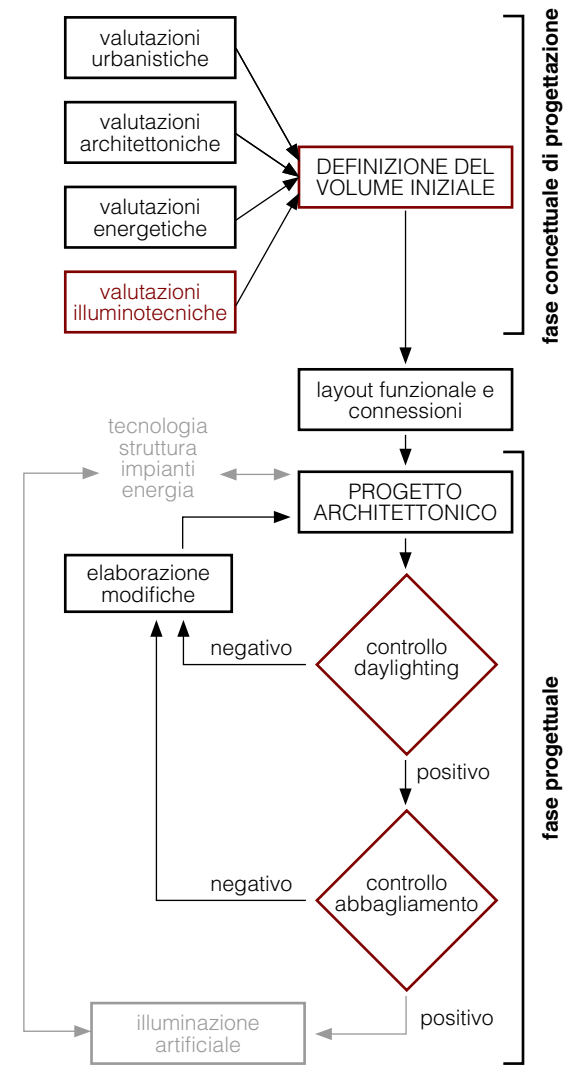


fig.8.55 PROGETTAZIONE MULTIDISCIPLINARE CON E PER LA LUCE
 Diagramma di progetto della Public Library

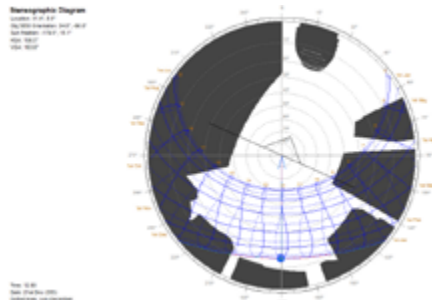


fig.8.56 DIAGRAMMA STEREOGRAFICO
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

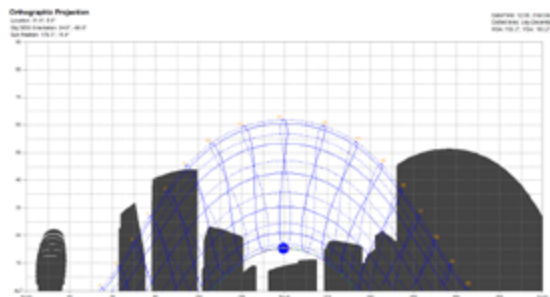


fig.8.57 PROIEZIONE ORTOGRAFICA
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

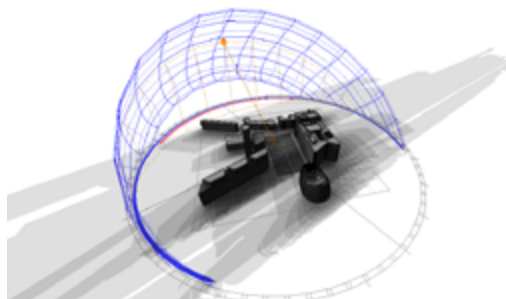


fig.8.58 SHADOW RANGE 23 SETTEMBRE (6-18)
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

all'aspetto della progettazione multidisciplinare della luce, soprattutto durante lo svolgimento delle prime due fasi sopra elencate, ovvero la fase concettuale di progettazione e la fase progettuale vera e propria dell'edificio. Nella figura a fianco è rappresentato il diagramma operativo seguito durante l'elaborazione del progetto.

Progettare con e per la luce: fase concettuale

Oltre a valutazioni urbanistiche, architettoniche, distributive ed energetiche, l'aspetto dell'illuminazione naturale ha ricoperto un ruolo importante nella definizione del volume iniziale dell'edificio. L'analisi dell'illuminazione naturale dell'area è stata condotta al fine di individuare le zone con maggiore potenzialità di risorse passive in termini di soleggiamento invernale e di abbattimento dell'apporto solare estivo che, unitamente ai carichi termici interni, potrebbe dar luogo ad un fabbisogno di energia frigorifera non indifferente.

Inoltre, massimizzare l'ingresso di luce naturale comporta un incremento del comfort luminoso degli spazi interni e l'abbattimento dei consumi di energia elettrica per l'illuminazione artificiale. La luce naturale è caratterizzata da un elevato grado di aleatorietà: condizioni meteorologiche, ora del giorno, periodo dell'anno, posizione geografica e ostruzioni dell'intorno, sono tutte variabili che incidono profondamente sulla quantità e sulla qualità dell'illuminazione naturale. Per lo studio delle ombre presenti sul sito di progetto è stato utilizzato il software Ecotect Analysis®, in grado di generare rapidamente degli output grafici estremamente intuitivi, contenenti informazioni relative all'ombreggiamento del sito di progetto.

Il modello 3d sottoposto all'analisi dell'ombreggiamento contiene tutti quei volumi in grado di ostruire la componente solare diretta incidente sul lotto di progetto, riporta la direzione del Nord e la località di progetto (Londra, UK).

Il diagramma stereografico e la proiezione ortografica ottenuti dal software e riportati a fianco, mostrano chiaramente che il volume in grado di oscurare maggiormente la volta celeste visibile dal sito di progetto è costituito dall'edificio denominato "3 More London Riverside"

che, trovandosi principalmente a Nord-ovest rispetto al sito di progetto, dovrebbe oscurarne la superficie soprattutto durante le ore pomeridiane delle stagioni estive, riducendo l'apporto solare sull'area e, conseguentemente, il fabbisogno di energia per la climatizzazione estiva della Library. I volumi posti ad sud-est dell'area d'interesse, generano ombreggiamenti rilevanti soprattutto durante le ore mattutine, mentre a sud l'abbassamento del tessuto urbano, consente di avere apporti solari e luminosi importanti durante tutto l'anno.

In generale si può affermare che l'orientamento del lotto e la disposizione dei volumi d'intorno costituiscano degli elementi positivi per lo sviluppo del progetto, dal momento in cui gli orientamenti est e ovest, più svantaggiosi per difficoltà del controllo solare estivo, vengono ombreggiati dai volumi dell'intorno durante tutto l'anno, compresa la stagione estiva. Il fatto di avere a disposizione un lato sud praticamente libero da ombreggiamenti importanti, viene valutato anch'esso come un aspetto positivo, poiché la radiazione solare proveniente da sud è più facilmente controllabile di quella proveniente da est e da ovest, sia per quanto riguarda la componente luminosa, sia per quanto riguarda l'apporto solare termico.

Dall'analisi emerge come l'intorno ostruisca la radiazione solare nei mesi invernali, soprattutto da novembre a febbraio. Il ridotto angolo di elevazione solare consente un soleggiamento significativo del lotto esclusivamente nelle ore centrali della giornata, da metà mattinata fino alle prime ore pomeridiane.

Lo studio dell'ombreggiamento del sito in diversi momenti dell'anno, soprattutto in corrispondenza degli equinozi, mostra che sull'area sono presenti ombre portate lungo tutta la giornata, ad eccezione di una ridotta finestra temporale tra le 12:15 e le 14:15. I lati Nord-ovest e sud-est sono quelli che risentono maggiormente dell'ombreggiamento dell'intorno.

Durante il solstizio d'inverno la finestra temporale di soleggiamento diretto di tutto il sito di progetto si riduce a zero: non vi sono momenti della giornata in cui l'area non sia ombreggiata. L'intensità dell'ombreggiamento segue la stessa logica descritta per gli equinozi: bassa intensità a sud e alta intensità a est e ad ovest.

Prevedibilmente, invece, la finestra temporale soleggiamento completo del sito, aumenta

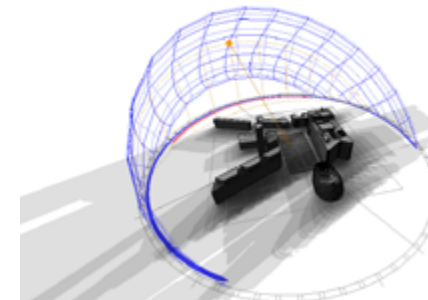


fig.8.59 SHADOW RANGE 21 MARZO (7-19)
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

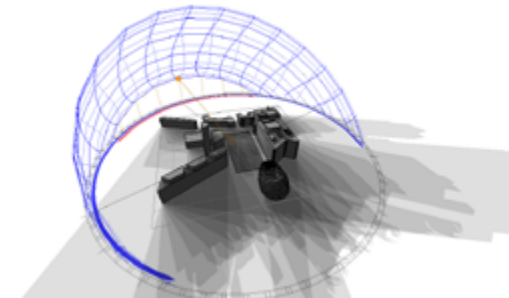


fig.8.60 SHADOW RANGE 21 DICEMBRE (8-16)
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

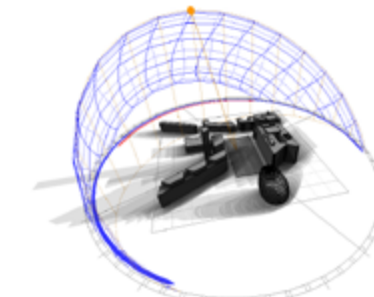


fig.8.61 SHADOW RANGE 21 GIUGNO (5-20)
Analisi ottenuta tramite software Ecotect Analysis

durante il solstizio d'estate: l'area rimane completamente soleggiata a partire dalle 11:00 fino alle 4:15, guadagnando un'ora rispetto agli equinozi.

Come indicato nel diagramma di progetto, la definizione del volume iniziale dell'edificio è il risultato di molteplici valutazioni, tra le quali ritroviamo le valutazioni illuminotecniche appena descritte. Per i dettagli delle valutazioni urbanistiche, architettoniche ed energetiche si rimanda ai rispettivi capitoli.

Progettare con e per la luce: fase progettuale

Organigramma, layout funzionale e definizione delle connessioni verticali e orizzontali, hanno contribuito a definire uno schema distributivo di massima, secondo quanto riportato nelle rispettive tavole.

La prima parte della fase progettuale è stata quindi affrontata per giungere ad un'ottimizzazione del progetto architettonico preliminare.

Il concetto di lavorare con "ambienti in ambienti", seppur vantaggioso dal punto di vista energetico e acustico, comporta una sensibile riduzione dell'apporto di luce naturale, soprattutto in termini di FLD (fattore luce diurna).

L'ambiente critico dal punto di vista dell'illuminazione naturale, è stato individuato nel piano della library dedicato ai giovani, denominato "first floor - young". Si tratta infatti dell'ambiente che, a parità di livelli di comfort visivo e illuminazione naturale richiesti in una Public Library, è situato nella peggior posizione rispetto alle superfici trasparenti direttamente a contatto con l'esterno.

Un ulteriore ambiente critico, per ragioni opposte rispetto al piano dedicato ai giovani, è quello dedicato all'archivio. Questo livello è caratterizzato dal fatto di essere abbondantemente esposto alla radiazione solare. Il problema illuminotecnico da trattare, in questo caso, è quello dell'abbagliamento.

Prima serie di simulazioni e modifiche architettoniche

In una fase ancora embrionale del progetto architettonico, è stata effettuata una prima serie di simulazioni illuminotecniche al fine di ottimizzare la forma del volume contenente la Public Library. Grazie al software VELUX Daylight Visualizer®, è stato possibile indagare il grado di FLD medio sul piano di lavoro (80 cm) al variare dei parametri riportati nella seguente tabella:

Simulazione	Intorno	vetro esterno	offset vetrato	luce zenitale	modellazione piani
A	✓	✓	X	X	X
B	✓	✓	✓	X	X
C	✓	✓	✓	✓	X
D	✓	✓	✓	✓	✓

tab.8.2 VARIABILI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D
Tabella di riassunto delle simulazioni illuminotecniche A, B, C e D

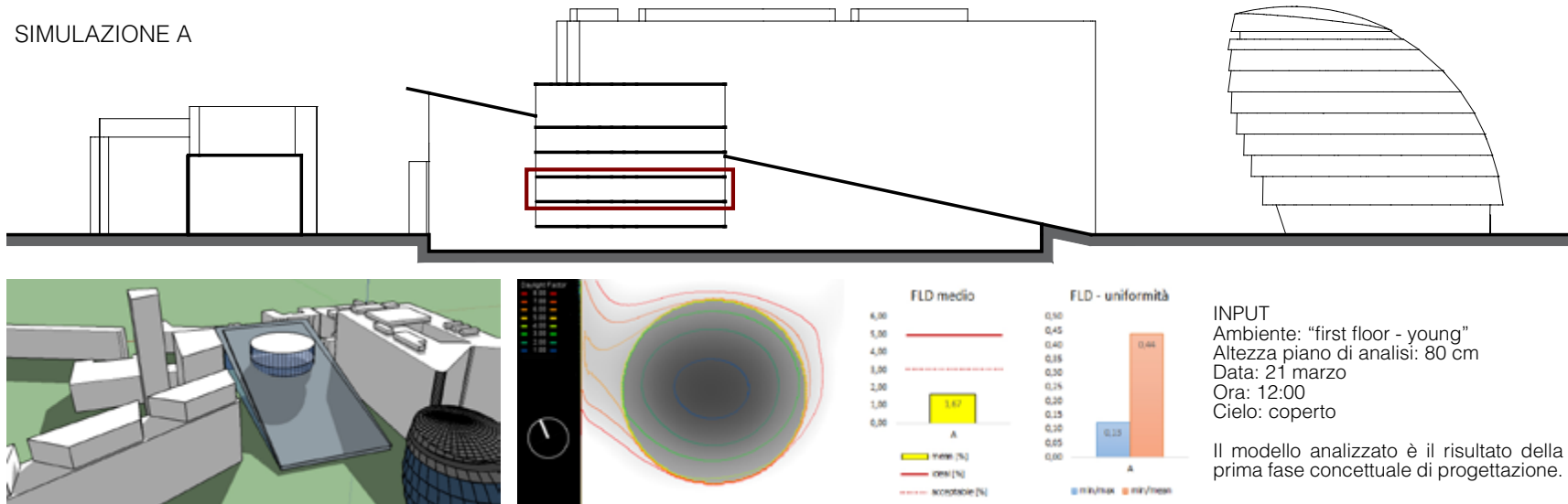
Di seguito si riportano i dati di input, i risultati ottenuti e le modifiche elaborate di volta in volta; in ogni tavola sono riportati i seguenti elaborati:

- sezione longitudinale e vista 3d del modello virtuale sottoposto alla simulazione;
- output grafico del livello di FLD misurato alla quota del piano di lavoro (80 cm dal piano di calpestio);
- grafico riassuntivo del valore di FLD medio misurato;
- grafico riassuntivo dei due valori di uniformità in termini di FLD rilevati (mean/max e min/max).
- riassunto dei dati di input.

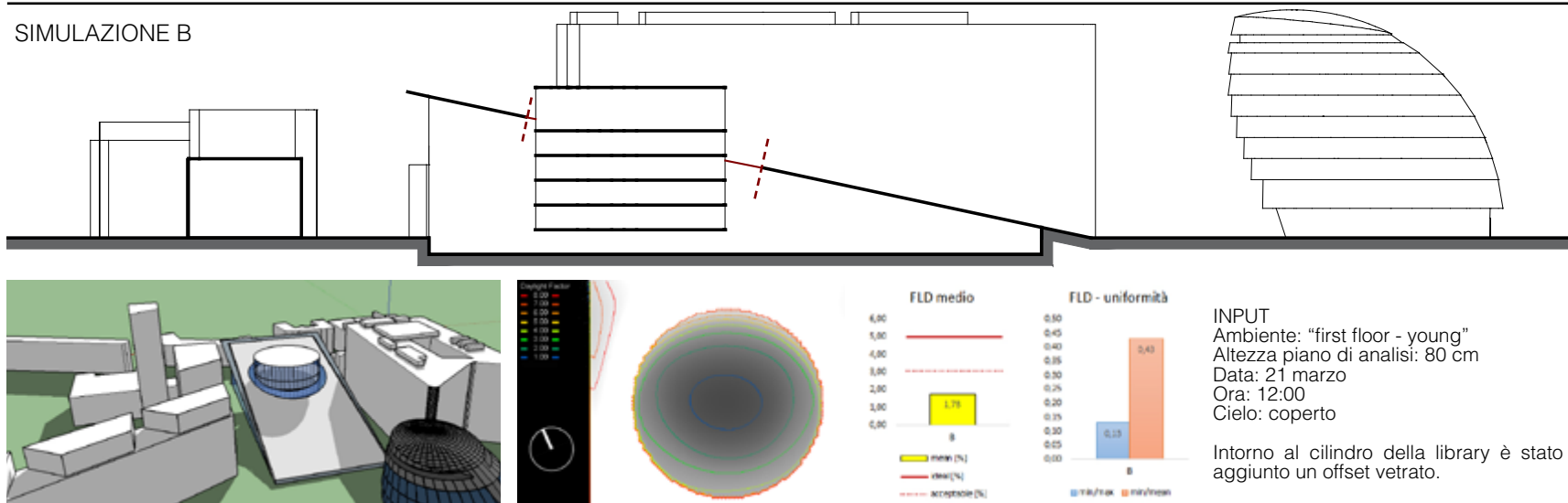
Ogni tavola evidenzia effetti e benefici apportati ai livelli di illuminazione naturale grazie alle progressive modifiche architettoniche. Il processo di ottimizzazione del progetto architettonico, così eseguito, enfatizza i singoli incrementi apportati dalle varie soluzioni architettoniche.

fig.8.62 SIMULAZIONI A, B, C E D
(pagine seguenti) Tavole riassuntive della simulazioni illuminotecniche A, B, C e D

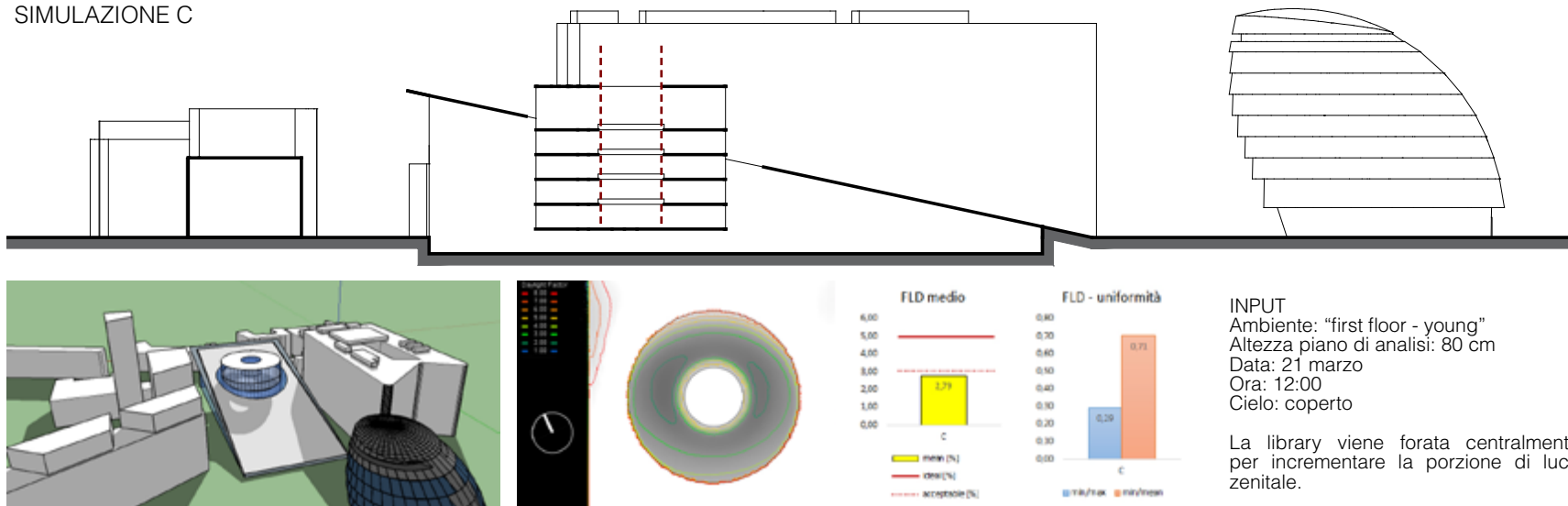
SIMULAZIONE A



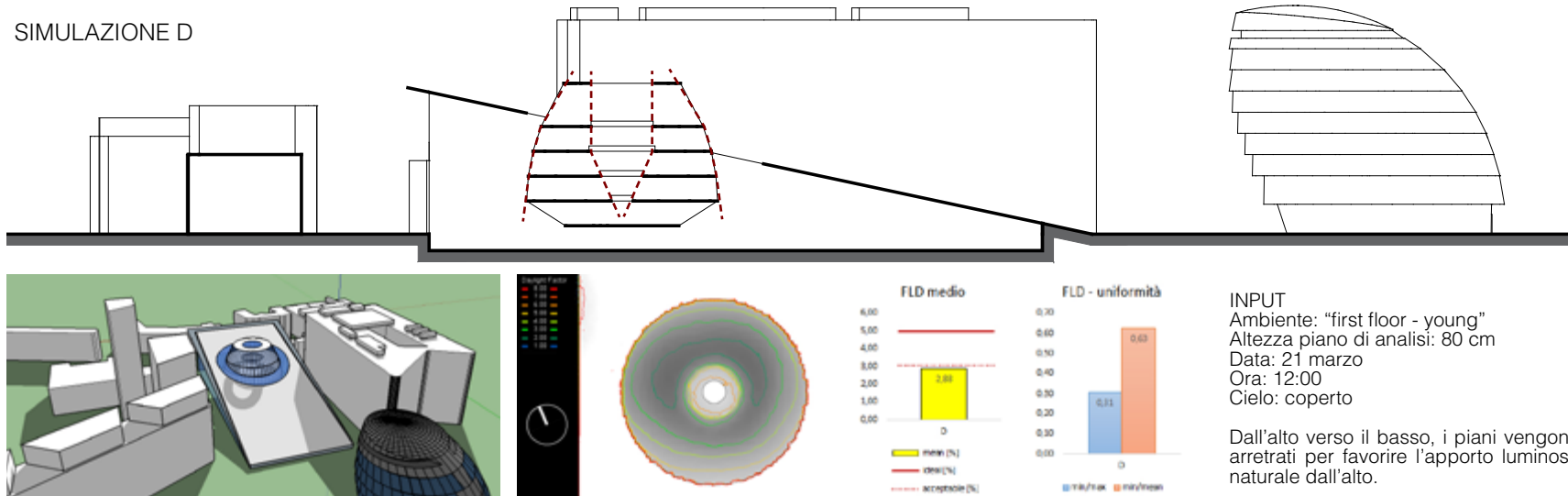
SIMULAZIONE B



SIMULAZIONE C



SIMULAZIONE D



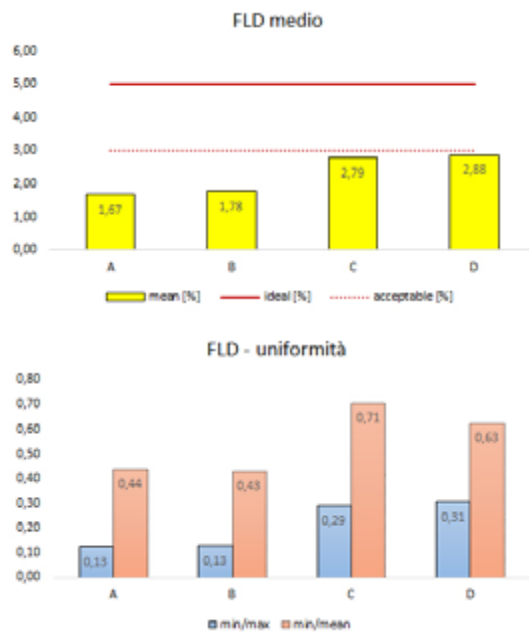


fig.8.63 FLD: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D
 Grafici dei risultati delle simulazioni A, B, C e D: FLD medio e uniformità sul piano di lavoro

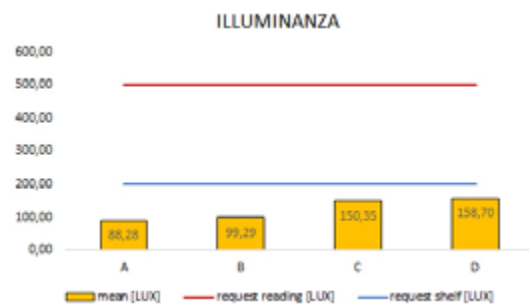


fig.8.64 ILLUMINANZA: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D
 Grafico dei risultati delle simulazioni A, B, C e D: illuminanza

Simulazioni A, B, C, D: valutazioni

Come evidenziato da inizio capitolo e dalle tavole riassuntive, i dati di input, la presenza di un intorno e l'involucro esterno completamente vetrato, sono state considerate come condizioni costanti durante tutta la prima serie di simulazioni.

In questo modo è stato possibile valutare gli incrementi in termini di grado di FLD medio e uniformità dell'illuminazione naturale sul piano di lavoro dell'ambiente scelto.

I due grafici riportati a fianco riassumono i risultati ottenuti in funzione della simulazione di riferimento.

Le modifiche adottate di volta in volta hanno consentito di incrementare il livello del fattore di luce diurna fino a raggiungere un valore prossimo a quello accettabile per ambienti tipologicamente simili a quello preso in esame. In particolare si denota come il contributo maggiore sia dovuto all'apertura di un foro centrale per la diffusione di luce zenitale proveniente dall'alto. La % di FLD della simulazione C (con foro centrale) è infatti maggiorata di più del 50% rispetto alla % di FLD della simulazione precedente (senza foro centrale).

Anche il grado di uniformità dell'illuminazione naturale sul piano di lavoro risente positivamente delle modifiche proposte. Il parziale decremento di uniformità che si è registrato tra le opzioni C e D è probabilmente causato dal fatto che una soluzione a orizzontamenti "scalati" rispetto al foro centrale e rispetto all'involucro esterno, comporta un aumento di FLD localizzato sia nell'intorno del pozzo di luce centrale che lungo la circonferenza del livello preso in esame. Questa supposizione è confermata dall'incremento di FLD medio registrato confrontando le simulazioni D (ad orizzontamenti scalati) e la simulazione C (ad orizzontamenti non scalati).

A parità di condizioni al contorno, l'illuminanza media sul piano di lavoro è risultata essere ben al di sotto dei valori minimi richiesti sia per le zone da destinare a scaffali (almeno 200 lux) sia per le zone da destinare a compiti visivi più complessi e delicati, come la lettura (500 lux).

Tali risultati, poco significativi in questa fase, devono essere contestualizzati e letti tenendo conto delle seguenti considerazioni:

- Condizioni al contorno sfavorevoli;
- Dati di input sfavorevoli;
- Possibilità scegliere il posizionamento delle varie funzioni del piano analizzato in base al grado di illuminanza richiesto;
- Possibile integrazione tramite l'ausilio di illuminazione artificiale dimerabile;
- Posizione svantaggiosa dell'ambiente analizzato all'interno dell'edificio;

In base alle considerazioni appena espresse, risulta ancora prematura un'analisi quantitativa dei livelli di illuminamento del piano "first floor - young".

È però possibile compiere delle valutazioni qualitative relative alla disposizione delle funzioni sul piano, come illustrato nella figura a fianco, a seconda dei requisiti di luce naturale richiesti. All'interno dell'ambiente si possono quindi riconoscere tre zone concentriche con livelli omogenei di illuminazione naturale:

- Anello centrale con buona illuminanza media (circa 300 lux) [1];
- Anello intermedio scarsamente illuminato dalla luce naturale (circa 150 lux) [2];
- Anello esterno discretamente illuminato (circa 250 lux medi) [3].

A conferma delle considerazioni espresse precedentemente in relazione allo scarso livello di illuminanza media ottenuta (E_m), è utile precisare che a latitudini alte come quella di Londra (51° 30' 30 N), la potenza della radiazione luminosa è generalmente più bassa di quella misurabile ad latitudini inferiori. Ciò spiega i contenuti valori di E_m e E_0 e il fatto che il rapporto tra i due (FLD) rimanga sostanzialmente invariato a seconda della località e a parità delle altre condizioni al contorno.

Di seguito vengono riportate delle figure riassuntive di simulazioni di modelli identici posizionati in differenti località (Londra e Roma), da interpretare tenendo a mente la definizione di FLD:

$$\% \text{FLD} = E_m / E_0$$

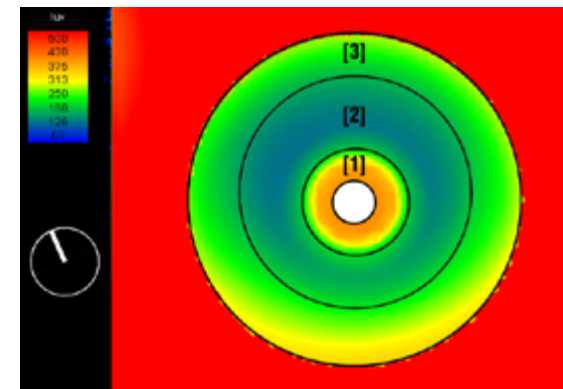


fig.8.65 ILLUMINANZA: SUDDIVISIONE IN ZONE
OutputVELUX daylight visualizer in falsi colori, simulazione D

fig.8.66 ILLUMINANZA E FLD: LATITUDINI DIFFERENTI (ROMA)
 Output VELUX daylight visualizer in falsi colori e ISO

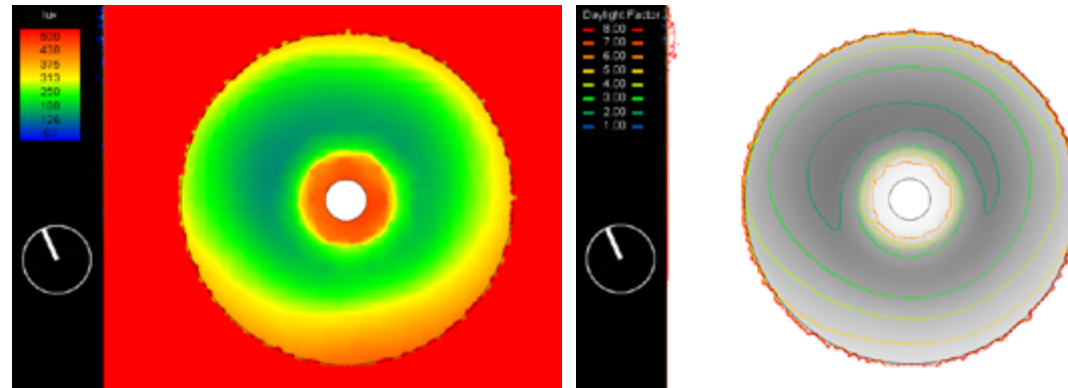
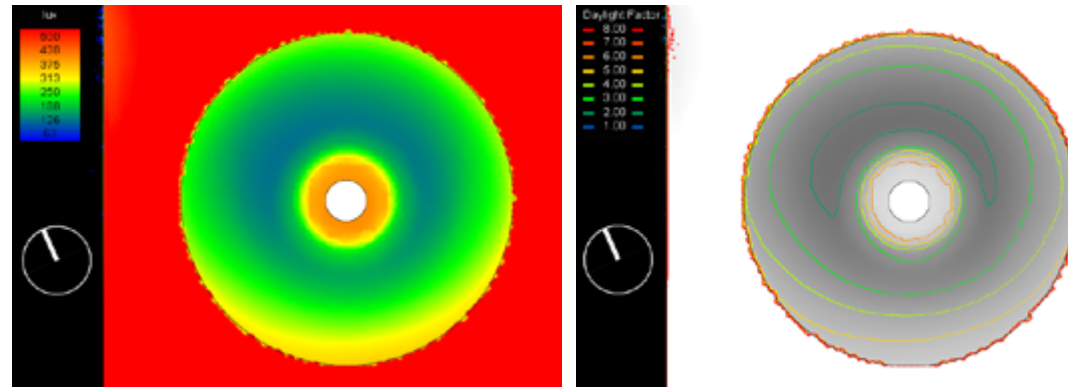


fig.8.67 ILLUMINANZA E FLD: LATITUDINI DIFFERENTI (LONDRA)
 Output VELUX daylight visualizer in falsi colori e ISO



Facendo riferimento al paragrafo introduttivo intitolato: “illuminazione diurna e problema energetico” occorre anche valutare l’aspetto energetico delle diverse modifiche apportate al progetto.

- Simulazione A: l’elemento architettonico della Library, temporaneamente indicato come un cilindro vetrato sporgente da un volume monofalda presenta un vantaggio significativo, ovvero quello di essere in scambio termico con una zona filtro parzialmente climatizzata.
- Simulazione B: l’apertura di un offset vetrato sulla copertura inclinata che racchiude

“l’Open Plaza” comporta un aumento del consumo di energia termofrigorifera necessaria alla climatizzazione dell’ambiente racchiuso. Tale soluzione impatta però solo in modo indiretto sul consumo termofrigorifero necessario a climatizzare la Library vera e propria, considerato che si tratta di un ambiente climatizzato (Library) immerso in un ambiente parzialmente climatizzato (Open Plaza). La modifica non è quindi in grado di causare un incremento rilevante dei consumi energetici destinati a riscaldamento invernale e raffrescamento estivo, mentre comporta un abbattimento sensibile del consumo di energia elettrica per l’illuminazione artificiale ed un conseguente miglioramento del comfort visivo interno.

- Simulazione C: l’apertura del foro centrale per l’ingresso di luce zenitale nel volume della library è forse la modifica che più di tutte impatta sui consumi energetici e sull’incremento del comfort visivo interno. Dal punto di vista dei consumi termofrigoriferi, la bucatatura della copertura ne abbassa sensibilmente il valore di trasmittanza, favorendo lo scambio termico diretto tra interno ed esterno. Contemporaneamente, l’incremento illuminamento naturale dei piani critici è notevole.
- Simulazione D: la modellazione delle solette, invece, non comporta nessuno svantaggio dal punto di vista energetico ma solo un beneficio legato alla diminuzione di fabbisogno energetico destinato a illuminazione artificiale.

Seconda serie di simulazioni e modifiche architettoniche

Dopo aver ottimizzato il progetto architettonico preliminare dal punto di vista dell’illuminamento naturale e aver fissato delle indicazioni di massima in grado di guidare la disposizione delle funzioni di pertinenza del piano (e di tutto il progetto), si è proceduto all’analisi di un modello più dettagliato di quello impiegato per la prima serie di simulazioni illuminotecniche.

Al modello di partenza sono infatti stati aggiunti e/o modificati alcuni elementi in grado di alterare in modo significativo i risultati della prima serie di simulazioni:

- volumi d'intorno trattati non solo come corpi ombreggianti ma anche come corpi moderatamente riflettenti (riflettanza 0.20)
- locali affacciati sul prospetto sud dell'edificio, ovvero il lato prospiciente a Tooley Street;
- distribuzione verticale della Library e vani scala d'emergenza;
- servizi igienici e vani impiantistici al piano di analisi;
- struttura portante verticale della Library;
- parapetti intorno al foro centrale della Library;
- aggiornamento della copertura inclinata e aggiunta della terrazza soprastante alla Library;
- oscuramenti solari del volume sporgente dalla copertura verde inclinata e terrazze sul lato sud;

Come riassunto nella tabella seguente, sono state definite tre ulteriori serie di simulazioni, con obiettivi differenti:

serie	variabile	ambiente di analisi
E (E1, E2)	tipologia di parapetto disposto attorno al foro centrale: trasparenza vs riflettanza	first floor - young
F (F1, F2, F3, F4)	disposizione delle parti opache del rivestimento della library: acustica vs illuminotecnica	first floor - young
G (G1, G2)	introduzione di un frangisole interno e di oscuramenti solari avvolgibili: abbagliamento con luce naturale vs fattore di luce diurna	first floor - young fourth floor - archive

tab.8.3 VARIABILI E OBIETTIVI DELLE SIMULAZIONI E, F E G
Tabella di riassunto delle obiettivi e degli ambienti analizzati

La disposizione architettonica a cui si fa riferimento è quella elaborata in una fase intermedia di progettazione che viene di seguito riportata, elaborata conseguentemente alle considerazioni qualitative riportate nel paragrafo precedente.

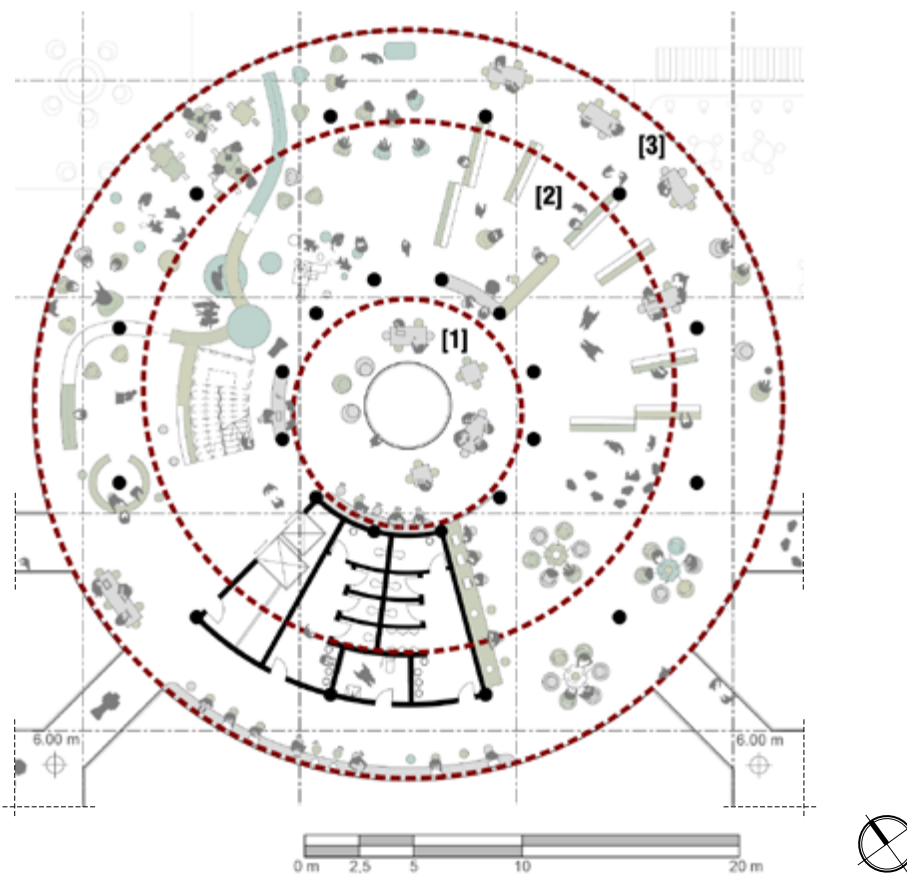


fig.8.68 SCHEMA DISTRIBUTIVO INTERMEDIO "FIRST FLOOR - YOUNG"
Pianta del primo piano della Library

Come mostrato nella figura sopra riportata, gli anelli centrale e esterno ([1] e [3]) sono stati coerentemente impiegati per la disposizione delle funzioni che richiedono una qualità e una quantità di luce naturale maggiore (lettura e studio). L'anello intermedio, non essendo illuminato in modo adeguato da luce naturale, è stato adibito principalmente a scaffale aperto, funzione che richiede standard illuminotecnici molto meno gravosi. Nella zona critica del

SIMULAZIONI E1 e E2, Dati di INPUT

Ambiente: "first floor - young"
 Altezza piano di analisi: 80 cm
 Data: 21 marzo
 Ora: 12:00
 Cielo: coperto
 Variabile: parapetto trasparente / parapetto riflettente

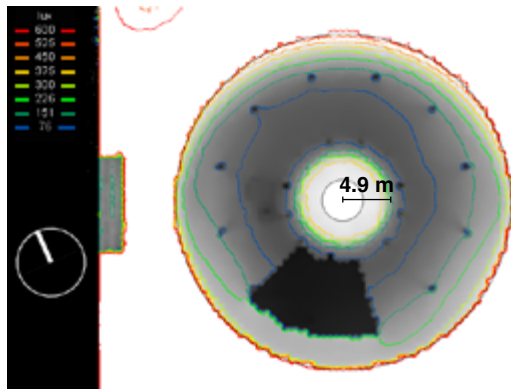


fig.8.69 ILLUMINANZA "FIRST FLOOR" - PARAPETTO TRASPARENTE
 Risultato della simulazione E1

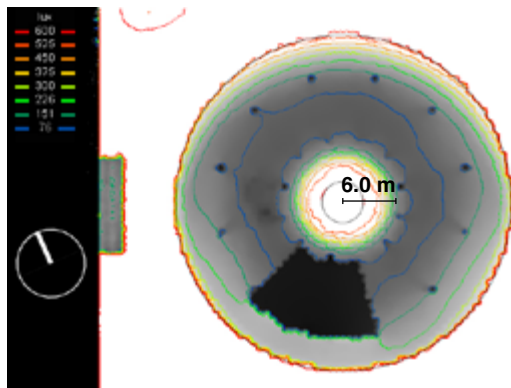


fig.8.70 ILLUMINANZA "FIRST FLOOR" - PARAPETTO RIFLETTENTE
 Risultato della simulazione E2

piano, emerge fin da subito la necessità di dover integrare in modo costante l'illuminazione naturale per mezzo di sorgenti artificiali.

Simulazioni E1 e E2: valutazioni

L'esigenza di minimizzare l'estensione dell'anello intermedio al fine di ridurre il consumo di energia elettrica destinato all'illuminazione artificiale degli spazi, ha reso indispensabile lo studio di soluzioni in grado di aumentare la quantità e la qualità di luce naturale proveniente dal foro centrale. Le simulazioni E1 ed E2 riportano i risultati ottenuti in termini di illuminanza a seconda della tipologia di parapetto disposto intorno al foro centrale. Le figure a fianco dimostrano come, a parità di condizioni al contorno, la soluzione con parapetto riflettente comporti una maggiore estensione dell'anello centrale a buon illuminamento naturale ed un maggior livello di illuminanza media incidente su tale area. L'aumento del raggio dell'anello centrale avviene a discapito dell'anello intermedio ma ha l'inconveniente di incidere negativamente sul valore di uniformità dell'illuminamento della zona di analisi (rapporto E_{min}/E_{max} e E_{min}/E_{mean} su [1]).

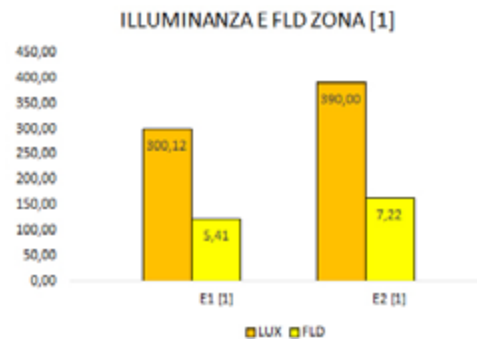


fig.8.71 RISULTATI SIMULAZIONI E1 e E2, ZONA [1]
 Grafico riassuntivo dei livelli di FLD e illuminanza medi, zona [1]



fig.8.72 RISULTATI SIMULAZIONI E1 e E2, ZONA [1]
 Grafico riassuntivo del livello di uniformità, piano completo

Dai dati appena riportati, emerge chiaramente il vantaggio di intervenire sulla scelta del materiale del parapetto del foro centrale, in modo tale da incrementare i valori di FLD e illuminanza misurabili al piano critico. Il decremento del grado di uniformità viene compensato con l'ausilio di illuminazione artificiale, già indicata come necessaria a soddisfare i requisiti di illuminazione dell'anello intermedio ([2]).

In termini percentuali, l'impiego di un parapetto riflettente riesce ad apportare un incremento di FLD (zona [1]) pari al 33% misurato in condizioni di cielo coperto e in corrispondenza delle ore 12:00 del 21 marzo.

Al fine di massimizzare l'apporto positivo di illuminanza dovuto alla presenza di un parapetto riflettente, durante le simulazioni sono state impiegate diverse soluzioni. In generale si può affermare che le grandezze fotometriche da valutare per una corretta scelta del materiale siano 3: riflettanza, rugosità e specularità.

Come mostrato dal grafico sottostante, i parametri che incidono positivamente sul valore di illuminanza media incidente sul piano di lavoro posto a 80 cm della zona [1], sono specularità e riflettanza.

Per valori compresi tra 0 e 0,1, il parametro della rugosità non incide in modo sostanziale sui risultati delle analisi. Per rugosità maggiori di 0,1, l'effetto sul livello di luminanza media incidente sulla zona [1] del piano è leggermente negativo, in controtendenza agli andamenti calcolati per specularità e riflettanza.

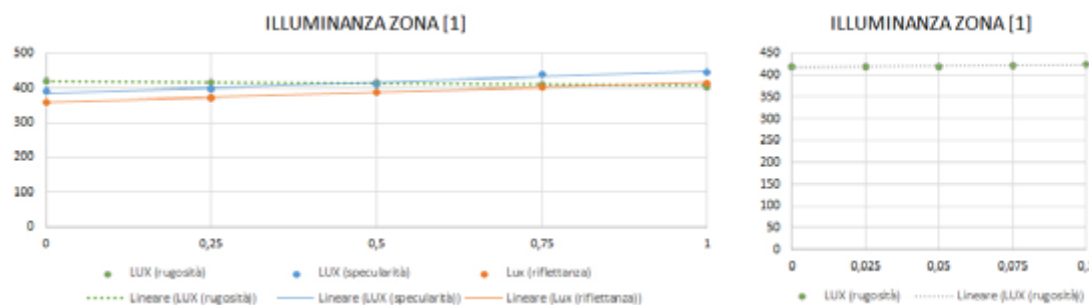
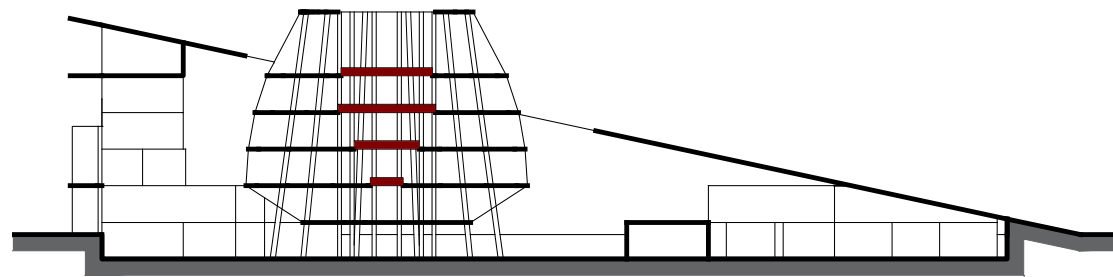
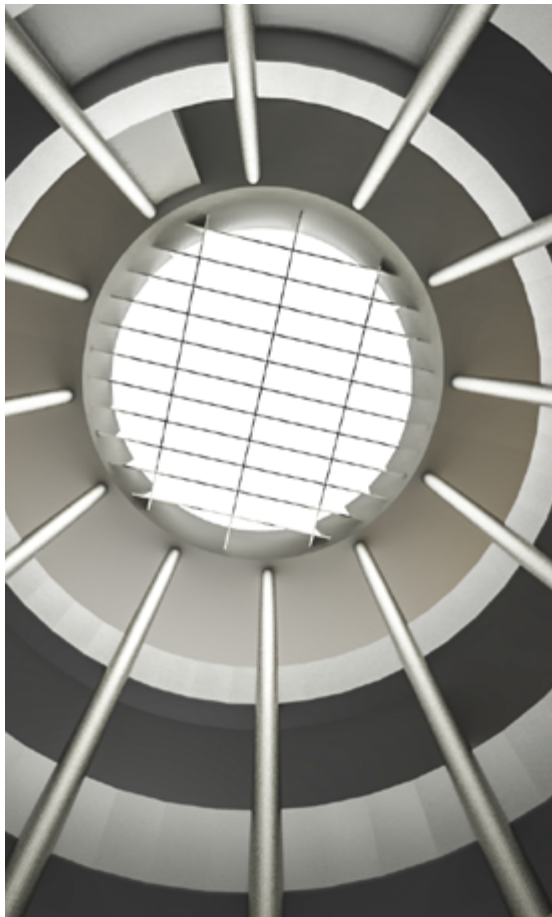


fig.8.73 RILEVAZIONI AL VARIARE DEL MATERIALE DEL PARAPETTO, ZONA [1]
 Grafici riassuntivo dei livelli di illuminanza medi riscontrati

fig.8.74 FORO CENTRALE - VISTA INTERNA
(in alto) Riflessione e luce diretta nel "pozzo di luce"

fig.8.75 DISPOSIZIONE DEI PARAPETTI
(in alto a dx) Posizionamento degli oggetti dell'indagine

fig.8.76 PARAPETTO IN PANNELLI DI ACCIAIO PIENO VERNICIATO
(in basso a dx) Esempi esistenti



Specularità e riflettanza del materiale di cui è costituito il parapetto, se analizzati singolarmente e assunti tra i valori di massimo 1 e minimo 0, apportano un ulteriore vantaggio in termini di illuminanza incidente sulla zona [1] del piano di analisi, compreso tra il 14% e il 15%.

Il materiale impiegato per il rivestimento del parapetto metallico è stato scelto seguendo le precedenti indicazioni: alta specularità, alta riflettanza e rugosità compresa tra 0 e 0,1. Com'è noto, i metalli sono i materiali a miglior comportamento in termini di trasmissione della radiazione luminosa a tutte le lunghezze d'onda, comprese quelle della radiazione visibile (380 ÷ 780 nm). Per questo motivo i pannelli scelti per il rivestimento del parapetto sono in lamiera piena di acciaio verniciato bianco.

Simulazioni F1, F2, F3, F4: valutazioni

Il controllo acustico del grande spazio situato al piano seminterrato, denominato “open plaza”, comporta la predisposizione di ampie superfici fonoassorbenti.

La grande piastra di copertura in C.A., impiegata come massa per l’assorbimento di parte dei carichi termici estivi, necessita di essere direttamente a contatto con gli ambienti da climatizzare e quindi non risulta attrezzabile per mezzo di un classico sistema di controsoffitto fonoassorbente all’intradosso. Per questa ragione il controllo acustico dell’ambiente deve essere demandato, almeno in parte, ad altri elementi tecnici dell’edificio, tra i quali viene individuato il rivestimento della partizione verticale che separa gli ambienti della Library dalla restante parte del volume. Nasce quindi l’esigenza di verificare che la parziale opacizzazione dell’involucro della Library non determini una diminuzione consistente dei livelli di illuminanza media incidenti sul piano critico della Library.

Un’ulteriore serie di quattro simulazioni (F1, F2, F3 e F4) ha lo scopo di individuare la miglior combinazione nella disposizione di parti opache e parti trasparenti del rivestimento del piano critico, al fine di massimizzare l’estensione della superficie destinabile all’assorbimento della potenza sonora emessa dagli spazi sottostanti, senza però incidere troppo negativamente sui livelli di illuminanza e FLD del piano critico.

Un livello di opacizzazione del 30 ÷ 35% della superficie esterna del piano critico è considerato soddisfacente ai fini del posizionamento di pannelli fonoassorbenti.

La superficie esterna della partizione verticale viene suddivisa in 4 fasce orizzontali alte 1m ciascuna, fasce che possono esser completamente o parzialmente opacizzate. Questa scelta permette di garantire una connessione visiva tra le postazioni di lettura/studio e la piazza coperta, indipendentemente dalla postura dell’utente (seduto o in piedi).

A fianco sono indicate le diverse combinazioni di parti opache e trasparenti, impiegate nelle simulazioni F1, F2, F3 e F4. In particolare si è scelto di combinare volta per volta la prima fascia opaca da terra con le fasce superiori.

