



POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Architettura Civile
Laurea Magistrale in Architettura

PROGETTO PER UNA BIBLIOTECA SCIENTIFICA A BERLINO

Anno accademico 2013|2014
Sessione: aprile 2015

Relatore: Prof. Arch Stefan Vieths

Maddalena Cassani | 782695

*A te,
che saresti stato un bravo architetto.*

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutte le persone che, con il loro contributo, hanno reso possibile la conclusione di questo percorso di studi.

Esprimo la mia gratitudine al professor Stefan Vieths, relatore della tesi, per l'aiuto e il sostegno fornito nella realizzazione degli elaborati e per gli insegnamenti durante l'anno di laboratorio trascorso insieme.

Un grazie anche ai miei compagni di viaggio, senza i quali questi anni sarebbero stati diversi, e ancora di più a quelli che mi hanno supportato e aiutato nella fase finale.

Grazie a Stefano in primis, per essere stato presente in questo importante periodo e per la generosità dimostratami.

Un grazie sincero al mio amico Berto, che si è dimostrato sempre reperibile nel consigliarmi e nell'aiutarmi a superare gli ostacoli che il progettare da sola comporta.

Grazie anche a Valentina e Giulia, per la loro gentile disponibilità.

Un grazie sincero anche ai parenti e agli amici che, nell'arco di questi anni, mi sono stati vicini.

Un grazie particolare ai miei genitori, per la loro presenza costante, senza i quali tutto questo non sarebbe stato realizzabile.

INDICE

1.	Introduzione	pag.
2.	Approfondimento	
2.1	Lettura morfologica generale di Berlino e della Friedrichstadt	
2.1.1	Tratti salienti di Berlino nel XVIII secolo: la nascita della Friedrichstadt	
2.1.2	Trasformazione della forma urbana nel XX secolo	
2.2	Monumento e isolato urbano a Berlino: tre edifici pubblici a confronto	
2.3	Il tema dell'assemblaggio: il Palazzo Ducale di Mantova e la Biblioteca di Ungers a Karlsruhe	
2.3.1	Palazzo Ducale	
2.3.1	Genesi di forme composite	
2.3.2	Sequenze spaziali a confronto	
2.3.2	L'importanza delle preesistenze: la Biblioteca regionale del Baden di Ungers a Karlsruhe	
3.	Progetto	
3.1	L'assemblaggio di spazi positivi e negativi	
3.1.1	Strategia progettuale: l'inserimento nella forma urbana e il rapporto con le preesistenze	
3.1.2	Forme composite e tipologie differenti	
3.1.2.1	La stoà dell'ingresso e il tema ricorrente dei portici	
3.1.2.2	Galleria e scalinata: sequenza spaziale principale	
3.1.2.3	L'edificio ad aula	
3.1.2.4	L'edificio triipartito a galleria	
3.1.2.5	La sala lettura come forma pura	
3.1.3	Gli spazi aperti	
3.1.3.1	La piazza di pietra	
3.1.3.2	L'hortus conclusus	
3.1.3.3	Il bosco introverso	
3.1.3.4	Le terrazze del terzo piano	
3.1.4	Sequenza spaziale e relazioni interne ed esterne	

- 3.2 Forma. Il sistema geometrico: il modulo e le
- 3.3 Struttura
 - Il contrasto tra l'elemento scavato della scalin
 - L'utilizzo della luce e le declinazioni dei lucern
- 4. Bibliografia
- 5. Allegati
 - 5.1 Allegato I: sistema di ventilazione meccanica
 - 5.2 Allegato II: calcoli strutturali
 - 5.3 Allegato IV: esercitazione sullo studio della lu
 - 5.4 Allegato V: lettura analitica della Biblioteca d
 - 5.5 Tavole progettuali

sue declinazioni

ata e il sistema a telaio
nari

uce
el Baden di Ungers, Karlsruhe

INTRODUZIONE

1. Introduzione

La tesi di laurea nasce come proseguimento e approfondimento del progetto sviluppato all'interno del Laboratorio di Progettazione Architettonica tenuto dal professor Stefan Vieths, durante l'anno accademico 2012-2013.