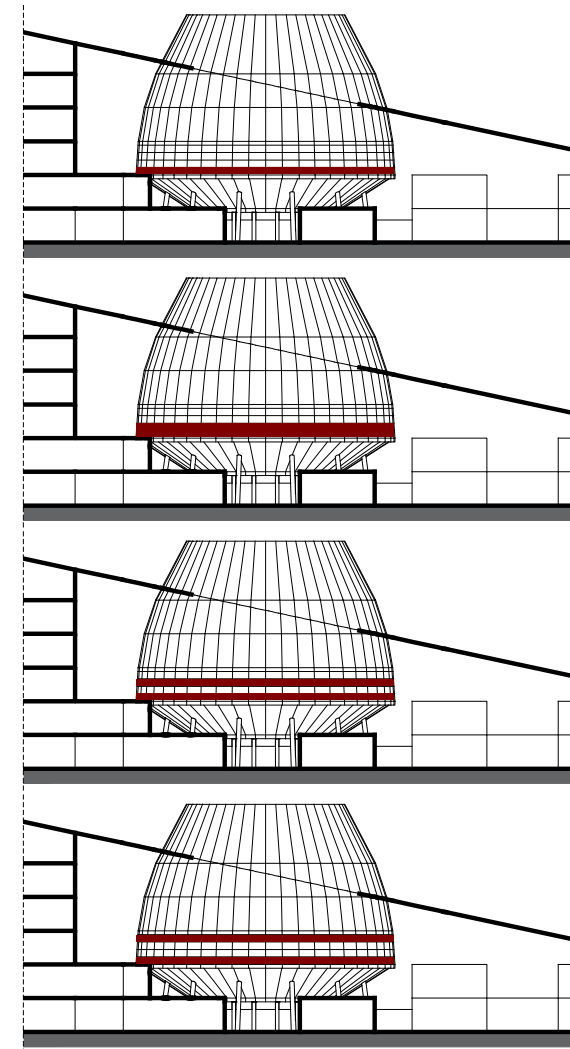


fig.8.77 COMBINAZIONI DI POSIZIONAMENTO DEI PANNELLI OPACHI
Schema delle ipotesi sottoposte alle simulazioni F1, F2, F3 e F4

SIMULAZIONI F1, F2, F3 e F4, dati di INPUT

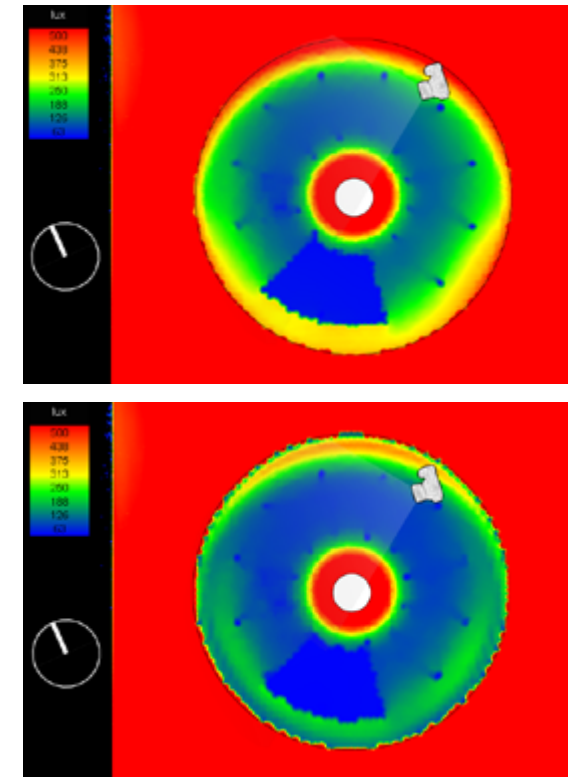
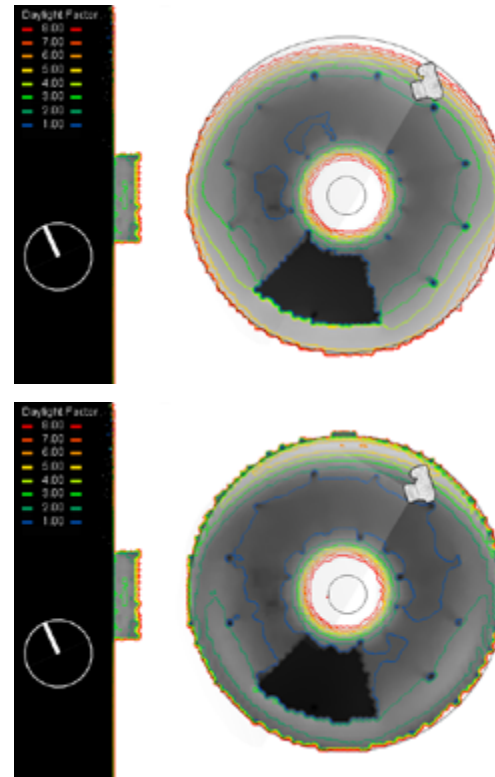
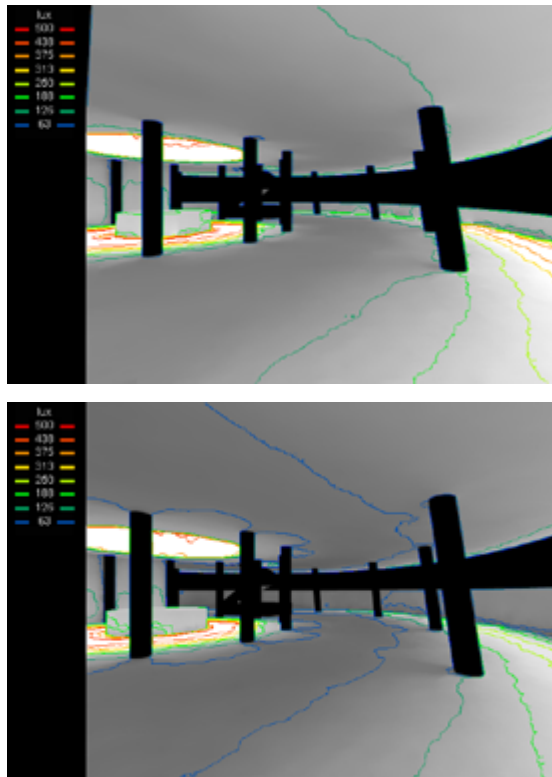
Ambiente: "first floor - young"
 Altezza piano di analisi: 80 cm
 Data: 21 marzo
 Ora: 12:00
 Cielo: coperto
 Variabile: fasce opache a diverse quote

fig.8.78 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 1
 (in alto) Risultati della simulazione F1

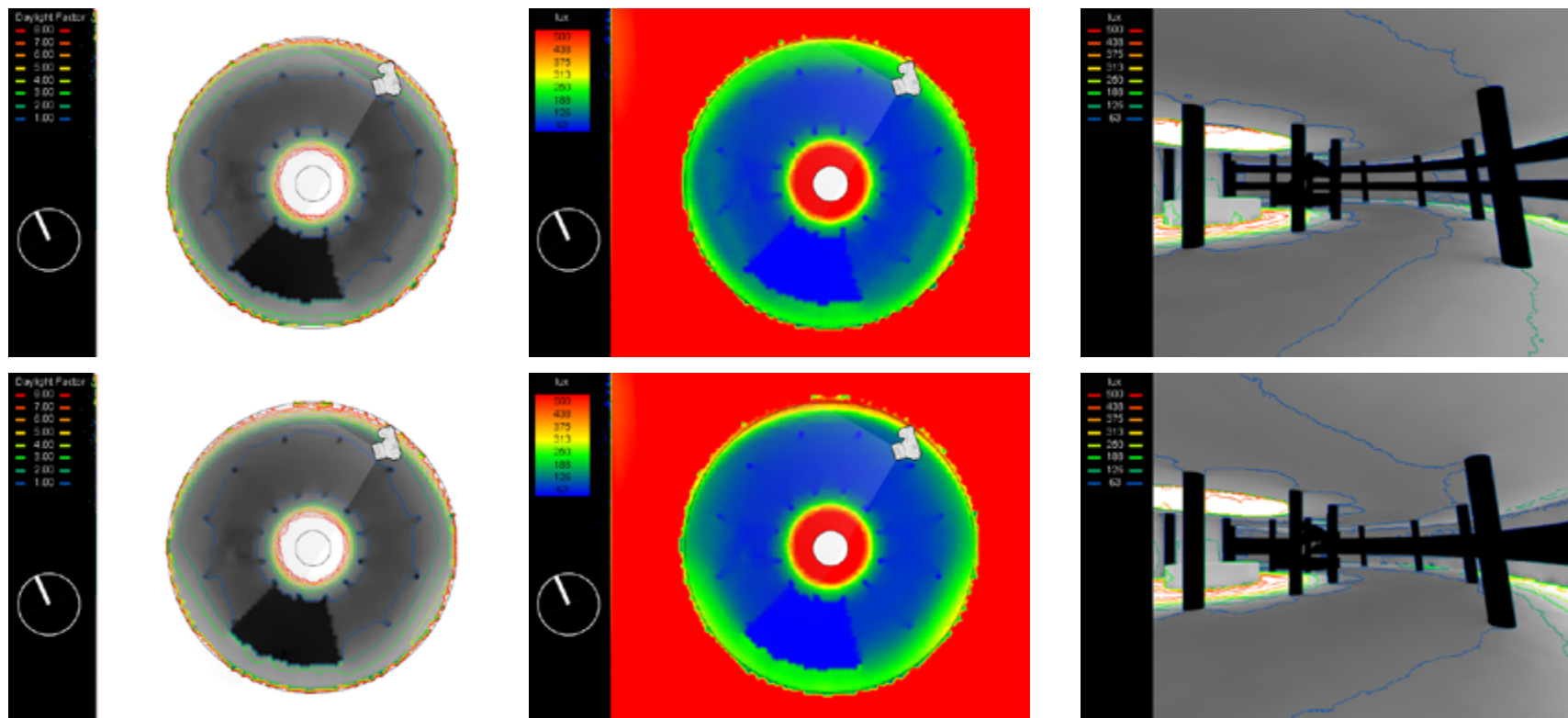
fig.8.79 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 2
 (in alto) Risultati della simulazione F2

Dalle immagini riportate di seguito, emerge chiaramente che:

- dal punto di vista illuminotecnico, una teorica opacizzazione completa della fascia più bassa non incide in modo rilevante sui livelli di illuminamento naturale, fornendo una superficie utile al fonoassorbimento pari al 25% della superficie esterna del piano critico;
- a partire dal basso, due fasce completamente opache sovrapposte, causano una sensibile decrescita dei livelli di FLD e illuminamento medio del piano, con l'estendersi di zone centrali a FLD compreso tra 0% e 1%;
- posizionando la seconda fascia opaca via via sempre più in alto, l'estensione della



zona critica a scarso illuminamento naturale aumenta fino a comprendere tutto l'anello intermedio, già individuato come area critica dalle precedenti analisi.



La necessità di stabilire un contatto visivo tra interno ed esterno della Library e le considerazioni sopra riportate, hanno consentito di definire dei criteri per il posizionamento dei pannelli fonoassorbenti, riassunti nella tabella riportata nella pagina seguente.

Per chiarezza si precisa che la numerazione parte dalla fascia più bassa e termina in corrispondenza della fascia più alta, e le quote sono riferite al piano di calpestio del livello preso in esame.

fig.8.80 ILLUMINANZA E FLD^{“FIRST FLOOR”} - COMBINAZIONE 3
(in alto) Risultati della simulazione F3

fig.8.81 ILLUMINANZA E FLD^{“FIRST FLOOR”} - COMBINAZIONE 4
(in basso) Risultati della simulazione F4

numero fascia	quote degli estremi	criterio
1	0 m - 1 m	tutta la fascia può essere adibita al fonoassorbimento, ad eccezione dei punti di connessione e di ingresso al piano
2	1 m - 2 m	possibile opacizzazione di parte della fascia, con particolare attenzione al legame visivo tra interno ed esterno
3	2 m - 3 m	possibile opacizzazione di parte della fascia
4	3 m - 4 m	fascia completamente trasparente

tab.8.4 CRITERI POSIZIONAMENTO PANNELLI FONOASSORBENTI
Tabella riassuntiva mantenendo contatto visivo interno-esterno

I criteri appena individuati, unitamente alle considerazioni illuminotecniche espresse precedentemente, permettono di definire delle disposizioni schematiche della parti opache. A fondo pagina si riporta uno schema ideale di posizionamento dei pannelli fonoassorbenti. La soluzione permette di ottenere una notevole superficie destinata al soddisfacimento dei requisiti acustici dell'edificio, senza intaccare in modo significativo la quantità e la qualità di luce naturale che dall'esterno penetra all'interno degli ambienti della Library. La disposizione illustrata schematicamente, può essere impiegata per tutti i livelli della Library.

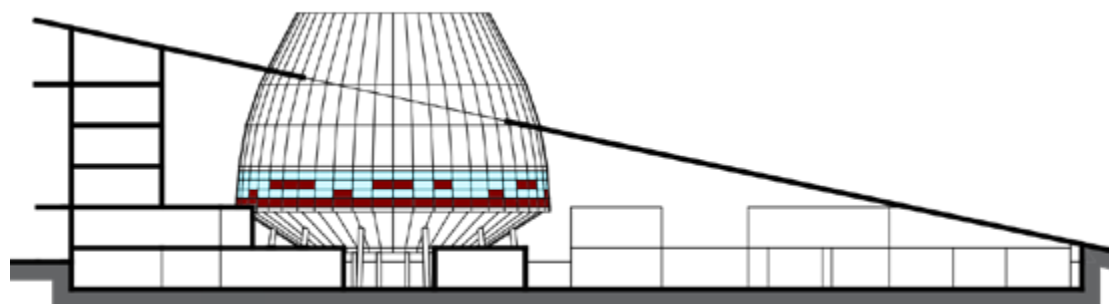


fig.8.82 DISPOSIZIONE DEI PANNELLI OPACHI
Schema ipotetico del posizionamento dei pannelli fonoassorbenti

Simulazioni G1, G2: valutazioni

L'ultimo piano della Library, denominato "fourth floor - archive" e ricoperto essenzialmente da un involucro trasparente a contatto con l'esterno, è un ambiente critico poiché abbondantemente esposto alla radiazione solare luminosa. L'irraggiamento diretto degli ambienti potrebbe infatti causare degli incrementi localizzati dei livelli di luminanza, incidendo negativamente sul comfort luminoso interno. Le analisi G1 e G2 sono quindi finalizzate alla valutazione del fenomeno tramite il controllo del parametro del contrasto, inteso come rapporto tra luminanza dell'oggetto (piano di lavoro) e la luminanza dello sfondo. L'ambiente di analisi è il piano quarto, e le condizioni al contorno variano rispetto alle simulazioni precedenti: infatti, al fine di poter valutare il fenomeno dell'abbagliamento diretto, è opportuno valutare i livelli di abbagliamento delle situazioni critiche, ovvero le ore 12:00 di un giorno significativo per ogni mese dell'anno a cielo sereno.

Anche il modello oggetto di simulazione è differente rispetto a quelli precedenti: la fase progettuale avanzata ha consentito l'impiego di geometrie e soluzioni tecnologiche conformi all'assetto architettonico definitivo.

Nella sezione riportata a fondo pagina si evidenziano le geometrie del modello sottoposto alla simulazione, mentre nella pagina successiva si riporta la vista planimetrica del piano quarto nella quale si indicano i punti da cui è stata condotta l'analisi.

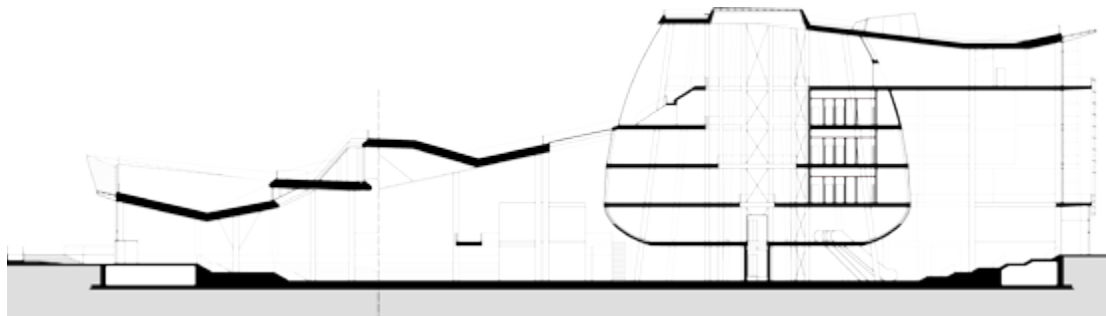


fig.8.83 MODELLO DELLE SIMULAZIONI G1 E G2
Sezione del modello virtuale sottoposto alle simulazioni

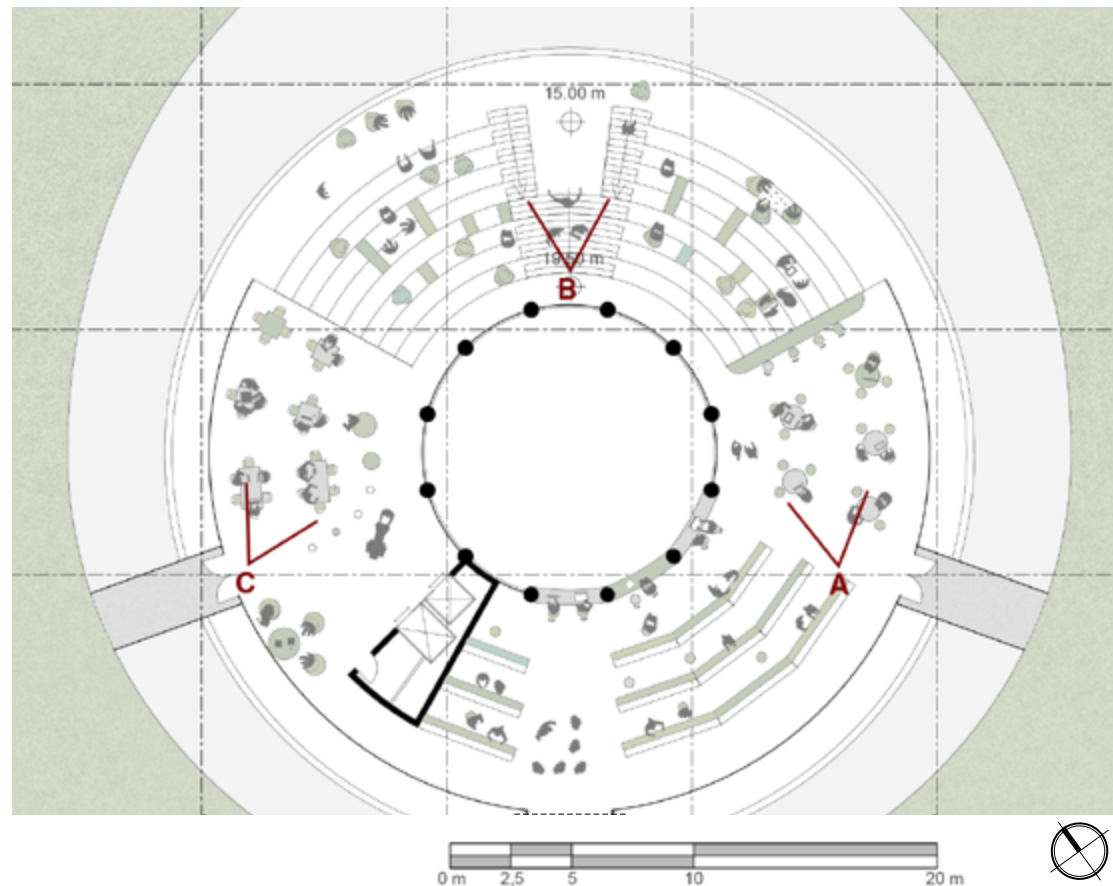
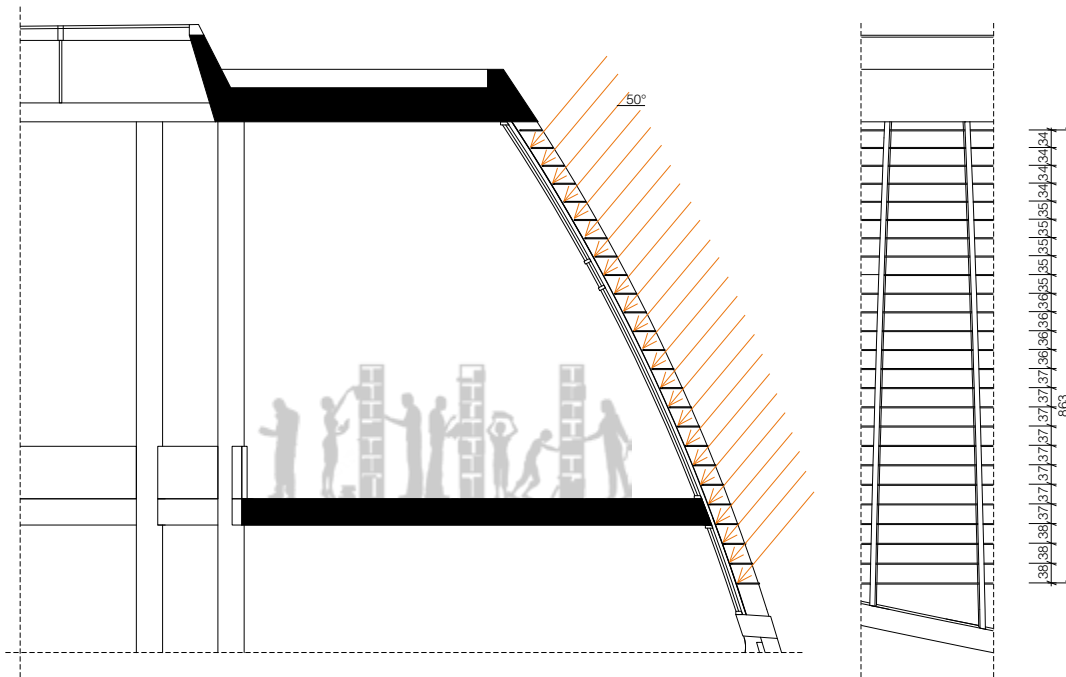


fig. 8.84 SCHEMA DISTRIBUTIVO INTERMEDIO "FOURTH FLOOR" YOUNG"
 Pianta del piano quarto della Library

In particolare, nel layout distributivo definitivo, si riconoscono:

- postazioni di studio e lettura lato Est;
- postazioni di studio e lettura lato Ovest;
- postazione di studio e lettura lato Nord, ovvero in corrispondenza della gradinata sociale.

L'analisi del comportamento energetico dell'edificio, evidenzia quanto sia preponderante la quota di consumo energetico necessaria alla climatizzazione estiva dell'edificio rispetto a quella necessaria per il riscaldamento invernale. L'introduzione delle schermature solari ha quindi l'obiettivo di abbattere l'apporto solare estivo, in modo tale da diminuire il consumo energetico globale dell'edificio. Per completezza, si riportano i grafici riassuntivi della fase di scelta e ottimizzazione del sistema oscurante esterno e la sua geometria.



Nelle pagine successive si riportano le immagini risultanti dalle simulazioni svolte; per ogni punto di controllo scelto e per ogni mese di analisi è opportuno valutare se sussistano o meno condizioni di potenziale discomfort visivo come: abbagliamento localizzato su piani di lavoro o all'interno del campo visivo di un potenziale utente, scarso grado di uniformità di illuminamento naturale e inadeguato grado di contrasto tra le luminanze.

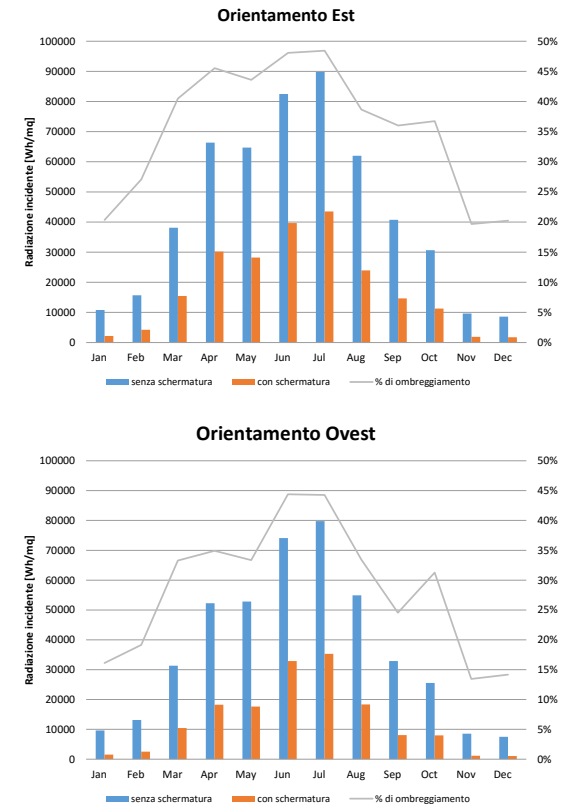


fig.8.85 RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE SULLA VETRATA - OVEST
(in alto) Grafico della situazione con e senza schermatura

fig.8.86 RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE SULLA VETRATA - EST
(in basso) Grafico della situazione con e senza schermatura

fig.8.87 FRANGISOLE ESTERNO A LAMELLE ORIZZONTALI - SEZIONE
(a sx) Geometria dell'elemento di controllo solare esterno

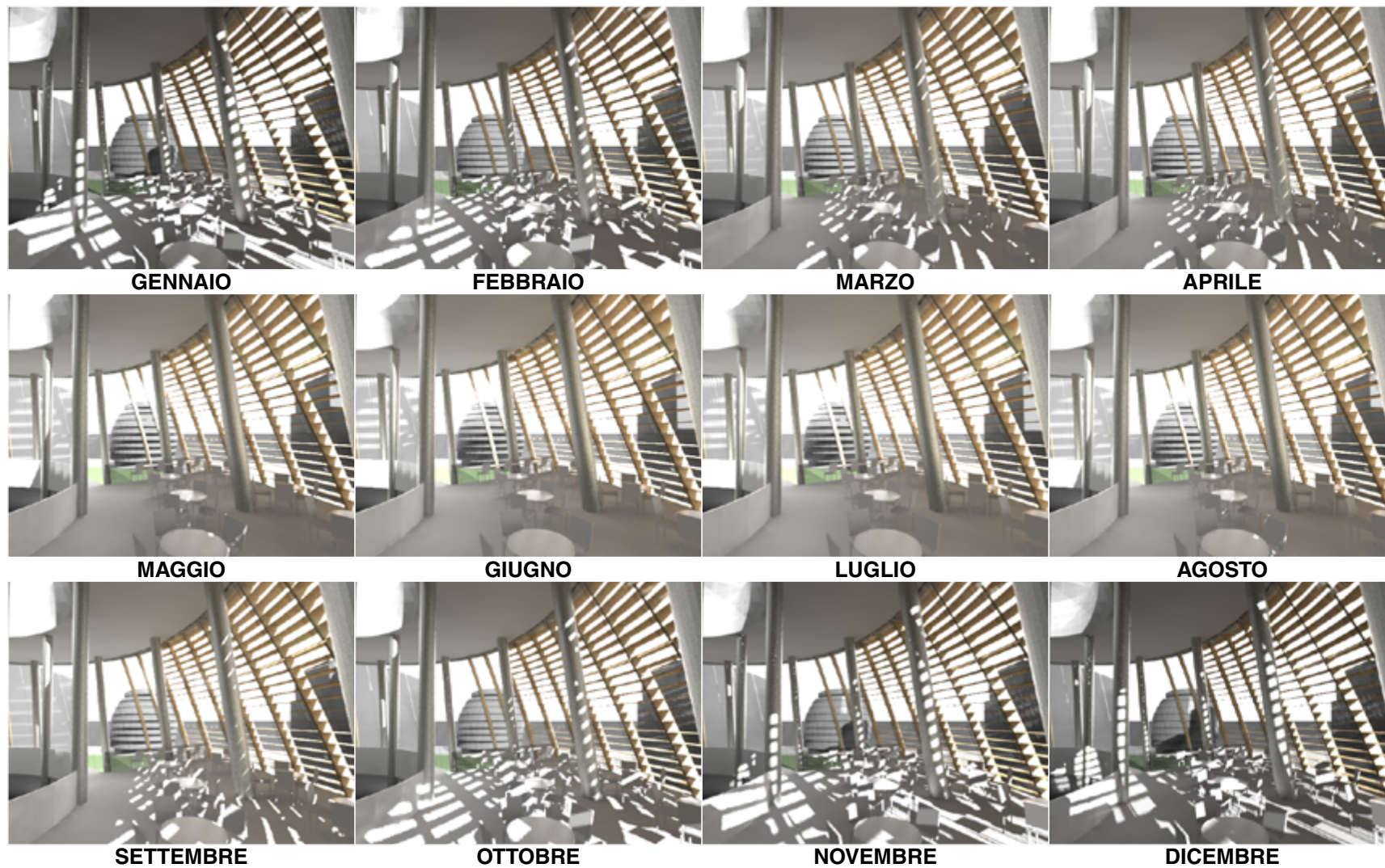


fig.8.88 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO A
Percezione luminosa rilevabile in condizioni critiche

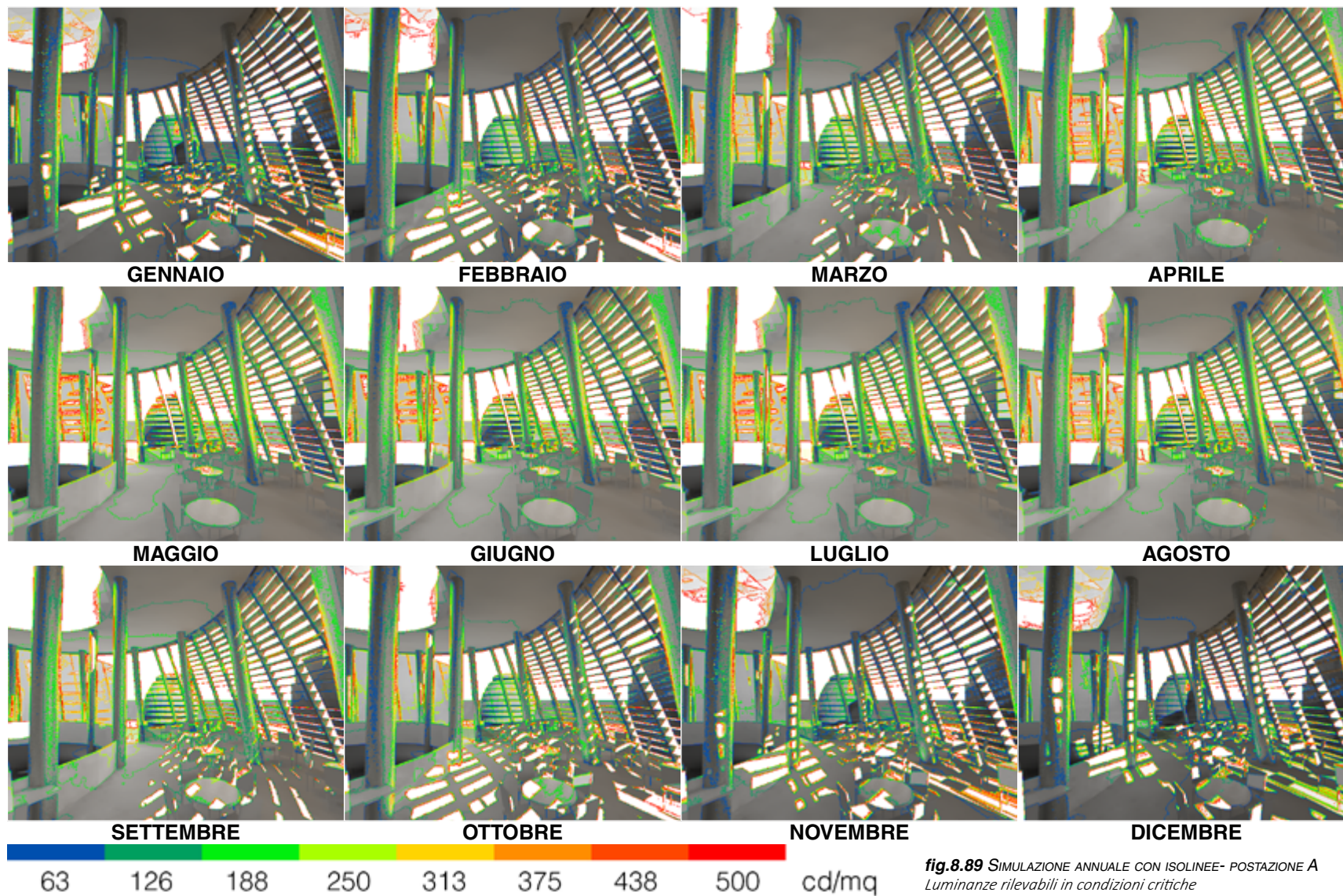


fig.8.89 SIMULAZIONE ANNUALE CON ISOLINEE- POSTAZIONE A
Luminanze rilevabili in condizioni critiche

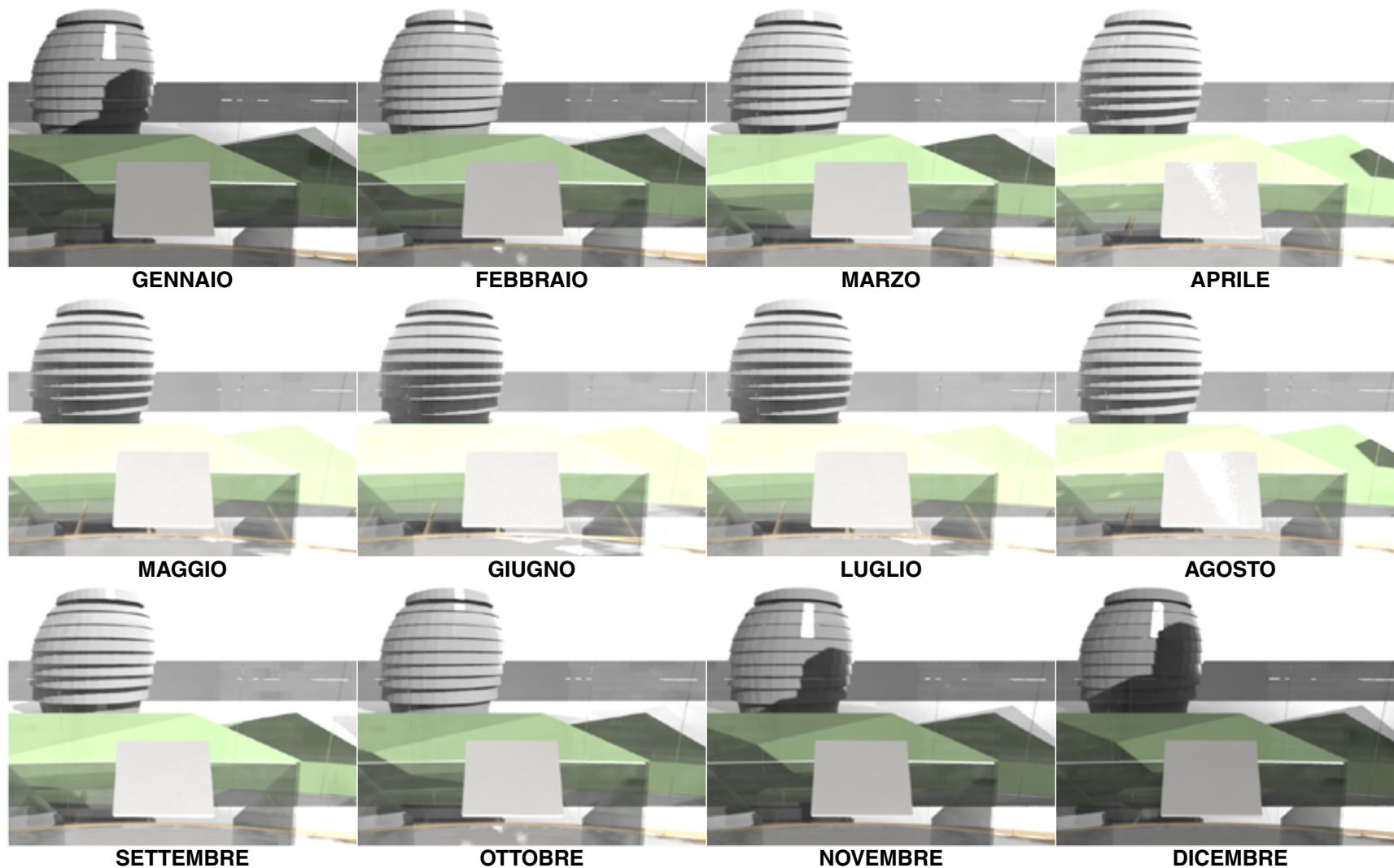
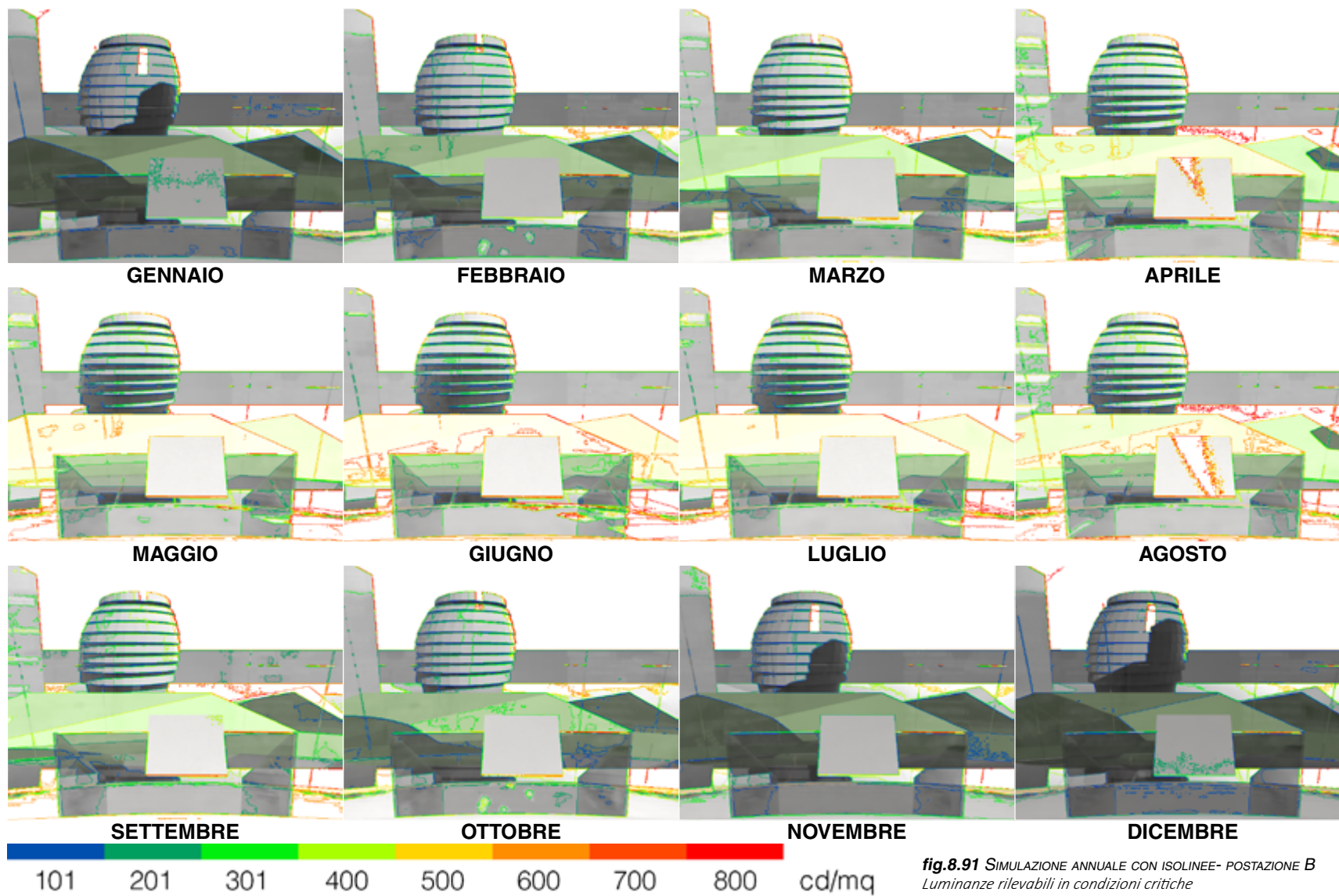


fig.8.90 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO C
 Percezione luminosa rilevabile in condizioni critiche



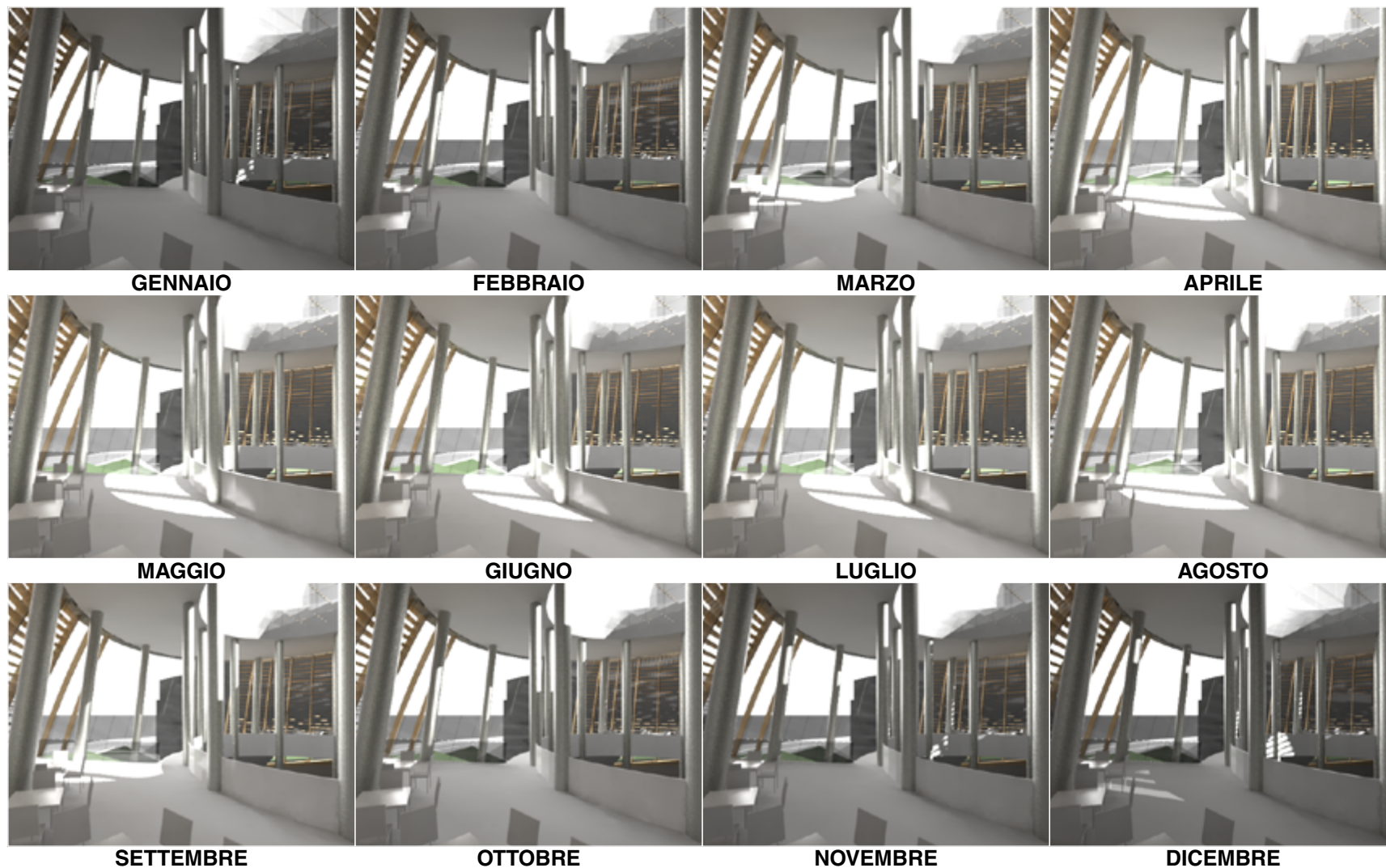


fig.8.92 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO C
Percezione luminosa rilevabile in condizioni critiche

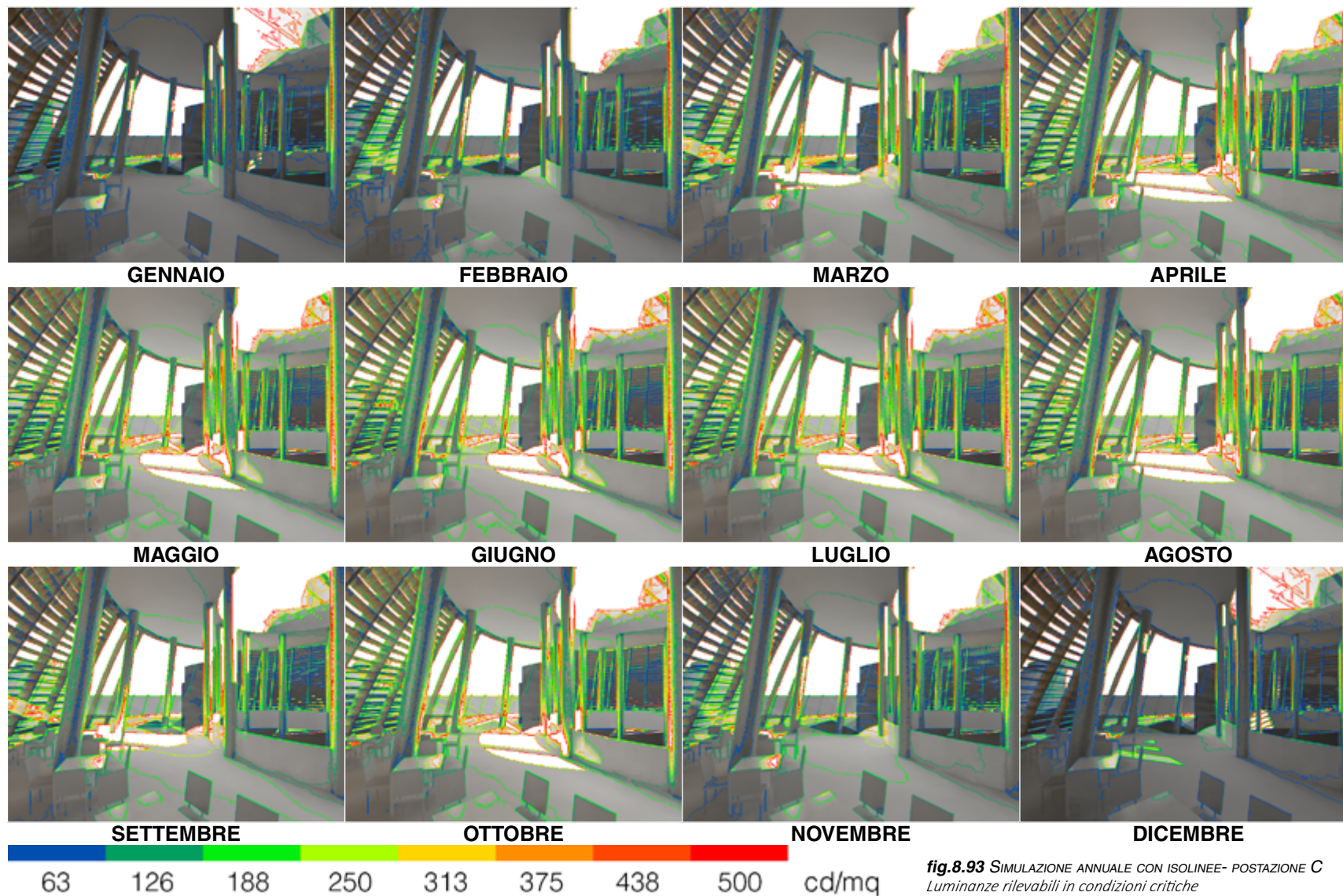


fig.8.93 SIMULAZIONE ANNUALE CON ISOLINEE- POSTAZIONE C
Luminanze rilevabili in condizioni critiche

Le analisi riportate evidenziano la fondatezza della previsione circa la verificabilità di fenomeni di abbagliamento. La tabella seguente mostra, caso per caso, quali sono le problematiche rilevate, i periodi critici e i possibili rimedi impiegabili per ridurre o annullare del tutto il fenomeno a beneficio della qualità dell'illuminazione naturale.

punto di analisi	criticità	periodi di criticità	strategie attuabili
A	Irraggiamento diretto dalle vetrate laterali	gennaio - maggio (a.m) agosto - dicembre (a.m)	Introduzione di tendaggi interni che filtrino la radiazione luminosa.
B	Contrasto inadeguato tra superficie e sfondo; irraggiamento solare diretto sulla superficie di lavoro	tutto l'anno (cielo sereno)	Introduzione di tendaggi interni che abbattano la luminosità dello sfondo e predisposizione di lamelle verticali che impediscano l'irraggiamento zenitale diretto.
C	Irraggiamento diretto dall'apertura zenitale e dalla superficie vetrata laterale	marzo - settembre (p.m.)	Combinazione delle due soluzioni.

tab.8.5 ABBAGLIAMENTO AL PIANO QUARTO, CAUSE E STRATEGIE
Valutazioni preliminari delle simulazioni annuali svolte

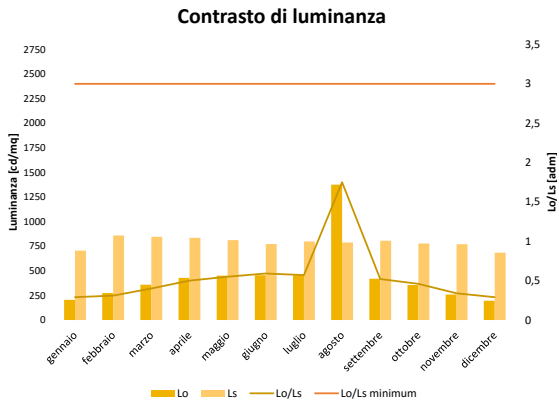


fig.8.94 CONTRASTO DI LUMINANZA - POSTAZIONE B
Grafico riassuntivo delle simulazioni annuali svolte

Date le condizioni al contorno, è importante fare alcune precisazioni riguardanti le simulazioni svolte in corrispondenza del punto di controllo "B". Il contrasto, calcolato grazie al rapporto tra luminanza dell'oggetto posto in primo piano e luminanza dello sfondo (L_o/L_s), è riferito al confronto tra la media dei valori ottenuti sul piano di lavoro e la media dei valori rilevati sullo sfondo. A seconda della destinazione d'uso assegnata alla gradonata sociale, il piano di lavoro è rappresentato da una superficie inclinata bianca, che rappresenta un libro aperto. La situazione più verosimile, è infatti quella di un utente immerso in un'attività di lettura e/o studio. Nella realtà lo sfondo è costituito dal lato Sud della City Hall, dal Tamigi, dallo skyline londinese, dagli edifici dell'intorno e da una porzione della copertura verde della Library. Il modello, per esigenze pratiche, riporta solo alcuni elementi costitutivi dello sfondo appena descritto. I volumi prossimi al sito di progetto sono infatti stati modellati e ad essi è stato assegnato un materiale con caratteristiche fotometriche più verosimili possibili. Ogni ulteriore approssimazione è stata svolta in favore di sicurezza.

Il grafico della pagina a fianco riporta i valori di L_o , L_s , il loro rapporto e il livello minimo auspicabile. Il picco di luminanza dell'oggetto misurabile in corrispondenza delle ore 12:00 del giorno 21 di agosto, è riconducibile a fenomeni di irraggiamento diretto della superficie dell'oggetto in primo piano. I raggi solari che penetrano dal foro zenitale, irradiano direttamente la gradonata sociale, causando fenomeni di forte discomfort visivo.

Le prove eseguite dalla postazione B, sono particolarmente significative se svolte in corrispondenza delle condizioni al contorno richiamate all'inizio del paragrafo. Il cielo sereno e l'ora di analisi (mezzogiorno), garantiscono che il sole si trovi più in alto possibile, illuminando direttamente le facciate dei volumi dell'intorno visibili dalla gradonata. Le sedute sono infatti orientate a nord, in modo tale da indirizzare la vista verso il Tamigi e verso i prospetti Sud del contesto. Notoriamente, la luce proveniente da Nord è morbida e diffusa, mentre la luce riflessa da superfici rivolte a Sud può essere molto intensa e, in alcuni casi, fastidiosa (a seconda delle proprietà riflettenti dei materiali impiegati). A dimostrazione del peso che la geometria e il grado di riflettanza dei materiali dell'intorno possono esercitare sul comfort luminoso (e termico) di ambienti circostanti, si riporta il famoso caso del "Walkie Talkie". Il grattacielo londinese di 37 piani, immerso nel cuore della City, possiede un orientamento, una curvatura e delle proprietà riflettenti tali da concentrare i raggi solari riflessi dalla facciata concava, in aree ridotte situate ai piedi del grattacielo stesso. Poco dopo la sua costruzione, pare che questo effetto abbia causato danni ad almeno un'auto in sosta e che abbia contribuito al deterioramento del manto stradale oltre ad aver arrecato forte disturbo visivo ai passanti. La soluzione adottata in questo caso è stata quella di ricoprire le superfici trasparenti con dei film a bassa riflettanza.

A partire dal caso studio appena descritto, è facile intuire le motivazioni che stanno alla base dell'indagine condotta dalla postazione "B".

Tornando all'interpretazione del grafico riportato nella pagina a fianco, è opportuno notare quanto insoddisfacente appaia la situazione simulata. Il rapporto tra luminanza dell'oggetto e luminanza dello sfondo è infatti costantemente al di sotto del valore minimo accettabile.

Per migliorare il rapporto L_o/L_s eliminando il rischio di irraggiamento diretto, è quindi utile

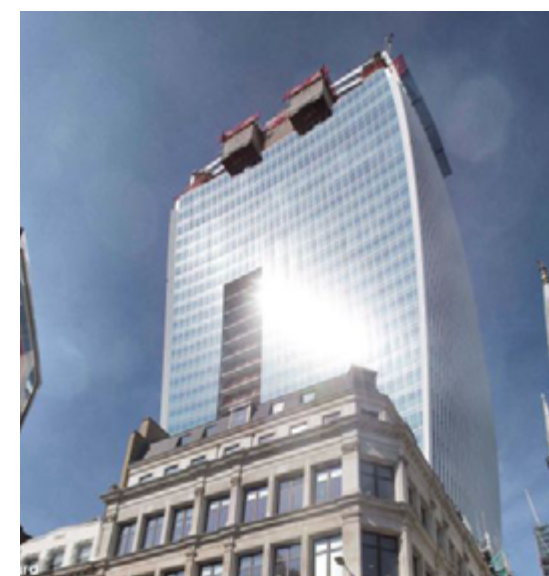
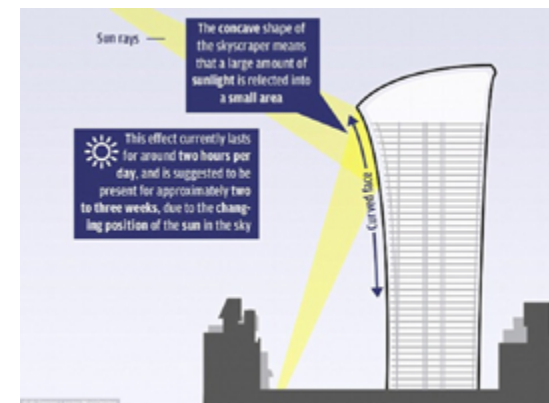


fig.8.95 WALKIE TALKIE - GRATTACIELO USTORE DI LONDRA
Meccanismo di riflessione e concentrazione dei raggi solari

fig.8.96 WALKIE TALKIE - RIFLETTANZA E ABBAGLIAMENTO
L'edificio è anche fonte di discomfort visivo per i londinesi

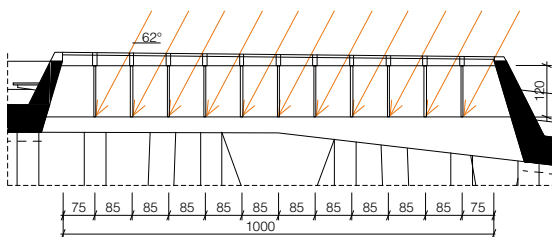
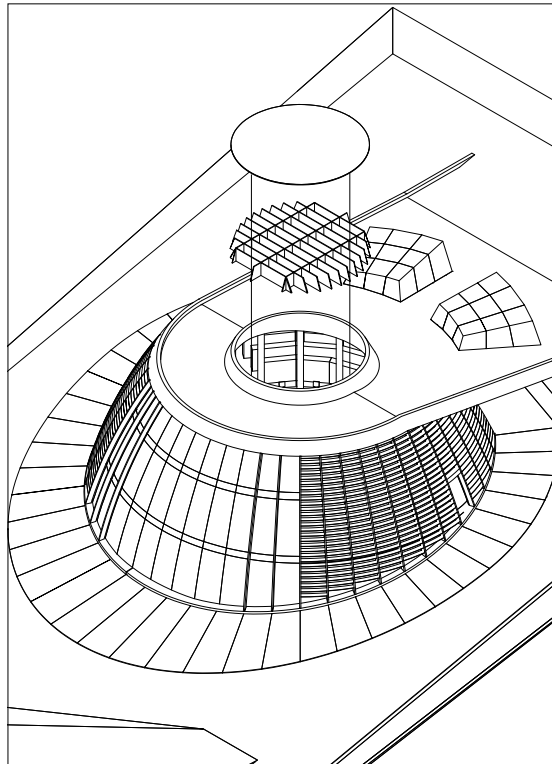


fig.8.97 FRANGISOLE INTERNO A LAMELLE VERTICALI - ASSONOMETRIA
(in alto) Posizionamento dell'elemento di controllo solare

fig.8.98 FRANGISOLE INTERNO A LAMELLE VERTICALI - SEZIONE
(in basso) Geometria dell'elemento di controllo solare

adottare le due soluzioni descritte in precedenza.

L'introduzione di un oscuramento interno avvolgibile e la predisposizione di un frangisole a lamelle verticali all'interno del foro zenitale in copertura, sono modifiche che devono essere valutate contemporaneamente, sia per quanto riguarda l'efficacia delle soluzioni proposte, sia per il controllo dei parametri fino ad ora valutati in corrispondenza dell'ambiente critico situato al primo piano, ovvero quello denominato "first floor - young". Il modello sottoposto a quest'ultima indagine (simulazioni G2) riporta quindi queste due importanti modifiche rispetto a quello precedentemente trattato (G1):

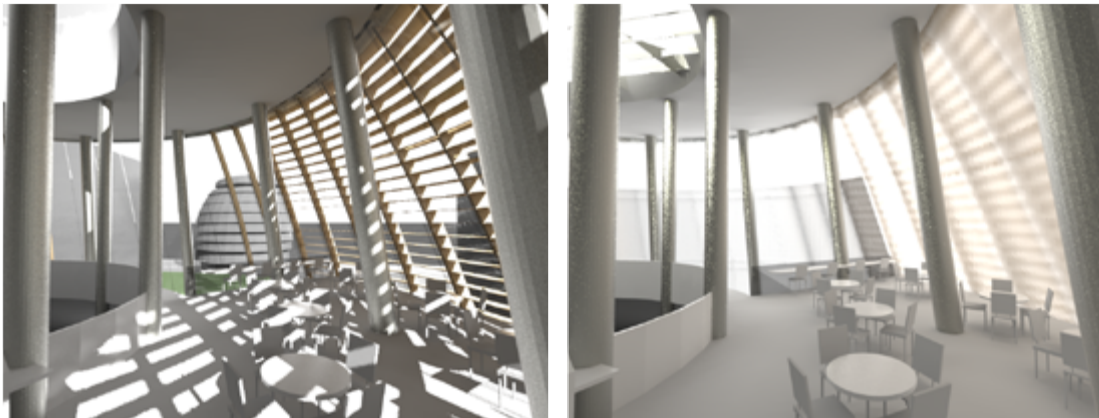
- predisposizione di un sistema di schermatura solare interna regolabile (tende scorrevoli);
- inserimento di lamelle verticali fisse nel foro zenitale.

Il tendaggio interno, a seconda della situazione di analisi di riferimento, ha due funzioni distinte: nei punti di controllo A e C, tale soluzione ha il compito di ombreggiare l'ambiente interno dalla radiazione luminosa diretta, mentre in B la necessità è quella di abbassare il grado di luminanza dello sfondo. Questa differenziazione porta alla scelta di due tipologie di tendaggio differente:

- in A e in C è stato posizionato un tendaggio di colore chiaro e in grado di diffondere la radiazione luminosa;
- in B si è invece scelto di posizionare un tendaggio scuro che possa fungere da fondale filtrante non opaco, in modo tale da garantire un livello ideale di contrasto di luminanze, senza impedire il contatto visivo tra l'utente e la City.