L'elaborato ha come oggetto lo studio e lo sviluppo di una Biblioteca Scientifica a Berlino, che oltre alla funzione primaria di sala lettura, è dotata di un ventaglio di servizi complementari quali uffici e laboratori di ricerca, zona espositiva, auditorium e ristorante.

Il sito di intervento è fortemente caratterizzato a livello morfologico: ci troviamo a Mitte, centro storico della città di Berlino, nelle vicinanze dell'isola dei musei, in un'area che si trova a ridosso della Sprea, a Nord, e dalla linea ferroviaria che attraversa orizzontalmente la città, a sud.

Pur non essendo immediatamente consequenziale e scontato considerare questo isolato come parte integrante della Friedrichstadt (città-quartiere limitrofo), proprio a causa dei due margini che lo delimitano, si dimostrerà come, attraverso una forma urbana fortemente riconoscibile, esso si sia evoluto parallelamente agli isolati paradigmatici di questa tipologia.

La biblioteca è strettamente e inevitabilmente collegata al contesto in cui sorge: l'aspetto formale ben riconoscibile non può che essere inteso come completamento del lotto che la ospita. Le preesistenze e la loro particolare conformazione sono state essenziali alla definizione del tema architettonico -l'assemblaggio. La soluzione proposta non prevede quindi un edificio isolato o compatto che abbia la pretesa di ergersi a monumento, ma opta invece per un insieme di edifici che, pur assolvendo a una funzione monumentale, cerca di dialogare con i fabbricati esistenti, innestandosi coerentemente nella tipica forma urbana di Friedrichstadt.

La nuova struttura polivalente vuole portare ordine e gerarchia al contesto in cui si inserisce, interpretando i frammenti preesistenti come *objets trouvés*, degni di essere valorizzati e inseriti come parte integrante del progetto. L'intorno infatti viene letto e analizzato secondo la sua natura morfologica, senza alterare o denaturare l'autonomia degli edifici esistenti.

La strategia progettuale dell'assemblaggio è una tecnica compositiva che prevede l'utilizzo di forme anche composite, col fine di garantire non tanto (o non solo) un risultato unitario, quanto una soluzione coerente in grado di dare una lettura puntuale e corretta della forma urbana di Friedrichstadt. Essa si contraddistingue per isolati compatti, scavati da piccole corti interne, risultato di un processo additivo di edifici che si sono sovrapposti nell'arco degli anni.

In quest'ottica il progetto mira a ricostituire e ridare valore anche agli spazi aperti (spazi negativi): essi non ricoprono minore importanza degli spazi edificati (positivi), ma anzi vengono considerati anche architettonicamente come attori di un medesimo piano.

APPROFONDIMENTO

2. Approfondimento

2.1 Lettura morfologica generale di Berlino e della Friedrichstadt

Partendo dal principio secondo il quale il progetto architettonico è radicato fortemente al contesto nel quale nasce e interagisce (non può essere considerato scevro di riferimenti puntuali), si è affrontata una prima fase analitica nella quale poter trovare valide motivazioni che aiutassero a sviluppare un'idea in relazione ai tratti tipici e storici berlinesi.

Il lavoro di ricerca si è quindi concentrato sull'analisi della forma urbana della città con lo scopo di riuscire a dare una lettura morfologica e coerente dell'area di progetto.

Per conseguire questo obiettivo, si è ripercorsa la storia di Berlino focalizzandosi sui momenti fondamentali e sui processi che hanno determinato il mutarsi della forma urbana, per poter interpretare al meglio la natura propria dell'isolato nel quale si interviene progettualmente.

L'analisi non vuole quindi essere un elaborato di stampo enciclopedico ma un aiuto per riuscire a capire quali sono state le considerazioni che hanno portato a un certo tipo di progetto architettonico.

2.1.1 Tratti salienti di Berlino nel XVIII secolo: la nascita della Friedrichstadt

Per prima cosa è stato utile cercare di ricostruire la struttura originaria della forma urbana per poter dare un'interpretazione quanto più corretta dell'area di intervento e più in generale della Friedrichstadt, quartiere-città al quale appartiene.

Il primo apporto grafico significativo lo si riscontra nella carta del 1737 di Seutter: seppur semplificato, il disegno mostra chiaramente i punti salienti e importanti della Berlino di quell'epoca.

Oltre ad individuare, in posizione centrale, il Castello (costruito nel XV secolo) e, delimitati dalle mura di fortificazione del XVII, i nuclei insediativi di Berlin e Cölln - fondati intorno al 1230 dal margravio di Brandeburgo -, notiamo già l'esistenza di un tipo di quartiere ben riconoscibile che si distingue dagli altri per rigore e geometria: Friedrichstadt.

Ripercorrendo brevemente le tappe storiche che hanno condotto a questa conformazione, è doveroso citare Federico Guglielmo, sotto il cui regno fu dato un impulso rilevante allo sviluppo della città e venne a delinearsi un prototipo della Berlino composita e variegata che si offre oggi ai nostri occhi. In effetti, come dimostra una medaglia dell'anno 1700, la capitale tedesca risulta formata da cinque "città", secondo un processo di addizione che a Berlin e Cölln ha affiancato Friedrichswerder – fondata nel 1658, Dorotheenstadt nel 1673, e Friedrichstadt nel 1688. Peculiarità di quest'ultima sono la scarsa differenziazione dello spazio pubblico e dell'edificato, la regolarità dell'impianto stradale (disegnata dall'ingegnere Behr) e l'importanza che ricopre anche a livello urbano: non si tratta di un sobborgo, bensì di una parte densamente costruita e abitata ma con raffinatezze monumentali, prima tra tutte il Gendarmenmarkt, edificato a partire dal 1701. È però a Federico Guglielmo I che si deve il disegno puntuale e definitivo della Friedrichstadt: egli riprende

la politica degli incentivi per l'edificazione del settore occidentale, seguendo le orme di una questione cara anche ai suoi predecessori.

Nel 1723 dispone l'elaborazione, su progetto di Philipp Gerlach, di un nuovo piano che definisca le coordinate urbanistiche di questa parte di città. E' in questa occasione che assume un carattere definitivo la Friedrichstrasse, che nel 1736 si estende a nord fino all'Oranienburger Tor e a sud fino allo Hallesches, offuscando quasi, con il triplo di lunghezza, la Linden Allee, a cui è perpendicolare.

Friedrichstrasse può, e deve, essere considerata come l'asse generatore dal quale si diparte poi la fitta trama di strade a maglia perpendicolare che vanno a definire il tessuto della Friedrichstadt. Vengono inoltre stabiliti i confini fisici di questo quartiere, delimitato da tre piazze di forma diversa, ispirate ai modelli italiani e francesi: il Rondell, circolare, a sud, e le piazze di forma quadrata e ottagonale che vanno rispettivamente a concludere la Linden Allee e Leipziger Strasse.

Si può asserire pertanto che l'isolato proprio della Friedrichstadt affonda le proprie radici in una storia centenaria e non è il risultato casuale del ripetersi di "un'unità base", bensì il frutto di ragionamenti che stanno alla base della nascita stessa della Berlino moderna.

2.1.2 Trasformazione della forma urbana e della Friedrichstadt nel XX secolo

Il lavoro di analisi è stato volutamente incentrato sulla definizione morfologica del XX secolo, per cogliere le trasformazioni e poterne trarre conclusioni convincenti.

Come appena dimostrato, la tipologia di Friedrichstadt appare nel XVIII secolo e si tramanda (anche rinnovandosi, nel XIX secolo, con gli interventi di Schinkel) fedele a se stessa fino al XX secolo, periodo nel quale a causa delle guerre e delle importanti decisioni politiche che riguardano la Germania, la città subisce cambiamenti considerevoli. La tesi mira a mettere in luce come, al momento della ricostruzione della città, sia stata adottata una strategia che riportasse Berlino ad avere la forma originaria o per lo meno a mantenere, ove possibile, il carattere conforme alla zona di appartenenza.

Sono state scelte quattro mappe storiche di riferimento che si identificano con i momenti salienti degli ultimi 80 anni: 1940 (pre-guerra), 1953 (post-guerra), 1989 (caduta muro di Berlino) e 2010 (attualità).