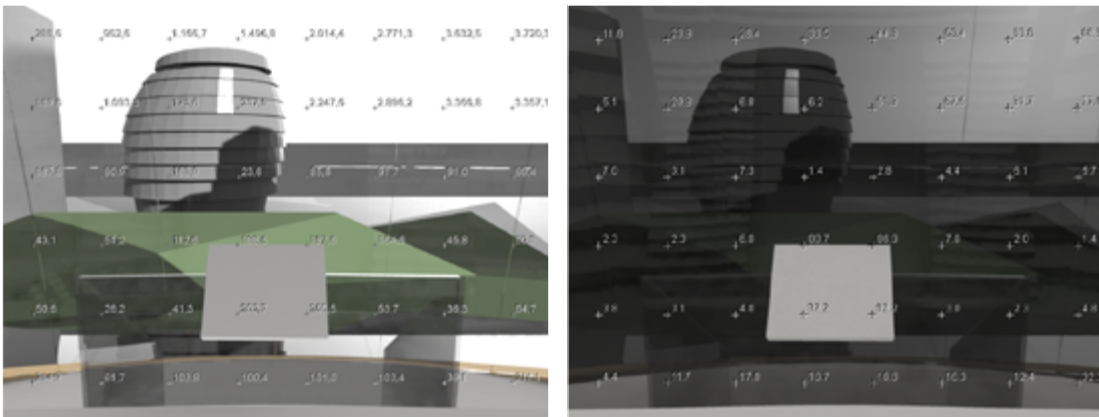
Le figure a fianco riportano le caratteristiche geometriche dell'elemento oscurante inserito nella cavità creata dal foro zenitale posto alla sommità della copertura. La soluzione adottata è costituita da lamelle in materiale metallico ad alta riflettanza, in grado di proteggere il quarto piano dalla radiazione luminosa diretta, orientandola in direzione dei piani inferiori che, come evidenziato in precedenza, soffrono di scarso illuminamento naturale.

Per tutti e tre i punti di controllo, di seguito si riporta il confronto tra situazione iniziale e situazione finale. Le valutazioni sono state condotte in corrispondenza dei momenti critici individuati grazie alle prove annuali precedentemente trattate.



POSTAZIONE A - ORE 12:00 - 21 FEBBRAIO

In A, l'introduzione del sistema oscurante interno, risolve l'inconveniente dovuto all'irraggiamento diretto, lasciando filtrare una quantità sufficiente di luce diffusa (τ_L tenda $\geq 30\%$).



POSTAZIONE B - ORE 12:00 - 21 GENNAIO

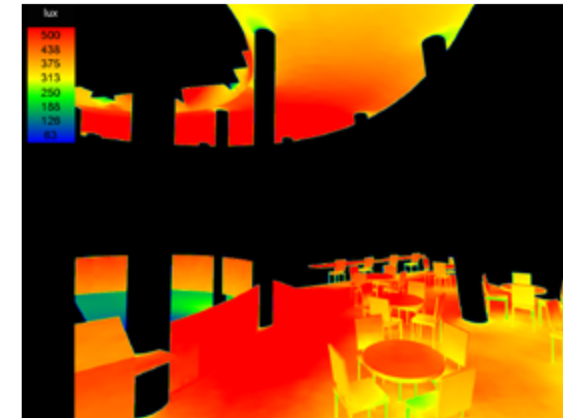


fig.8.99 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 1 - POSTAZIONE A
Luminanza e illuminanza della situazione precedente (a sx) e successiva (dx) al posizionamento dei tendaggi interni

fig.8.100 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 2 - POSTAZIONE B
Valori di luminanza della situazione precedente (a sx) e successiva (dx) al posizionamento del tendaggio interno, mese di agosto

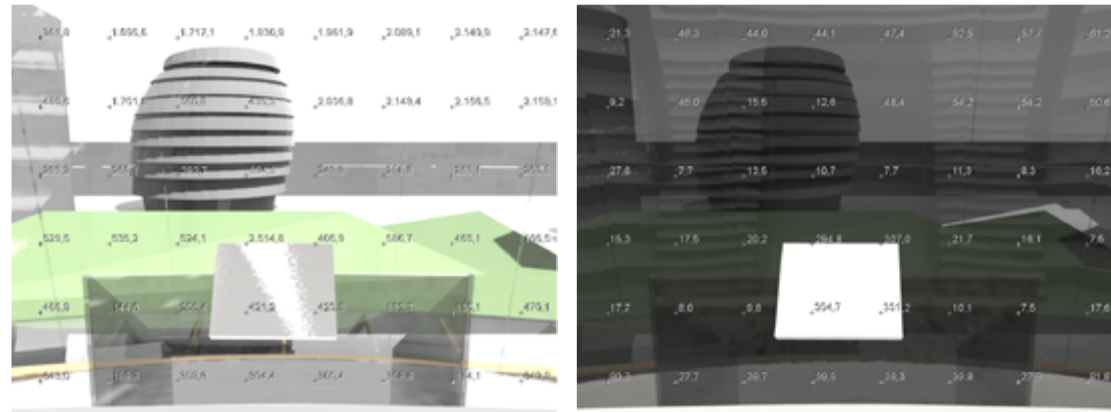
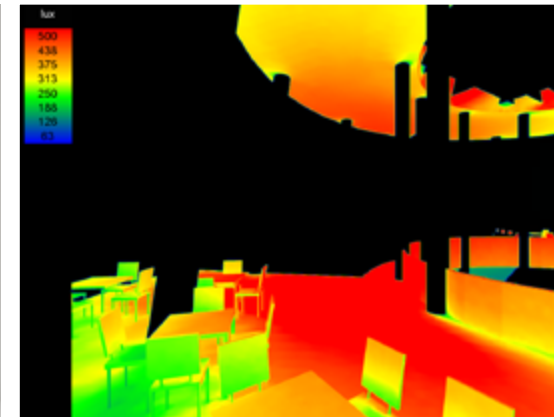
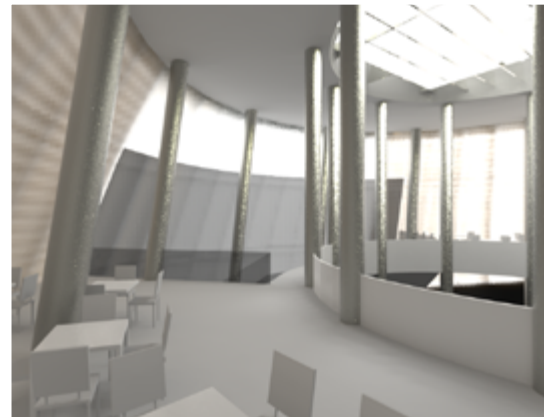
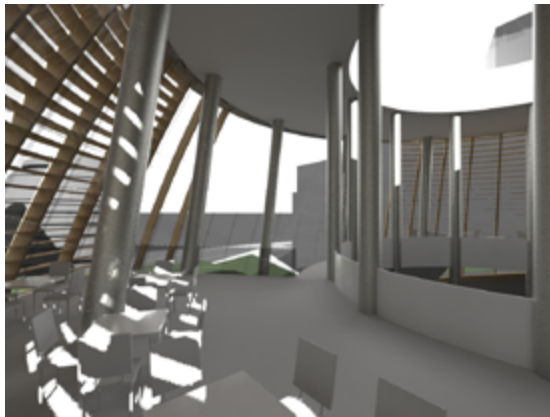


fig.8.101 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 2 - POSTAZIONE B
 Valori di luminanza della situazione precedente (a sx) e successiva (dx) al posizionamento del tendaggio interno, mese di agosto

POSTAZIONE B - ORE 12:00 - 21 AGOSTO

La combinazione tra inserimento del frangisole a lamelle verticali metalliche e il tendaggio scuro a “fondale” della gradonata sociale, incrementa il rapporto tra luminanze fino a valori ottimali. Si passa infatti da valori di 0,29 fino a 4,3 a gennaio, fino a toccare valori di 10,6 durante il mese di agosto. Durante le ore critiche delle giornate a cielo sereno, la messa in opera del sistema oscurante può evitare potenziali situazioni di discomfort visivo.

fig.8.102 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 1 - POSTAZIONE C
 Luminanza e illuminanza della situazione precedente (a sx) e successiva (dx) al posizionamento dei tendaggi interni



POSTAZIONE C - ORE 15:00 - 21 MARZO

Delle due modifiche apportate in ultima analisi, l'introduzione dell'elemento di frangisole in sommità, potrebbe incidere negativamente sui livelli di illuminamento del primo piano della Library, già analizzato in corrispondenza delle simulazioni A, B, C, D, E ed F. Per l'ambiente critico, la verifica del fattore di luce diurna ad assetto definitivo, costituisce un passaggio inderogabile. L'immagine a fianco dimostra come l'introduzione dell'oscurante interno in sommità e l'assetto definitivo delle parti opache dell'involucro, non influenzano in modo preoccupante i livelli di FLD ottenuti per le zone identificate durante le analisi A, B, C e D (anelli [1], [2] e [3]). A condizione di cielo coperto e ore 12:00 del 21 marzo, per i tre anelli si ottengono infatti i seguenti livelli di FLD:

- FLD = 4,70 % [1];
- FLD = 1,25 % [2];
- FLD = 3,82 % [3].

Valutazioni conclusive

Considerando la situazione di partenza (simulazione A) e le problematiche relative all'impiego di una soluzione di "ambienti in ambienti", si ritiene accettabile la configurazione ottenuta in ultima analisi.

Come già evidenziato, la zona critica rimane l'anello intermedio, i cui livelli di illuminamento dovranno costantemente essere monitorati al fine di garantire un livello di comfort visivo accettabile.

L'illuminazione artificiale, se progettata come integrazione graduale alla quota di illuminazione naturale e con le moderne tecnologie a basso consumo, può costituire una voce di fabbisogno energetico non eccessivamente elevata.

Di seguito si riportano delle tabelle riassuntive del percorso di progettazione multidisciplinare per e con la luce.

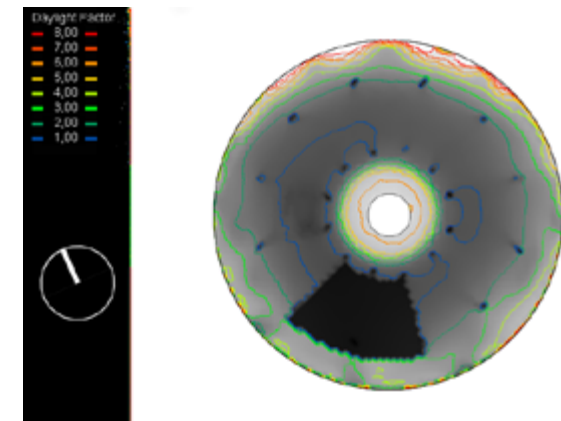


fig.8.103 FLD "FIRST FLOOR" - CONFIGURAZIONE DEFINITIVA
Output VELUX daylight visualizer con isoline

tab.8.6 ILLUMINOTECNICA - RIASSUNTO
(pagine successive) Tabelle riassuntive del percorso seguito per progettazione illuminotecnica

simulazione	modifica proposta	ambiente di analisi	dati di input	parametro	risultati	comparazione
A	/	first floor - "young"	21 marzo ore 12:00 cielo coperto (h 80 cm)	FLD medio uniformità 1 uniformità 2	1,67 % 0,13 (min/max) 0,44 (min/mean)	/ / /
B	offset vetrato in copertura che circonda la Library $\tau_L \geq 60\%$	first floor - "young"	21 marzo ore 12:00 cielo coperto (h 80 cm)	FLD medio uniformità 1 uniformità 2	1,78 % 0,13 (min/max) 0,43 (min/mean)	(A) + 6,60 % (A) + 0,00 % (A) - 2,27 %
C	aggiunta del foro centrale per apporto luminoso zenitale $\tau_L \geq 60\%$ diametro iniziale = 6 m	first floor - "young"	21 marzo ore 12:00 cielo coperto (h 80 cm)	FLD medio uniformità 1 uniformità 2	2,79 % 0,29 (min/max) 0,71 (min/mean)	(B) + 36,20 % (B) + 123,00 % (B) + 65,12 %
D	arretramento degli orizzontamenti della Library	first floor - "young"	21 marzo ore 12:00 cielo coperto (h 80 cm)	FLD medio uniformità 1 uniformità 2	2,88 % 0,31 (min/max) 0,63 (min/mean)	(C) + 3,20 % (C) + 6,90 % (C) - 11,27 %

Per il piano di analisi si individuano 3 anelli concentrici a diverso grado di illuminazione naturale: anello interno a livello "buono"[1], anello centrale a livello "scarso" [2] e anello esterno a livello "discreto" [3]. Tale suddivisione viene impiegata per la disposizione degli spazi interni. L'illuminazione dell'anello intermedio necessita di integrazione con luce artificiale durante tutto l'anno. Le prove successive sono finalizzate ad innalzare il grado di illuminamento dell'anello interno, da "buono" ad "ideale". Il modello di simulazione viene aggiornato in base agli sviluppi del progetto architettonico elaborato parallelamente alle valutazioni illuminotecniche. In particolare vengono aggiunti i volumi interni all'edificio, le terrazze gli aggetti e all'intorno viene attribuito un modesto grado di riflettanza ($\approx 0,20$).

simulazione	modifica proposta	ambiente di analisi	dati di input	parametro	risultati	comparazione
E1	introduzione di un parapetto riflettente disposto intorno al foro centrale (simulazione E2)	first floor - "young"	21 marzo	illuminanza [1]	300 lux	/
			ore 12:00	FLD [1]	5,41 %	/
			cielo coperto	uniformità 1	0,10 (min/max)	/
			(h 80 cm)	uniformità 2	0,29 (min/mean)	/
E2	/	first floor - "young"	21 marzo	illuminanza [1]	390 lux	(E1) + 30,00 %
			ore 12:00	FLD [1]	7,22 %	(E1) + 33,46 %
			cielo coperto	uniformità 1	0,11 (min/max)	(E1) + 10,00 %
			(h 80 cm)	uniformità 2	0,20 (min/mean)	(E1) - 31,03 %

Un'ulteriore indagine evidenzia le caratteristiche ottimali del materiale da impiegare al fine di amplificare l'effetto positivo esercitato dalla predisposizione del un parapetto riflettente. In particolare la scelta ricade su pannelli pieni di acciaio verniciato bianco, a garanzia dell'impiego di un materiale ad alta riflettanza, alta specularità e rugosità compresa tra 0 e 0,1.

Le esigenze acustiche del grande spazio in cui è immerso il volume della Library, implicano la disposizione di pannelli addetti all'assorbimento di parte della potenza sonora emessa dagli spazi sottostanti, al fine di diminuire l'effetto di riverbero causato dalle superfici "dure" della piastra in C.A. (non controsoffittabile) e dei vetri di chiusura della Library.

simulazione	modifica proposta	ambiente di analisi	dati di input	parametro	risultati
F1, F2, F3 e F4	posizionamento di fasce orizzontali opache, studio qualitativo della combinazione meno impattante	first floor - "young"	21 marzo ore 12:00 cielo coperto (h 80 cm)	illuminanza FLD	la combinazione meno impattante risulta essere: prima fascia da terra completamente opaca, seconda e terza fascia parzialmente opache. Quarta fascia completamente trasparente.

Il modello viene ulteriormente aggiornato e si riscontra un'altra problematica da analizzare e risolvere: il piano quarto, data la sua esposizione alla radiazione luminosa diretta, potrebbe essere interessato da fenomeni di abbagliamento.

simulazione		modifica proposta	ambiente di analisi	dati di input	parametro	risultati	comparazione
G1	A	/	fourt floor - "archive"	simulazione annuale ore 12:00 cielo sereno	irraggiamento diretto	presente in diversi momenti dell'anno	/
	B	/	fourt floor - "archive"	simulazione annuale ore 12:00 cielo sereno	rapporto L_o/L_s min rapporto L_o/L_s max	0,20 min 0,50 max si ha anche abbagliamento diretto	/
	C	/	fourt floor - "archive"	simulazione annuale ore 12:00 cielo sereno	irraggiamento diretto	presente in diversi momenti dell'anno	/
G2	A	tendaggio interno tipo 1	fourt floor - "archive"	21 febbraio ore 12:00 cielo sereno	irraggiamento diretto	non presente	G1A risolta
	B	tendaggio interno tipo 2 (fondale) e inserimento del frangisole	fourt floor - "archive"	21 gennaio, 21 agosto ore 12:00 cielo sereno	rapporto L_o/L_s min	sempre > 3 e < 40 gennaio = 4,3 agosto = 10,6	G1B risolta
	C	tendaggio interno tipo 1 e inserimento del frangisole	fourt floor - "archive"	21 marzo ore 15:00 cielo sereno	irraggiamento diretto	non presente	G1C risolta



fig.8.104 SOCIAL TERRACE E DAYLIGHT - VISTA INTERNA
Grado di uniformità dell'illuminazione

Capitolo 9

Progetto strutturale

Riferimenti Normativi

Il sito è ubicato a Londra, le normative che regolano il progetto di elementi strutturali per il Regno Unito sono contenute nei “British Standards” emanate dall’organo “BSI Group” riconosciuto direttamente nel “Royal Charter” ossia il documento ufficiale approvato dal monarca che riconosce l’autorità e le funzioni dello stesso.

Preso atto e riconosciuto il diverso approccio delle Normative inglesi rispetto a quello del corso di studi affrontato, soprattutto per la limitatezza nell’affrontare l’analisi e la progettazione antisismica; per il dimensionamento strutturale di tutti gli elementi del progetto “LPL London Public Library” si fa riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), espresse nel Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, ed alle sue circolari applicative.

Si è inoltre fatto riferimento agli Eurocodici (EC) come integrazione alle informazioni fornite dalle NTC 2008 in particolare per quel che riguarda:

- Eurocodice 0 - Progettazione con metodo semiprobabilistico
- Eurocodice 3 - Strutture in Acciaio
- Eurocodice 2 - Strutture in calcestruzzo armato e precompresso
- Eurocodice 8 - Progettazione e verifica Sismica

Di seguito si riportano i procedimenti illustrando passo passo i metodi seguiti per il dimensionamento degli elementi strutturali principali e/o a maggior rischio di sicurezza. Tale metodo consiste nel verificare che le grandezze che influiscono in senso positivo

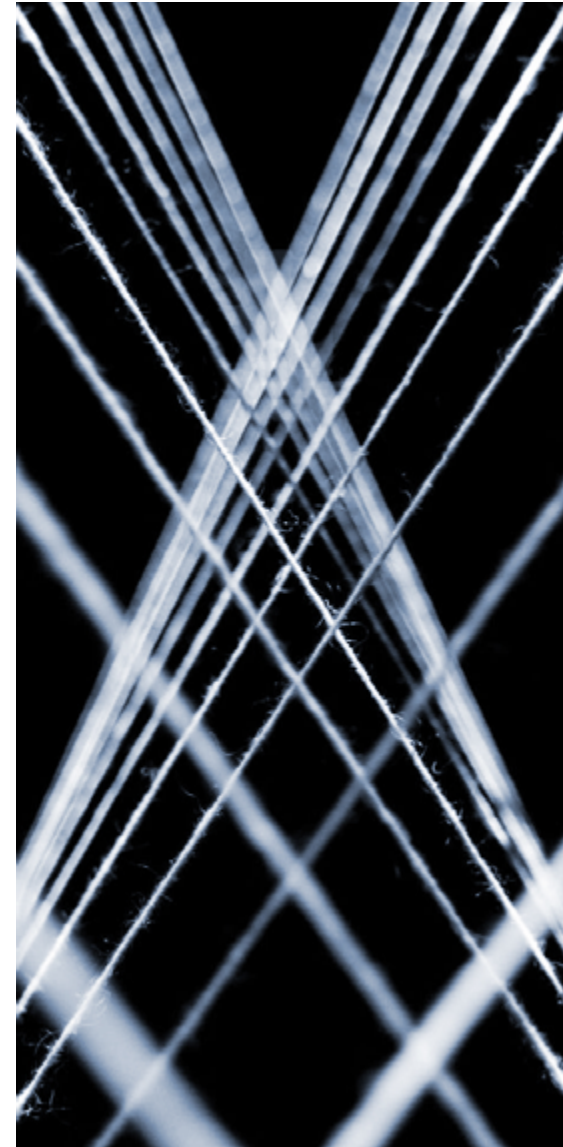


fig.9.1 HYPNOTICALLY VISUALIZES
(pagina precedente) Bertrand Ianthiez

Metodo semiprobabilistico agli stati limite

L'attuale normativa prevede che la verifica strutturale alla sicurezza venga eseguita seguendo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Tale metodo consente di effettuare una verifica che valuti in termini probabilistici ma segua una metodologia utilizzata nei metodi deterministici, la possibilità di movimento, fessurazione, crollo di ogni elemento strutturale verificando i requisiti di rispondenza a:

- sicurezza verificata in condizioni di stato limite ultimo (SLU); capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Affinché l'opera sia considerata strutturalmente stabile e capace di svolgere la propria funzione, si deve verificare che le azioni agenti, amplificate tramite coefficienti di sicurezza, siano inferiori alla resistenza della struttura, ridotta da ulteriori coefficienti di sicurezza.

$$R_d \geq E_d$$

I coefficienti di sicurezza tengono conto dell'incertezza relativa alle azioni agenti e ai materiali utilizzati.

Analisi dei carichi

Carichi permanenti

I carichi permanenti (G) rappresentano le azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. La normativa prevede che questi vengano suddivisi in due categorie:

- carichi permanenti strutturali (G1) che saranno oggetto di dimensionamento e verifica in fase strutturale;
- carichi permanenti non strutturali (G2) che vengono definiti a priori sulla base di esigenze architettoniche e tecnologiche;

Carichi permanenti strutturali (G1)

I carichi strutturali sono rappresentati dal peso proprio di tutti gli elementi portanti che costituiscono l'edificio. Esso sono dipendenti da tutti gli altri carichi non strutturali quindi verranno calcolati in seguito ad essi.

Carichi permanenti non strutturali (G2)

I carichi permanenti portati rappresentano tutti i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, elementi divisorii interni, massetti, isolamenti, controsoffitti, impianti, ecc.. Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti e vengono assunti come uniformemente distribuiti. Per quanto riguarda gli elementi divisorii

interni, la normativa prevede una tabella che permette di calcolare questi elementi come carichi distribuiti, semplificando notevolmente il calcolo. La loro stima è stata effettuata sulla base dei pacchetti tecnologici definiti in fase di progettazione architettonica e tecnologica. Definito lo spessore di ogni singola stratigrafia e la relativa densità, si è ottenuto il peso di ogni singolo pacchetto esprimendolo in kN.

Carichi variabili (Q)

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera. La loro stima può essere effettuata individuando prima, la categoria di destinazione d'uso tramite la tabella fornita (§ 6.3 EC1):

Categoria	Uso specifico	Esempio
A	Aree per attività domestiche e residenziali	Camere in edifici residenziali e case; camere e corsie di ospedali; camere da letto in hotel e ostelli; cucine e bagni.
B	Aree di uffici	
C	Aree dove la gente può adunarsi (con l'eccezione delle aree definite in A, B, D, E)	C1: Aree con tavoli, ecc., per esempio aree in scuole, caffè, ristoranti, refettori, sale di lettura, reception, ecc. C2: Aree con sedie fisse, per esempio aree in chiese, teatri o cinema, sale da conferenze, aule universitarie, aule magne, sale d'aspetto, ecc. C3: Aree senza ostacoli per gente in movimento, per esempio aree in musei, sale di esposizioni, ecc. e aree di accesso al pubblico, edifici amministrativi, hotel, ecc. C4: Aree con possibili attività fisiche, per esempio balere, palestre, palcoscenici, ecc. C5: Aree suscettibili di affollamento, per esempio in edifici per eventi pubblici come sale da concerto, palazzi dello sport includenti tribune, gradinate e aree di accesso, ecc.
D	Aree per acquisti	D1: Aree di compere al dettaglio generali, per esempio magazzini, cartolerie, magazzini d'ufficio.
E	Aree suscettibili di accumulazione di beni, incluse le aree d'accesso	Aree per uso a magazzino incluse le biblioteche. I carichi definiti nel prospetto 5.2 saranno presi come carichi minimi qualora non siano definiti carichi più appropriati per il caso specifico. Un'ulteriore guida è data nel prospetto 4.8.

fig.9.2 CARICHI VARIABILI.
Categorie di destinazione d'uso.

e successivamente i valori caratteristici delle azioni q_k e Q_k

Aree di caricamento	q_k kN/m ²	Q_k kN
Categoria C		
- C1	3,0	4,0
- C2	4,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	4,0
Categoria E	6,0	7,0

fig.9.3 CARICHI VARIABILI.
Sovraccarichi su solai in edifici

Per il dimensionamento della struttura della biblioteca viene fatto riferimento alla classe di destinazione d'uso E, aree per uso a magazzino, con un carico variabile di progetto pari a 6,0 kN/m².

Mentre per il dimensionamento della copertura praticabile viene fatto riferimento alla classe di destinazione d'uso C, aree dove la gente può adunarsi (ad eccezione delle categorie A, B, D, E), con un carico variabile di progetto pari a 5 kN/m².

Neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione (UNI ENV 1991-2-3):

$$s = \mu_i s_k C_e C_t$$

Dove:

- s è il carico neve sulla copertura
- μ_i è il coefficiente di forma del carico neve (§ 7.2)
- C_e è il coefficiente di esposizione, che generalmente ha valore di 1,0
- C_t è il coefficiente termico, che generalmente ha valore di 1,0
- s_k è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²] (§ A.18)

Il coefficiente di forma μ_i viene assunto pari a 0,8 poiché la pendenza della copertura non supera i 30°.

fig.9.4 COEFFICIENTI DI FORMA
(a lato) Tabella 7.1 EC1 per tetti monofalda

Angolo di falda	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Coefficiente di forma μ_{f1}	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0

Il valore caratteristico di riferimento dipende dalla zona geografica e dall'altitudine. L'Eurocodice 1 fornisce, per la zona di Londra, con altitudine inferiore ai 100 m, un valore di 0,4 kN/m².

Il carico di neve di progetto sulla copertura risulta quindi:

$$s = 0,8 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 = 0,32 \text{ kN/m}^2$$

Vento

La pressione del vento agente su superfici esterne di una struttura dipende dalla posizione geografica di progetto. L'Eurocodice 1 (UNI ENV 1991-2-4) fornisce la seguente espressione:

$$w_e = q_{ref} \cdot C_e(z_e) \cdot C_{pe}$$

Dove:

- q_{ref} è la pressione media di riferimento del vento derivata dalla velocità di riferimento del vento (§7.1)
- $C_e(z_e)$ è il coefficiente di esposizione che tiene conto del terreno e dell'altezza al di sopra del suolo z (§8.5)
- z è l'altezza di riferimento (§10.2.2)
- C_{pe} è il coefficiente di pressione esterna (§10.2.4)

La pressione media di riferimento del vento, q_{ref} deve essere determinata da:

$$q_{ref} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_{ref}^2$$

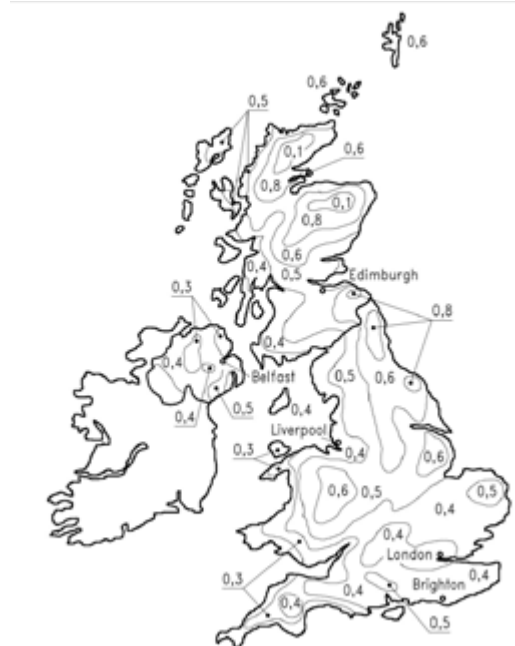


fig.9.5 CARICHI BASE DI NEVE AL SUOLO
Appendice 18 EC1 Regno unito e Irlanda

Dove:

- la ρ è la densità dell'aria pari a $1,226 \text{ kg/m}^3$
- v_{ref}^2 è la velocità di riferimento del vento

La velocità di riferimento del vento viene ricavata dalla seguente relazione:

$$v_{\text{ref}} = v_{\text{ref},0} \cdot C_{\text{DIR}} \cdot C_{\text{TERM}} \cdot C_{\text{ALT}}$$

Dove:

- $v_{\text{ref},0}$ è il valore base della velocità del vento di riferimento (§A.18)
- C_{DIR} è il fattore di direzione posto pari a 1
- C_{TERM} è il fattore temporaneo (stagionale) posto pari a 1
- C_{ALT} è il fattore di altitudine

Per il calcolo del fattore di altitudine C_{ALT} la norma fornisce:

$$C_{\text{ALT}} = 1 + 0,001 \cdot a_s$$

Dove:

- a_s è l'altitudine sopra il livello del mare [m] del sito pari a 24 m.

Considerando una $v_{\text{ref},0}$ pari a 20 m/s e un fattore C_{ALT} pari a $1,024$, risulta una v_{ref} di $20,48 \text{ m/s}$.

Di conseguenza si ottiene una pressione media di riferimento del vento $q_{\text{ref}} = 257,11 \text{ N/m}^2$.

Il sito di progetto rientra nella categoria di terreno IV, trattandosi di un'area urbana in cui almeno il 15% della superficie è coperta da edifici la cui altezza media supera i 15 m. La stima del coefficiente di esposizione, $C_e(z_e)$, considerando un'altezza z pari a 25 m, può quindi essere ottenuta dal grafico sottostante, pari a 1,7.

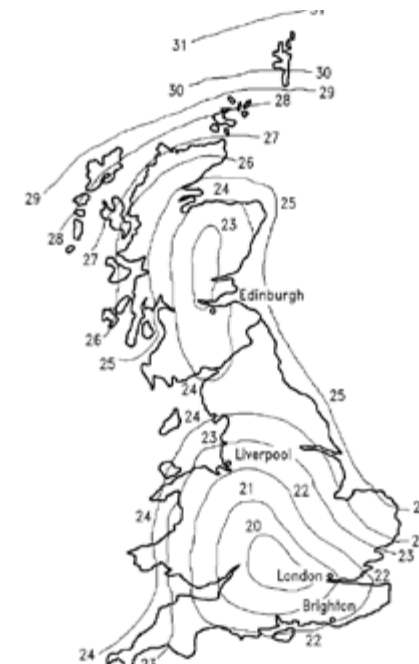


fig.9.6 MAPPA DEL VENTO
Velocità di riferimento Regno Unito

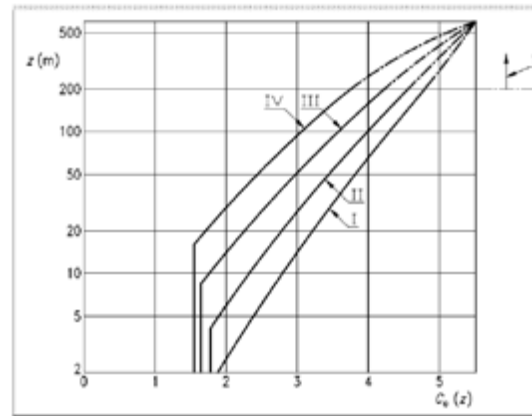


fig.9.7 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE
Grafico §8.5 EC1

I coefficienti di pressione esterna C_{pe} per edifici e singole le parti di essi, dipendono dalla misura dell'area caricata e per $A \geq 10 \text{ m}^2$ vale $C_{pe} = C_{pe,10}$. Inoltre per pareti di edifici a pianta rettangolare aventi altezza inferiore alla base, l'altezza di riferimento z_e risulta pari ad h . A questo punto la normativa prevede, sia per pareti verticali che per tetti monofalda, la suddivisione in zone e fornisce per ciascuna di esse un coefficiente di pressione a seconda delle diverse direzioni del vento.

vento da OVEST su parete verticale OVEST		
zona	$C_{pe,10}$	w_e [kN/ m ²]
A	-1	- 0,44
B*	-0,8	- 0,35
D	0,8	0,35
E	-0,3	- 0,13
vento da SUD su facciata SUD		
A	-1	- 0,44
B*	-0,8	- 0,35

tab.9.1 CARICHI DEL VENTO
Valori ottenuti per ogni parte dell'edificio

D	0,8	0,35
E	-0,3	-0,13
vento da OVEST su copertura		
F	-1,4	-0,61
G	-0,9	-0,39
H	-0,7	-0,31
I	-0,2	-0,09
vento da SUD su copertura		
F	-2,5	-1,09
G	-1,3	-0,57
H	-0,9	-0,39
vento da NORD su COPERTURA		
zona	$C_{pe,10}$	w_e [kN/ m ²]
F	0,2	0,09

In conclusione, analizzando tutti i casi e considerando il più sfavorevole, il carico dovuto dal vento risulta pari a circa -0,5 kN/ m² per le pareti verticali. Il segno negativo indica che la pressione del vento agisce dall'interno verso l'esterno della parete, strappando la stessa. Per la copertura assume un valore pari a circa -1,1 kN/m², anch'esso negativo, che va ad alleggerire il carico della copertura. Questo contributo positivo verrà dunque trascurato ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali della copertura.

Sisma

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

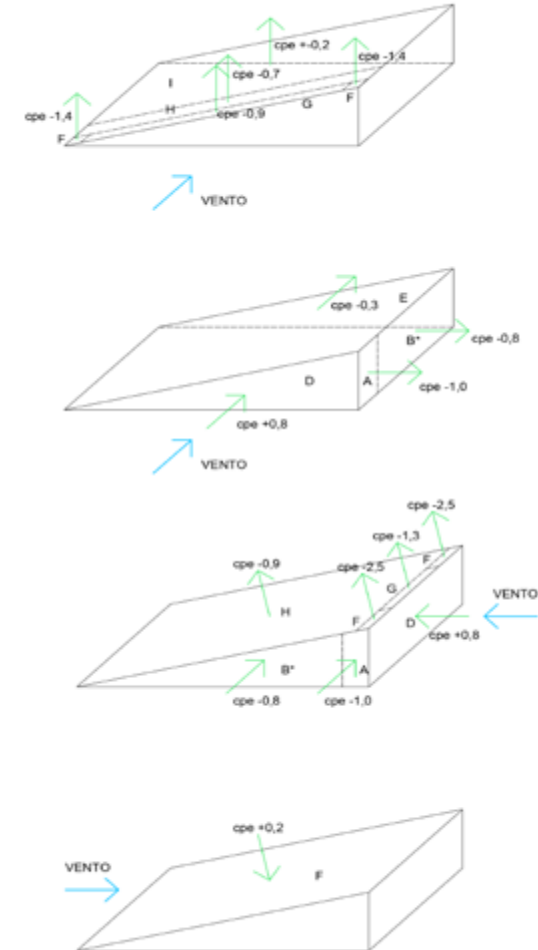


fig.9.8 COEFFICIENTE DI PRESSIONE
Coefficients pressione esterna del vento

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero sul sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico.

Secondo il "British Geological Survey" il valore fornito di PGA, Peak Ground Acceleration, per la località di Londra è pari a 0,02 g (per un periodo di ritorno di 2500 anni). Per zone sismiche caratterizzate da valori di a_g inferiori a 0,04 g, l'Eurocodice permette di trascurare gli effetti dovuti al sisma.

Nel nostro caso, a favore di sicurezza, sono stati comunque tenuti in considerazione tali effetti andando a considerare le disposizioni contenute nelle NTC 08, in quanto più restrittive. Valori simili allo 0,02 g di PGA vengono riscontrati in zone classificate come zone sismiche categoria 4, ovvero zone in cui i terremoti sono rari. E' stato quindi fatto riferimento alla località di Bolzano ed è stato ricavato lo spettro di progetto.

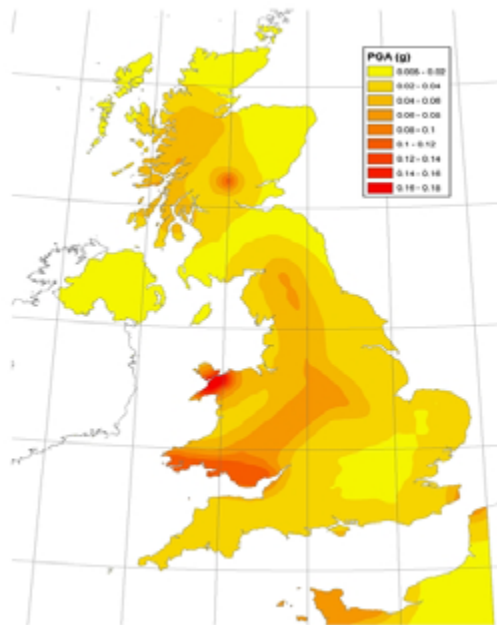


fig.9.9 MAPPA PGA DEL REGO UNITO
 Mappa dei valori di accelerazione di picco del terreno

Per prima cosa viene determinata la vita nominale V_N dell'opera strutturale, ossia il numero di anni nel quale l'opera, purchè soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è stata destinata. Per opere ordinarie $V_N \geq 50$ anni.

In seguito, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. La classe di nostro riferimento sarà quindi la classe III, costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Le azioni sismiche vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava dalla formula:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Dove:

C_U è il valore della classe d'uso, pari a 1,5 per classi d'uso III

Si ottiene un valore $V_R = 75$ anni.

In assenza di analisi geologiche specifiche viene ipotizzata successivamente una categoria

del sottosuolo B, rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, essendo l'area di progetto nelle immediate vicinanze del fiume Tamigi. La categoria topografica scelta invece risulta T1 essendo l'area di progetto una superficie pianeggiante.

In seguito, seguendo un approccio di analisi lineare statico, viene ricavato lo spettro di risposta di progetto in funzione del fattore di struttura, che per edifici con classe di duttilità bassa CD"B" viene ricavato:

$$q = q_0 \cdot k_R$$

Dove:

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura, pari a 1,5 per strutture a pendolo inverso
- K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza pari a 1 per strutture regolari in altezza

Si ottiene quindi un fattore di struttura pari a 1,5.

Il periodo del modo di vibrare principale viene approssimativamente calcolato come:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

Dove:

- C_1 vale 0,05 per strutture non a telaio in acciaio o calcestruzzo
- H è l'altezza della costruzione in m da piano di fondazione pari a 27 m

Entrando nello spettro di risposta di progetto con un valore T_1 pari a 0,59 si ottiene un valore di accelerazione di progetto $S_d = 0,09$ g.

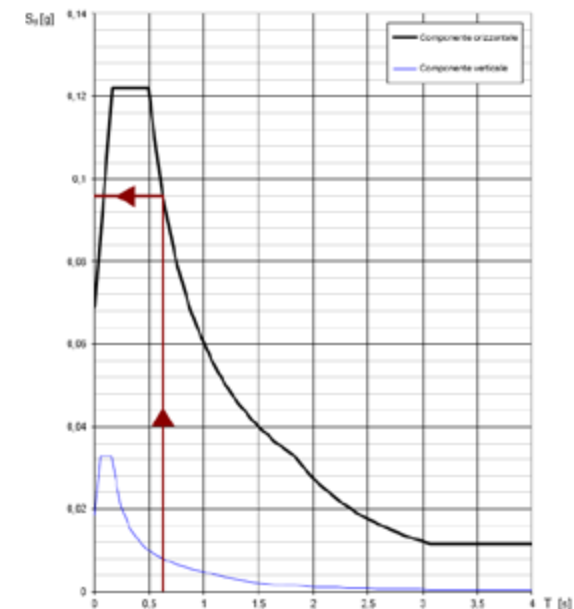


fig.9.10 SPETTRO DI RISPOSTA
Spettro di risposta di progetto

Struttura volume tipo

Orizzontamenti

Per quanto concerne i volumi presenti nella parte sud dell'edificio sono presenti due tipologie di orizzontamenti:

- Copertura inclinata verde
- Solaio interpiano

Carichi permanenti

I carichi permanenti sono quelli relativi alle stratigrafie tecnologiche espressi in kN/m^2 e vengono calcolati moltiplicando le densità dei vari materiali (massetto, isolamento) per gli spessori di ciascuno di essi. Per componenti più complessi (lamiera grecata, controsoffitto) viene invece espresso direttamente il carico distribuito fornito dal produttore. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva contenente tutti i carichi utilizzati nel calcolo strutturale, si fa riferimento al capitolo 8, "Progetto Tecnologico" per ulteriori dettagli relativi ai pacchetti tecnologici.

	γ_{G1}	G1 [kN/m^2]	γ_{G2}	G2 [kN/m^2]	γ_{Qi}	q_k [kN/m^2]	Neve [kN/m^2]	Vento [kN/m^2]
Solaio interpiano	1,3	3,245	1,5	1,108	1,5	6		
Copertura verde	1,3	9,6	1,5	6,483	1,5	5	0,352	0,087

tab.9.2 CARICHI PERMANENTI VOLUME TIPO
Carichi permanenti e loro coefficienti di combinazione

Carichi variabili

I carichi variabili sono quelli calcolati in precedenza, utilizzando i valori forniti in normativa.

Combinazioni di carico

Per entrambe le tipologie di orizzontamento si sono calcolate le combinazioni di carico, moltiplicando i carichi dei vari materiali per i relativi coefficienti di combinazione.

	COEFFICIENTI COMBINAZIONE						COMBINAZIONI [kN/m ²]			
	G1 [kN/m ²]	G2 [kN/m ²]	q _k [kN/m ²]	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂	SLU [kN/m ²]	SLE rara [kN/m ²]	SLE freq [kN/m ²]	SLE quasi perm [kN/m ²]
Solaio interpiano	3,245	1,108	6	1	0,9	0,8	14,880	10,353	9,753	9,153
Copertura verde	9,6	6,483	5	0,7	0,7	0,6				
Neve	-	-	0,352	0,5	0,2	0	31,655	22,436	20,708	20,208
Vento	-	-	0,087	0,6	0,2	0				

tab.9.3 COMBINAZIONI DI CARICO
Stati Limite e loro coefficienti di combinazione

Dimensionamento solaio interpiano

L'orizzontamento del solaio interpiano è costituito da una lamiera grecata in acciaio e un getto collaborante in calcestruzzo. Per il suo dimensionamento si è fatto riferimento alle tabelle fornite direttamente dal produttore considerando uno schema statico di appoggio-appoggio. Il carico adottato per il dimensionamento è dato dal carico distribuito delle stratigrafie costituenti il pacchetto tecnologico e i carichi variabili di esercizio ed è pari a circa 10 kN/m². Considerando uno spessore della soletta pari a 150 mm e uno spessore della lamiera pari a 1 mm, si riesce a raggiungere un interasse fra le travi secondarie pari a 2,6 m.

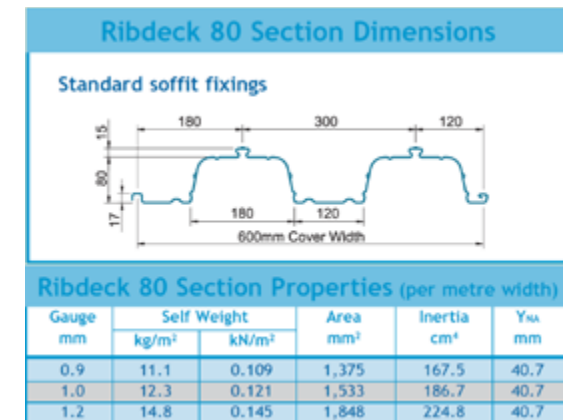



fig.9.11 LAMIERA GRECATA
Caratteristiche geometriche lamiera grecata

fig.9.12 SOLETTA COLLABORANTE
Tabella dimensionamento soletta

Span/load table - BS 5950 Method							
	Support Condition	Slab Depth (mm)	Concrete Volume (m ³ /m ²)	0.2% Mesh * 0.4% Mesh **	1.0 Gauge		
					Imposed Load (kN/m ²)		
					5.0	7.5	10.0
Single - Unpropped		100	0.092	A142*	2.97	2.97	2.78
		120	0.112	A142*	2.81	2.81	2.81
		130	0.122	A193*	2.73	2.73	2.73
		150	0.142	A252*	2.60	2.60	2.60
		175	0.167	A252*	2.46	2.46	2.46
		200	0.192	A393*	2.35	2.35	2.35
		250	0.242	A393*	2.19	2.19	2.19

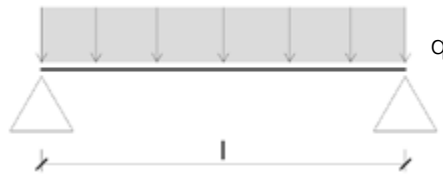


fig.9.13 TRAVI SECONDARIE
Schema statico

Travi secondarie

Le travi secondarie sono state dimensionate ipotizzando il collegamento alla trave primaria tramite cerniere e considerando quindi uno schema statico di appoggio-appoggio in modo da ottenere il massimo momento e freccia in mezzeria.

I carichi in oggetto sono gli stessi utilizzati per il dimensionamento degli orizzontamenti, con l'aggiunta del peso proprio del solaio.

P.O.01	SOLAIO INTERPIANO				
	Stratigrafie	Spessore [m]	ρ [kg/m ³]	Peso distr. [kg/m ²]	Carico [kN/m ²]
	Pavimento in linoleum	0,003		5,2	0,052
	Massetto di completamento	0,04	1950	78	0,78
	Sistema radiante	0,058	100	5,8	0,058
	Strato collaborante in CLS	0,055	-	312,4	3,124
	Lamiera grecata	-	-	-	0,121
	Isolamento termico	0,04	0,16	12,3	0,123
	Controsoffitto	-	-	9,5	0,095
				totale	4,353

G

Il carico ottenuto è stato poi moltiplicato per l'interasse delle travi secondarie in modo da ottenere un carico distribuito lineare in kN/m.

Predimensionamento

Il predimensionamento è stato effettuato con riferimento allo Stato Limite di Esercizio e in particolare allo SLE rara, confrontando la freccia della trave con quella massima ammissibile da normativa.

La freccia ammissibile sia per i solai in generale che per le coperture praticabili risulta essere pari a 1/250 della luce.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_s}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		

Per quanto riguarda lo schema statico adottato, la freccia massima in mezzera, risulta essere pari a:

tab.9.4 ANALISI DEI CARICHI
(pagina precedente) Analisi dei carichi solaio

fig.9.14 LIMITI DI DEFORMABILITÀ
Limiti di deformabilità previsti dalle NTC2008

$$f_{max} = (5 \cdot q \cdot l^2) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Dove:

- p è il carico distribuito gravante sulla trave
- l è la luce della trave
- E è il modulo di elasticità dell'acciaio pari a 210000 N/mm²
- I è il momento d'inerzia della sezione

Tramite la formula inversa è possibile ricavare l'inerzia minima necessaria a soddisfare tale condizione.

$$I = (5 \cdot q \cdot l^2) / (384 \cdot E \cdot f_{amm})$$

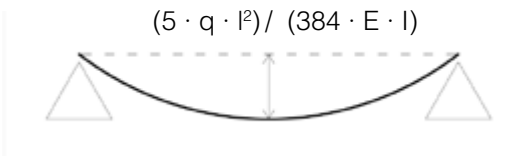


fig.9.15 TRAVE SECONDARIA
Freccia massima

Il momento d'inerzia così ottenuto ha permesso di entrare in un profilario e individuare il tipo di profilo necessario a soddisfare tale requisito. Si è optato per un profilo di tipo alveolare con fori ottagonali HEA300-500 in modo da permettere il passaggio degli impianti di ventilazione meccanica e ridurre il peso.

Profilo	H [cm]	B [cm]	Peso lineare [kN/m]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W _{pl} [mm ³]	t _w [mm]	c [mm]	c/t	ε	classe
HEA300-500	50	30	0,908	149,1	58262	2330000	8,5	472	55,53	0,92	1

tab.9.5 PROPRIETÀ GEOMETRICHE
Trave secondaria

Verifica flessionale agli SLU

La normativa prevede, per le travi secondarie, la verifica a flessione monoassiale. In particolare deve essere rispettata la relazione:

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

Dove:

- M_{Ed} è il momento agente di progetto in [kNm]
- $M_{c,Rd}$ è il momento resistente della sezione scelta [kNm]

Per lo schema statico considerato, il momento massimo agente sulla trave si verifica in mezzzeria e vale:

$$M_{Ed} = M_{max} = (q \cdot l^2) / 8$$

Dove:

- q è il carico distribuito sulla lunghezza della trave
- l è la lunghezza della trave

Il momento resistente della sezione (classe 1) risulta invece:

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

Dove:

- W_{pl} è il modulo di resistenza plastico della sezione [mm^3]
- f_{yk} la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio pari a 275 N/mm^2
- γ_{M0} coefficiente di sicurezza per l'acciaio pari a 1,05

Una volta eseguita la verifica per tutte le travi secondarie vengono calcolate tutte le reazioni agli appoggi.

Travi primarie

Il dimensionamento delle travi primarie risulta simile al precedente e viene ipotizzato il collegamento ai pilastri tramite cerniere e considerando sempre uno schema statico di appoggio-appoggio con carichi concentrati in corrispondenza delle reazioni delle travi secondarie.

Predimensionamento

Il predimensionamento viene eseguito, come per le travi secondarie, facendo riferimento agli Stati Limite di Esercizio (SLE rara) ricavando il momento d'inerzia minimo, necessario a soddisfare la freccia massima ammissibile dalla normativa. La formula per il calcolo della freccia, nel caso dello schema statico sopra riportato, risulta:

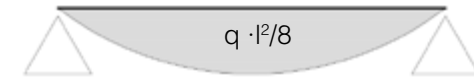


fig.9.16a TRAVE SECONDARIA
Momento massimo

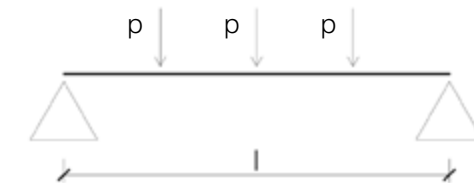


fig.9.16b TRAVE PRIMARIA
Schema statico

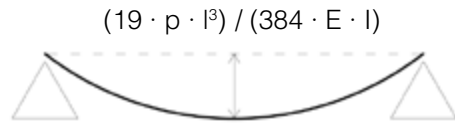


fig.9.16c TRAVE PRIMARIA
Freccia massima

$$f_{max} = (19 \cdot p \cdot l^3) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Dove:

- p è il carico puntuale fornito dalle reazioni delle travi secondarie

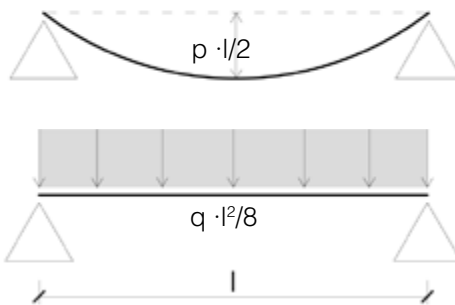
Ricavando successivamente la formula inversa otteniamo l'inerzia minima e di conseguenza scegliamo un profilo alveolare con fori ottagonali HEB360-600.

Verifica a flessione agli SLU

Profilo	H [cm]	B [cm]	Peso lineare [kN/m]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W _{pl} [mm ³]	t _w [mm]	c [mm]	c/t	ε	classe
HEB360-600	60	30	1,459	180,6	130174	676100	12,5	575	46	0,92	1

tab.9.6 PROPRIETÀ GEOMETRICHE
Trave primaria

Per la verifica agli stati limite ultimi, la normativa prevede la verifica a flessione monoassiale. Ai carichi puntuali delle travi secondarie viene aggiunto il carico distribuito dovuto al peso proprio della trave. Il momento massimo agente viene calcolato mediante il principio di sovrapposizione degli effetti e vale:



$$M_{Ed} = (q \cdot l^2) / 8 + (p \cdot l) / 2$$

Il momento resistente della sezione (classe 1) risulta invece:

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0}$$

Si verifica quindi che $M_{c,Rd} \geq M_{Ed}$ e quindi la trave risulta verificata.

fig.9.17 TRAVE PRIMARIA
Momento massimo dovuto ai carichi puntuali (in alto) e al peso proprio (in basso)

carico SLU [kN]	M _{Ed} [kNm]	f _{yk} [N/mm ²]	γ _{M0}	M _{c,Rd} [kNm]	M _{Ed} / M _{c,Rd} ≤ 1
190,55	952,73	275	1,05	1136,4	VERIFICATO

tab.9.7 VERIFICA TRAVE PRIMARIA
(a lato) Verifica flessione agli SLU

Verifica a Taglio

Per la trave primaria, trattandosi di una trave con fori alveolari ottagonali, viene eseguita anche la verifica al taglio. Come in precedenza, la trave viene caricata con i carichi puntuali provenienti dalle secondarie e il carico distribuito dovuto al peso proprio e vengono calcolate le sollecitazioni di azione tagliante.

Il taglio massimo viene calcolato mediante il principio di sovrapposizione degli effetti e vale 293,12 kN. Il taglio resistente della sezione, in assenza di torsione, invece vale:

$$V_{c,Rd} = (A_v \cdot f_{yk}) / (3^{0,5} \cdot \gamma_{M0})$$

Dove:

A_v è l'area resistente al taglio che per profili ad H, caricati nel piano dell'anima, si può assumere:

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Si verifica quindi che $V_{c,Rd} \geq V_{Ed}$ e quindi la trave risulta verificata.

V_{Ed} [kNm]	A_v [mm ²]	t_f [mm]	r [mm]	$V_{c,Rd}$ [kNm]	$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$
952,73	275	22,5	27	750,42	VERIFICATO

tab.9.8 VERIFICA TRAVE PRIMARIA
Verifica al taglio

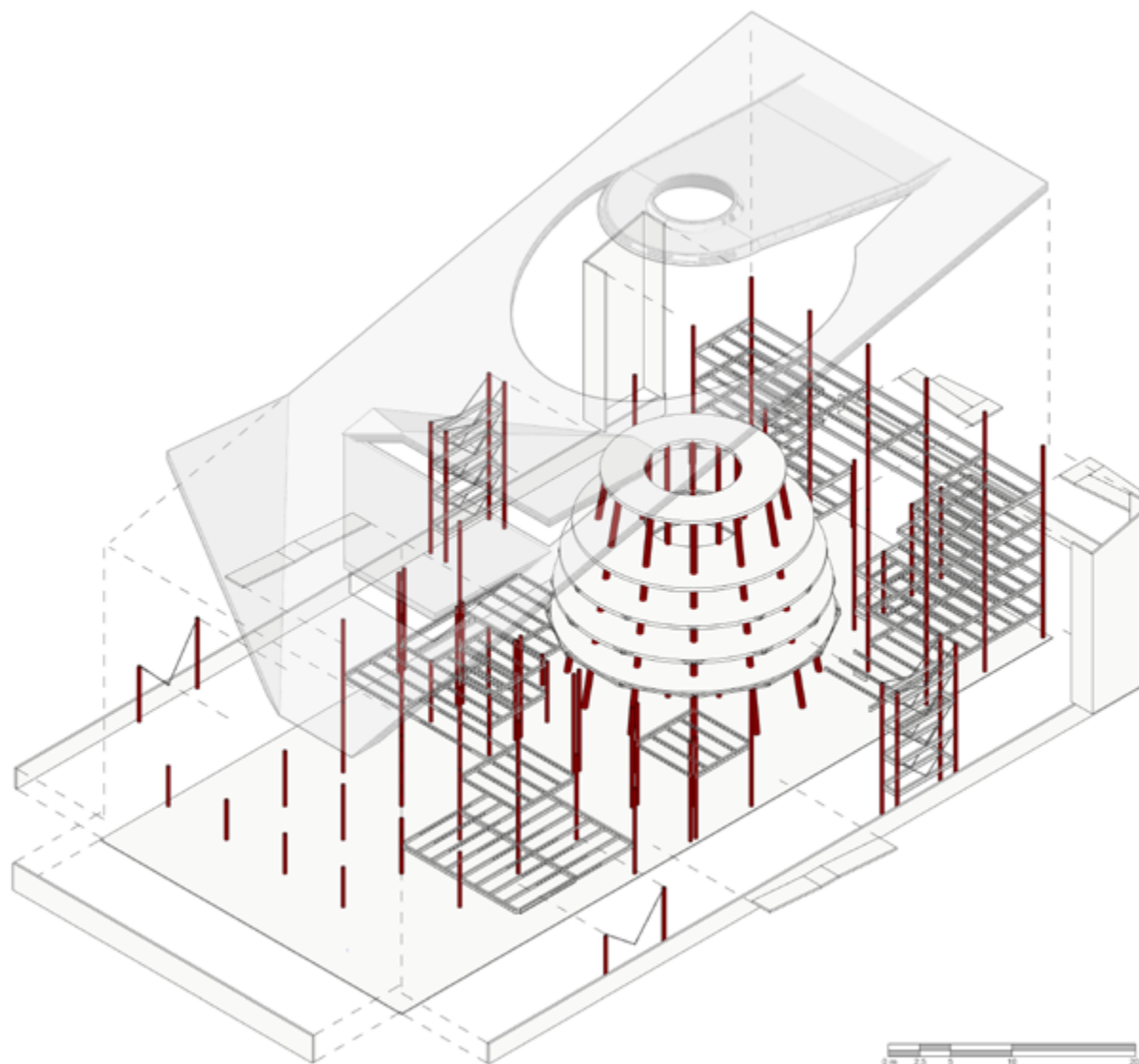
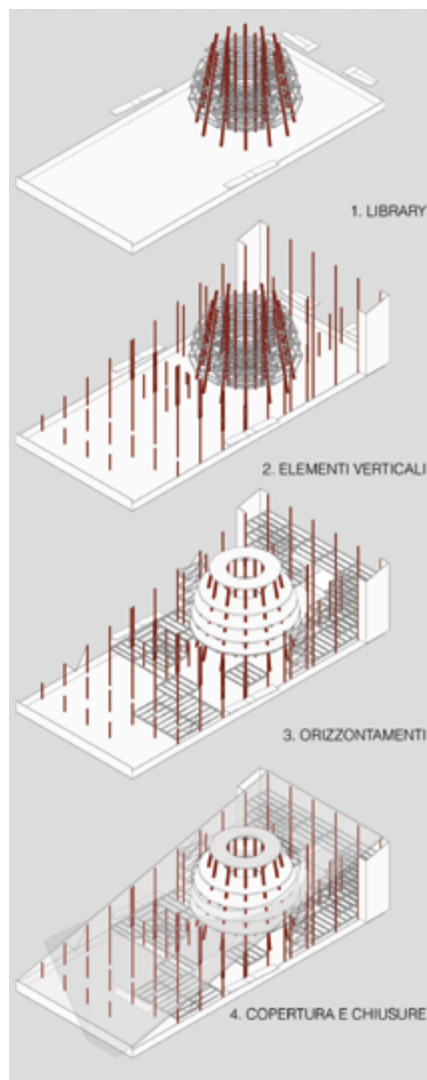


fig.9.18 ESPLOSO ASSONOMETRICO
Disarticolazione 3D delle porzioni strutturali principali.