Il punto di partenza dell'analisi è il 1940: si può notare come prima dei bombardamenti della guerra il quartiere di Friedrichstadt e anche le altre zone limitrofe a ridosso della Sprea siano altamente edificati e concorrano a rendere facilmente leggibile le declinazioni della forma urbana in ogni zona. L'isolato urbano che possiamo apprezzare è il risultato dell'evoluzione succedutasi dal barocco, in cui esso era caratterizzato da un perimetro rettangolare che racchiudeva una corte: nel periodo ottocentesco, fino agli anni '30 del 1900, il grande isolato viene saturato e parcellizzato tramite edifici a blocco e ne viene raddoppiata l'altezza. Nel 1945 lo scenario viene ribaltato: un terzo delle abitazioni è andato distrutto e la città è sepolta da un cumulo di macerie. Berlino è divisa in quattro settori, ognuno dei quali fa capo a una delle nazioni occupatrici (russi – presiedono la Friedrichstadt, inglesi, francesi americani). Non è difficile immaginare come in

un'atmosfera totale di caos e di disagio (mancanza di energia elettrica e di gas, impossibilità di comunicare) sia difficile mettere a punto la ricostruzione unitaria della città. Fin da subito vengono studiati e predisposti piani di ricostruzione (1946: Kollektivplan e Zehlendorfer) con strategie differenti: ripensare in modo radicale la città o cercare semplicemente a una riorganizzazione viabilistica. Quando nel 1949, con la guerra fredda, vengono creati due stati tedeschi distinti, non si metabolizzano ancora le ripercussioni fisiche sulla ricostruzione della città, ma anzi si enuncia, in un piano del 1950, che "Berlino verrà riunificata e sarà di nuovo capitale".

La carta del 1953 denuncia quindi lo stato di degrado in cui versa la città e può essere considerato il punto di partenza per la nuova Berlino.

Lo stato di fatto successivo è rappresentato dalla più recente mappa del 1989: dopo la caduta del muro e trascorsi ormai decenni dall'arresto a cui aveva portato la guerra, si vede come la città abbia cominciato a riprendere forma e consistenza. La scelta berlinese è una scelta radicale, che sceglie di ispirarsi dichiaratamente alla città della propria storia. Infatti, dal punto di vista dell'impianto urbano, non c'è bisogno di inventare nulla: la nuova Berlino non necessita di una nuova immagine, bensì deve rifarsi a quella, in parte ancora conservata, dell'epoca precedentemente al Moderno.

Ma focalizziamoci subito su Friedrichstadt: notiamo come i miseri frammenti che rimanevano degli isolati compatti di inizio secolo vengano ripensati all'interno di nuovi lotti. Per la maggior parte il processo è additivo: le nuove strutture vanno ad aggregarsi anche in modo modulare e quasi ripetitivo per riportare una gerarchia all'interno della forma urbana, assumendo come modello l'edificio a destinazione mista, Geschäftshaus, ricorrente per gli edifici a blocco costruiti all'interno dei lotti e delle parcelle degli isolati storici dall'800.

La stessa strategia è rintracciabile nella mappa datata 2010: da una parte si possono apprezzare edifici ex novo che sorgono come ripetizione di una stessa unità base, quasi come rivisitazione delle corti anguste ottocentesche, al posto delle quali si aprono "recinti", isolati a pettine e spazi di fruizione pubblica più ampi; dall'altra si può notare come attraverso un processo di sovrapposizione si vadano a riempire gli isolati già esistenti dal carattere introverso, ridando nuova lettura. Quello che ne consegue è una situazione sicuramente assimilabile a quella pre-guerra, in cui dominano blocchi ben definiti dalle forme geometriche riconoscibili, che si sviluppano alle volte in modo più "originario" verso l'interno, altre invece a cercare il contatto con l'esterno.

2.2 Monumento e isolato urbano a Berlino: tre edifici pubblici a confronto

Trovandomi a progettare una biblioteca scientifica nel contesto centrale di Mitte, fortemente caratterizzato dalla presenza di edifici pubblici dal carattere monumentale, primi tra tutti i cinque musei della rinomata isola a cui danno il nome, ho ritenuto opportuno cercare dei riferimenti o per meglio dire dei punti di partenza che potessero essere utili per sviluppare ragionamenti sul rapporto che intercorre tra l'edificio pubblico monumentale e l'isolato urbano.

Questa parte di analisi si è dimostrata importante proprio perché, dal momento che si è appena parlato della regolarità della forma urbana in Friedrichstadt, rimaneva il legittimo dubbio di come fosse più opportuno comportarsi nel progettare un edificio importante di fruizione pubblica.