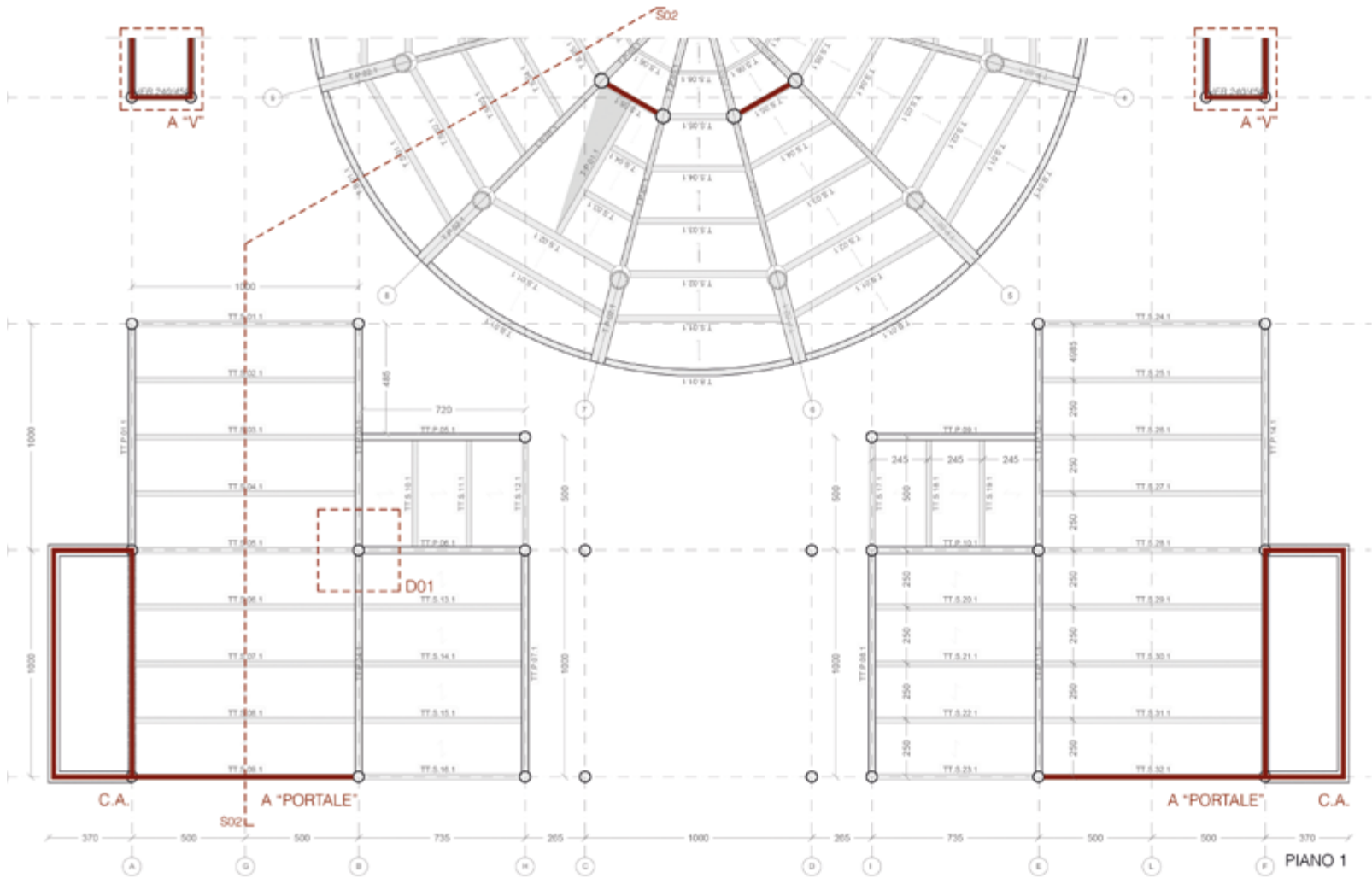


fig.9.19 PIANTE STRUTTURALE
Piano 0. Nomenclatura travi e controventi

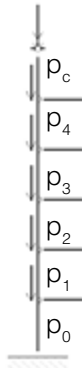


fig.9.20 PILASTRO
Schema statico pilastro

Dimensionamento pilastro

Per il dimensionamento del pilastro viene considerato uno schema statico ancorato con un incastro alla base attraverso la fondazione e incernato in sommità alla copertura.

I carichi agenti su di esso sono rappresentati dalle reazioni provenienti delle travi primarie di ciascun impalcato con l'aggiunta del carico della copertura e del peso proprio. Per semplicità tutti i carichi agenti sono ipotizzati centrati in modo da ottenere solamente sforzo di compressione.

Il carico della copertura è stato ottenuto facendo riferimento alla condizione di Stato Limite Ultimo SLU, moltiplicandolo successivamente per l'area di influenza del pilastro oggetto di dimensionamento, così da ottenere un carico concentrato in kN. Si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva dei carichi propri della copertura.

C.O.01	COPERTURA VERDE				
	Stratigrafie	Spessore [m]	ρ [kg/m ³]	Peso distr. [kg/m ²]	Carico [kN/m ²]
	Strato di terreno	0,3	2100	630	6,3
	Feltro protezione	-	-	0,65	0,0065
	Strato di ghiaia	0,02	17,5	0,35	0,0035
	Strato impermeabilizzante	-	-	4,6	0,046
	Massetto alleggerito	0,09	800	72	0,72
	Barriera al vapore	-	-	4,1	0,041
	Strato isolante	0,18	25	4	0,045
	Barriera al vapore	-	-	4,6	0,046
	Strato portante CLS	0,4	2500	1000	10
				totale	16,483
					G

tab.9.9 ANALISI DEI CARICHI
Analisi dei carichi copertura

L'azione assiale totale di progetto, a cui è soggetto il pilastro, risulta quindi:

Impalcato	p [kN]
0	585,00
1	585,00
2	292,5
3	292,5
4	292,5
COPERTURA	365,47
N_{Ed}	5212,97

tab.9.10 CARICHI AGENTI DI PROGETTO
Carichi agenti di progetto relativi al pilastro

Assunto un calcestruzzo C40/50, con una resistenza caratteristica a compressione f_{ck} pari a 40 N/mm², ne risulta una resistenza a compressione di progetto:

$$f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} \cdot \gamma_C$$

Dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata pari a 0,85
- γ_C è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo pari a 1,5

Si può quindi ricavare l'area minima della sezione del pilastro e conseguente diametro, come rapporto tra l'azione assiale di progetto e la resistenza a compressione del calcestruzzo di progetto:

$$A_c = N_{Ed} / f_{cd}$$

Risulta un'area minima di calcestruzzo pari a 229983,86 mm² che corrisponde a un raggio del pilastro pari a 300 mm circa.

La normativa, nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, prevede che venga predisposta un'armatura longitudinale con diametro non inferiore a 12 mm e interasse non superiore a 300 mm, e comunque un area minima pari a:

$$A_{s,\min} = (0,10 \cdot N_{Ed} / f_{yd}) \text{ e comunque non inferiore a } 0,0003 \cdot A_c$$

Dove:

- A_c è l'area di calcestruzzo

Viene dunque scelta un'area di armatura longitudinale pari a 1356,48 mm² corrispondente a 6 ϕ 12.

Verifica del pilastro

Per risultare soddisfatta, la verifica, deve risultare che l'azione assiale di progetto N_{Ed} , con il peso proprio del pilastro pari a 190,76 kN, sia inferiore a quella resistente della sezione N_{Rd} . L'azione resistente della sezione viene calcolata come:

$$N_{Rd} = A_c \cdot f_{cd} / A_s \cdot f_{yd}$$

Si verifica quindi che $N_{Rd} \geq N_{Ed}$ e quindi il pilastro risulta verificato.

Dimensionamento della cerchiatura

Per incrementare la resistenza a rottura del pilastro viene utilizzato un confinamento in acciaio che permetterà di contenere la deformazione radiale del pilastro soggetto a forza di compressione. Gli effetti di questo confinamento vengono tenuti in considerazione ipotizzando di avere una spirale di armatura trasversale tanto consistente da poter essere ritenuta indeformabile rispetto al calcestruzzo. Sotto tali ipotesi la resistenza plastica a compressione $N_{pl,Rd}$ della sezione trasversale composta, secondo le prescrizioni contenute nell'Eurocodice 4, viene calcolata sommando le resistenze plastiche dei suoi componenti:

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot \eta_2 \cdot f_y / \gamma_{Ma} + A_c \cdot (f_{ck} / \gamma_c) \cdot [1 + \eta_1 \cdot (t/d) \cdot (f_y / f_{ck})] + A_s \cdot f_{sk} / \gamma_s$$

Dove:

- t è lo spessore della parete del tubo di acciaio
- η_1, η_2 sono coefficienti forniti dalla normativa in funzione della snellezza λ e dell'eccentricità del carico e
- A_a, A_c, A_s sono le aree delle sezioni trasversali dell' acciaio strutturale, del calcestruzzo e dell'armatura rispettivamente
- f_y, f_{ck}, f_{sk} sono le loro resistenze caratteristiche
- $\gamma_{Ma}, \gamma_c, \gamma_s$ sono i coefficienti parziali di sicurezza relativi ai materiali

La snellezza relativa adimensionalizzata nel piano di inflessione è funzione di:

$$\lambda = (N_{pl,Rd} / N_{cr})^{1/2}$$

Dove:

- $N_{pl,Rd}$ è la resistenza calcolata in precedenza ponendo i γ pari ad 1
- N_{cr} è il carico critico Euleriano

Il carico critico Euleriano del pilastro viene definito come:

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot (E \cdot I)_e / l^2$$

Dove:

$(E \cdot I)_e$ è la rigidezza flessionale elastica equivalente, funzione delle rigidezze dei componenti

Il nuovo pilastro, così dimensionato, presenta le caratteristiche geometriche riassunte in tabella seguente:

N_{Ed} [kN]	D_{ext} [mm]	t [mm]	A_a [mm ²]	A_c [mm ²]	A_s [mm ²]	n	ϕ	c [mm]	H_{cr} [mm]	$N_{pl,Rd}$ [N/mm ²]	N_{cr} [N/mm ²]	λ	e_{max} [mm]
5213	500	150	22855	173494	679	6	12	30	4500	13854	95122	0,419	0

Instabilità del pilastro

tab.9.11 PROPRIETÀ GEOMETRICHE
Pilastro composto acciaio-calcestruzzo

Le normative prevedono che la resistenza all'instabilità della colonna composta è data da:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd}$$

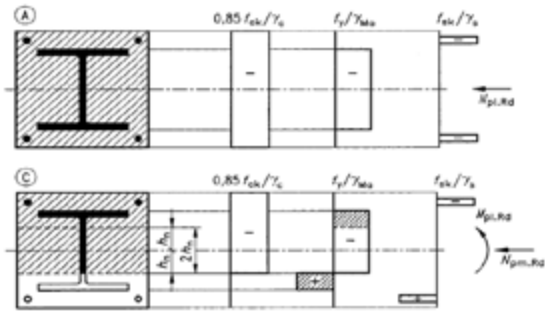


fig.9.21 ANDAMENTI DELLE TENSIONI
 Andamenti delle tensioni nella sezione del pilastro composto in caso di compressione (in alto) e pressoflessione (in basso)

Dove:

χ è il coefficiente riduttivo che tiene conto dei fenomeni di instabilità, definito in funzione della snellezza adimensionale λ come segue:

$$\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{1/2}]$$

Dove $\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$ e α è il fattore di imperfezione pari a 0,210.

La verifica risulta soddisfatta in quanto si ottiene un valore $N_{b,Rd} = 13854 \text{ kN} \geq N_{Ed}$.

Instabilità locale

Tali fenomeni di instabilità possono essere trascurati se viene soddisfatta la disequaglianza:

$$d / t \leq 90 \cdot (235 / f_{yk})$$

che risulta verificata in quanto il valore $d / t = 33,33 \leq 47$.

Verifica a pressoflessione

La verifica a presso-flessione della colonna composta è condotta controllando che:

$$M_{Ed} \leq \alpha_M \cdot M_{pl,Rd} \cdot (N_{Ed})$$

Dove:

M_{Ed} funzione di N_{Ed} , è il massimo valore di momento flettente nel pilastro che in questo caso è pari a 0.

Mediante l'ultizio di un foglio di calcolo è stato possibile costruire il diagramma del dominio di resistenza M-N e verificare la correttezza dei risultati.

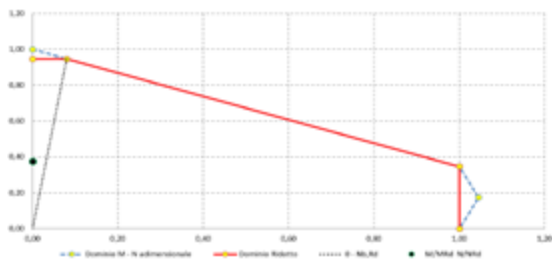


fig.9.22 VERIFICA PRESSOFLESSIONE
 Diagramma dominio di resistenza M-N

Struttura volume biblioteca

Orizzontamenti

Nel volume della biblioteca sono presenti due tipologie di orizzontamenti:

- Copertura inclinata praticabile
- Solaio interpiano

Carichi permanenti

I carichi permanenti vengono calcolati come quanto effettuato in precedenza, ad eccezione del peso proprio delle pareti divisorie interne che verrà ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} pari a 1,20 kN/m². Di seguito si riporta una tabella riassuntiva contenente tutti i carichi utilizzati nel calcolo strutturale; si fa sempre riferimento al capitolo 8, "Progetto Tecnologico" per ulteriori dettagli relativi ai pacchetti tecnologici.

	γ_{G1}	G1 [kN/m ²]	γ_{G2}	G2 [kN/m ²]	γ_{Q1}	q_k [kN/m ²]	Neve [kN/m ²]	Vento [kN/m ²]
Solaio interpiano	1,3	3,67	1,5	2,19	1,5	6	-	-
Copertura WPC	1,3	9,6	1,5	6,483	1,5	5	0,352	0,087

tab.9.12 CARICHI PERMANENTI VOLUME BIBLIOTECA
Carichi permanenti e loro coefficienti di combinazione

Carichi variabili

Anche i carichi variabili sono quelli calcolati in precedenza e non vengono perciò ripetuti.

Combinazioni di carico

Per entrambe le tipologie di orizzontamento si sono calcolate le combinazioni di carico, moltiplicando i carichi dei nuovi materiali per i relativi coefficienti di combinazione.

	COEFFICIENTI COMBINAZIONE						COMBINAZIONI [kN/m ²]			
	G1 [kN/m ²]	G2 [kN/m ²]	q _k [kN/m ²]	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	SLU [kN/m ²]	SLE rara [kN/m ²]	SLE freq [kN/m ²]	SLE quasi perm [kN/m ²]
Solaio interpiano	3,67	2,19	6	1	0,9	0,8	17,0579	11,8614	11,2614	10,6614
Copertura WPC	10	2,276	5	0,7	0,7	0,6				
Neve			0,352	0,5	0,2	0	30,047	21,311	19,583	19,083
Vento			0,087	0,6	0,2	0				

tab.9.13 COMBINAZIONI DI CARICO VOLUME BIBLIOTECA
Stati Limite e loro coefficienti di combinazione

Dimensionamento solaio interpiano, travi secondarie e travi primarie

Per i calcoli dell'orizzontamento solaio e delle travi secondarie e primarie si fa riferimento a quanto descritto in precedenza senza ripetere i passaggi.

Il predimensionamento delle travi secondarie è stato effettuato con riferimento allo stato limite di esercizio e in particolare allo SLE rara, mentre la verifica a flessione e al taglio considerando il carico allo stato limite ultimo SLU.

Per le travi primarie invece si è eseguito il dimensionamento e la verifica allo stato limite ultimo, considerando i carichi concentrati in corrispondenza delle travi secondarie pari alle reazioni di taglio di queste ultime.

Si riportano di seguito solamente delle tabelle riassuntive con le caratteristiche dei profili scelti e le verifiche eseguite.

tab.9.14 PROPRIETÀ GEOMETRICHE TRAVI VOLUME BIBLIOTECA
(pagina seguente sopra) Travi volume biblioteca

tab.9.15 VERIFICHE TRAVI VOLUME BIBLIOTECA
(pagina seguente sotto) Verifiche a flessione e taglio travi volume biblioteca

Profilo	H [mm]	B [mm]	Peso lineare [kN/m]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	W _{pl} [mm ³]	t _w [mm]	c [mm]	c/t	ε	classe
Travi secondarie											
HEB260	260	260	0,93	118,4	14920	1148000	17,5	225	22,5	0,92	1
Travi primarie											
HEB240-400	240	400	0,853	106	34081	938300	17	366	36,6	0,92	1
Travi secondarie sbalzo interno											
HEB140	140	140	0,337	42,96	1509	215600	12	116	16,6	0,92	1
Travi primarie sbalzo interno											
HEB360	360	300	1,42	180,6	43190	2400000	22,5	315	25,2	0,92	1
Travi secondarie sbalzo esterno											
HEB340	300	340	1,34	170,9	36660	2156000	21,5	257	21,4	0,92	1
Travi primarie sbalzo esterno											
2xHEM400	432	614	5,12	651	208200	9640000	40	352	16,8	0,92	1

Profilo	carico SLU [kN/m ²]	M _{Ed} [kNm]	f _{yk} [N/mm ²]	γ _{M0}	M _{c,Rd} [kNm]	M _{Ed} / M _{c,R} ≤ 1	V _{ed} [kN]	V _{c,Rd} [kN]	V _{ed} / V _{c,Rd} ≤ 1
Travi secondarie									
HEB260	17,0579	232,14	275	1,05	300,67	VERIFICATO	136,55	453,48	VERIFICATO
Travi primarie									
HEB240-400			275	1,05	0,853		136,50	405,56	VERIFICATO
Travi secondarie sbalzo interno									
HEB140	17,0579	41,39	275	1,05	56,57	VERIFICATO	53,40	197,78	VERIFICATO
Travi primarie sbalzo interno									
HEB360			275	1,05			112,50	602,05	VERIFICATO
Travi secondarie sbalzo esterno									
HEB340	17,0579	428,78	275	1,05	564,67	VERIFICATO	191,63	813,03	VERIFICATO
Travi primarie sbalzo esterno									
2 x HEM400			275	1,05			404,20	602,05	VERIFICATO

Dimensionamento pilastri

Per il dimensionamento dei pilastri viene considerato uno schema statico ancorato con un incastro alla base attraverso la fondazione e incernierato in sommità alla copertura.

I carichi agenti su di esso sono rappresentati dalle reazioni provenienti delle travi primarie di ciascun impalcato con l'aggiunta del carico della copertura e del peso proprio. Per semplicità tutti i carichi agenti sono ipotizzati centrati in modo da ottenere solamente sforzo di compressione.

Il carico della copertura è stato ottenuto facendo riferimento alla condizione di Stato Limite Ultimo SLU, moltiplicandolo successivamente per l'area di influenza del pilastro oggetto di dimensionamento, così da ottenere un carico concentrato in kN. Si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva dei carichi propri della copertura.

tab.9.16 ANALISI DEI CARICHI
Analisi dei carichi copertura in WPC

C.O.02	COPERTURA WPC				
	Stratigrafie	Spessore [m]	ρ [kg/m ³]	Peso distr. [kg/m ²]	Carico [kN/m ²]
	fintura wpc	0,023	1210	27,83	0,278
	listelli wpc	0,05	1210	60,5	0,605
	Strato impermeabilizzante	-	-	4,6	0,046
	massetto alleggerito	0,09	800	72	0,720
	Barriera al vapore	0,002	-	4,1	0,041
	Strato isolante	0,18	25	4,5	0,045
	Barriera al vapore	0,002	-	4,1	0,041
	Strato portante CLS	0,4	2500	1000	10,000
	Facciata vetrata	-	-	-	0,500
				totale	12,276
					G

L'azione assiale totale di progetto, a cui è sono soggetto il pilastro verticale, risulta quindi:

PILASTRO VERTICALE			
Impalcato	F trave prim. [kN]	F sbalzo interno [kN]	F_v [kN]
0	206,9	-	612,1
1	276,2	112,5	680,4
2	271,7	56,2	677,9
3	275,7	-	680,9
4	275,3	-	675,9
COPERTURA			420,71
totale			1895,21

tab.9.17 PILASTRO VERTICALE

Carichi agenti di progetto relativi al pilastro verticale

Per il pilastro inclinato di 8° si sono ricavate le componenti $N_{Ed,h}$ e $N_{Ed,i}$ dell'azione verticale N_{Ed} , e i momenti generati M_{NEd} dall'azione verticale N_{Ed} di ciascun piano rispetto alla base del pilastro:

tab.9.18 PILASTRO INCLINATO

Carichi agenti di progetto relativi al pilastro inclinato

PILASTRO INCLINATO 8°								
Impalcato	F trave prim. [kN]	F sbalzo esterno [kN]	N_{Ed} [kN]	$N_{Ed,h}$ [kN]	$N_{Ed,i}$ [kN]	Interpiano [m]	braccio [m]	M_{NEd} [kNm]
0	206,9	405,2	206,9	-	-	4,5	-	-
1	276,2	404,2	388,7	94,69	673,78	9,0	9,09	860,62
2	271,7	406,2	327,9	94,35	671,30	13,5	13,63	1286,18
3	275,7	405,2	275,7	94,76	674,27	18	18,18	1722,50
4	275,3	400,6	275,3	94,07	669,32	22,5	22,72	2137,31
COPERTURA			1088,03	209,98	1494,05	30	30,29	6361,17
totale			4835,94	-	4182,73	-	-	12367,77

Il calcestruzzo scelto risulta sempre un C40/50, con una resistenza caratteristica a compressione f_{ck} pari a 40 N/mm² e una resistenza a compressione di progetto di 22,67 N/mm².

I pilastri ricavati presentano le seguenti proprietà geometriche:

Pilastro	D_{ext} [mm]	t [mm]	A_a [mm ²]	A_c [mm ²]	A_s [mm ²]	n	ϕ	c [mm]	H_{cr} [mm]	$N_{pl,Rd}$ [N/mm ²]	N_{cr} [N/mm ²]	λ	e_{max} [mm]
Verticale	650	25	49087	282743	905	8	12	30	7000	27379	130208	0,499	0
Inclinato	845	60	147969	412825	5322	14	22	30	9000	69692	335631	0,499	0,34

tab.9.19 PROPRIETÀ GEOMETRICHE
Pilastri composto acciaio-calcestruzzo volume biblioteca

Instabilità dei pilastri

In entrambi i casi è stata verificata l'instabilità dei pilastri dimensionati come è stato fatto per il pilastro del blocco tipo sud. Entrambi i pilastri risultano ampiamente verificati in quanto si ottiene rispettivamente:

$$N_{b,Rd} = 25311 \text{ kN} \geq N_{Ed} \text{ per il pilastro verticale}$$

$$N_{b,Rd} = 64438 \text{ kN} \geq N_{Ed} \text{ per il pilastro inclinato}$$

Instabilità locale

Tali fenomeni di instabilità possono essere trascurati se viene soddisfatta la disequaglianza:

$$D_{ext} / t \leq 90 \cdot (235 / f_{yk})$$

che risulta verificata in quanto il valore $D_{ext} / t = 26 \leq 76,91$ per il pilastro verticale; mentre per il pilastro inclinato $D_{ext} / t = 14,08 \leq 76,91$

Verifica a pressoflessione

Determinante risulta invece la verifica a presso-flessione, specialmente per quanto riguarda il pilastro inclinato. Si riportano di seguito i diagrammi del dominio di resistenza M-N, ricavati mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo, che dimostrano che la verifica alla pressoflessione

risulta soddisfatta in entrambi i casi, in particolare si può vedere che il pallino verde, che indica lo stato di sollecitazione del pilastro in questione, ricade entro il dominio di resistenza.

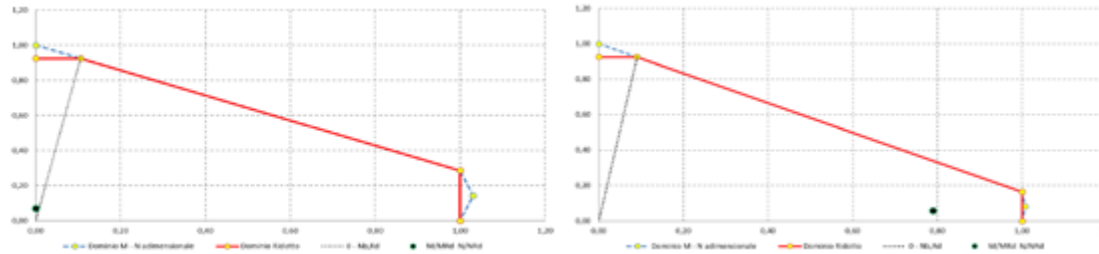


fig.9.23 VERIFICA PRESSOFLESSIONE PILASTRO VERTICALE
(a sinistra) Diagramma dominio di resistenza M-N

fig.9.24 VERIFICA PRESSOFLESSIONE PILASTRO INCLINATO
(a destra) Diagramma dominio di resistenza M-N

Dimensionamento controventi

A lato viene proposto lo schema statico del volume della biblioteca in cui sono stati evidenziati in rosso i controventi. Si tratta di 4 sistemi a croce di sant’Andrea costituiti dai trefoli in acciaio collocati nello spazio interposto tra un pilastro e l’altro. Questi controventi hanno il compito di contrastare le sollecitazioni orizzontali a cui il volume della biblioteca è soggetto, e cioè vento e sisma.

Analisi delle forze dovute al sisma

L’entità della forza agente al piede dell’edificio si ottiene moltiplicando la massa dell’edificio per l’accelerazione sismica di progetto $S_d = 0,09 g$, con opportuni coefficienti:

$$F_h = S_d (T) \cdot W \cdot \lambda / g$$

Dove:

- W è il peso dell’edificio
- λ è un coefficiente riduttivo pari a 0,85 se la costruzione ha almeno 3 orizzontamenti

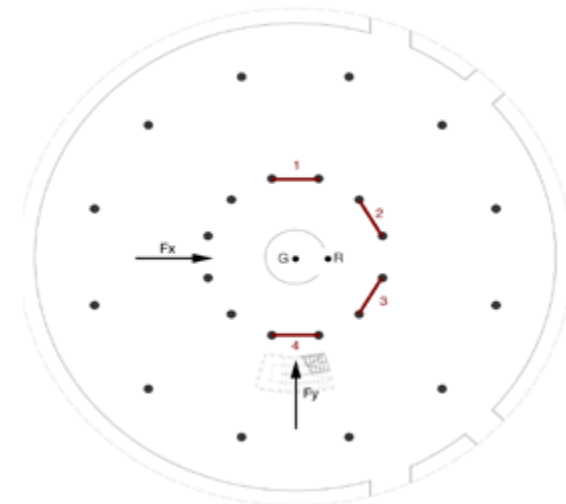


fig.9.25 SISTEMA DEI CONTROVENTI
Disposizione controventi volume biblioteca

- g è l'accelerazione di gravità

Le Norme Tecniche sulle costruzioni, NTC 2008, prevedono che gli effetti dell'azione sismica vengono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum \Psi_{2j} \cdot Q_{ki}$$

Da cui il peso totale dell'edificio risulta:

$$W = G_1 + G_2 + \sum \Psi_{2j} \cdot Q_{ki}$$

Il calcolo è stato eseguito piano per piano, moltiplicando i carichi distribuiti del solaio, delle travi, dei pilastri, delle partizioni verticali, delle chiusure opache e di quelle trasparenti, per la superficie di loro pertinenza.

Impalcato	Area [m ²]	G1 [kN/m ²]	G2 [kN/m ²]	Chiusure trasparenti [kN/m ²]	Chiusure opache [kN/m ²]	Pilastri verticali [kN]	Pilastri inclinati [kN]	T r a v i [kN]	W _i [kN]
0		2,19	3,67	87,00	89,62	589,44	1197,12	261,44	4770,07
1	927,21	2,19	3,67	145,00	149,37	589,44	1197,12	435,73	7950,12
2		2,19	3,67	123,25	126,9645	589,44	1197,12	370,37	6757,60
3		2,19	3,67	98,6	101,5716	589,44	1197,12	296,30	5406,08
4		2,19	3,67	84,1	86,6346	589,44	1197,12	252,73	4611,06
COPERTURA		2,28	10,00	-	-	-	-	-	3691,01
								totale	33185,94

tab.9.20 PESO PIANI VOLUME BIBLIOTECA
Peso dei piani del volume della biblioteca

La forza agente al piede dell'edificio risulta quindi:

$$F_{h, \text{sisma}} = 258,79 \text{ kN}$$

A questo punto è possibile calcolare la forza statica equivalente da applicare alla massa di ogni piano secondo la seguente formula:

$$F_i = F_{h, \text{sisma}} \cdot z_i \cdot W_i / \sum_j (z_j \cdot W_j)$$

Impalcato	W_i [kN]	z [m]	W_j [kN]	F_i [kN]	e [m]	M_t [kNm]	F_t [kN]
0	4770,07	4,5	4772,95	11,96	2,44	29,19	2,43
1	7950,12	9	7954,92	39,88	2,44	97,31	8,11
2	6757,60	13,5	6761,68	50,85	2,44	124,07	10,34
3	5406,08	18	5409,34	54,24	2,44	132,34	11,03
4	4611,06	22,5	4613,85	57,83	2,44	141,10	11,76
COPERTURA	3691,01	30	2625,78	61,72	2,44	150,59	12,55

Analisi delle forze dovute al vento

Si calcolano ora le azioni orizzontali dovute al vento agenti sulle chiusure trasparenti del volume della biblioteca. In particolare ad ogni interpiano agiscono delle forze calcolate:

$$F_i = p_i \cdot A_i$$

Dove:

p_i è la pressione esercitata dall'azione del vento [kN/m²]

A_i è l'area della chiusura trasparente su cui agisce l'azione del vento [m²]

La pressione esercitata dall'azione del vento risulta -0,52 kN/m² (negativa perché una depressione) e viene calcolata come:

$$p_i = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{pe}$$

Dove:

- q_{ref} è la pressione media di riferimento del vento pari a 257,11 N/m²
- $c_e(z)$ è il coefficiente di esposizione pari a 1,7
- c_{pe} è il coefficiente di pressione esterna pari a -1,2 perché superficie cilindrica

tab.9.21 FORZE STATICHE EQUIVALENTI
Forze statiche equivalenti piani volume biblioteca

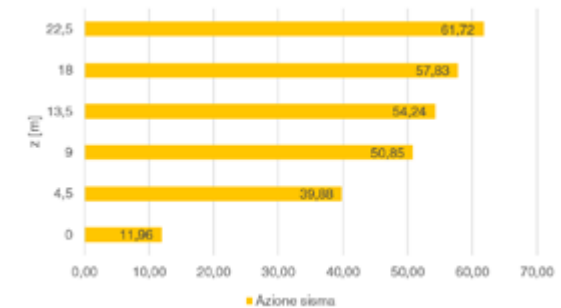
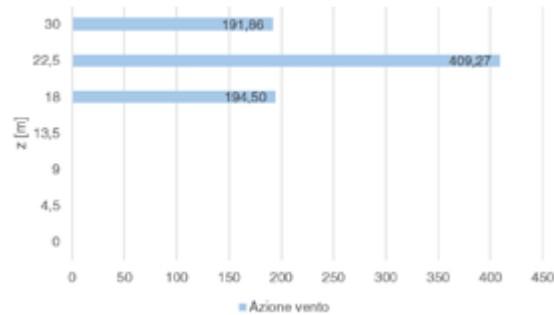


fig.9.26a FORZE SISMICHE EQUIVALENTI
Grafico forze sismiche equivalenti applicate ad ogni piano

tab.9.22 FORZE EQUIVALENTI DOVUTE AL VENTO
(a destra) Forze equivalenti dovute al vento



Impalcato	Area vetrata [m ²]	z [m]	F _i [kN]
0	-	4,5	-
1	-	9	-
2	-	13,5	-
3	370,83	18	194,50
4	780,30	22,5	409,27
COPERTURA	365,80	30	191,86

fig.9.26b FORZE SISMICHE EQUIVALENTI
(sotto) Grafico forze sismiche equivalenti applicate ad ogni piano

A questo punto si sono confrontate le forze così calcolate e, piano per piano, è stata individuata la forza più sfavorevole. Come è possibile constatare dal grafico sotto riportato, la forza equivalente di riferimento più gravosa è stata quella dovuta all'azione del vento per i piani più alti ed esposti a tale azione, mentre per i piani più bassi a prevalere sono state le forze dovute all'azione sismica.

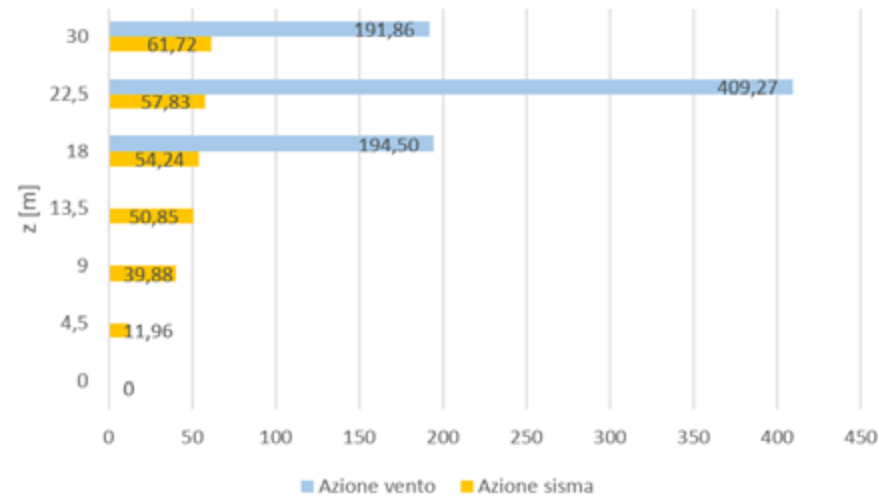


fig.9.27 CONFRONTO FORZE EQUIVALENTI ORIZZONTALI
Grafico di confronto tra forze equivalenti orizzontali dovute al sisma e al vento

Attraverso l'utilizzo del software f-tool e applicando le forze ai nodi, è stato possibile ricavare l'azione assiale all'interno di ogni singola asta del sistema di controvento e successivamente dimensionare la sezione. Sono stati utilizzate delle funi di acciaio zincate a 8 trefoli e diametro variabile.

Controvento	N_{Ed} [kN]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	A_{min} [mm ²]	tipo di fune di acciaio	P [kg/m]
1 e 4	1775,7	275	261,91	67,80	8WIS ϕ 45	9,35
2 e 3	1467,0	275	261,91	56,01	8WIS ϕ 40	7,36



8 WIS (ZINCATO)					
	Diametro fune (mm)	Diametro fili esterni (mm)	Peso per metro (kg)	Carico rottura minimo (kg)	
399 fili	25,0	1,20	2,91	622,0	63440
8x36 W5	26,0	1,23	3,12	668,0	68130
+ anima metallica parallela	28,0	1,33	3,63	768,0	78340
crociata destra	29,0	1,37	3,86	819,0	83540
crociata sinistra	32,0	1,53	4,75	1009,0	102920
Resistenza 2160 N/mm²	34,0	1,60	5,30	1120,0	114240
	36,0	1,70	5,96	1250,0	127500
	38,0	1,80	6,65	1400,0	142800
	40,0	1,90	7,36	1550,0	158100
	42,0	2,00	8,12	1710,0	174420
	45,0	2,13	9,35	1960,0	199920

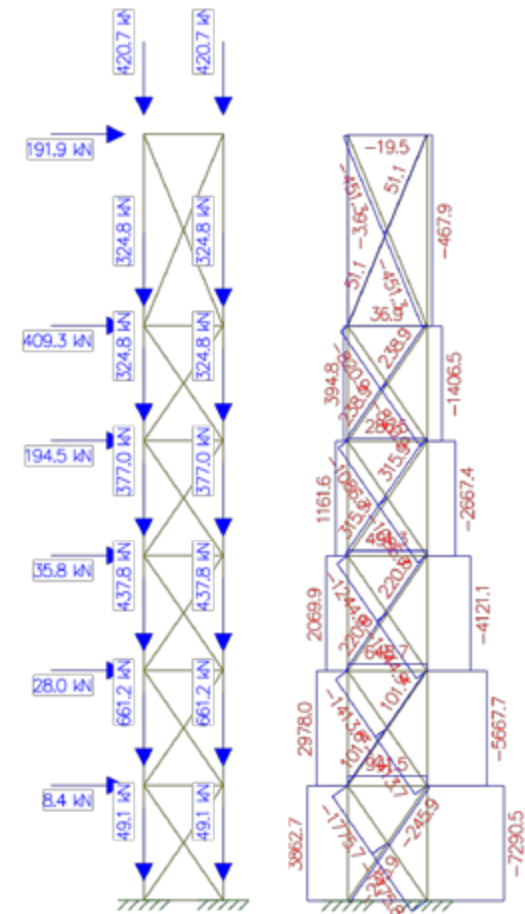


fig.9.28 SCHEMA STATICO SISTEMA DI CONTROVENTO (sotto) Schema statico e azione assiale sistema di controvento

tab.9.23 PROPRIETA' GEOMETRICHE CONTROVENTI (sopra a lato) Proprietà geometriche controventi

fig.9.29 FUNI IN ACCIAIO (sotto a lato) Funi in acciaio zincate a 8 trefoli

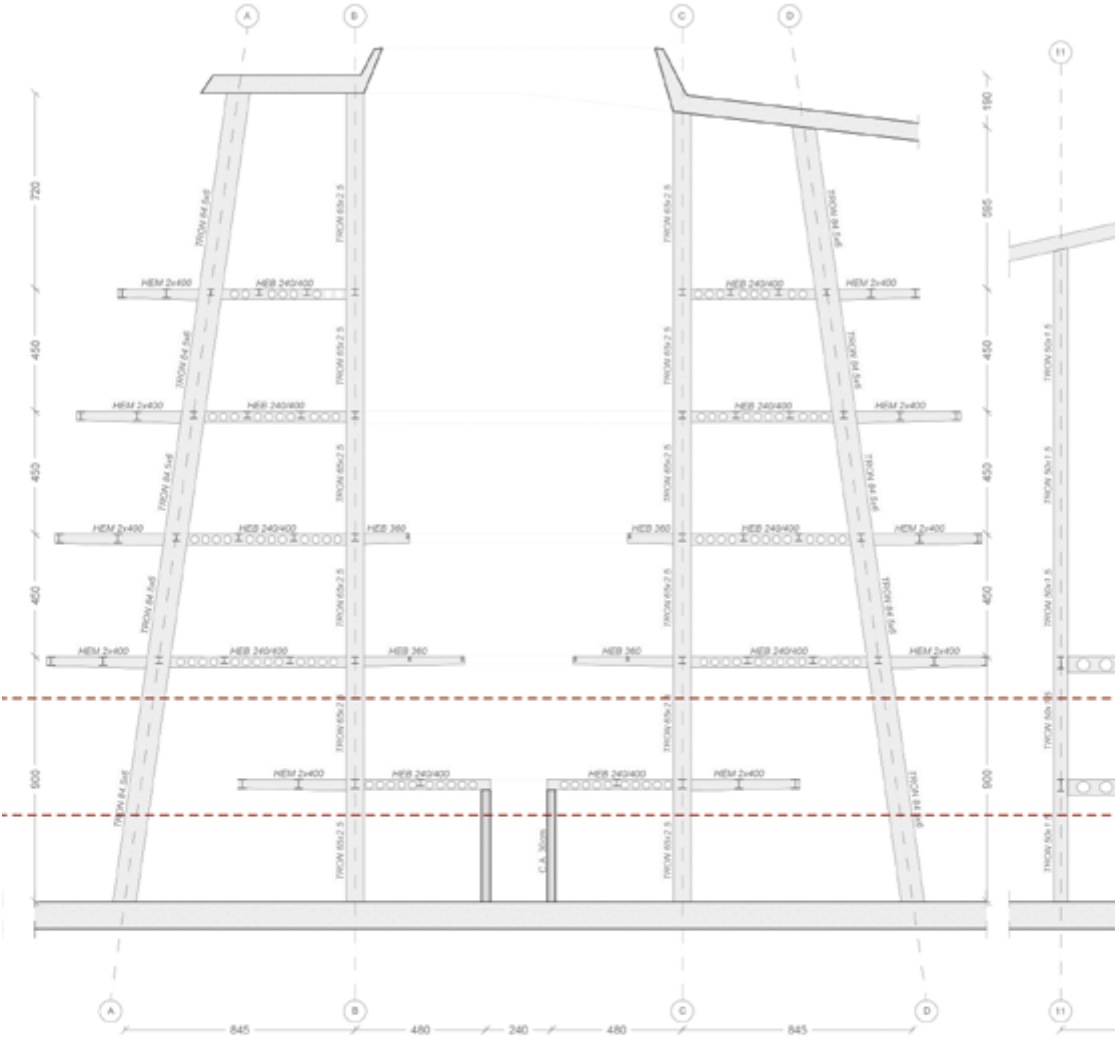


fig.9.31 SEZIONE STRUTTURALE
Nomenclatura travi ed indicazione delle griglie di orientamento

Progettazione piastra in C.A.

Definizione degli obiettivi

Definite le azioni agenti sulla struttura e i materiali che la compongono, ci si concentra ora sull'analisi, il dimensionamento e la verifica dell'elemento piastra di copertura. Si definiscono i vantaggi di tale sistema rispetto ad un altro tipo di soluzione, le modalità di rottura (flessione globale, locale e punzonamento), analisi costi in funzione della capacità portante, accennando inoltre alle problematiche e relative soluzioni alle fasi cantieristiche di tale opera.

Cenni preliminari

Le piastre rappresentano una tipologia strutturale piana, bidimensionale, di spessore contenuto, veloce da realizzare e che garantisce una moltitudine di impieghi diversi. La sua realizzazione può avvenire con materiali diversi: dal classico calcestruzzo armato, a soluzioni miste con fibre e armatura fino a soluzioni moderne in Fiber Reinforced Concrete.

Le piastre offrono un'ottima risposta ai carichi distribuiti grazie al loro comportamento flessionale (flessione+tagli+torsione) particolarmente efficace quando i vincoli permettono alla piastra di trasmettere il carico secondo due o più direzioni (G. Gambarova, D. Cornelli, P. Barmonte, 2007).

L'utilizzo di piastre permette di ottenere impalcati di piano e di copertura con spessori particolarmente ridotti, che in generale implica la riduzione dei volumi occupati dalla struttura, con guadagno di spazi per l'attrezzabilità della stessa con impianti e finiture.

Le piastre vengono generalmente classificate in base alla disposizione dei vincoli, che possono essere puntiformi o continui, in 3 categorie:

- Piastra a spessore costante su colonne, con o senza capitello (soffitto a fungo)



fig.9.31 CONCRETE & COPPER ON TIMBER
(pagina precedente) Naomi Doran

- Piastra a spessore variabile, con ispessimento locale in corrispondenza delle colonne
- Piastra su travi di bordo o muri portanti, disposti su due lati paralleli o su quattro lati.

Dal punto di vista del comportamento meccanico, la piastra garantisce una elevata iperstaticità interna che porta ad una redistribuzione delle azioni interne; ciò aumenta di conseguenza la capacità portante dell'elemento stesso. La redistribuzione va tuttavia progressivamente riducendosi all'aumentare delle fessure nel calcestruzzo e della plasticizzazione delle armature.

Il modulo base di progetto ha luce pari a 10m x 10m con pilastri agli appoggi di sez. TRON 50x1.5+ 6 d12mm; si opta quindi per un sistema a piastra in C.A. a spessore costante su colonne, che data la dimensione dei pilastri dovrebbe risentire in maniera minore degli effetti del punzonamento in fase di verifica.

La scelta ricade su tale tipologia per 3 principali motivazioni:

- Facilitare la costruzione
- Diminuire i tempi di posa e getto
- Facilitare la disposizione degli impianti (sia interni che esterni all'elemento).

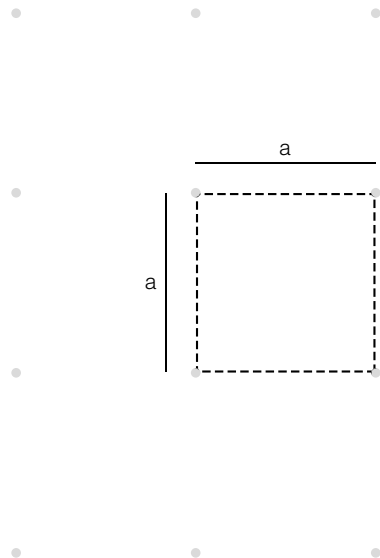


fig.9.32 MODULO DI PIASTRA BASE
Luce 10m. Pilastri TRON 50x1.5+ 6 d12mm

Predimensionamento. Cenni teorici

Nel caso di piastra continua su appoggi, per lo spessore è necessario un dimensionamento tra 1/20 e 1/30 della luce. Mentre per un tipo di piastra su colonne con capitelli il predimensionamento segue un rapporto spessore/luce di 1/25-1/35 della luce.

Il calcolo prevede, definito lo spessore, di ottenere il momento resistente M_{Rd} con lo scopo di rappresentare graficamente il momento resistente in funzione della luce a dell'impalcato.

È importante sottolineare come l'analisi limite non fornisce il momento agente ma, fissato il carico (funzione delle combinazioni di carico), fornisce il momento resistente per cui il carico ultimo q_u sia pari a quello fissato.

Teoria della plasticità**Fasi successive del comportamento di una piastra**

L'analisi elastica di una struttura a piastra è importante per conoscere il suo comportamento sotto i carichi di servizio, per i quali la struttura è stata concepita e che essa è destinata a reggere, si può dire "giorno per giorno" durante la sua vita operativa.

In presenza di carichi maggiori tendenti ai carichi ultimi, le sezioni più sollecitate della struttura si plasticizzano e formano "cerniere plastiche" che tendono a trasformare la struttura in un meccanismo. Dopo che il meccanismo si è formato, un aumento anche piccolo del carico produce il collasso della struttura, che è ormai incapace di garantire l'equilibrio.

(R Favre. J.P. Jaccoud. M. Koprna. A. Radojicic, 1994).

- Fase elastica. Prima fase in cui la piastra si comporta come se il materiale fosse elastico omogeneo e isotropo. In assenza di fessurazioni la piastra si trova nello Stadio I (l'armatura ha ruolo trascurabile).
- Fase fessurata. Aumentando i carichi, la fessurazione del calcestruzzo nelle zone tese provoca una riduzione progressiva dell'inerzia nelle sezioni fessurate. Per un assegnato aumento di carico l'azione flettente nelle zone non fessurate aumenta di più che in fase elastica. Stadio II.
- Fase di plasticizzazione dell'armatura. A maggior carico corrisponde maggior plasticizzazione dell'armatura nelle zone dove la flessione è più elevata. Le sezioni ove l'acciaio raggiunge il limite di snervamento continuano a deformarsi, ma il momento flettente rimane costante e si ha quindi una maggior redistribuzione dei momenti verso le zone ancora integre, rispetto alla fase precedente. La plasticizzazione si estende alle zone più localizzate con fessure più aperte. Tali zone sono assimilabili a "linee di plasticizzazione" o "linee di rottura". La definizione esatta di queste zone dipende dalla forma della struttura, dal tipo di vincolo, dalla ripartizione delle armature e dal tipo di carico.

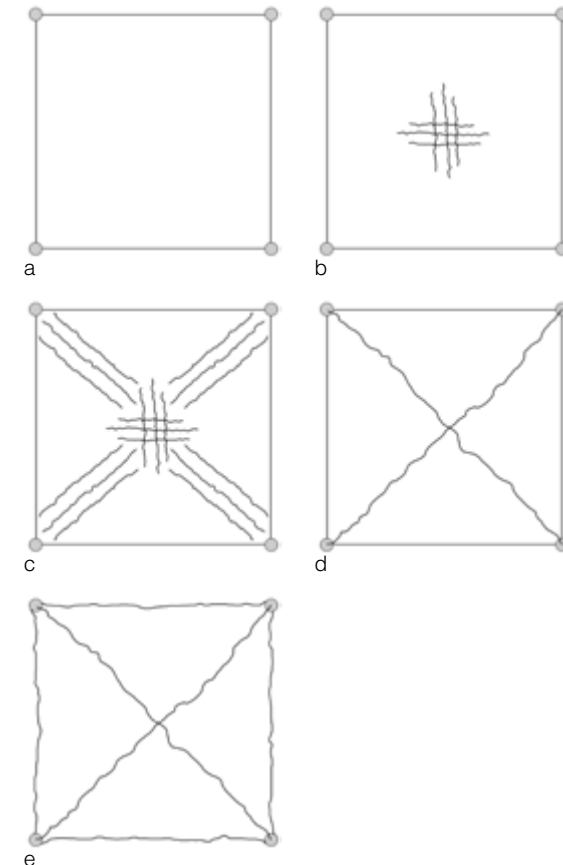


fig.9.33 METODO DELLE LINEE DI ROTTURA
Quadro fessurativo piastra C.A. con incremento di carico

- Fase di collasso. Quando le linee di rottura si sviluppano in maniera tale da formare un "meccanismo", è sufficiente un minimo incremento di carico per provocare una mancanza di equilibrio: la struttura continua a deformarsi per rotazione attorno alle linee di plasticizzazione (e/o cerniere plastiche) e alle linee di appoggio, fintanto che il calcestruzzo in zona compressa si frantuma, con ciò provocando il collasso della struttura.

Le cerniere plastiche son in grado di trasmettere il momento plastico e vengono appunto definite "plastiche" per distinguerle dalle cerniere perfette, che non sono in grado di trasmettere alcun momento ($M_p=0$).

È bene precisare che la formazione o meno di un cinematismo o meccanismo di rottura dipende fortemente anche dalla percentuale di armatura di progetto; nelle sezioni in calcestruzzo armato è importante che la percentuale di armatura sia da un lato abbastanza elevata in modo da evitare la rottura fragile della sezione all'atto della fessurazione, dall'altro abbastanza piccola in modo da assicurare la capacità di rotazione della sezione (duttilità) e da evitare che la rottura per schiacciamento del calcestruzzo compresso preceda la plasticizzazione dell'acciaio e quindi ne impedisca la formazione del meccanismo di collasso (si definisce una percentuale di armatura compresa tra 0,15 % e 1,5%).

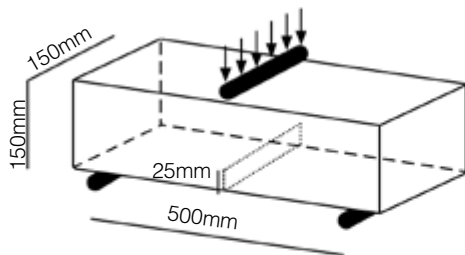
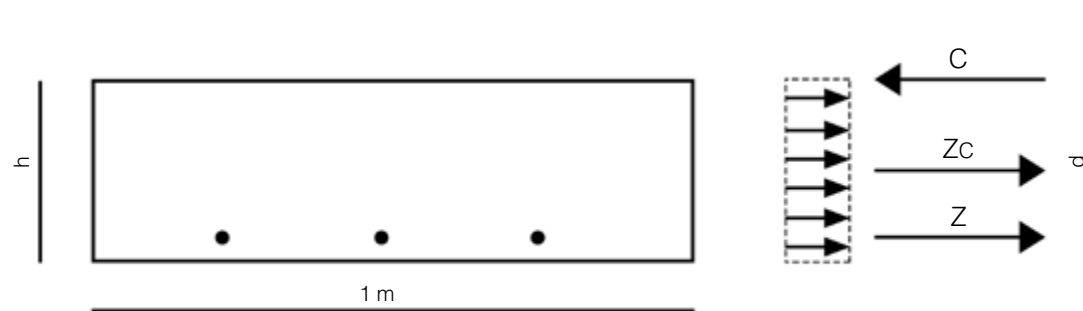


fig.9.34 TEST PER FLESSIONE A 3 PUNTI
M. di Prisco, L. Ferrara, A. Caverzan, 2012

fig.9.35 SEZIONE UNITARIA DI PIASTRA
Ipotesi sull'associatività piastra-trave



Metodi di calcolo

Condizioni da soddisfare

Le condizioni che il calcolo plastico deve soddisfare sono:

- Equilibrio. Forze esterne (comprese reazioni) devono equilibrarsi.
- Resistenza. In tutte le sezioni, le sollecitazioni devono essere inferiori o uguali ai valori corrispondenti alla resistenza ultima (plasticizzazione calcestruzzo e acciaio).
- Meccanismo. Devono nascere un numero sufficiente di cerniere plastiche affinché possa nascere un meccanismo (di rottura).

È buona norma processare le suddette condizioni in maniera equilibrata, nella prassi si soddisfano appieno 2 condizioni e la terza viene soddisfatta per tentativi. Si sono sviluppate due vie per il calcolo plastico di una struttura consistenti nel Metodo statico e nel Metodo cinematico.

Si procede quindi all'esposizione del metodo cinematico per il calcolo plastico della struttura, derivante direttamente dal teorema cinematico che ne è la sua base:

“Qualunque carico Q_1 . Al quale corrisponda un meccanismo di collasso cinematicamente ammissibile, è superiore o uguale al carico ultimo esatto Q_u ”.

Il metodo cinematico soddisfa le condizioni di equilibrio e di formazione del meccanismo. Identificato un meccanismo cinematicamente ammissibile, occorre scrivere le condizioni di equilibrio di ogni parte della struttura limitata dalle cerniere plastiche o dalle linee di plasticizzazione. Il metodo cinematico prescinde dal rispetto della resistenza perché la condizione (meccanismo) è salvaguardata solo in corrispondenza delle cerniere plastiche o delle linee di plasticizzazione e non dovunque. (R Favre. J.P. Jaccoud. M. Koprna. A. Radojicic, 1994).



fig.9.36 NUOVA CATTEDRALE DI NORCIA (PROJECT)
Pier Luigi neri. Visualizzazione delle nervature C.A.

Metodo delle linee di rottura

La “teoria delle linee di rottura” fornisce un metodo di analisi “limite” che permette di determinare il carico ultimo di una piastra in calcestruzzo armato partendo da un meccanismo di rottura cinematicamente ammissibile. Applicando il metodo cinematico, si sovrastima il carico ultimo del 10%, almeno nella gran parte dei casi.