Se si pone attenzione al variare della forma urbana in Friedrichstadt, si noterà come le “eccezioni”, aree nelle quali il rigore lascia spazio ad aperture spaziali rilevanti nelle quali assume importanza l'edificio-oggetto, siano proprio quelle localizzate in concomitanza di monumenti, come il Gendarmenmarkt, o di edifici a carattere monumentale, come l'Altes Museum, il Duomo, i musei dell'isola, la cui generatrice è rintracciabile nel diretto rapporto col fiume (Bode Museum, Pergamon Museum, Alte Nationalgalerie e Neus Museum), ed infine lo Zeughaus e il Kronprinzenpalais.

Riflettendo quindi sull'ambiguità che intercorre quando la funzione monumentale incontra quella di servizio pubblico, sono stati scelti come paradigma della dualità “edificio-isolato” tre monumenti di carattere scientifico (università e biblioteca) che esemplificano altrettante tipologie: la sede centrale dell'Università di Berlino (1748-1766), la Facoltà di Giurisprudenza (1778-1785) e la Biblioteca Nazionale (1871-1874).

Prima di procedere alla descrizione di come si innestano oggi gli edifici nella forma urbana, è doveroso mostrare come siano stati concepiti originariamente, per capire i rapporti che stanno alla base delle relazioni ancora oggi visibili. I due edifici più antichi, la sede dell'Università e la Facoltà di Giurisprudenza, fanno parte di un piano promosso da Federico il Grande per creare un centro di importanza culturale a ridosso della Linden Allee, che prenderà poi il nome di Foro di Federico. Esso si manifesta come sovrapposizione di monumenti e di edifici isolati alla forma urbana generale del centro. Di notevole interesse è appurare come l'odierno edificio della Facoltà di Giurisprudenza, imponente anche nelle dimensioni, fosse in principio il palazzo per Enrico di Prussia, il fratello del re (pensato quindi più modesto rispetto a quello del sovrano) e constasse di quella che oggi è solo la parte d'ingresso. In questa logica formale risulta più semplice rilevare come questo monumento ricoprisse la stessa importanza gerarchica, anche dal punto di vista dell'impianto complessivo, dell'odierna Facoltà di Giurisprudenza (all'epoca biblioteca), in quanto erano i margini, rispettivamente settentrionale e occidentale, della piazza che sarebbe diventata il Foro (delimitato a est dall'Opera (1741-1743) e più a Sud dalla Hedwigskathedrale (1744-1773)). Questo nuovo complesso serviva a riaffermare la Linden Allee come fondamentale supporto dello spazio pubblico urbano: è proprio da questo nucleo rilevante di fruizione pubblica che nasce la volontà di potenziare l'asse

dell' Allee anche con due composizioni verdi poste ai due estremi, il Tiergarten e il Lustgarten (nel quale verrà costruito il nuovo Duomo).

L'estetica formale odierna della sede centrale dell'Università di Berlino è il risultato dell'aggiunta novecentesca di due ali laterali perpendicolari al corpo principale di ingresso del XVIII secolo. Proprio come spiegato, l'edificio è un'unità di un complesso pensato a livello urbano: in quest'ottica risulta forse scorretto parlare di una correlazione con l'isolato stesso che lo ospita, in quanto i limiti di quest'ultimo non sono leggibili e una lettura di un contesto più ridotto sarebbe erronea, dal momento che farebbe perdere di vista la vera chiave di interpretazione: quella globale.

Se però si vuole considerare l'edificio all'interno della fascia superiore del margine di Unter den Linden, si vede come interrompa la fitta maglia di agglomerati urbani propri della Friedrichstadt che si presentano in una lettura da ovest a est, precedendo concettualmente lo Zeughaus - che però forma oggi un sistema con il Deutsches Historisches Museum.

La Humboldt-Universität zu Berlin è la più antica delle quattro università della città e la sua importanza è nettamente presagibile dalla posizione che occupa, localizzata in prossimità di isolati a blocco altamente edificati. È un edificio isolato, che viene letto proprio come unico oggetto rilevante: può essere paragonato al monumento che si erge al centro di una piazza e che ne diventa il fulcro stesso, influenzando lo spazio che lo circonda e dettandone la gerarchia. In questo contesto assumono uguale importanza gli spazi edificati e quelli negativi che si vanno a formare: dal punto di vista formale, con le ali laterali, disegna e argina quattro spazi aperti ben definiti (due di carattere principale e due di carattere secondario, di comunicazione con gli isolati adiacenti).