Applicazione del metodo delle linee di rottura/plasticizzazione

Ipotesi:

- Il momento limite lungo ciascuna linea di plasticizzazione è costante e corrisponde al momento sviluppato dall'armatura plasticizzata
- Le linee di plasticizzazione sono rettilinee (intersezioni di piani) o spezzate e terminanti sul contorno della piastra
- Le zolle ruotano rigidamente attorno alle linee di plasticizzazione ed agli assi rappresentanti i bordi appoggiati o incastrati
- Le linee di plasticizzazione seguono i bordi incastrati, passando attraverso i punti fissi e rispettando comunque le simmetrie geometriche, di vincolo, di armatura e di carico
- Nella valutazione del momento limite si fa l'ipotesi che le barre d'armatura non subiscano alcuna piegatura passando attraverso le linee di plasticizzazione.

Metodo energetico e principio dei lavori virtuali

Nell'istante in cui si forma il collasso della struttura, ogni campo di piastra è sollecitato da:

- Carichi applicati ripartiti sulla superficie (q).
- Momenti flettenti-limite m ($\text{kN/m}'$) che agiscono sulle linee di rottura.
- Momenti torcenti-limite mT ($\text{kN/m}'$) che agiscono anch'essi sulle linee di rottura.
- Tagli trasmessi dai campi contigui alle linee di rottura.

Con A_e lavoro virtuale dei carichi esterni.

Con A_i lavoro virtuale delle azioni interne.

Il metodo energetico sfrutta il principio dei lavori virtuali, che eguaglia rispettivamente il lavoro che i carichi ed i momenti limite (lungo le linee di plasticizzazione) fanno per gli spostamenti e le rotazioni conseguenti ad uno spostamento virtuale del cinematismo di collasso.

Per la scelta del cinematismo da adottare è opportuno fare delle considerazioni riguardanti il calcolo che viene eseguito simultaneamente per la verifica a flessione globale e la verifica a flessione locale.

Tali cinematismi si differenziano per la definizione delle linee di plasticizzazione che descrivono il cinematismo di collasso.

Definizione e scelta tra i diversi cinematismi possibili

L'esempio di piastra quadrata appoggiata su 4 travi, con armatura isotropa.

Cinematismo A

Il cinematismo "A" come rappresentato in fig.9.39, non coinvolge le travi stesse, il collasso avviene lungo le congiungenti dei pilastri (con l'ipotesi a monte di trascurare la resistenza torsionale). Le rotazioni (θ) sono legate allo spostamento (δ) dalle relazioni cinematiche:

$$\theta_x = 2 \delta / a \quad e \quad \theta_y = 2 \delta / a$$

Il lavoro delle forze interne vale:

$$L_i = 4m_{Lx} + (a/2) \cdot \theta_x + 4m_{Ly} + (a/2) \cdot \theta_y = 8m_L \cdot \delta$$

Il lavoro delle forze interne vale:

$$L_e = q \cdot a^2 \cdot \delta / 3$$

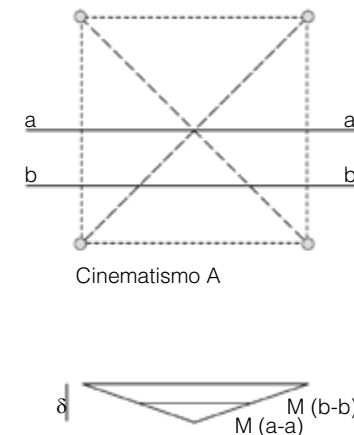


fig.9.37 POSSIBILI CINEMATISMI DI COLASSO
 Differenti modalità di rottura piastra appoggiata

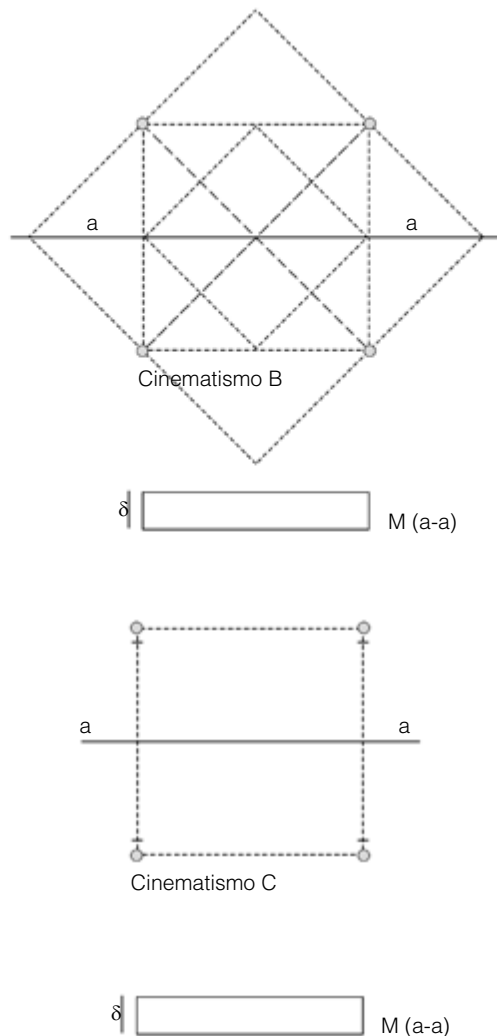


fig.9.38 IPOTESI SUL CINEMATISMO DI COLLASSO
 Possibile cinematismo di collasso piastra appoggiata

Il carico ultimo vale quindi, così come definito in precedenza:

$$q_u = 24 (m_L / a^2)$$

Cinematismo B

Nel cinematismo “B” (fig.9.39) il valore delle rotazione in direzione x e y hanno lo stesso valore del cinematismo descritto in precedenza. Nel calcolo delle forze interne si tiene conto anche del contributo delle travi che presentano 8 cerniere plastiche al negativo e 4 al positivo.

Considerando quindi il momento sulle travi pari a $M_{L^-} = 1/2 m_L \cdot a$ e $M_{L^+} = m_L \cdot a$ si ottiene quindi:

$$L_i = 4m_{Lx}^+ + (a/2) \cdot \theta_x + 4m_{Ly}^+ + (a/2) \cdot \theta_y + 4M_{L^-} \cdot \theta_x + 4M_{L^-} \cdot \theta_y + 2M_{L^+} \cdot 2\theta_x + 2M_{L^+} \cdot 2\theta_y$$

$$= 8m_L \cdot \delta + 8m_L \cdot \delta + 16m_L \cdot \delta = 32m_L \cdot \delta$$

Il lavoro delle forze esterne vale:

$$L_e = q \cdot [a^2/2 + a^2/6] \cdot \delta = 2/3 \cdot a^2 \delta$$

Il carico a collasso vale quindi:

$$q_u = 48 (m_L / a^2)$$

Cinematismo C

Nel cinematismo di tipo C, l'unica rotazione da considerare è θ_y , che ha lo stesso valore dei cinematismi precedenti. L'interazione con le travi di bordo avviene con la formazione di 4 cerniere plastiche al negativo e 3 cerniere al positivo. Il lavoro delle forze interne vale quindi:

$$L_i = m_{Lx}^+ \cdot a \cdot \theta_x + 4M_{L^-} \cdot \theta_y + 2M_{L^+} \cdot 2\theta_y$$

$$= 4m_L \cdot \delta + 4m_L \cdot \delta + 8m_L \cdot \delta = 16m_L \cdot \delta$$

Il lavoro delle forze esterne vale:

$$L_e = q \cdot a^2 \cdot \delta/2$$

Il carico a collasso vale quindi:

$$q_u = 32 (m_L / a^2)$$

Dall'analisi dei 3 cinematismi di cui sopra, se ne deduce che quello più probabile e a favore di sicurezza è il CINEMATISMO A (a croce), cui corrisponde il minimo valore del carico di collasso, che non coinvolge i contributi resistenti delle travi di bordo; nei casi B e C invece considerare anche i contributi della trave di bordo porta a probabilità di collasso minore per stesso carico applicato. Se ne deduce quindi che il cinematismo più corretto e cautelativo da adottare risulta essere il cinematismo a croce.

Flessione globale

Si definisce un cinematismo di rottura globale con linee di plasticizzazione da momento positivo a croce (m^+) e linee di plasticizzazione dal momento negativo che uniscono i pilastri (m^-) così come riportato in figura 9.37. La scelta del cinematismo fa riferimento ad un armatura isotropa (stesso quantitativo di armature in direzione x e y).

Considerato un cinematismo a collasso definito "a croce" come descritto, ed un carico uniformemente distribuito dettato principalmente dal peso proprio e dal terreno al di sopra, si definisce tramite il metodo energetico, l'uguaglianza tra il lavoro esterno ed il lavoro interno che porta a definire il carico ultimo come:

$$q_u = 24 (m^+ + m^-) / a^2$$

q_u = carico distribuito (SLU) [kN/m²]

m^+ = momento resistente al positivo [kNm/m]

m^- = momento resistente al negativo [kNm/m]

a = luce tra i pilastri. 10m [m]

dove, assumendo simmetrico il momento resistente, si ottiene l'uguaglianza:

$$m = m^+ + m^-$$

Invertendo l'equazione si determina il momento resistente massimo in funzione della luce tra i

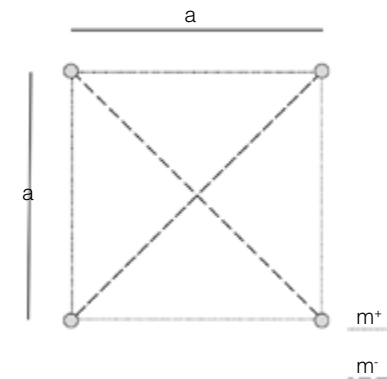


fig.9.39 MECCANISMO DI COLLASSO A FLESSIONE GLOBALE
Cinematismo di rottura globale

a [m]	t [cm]	M_{Rd} [kNm/m]
10	30	59,18
10	35	62,56
10	40	65,95
10	45	69,33
10	50	72,72

tab.9.24 MOMENTI A ROTTURA PER FLESSIONE GLOBALE
I momenti si riferiscono a spessori di piastra differenti

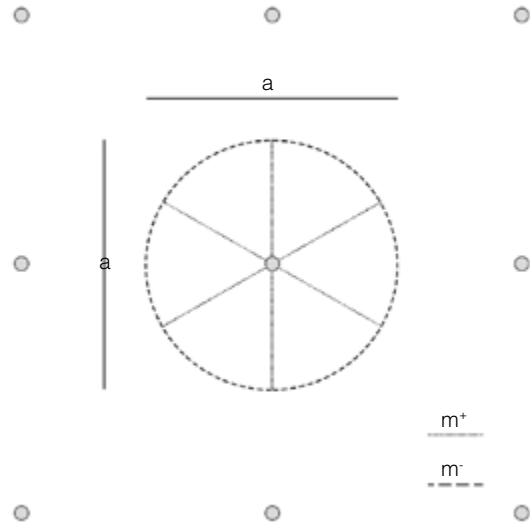


fig.9.40 MECCANISMO DI COLLASSO A FLESSIONE LOCALE
Cinematismo di rottura locale

a [m]	t [cm]	M _{Rd} [kNm/m]
10	30	226,15
10	35	239,09
10	40	252,03
10	45	264,97
10	50	277,90

tab.9.25 MOMENTI A ROTTURAZIONE PER FLESSIONE LOCALE
I momenti si riferiscono a spessori di piastra differenti

pilastrini, pari a: $m = (q_u \cdot a^2) / 2 \cdot 24$
che deriva direttamente dalle ipotesi di rottura derivanti dal cinematismo “a croce”.

Flessione locale

Si definisce un cinematismo di rottura locale sul pilastro con linee di plasticizzazione da momento positivo circolare (m⁺) e linee di plasticizzazione da momento negativo radiali sul pilastro, il cui meccanismo di rottura è riportato in figura 9.38. La scelta del cinematismo fa sempre riferimento ad un armatura isotropa (stesso quantitativo di armature in direzione x e y). Considerato quindi un tale cinematismo (radiale sul pilastro) ed un carico uniformemente distribuito dettato principalmente dal peso proprio e dal terreno al di sopra, così come illustrato precedentemente anche nell’analisi dei carichi si definisce tramite il metodo energetico, l’uguaglianza tra il lavoro esterno ed il lavoro interno che porta a definire il carico ultimo come:

$$q_u = 2 \pi (m^+ + m^-) / a^2$$

q_u = carico distribuito (SLU) [kN/m²]

m⁺ = momento resistente al positivo [kNm/m]

m⁻ = momento resistente al negativo [kNm/m]

a = luce tra i pilastri. 10m [m]

dove, assumendo simmetrico il momento resistente, si ottiene come prima l’uguaglianza:

$$m = m^+ + m^-$$

Invertendo l’equazione si determina il momento resistente massimo in funzione della luce tra i pilastri, pari a:

$$m = (q_u \cdot a^2) / 2 \cdot \pi$$

che deriva direttamente dalle ipotesi di rottura derivanti dal cinematismo a rottura locale.

Predimensionamento dell'armatura

Gli elementi strutturali devono essere verificati allo stato limite ultimo di fessurazione secondo il cap. 4.1.2.2.4 della Normativa di cui sopra.

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Per proteggere le armature dalla corrosione, si progetta quindi un ricoprimento di calcestruzzo (o copriferro) che sia dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle stesse (NTC 2008 e circolare del 2009). Per consentire un omogeneo getto di calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Secondo la normativa vigente, con riferimento al cap. 4.1.6.1.3 (NTC 2008), al fine della protezione delle armature dalla corrosione, il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo deve rispettare quanto indicato in fig.9.41 dove sono distinte 3 condizioni ambientali in relazione all'aggressività dell'ambiente. I valori sono espressi in [mm] e si distinguono per armatura tipo barra da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. e dal tipo di elemento monodimensionale o a piastra.

Si aggiungono poi le tolleranze di posa, valutate pari a 10mm o minore, secondo norme di comprovata validità. I valori in figura si riferiscono a valori di vita nominale di 50 anni.

Ne deriva quindi una dimensione di copriferro pari a 20 + 10 (tolleranza) = 30mm.



fig.9.41 BARRE D'ARMATURA AD ADERENZA MIGLIORATA
Maggior rapporto di contatto efficace con il calcestruzzo

tab.9.26 COPRIFERRI MIN [MM]
Dimensione minima dei copriferri in funzione dell'ambiente

Classe del materiale			barre da c.a. piastre		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. piastre		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto aggr.	35	40	40	45	45	50	50	50

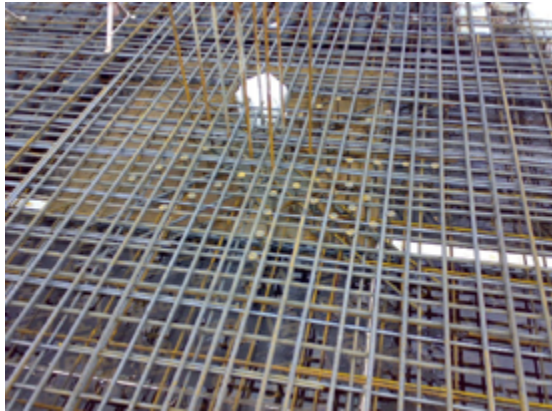


fig.9.42 ESEMPIO DI ARMATURA SUL NODO PILASTRO-PIASTRA
Si nota l'armatura verticale resistente al punzonamento

Si valuta l'altezza utile d e l'altezza utile in direzione trasversale d' facendo delle ipotesi sulla dimensione/ diametro delle armature sia longitudinali che trasversali.

Una volta definiti i momenti resistenti positivi e negativi ($m^+ = m^- = M_{Rd}$) seguendo i metodi descritti in precedenza, si procede valutando l'armatura necessaria per ottenere tali valori resistenti in funzione del meccanismo utilizzato per il calcolo del momento stesso.

Si assume un braccio della coppia interna nelle due direzioni X e Y (piastra a spessore costante $z_x = z_y = z$), un valore pari a $0,9d$ ($d = 0,9 t$, con t spessore della piastra); ne deriva un valore $=0,8 t$.

Si può quindi procedere calcolando il valore di A_s (Area delle armature) considerando $A_{sx} = A_{sy}$, dalle ipotesi di partenza di armatura isotropa, conforme ai vincoli agli appoggi simmetrici.

$$A_s = m^+ / (f_{yd} \cdot 0,8 \cdot t)$$

Con: $t =$ spessore della piastra (0,40 m)

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento (450 N/mm²)

γ_s = coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio (1,15)

Si precisa inoltre che il passo tra le barre deve presentare un massimo pari a $3v$ lo spessore della piastra (comunque mai superiore a 400mm). Dal predimensionamento:

$$\text{sp. } 40 \cdot 3 = 1200 \text{ mm}$$

Notevolmente superiore al passo minimo. Si effettuano comunque considerazioni in base ai diametri commerciali delle barre derivanti dalla pratica per definire un passo variabile 200/250mm tale da ottimizzare il quantitativo di acciaio necessario in funzione della distribuzione sull'area.

Definito il passo tra le armature si può quindi procedere calcolando la percentuale minima e

massima di armatura (Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo).

Si considera quindi l'elemento di piastra come una trave di altezza h (0,40m) e larghezza unitaria (1,00m).

$$A_{s_{min}} = 0,26 \cdot (f_{ctm} / f_{yk}) \cdot bt \cdot d; \text{ mai minore di } 0,0013 \cdot bt \cdot d$$

Con: bt = larghezza media della zona tesa

f_{ctm} = valore medio della resistenza a trazione assiale = $0,3 \cdot f_{ck} \cdot 2/3 = 2,6 \text{ N/mm}^2$

f_{yk} = valore caratteristico della resistenza a trazione ordinaria = 405 N/mm^2 (B450C).

Mentre, fuori dalla zona di sovrapposizione, l'area di armatura non deve mai superare

$$A_{s_{MAX}} = 0,04 \cdot A_c$$

Con: A_c = area della sezione trasversale di calcestruzzo.

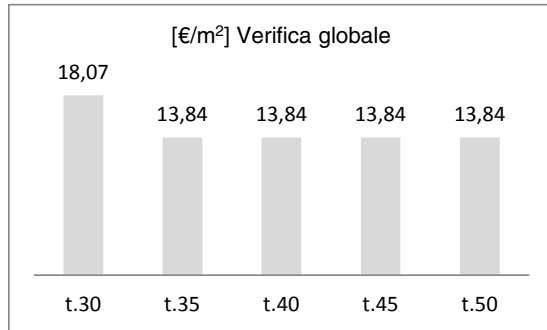
Di seguito si riassumono i valori di armatura effettiva in funzione dello spessore della piastra e del cinematismo di collasso a monte.

tab.9.27 ARMATURA EFFETTIVA A FLESSIONE GLOBALE
Tabella riassuntiva di A_s in funzione dello spessore

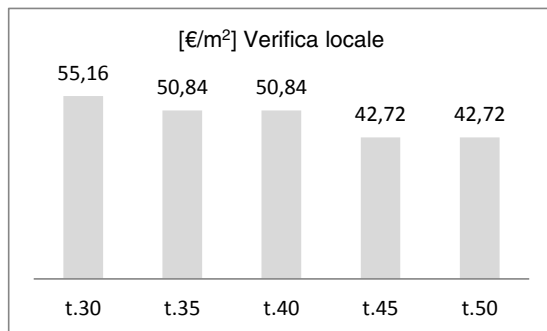
tab.9.28 ARMATURA EFFETTIVA A FLESSIONE LOCALE
(in basso) Tabella riassuntiva di A_s per verifica locale

a [m]	t [cm]	M_{Rd} [kNm/m]	A_s [mm ² /m]	A_s [mm ² /20cm]	Φ	$A_{s_{eff}}$ [mm ²]	$A_{s_{min}}$ [mm ² /m]	$A_{s_{MAX}}$ [mm ² /m]	Armatura
10	30	59,18	630	158	16	201	361	12000	Ø16/25
10	35	62,56	571	143	14	154	436	14000	Ø14/25
10	40	65,95	527	132	14	154	511	16000	
10	45	69,33	492	123	14	154	586	18000	Ø14/25
10	50	72,72	465	116	14	154	661	20000	Ø14/25

a [m]	t [cm]	M_{Rd} [kNm/m]	A_s [mm ² /m]	A_s [mm ² /20cm]	Φ	$A_{s_{eff}}$ [mm ²]	$A_{s_{min}}$ [mm ² /m]	$A_{s_{MAX}}$ [mm ² /m]	Armatura
10	30	226,15	2408	241	18	254	361	12000	Φ18/10
10	35	239,09	2182	241	18	254	436	14000	Φ18/10
10	40	252,03	2013	201	18	254	511	16000	Φ18/10
10	45	264,97	1881	188	16	201	586	18000	Φ16/10
10	50	277,90	1775	178	16	201	661	20000	Φ16/10



tab.9.29 GRAFICO COSTI €/M² DIMENSIONATI A COLLASSO GLOBALE
Prezzi riferiti a prezzario 2011 [€/m²]



tab.9.30 GRAFICO COSTI €/M² DIMENSIONATI A COLLASSO LOCALE
Prezzi riferiti a prezzario 2011 [€/m²]

tab.9.31 COSTI ARMATURA RESISTENTE A FLESSIONE GLOBALE
Prezzi riferiti a prezzario 2011 [€/m²]

Analisi costi-benefici

Dal predimensionamento di cui sopra (tab 9.27-9.28) si deduce un'area delle armature di poco differente in funzione dello spessore, tuttavia le dimensioni totali della piastra di copertura sono notevoli, la scelta di uno o dell'altro diametro influisce in maniera determinante sui costi totali dell'elemento.

Si effettua quindi un'analisi preliminare sui costi delle armature nei vari spessori in modo da poter individuare la soluzione migliore in termini economici.

Si procede dividendo il contributo dell'armatura per flessione globale e flessione locale per unire poi i risultati come sommatoria diretta dei due costi/m².

Schema di calcolo €/m² del contributo della sola armatura:

$$(n^{\circ}\text{ferri/m}) \cdot (fda) \cdot (fds) \cdot (\text{peso } \emptyset) = \text{Peso [kg/m}^2\text{]}$$

con: fda = fattore di armatura. Armatura ortotropa ($A_{sx} = A_{sy}$) (2)

fds = fattore di sovrapposizione = 3%

Il costo al m² si determina come segue:

$$(\text{peso [kg/m}^2\text{)}) \cdot (1,39 \text{ [€/kg]}) = \text{costo [€/m}^2\text{]}$$

ferri/m	Peso [kg/m ²]	fda	fds	Peso [kg/m ²]	Prezzo [€/kg]	Prezzo [€/m ²]
4	6,312			13		18,07
4	4,832			10		13,84
4	4,832	2	1,03	10	1,39	13,84
4	4,832			10		13,84
4	4,832			10		13,84

ferri/m	Peso [kg/m ²]	fda	fds	Peso [kg/m ²]	Prezzo [€/kg]	Prezzo [€/m ²]
5	19,265			40		55,16
5	17,755			37		50,84
5	17,755	2	1,03	37	1,39	50,84
5	14,92			31		42,72
5	14,92			31		42,72

tab.9.32 COSTI ARMATURA RESISTENTE A FLESSIONE LOCALE
Prezzi riferiti a prezzario 2011 [€/m²]

Considerazioni sui costi totali

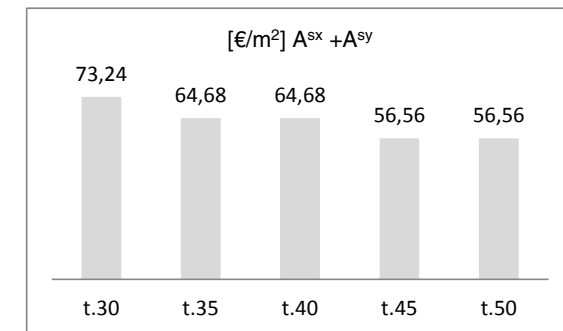
Dalle analisi di cui sopra, si conclude che il rapporto tra lo spessore della piastra, considerata da progetto in C.A. gettato in opera, influisce direttamente ed in modo non trascurabile sul costo dell'armatura al m² e di conseguenza sul costo di costruzione dell'intero elemento di piastra.

Va però considerato anche l'apporto di peso del mero calcestruzzo [kg/m³] che un ispessimento anche minimo dello spessore porterebbe in termini strutturali e di incremento soprattutto sul dimensionamento dei pilastri che vincolano la piastra.

Si definisce quindi un approccio orientato alla buona progettazione che non dimentichi il valore economico dell'opera.

Dato un costo totale che va dai 73,24 €/m² (sp. 30cm) fino a 56,56 €/m² (sp. 50cm) si prevede la scelta di uno spessore della piastra pari a 40cm derivante da:

- dimensionamento ottimizzato dei pilastri già sovraccaricati dalla copertura verde
- buon rapporto tra i costi totali e la maggiorazione di m³ di cls/m
- pratica costruttiva per tipologie luce simile tra i vincoli esterni



tab.9.33 GRAFICO COSTI €/m² DIMENSIONATI A COLLASSO LOCALE
Prezzi riferiti a prezzario 2011 [€/m²]

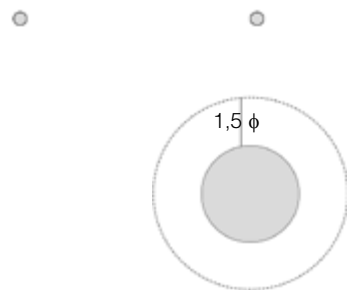
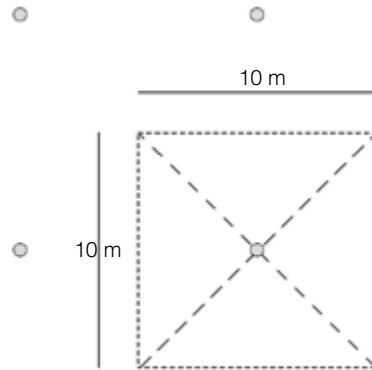


fig.9.43 AREA DI INFLUENZA PILASTRO
Cinematismo di rottura locale

fig.9.44 PERIMETRO CRITICO PILASTRO CIRCOLARE
Come illustrato in Eurocodice. EC2-4b

tab.9.34 VALORI DELLE TENSIONI INTERNE. FUNZIONE DELLA CLASSE
Ec2-4b

Verifica a punzonamento

In una prima fase di calcolo la verifica a punzonamento è stata trascurata per lasciare spazio a ragionamenti di tipo progettuale-economico in funzione delle armature da predimensionamento; verifica comunque non vincolante ai fini della determinazione dell'elemento strutturale ideale. Si procede quindi alla verifica degli sforzi da punzonamento che si instaurano agli appoggi del modulo di piastra.

Ci si riferisce al procedimento riportato in normativa (Eurocodice EC2-4b).

La resistenza a taglio per unità di lunghezza V_{Rd1} di elementi a piastra non precompressi senza armatura a taglio è dato da:

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \rho_1) d$$

Con: τ_{Rd} = tensione interna al calcestruzzo in funzione di γ_c (1,5). [N/mm²]

$$k = (1,6 - d) \geq 1,0$$

ρ_1 = rapporto tra armatura tesa e l'area di calcestruzzo $A_c = \sqrt{(\rho_{1x} \cdot \rho_{1y})} \leq 0,015$

d = altezza utile della sezione = $(d_x + d_y) / 2$

Per piastre contenenti armatura a punzonamento valgono invece valori di resistenza, così come di seguito riportato:

$$V_{Rd2} = 1,6 V_{Rd1}$$

	f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$\gamma_c = 1,5$	τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48
$\gamma_c = 1,5$	τ_{Rd}	0,17	0,21	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \Sigma A_{sw} \cdot f_{yd} \sin \alpha / u$$

con: $\Sigma A_{sw} \cdot f_{yd} \sin \alpha$ = somma delle componenti delle forze di snervamenti di calcolo nell'armatura a taglio nella direzione della forza applicata, essendo α l'angolo tra l'armatura ed il piano della piastra.

u = perimetro critico in funzione della dimensione del pilastro [mm]

L'armatura a taglio andrà posizionata in corrispondenza dell'area critica, in prossimità dei pilastri.

Il meccanismo di verifica si definisce in serie {solo cls = V_{Rd1} , c.a. = V_{Rd2} ; V_{Rd3} } e deve in ogni caso soddisfare la relazione

$$V_d < \{ V_{Rd1}; V_{Rd2}; V_{Rd3} \}$$

con: V_d = sollecitazione di progetto.

L'azione a taglio di progetto viene calcolata:

$$V_d = A_p \cdot \alpha \cdot \beta \cdot q_u$$

con: A_p = area di pertinenza del pilastro = $10 \cdot 10 = 100\text{m}^2$

α = coefficienti per il calcolo dell'azione assiale in base alla posizione del pilastro = 1,1

β = coefficiente per la distribuzione non uniforme delle tensioni tangenziali = 1,15

q_u = carico ultimo a rottura

Tale azione approssima con i coefficienti α e β l'andamento delle sollecitazioni di taglio sugli appoggi puntiformi. In questa fase però tale approssimazione rischia di sovrastimare tale configurazione se non adeguatamente analizzata in funzione del diametro del pilastro.

Si procede quindi con l'analisi di un modello ad elementi finiti (FEM) per una valutazione efficace e verosimile degli sforzi di taglio agenti.

Ne deriva allora un'azione di taglio massima pari a 2400 kN afferente una zona critica più sollecitata attorno al pilastro. Si specifica come la definizione di un'azione di taglio approssimata avrebbe portato ad un sovradimensionamento del momento resistente V_{Rd3} derivante da un progetto d'armatura $\Phi 24/20$ ($V_d = 4004\text{kN}$), che conferma le ipotesi sul cinematismo di collasso a flessione locale.



fig.9.45 ARMATURA RADIALE A PUNZONAMENTO. TIPO HDB
Halfen HDB

Scelta dell'armatura da punzonamento

La definizione del tipo di armatura derivante dal calcolo approssimato di V_d conferma le ipotesi a monte effettuate sul meccanismo di collasso a flessione locale, tuttavia la geometria e dimensione del pilastro non lascia spazio sufficiente al posizionamento di tali armature in posizione radiale attorno al pilastro.

Si procede quindi al progetto di un adeguata armatura di punzonamento con il valore di taglio V_d più realistico pari a 2400kN.

Viene proposto sul mercato un sistema di armatura resistente al punzonamento denominato "a chiodi" in cui il meccanismo di funzionamento è assimilabile ai ferri piegati a 45°, con i vantaggi però di una posa in opera più rapida e meno suscettibile di errori, nonché una distribuzione della stessa più uniforme con maggior agio tra i diversi chiodi.

Per il calcolo si fa riferimento alla metodologia "halfen HDB" certificata a livello europeo sul sistema che la ditta stessa propone per il rinforzo a taglio di piastre in C.A. o prefabbricate, sia di copertura che di fondazione ed a relativo software.

Definito il valore di taglio massimo di progetto, si procede dividendo in perimetri critici la sezione attorno al pilastro, discretizzando per tali aree un valore di taglio via via minore che permetta un'ottimizzazione dell'armatura decrescente aumentando la distanza dal centro del pilastro. Si definisce un'area C e D massima attorno al pilastro, pari ad una distanza di 164cm, che definisce il limite geometrico dove armare a punzonamento e si arma la sommità del pilastro come segue:

- Area C: $\phi 25$ h 345 in numero di 2 disposti su una luce totale di 500.
- Area D: $\phi 25$ h 345 in numero di 3 disposti su una luce totale di 750.

L'area D garantisce un minimo di armatura a taglio anche in continuità tra il perimetro critico e l'area caricata.

Si precisa che la scelta di un $\phi 25$ è vincolata alle possibilità offerte dal mercato sul numero di diametri esistenti per tali elementi di rinforzo.

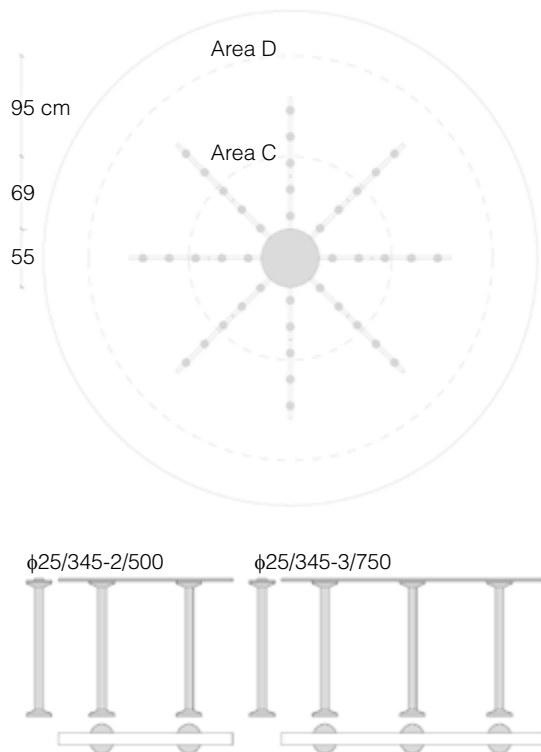



fig.9.46 ARMATURA RADIALE A PUNZONAMENTO
Procedura di calcolo da produttore "Halfen". Tipo HDB

fig.9.47 Sezione ARMATURA RESISTENTE A PUNZONAMENTO
Interno HDB-25/345-2/500. Esterno HDB-25/345-3/750

	Development	ProNo.	Pagina
		Item	1

HALFEN HDB Armatura di punzonamento, ETA-12/0454 (Europe, EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 + A1:2014)
 HALFEN Programma di calcolo HDB, version 13.02

Il dimensionamento include i valori statici - vale solo per il prodotto HALFEN esperti. Le capacità portanti di prodotti concorrenti apparentemente identici possono variare. L'utente del programma declina ogni responsabilità per prodotti alternativi.

Verifica di punzonamento per pilastro rotondo interno (Calcestruzzo gettato in opera)

Carico di punzonamento	V_{Ed}	= 2400,0 kN
Aumento del carico	β	= 1,10
Spessore soletta	h	= 40 cm
Altezza statica	d	= 34,5 cm
Diametro pilastro	ϕ	= 55 cm
Profondità di penetrazione pilastro	h_p	= 0 cm
Copriferro alto / parte inferiore	$c_{top,alt} / c_{top,inf}$	= 3 cm / 3 cm
Beton / Acciaio d'armatura / HDB		= C25/30 / $f_{yk}=500$ N/mm ² / B500
Diametro / Interasse		= $\phi 25 / 120$ mm ($\rho_s = 1,19$ %)
Tasso d'armatura	ρ_s	= 1,19 % < 2,00 %

Nella sezione di verifica critica, u_1 specific column perimeter

u_1	u_1 / d	= 5
$k = \min [1 + \sqrt{200/d}] : 2$		= 606,3 cm
Pre-factor for $V_{Rd,c1}$	$C_{Rd,c}$	= 1,76
$V_{Rd,c1} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_s \cdot f_{tk})^{1/3}$		= 0,12
$V_{Rd,c2} = V_{Rd,c1} \cdot 0,0525^{f_{tk}/30} \cdot k^{3/2} \cdot f_{tk}^{1/2}$		= 654,2 kN/m ²
$V_{Rd,c} = \max [V_{Rd,c1} ; V_{Rd,c2}] \cdot u_1 \cdot d = 1368,5$ kN < 2640,0 kN = $V_{Ed} \cdot \beta$		= 409,09 kN/m ²
$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c} = 2692,2$ kN > 2640,0 kN = $V_{Ed} \cdot \beta$		

A festello della sezione di verifica, $u_{1,ext}$

$u_{1,ext} = 1169,7$ cm < 1204,8 cm = $u_{1,prov}$		
$l_{prov} = 106,9$ cm < 112,5 cm = l_{prov}		
Pre-factor for $V_{Rd,c,ext1}$	$C_{Rd,c,ext}$	= 0,12
$V_{Rd,c,ext1} = C_{Rd,c,ext} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_s \cdot f_{tk})^{1/3}$		= 654,2 kN/m ²
$V_{Rd,c,ext2} = V_{Rd,c,ext1} \cdot 0,0525^{f_{tk}/30} \cdot k^{3/2} \cdot f_{tk}^{1/2}$		= 409,09 kN/m ²
$V_{Rd,c,ext} = \max [V_{Rd,c,ext1} ; V_{Rd,c,ext2}] \cdot u_{1,ext} \cdot d = 2719,2$ kN > 2640,0 kN = $V_{Ed} \cdot \beta$		

Diametro chiodo d_s :	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	25 mm
Settore C:	89	62	46	35	--	23	15

Scelta: interno : HDB-25/345-2/500 (125/250/125)
 esterno : HDB-25/345-3/750 (125/250/250/125)

Quantità combinazioni per pilastro $m_c = 8$ Quantità pilastri = 1

$V_{Rd,sp} = m_c \cdot n_c \cdot d_s^2 / 4 \cdot z \cdot f_{yk} \eta = 2682,3$ kN > 2640,0 kN = $V_{Ed} \cdot \beta$ ($\eta = 1,15$)

Distanza elem. int. / est. = 47,5 cm / 107,2 cm

HDB 13.02
09/03/2017

fig.9.48-49-50 CERTIFICATO-SOFTWARE HALFEN HDB
 Procedura di calcolo certificata.

Confronto con il procedimento di calcolo semplificato

Verifica dell'armatura scelta

Si procede ora alla validazione del metodo delle linee di plasticizzazione confrontandolo con il metodo di calcolo semplificato derivante dalle ipotesi semplificate come indicato in fig. 9.51 che porta come base l'utilizzo di valori medi dei momenti flettenti divisi per strisce di larghezza pari a circa metà della piastra (G. Gambarova, D. Cornelli, P. Barmonte, 2007). Per ovvi motivi di equilibrio, la somma dei momenti M^+ e M^- lungo le sezioni in corrispondenza dei pilastri e in campata deve essere pari al momento totale dovuto al carico $q l_x l_y^2 / 8$.

Seguendo tale metodo si tiene in considerazione la sezione dei pilastri, si ha quindi una riduzione del momento massimo dovuto ai carichi rispetto al caso di appoggio puntiforme; è possibile considerare un valore della luce ridotto di metà della dimensione del pilastro a ciascuna estremità. Si ha quindi un'analogia del tipo:

$$M_r = M^- + M^+ = (1 - b_y / l_y)^2 q l_x l_y^2 / 8 < q l_x l_y^2 / 8$$

Il dimensionamento delle armature viene effettuato suddividendo questo momento totale in un momento positivo in campata e uno negativo sulla sezione dell'appoggio, corrispondente alla linea che collega due colonne. La percentuale di M_r da affidare a ciascuna sezione può essere determinata facendo riferimento alla distribuzione dei momenti flettenti della soluzione elastica.

Seguendo i principi di *Park e Gamble* (Park R., Gamble W.L. "Reinforced Concrete Slab", 2000) si attribuisce quindi il 65% ai momenti negativi ed il 35% ai momenti positivi in campata. Si descrive quindi la soluzione per un campo di piastra continua su pilastri che tiene conto della suddivisione a strisce della stessa, a cui vengono assegnate delle percentuali di ripartizione del momento flettente così come segue:

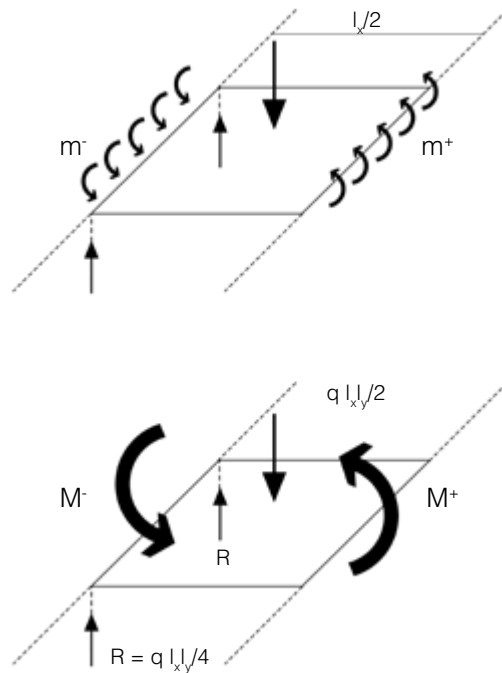


fig.9.51 EQUILIBRIO DI UN CAMPO DI PIASTRA SU COLONNE
Momenti flettenti in direzione x

- 70% del M^- alla striscia laterale in corrispondenza alle colonne
- 30% del M^- alla striscia centrale
- 50% del M^+ alle strisce laterali
- 50% del M^+ alle strisce centrali.

Dato l'andamento dei momenti nella zona di appoggio, per avvicinarsi alla distribuzione elastica può essere conveniente suddividere la striscia delle colonne in due parti uguali, una a cavallo dei pilastri e l'altra più esterna, attribuendo alla prima zona dei momenti maggiori, doppi rispetto alla parte più esterna. Operando in tal modo si ottiene un'ottima approssimazione dei momenti valutati per la soluzione analitica. La striscia laterale può essere suddivisa in due parti occupanti ciascuna il 20% della larghezza del campo (vedi fig.9.52).

La porzione del momento flettente che viene affidata a ciascuna striscia, nella sezione sugli appoggi o in campata, rappresenta l'integrale dei momenti flettenti per unità di lunghezza lungo quel tratto. Le armature pertanto vengono dimensionate per ciascuna striscia, valutando un momento di progetto medio per unità di lunghezza, e quindi il diametro ed il passo tra i ferri.

Valori locali dei momenti per la verifica

Le analisi dei momenti flettenti nelle piastre su colonne danno risultati che dipendono ovviamente dalla dimensione e dalla forma dell'appoggio. Non è conveniente progettare né effettuare una verifica usando il valore del massimo momento negativo sull'appoggio puntiforme, essendo ricavato da un modello e da ipotesi lontane dalla realtà fisica, si riduce quindi il momento da utilizzare per la verifica, effettuando un'analisi FEM con appoggi concentrati nel punto centrale della colonna e considerando il momento nei punti a filo del pilastro (pari cioè a metà della sezione).

Si riportano di seguito i momenti flettenti calcolati seguendo il procedimento di calcolo semplificato.

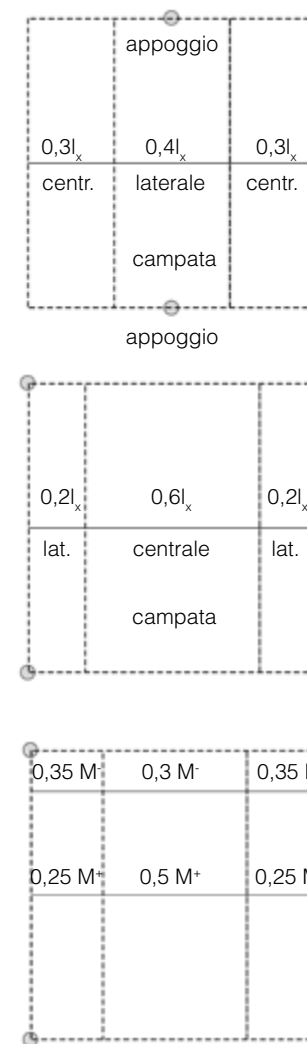


fig.9.52 EQUILIBRIO DI UN CAMPO DI PIASTRA SU COLONNE
Momenti flettenti in direzione x

Momento flettente	[kNm]	A_s [mm ²]	Passo [mm]	Armatura
M_T	3571 kNm			
M^- (appoggio)	2241 kNm			
M^+ (campata su appoggio)	1206 kNm			
M^- (striscia laterale)	1569 kNm			
M^- (striscia centrale)	672 kNm			
M^+ (striscia laterale)	603 kNm			
M^+ (striscia centrale)	603 kNm			
M_d^- (striscia laterale)	392 kNm	3132	100	$\Phi 20/10$
M_d^- (striscia centrale)	112 kNm	895	200	$\Phi 16/20$
M_d^+ (striscia laterale)	151 kNm	1204	200	$\Phi 20/20$
M_d^+ (striscia centrale)	101 kNm	803	200	$\Phi 16/20$

tab.9.35 METODO DELLE STRISCE. VALORI ARMATURA
fonte: Gambarova 2000

I valori ottenuti risultano paragonabili ai valori derivanti dal metodo delle linee di plasticizzazione che sfrutta il principio dei lavori virtuali. Se ne deduce che tale metodologia di calcolo bene approssima il valore percentuale dei momenti flettenti distribuiti lungo le strisce del modulo di piastra.

Si opta per la scelta di un solo diametro così da facilitare e rendere meno problematico l'approvvigionamento e la posa delle armature stesse in fase di cantiere.

Di seguito si riportano i disegni esecutivi per la disposizione delle armature su di un modulo.

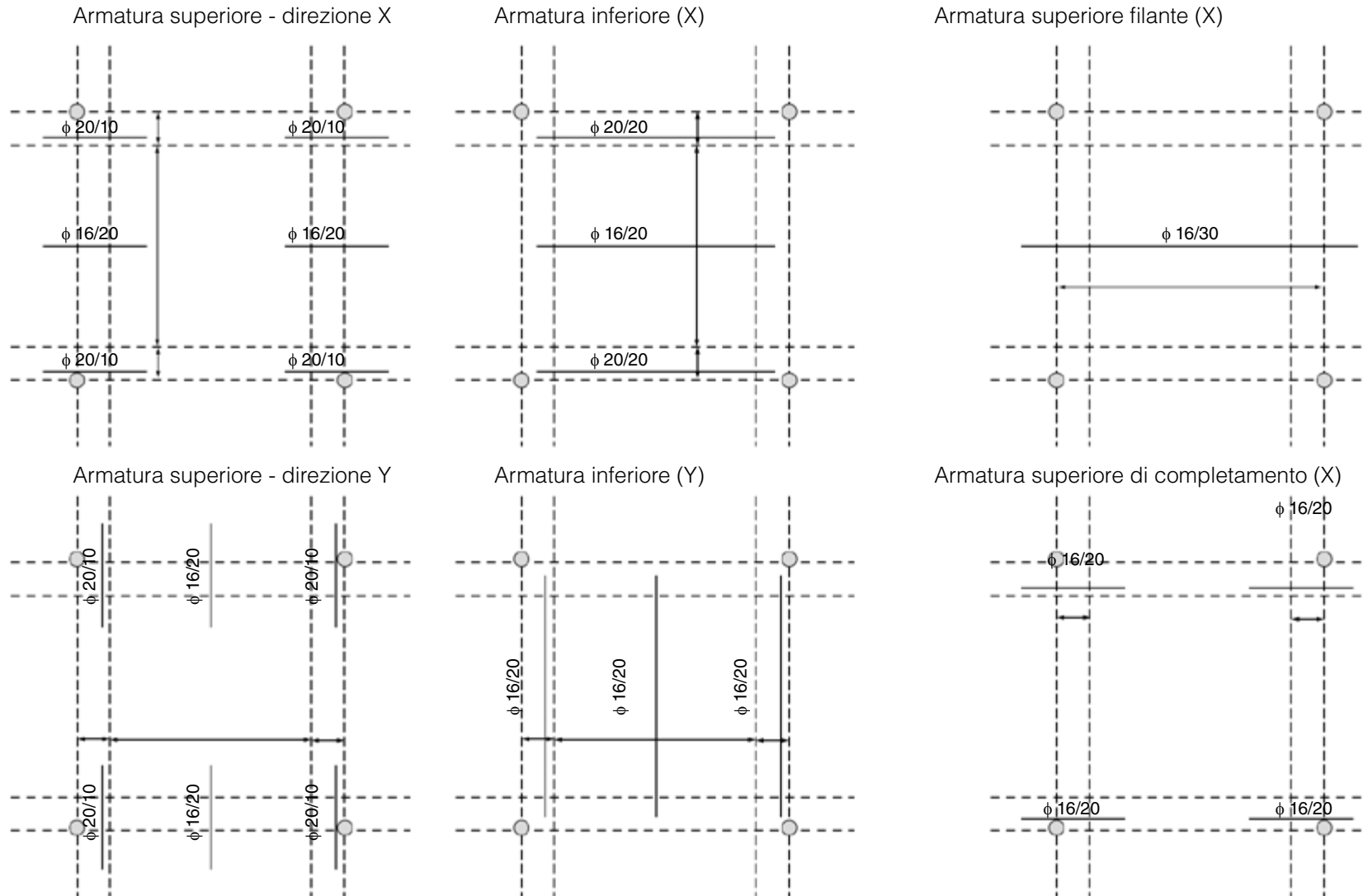


fig.9.53 DISPOSIZIONE DEI FERRI D'ARMATURA
Metodo semplificato delle strisce

Confronto Validazione dei risultati con analisi FEM

L'analisi ad elementi finiti (FEM. Finite Element Method) è una tecnica di simulazione a computer che permette la risoluzione in forma discreta ed approssimata di sistemi generali di equazioni alle derivate parziali. In questa sede, si procede alla simulazione di più modelli, per la verifica dei risultati ottenuti dalla teoria descritta nei capitoli precedenti.

- Modulo base 10 x 10m con appoggi puntuali sui vincoli
- Modulo base 10 x 10m con pilastri sui vincoli
- Intera piastra di copertura.

Si procede alla verifica delle considerazioni effettuate in precedenza per definire l'attendibilità dei risultati ottenuti e per procedere quindi alla verifica finale dell'armatura scelta.

Si procede quindi al calcolo dei momenti agenti sulla struttura e dovuti alla conformazione dell'edificio in funzione del modulo base. È stato utilizzato il software ad elementi finiti SAP 2000 per ottenere i dati necessari alla verifica. I dati ottenuti sono stati utilizzati per il calcolo locale dell'armatura che ha così permesso di comparare la soluzione adottata preliminarmente con quanto emerge dal progetto vero e proprio.

Il calcolo si effettua considerando un carico allo SLU (Stato Limite Ultimo) in modo che l'armatura sviluppi i propri momenti resistenti nelle due direzioni (x e y). I Valori dei momenti risultano quindi :

$$\begin{aligned} m_{xu}^* &= f_{yd} \cdot A_x \cdot z \\ m_{yu}^* &= f_{yd} \cdot A_y \cdot z \end{aligned}$$

con: $z = 0,8 \text{ t}$ (spessore della piastra) trascurando così le differenze tra i bracci delle coppie interne. L'ipotesi della contemporaneità sullo sviluppo dei momenti resistenti ultimi, implica

la trascurabilità del comportamento elastico delle barre di armatura. Inoltre si ipotizza che l'allungamento congruente delle due barre (x e y) possa essere trascurato dal momento che il calcestruzzo teso si fessura ed è schiacciato localmente tanto da non rappresentare un vincolo per l'armatura (G. Gambarova, D. Cornelli, P. Barmonte, 2007). Si considera solo la condizione di equilibrio ed il calcolo si effettua considerando la capacità resistente ultima.

Sintesi delle situazioni flessionali

Prima di procedere con il calcolo dell'armatura è necessario definire le situazioni flessionali ottenibili su di un elemento di piastra. Assegnato una piastra in C.A. di cui sia noto lo stato di sollecitazione in presenza di carichi ultimi (m_{xu} , m_{yu} , $m_{xyu} = m_{yxu}$) e siano x e y gli assi di riferimento della piastra e le direzioni dell'armatura. Ora in base al segno della flessione, si ottengono le seguenti situazioni flessionali.

- Flessione doppia positiva ($m_{xu} > 0$; $m_{yu} > 0$)
- Flessione negativa con forte torsione (m_{xu} e/o $m_{yu} < 0$)
- Flessione parzialmente negativa con debole torsione nel piano x - z ($m_{xu} < 0$ con $|m_{xu}| \geq |m_{xyu}|$)
- Flessione parzialmente negativa con debole torsione nel piano y - z ($m_{yu} < 0$ con $|m_{yu}| \geq |m_{xyu}|$)
- Flessione fortemente negativa (m_{xu} e/o m_{yu} fortemente negativi).

Si riassumono i casi appena descritti nel diagramma di flusso di pagina seguente.

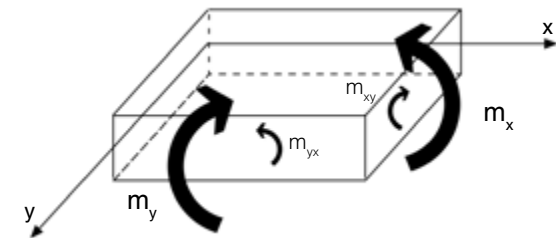


fig.9.54 ELEMENTO UNITARIO DI PIASTRA
Azioni interne flettenti e torcenti

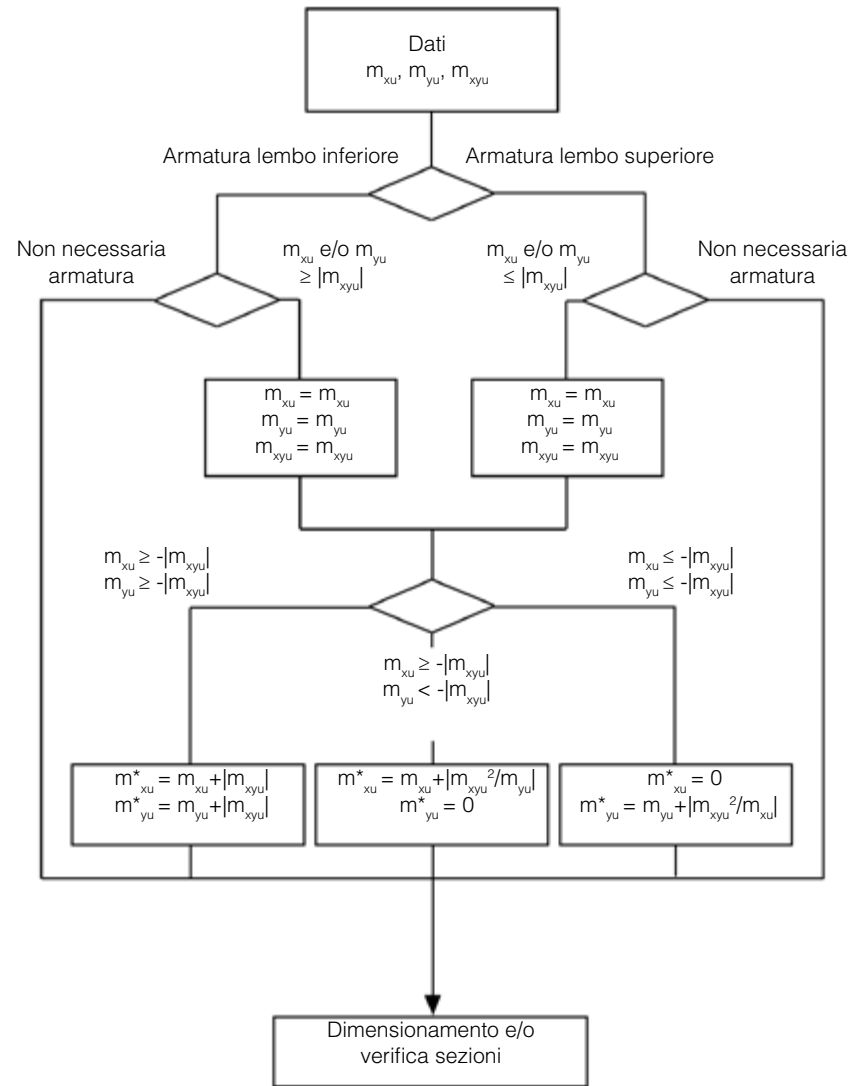


fig.9.55 DIAGRAMMA DI FLUSSO DIMENSIONAMENTO
 fonte: Gambarova 2000

Analizziamo i dati di input del diagramma:

- I dati di ingresso sono rappresentati dalle azioni interne flettenti e torcenti (m_{xu} , m_{yu} , m_{xyu}), ove i momenti flettenti hanno segno positivo se tendono le fibre inferiori e segno dei momenti torcenti irrilevante
- L'armatura va calcolata in ogni punto sia al lembo inferiore (positivo) sia al lembo superiore (negativo)
- Al lembo considerato l'armatura non è necessaria e non va calcolata se la flessione produce elevata compressione nelle direzioni x e y, in presenza di debole torsione (m_{xu}^* , $m_{yu}^* < 0$)
- Al lembo considerato l'armatura è necessaria e va calcolata se nell'una o nell'altra direzione la flessione produce: elevata trazione oppure debole compressione in presenza di forte torsione (m_{xu}^* , $m_{yu}^* > 0$)
- Le azioni interne necessarie al calcolo dell'armatura (m_{xu} , m_{yu} , m_{xyu}) vanno prese con lo stesso segno delle azioni interne della piastra (m_{xu} , m_{yu} , m_{xyu}) nel calcolo dell'armatura al lembo inferiore, mentre vanno prese con segno opposto nel calcolo dell'armatura al lembo superiore. In tal modo vengono sempre considerati positivi i momenti che tendono l'armatura considerata
- I risultati (m_{xu}^* e m_{yu}^*) rappresentano i momenti resistenti richiesti all'armatura se il problema è di dimensionamento
- Se in fase di dimensionamento m_{xu}^* o m_{yu}^* risultano nulli, ciò significa che nella relativa direzione non è richiesta armatura, che andrà però interrotta secondo il minimo da regolamento (F. Bugana, Concorso di progettazione scuola di musica Bressanone. 2015)

Si effettuano quindi 4 diverse modellazioni ad elementi finiti per studiare e validare il comportamento dello stesso modulo di piastra con diverse condizioni di vincolo, per avvicinarsi il più possibile alla realtà fisica del nodo pilastro-piastra, e nello stesso tempo verificare la veridicità dei modelli fin qui adottati e determinarne il grado di affidabilità per il progetto.



fig.9.56 INTERFACCIA DI LAVORO SOFTWARE SAP2000
Versione (registrata) 14.0.0 Release date: 2009-05-05

fig.9.57 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. 10x10 CON PILASTRI



fig.9.58 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. 10x10 CON APPOGGI

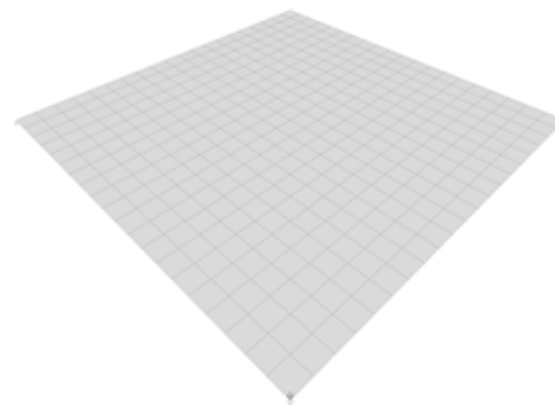


fig.9.59 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. PIASTRA DI COPERTURA
ANALISI QUALITATIVA PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO CRITICO.

fig.9.60 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. ELEMENTO CRITICO

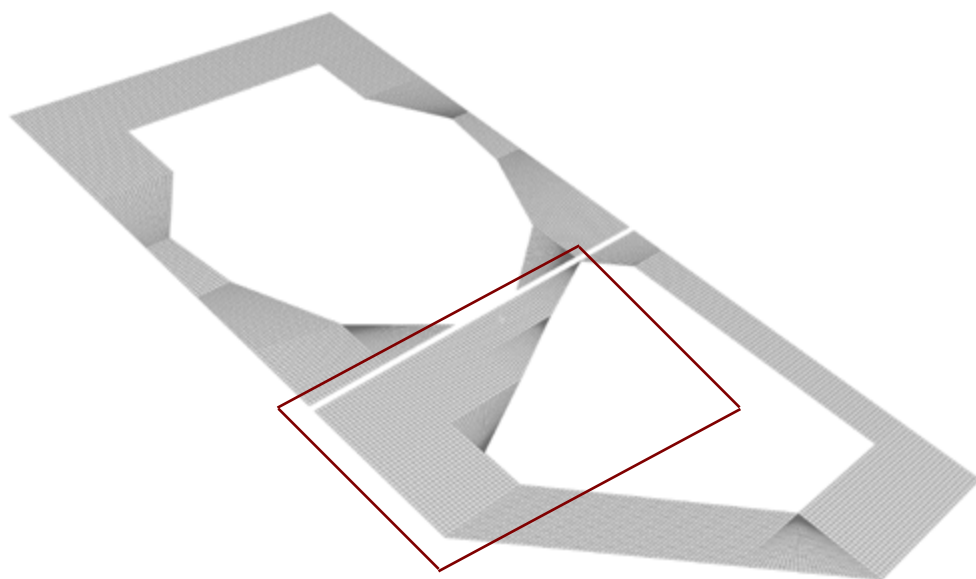


FIG.9.57 **FIG.9.58**

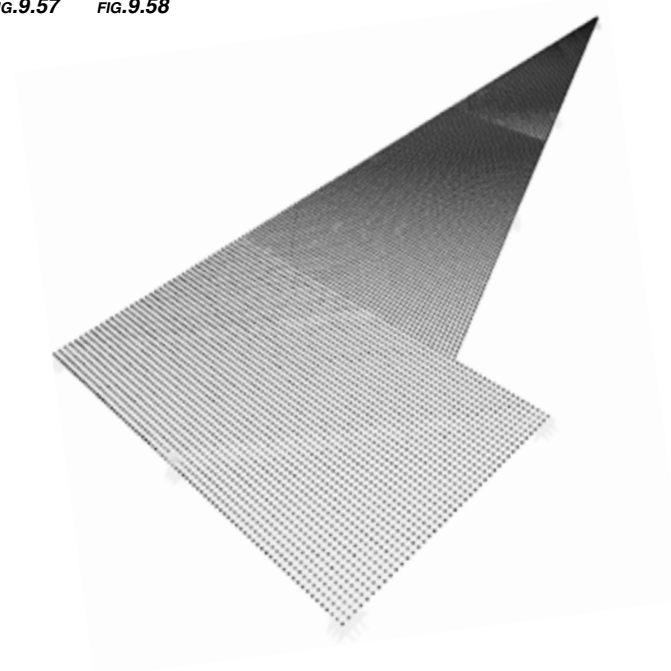


FIG.9.58 **FIG.9.59**

Piastra in C.A.

Si studiano 4 modelli, con piastra a spessore costante ($t = 40\text{cm}$):

- Modulo 10x10m con cambiamento di sezione in corrispondenza dei pilastri (TRON 50X1.5), simulato da programma come pilastri quadrati (50x50cm)
- Modulo 10x10m con appoggi puntuali ai vincoli esterni
- Intera piastra di copertura sviluppata in due strutture divise da un giunto strutturale, le stesse sono state discretizzate in maglie da 50cm per un totale di 52841 elementi così da rendere il calcolo il più possibile preciso
- Moduli critici con piastra a sezione costante su pilastri quadrati (50x50cm)

Prime conclusioni riguardano l'importanza di una simulazione approfondita per i nodi in appoggio: dall'analisi dei due moduli base si evidenzia un discostamento del momento torcente m_{xyu} , soprattutto in prossimità degli appoggi che varia anche del 12% (fig 9.61) che giustifica le ipotesi alla base del Metodo delle Strisce che approssima a valori percentuali nell'ordine del 10% tale differenza.

Si procede quindi alla simulazione di un modello più vicino alla realtà in cui i pilastri sono rappresentati da un tipo di appoggio multiforme distribuito su tutta l'area di contatto, e vengono considerate anche tutte le sollecitazioni riguardanti la contiguità flessionali dei moduli di piastra. Il tutto viene verificato per il progetto di un'armatura esecutiva che tenga conto appunto del getto continuo che verrà eseguito.

Dalle analisi si ricavano i momenti derivanti dal programma, partendo dall'azione interna flessionale (m_{xu} , m_{yu}) e torsionale (m_{xyu}) che serve ad ottenere i risultati dei momenti resistenti (m^*_{xu} , m^*_{yu}), si ricaverà in seguito l'area di armatura resistente.

$$A_x = m^*_{xu} / (f_{yd} \cdot 0,8 t) \cdot l_x$$

I risultati sono calcolati considerando i sei casi più sfavorevoli, tenendo conto delle convenzioni:

$$m_{11} = m_{xu} \quad m_{22} = m_{yu} \quad m_{12} = m_{xyu}$$

Si procede con l'esplicitazione dei risultati derivanti da software SAP 2000.

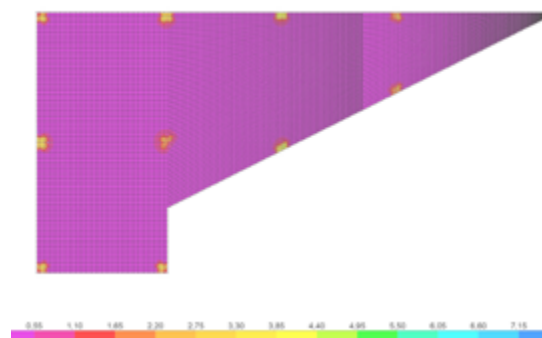
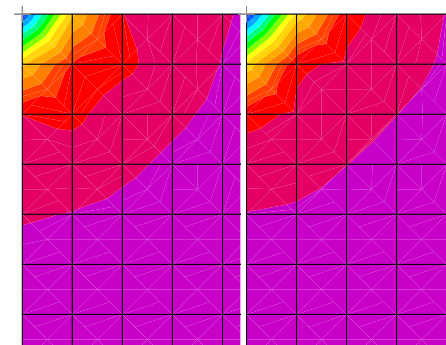


fig.9.61 CONFRONTO V_{MAX}
Soluzione con appoggi puntuali. Soluzione con pilastri 50x50cm

fig.9.62 V_{MAX} . CASO MODULO CRITICO
Soluzione con pilastri 50x50cm e continuita tra gli Shells.

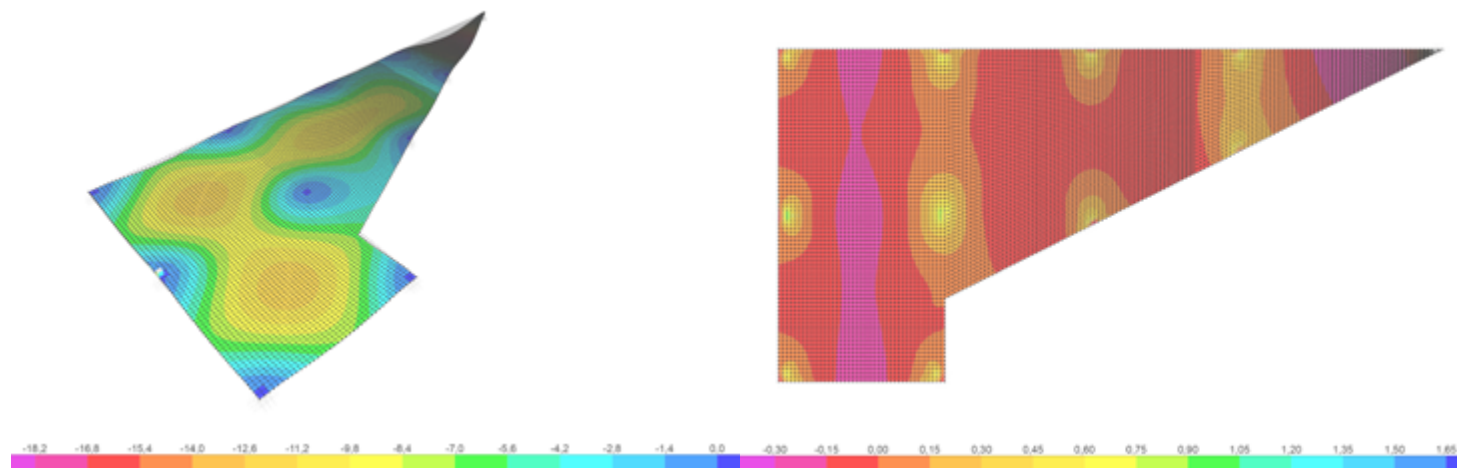


fig.9.63 DEFORMATA IN FALSI COLORI. FATTORE MOLTIPLICATIVO (10)

fig.9.64 M_{11}

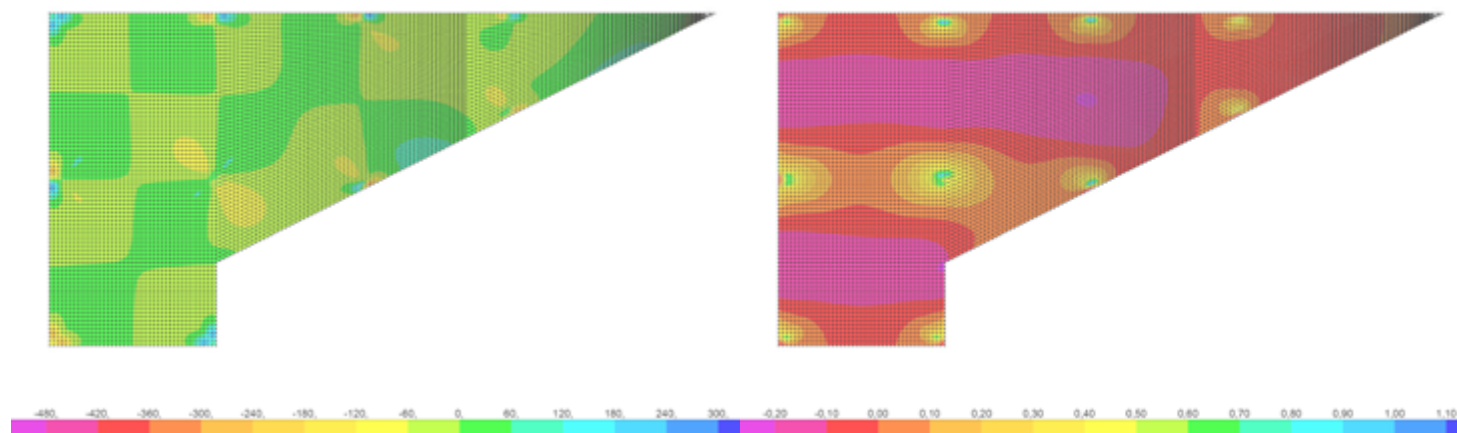


fig.9.65 M_{12}

fig.9.66 M_{22}

Calcolo locale armatura. Analisi FEM

Prendendo in considerazione il diagramma di flusso presentato in fig.9.55 si procede alla definizione dell'armatura sul modulo di piastra più critico.

I diametri vengono scelti seguendo criteri di simmetria e limitando al minimo la diversità tra i diametri stessi. Il passo tra le armature si definisce come multiplo per facilitarne la posa e la legatura in fase di armatura in sito.

Il calcolo tiene conto dell'inclinazione della piastra in C.A. da progetto inclinata di 11°80' e soprattutto la continuità tra le campate adiacenti, che per la particolare configurazione della copertura risento in modo amplificato degli effetti geometrici della stessa (fig. 9.61).

Determinati quindi i momenti agenti nelle sei configurazioni più sfavorevoli si determina il diametro ed il passo minimo dell'armatura così come descritto.

$$A_x = m_{xu}^* / (f_{yd} \cdot 0,8 t) \cdot I_x$$

$$A_y = m_{yu}^* / (f_{yd} \cdot 0,8 t) \cdot I_y$$

con: t = spessore della piastra (40cm)

I_x e I_y = larghezza unitaria nella direzione degli assi

f_{yd} = tensione di snervamento dell'acciaio.

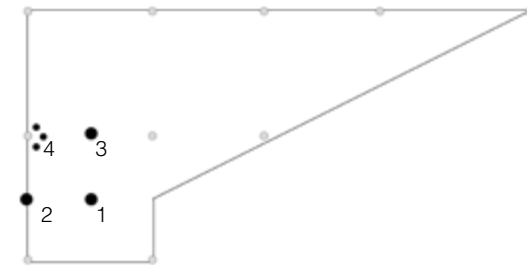


fig.9.67 ANALISI AD ELEMENTI FINITI. CASE TYPE
Indicazione dei punti di estrapolazione dei momenti agenti

tab.9.36 ANALISI AD ELEMENTI FINITI. VALORI ARMATURA
Valori dei momenti derivanti da software

Case	m_{xu} [kNm/m]	m_{yu} [kNm/m]	m_{xu} [kNm/m]	m_{xu}^* [kNm/m]	m_{yu}^* [kNm/m]	$A_s x$ [mm ²]	$A_s y$ [mm ²]	$A_{s,ef} x$ [mm ²]	$A_{s,ef} y$ [mm ²]	ϕ	ϕ
1-inf	160	150	5	165	155	1318	1238	1570	1570	Φ20/20	Φ20/20
2-inf	7	185	10	17	195	136	1557	565	1570	Φ12/20	Φ20/20
3-inf	192	42	2	194	44	1549	351	1570	565	Φ20/20	Φ12/20
4-sup	90	110	380	290	270	2316	2156	3140	3140	Φ20/10	Φ20/10

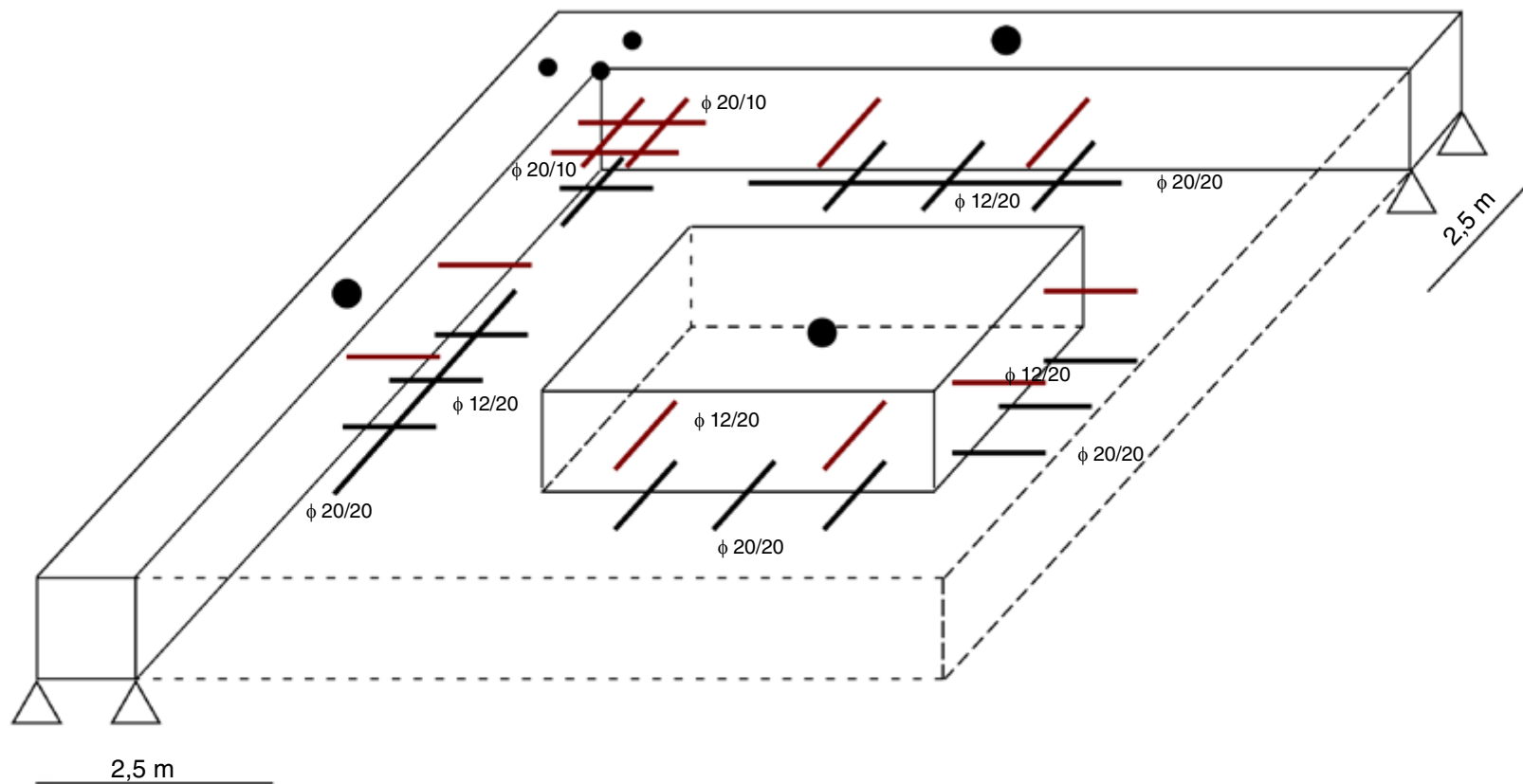


fig 9.68 DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE NEL MODULO
 Valori dei momenti derivanti da analisi FEM

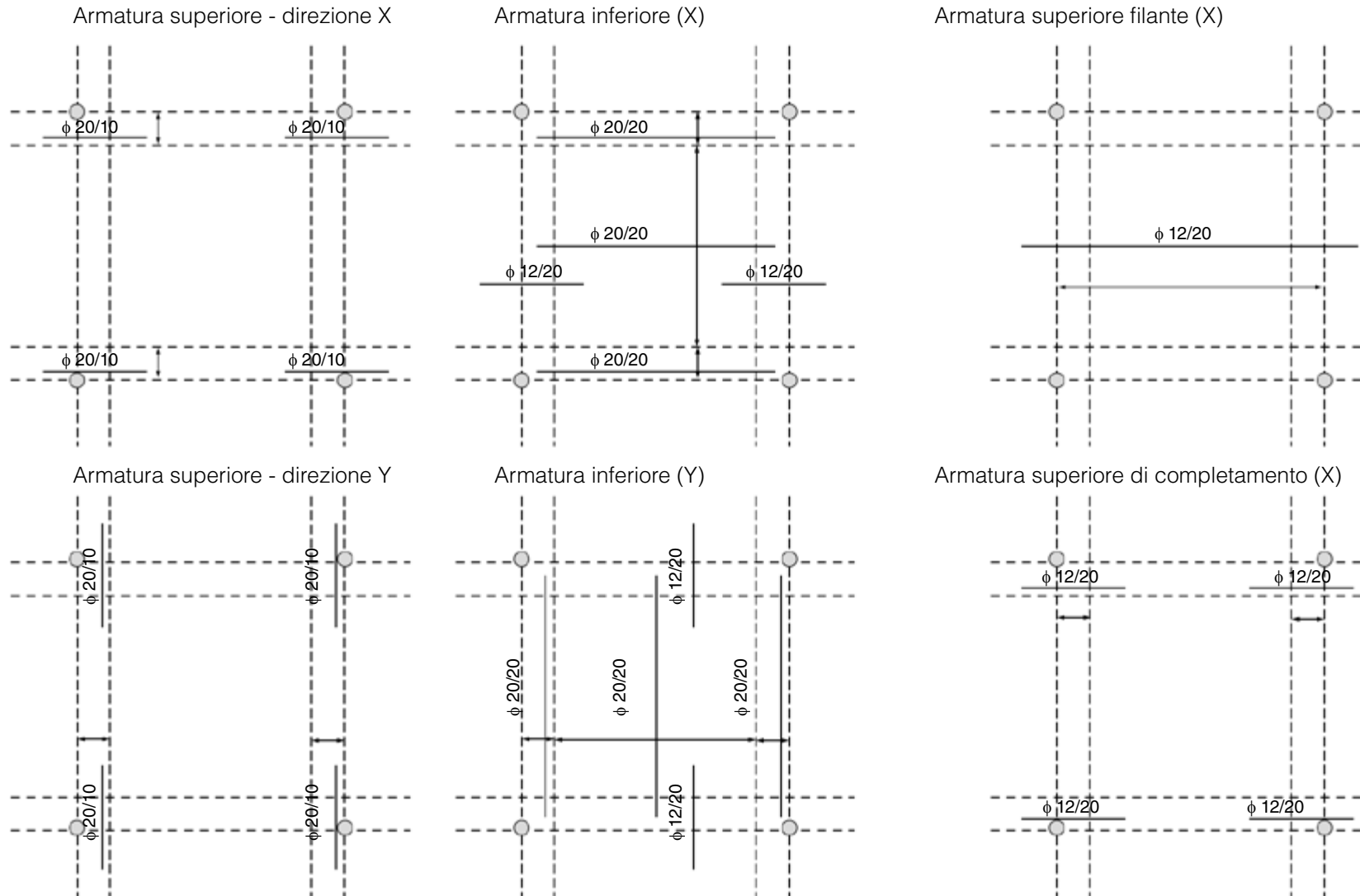


fig.9.69 DISPOSIZIONE DEI FERRI D'ARMATURA
Analisi FEM con continuità flessionale tra le campate

Comparazione tra i metodi

I metodi illustrati in precedenza si dimostrano come un’ottima base per il predimensionamento di una piastra regolare con discontinuità tra un modulo e l’altro. Diversamente l’analisi FEM, previa discretizzazione della superficie in elementi più piccoli, porta all’analisi del preciso caso di progetto perchè viene simulato il comportamento pressoché reale della piastra.

Di seguito si compara l’armatura derivante dal pre-dimensionamento e dimensionamento effettuato secondo quanto riportato in precedenza.

Si ricorda, che il metodo delle linee di rottura (cerniere plastiche) insito nel calcolo di Flessione globale e locale è stato utilizzato per la mera valutazione e predimensionamento dello spessore della piastra stessa. Non vengono fatte alcune ipotesi sulla casistica e sulla tipologia di carico cui il modulo di piastra in esame è sottoposto.

Flessione globale	Flessione locale	Metodo delle strisce	FEM _x	FEM _y	A _s completamento
-	Φ18/10	Φ20/10	Φ20/10	Φ20/10	-
Φ14/25	-	Φ16/20	-	Φ20/20	Φ12/20
-	-	Φ20/20	Φ20/20	-	Φ12/20
-	-	Φ16/20	Φ20/20	Φ20/20	-

tab.9.37 COMPARAZIONE DEI VALORI DI ARMATURA
 Metodi: Flessione globale e locale, Strisce, Analisi FEM

È interessante notare come il metodo delle strisce seppur trattato su tipologie generiche di piastre piane in continuità si avvicina ai valori necessari di armatura resistente.

Per il progetto esecutivo ed il disegno dei ferri viene utilizzato il metodo di valutazione ad Elementi Finiti che più realisticamente non sottostima le continuità tensionali derivanti dalla continuità dei moduli di base ed approssima i pilastri ad elementi 3D di simili dimensioni e vincolati su più parti all’elemento bidimensionale.

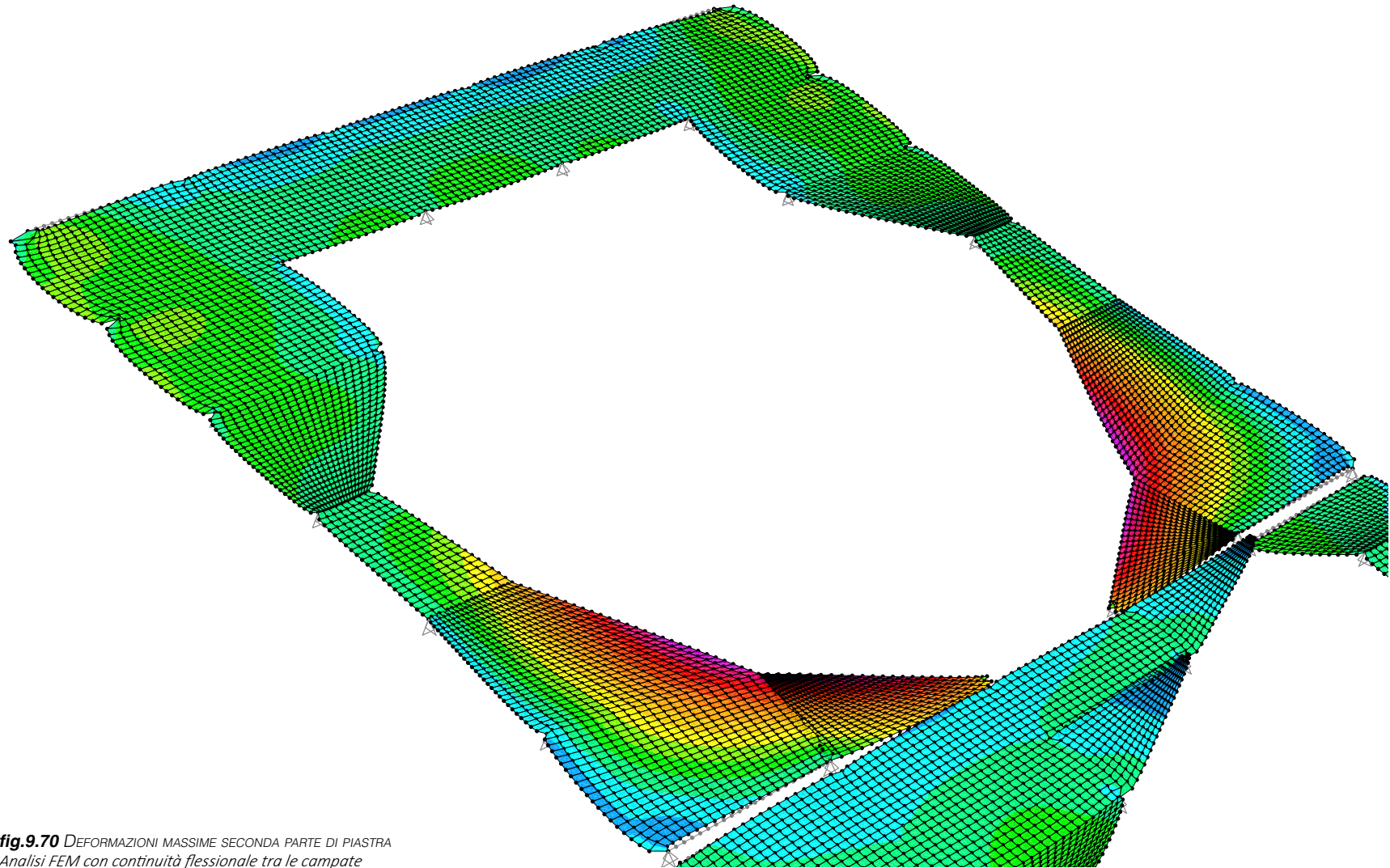


fig.9.70 DEFORMAZIONI MASSIME SECONDA PARTE DI PIASTRA
Analisi FEM con continuità flessionale tra le campate

Il ritiro dei getti

I giunti strutturali, detti comunemente “di dilatazione” vanno previsti nei seguenti casi:

- Edifici a pianta molto allungata
- Edifici a pianta irregolare
- Edifici con parti di rigidità e carichi molto diversi

Si distinguono i giunti in base alla funzione dello stesso.

Per ritiro, da prevedersi anche in strutture non soggette a forti dilatazioni termiche come le strutture contro terra: può limitarsi ad un semplice indebolimento della sezione resistente senza discontinuità delle armature, atto a controllare la posizione della fessurazione del calcestruzzo per trazione.

Di dilatazione e contrazione, atto a consentire i movimenti termici senza indurre coazioni; esso va dimensionato in funzione della massima escursione termica di progetto.

Di rotazione, formazione di una cerniera di calcestruzzo, con indebolimento flessionale della sezione (intaglio a V e incrocio delle armature superiori e inferiori). Esso permette la rotazione relativa delle due sezioni a cavallo del giunto nel piano verticale, obbligandole tuttavia agli stessi spostamenti orizzontali e verticali.

Sismico, vera e propria separazione completa, atta a formare due strutture separate e indipendenti.

Il progetto della piastra in C.A. in progetto presenta notevoli complessità costruttive, soprattutto durante la messa in opera e durante la/le fasi di getto. Si procede analizzando il problema del ritiro del calcestruzzo durante la/le fasi di getto, indotte in particolar modo dal ΔT che si instaura tra il fondo del cassero e la superficie esterna del calcestruzzo che sta maturando.



fig.9.71 TELI IN POLIETILENE DOPO LA FASE DI GETTO
I teli vengono sistemati coprendo la parte esposta di cls



Accorgimenti preliminari da considerare prima, durante e dopo il getto

La copertura si presenta con una forma alquanto complessa e soprattutto priva di una modularità tale che consenta una valutazione in termini di C.A. prefabbricato della stessa, inoltre, la posizione del sito, in uno dei centri più importanti di Londra, presenta delle difficoltà di approvvigionamento notevoli, soprattutto in relazione all'ottenimento di permessi speciali che consentano la chiusura anche temporanee di zone molto trafficate (mezzi e pedoni).

Si identifica quindi come soluzione progettuale migliore il getto pieno della piastra, suddiviso in più fasi, che permetta la cassetteria e riposizionamento della stessa in almeno 3 fasi (ulteriori dettagli saranno discussi in fase ergotecnica di progettazione del cantiere).

Date le dimensioni, la forma, ed il volume totale si prescrive l'utilizzo di casseri in metallo, in modo da diminuire al minimo la ΔT (differenza di temperatura) tra la parte intradossale e quella estradossale del getto.

Si rende inoltre necessaria stesura di teli in polietilene (vedi fig.9.71) per diminuire al minimo le influenze delle temperature superficiali in fase di maturazione del getto.

fig.9.72 DIVERSO MATERIALE PER LA CASSERATURA
Differente conducibilità termica ($\lambda = W/mK$) dei casseri

Il giunto strutturale di dilatazione ed il ruolo del connettore a Taglio durante e dopo la fase di getto

Come detto la fase di getto avverrà in almeno 4 parti differite temporalmente, suddivise partendo dalla base della copertura, a Nord del lotto per proseguire fino alla sommità della stessa. Tempo approssimativo per il getto completo: 2,5 mesi (possibilità di lavorazione sulle altre parti durante il tempo di maturazione).

La suddivisione in tale fasce temporali è frutto di considerazioni riguardo:

- Tempo e modalità di cassetatura
- Peso complessivo di ogni striscia di getto
- Ritiro plastico, igrometrico e autogeno del calcestruzzo
- Dilatazioni termiche durante la vita utile della struttura (simulazioni con carico SLE e SLU)

Si nota come soprattutto le dilatazioni da ritiro siano il fattore principale che ne vincola la suddivisione; la forma complessa della copertura presenta geometrie di concertazione tensionale in diversi punti dell'intero, si affronta il problema distaccando completamente i getti in prossimità di tali angoli.

Si garantisce la continuità della struttura in modo da lasciarla lavorare come una doppia entità capace di diminuire le tensioni interne poiché derivanti da fenomeni che riguardano le campate adiacenti.

Esistono in commercio diversi connettori/distanziatori; per caso in esame viene scelto un connettore tipo HSD certificato e brevettato dalla compagnia "Halfen" che garantisce continuità al taglio in corrispondenza delle interruzioni di getto.

Il sistema è stato sviluppato proprio per getti di piastre in C.A. in continuità per la sua facilità di installazione nei casseri e per la sua dipendenza diretta dell'armatura presente nel nodo Dowel-Slab (Connettore-Piastra).



fig.9.73 CONNETTORE A TAGLIO
Tipo Halfen HSD

fig.9.74 SCHEMA SEMPLIFICATO DI FUNZIONAMENTO. HSD
Tipo Halfen HSD

Progettazione del giunto

Si procede alla definizione del giunto appartenente al modulo critico simulato in precedenza con analisi FEM, che verrà eseguito in opera prima degli altri (fig. 9.76).

La linea di giunto misura come la campata del modulo (10m) sempre con spessore costante ($t = 40\text{cm}$); su di essa si interfacciano 2 moduli di piastra di identica luce e spessore, questo faciliterà le operazioni di posa durante la costruzione.

I calcoli vengono effettuati partendo dai valori di V_{ed} derivanti dalle analisi precedentemente descritte, I valori di V_{Rd} del connettore derivano da test effettuati dal produttore, conformi alla normativa EN 1992-1-2008 (sezione 6).

Si precisa che la suddivisione dei getti ammette un freccia massima pari a 3cm (restrittiva) derivante dal fatto che al getto della copertura si appoggiano anche i traversi della facciata di bordo, in tali zone non si rende necessario prescrivere montanti ad assorbimento di una freccia maggiore. Viene progettato un giunto piuttosto rigido che permetta

- Scorrimento in 2 direzioni delle piastre
- Limiti la differenza di freccia massima a 3cm
- Si associ ad un dettaglio costruttivo al nodo che si riferisca al diametro delle barre già in progetto

Nelle possibili zone attorno ai pilastro, l'armatura resistente al punzonamento aumementa in proporzione alla diminuzione di area reagente (maggiori analisi vanno effettuate in fase esecutiva avanzata), va tuttavia considerata per ogni linea di giunto una distanza minima attorno al pilastro che sia pari ad almeno il perimetro critico dello stesso, facendo in modo che il ri-dimensionamnto dell'armatura a punzonamento riguardi solo la zona D esterna ala sezione critica (vedi cap. precedenti).

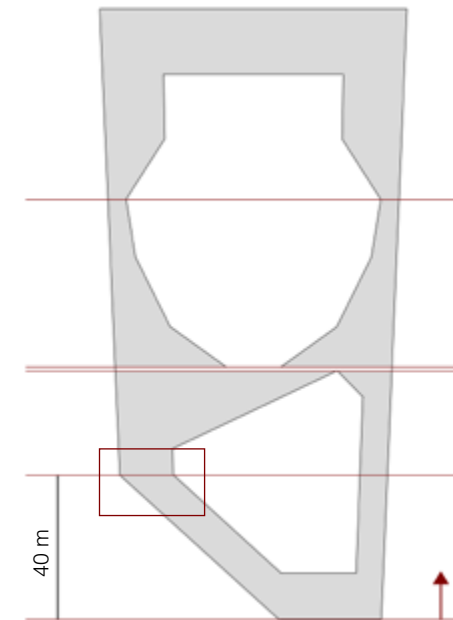


fig.9.75 VANTAGGI NEL SISTEMA A CONNETTORE
Evita il doppio pilastro

fig.9.76 FASI DI GETTO
Suddivisione temporale/strutturale del getto

Come detto il connettore a Taglio risente in maniera molto influente dal tipo di armatura trasversale presente in prossimità dello stesso. Si comparano di seguito differenti soluzioni per studiare un'ottimizzazione efficace del numero di giunti in relazione alla quantità di armatura nel nodo. Nello specifico vengono effettuate due simulazioni (+1 di verifica iniziale) che definiscano a parità del numero di connettori il possibile posizionamento delle armature attorno agli stessi, il tutto reso in funzione di diametro e distanza primaria e secondaria dal giunto.

Ottimizzazione del numero di connettori

Si riportano ora diverse disposizioni dei connettori, disposti su di una linea di giunto di 10m per comparare la dimensione connettore-n° dei connettori anche in relazione al rinforzo strutturale necessario sul nodo.

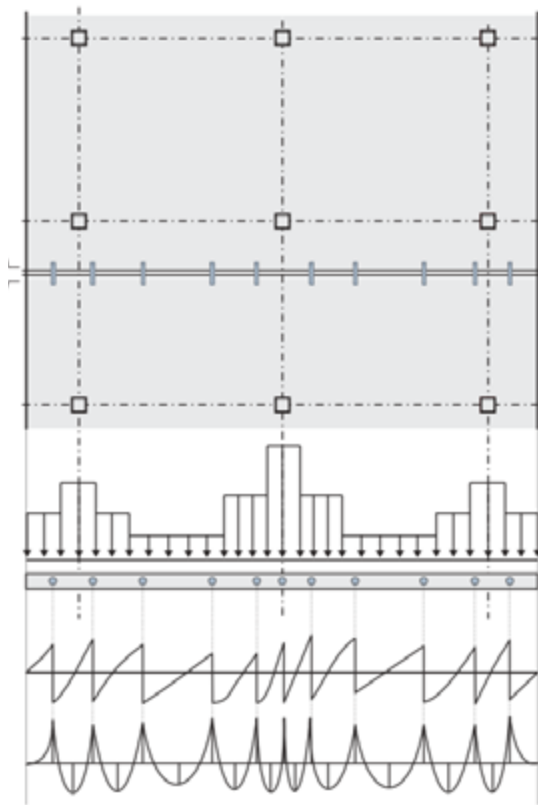


fig.9.77 ESEMPIO DI POSIZIONAMENTO ESATTO DEL GIUNTO
Suddivisione da catalogo delle linee del giunto

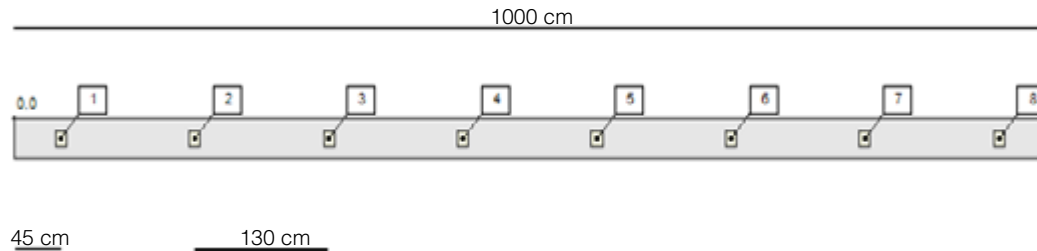


FIG.9.78 N° 8 CONNETTORI HSD CRET 134

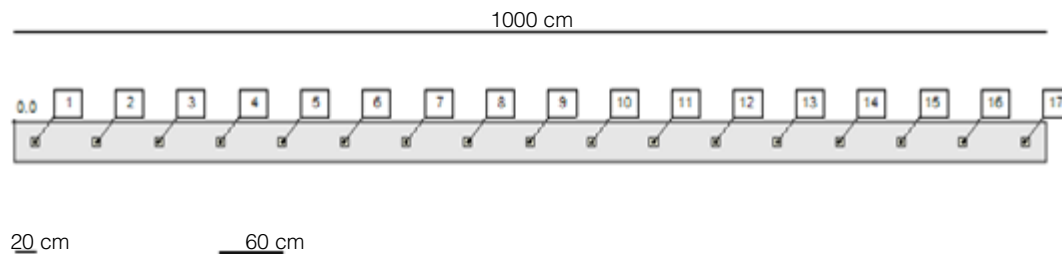


FIG.9.79 N° 17 CONNETTORI HSD CRET 124

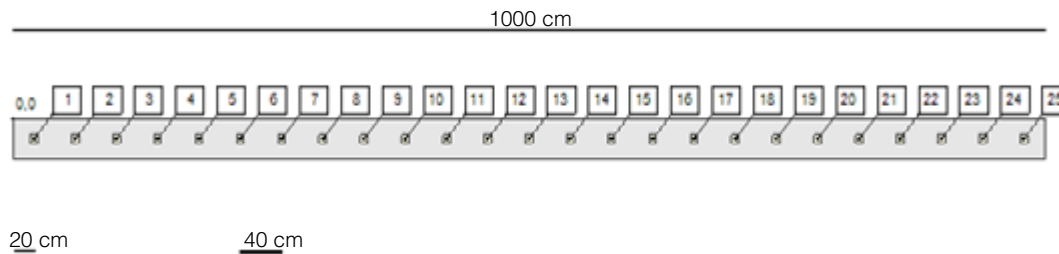


FIG.9.80 N° 25 CONNETTORI HSD CRET 122

Si procede analizzando il funzionamento dell'armatura di rinforzo al nodo per ogni connettore, per definire il numero ed il nodo costruttivo relativo ad ogni elemento.

Di seguito si riportano i calcoli e gli elaborati derivanti da specifico software di dimensionamento del connettore a Taglio per la simulazione di

- Funzionamento del nodo con solamente una barra di elevato spessore per esaminarne il contributo e effettuarne la verifica.
- Distribuzione dell'armatura di tipo teorico (fig.9.81) dove, definito un diametro minimo $\phi 12$ si procede a verificare il numero di staffe necessarie per verificarne il comportamento.
- Sintesi delle precedenti, con occhio attento al dimensionamento già previsto per la piastra in C.A., quindi definito un diametro già presente in cantiere, si procede ad analizzare il numero minimo di staffe necessarie a garantire il funzionamento strutturale del nodo.

Si precisa che i calcoli effettuati sono in accordo con le normative espresse nell'Eurocodice : Design of Concrete Structure, in particolare la parte EN 1992-1-1:2008.

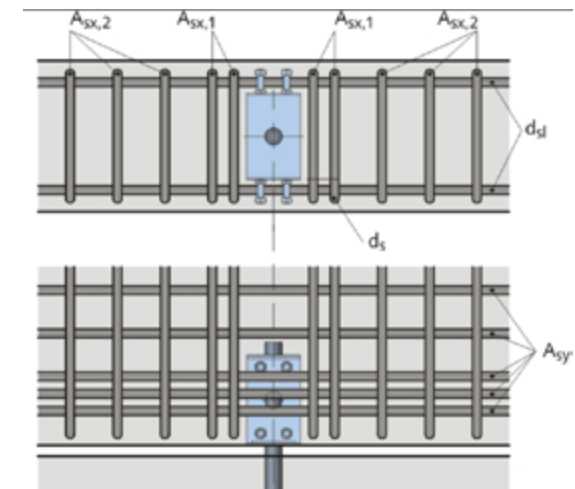


fig.9.81 DISPOSIZIONE ARMATURA TEORICA PER OGNI CONNETTORE
fonte: HSD Shear Dowel System Catalogo

fig.9.82 $2A_{sx}\Phi 16$

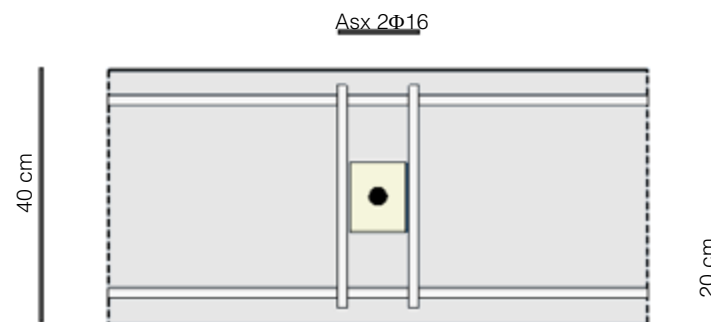


fig.9.83 $A_{sx}10\Phi 16$

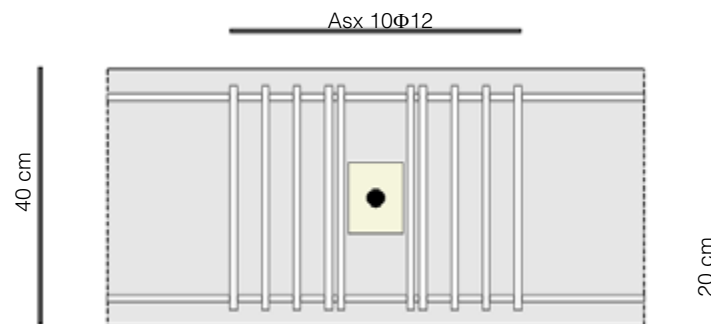
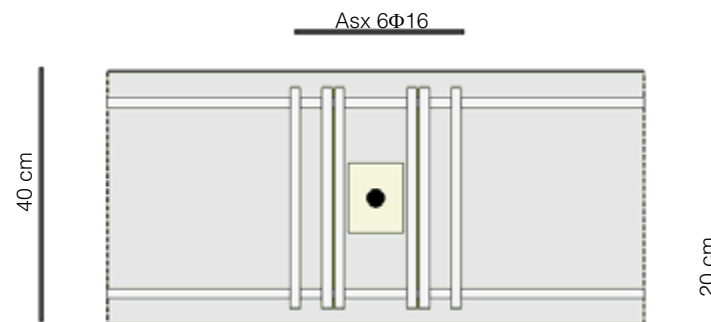


fig.9.84 $A_{sx} 6\Phi 16$



Comparazione delle possibilità e conclusioni

I risultati e le illustrazioni precedentemente riportate, dimostrano quanto sia flessibile la possibilità d inserire un tot. numero di connettori con diverse possibilità di rinforzo al nodo. Ciò che appare chiaro è quindi la capacità del progettista di preferire una o l'altra soluzione a seconda del progetto vero e proprio, del cantiere in cui si opera, e della capacità manuale della squadra operativa (soprattutto in presenza di nodi così complicati).

I fattori che hanno portato alla scelte progettuali si riferiscono, tra l'altro a:

- Possibilità geometrica e tolleranze del nodo
- Diametro delle barre già presenti in cantiere
- Agio nell'operare su diversi connettori contemporaneamente
- Minor numero di connettori possibili in relazione alla lunghezza della campata
- Minor impatto dei costi di cassetta/m in relazione al n° di connettori

Ciò premesso, si definisce in sede operativa per ogni modulo di piastra di lunghezza pari a 10m, un numero di connettori a taglio tipo HSD CRET 134 V in opera a 130cm (testati a distanza di 170cm), con rinforzo al nodo tramite 6 staffe $\Phi 16$ disposte 4 in adiacenza al connettore ed 1 posta a distanza pari a $5v \Phi$.

Per le analisi si è fatto riferimento ad un carico V_{ed} derivante dalle analisi effettuate in precedenza sul modulo critico.

Si definisce la distanza in campata entro la quale è ancora possibile utilizzare tale disposizione ed armatura adiacente ai connettori (luce $< 12m$ con interasse proporzionale tra i connettori), mentre in posizione trasversale si fa riferimento alla fig.9.77 per la definizione della distanza connettore-pilastro.

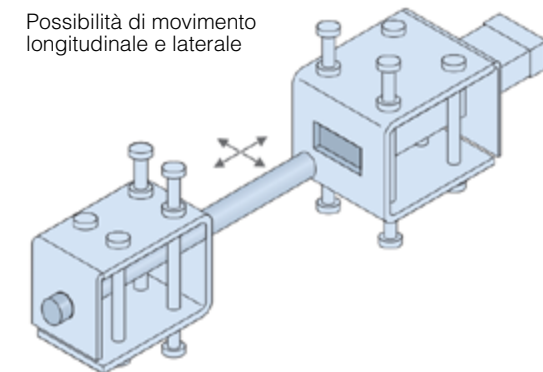

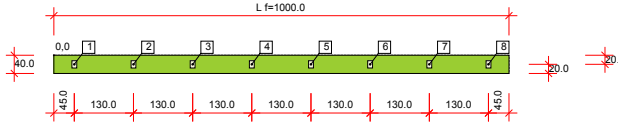
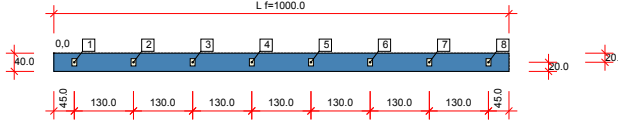

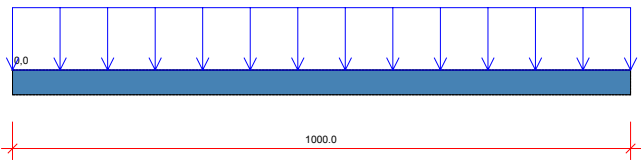


fig.9.85 TIPOLOGIA DI CONNETTORE SCELTO "HSD CRET 134 V"
Con possibilità di movimento in due direzioni


fig.9.86 ANALISI DEI RISULTATI SECONDO CERTIFICATO "HALFEN"
pagina successiva: Software HSD CERT

	Development	ProNo.	Page 1																																				
	Pos. 1																																						
<p>HALFEN Shear Dowel System HSD, EN 1992-1-1:2008 HALFEN design programm HSD, version 2.20</p> <p>The design - including the static values - does only apply to the designated HALFEN product. The load bearing capacity of third party products, appearing to be identical in construction, might differ. For this reason, the software provider does not extend warranty if external products are used.</p> <p><u>Remark</u> :</p> <p>Chosen : bearing comp.: Slab supported comp.: Slab Arrangement : Uniform distribution Dowel distance : automatic, 130.0 cm</p> <p><u>Bearing component:</u></p>  <p><u>Supported component:</u></p>  <p>Fire resistance : F120 with HALFEN fire protection pad</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"><u>Features of the components:</u></td> <td style="width: 35%;"><u>Bearing component</u></td> <td style="width: 35%;"><u>Supported component</u></td> </tr> <tr> <td><u>Dimensions of the components:</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Height :</td> <td>40.0 cm</td> <td>40.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Length(at the joint) :</td> <td>1000.0 cm</td> <td>1000.0 cm</td> </tr> <tr> <td>Depth :</td> <td>200.0 cm</td> <td>200.0 cm</td> </tr> <tr> <td><u>Concrete cover:</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Top :</td> <td>2.5 cm</td> <td>2.5 cm</td> </tr> <tr> <td>Bottom :</td> <td>2.5 cm</td> <td>2.5 cm</td> </tr> <tr> <td>Concrete Quality :</td> <td>C25/30</td> <td>C25/30</td> </tr> <tr> <td><u>Dimension of the joint:</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Width b_f :</td> <td>3 cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Length l_f :</td> <td>1000.0 cm</td> <td></td> </tr> </table>				<u>Features of the components:</u>	<u>Bearing component</u>	<u>Supported component</u>	<u>Dimensions of the components:</u>			Height :	40.0 cm	40.0 cm	Length(at the joint) :	1000.0 cm	1000.0 cm	Depth :	200.0 cm	200.0 cm	<u>Concrete cover:</u>			Top :	2.5 cm	2.5 cm	Bottom :	2.5 cm	2.5 cm	Concrete Quality :	C25/30	C25/30	<u>Dimension of the joint:</u>			Width b_f :	3 cm		Length l_f :	1000.0 cm	
<u>Features of the components:</u>	<u>Bearing component</u>	<u>Supported component</u>																																					
<u>Dimensions of the components:</u>																																							
Height :	40.0 cm	40.0 cm																																					
Length(at the joint) :	1000.0 cm	1000.0 cm																																					
Depth :	200.0 cm	200.0 cm																																					
<u>Concrete cover:</u>																																							
Top :	2.5 cm	2.5 cm																																					
Bottom :	2.5 cm	2.5 cm																																					
Concrete Quality :	C25/30	C25/30																																					
<u>Dimension of the joint:</u>																																							
Width b_f :	3 cm																																						
Length l_f :	1000.0 cm																																						
			Date 13/03/2017																																				

HALFEN/DEHA S.r.l.Soc. Unipersonale.Via F. III Bronzetti N. 28, 24124 Bergamo. Tel. +39 (0)35 0760711. Fax: +39 (0)35 0760799 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Germany


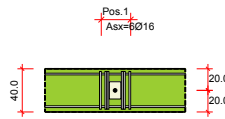
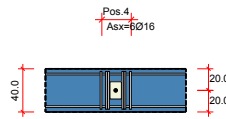
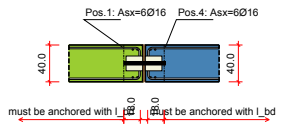
	Development	ProNo.	Page 2										
	Pos. 1												
<p>Height h_f : 40.0 cm Height offset : 0.0 cm Length offset : 0.0 cm</p> <p>Loads: Line loads:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e1eef6;">Load areas</th> <th style="background-color: #e1eef6;">Start point [cm]</th> <th style="background-color: #e1eef6;">End point [cm]</th> <th style="background-color: #e1eef6;">qed,l [kN/m]</th> <th style="background-color: #e1eef6;">qed,r [kN/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Area 1</td> <td>0.0</td> <td>1000.0</td> <td>150.00</td> <td>150.00</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Individual loads</p> <p>There were no individual loads in individual load list</p> 				Load areas	Start point [cm]	End point [cm]	qed,l [kN/m]	qed,r [kN/m]	Area 1	0.0	1000.0	150.00	150.00
Load areas	Start point [cm]	End point [cm]	qed,l [kN/m]	qed,r [kN/m]									
Area 1	0.0	1000.0	150.00	150.00									
			Date 13/03/2017										

HALFEN/DEHA S.r.l.Soc. Unipersonale.Via F. III Bronzetti N. 28, 24124 Bergamo. Tel. +39 (0)35 0760711. Fax: +39 (0)35 0760799 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Germany

	Development	ProNo.	Page 3																																																																																																				
		Pos. 1																																																																																																					
<p>Design</p> <p>Used dowel types in the joint: HSD CRET 134 Proof for : HSD CRET 134 at 175.0 cm (No. 2, most loaded dowel)</p> <p>Design resistance at dowel 2 (lx=175.0cm):</p> <table border="0"> <tr><td>Design value of resistance of the steel dowel</td><td>$V_{Rd,1}$</td><td>=</td><td>247.65 kN</td></tr> <tr><td>Design value of resistance of the steel box</td><td>$V_{Rd,2}$</td><td>=</td><td>209.52 kN</td></tr> <tr><td>Compression resistance of the concrete struts</td><td>$V_{Rd,max}$</td><td>=</td><td>307.05 kN</td></tr> <tr><td>Limitation of the force in additional slab border reinforcement</td><td>$V_{Rd,s}$</td><td>=</td><td>404.90 kN</td></tr> <tr><td>Shear capacity of the slab</td><td>$V_{Rd,c}$</td><td>=</td><td>157.36 kN/m</td></tr> <tr><td>minimal dowel distance</td><td>$a_{D,min}$</td><td>=</td><td>1285 mm</td></tr> <tr><td>minimal edge distance of the dowel</td><td>$a_{r,min}$</td><td>=</td><td>645 mm</td></tr> <tr><td>Width concrete cone</td><td>b_w</td><td>=</td><td>946 mm</td></tr> <tr><td>min. slab thickness</td><td>h_{min}</td><td>=</td><td>300 mm</td></tr> <tr><td>static height</td><td>d</td><td>=</td><td>367 mm</td></tr> <tr><td>degree of reinforcement</td><td>i_L</td><td>=</td><td>0.347%</td></tr> <tr><td>Reduction factor of the minimum dowel distance</td><td>$f = a_D/2h_{min}; a_r/h_{min}$</td><td>=</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>-> Determining design resistance</td><td>V_{Rd}</td><td>=</td><td>209.52 kN</td></tr> <tr><td>$\min(V_{Rd,1}; V_{Rd,2}; V_{Rd,c}; V_{Rd,max})$</td><td>max. load at Dowel 2</td><td>V_{Ed}</td><td>= 202.33 kN</td></tr> <tr><td>Load</td><td>Utilisation</td><td>i</td><td>= 96.6 %</td></tr> </table> <p>i_L must be provided in the area $a_{D,min}/2$ right- and left hand of the dowel.</p> <p>Reinforcement BSt 500</p> <p>The longitudinal reinforcement has to be designed separately. (bending reinforcement of the continuous beam).</p> <table border="0"> <tr><td>Hanger reinforcement bearing comp.: at Dowel 2</td><td>(A_{sx})</td><td>:</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>d_s</td><td>=</td><td>16.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,1}$</td><td>=</td><td>66.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,2}$</td><td>=</td><td>86.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,3}$</td><td>=</td><td>136.00 mm</td></tr> </table> <table border="0"> <tr><td>Hanger reinforcement supported comp.: at Dowel 2</td><td>(A_{sx})</td><td>:</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>d_s</td><td>=</td><td>16.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,1}$</td><td>=</td><td>66.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,2}$</td><td>=</td><td>86.00 mm</td></tr> <tr><td></td><td>$e_{y,3}$</td><td>=</td><td>136.00 mm</td></tr> </table>				Design value of resistance of the steel dowel	$V_{Rd,1}$	=	247.65 kN	Design value of resistance of the steel box	$V_{Rd,2}$	=	209.52 kN	Compression resistance of the concrete struts	$V_{Rd,max}$	=	307.05 kN	Limitation of the force in additional slab border reinforcement	$V_{Rd,s}$	=	404.90 kN	Shear capacity of the slab	$V_{Rd,c}$	=	157.36 kN/m	minimal dowel distance	$a_{D,min}$	=	1285 mm	minimal edge distance of the dowel	$a_{r,min}$	=	645 mm	Width concrete cone	b_w	=	946 mm	min. slab thickness	h_{min}	=	300 mm	static height	d	=	367 mm	degree of reinforcement	i_L	=	0.347%	Reduction factor of the minimum dowel distance	$f = a_D/2h_{min}; a_r/h_{min}$	=	1.00	-> Determining design resistance	V_{Rd}	=	209.52 kN	$\min(V_{Rd,1}; V_{Rd,2}; V_{Rd,c}; V_{Rd,max})$	max. load at Dowel 2	V_{Ed}	= 202.33 kN	Load	Utilisation	i	= 96.6 %	Hanger reinforcement bearing comp.: at Dowel 2	(A_{sx})	:			d_s	=	16.00 mm		$e_{y,1}$	=	66.00 mm		$e_{y,2}$	=	86.00 mm		$e_{y,3}$	=	136.00 mm	Hanger reinforcement supported comp.: at Dowel 2	(A_{sx})	:			d_s	=	16.00 mm		$e_{y,1}$	=	66.00 mm		$e_{y,2}$	=	86.00 mm		$e_{y,3}$	=	136.00 mm
Design value of resistance of the steel dowel	$V_{Rd,1}$	=	247.65 kN																																																																																																				
Design value of resistance of the steel box	$V_{Rd,2}$	=	209.52 kN																																																																																																				
Compression resistance of the concrete struts	$V_{Rd,max}$	=	307.05 kN																																																																																																				
Limitation of the force in additional slab border reinforcement	$V_{Rd,s}$	=	404.90 kN																																																																																																				
Shear capacity of the slab	$V_{Rd,c}$	=	157.36 kN/m																																																																																																				
minimal dowel distance	$a_{D,min}$	=	1285 mm																																																																																																				
minimal edge distance of the dowel	$a_{r,min}$	=	645 mm																																																																																																				
Width concrete cone	b_w	=	946 mm																																																																																																				
min. slab thickness	h_{min}	=	300 mm																																																																																																				
static height	d	=	367 mm																																																																																																				
degree of reinforcement	i_L	=	0.347%																																																																																																				
Reduction factor of the minimum dowel distance	$f = a_D/2h_{min}; a_r/h_{min}$	=	1.00																																																																																																				
-> Determining design resistance	V_{Rd}	=	209.52 kN																																																																																																				
$\min(V_{Rd,1}; V_{Rd,2}; V_{Rd,c}; V_{Rd,max})$	max. load at Dowel 2	V_{Ed}	= 202.33 kN																																																																																																				
Load	Utilisation	i	= 96.6 %																																																																																																				
Hanger reinforcement bearing comp.: at Dowel 2	(A_{sx})	:																																																																																																					
	d_s	=	16.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,1}$	=	66.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,2}$	=	86.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,3}$	=	136.00 mm																																																																																																				
Hanger reinforcement supported comp.: at Dowel 2	(A_{sx})	:																																																																																																					
	d_s	=	16.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,1}$	=	66.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,2}$	=	86.00 mm																																																																																																				
	$e_{y,3}$	=	136.00 mm																																																																																																				
		Date 13/03/2017																																																																																																					

HALFEN-DEHA S.r.l.Soc. Unipersonale Via F.lli Bronzetti N. 28, 24124 Bergamo. Tel.: +39 (0)35 0760711. Fax: +39 (0)35 0760799 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Germany

HALFEN-DEHA S.r.l.Soc. Unipersonale Via F.lli Bronzetti N. 28, 24124 Bergamo. Tel.: +39 (0)35 0760711. Fax: +39 (0)35 0760799 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Germany

	Development	ProNo.	Page 4
		Pos. 1	
<p>Section bearing component: at Dowel 2</p>  <p>Section carrying Component: at Dowel 2</p>  <p>Detail section A-A: at Dowel 2</p> 			
		Date 13/03/2017	

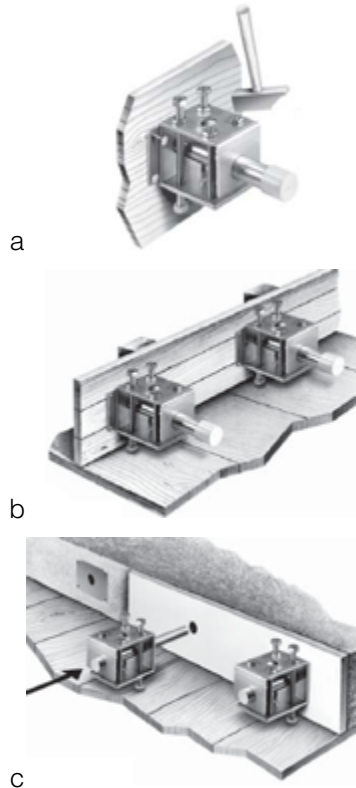


fig.9.87a.b.c FASI DI MONTAGGIO IN OPERA SUL CASSERO

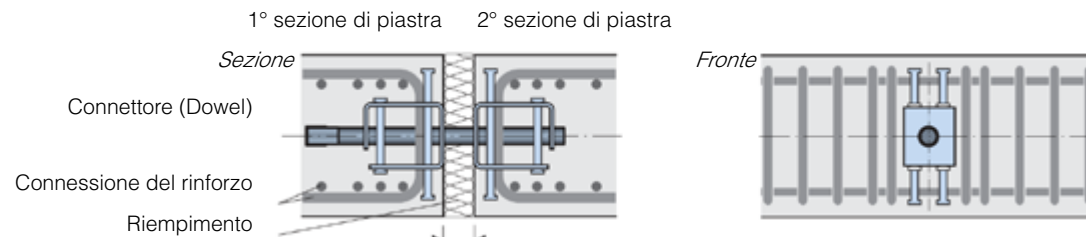


fig.9.87 d VISTA DEL CONNETTORE IN OPERA

Posa in opera di connettori HSD CRET. Montaggio su casseri in ambienti aggressivi

Il tubolare scorrevole del connettore (sliding socket) è fissato alle casseformi da chiodi manualmente inseriti (fig9.87a.b.), assicurarsi che la cavità sia allignata con la direzione di scorrimento. L’etichetta disposta sopra l’apertura impedisce al calcestruzzo di entrare, NON deve quindi essere rimossa durante le operazioni preliminari. Per l’armatura dei rinforzi e delle distanze dal connettore, seguire quanto indicato nei calcoli indicati in recedenza (cap.9 “Il ritiro dei getti”).

Dopo aver rimosso le casseformi il materiale di riempimento è nella connessione come da progetto (fig 9.87c). Un ritiro del materiale deve essere ripristinato per permettere al tubolare di inserirsi nella cavità anche dopo lo sposamento dovuto alla maturazione del primo getto. Per la connessione sulla seconda porzione di piastra seguire i calcoli statici sempre a cap.9 in particolare l’armatura di rinforzo al connettore risulta simmetrica rispetto al primo tronco di piastra. È possibile l’utilizzo di connettori senza misure protettive aggiuntive per condizioni ambientali differenti da quanto espresso nella DIN 1045-1 (basi petrolifere...). Si prescrive in questo caso l’utilizzo di connettori anticorrosivi (tipo INOX, forniti da produttore). Ci si riferisce a quanto illustrato in DIN4102 T.2. per le misure preventive da adottare contro il rischio di incendio e tenuta dei giunti.



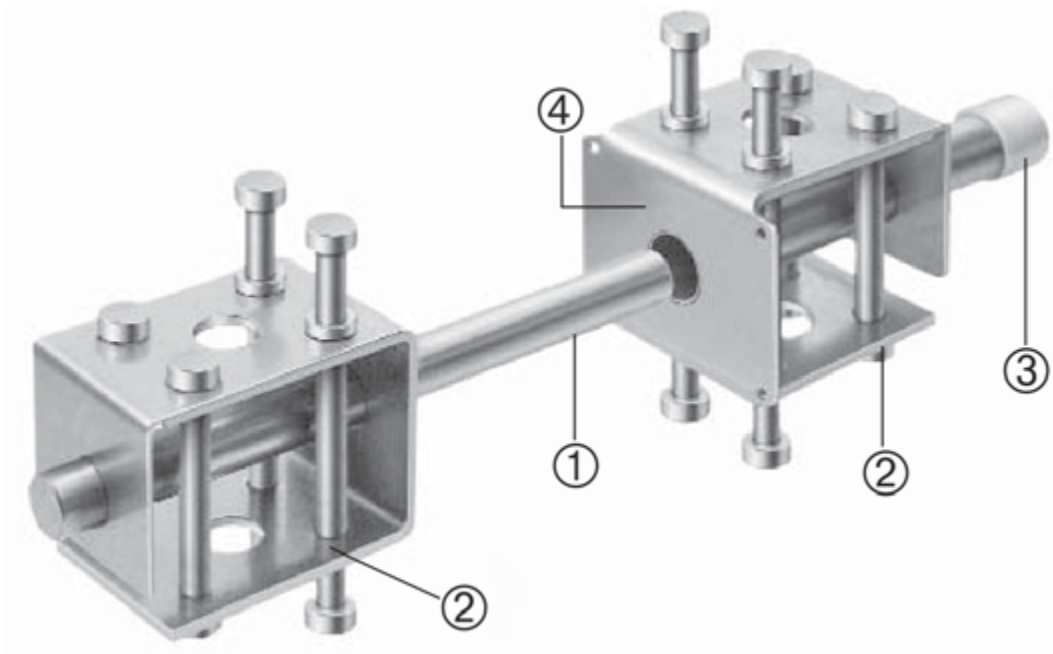


fig.9.88 NOMENCALTURA DI RIFERIMENTO DEL CONNETTORE A TAGLIO
Modello singolo. Voci in lingua inglese

- 1. Dowel
- 2. Load distribution body
- 3. Sliding socket
- 4. Nail plate for the fixation of the socket to the formwork

Capitolo 10

Progetto impiantistico

Introduzione

Assicurare le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria all'interno delle biblioteche rappresenta un requisito fondamentale non solo per il benessere delle persone, ma anche e soprattutto per la conservazione ottimale dei documenti molto sensibili alle variazioni dei valori di temperatura e di umidità.

Le biblioteche sono costituite da ambienti diversi (sale di consultazione, lettura, uffici, banco ritiro-prestiti) che ospitano attività differenti (sale musica, laboratori, locali espositivi) con orari di apertura assai diversificati in funzione dell'attività servita. Si rende necessario perciò uno studio approfondito sulle tipologie e dimensioni degli impianti, al fine di raggiungere le condizioni adeguate di comfort all'interno degli ambienti.

Si differenzia quello che è l'impianto della biblioteca stessa e l'impianto della piazza pubblica coperta e dei volumi contenuti all'interno di essa. Per il volume biblioteca è stata adottata una soluzione centralizzata a tutta aria che ben si adatta alle caratteristiche architettoniche di ambienti di medio-grande volumetria, che richiedono quindi elevate portate di ventilazione. Mentre per il volume della piazza pubblica coperta è stata optata una soluzione centralizzata a tutta aria integrata con un sistema ad attivazione della massa offerto dall'ampia superficie disponibile a soffitto della copertura. I singoli volumi contenuti nella piazza coperta prevedono invece un impianto radiante a pavimento affiancato ad uno ad aria. La normativa tecnica fondamentale in questo ambito è la UNI EN ISO 13790:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti di edifici residenziali e non residenziali, o di una parte degli stessi."



fig.10.0 LLOYD'S OF LONDON
(pagina precedente) R. Rogers

Fabbisogno termico invernale

Il dimensionamento dell'impianto deve essere basato sulla valutazione dei carichi termici nelle condizioni più gravose. Per carichi termici si intendono i flussi termici sensibili (corrispondenti ad una variazione di temperatura) e latenti (dovuti ad una differenza di grado igrometrico, per effetto della produzione di vapore nell'ambiente per esempio) ai quali l'impianto deve far fronte per assicurare determinate condizioni ambientali. A partire dalle considerazioni sul benessere termoigrometrico vengono stabiliti i valori di temperatura e umidità relativa più opportuni in relazione alle attività che vengono svolte all'interno degli ambienti:

Ambiente	Ti [°C]	Ur [%]	Te [°C]
Piazza pubblica	18	40	- 5
Volumi interni	20	50	- 5
Biblioteca	20	50	- 5
Uffici	20	50	- 5

tab.10.1 VALORI DI TEMPERATURA
Temperature di progetto stagione invernale

Vengono successivamente valutati i carichi energetici che vengono scambiati attraverso l'involucro edilizio (trasmissione attraverso le chiusure perimetrali, trasmissione diretta della radiazione solare attraverso le superfici vetrate, infiltrazioni attraverso gli infissi). Nel calcolo in regime invernale possono essere trascurati i contributi dovuti alle sorgenti termiche interne all'ambiente.

$$Q = U \cdot \Delta T \cdot S \cdot F_c$$

Dove:

- Q è il flusso termico scambiato [W]
- ΔT è la differenza di temperatura tra i due ambienti di cui viene calcolato il flusso [°C]
- S è la superficie di scambio [m²]
- F_c è il fattore correttivo per le superfici vetrate che tiene conto dell'orientamento

tab.10.2 FABBISOGNO TERMICO INVERNALE
(pagina seguente) Fabbisogno termico invernale suddiviso per tipologia ambienti

Ambiente	Piano	Tipologia	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	F _c	S [m ²]	Q _i [W]	Q [W]
Biblioteca	0	PAV	0,29		1	334	194	
		FC	0,8	2	1	176	282	541
		CHIUS	0,29		1	117	66	
	1	FC	0,8		1	291	466	
		CHIUS	0,28	2	1	194	109	575
	2	FC	0,8		1	249	398	
		CHIUS	0,28	2	1	166	93	491
	3	FC	0,8		1,1	198	4349	
		CHIUS	0,28	25	1	132	922	5271
	4	FC	0,8		1,1	170	3739	
		CHIUS	0,28	25	1	214	793	5547
		COP	0,19		1	113	1015	
Volumi interni	-1	FC int	1,1		1	90	198	
		CHIUS int	0,47	2	1	90	85	857,6
		PAV	0,19	25	1	100	475	
		COP int	0,5	2	1	100	100	
Piazza pubblica		FC	0,8		0,8	4000	58880	
		CHIUS	0,20		1	960	4416	104811
		PAV	0,19	23	1	5500	24035	
		COP	0,19		1	4000	17480	
Uffici	4	FC	0,8	25	0,8	180	2872	
		COP	0,19		1	203	964	
		PAV int	0,5	2	297,00	1	297	4488,37
		FC int	1,1	2	161,25	1	354,75	

Fabbisogno termico estivo

Il carico termico estivo è valutato nelle condizioni più gravose, in fase di esercizio, al ridursi del carico sarà poi compito del sistema di controllo adeguare il funzionamento dell'impianto in maniera adeguata. In particolare, nel caso del condizionamento estivo, il valore massimo del carico di progetto è determinato in corrispondenza di una determinata ora in un certo giorno dell'anno, 21 giugno, e può essere diverso in funzione della diversa esposizione alla radiazione solare degli ambienti o diverso grado di affollamento.

Come effettuato per il periodo invernale, vengono stabiliti i valori di temperatura e umidità relativa più opportuni in relazione alle attività che vengono svolte all'interno degli ambienti:

Ambiente	Ti [°C]	Ur [%]	Te [°C]
Piazza pubblica	24	50	26
Volumi interni	24	50	26
Biblioteca	24	50	26
Uffici	24	50	26

tab.10.3 VALORI DI TEMPERATURA
Temperature di progetto stagione estiva

Vengono successivamente valutati i carichi energetici dovuti all'effetto radiativo solare attraverso le superfici trasparenti ed opache, alla trasmissione delle chiusure perimetrali e agli apporti interni dovuti a persone, forza motrice e illuminazione. In particolare le persone, assunto un grado di affollamento massimo di 3,3 persone/m², generano un apporto pro capite per metabolismo di 55 W di calore latente e 63 W di calore sensibile; l'impianto di illuminazione di tipo diffuso a bassa intensità genera un apporto medio di 12,5 W/m², come per quanto riguarda gli apparecchi elettrici.

Si riporta di seguito una tabella "modello" utilizzata per il calcolo dei carichi energetici estivi all'interno dei singoli ambienti:

Piano 1 biblioteca						
Altezza	4,5	m	Volume	4172	m ³	
Superficie	927	m ²				
Radiazioni solari vetri						
Denominazione	Superficie [m ²]	Radiazione [Kcal/h]			Coefficiente U [W/m ² K]	Fabbisogno [W]
Facciata continua	291	301			0,2	20415
Trasmissioni eccettuate pareti perimetrali e tetto						
Facciata continua	291	m ²	2	ΔT [°C]	0,8	466
Calore interno sensibile						
Affollamento	168	persone	63	W/persona	-	10584
Forza motrice	927	m ²	12,5	W/m ²	-	11590
Illuminazione	927	m ²	12,5	W/m ²	-	11590
					totale parziale	54646
					marginale sicurezza	5%
					Calore sensibile totale	57378
Calore interno latente						
Affollamento	168	persone	55	W/persona	-	9240
					Calore latente totale	9240
					Calore totale	66618

tab.10.4 SCHEDA "MODELLO"

Calcolo fabbisogno termico estivo suddiviso per ambiente

E successivamente una tabella riassuntiva riferita all'intero edificio:

Ambiente	Q_{inv} [W]	Q_{sen} [W]	Q_{lat} [W]	Q_{tot} [W]
P0	541	26175	3300	29475
P1	575	57378	9240	66618
P2	491	45049	6765	51814
P3	5271	31226	4290	35516
P4	5547	24916	3135	28051
totale biblioteca	12425	184744	26730	211474
Volume piazza	858	4801	1650	6451
Bar	1563	8395	2475	10870
Auditorium	4311	21246	8250	29496
Laboratori	3746	15038	2750	17788
Piazza	104811	175231	16500	191731
Uffici	4488	15095	825	15920

tab.10.5 FABBISOGNO TERMICO ESTIVO
Calcolo fabbisogno termico estivo suddiviso per ambienti

E' interessante notare come il fabbisogno estivo risulta maggiore di quello invernale nonostante la presenza di ampie facciate vetrate disperdenti. In particolare a incidere maggiormente sul fabbisogno risultano i carichi interni dovuti alle persone e alla forza motrice e quelli dovuti alla radiazione solare.

Tipologie di impianti

Gli impianti di climatizzazione sono composti da diversi elementi in dipendenza della loro conformazione, tuttavia richiedono sempre, in tutte le stagioni dell'anno, la disponibilità di un fluido caldo e di un fluido freddo per operare tutti quegli scambi termoigrometrici necessari per realizzare negli ambienti le condizioni richieste. Possono essere contraddistinte tre tipologie fondamentali di impianti:

- impianti a tutta aria in cui il fluido termovettore è aria, opportunamente trattata nell'UTA e distribuita attraverso canali
- impianti misti aria-acqua caratterizzati da fluido termovettore aria per esigenze di rinnovo e umidificazione/deumidificazione e acqua per il controllo della temperatura degli ambienti
- impianti ad acqua che solitamente vengono indicati come impianti di riscaldamento/raffrescamento in quanto mancano di aria trattata e in generale il controllo dell'umidità

La scelta del tipo di impianto deve essere effettuata non solo sulla base del fabbisogno necessario, come in precedenza calcolato, ma anche sulla base di considerazioni specifiche per l'edificio in oggetto: architettoniche, capacità di gestione, possibilità di investimento. Al progettista occorre perciò tenere presente quali sono gli aspetti positivi e negativi della tipologia di impianto che andrà ad installare. Sulla base di queste considerazioni e data la varietà di ambienti presenti all'interno dell'edificio, vengono adottati impianti dedicati per ogni zona, in grado di rispondere alle esigenze specifiche:

Ambiente	Impianto scelto	Motivazioni
Biblioteca	impianto a tutt'aria esterna a portata variabile	Grandi ambienti con elevate portate d'aria
Volumi piano -1	impianto misto ad aria primaria e pavimento radiante	Piccoli ambienti a gestione indipendente
Piazza pubblica	impianto a tutt'aria esterna a portata variabile e sistema di attivazione della massa in copertura	Grande ambiente e diversi gradi di affollamento durante le ore della giornata
Servizi	impianto misto ad aria per estrazioni e terminali ambiente (radiatori)	Piccoli ambienti a gestione indipendente

tab.10.6 TIPOLOGIE DI IMPIANTI
Scelta delle tipologie di impianti e motivazioni

Dimensionamento condotte dell'aria

La norma UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere, generalità, classificazione e requisiti", prescrive:

- portate d'aria esterna e di estrazione minime a seconda della destinazione d'uso
- sistemi di filtrazione dell'aria
- limiti di velocità di immissione dell'aria, pari a 0,15 m/s in inverno e 0,20 m/s in estate

La portata d'aria esterna è determinata in funzione del rapporto V/n tra il volume dell'ambiente V e il grado di affollamento n . Una volta noto il rapporto V/n è possibile entrare nella tabella fornita dalla normativa e ricavare i valori QOP e QOS di portata d'aria esterna ed estratta e moltiplicarli per il numero di persone e di m^2 rispettivamente.

Ambiente	Pers.	V/n [$m^3/pers$]	QOP [$\times 10^3 m^3/s$]	QOS [$\times 10^3 m^3/s m^2$]	Portata d'aria immessa [m^3/h]	Portata d'aria estratta [m^3/h]
P0 biblioteca	60	25	5	5	1080	1080
P1 biblioteca	168	25	5	5	3029	3029
P2 biblioteca	123	25	5	5	2219	2219
P3 biblioteca	78	25	5	5	1410	1410
P4 biblioteca	57	25	5	5	1027	1027
Vol. piazza	30	15	5,5	6	165	165
Bar	45	15	10	17	450	371
Auditorium	150	14	5,5	6	825	450
Laboratori	50	15	7	7	350	350
Piazza	300	233	7	7	2100	2100
Uffici	15	85	7	7	105	105

tab. 10.7 PORTATE ARIA
Calcolo delle portate d'aria esterna ed estratta

Una volta note le portate è necessario effettuare una valutazione ponderata tra velocità dell'aria, spazio a disposizione e perdite di carico per stabilire la sezione delle condotte.

Si analizza il volume della biblioteca in quanto più rappresentativo dell'intero edificio. Per prima cosa viene predisposto uno schema di distribuzione dell'aria per ogni piano: si disegnano le condotte principali, poi quelle secondarie e successivamente si indicano le bocchette sia di mandata che di ripresa. Per tutti i piani sono state previste due diramazioni principali passanti nei fori delle travi alveolari primarie e undici diramazioni secondarie sia per la mandata che per la ripresa. Inoltre sono state predisposte 22 cassette VAV con diffusore elicoidale che permettono di diffondere l'aria in maniera il più uniforme possibile.

Si riporta una tabella riassuntiva con le dimensioni delle condotte calcolate per il piano 1:

Piano	Ramo	L [m]	Portata [m ³]	Velocità [m/s]	Diametro [m]	Perdite di carico [mm ca/m]
P1	1	6	1514	3,5	400	0,24
	2	6	1239	3,5	360	0,27
	3	6	1101	3,5	340	0,3
	4	6	826	3,5	300	0,36
	5	6	551	3,5	240	0,36
	6	6	275	3,5	170	0,33
	1.1d	2,3	138	3,5	120	0,41
	1.2d	2,3	69	1,8	60	0,12
	1.1s	3	69	1,8	60	0,15
	2.1s	3	69	1,8	60	0,15

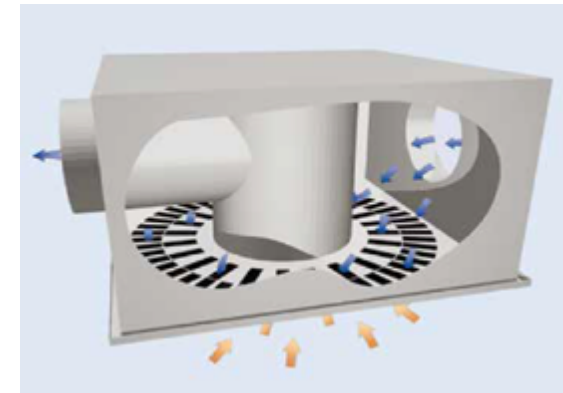


fig.10.1 CASSETTE VAV COMBINATO
Cassette VAV con diffusore elicoidale

tab.10.8 DIMENSIONAMENTO CONDOTTE
Dimensionamento condotte principali e secondarie

Unità di trattamento dell'aria

Una volta ottenute le quantità totali definitive di portata d'aria necessarie al condizionamento degli ambienti è possibile selezionare e dimensionare l'unità di trattamento dell'aria (UTA).

Viene scelto un produttore di riferimento e attraverso le tabelle fornite, in funzione della portata e della velocità frontale di attraversamento delle batterie, si sceglie la versione che risulta

WIZARD		1530	1720	2080	2300	2920	3600	4300
Portata aria (Velocità 1,5 m/s)	m ³ /h	3.200	4.200	4.900	5.600	6.300	7.800	9.300
Portata aria (Velocità 2 m/s)	m ³ /h	4.350	5.600	6.500	7.450	8.400	10.300	12.400
Portata aria (Velocità 2,5 m/s)	m ³ /h	5.450	7.000	8.200	9.300	10.500	12.900	15.600
Portata aria (Velocità 3 m/s)	m ³ /h	6.550	8.400	9.800	11.200	12.600	15.500	18.600

fig.10.2 SCELTA DELL'UNITÀ DI TRATTAMENTO DELL'ARIA
Scelta della tipologia di unità di trattamento dell'aria

essere una WIZARD 2300 con portata fino a 9300 m³/h e una velocità dell'aria di 2,5 m/s.

L'UTA è costituita da diversi componenti ognuno dei quali compie diverse funzioni:

- recuperatore di calore
- batterie di riscaldamento/raffrescamento
- umidificatore
- batterie di filtrazione
- ventilatore

Il recuperatore di calore è un dispositivo che consente di recuperare calore dall'aria esausta in uscita e deviarlo verso l'aria di rinnovo in entrata. In questo modo è possibile, durante tutto l'anno, risparmiare energia: in inverno l'aria calda riscaldata interna che viene espulsa, renderà meno fredda quella esterna in entrata; al contrario durante la stagione estiva, l'aria fresca interna alla casa (grazie alle presenza di impianti di climatizzazione, condizionatori o deumidificatori), rinfrescherà quella esterna immessa.

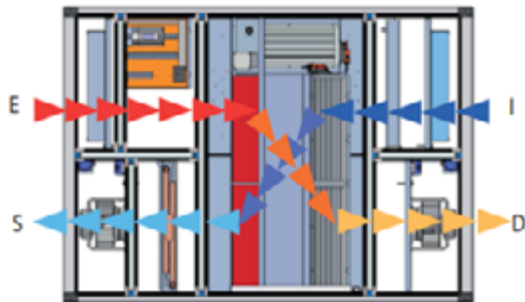


fig.10.3 RECUPERATORE DI CALORE
Recuperatore di calore a flussi incrociati

Per l'impianto di ventilazione meccanica è stato scelto un recuperatore dotato di scambiatore a piastre in controcorrente ad alta efficienza che consente di raggiungere rendimenti superiori al 90%.

E' dotato inoltre di due filtri: un filtro con efficienza G4 a bassa perdita di carico sul flusso d'aria estratta e un filtro compatto con efficienza F7 avente un'ampia superficie filtrante in carta di microfibra di vetro, inserito nel flusso di rinnovo. Le due tipologie di filtri sono posizionate a monte dei componenti da proteggere, in modo da garantire basse perdite di carico, disponendo di elevata superficie.

Le batterie di riscaldamento/raffrescamento sono sostanzialmente degli scambiatori di calore a tubi alettati in alluminio. La batteria di riscaldamento riscalda l'aria da immettere nell'ambiente e la mantiene a umidità costante, sarà quindi necessario un successivo passaggio attraverso l'umidificatore. La batteria di raffrescamento invece raffredda l'aria in ingresso e la deumidifica abbassando la temperatura al di sotto di quella di rugiada (con formazione di condensa), sarà poi necessario il passaggio attraverso un ulteriore batteria di post-riscaldamento per alzarne la temperatura a umidità assoluta costante.

La batteria di umidificazione viene situata dopo le batterie di scambio termico e permette di modificare il contenuto di vapore acqueo dell'aria passante. Essa e' collegata a un circuito di acqua e attraverso degli ugelli nebulizzatori viene spruzzata acqua nell'aria passante.

Il ventilatore viene definito dalla UNI7972 come una turbomacchina operatrice che riceve energia meccanica e la utilizza per mezzo di una o più giranti palettate, per mantenere un flusso continuo di aria. L'energia ceduta dal ventilatore all'aria serve per garantire un continuo flusso di aria agli ambienti climatizzati vincendo le perdite di carico che si verificano nelle condotte di distribuzione.

Per la nostra UTA sono stati scelti dei ventilatori centrifughi con pale in avanti che generano flussi di grandi volumi d'aria ad elevata pressione in ingombri ridotti.



fig.10.4 BATTERIA DI SCAMBIO TERMICO
Batteria di scambio termico alettata in alluminio



fig.10.5 BATTERIA DI UMIDIFICAZIONE
Batteria di umidificazione

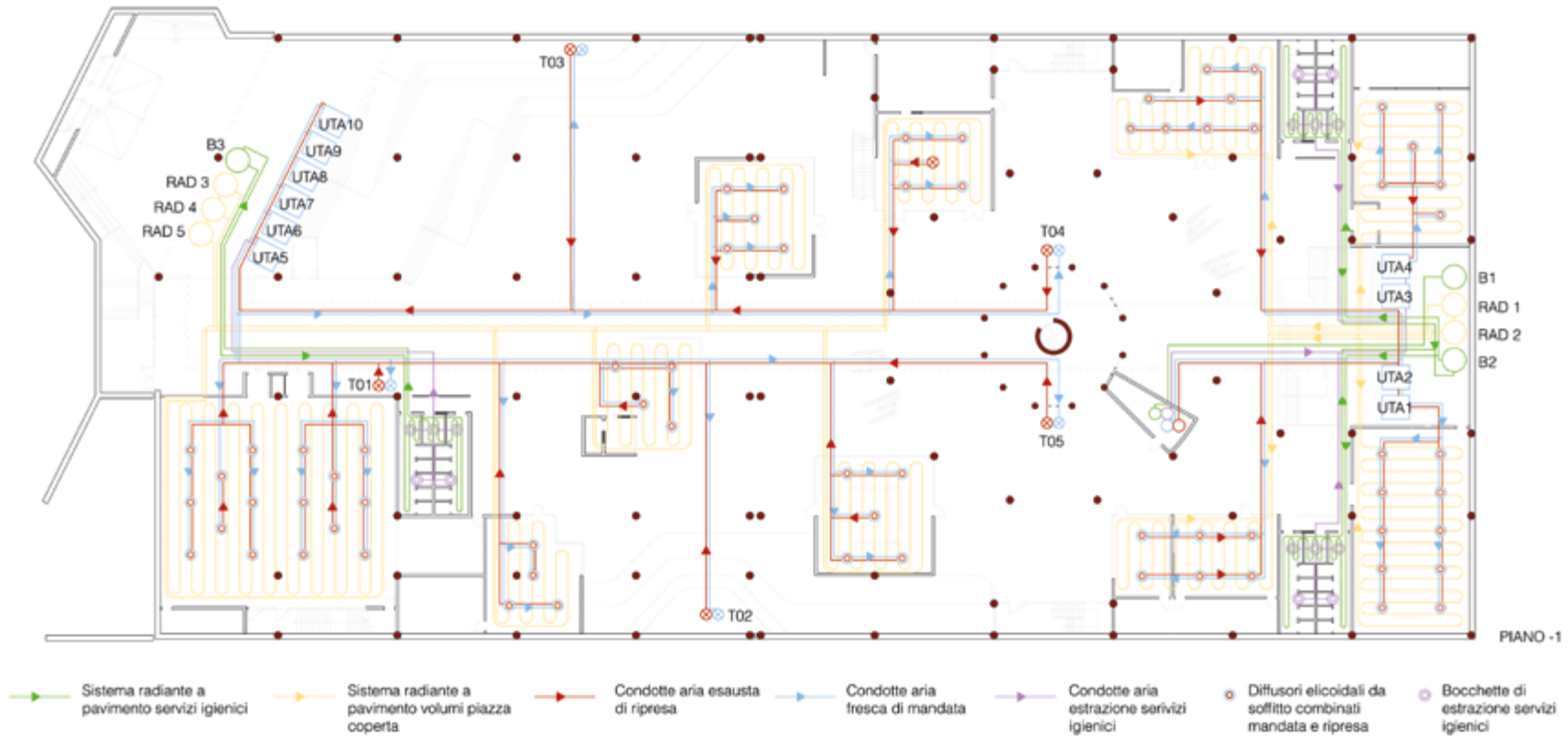


fig.10.6 PIANA PIANO -1
 Schema distributivo impianti di riscaldamento/raffreddamento

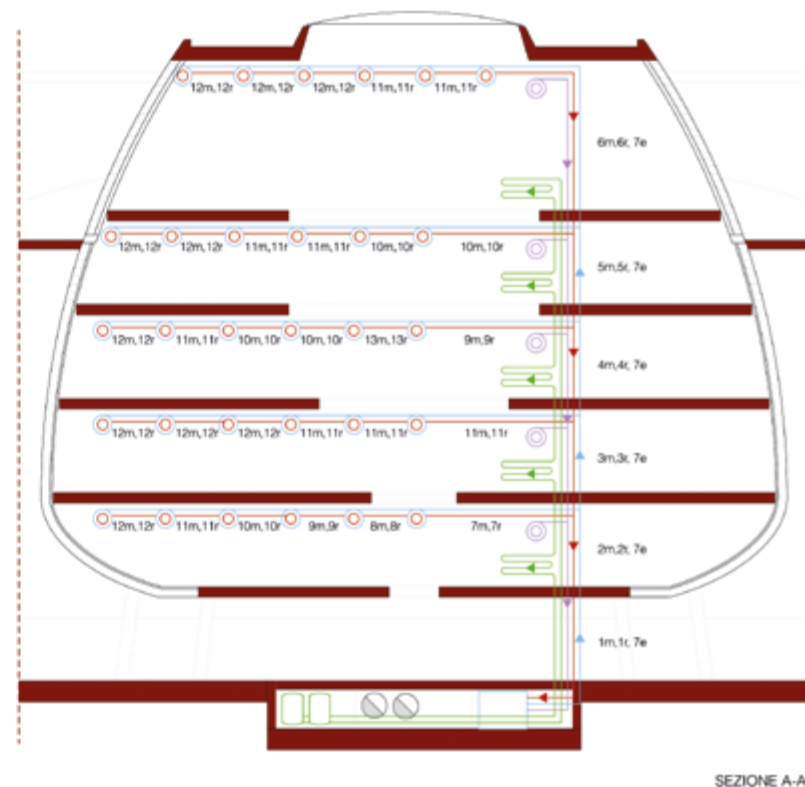
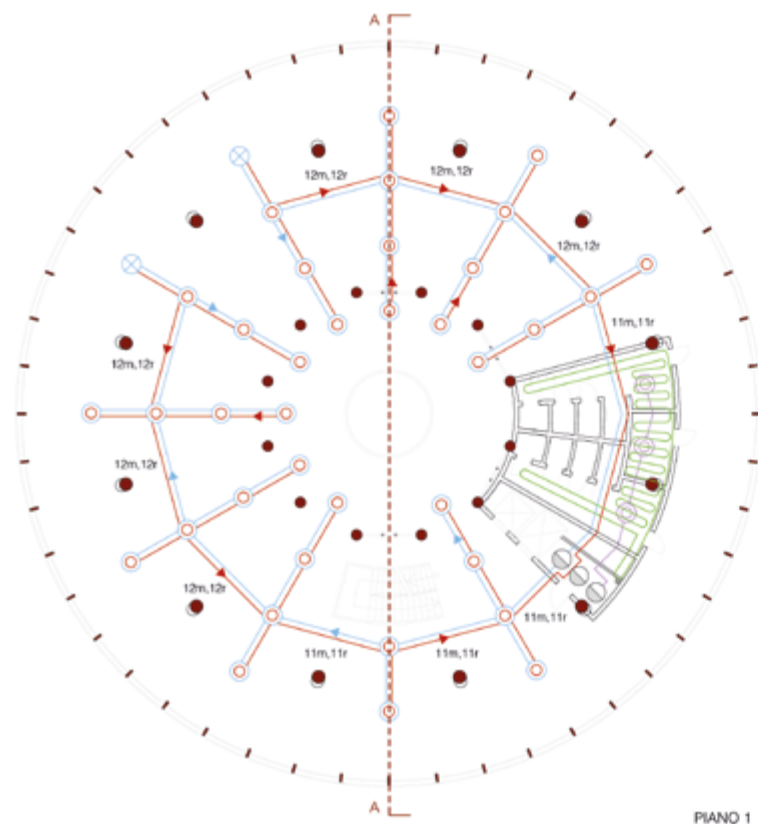


fig.10.7 PIANA PIANO 1 E SEZIONE IMPIANTISTICA BLIOTECA
Schema distributivo impianti di riscaldamento/raffreddamento

Ottimizzazione energetica

Simulazione energetica dell'edificio

Ai fini di una progettazione più responsabile è stato applicato un processo di verifica attraverso simulazioni energetiche in regime dinamico mediante l'utilizzo del software 17®.

Tali simulazioni hanno lo scopo di valutare le prestazioni energetiche dell'edificio analizzando le influenze delle tecnologie d'involucro e l'impatto dei diversi sistemi impiantistici oltre a permettere di conoscere le dinamiche che concorrono alla definizione del comfort interno.

Il controllo delle prestazioni energetiche infatti permette di ottimizzare le scelte progettuali evitando così di andare in contro a future problematiche (discomfort ambientale, elevati consumi energetici) che si potranno verificare durante il lungo ciclo di vita dell'edificio.

In particolare l'analisi è stata così impostata:

- simulazione in presenza del solo involucro
- simulazione con attivazione dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento e VMC
- simulazione con attivazione degli impianti di riscaldamento, raffrescamento e VMC con scambi tra zone termiche (coupling)
- simulazione con sistema di attivazione della massa nel solaio di copertura

Modellazione dell'edificio

Per prima cosa, mediante l'utilizzo del software SketchUp®, è stato modellata una parte dell'edificio andando a definire quelle che sono le diverse zone termiche e gli ombreggiamenti derivanti dal contesto circostante. Con zone termiche si intende ambienti aventi caratteristiche termiche e di comfort identiche tra di loro.

Nel nostro modello sono state previste 5 zone termiche:

- ZONA 1: piazza coperta

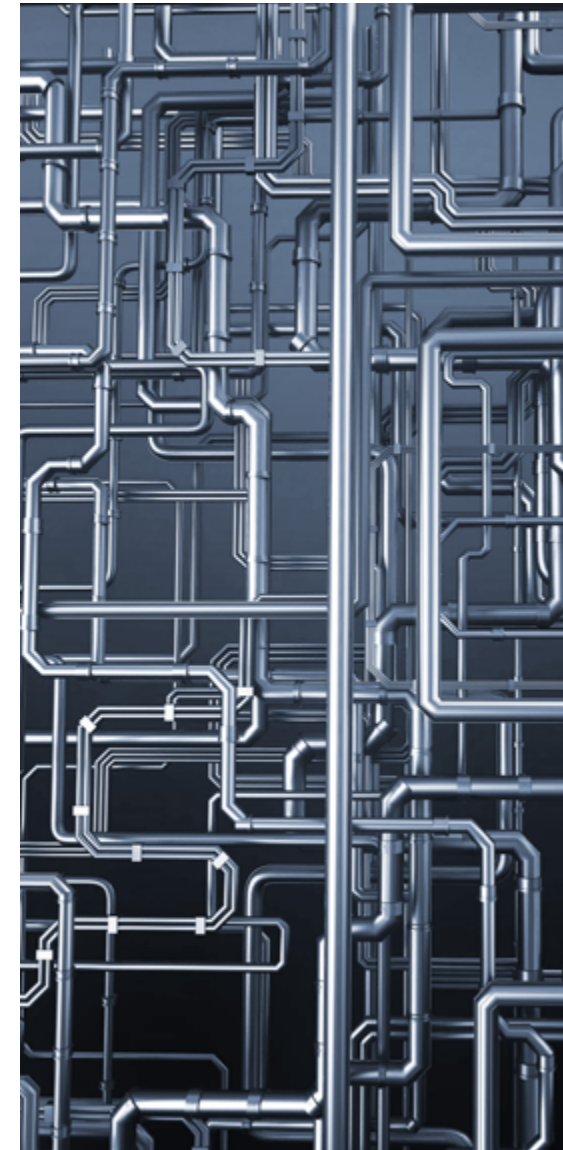


fig.10.8 Pipes COMPOSITION
Immagine evocativa

- ZONA 2: volume tourist centre
- ZONA 3: bookshop
- ZONA 4: auditorium
- ZONA 5: small conference

Oltre a definire le zone termiche sono state impostate le cosiddette “pareti virtuali”, ossia degli elementi del modello, non esistenti nella realtà, che consentono di simulare gli scambi termici tra differenti zone (coupling).

Una volta terminato il modello è stato creato il file *****.idf** e assegnato il file climatico relativo alla città di Londra, e in ultimo è stato importato nel software Trnsys 17®.

L'interfaccia iniziale del software si presenta come raffigurato dall'immagine sotto riportata, con una serie di Type collegati fra di loro a cui vengono impostati una serie di Input e di Output.

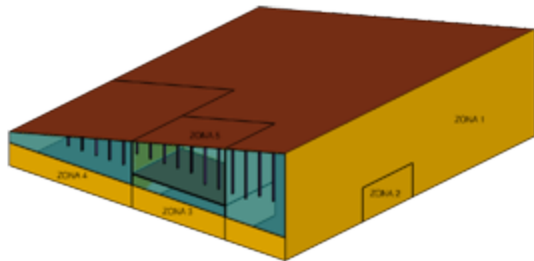


fig.10.8 ZONE TERMICHE DELL'EDIFICIO
Modello dell'edificio con indicazione delle zone termiche

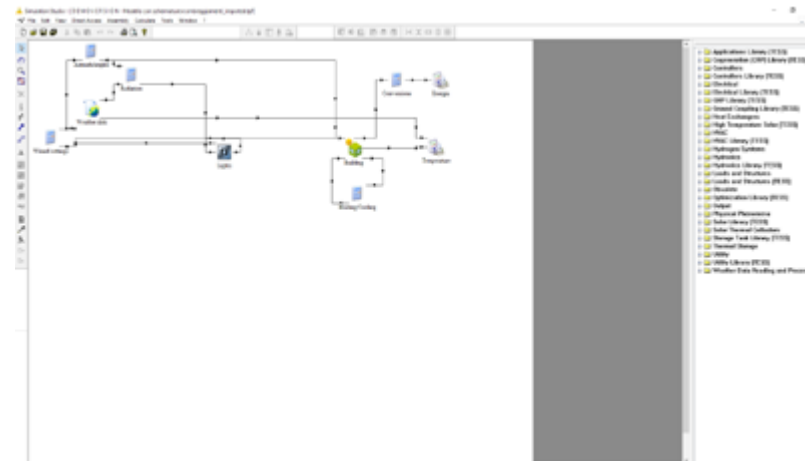


fig.10.9 INTERFACCIA DEL SOFTWARE
Interfaccia del software Trnsys

A questo punto, entrando nel Type56, viene aperta l'estensione TRNBuild che permette l'assegnazione di tutte le stratigrafie costituenti i pacchetti tecnologici dell'involucro e definire le differenti simulazioni.

Benessere all'interno dell'edificio

Il comfort è definito come la sensazione di completo benessere fisico e mentale di un individuo. Dall'American Society of Heating Ventilation and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) il comfort è invece definito come quel particolare stato della mente che esprime soddisfazione con l'ambiente circostante. Il che porta subito alla conclusione che questa particolare sensazione è in generale soggettiva e non può essere definita con precisione se non basata su statistiche. Le normative di riferimento sono:

- UNI EN ISO 7730 "Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e del PPD e dei criteri di benessere termico locale"
- UNI EN ISO 15251 "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica"

La prima norma presenta metodi per prevedere la sensazione termica globale ed il grado di disagio (insoddisfazione termica) delle persone esposte in ambienti termici moderati. Consente inoltre la determinazione analitica e l'interpretazione del benessere termico mediante il calcolo del PMV (predicted mean vote - voto medio previsto) e del PPD (predicted percentage of dissatisfied - percentuale prevista di insoddisfatti) e dei criteri di benessere termico locale, fornendo le condizioni ambientali considerate accettabili per il benessere termico globale così come quelle che rappresentano il disagio locale.

Essa è applicabile a uomini e donne in buona salute esposti ad ambienti chiusi nei quali si cerca di raggiungere il benessere termico, ma nei quali si hanno leggere deviazioni da quest'ultimo, nella progettazione di nuovi ambienti o nella valutazione di quelli esistenti. Sebbene sia stata elaborata specificatamente per gli ambienti di lavoro, essa è applicabile a qualunque altro tipo

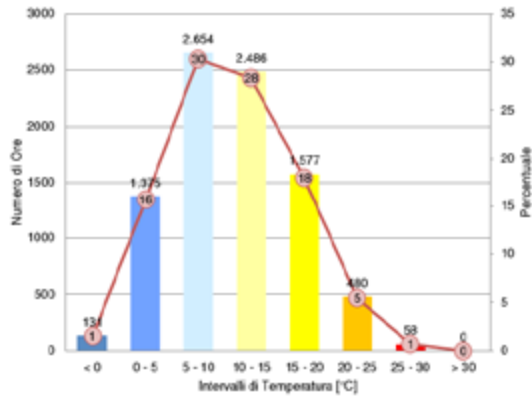


fig.10.11 INTERVALLI DI FREQUENZA DELLE TEMPERATURE
 Frequenza annuale delle temperature a Londra

di ambiente.

La seconda norma fa riferimento alla progettazione dell'ambiente interno e definisce:

- i parametri relativi all'ambiente interno che influiscono sulla prestazione energetica degli edifici
- la modalità per definire dei parametri di input relativi all'ambiente interno per la valutazione dell'edificio inteso come sistema e per i calcoli della prestazione energetica
- i metodi per la valutazione a lungo termine dell'ambiente interno ottenuta, a partire dal calcolo o da risultati di misure
- i criteri di misurazione che potrebbero essere utilizzati per valutare la conformità per mezzo di un'ispezione
- i parametri da utilizzare ed esporre negli ambienti interni negli edifici esistenti;
- il modo in cui le diverse categorie di criteri relativi all'ambiente interno possono essere utilizzate, anche se non impone i criteri che devono essere utilizzati.

La norma si applica essenzialmente agli edifici non industriali per cui i criteri relativi all'ambiente interno sono definiti dall'occupazione umana, in cui l'attività produttiva o di processo non abbia un impatto sostanziale sull'ambiente interno.

I fondamenti che stanno dietro alla norma 15251 derivano dalla naturale convinzione che ogni soggetto occupante, svolge consciamente o inconsciamente un ruolo attivo adattivo nelle situazioni di discomfort predette dalla UNI 7730.

La naturale reazione di adattamento viene divisa dalla norma a seconda del tipo di adattamento che il soggetto attua in: adattamento comportamentale, adattamento fisiologico, adattamento psicologico. Il modello propone una correlazione tra l'aria esterna e la temperatura di comfort per gli occupanti ($T_{operativa}$):

$$T_{rm} = (1 - \alpha) \cdot [T_e \cdot (d-1) + M \cdot T_e \cdot (d-2) + M_2 \cdot T_e \cdot (d-3)]$$

dove α è un valore costante e varia tra 0 e 1 e definisce la velocità con cui la media mobile risponde alle sollecitazioni esterne.

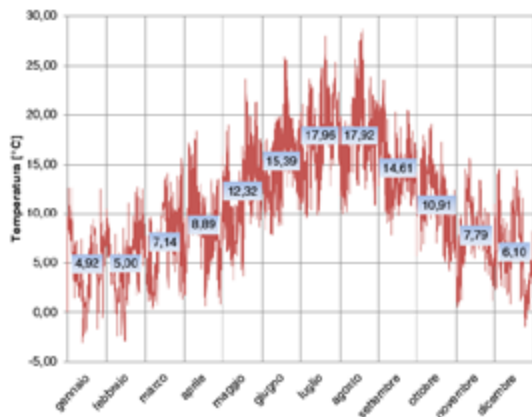


fig.10.12 DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE
 Distribuzione delle temperature e medie mensili

Dati climatici

Inizialmente è stato studiato l'andamento annuale del clima a Londra effettuando una simulazione con Output di temperatura esterna a bulbo secco. L'intervallo di temperature è stato poi suddiviso secondo un range di 5°C e i dati sono stati mediati per frequenza in base a quante giorni/anno quella temperatura è presente.

- $T < 0\text{ °C}$
- $0\text{ °C} < T < 5\text{ °C}$
- $5\text{ °C} < T < 10\text{ °C}$

Dal grafico a lato si evince sostanzialmente un clima fresco, caratterizzato da temperature mediocri. In particolare queste temperature si aggirano in un intervallo compreso tra 5 e 10 °C per un terzo dell'anno circa, per un altro terzo in un intervallo compreso tra i 10 e i 15 °C e per il terzo restante si alternano negli altri intervalli stabiliti.

Per comprendere meglio e in maniera immediata la distribuzione delle temperature lungo tutto il corso dell'anno e le medie mensili si riporta il grafico a lato.

Influenza della tecnologia costruttiva

La prima simulazione è stata effettuata per comprendere qual'è l'influenza della tecnologia costruttiva sull'andamento delle temperature all'interno delle varie zone tematiche senza l'attivazione di nessuna tipologia di impianto.

Il software di default presenta come condizioni iniziali di ogni singola zona una temperatura di 20°C e un'umidità relativa del 50%; è stato dunque necessario adattare tali valori, sulla base dei dati climatici, impostando una temperatura iniziale di 10°C e un'umidità del 85% in modo tale da avvicinarci il più possibile alle condizioni dell'ambiente esterno londinese.

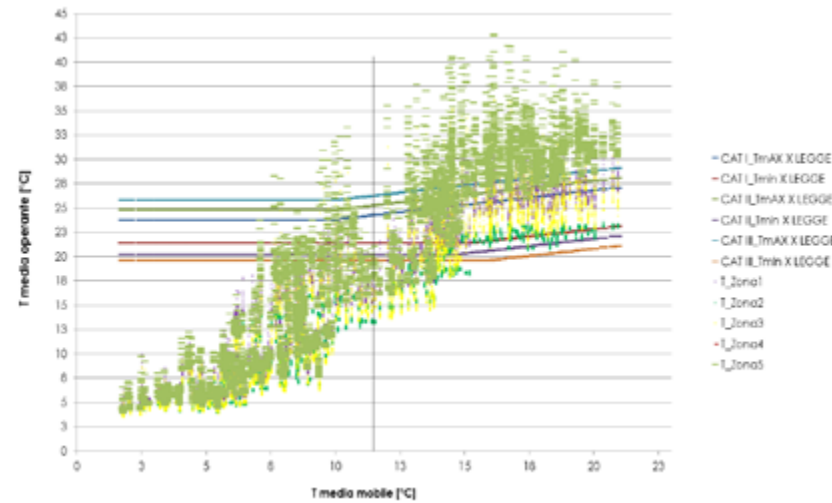


fig.10.13 COMFORT UTENTI SOLO INVOLUCRO
 Comfort adattivo solo involucro

In particolare, come riportato dal grafico sottostante, si può osservare la quasi totale condizione di discomfort all'interno delle varie zone termiche. La tecnologia costruttiva adottata, seppur prestante in termini di trasmittanza termica, non è autonomamente sufficiente a soddisfare le condizioni di benessere all'interno dell'edificio, cosicché si rende necessaria la presenza di un impianto di riscaldamento e di raffrescamento nonché un sistema di ventilazione meccanica controllata per il ricircolo dell'aria viziata.

Influenza degli impianti tecnologici

Come evidente dalla precedente analisi sul benessere, le prestazioni del solo involucro, seppur con bassi valori di trasmittanza termica, non sono sufficienti a garantire condizioni confortevoli. Risulta quindi necessario il ricorso a dotazioni impiantistiche di riscaldamento, per garantire adeguate condizioni di benessere nel periodo invernale, ma anche raffrescamento nel periodo estivo.

L'obiettivo della seconda simulazione è stato appunto quello di valutare l'influenza di tali dotazioni impiantistiche in termini di calore sensibile e latente nei vari periodi dell'anno.

Tramite le "schedule" è stato possibile impostare la temperatura minima degli ambienti, al di sotto delle quali si attiva l'impianto di riscaldamento, e la temperatura massima, al di sopra delle quali si attiva l'impianto di raffrescamento, nonché gli orari di funzionamento durante l'arco della giornata (dalle 7:00 alle 20:00 per l'impianto di riscaldamento e dalle 9:00 alle 20:00 per l'impianto di raffrescamento). È stato inoltre definito il periodo di funzionamento dell'impianto di riscaldamento che va dal 15 ottobre al 14 aprile e quello di raffrescamento che va dal 15 aprile al 14 ottobre.

Zona termica	Impianto di riscaldamento		Impianto di raffrescamento	
	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax
ZONA 1	14	18	24	26
ZONE 2, 3, 4, 5	14	20	24	26

tab.8.1 TEMPERATURE FUZIONAMENTO IMPIANTI
Temperature funzionamento impianti di riscaldamento e raffrescamento

In seguito sono stati definiti quelli che sono i carichi interni (persone, macchinari, luci) delle zone termiche a seconda della destinazione d'uso e le infiltrazioni. Si riporta una tabella riassuntiva dei carichi interni assegnati:

Zona termica	Infiltrazioni [kg/h]	Carichi interni		
		Persone	Computer	Luci [W/m ²]
ZONA 1	0,1	150 x 185 W	2 x 230 W	13
ZONA 2	-	30 x 185 W	5 x 230 W	13
ZONA 3	-	15 x 185 W	3 x 230 W	13
ZONA 4	-	150 x 100 W	15 x 230 W	17
ZONA 5	0,1	50 x 100 W	10 x 230 W	17

tab.8.2 CARICHI INTERNI
Carichi interni presenti nelle diverse zone termiche

Oltre agli impianti di riscaldamento e raffrescamento, essendo presente un impianto di ventilazione meccanica controllata VMC, sono stati definiti i ricambi d'aria di ciascuna zona termica, la temperatura di immissione e l'umidità relativa dell'aria.

Zona termica	Ricambi d'aria [vol/h]	T immissione [°C]	UR [%]
ZONA 1	0,11	18	50
ZONA 2	1,32	20	50
ZONA 3	1,32	20	50
ZONA 4	1,41	20	50
ZONA 5	1,41	20	50

tab.8.3 RICAMBI D'ARIA
Ricambi aria zone termiche

I risultati ottenuti evidenziano maggiori richieste, in termini di fabbisogno, per quanto concerne il raffrescamento delle zone termiche rispetto a quanto dedicato per il riscaldamento. In

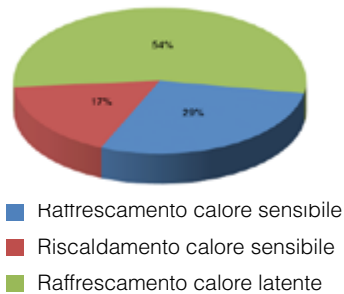
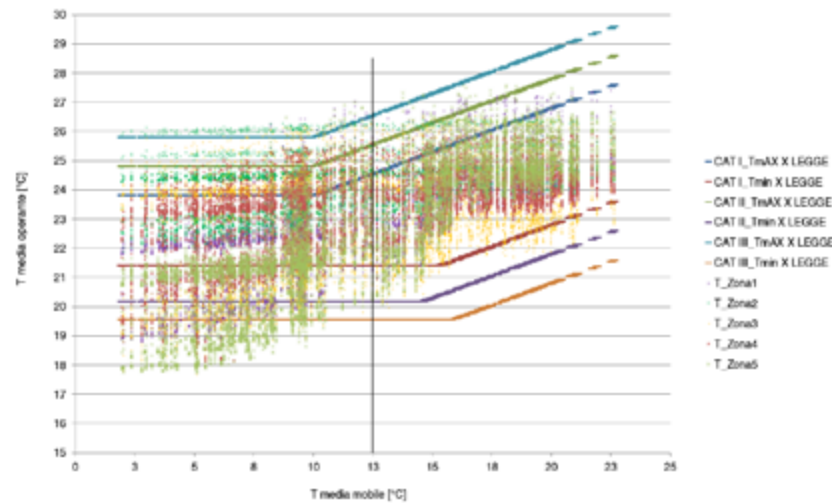


fig.10.14 FABBISOGNI DI CALORE
(in alto) Fabbisogni di calore per riscaldamento e raffrescamento

fig.10.15 COMFORT UTENTI CON IMPIANTI
(a lato) Comfort adattivo con impianti



particolare il grafico a torta mostra come il fabbisogno per il raffrescamento di calore latente risulta quasi il doppio rispetto al fabbisogno per il raffrescamento di calore sensibile; dato che fa riflettere su quanto i carichi interni, in particolare in ambienti suscettibili di affollamento, come nel caso nostro, incidono sulla richiesta di fabbisogno per raffrescamento e di conseguenza dimensionamento dell'impianto di climatizzazione e di ventilazione.

All'interno di tutte le zone termiche, in seguito all'attivazione degli impianti, vengono a stabilirsi delle condizioni di comfort, come riportato dal grafico.

Influenza del coupling tra zone termiche

Per avvicinarsi sempre di più al reale del comportamento dell'edificio sono stati definiti i cosiddetti "coupling" ovvero degli scambi tra differenti zone termiche, in particolare tra la zona 1 e le zone termiche ad essa adiacenti.

Il valore di tali scambi è stato definito ipotizzato un valore pari a 500 kg/h, assegnandolo a tutte le pareti adiacenti alla zona 1, modellate precedentemente come "muri virtuali".

Così operando sono stati analizzati i mesi più significativi, gennaio e luglio, ed è stato possibile osservare come la zona 1, quella di dimensioni più ampie, beneficia di tali scambi in termini di temperature.

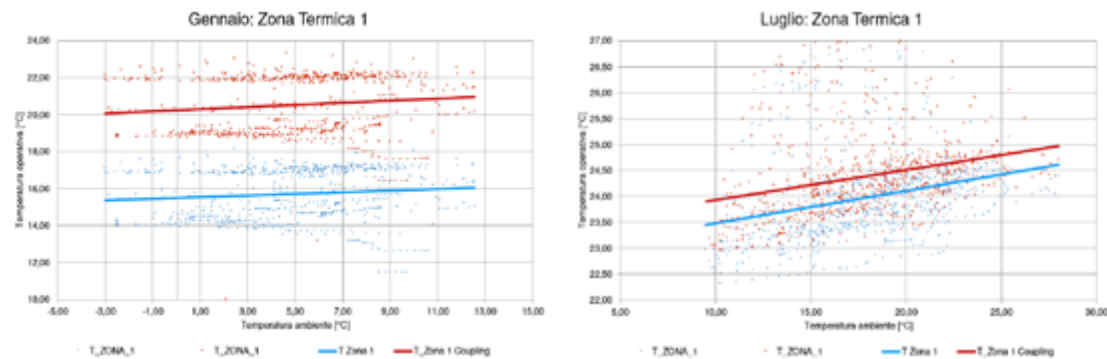
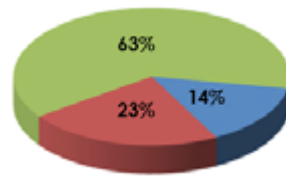


fig.10.16 ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE NELLA ZONA 1
Andamento delle temperature della zona 1 nei mesi di gennaio (a sinistra) e di luglio (a destra)



- Raffrescamento calore sensibile
- Riscaldamento calore sensibile
- Raffrescamento calore latente

fig. 10.17 FABBISOGNI DI CALORE CON SCAMBI TRA ZONE
Fabbisogni di calore per riscaldamento e raffrescamento

Come riportano i due grafici lo scambio tra le zone termiche porta un beneficio maggiore in termini di temperature nel mese di gennaio rispetto al mese di luglio.

Tale beneficio di incremento di temperatura si traduce in un risparmio di fabbisogno per raffrescamento e riscaldamento di calore sensibile ma dall'altro lato comporta un aumento del fabbisogno di raffrescamento di calore latente, specialmente nei mesi estivi.

Influenza dell'attivazione della massa

Come ultima simulazione si è voluto analizzare come cambia il fabbisogno in presenza di un sistema ad attivazione della massa posto nella copertura.

I sistemi ad attivazione della massa (TABS), adatti ad edifici con grandi superfici utili, sono costituiti da circuiti i cui tubi trovano posto al centro della soletta, all'interno dei quali circola acqua o aria. Il trasferimento di calore viene dunque fortemente influenzato dagli spessori di soletta posti sopra e sotto il piano tubi, nonché dalla presenza o meno di strati isolanti al di sopra o al di sotto della soletta stessa.

Si può pensare che il flusso di energia termica interessi dapprima la regione circostante i tubi, per poi estendersi coinvolgendo il resto della parte strutturale della soletta, fino a raggiungere le superfici del soletta stesso, cioè il soffitto e da qui l'ambiente.

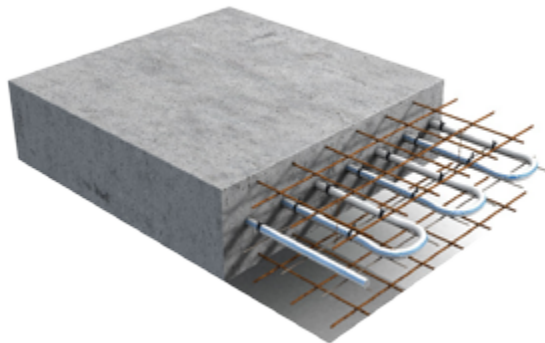


fig. 10.18 SISTEMA TABS
Sistema ad attivazione della massa

I sistemi ad elevata inerzia termica consentono il "peak-shaving", che consiste nella possibilità di riscaldare o raffreddare le strutture dell'edificio in un periodo in cui esso non è occupato (di notte); durante il giorno le strutture, non più collegate all'impianto, cedono o assorbono calore mentre la potenza termica (o frigorifera) dell'impianto è disponibile per il trattamento dell'aria di rinnovo. Si limita così il picco di potenza con conseguente riduzione della potenza installata (e quindi del costo di impianto) e della potenza elettrica eventualmente impegnata; non è da sottovalutare il minor aggravio nell'assorbimento elettrico dalla rete nelle ore di punta.

Per effettuare la simulazione è stato necessario introdurre un ipotesi, ossia quella di avere a disposizione una sonda geotermica nel terreno connessa al circuito del sistema che permette di avere acqua a temperatura costante di 18 °C durante tutto l'arco dell'anno; circuito annegato all'interno della soletta di calcestruzzo della copertura è costituito da tubi del diametro di 4 cm, distanziati 20 cm l'uno dall'altro.

Il bilancio in termini di fabbisogno del sistema così costituito può essere riassunto nei due grafici sottostanti. In particolare si può notare come esso sia vantaggioso per quanto concerne i mesi che vanno da aprile a settembre, comportando un risparmio fino al 35% sul fabbisogno necessario per il raffrescamento mentre risulta svantaggioso nei restanti mesi dell'anno nel concorrere al fabbisogno per riscaldamento.

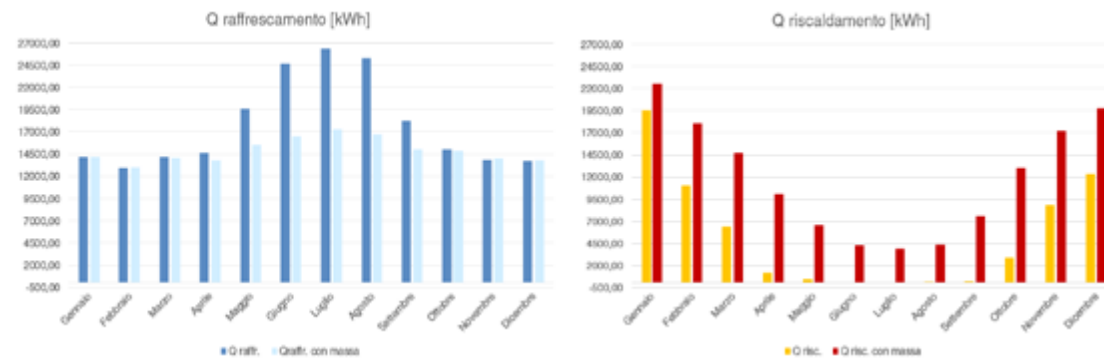


fig.10.19 FABBISOGNI CON E SENZA ATTIVAZIONE DELLA MASSA
 Confronto dei fabbisogni per riscaldamento e raffrescamento con e senza sistema di attivazione della massa a 18 °C

Al fine di ottimizzare il sistema per tutta la durata dell'anno è stata effettuata un ulteriore simulazione impostando la temperatura dell'acqua circolante nei tubi a 20 °C. I risultati ottenuti mostrano un sensibile miglioramento del fabbisogno per riscaldamento senza aggravare di molto quello per raffrescamento.

In conclusione i sistemi TABS rappresentano un ottima soluzione laddove vi sia la disponibilità di una grande superficie a soffitto o a pavimento in quanto consentono di ridurre il fabbisogno richiesto all'impianto. Non va dimenticato però che per il funzionamento di tali sistemi viene

richiesta dell'energia che va computata nel fabbisogno globale dell'edificio; risultano quindi vantaggiosi quando tale energia viene fornita, come nel nostro caso, dal terreno tramite una sonda geotermica oppure dal sole attraverso un sistema di collettori solari.

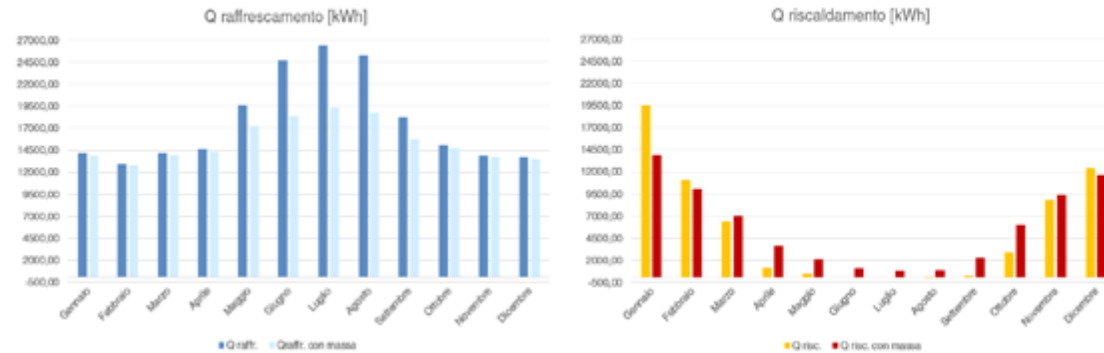


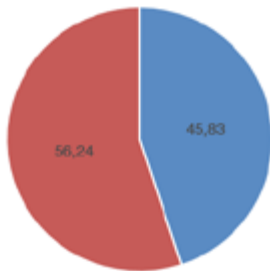
fig.10.20 FABBISOGNI CON E SENZA ATTIVAZIONE DELLA MASSA
Confronto dei fabbisogni per riscaldamento e raffreddamento con e senza sistema di attivazione della massa a 20 °C

Fabbisogno energetico dell'edificio

Attraverso il software Trnsys è stato possibile ottenere il fabbisogni di calore necessari per il raffreddamento e per il riscaldamento sensibile e latente per tutti i mesi dell'anno. Una volta raggruppati tutti i dati e divisi per la superficie complessiva dell'edificio è stato definito il fabbisogno necessario espresso in kWh/m² anno. E' stato ottenuto un valore di 56,24 kWh/m² anno di fabbisogno per riscaldamento e un valore di 45,83 kWh/m² anno per raffreddamento, e un totale complessivo di 102,06 kWh/m² anno.

Grazie alle simulazioni è stato inoltre possibile definire alcuni indicatori energetici come il f il fabbisogno di picco nel mese estivo e in quello invernale, che tornerà utile nel dimensionamento dell'impianto (capitolo 10):

- fabbisogno di picco estivo = 218,40 kW
- fabbisogno di picco invernale = 106,30 kW



- Fabbisogno per riscaldamento
- Fabbisogno per raffreddamento

fig.10.21 FABBISOGNO DELL'EDIFICIO
Fabbisogno per riscaldamento e raffreddamento espresso in kWh/m² anno

Successivamente, attraverso i risultati ottenuti, è stato possibile fare alcune considerazioni:

- l'ampia superficie e di conseguenza volume della piazza coperta comportano grandi portate d'aria per il riscaldamento/raffrescamento, nonché elevate superfici disperdenti rispetto a un edificio tradizionale
- la destinazione d'uso dei vari ambienti comporta elevati carichi interni, persone, illuminazione, macchinari rispetto ad un edificio tradizionale
- la presenza di grandi vetrate a est ed ovest, seppur ombreggiate da schermature verticali e ben isolate, comporta l'aumento del fabbisogno per raffrescamento dovuto all'irraggiamento e del fabbisogno per riscaldamento dovuto a valori di trasmittanza più elevati rispetto ad una parete opaca

Tuttavia tale valore di fabbisogno di energia è ritenuto complessivamente accettabile per l'edificio in questione e la sua dimensione piuttosto elevata.

Capitolo 11

Riferimenti

Bibliografia

- Agnoli A., *Le piazze del sapere. Biblioteche e libertà*, s.l., Manuali La Terza editore, 2013
- Aymonino A. Mosco V. P., *Spazi pubblici contemporanei. Architettura a volume zero*, Milano, Skira editore, 2008
- Bamonte P., Coronelli D., Gambarova G. (a cura di), *Linee guida per la progettazione delle piastre in c.a.*, Bologna, Pàtron editore, 2007
- Belluzzi O., *Scienza delle costruzioni. Vol. 3*, Selci-Lama (PG), Stabilimento tipografico Pliniana, 2002
- Bugana F., *Bressing. Concorso di progettazione scuola di musica Bressanone*, Lecco, Tesi di Laurea in Ingegneria edile architettura, 2016
- Butera F. M., Moncada Lo Giudice G., de Lieto Vollaro A., *Architettura e ambiente. Manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici*, s.l., Etas editore, 1995
- De Botton A., *Architettura e felicità*, Agrate Brianza (MI), Reggiani editore, 2011
- De Poli A., *Biblioteche. Architetture 1995-2005*, s.l., 24 Ore Cultura editore, 2002
- Favre R., Jaccoud J.P., Radojicic A., *Progettare in calcestruzzo armato. Piastre, muri, pilastri e fondazioni*, Rozzano (MI), Arti Grafiche Battaia & C. (PG), 1998
- Giedon S., *Spazio, Tempo ed Architettura, Lo sviluppo di una nuova tradizione*, Trento, Hoepli editore, 2008
- Hall P., *Londra nel 2000*, Padova, Marsilio editore, 1965
- Joddio P., *Piano. Renzo Piano Building Workshop 1966 to Today*, Köln, TASHEN, 2005
- Lynch K., Ceccarelli P. (a cura di) L., *L'immagine della città*, s.d., Marsilio editore, 2006
- Lynch K., Melai R. (a cura di), *Progettare la città. La qualità della forma urbana*, s.l., Etas

editore, 1996

Magrini A., Magnani L., *La progettazione degli impianti di climatizzazione negli edifici*, s.d., EPC Libri editore, 2010

Manzoni L., Riva M., *Float. A floating theatre in Berlin Holzmarkt*, Lecco, Tesi di Laurea in Ingegneria Edile Architettura, 2016

Moncada Lo Giudice G., De Lieto Vollaro A., *Illuminotecnica*, s.l., CEA editore, 2007

Morganti L., *Lo spazio del libro*, Repubblica di San Marino, Aiep editore, 2013

Muscogiuri M., *Architettura della biblioteca. Linee guida di programmazione e progettazione*, Cremona, Edizione Sylvestre Bonnard, 2004

Muscogiuri M., *Biblioteche. Architettura e progetto. Scenari e strategie di progettazione*, Sant'Arcangelo di Romagna (RN), Maggioli editore, 2008

Naaman. E. A., *Prestressed Concrete Analysis and Design. Fundamentals*, Ann Arbor (USA), Technopress 300, 2012

Nucci L., *Reti verdi e disegno della città contemporanea. La costruzione del nuovo piano di Londra*, Roma, Gangemi editore, 2002

Padoa Schioppa A., *La biblioteca europea di Milano (BEIC)*, Milano, Skira editore, 2014

Phaidon, *Atlante dell'architettura mondiale del XXI sec.*, New York, Phaidon editore, 2009

Schittich C., *In Detail: Building Skins*, s.l., Birkhauser, 2006

Segantini M.A., *Atlante dell'abitare contemporaneo*, Milano, Skira editore, 2008

Stefanutti L., *Impianti di climatizzazione*, s.l., Tecniche Nuove editore, 2011

Tognolo G., Di Prisco M., *Cemento armato. Calcolo agli stati limite*, Bologna, Zanichelli editore, 2012

Vaudetti M., *Edilizia per la cultura. Biblioteche - Musei*, Torino, UTET editore, 2005

Zanolla Mancini F., Pozzoli F., Jonuzzi. A., *The Concrete Fortress*, Lecco, Tesi di Laurea in Ingegneria edile architettura, 2014

Archetipo, trasparenze, n° 87, 2014

Archetipo, Strutture, n° 88, 2014

Archetipo, Involucri, n° 97, 2015

Archetipo, Polifunzionali, n° 98, 2015

Archetipo, Coperture, n° 102, 2016

Area, Façade, n° 142, 2015

Area, Façade, n° 142, 2015

Sitografia

www.airmec.com/default.htm

<http://www.arch2o.com/>

<http://www.archdaily.com/>

<http://architizer.com/>

<https://www.architetturaecosostenibile.it/>

<https://divisare.com/>

<http://www.halfen.com/it/>

heartquakes.bgs.ac.uk

<https://www.herzogdemeuron.com/index.html>

<https://www.ideastore.co.uk/>

<https://www.ideastore.co.uk/idea-store-whitechappels>

<https://www.ideastore.co.uk/idea-store-bow>

<https://www.ideastore.co.uk/idea-store-canary-wharf>

<https://www.ideastore.co.uk/idea-store-chrisp-street>

<https://www.ideastore.co.uk/idea-store-watney-market>

<https://www.london.gov.uk/>

<http://www.londoncouncils.gov.uk/>

<http://www.henninglarsen.com/themes/frontpage.aspx>

<http://www.mecanoo.nl/>
<https://www.gov.uk>
<https://www.peri.it/>
<https://www.schueco.com/web2/it>
<http://www.smt.jp/en/>
<http://snohetta.com/>
<http://www.southwark.gov.uk/>
<http://www.fosterandpartners.com/>
<https://www.teamlondonbridge.co.uk/default.aspx?m=1&mi=41&ms=0.com/>

Normativa

BS-EN-1991 EUROCODE 1, Actions on structures, 2010
BS-EN-1992 EUROCODE 2, Design of concrete structures, 2004
BS-EN-1993 EUROCODE 3, Design of steel structures, 2005
BS-EN-ISO-13790:2008 Energy performance of building. Calculation of energy use for space heating and cooling, 2008
DM 14/01/2008, Norme tecniche per le costruzioni, 2008
DM 14/01/2008, Circolare applicativa. Norme tecniche per le costruzioni, 2008
DM 03/08/2015, Codice di prevenzione incendi, 2015
EN ISO 7730:1995, Moderate thermal environments. Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort
UNI 8290, Classificazione del sistema tecnologico
UNI 10339, Impianti aerulici a fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti, 1995
UNI EN 12464 - 1:2004, Luce e illuminazione, Illuminazione dei posti di lavoro, Parte 1: Posti di lavoro interni
UNI EN 12665:2004, Luce e illuminazione, Termini fondamentali e criteri per i requisiti

illuminotecnici

UNI EN 15251, Criteri per la valutazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico

The Building Regulation, part B vol. 2, 2010, Fire safety

The Building Regulation, part E, 2010, Resistance to the passage of sound

The Building Regulation, part K, 2010, Protection from falling, collision and impact

Indice delle figure

0. Londra

<i>fig.0.0</i> SKYLINE DI LONDRA	1
<i>fig.0.1</i> LONDRA NEL REGNO UNITO	2
<i>fig.0.2</i> IL REGNO UNITO NEL MONDO	2
<i>fig.0.3</i> LONDRA SUL TAMIGI	2

1. Bando di progetto

<i>fig.1.0</i> POSTER COMPETIZIONE	5
<i>fig.1.1</i> PROGRAMMA COMPETIZIONE	6
<i>fig.1.2</i> PROGETTO VINCITORE	7
<i>fig.1.3</i> PROGETTO SECONDO CLASSIFICATO	7
<i>fig.1.4</i> PROGETTO TERZO CLASSIFICATO	7

2. La biblioteca

<i>fig.2.0</i> BIBLIOTECA DI CELSO ED EFESO	9
<i>fig.2.1</i> BIBLIOTECA LAURENZIANA	10
<i>fig.2.2</i> BIBLIOTHÈQUE DU ROI DI BOULLÉE	11
<i>fig.2.3</i> BIBLIOTECA AMBROSIANA	12
<i>fig.2.4</i> BIBLIOTHÈQUE SAINTE-GENEVIÈVE DI H. LABROUSTE	12
<i>fig.2.5</i> STRATEGIE IDEA STORE 1999	16
<i>fig.2.6</i> STRATEGIE IDEA STORE 2009	17
<i>fig.2.7</i> WHITECHAPEL LIBRARY IDEA STORE	18
<i>fig.2.8</i> Interni WHITECHAPEL LIBRARY IDEA STORE	19

3. Riferimenti architettonici

<i>fig.3.1</i> DELFT LIBRARY TECHNOCAL UNIVERSITY	20
<i>fig.3.2</i> DELFT LIBRARY TECHNOCAL UNIVERSITY	20
<i>fig.3.3</i> DELFT LIBRARY TECHNOCAL UNIVERSITY	20
<i>fig.3.4</i> RENDER BEIC	22
<i>fig.3.5</i> AARHUS URBAN MEDIASPACE	23
<i>fig.3.6</i> AARHUS URBAN MEDIASPACE	23
<i>fig.3.7</i> AARHUS URBAN MEDIASPACE	23
<i>fig.3.8</i> PECKHAM LIBRARY	24
<i>fig.3.9</i> PECKHAM LIBRARY	24
<i>fig.3.10</i> PECKHAM LIBRARY	24
<i>fig.3.11</i> MARKTHAL ROTTERDAM	25
<i>fig.3.12</i> MARKTHAL ROTTERDAM	25
<i>fig.3.13</i> MARKTHAL ROTTERDAM	25
<i>fig.3.14</i> MEDATECA	26
<i>fig.3.15</i> MEDATECA	26
<i>fig.3.16</i> MEDATECA	26
<i>fig.3.17</i> MEDATECA	26
<i>fig.3.18</i> BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO	27
<i>fig.3.19</i> BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO	27
<i>fig.3.20</i> BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO	27
<i>fig.3.21</i> BIBLIOTECA CIVICA DI CINISELLO BALSAMO	27
<i>fig.3.22</i> WHITECHAPEL IDEA STORE	28
<i>fig.3.23</i> WHITECHAPEL IDEA STORE	28
<i>fig.3.24</i> WHITECHAPEL IDEA STORE	28
<i>fig.3.25</i> WHITECHAPEL IDEA STORE	28

fig.3.26 WATNEY MARKET IDEA STORE	29
fig.3.27 WATNEY MARKET IDEA STORE	29
fig.3.28 WATNEY MARKET IDEA STORE	29
fig.3.29 OSLO OPERA HOUSE	30
fig.3.30 OSLO OPERA HOUSE	30
fig.3.31 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER	31
fig.3.32 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER	31
fig.3.33 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER	31
fig.3.34 Biblioteca SANT ANTONI-JOAN OLIVER	31

4. Contesto londinese

fig.4.0 SWISS RE	33
fig.4.1 INSEDIAMENTO LONDRA "ROMANA"	34
fig.4.2 VISTA LONDRA "ROMANA"	34
fig.4.3 LONDRA DEI TUDOR	35
fig.4.4 LONDRA DEGLI STUART	36
fig.4.5 LONDRA NEL XIX SEC.	37
fig.4.6 LONDRA NEL XIX SEC.	37
fig.4.7 AEROPORTI DI LONDRA	39
fig.4.8 TRASPORTO FERROVIARIO LONDRA	40
fig.4.9 TRASPORTO CICLABILE	40
fig.4.10 CYCLE SUPERHIGHWAYS LONDRA	41
fig.4.11 BRITISH MUSEUM	41
fig.4.12 TATE MODERN	41
fig.4.13 CHRISP STREET IDEA STORE	42
fig.4.14 WATNEY MARKET IDEA STORE	42
fig.4.15 WHITE CHAPEL IDEA STORE	42

fig.4.16 BOW IDEA STORE	42
fig.4.17 CANARY WHARF IDEA STORE	42
fig.4.18 INQUADRAMENTO SOUTHWARK	43
fig.4.19 DISTRETTO DI SOUTHWARK	44
fig.4.20 LONDOND BRIDGE PLAN	45
fig.4.21 MORE LONDON MASTERPLAN	46
fig.4.22 CITY HALL	47
fig.4.23 MORE LONDON RIVERSIDE 3	47
fig.4.24 MORE LONDON RIVERSIDE 2	47
fig.4.25 MORE LONDON SKYLINE	47
fig.4.26 AREA DI PROGETTO	48
fig.4.27 DESTINAZIONI D'USO	49
fig.4.28 RETE DELLE BIBLIOTECHE DI SOUTHWARK	51
fig.4.29 CALSSIFICAZIONE CLIMATICA SECONDO KOPPEN - GEIGER	54
fig.4.30 LONDRA CITTÀ PIOVOSA	54
fig.4.31 TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE, MAX E MIN - LONDRA	55
fig.4.32 TEMPERATURE MEDIE GIORNALIERE, MAX E MIN - MILANO	55
fig.4.33 TEMPERATURE GIORNALIERE E MEDIE MENSILI - LONDRA	56
fig.4.34 TEMPERATURE GIORNALIERE E MEDIE MENSILI - MILANO	56
fig.4.35 TEMPERATURE MEDIE MENSILI, GIORNO E NOTTE - LONDRA	56
fig.4.36 TEMPERATURE MEDIE MENSILI - MILANO E LONDRA	56
fig.4.37 TEMPERATURE MEDIE A BULBO SECCO - LONDRA	57
fig.4.38 TEMPERATURE MEDIE A BULBO SECCO - MILANO	57
fig.4.39 Umidità RELATIVA % - LONDRA E MILANO	58
fig.4.40 TEMPERATURA E Umidità RELATIVA % - LONDRA	58
fig.4.41 Umidità RELATIVA % - LONDRA	58
fig.4.42 INSTABILITÀ CLIMATICA A LONDRA	59

fig.4.43a PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - LONDRA	59
fig.4.43b PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - MILANO	59
fig.4.43c PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUALI - ROMA	59
fig.4.44 PREVALENZA DIREZIONALE DEL VENTO - LONDRA	60
fig.4.45 VELOCITÀ E DURATA DEL VENTO - LONDRA	60
fig.4.46 VELOCITÀ DEL VENTO - LONDRA	60
fig.4.47 PREVALENZA DIREZIONALE DEL VENTO - LONDRA	61
fig.4.48 IRRAGGIAMENTO ORIZZONTALE DELLA GRAN BRETAGNA	62
fig.4.49 RADIAZIONE GLOBALE - LONDRA E MILANO A CONFRONTO	62
fig.4.50 GRADO DI NUVOLOSITÀ - LONDRA	62
fig.4.51 RADIAZIONE SOLARE DIRETTA E INDIRETTA - LONDRA	62
fig.4.52 PERCORSO SOLARE, SPHERICAL PROJECTION	63

5. Progetto urbano

fig.5.0 POTTERS FIELDS PARK	66
tab.5.1 ANALISI SWOT	67
fig.5.2 CONCEPT PLAN	68
fig.5.3 CONCEPT VOLUMETRICO	69
fig.5.4 FUNCTION CONCEPT	70
fig.5.5 VIEW CONCEPT	70
fig.5.6 CONCEPT EXPERIENCE	70
fig.5.7 MASTERPLAN	70

6. Progetto biblioteconomico

fig.6.0 REVAMP STAIRCASE	74
fig.6.1 BIBLIOTECA DI MÜNSTER	74
fig.6.2 FLESSIBILITÀ ORGANIGRAMMA	77

fig.6.3 ORGANIGRAMMA FUNZIONALE	78
fig.6.4 VISTA INTERNA	82

7. Progetto architettonico

fig.7.0 THE SHARD (2017)	85
fig.7.1 VISTA DAL TOWER BRIDGE	86
fig.7.2 VISTA CONCETTUALE INTERNA LPL	88
fig.7.3 VISTA CONCETTUALE INTERNA LPL	88
fig.7.4 VISTA INTERNA	89
fig.7.5 PIANO -1	89
fig.7.6 CIRCOLAZIONE INTERNA LPL"	90
fig.7.7 LAYOUT FUNZIONALE INTERNO LPL	91
fig.7.8 PIANO -1	93
fig.7.9 VISTA INTERNA	93
fig.7.10 TARGET E FASCIA D'ETÀ	94
fig.7.11 ELEMENTI VOLUMETRICI PRINCIPALI	95
fig.7.12 PIANO 0	96
fig.7.13 VANCOUVER COMMUNITY LIBRARY	98
fig.7.14 WAYFINDING CONCEPT	99
fig.7.15 PIANO 1	100
fig.7.16 PIANO 2	102
fig.7.17 PIANO 3	104
fig.7.18 VISTA DA NORD OVEST	106
fig.7.19 PIANO 4	108
fig.7.20 PIANTA COPERTURA	110
fig.7.21 TU DELFT LIBRARY	112
fig.7.22 VISTA SUD DA TOOLEY STREET (SUD-OVEST)	112

fig.7.23 OFFICE BUILDING MORE LONDON	114
fig.7.24 SEZIONI URBANE OVEST E SUD	115
fig.7.25 PROSPETTO OVEST	116
fig.7.26 PROSPETTO EST	117
fig.7.27 PROSPETTO SUD	119
fig.7.28 VISTA DA TOOLEY STREET (SUD-EST)	120
fig.7.29 SEZIONE A-A	122
fig.7.30 SEZIONE BB	123
fig.7.31 SEZIONE C-C	124
fig.7.32 VISTA DALLA SPONDA OPPOSTA DEL TAMIGI	125

8. Progetto tecnologico

fig.8.0 LONDO SKYGARDEN	127
fig.8.1 FLUSSO TERMICO	128
fig.8.2 INTERFACCIA SOFTWARE JVAP	129
fig.8.3 INTERFACCIA RISULTATI SOFTWARE JVAP	129
fig.8.4 FLUSSO SONORO ATTRAVERSO UNA PARETE	130
fig.8.5a STOCCARDA CITY LIBRARY, GERMANIA	130
fig.8.5b VISTA INTERNA	131
fig.8.6 SISTEMA FACCIATA CONTINUA	133
fig.8.7 SOLETTA COLLABORANTE	134
fig.8.8 ERASMUS UNIVERISTY, ROTTERDAM	135
fig.8.9 CHIUSURA INCLINATA C.I.01	136
fig.8.10 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE	136
fig.8.11 CHIUSURA INCLINATA C.I.02	137
fig.8.12 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE	137
fig.8.13 CHIUSURA INCLINATA C.I.03	138

fig.8.14 CHIUSURA INCLINATA C.O.04	139
fig.8.15 CHIUSURA CONTROTERRA C.O.01	140
fig.8.16 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE	140
fig.8.17 CHIUSURA VERTICALE CONTROTERRA C.V.01	141
fig.8.18 VERIFICHE TERMOIGROMETRICHE	141
fig.8.19 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE C.V.02	142
fig.8.20 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE C.V.02	142
fig.8.21 PARTIZIONE INCLINATA P.I.01	143
fig.8.22 PARTIZIONE INCLINATA P.I.02	144
fig.8.23 PARTIZIONE INCLINATA P.I.03	145
fig.8.24 PARTIZIONE INCLINATA P.I.04	146
fig.8.25 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.01	147
fig.8.26 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.02	148
fig.8.27 PARTIZIONE ORIZZONTALE P.O.03	149
fig.8.28 PARTIZIONE VERTICALE P.V.01	150
fig.8.29 PARTIZIONE VERTICALE P.V.02	151
fig.8.30 PARTIZIONE VERTICALE P.V.03	152
fig.8.31 PARTIZIONE VERTICALE P.V.04	153
fig.8.32 SCHEME DESIGN ESTIVO	154
fig.8.33 SCHEME DESIGN INVERNALE	154
fig.8.34a PROFILI DI RISCHIO	157
fig.8.34b PROFILO DI RISCHIO BENI	157
fig.8.35a LIVELLI DI PRESTAZIONE DE MATERIALI PER LA REAZIONE AL FUOCO	158
fig.8.35b LIVELLI DI PRESTAZIONE DELLE VIE D'ESODO PER LA REAZIONE AL FUOCO	158
fig.8.36 LIVELLI DI PRESTAZIONE DI ALTRI LOCALI PER LA REAZIONE AL FUOCO	159
fig.8.37 CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DEI MATERIALI PER RIVESTIMENTO E COMPLETAMENTO	159
fig.8.38 CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DEI MATERIALI PER RIVESTIMENTO E COMPLETAMENTO	159

fig.8.39 LIVELLI DI PRESTAZIONE PER LA RESISTENZA AL FUOCO	160	fig.8.64 ILLUMINANZA: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D	188
fig.8.40 CARICO D'INCENDIO SPECIFICO PER DESTINAZIONE D'USO	160	fig.8.65 ILLUMINANZA: SUDDIVISIONE IN ZONE	189
fig.8.41 CLASSE MINIMA DI RESISTENZA AL FUOCO	161	fig.8.66 ILLUMINANZA E FLD: LATITUDINI DIFFERENTI (ROMA)	190
fig.8.42 DENSITÀ DI AFFOLLAMENTO PER DESTINAZIONE D'USO	162	fig.8.67 ILLUMINANZA E FLD: LATITUDINI DIFFERENTI (LONDRA)	190
fig.8.43 PIANTE ANTINCENDIO PIAZZA COPERTA	166	fig.8.68 SCHEMA DISTRIBUTIVO INTERMEDIO "FIRST FLOOR - YOUNG"	193
fig.8.44 SEZIONE A-A COMPARTIMENTAZIONE	166	fig.8.69 ILLUMINANZA "FIRST FLOOR" - PARAPETTO TRASPARENTE	194
fig.8.45 PIANTE ANTINCENDIO PIANO 0 BIBLIOTECA	167	fig.8.70 ILLUMINANZA "FIRST FLOOR" - PARAPETTO RIFLETTEnte	194
fig.8.46 PIANTE ANTINCENDIO PIANO 1 BIBLIOTECA	167	fig.8.71 RISULTATI SIMULAZIONI E1 E E2, ZONA [1]	194
		fig.8.72 RISULTATI SIMULAZIONI E1 E E2, ZONA [1]	194
		fig.8.73 RILEVAZIONI AL VARIARE DEL MATERIALE DEL PARAPETTO, ZONA [1]	195
		fig.8.74 FORO CENTRALE - VISTA INTERNA	196
		fig.8.75 DISPOSIZIONE DEI PARAPETTI	196
		fig.8.76 PARAPETTO IN PANNELLI DI ACCIAIO PIENO VERNICIATO	196
		fig.8.77 COMBINAZIONI DI POSIZIONAMENTO DEI PANNELLI OPACHI	197
		fig.8.78 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 1	198
		fig.8.79 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 2	198
		fig.8.80 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 3	199
		fig.8.81 ILLUMINANZA E FLD "FIRST FLOOR" - COMBINAZIONE 4	199
		fig.8.82 DISPOSIZIONE DEI PANNELLI OPACHI	200
		fig.8.83 MODELLO DELLE SIMULAZIONI G1 E G2	201
		fig.8.84 SCHEMA DISTRIBUTIVO INTERMEDIO "FOURTH FLOOR" YOUNG"	202
		fig.8.85 RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE SULLA VETRATA - OVEST	203
		fig.8.86 RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE SULLA VETRATA - EST	203
		fig.8.87 FRANGISOLE ESTERNO A LAMELLE ORIZZONTALI - SEZIONE	203
		fig.8.88 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO A	204
		fig.8.89 SIMULAZIONE ANNUALE CON ISOLINEE- POSTAZIONE A	205
		fig.8.90 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO C	206
Analisi illuminotecniche			
fig.8.47 BRITISH MUSEUM	170		
fig.8.48 ENERGIA PER ILLUMINAZIONE RICHIESTA IN FUNZIONE DI A_{eff}	170		
fig.8.49 CONSUMI ANNUI DI ENERGIA TERMOFRIGORIFERA	170		
fig.8.50 COSTI ENERGETICI GLOBALI IN FUNZIONE DI A_{eff}	171		
fig.8.51 CURVE DI SENSIBILITÀ SPETTRALE STANDARD DELL'OCCHIO	173		
fig.8.52 REQUISITI DI ILLUMINANZA MEDIA NEI LUOGHI DI LAVORO	175		
fig.8.53 REQUISITI DI UNIFORMITÀ DI ILLUMINANZA (LUOGHI LAVORO)	175		
fig.8.54 TIPOLOGIE DI ABBAGLIAMENTO	179		
fig.8.55 PROGETTAZIONE MULTIDISCIPLINARE CON E PER LA LUCE	181		
fig.8.56 DIAGRAMMA STEREOGRAFICO	182		
fig.8.57 PROIEZIONE ORTOGRAFICA	182		
fig.8.58 SHADOW RANGE 23 SETTEMBRE (6-18)	182		
fig.8.59 SHADOW RANGE 21 MARZO (7-19)	183		
fig.8.60 SHADOW RANGE 21 DICEMBRE (8-16)	183		
fig.8.61 SHADOW RANGE 21 GIUGNO (5-20)	183		
fig.8.62 SIMULAZIONI A, B, C E D	185		
fig.8.63 FLD: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D	188		

fig.8.91 SIMULAZIONE ANNUALE CON ISOLINEE- POSTAZIONE B	207
fig.8.92 SIMULAZIONE ANNUALE - PUNTO DI CONTROLLO C	208
fig.8.93 SIMULAZIONE ANNUALE CON ISOLINEE- POSTAZIONE C	209
fig.8.94 CONTRASTO DI LUMINANZA - POSTAZIONE B	210
fig.8.95 WALKIE TALKIE - GRATTACIELO USTORE DI LONDRA	211
fig.8.96 WALKIE TALKIE - RIFLETTANZA E ABBAGLIAMENTO	211
fig.8.97 FRANGISOLE INTERNO A LAMELLE VERTICALI - ASSONOMETRIA	212
fig.8.98 FRANGISOLE INTERNO A LAMELLE VERTICALI - SEZIONE	212
fig.8.99 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 1 - POSTAZIONE A	213
fig.8.100 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 2 - POSTAZIONE B	213
fig.8.101 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 2 - POSTAZIONE B	214
fig.8.102 TENDAGGIO INTERNO TIPOLOGIA 1 - POSTAZIONE C	214
fig.8.103 FLD "FIRST FLOOR" - CONFIGURAZIONE DEFINITIVA	215
fig.8.104 SOCIAL TERRACE E DAYLIGHT - VISTA INTERNA	219

9. Progetto strutturale

fig.9.1 HYPNOTICALLY VISUALIZES	221
fig.9.2 CARICHI VARIABILI.	224
fig.9.3 CARICHI VARIABILI.	225
fig.9.4 COEFFICIENTI DI FORMA	226
fig.9.5 CARICHI BASE DI NEVE AL SUOLO	226
fig.9.6 MAPPA DEL VENTO	227
fig.9.7 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	228
fig.9.8 COEFFICIENTE DI PRESSIONE	229
fig.9.9 MAPPA PGA DEL REGO UNITO	230
fig.9.10 SPETTRO DI RISPOSTA	231
fig.9.11 LAMIERA GRECATA	233

fig.9.12 SOLETTA COLLABORANTE	234
fig.9.13 TRAVI SECONDARIE	234
fig.9.14 LIMITI DI DEFORMABILITÀ	235
fig.9.15 TRAVE SECONDARIA	236
fig.9.16a TRAVE SECONDARIA	237
fig.9.16b TRAVE PRIMARIA	237
fig.9.16c TRAVE PRIMARIA	238
fig.9.17 TRAVE PRIMARIA	238
fig.9.18 ESPLOSO ASSONOMETRICO	240
fig.9.19 PIANTA STRUTTURALE	241
fig.9.20 PILASTRO	242
fig.9.21 ANDAMENTI DELLE TENSIONI	246
fig.9.22 VERIFICA PRESSOFLESSIONE	246
fig.9.23 VERIFICA PRESSOFLESSIONE PILASTRO VERTICALE	253
fig.9.24 VERIFICA PRESSOFLESSIONE PILASTRO INCLINATO	253
fig.9.25 SISTEMA DEI CONTROVENTI	253
fig.9.26a FORZE SISMICHE EQUIVALENTI	255
fig.9.26b FORZE SISMICHE EQUIVALENTI	256
fig.9.27 CONFRONTO FORZE EQUIVALENTI ORIZZONTALI	256
fig.9.28 SCHEMA STATICO SISTEMA DI CONTROVENTO	257
fig.9.29 FUNI IN ACCIAIO	257
fig.9.30 PIANTA STRUTTURALE	258
fig.9.31 SEZIONE STRUTTURALE	259

Progettazione piastra in C.A.

fig.9.31 CONCRETE & COPPER ON TIMBER	262
fig.9.32 MODULO DI PIASTRA BASE	262

fig.9.33 METODO DELLE LINEE DI ROTTURA	263	fig.9.63 DEFORMATA IN FALSI COLORI. FATTORE MOLTIPLICATIVO (10)	290
fig.9.34 TEST PER FLESSIONE A 3 PUNTI	264	fig.9.64 M_{11}	290
fig.9.35 SEZIONE UNITARIA DI PIASTRA	264	fig.9.65 M_{12}	290
fig.9.36 NUOVA CATTEDRALE DI NORCIA (PROJECT)	265	fig.9.66 M_{22}	290
fig.9.37 POSSIBILI CINEMATISMI DI COLLASSO	267	fig.9.67 ANALISI AD ELEMENTI FINITI. CASE TYPE	291
fig.9.38 IPOTESI SUL CINEMATISMO DI COLLASSO	268	fig.9.68 DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE NEL MODULO	292
fig.9.39 MECCANISMO DI COLLASSO A FLESSIONE GLOBALE	269	fig.9.69 DISPOSIZIONE DEI FERRI D'ARMATURA	293
fig.9.40 MECCANISMO DI COLLASSO A FLESSIONE LOCALE	270	fig.9.70 DEFORMAZIONI MASSIME SECONDA PARTE DI PIASTRA	295
fig.9.41 BARRE D'ARMATURA AD ADERENZA MIGLIORATA	271	fig.9.71 TELI IN POLIETILENE DOPO LA FASE DI GETTO	296
fig.9.42 ESEMPIO DI ARMATURA SUL NODO PILASTRO-PIASTRA	272	fig.9.72 DIVERSO MATERIALE PER LA CASSERATURA	297
fig.9.43 AREA DI INFLUENZA PILASTRO	276	fig.9.73 CONNETTORE A TAGLIO	298
fig.9.44 PERIMETRO CRITICO PILASTRO CIRCOLARE	276	fig.9.74 SCHEMA SEMPLIFICATO DI FUNZIONAMENTO. HSD	298
fig.9.45 ARMATURA RADIALE A PUNZONAMENTO. TIPO HDB	277	fig.9.75 VANTAGGI NEL SISTEMA A CONNETTORE	299
fig.9.46 ARMATURA RADIALE A PUNZONAMENTO	278	fig.9.76 FASI DI GETTO	299
fig.9.47 SEZIONE ARMATURA RESISTENTE A PUNZONAMENTO	278	fig.9.77 ESEMPIO DI POSIZIONAMENTO ESATTO DEL GIUNTO	300
fig.9.48-49-50 CERTIFICATO-SOFTWARE HALFEN HDB	279	fig.9.78 n° 8 Connettori HSD CRET 134	300
fig.9.51 EQUILIBRIO DI UN CAMPO DI PIASTRA SU COLONNE	280	fig.9.79 n° 17 Connettori HSD CRET 124	300
fig.9.52 EQUILIBRIO DI UN CAMPO DI PIASTRA SU COLONNE	281	fig.9.80 n° 25 Connettori HSD CRET 122	301
fig.9.53 DISPOSIZIONE DEI FERRI D'ARMATURA	283	fig.9.81 DISPOSIZIONE ARMATURA TEORICA PER OGNI CONNETTORE	301
fig.9.54 ELEMENTO UNITARIO DI PIASTRA	285	fig.9.82 $2A_{sx}\Phi 16$	302
fig.9.55 DIAGRAMMA DI FLUSSO DIMENSIONAMENTO	286	fig.9.83 $A_{sx}10\Phi 16$	302
fig.9.56 INTERFACCIA DI LAVORO SOFTWARE SAP2000	287	fig.9.84 $A_{sx} 6\Phi 16$	302
fig.9.57 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. 10X10 CON PILASTRI	288	fig.9.85 TIPOLOGIA DI CONNETTORE SCELTO "HSD CRET 134 V"	303
fig.9.58 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. 10X10 CON APPOGGI	288	fig.9.86 ANALISI DEI RISULTATI SECONDO CERTIFICATO "HALFEN"	303
fig.9.59 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. PIASTRA DI COPERTURA	288	fig.9.87a.b.c FASI DI MONTAGGIO IN OPERA SUL CASSERO	306
fig.9.60 MODELLI AD ELEMENTI FINITI. ELEMENTO CRITICO	288	fig.9.87 d VISTA DEL CONNETTORE IN OPERA	306
fig.9.61 CONFRONTO V_{MAX}	289	fig.9.88 NOMENCLATURA DI RIFERIMENTO DEL CONNETTORE A TAGLIO	307
fig.9.62 V_{MAX} . CASO MODULO CRITICO	289		

10. Progetto impiantistico

fig.10.0 LLOYD'S OF LONDON	309
fig.10.1 CASSETTE VAV COMBINATO	317
fig.10.2 SCELTA DELL'UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA	318
fig.10.3 RECUPERATORE DI CALORE	318
fig.10.4 BATTERIA DI SCAMBIO TERMICO	319
fig.10.5 BATTERIA DI UMIDIFICAZIONE	319
fig.10.6 PIANTA PIANO -1	320
fig.10.7 PIANTA PIANO 1 E SEZIONE IMPIANTISTICA BLIOTECA	321

Ottimizzazione energetica

fig.10.8 Pipes COMPOSITION	324
fig.10.9 ZONE TERMICHE DELL'EDIFICIO	324
fig.10.10 INTERFACCIA DEL SOFTWARE	324
fig.10.11 INTERVALLI DI FREQUENZA DELLE TEMPERATURE	326
fig.10.12 DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE	326
fig.10.13 COMFORT UTENTI SOLO INVOLUCRO	328
fig.10.14 FABBISOGNI DI CALORE	330
fig.10.15 COMFORT UTENTI CON IMPIANTI	330
fig.10.16 ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE NELLA ZONA 1	331
fig.10.17 FABBISOGNI DI CALORE CON SCAMBI TRA ZONE	332
fig.10.18 SISTEMA TABS	332
fig.10.19 FABBISOGNI CON E SENZA ATTIVAZIONE DELLA MASSA	333
fig.10.20 FABBISOGNI CON E SENZA ATTIVAZIONE DELLA MASSA	334
fig.10.21 FABBISOGNO DELL'EDIFICIO	334

Indice delle tabelle

5. Progetto urbano

tab.5.1 ANALISI SWOT 67

6. Progetto biblioteconomico

tab.6.0 STANDARD INTERNAZIONALI RACCOLTE 80

tab.6.1 CONFRONTO TRA STANDARD INTERNAZIONALI POSTAZIONI 81

tab.6.2 ORGANIZZAZIONE E DISTRIBUZIONE DELLE METRATURE 82

6. Progetto tecnologico

Analisi illuminotecniche

tab.8.1 QUADRO RIASSUNTIVO DELLE GRANDEZZE FOTOMETRICHE 177

tab.8.2 VARIABILI DELLE SIMULAZIONI A, B, C E D 185

tab.8.3 VARIABILI E OBIETTIVI DELLE SIMULAZIONI E, F E G 192

tab.8.4 CRITERI POSIZIONAMENTO PANNELLI FONOASSORBENTI 200

tab.8.5 ABBAGLIAMENTO AL PIANO QUARTO, CAUSE E STRATEGIE 210

tab.8.6 ILLUMINOTECNICA - RIASSUNTO 215

9. Progetto strutturale

tab.9.1 CARICHI DEL VENTO 228

tab.9.2 CARICHI PERMANENTI VOLUME TIPO 232

tab.9.3 COMBINAZIONI DI CARICO 233

tab.9.4 ANALISI DEI CARICHI 235

tab.9.5 PROPRIETÀ GEOMETRICHE 236

tab.9.6 PROPRIETÀ GEOMETRICHE 238

tab.9.7 VERIFICA TRAVE PRIMARIA 238

tab.9.8 VERIFICA TRAVE PRIMARIA 239

tab.9.9 ANALISI DEI CARICHI 242

tab.9.10 CARICHI AGENTI DI PROGETTO 243

tab.9.11 PROPRIETÀ GEOMETRICHE 245

tab.9.12 CARICHI PERMANENTI VOLUME BIBLIOTECA 247

tab.9.13 COMBINAZIONI DI CARICO VOLUME BIBLIOTECA 248

tab.9.14 PROPRIETÀ GEOMETRICHE TRAVI VOLUME BIBLIOTECA 248

tab.9.15 VERIFICHE TRAVI VOLUME BIBLIOTECA 248

tab.9.16 ANALISI DEI CARICHI 250

tab.9.17 PILASTRO VERTICALE 251

tab.9.18 PILASTRO INCLINATO 251

tab.9.19 PROPRIETÀ GEOMETRICHE 252

tab.9.20 PESO PIANI VOLUME BIBLIOTECA 254

tab.9.21 FORZE STATICHE EQUIVALENTI 255

tab.9.22 FORZE EQUIVALENTI DOVUTE AL VENTO 256

tab.9.23 PROPRIETÀ GEOMETRICHE CONTROVENTI 257

Progettazione piastra in C.A.

tab.9.24 MOMENTI A ROTTURA PER FLESSIONE GLOBALE 269

tab.9.25 MOMENTI A ROTTURA PER FLESSIONE LOCALE 270

tab.9.26 COPRIFERRI MIN [MM] 271

tab.9.27 ARMATURA EFFETTIVA A FLESSIONE GLOBALE 273

tab.9.28 ARMATURA EFFETTIVA A FLESSIONE LOCALE 273

tab.9.29 GRAFICO COSTI €/M² DIMENSIONATI A COLLASSO GLOBALE 274

tab.9.30 GRAFICO COSTI €/M² DIMENSIONATI A COLLASSO LOCALE 274

tab.9.31 COSTI ARMATURA RESISTENTE A FLESSIONE GLOBALE	274
tab.9.32 COSTI ARMATURA RESISTENTE A FLESSIONE LOCALE	275
tab.9.33 GRAFICO COSTI €/M ² DIMENSIONATI A COLLASSO LOCALE	275
tab.9.34 VALORI DELLE TENSIONI INTERNE. FUNZIONE DELLA CLASSE	276
tab.9.35 METODO DELLE STRISCE. VALORI ARMATURA	282
tab.9.36 ANALISI AD ELEMENTI FINITI. VALORI ARMATURA	291
tab.9.37 COMPARAZIONE DEI VALORI DI ARMATURA	294

10. Progetto impiantistico

tab.10.1 VALORI DI TEMPERATURA	310
tab.10.2 FABBISOGNO TERMICO INVERNALE	310
tab.10.3 VALORI DI TEMPERATURA	312
tab.10.4 SCHEDA "MODELLO"	313
tab.10.5 FABBISOGNO TERMICO ESTIVO	314
tab.10.6 TIPOLOGIE DI IMPIANTI	315
tab.10.7 PORTATE ARIA	316
tab.10.8 DIMENSIONAMENTO CONDOTTE	317

Ottimizzazione energetica

tab.8.1 TEMPERATURE FUZIONAMENTO IMPIANTI	329
tab.8.2 CARICHI INTERNI	329
tab.8.3 RICAMBI D'ARIA	330

Ringraziamenti

Si ringraziano anzitutto tutte le figure professionali che con dedizione e pazienza ci hanno seguito in questi mesi di pregettazione. In primis si nomina il prof. Gabriele Maserà, per le periodiche revisione e la disponibilità dimostrata, Marco Muscogiuri, professore e direttore artistico di Alterstudio Partners, sempre presente ad ogni nostra richiesta di confronto. Per il tempo dedicatoci ringraziamo anche il dirigente municipale dell'Idea store Whitechapel a Londra, Sergio Dogliani che per primo ci ha ispirati e introdotti alla visione contemporanea di Library innovativa radicata negli abitanti del quartiere.

Fabio, Manuele, Gabriele

Non basterebbe un volume intero per riuscire a ringraziare tutti coloro che hanno contribuito, a diverso titolo e con diverse modalità, al raggiungimento di questo importante traguardo. In primo luogo ringrazio tutta la mia grande famiglia: sempre pronti a sostenere ogni mia scelta, ad incoraggiarmi e a cercare di facilitarmi la vita al di fuori dell'università. A loro va anche un ringraziamento per avermi concesso la possibilità di continuare con gli studi. Un ringraziamento speciale va alla mia fidanzata Valentina, detta Luigia: grazie per avermi supportato e sopportato in tutti questi anni, sia nei momenti di giubilo che nei momenti di sconforto, senza di te non sarei mai arrivato fin qui. Ai miei amici va un sincero grazie: i momenti di svago e la buona dose di ignoranza che solo voi sapete mettere in ogni cosa, rende tutto più leggero. Durante questo percorso universitario, ho avuto l'onore ed il piacere di conoscere persone speciali, con le quali ho passato momenti indimenticabili: notti di lavoro, feste, discussioni, studio e risate. Vi siete sempre dimostrati pronti ad offrirmi un piatto di pasta, un letto, un caffè o qualsiasi altra cosa di cui avessi necessità, sarà bellissimo ritrovarvi fra degli anni e sapere cosa siete riusciti a combinare nella vita.

Manuele

Il lavoro qui proposto è il risultato di anni di sacrificio ed investimenti economici che hanno gravato sulla mia famiglia in primis. Dedico soprattutto a Papà Bruno, a mamma Cristiana ed alla sempre solare Veronica questo testo sperando anche solo in minima parte di rendere loro omaggio per tutto quello che hanno fatto e stanno facendo in questo momento così importante della mia vita. Sempre grato sarò loro per la possibilità concessami nel continuare a studiare. Un ringraziamento speciale va alla fidanzata Erica per il supporto e la costanza morale dimostrata soprattutto nello sprint finale del lavoro. Riconosco anche l'influenza positiva e la tenace volontà di crederci con cui, specialmente nei momenti difficili, amici e colleghi incontrati mi hanno contagiato e continueranno a farlo.

Gabriele

Un caro ringraziamento a tutte le persone che mi hanno supportato durante questo tortuoso e inteso percorso di studi; alla mia famiglia, mamma, papà, sorella, fratello e nonna che mi hanno dato questa enorme opportunità e agli amici che hanno subito tutte le mie lamentele e hanno condiviso alcune esperienze insieme. Un pensiero particolare a Gloria, persona per me molto importante. Infine un grazie a Giorgio e Daniela per il costante incoraggiamento e la disponibilità.

Fabio