Con il prospetto d'ingresso chiude il lato nord del sopra citato Forum Fridericiarum (oggi Bebelplatz), piazza che si affaccia in modo ambivalente sul Linden e i cui limiti risultano oggi più dilatati di quelli settecenteschi. In effetti si può far rientrare tra i monumenti che danno oggi importanza a questo grande spazio urbano anche il Kronprinzenpalais (Palazzo del Principe Ereditario, 1633-1669), a est, e lo Zeughaus, a nord, oltre che le giù citate Facoltà di Giurisprudenza, a ovest e la Staatsoper (Opera di Stato), in mezzo. Si tratta quindi di un edificio che, pur essendo compatto e isolato, dialoga tramite gli spazi aperti con i monumenti che gli si pongono di fronte: l'assialità è rivolta totalmente al Linden, così come quella della Staatsoper e del Kronprinzenpalais. Pur avendo oggi una scala diversa e un'importanza forse predominante all'interno del complesso in cui era stato pensato, garantisce tuttavia una definizione spaziale e di un equilibrio che ripropongono, nella concezione dello spazio che va al di là del viale e che mette in relazione le due parti come elementi della stessa unità, l'armonia del Lustgarten.

A questo proposito va sottolineato inoltre come si rapporti in modo ineccepibile al contesto: l'altezza viene assimilata dallo Zeughaus (1695-1706), l'edificio conservato più antico situato sul boulevard e allo stesso tempo quello barocco più significativo di tutta la città.

Sorte diversa è toccata all'edificio che ospitava la Biblioteca ai tempi di Federico il Grande e che oggi è destinato alla Facoltà di Giurisprudenza.

Nell'analisi della pianificazione originaria è stato evidenziato come questo edificio monumentale fosse sì trasversale all'allora palazzo di Enrico di Prussia, ma non per questo meno importante. In effetti si potrebbe anche supporre che Federico II avesse richiesto un equilibrio formale proprio per denaturare la prestigiosa importanza del palazzo del fratello, affiancandogli un edificio pubblico di simili proporzioni.

Il rapporto più diretto percepibile è quello con l'Opera: non solo ne eredita l'altezza e ne fa punto di assialità, ma è anche visibile la volontà di definire la piazza per antitesi, con un ingresso concavo che si contrappone alla facciata convessa dell'Opera.

Oggi giorno esso non è più un monumento isolato, bensì è stato inglobato nella logica formale dell'isolato che lo ospita. Anche se per qualità formale si distingue dagli altri edifici, il monumento non è forse stato trattato come *objet trouvé* di cui conservare la natura, ma come punto di partenza per ricostituire l'isolato tipo di Friedrichstadt. Occorre precisare che l'isolato risulta bipartito: per controbilanciare l'ampia piazza sulla quale si affaccia l'ingresso dell'edificio, è stato lasciato un ampio cortile interno, mentre la parte orientale dell'isolato è stata trattata come aggregazione di blocchi che danno su corti piuttosto anguste, quasi scavate all'interno dell'edificato.

Infine, il terzo esempio si scosta decisamente dai due riportati precedentemente. Va fin da subito precisato che oggetto di quest'analisi è soprattutto l'attuale cubo di vetro (in memoria della cupola settecentesca) che si trova all'interno dell'isolato che ospita la *Stadtbibliothek Unter den Linden*, la Biblioteca Nazionale di Berlino. In questa situazione quindi, il rapporto più interessante che ne consegue è quello con gli altri volumi che compongono il complesso e quindi un confronto più introverso che modifica la morfologia interna dell'isolato e non gli spazi esterni con cui si raffronta.

L'intera composizione architettonica invece non è lontana dall'ideologia che accomuna i due casi appena trattati: pur non appartenendo alla stessa logica compositiva del Foro, la Biblioteca Reale (e in seguito Nazionale) deve comunque la sua costruzione alla volontà di Federico Guglielmo di donare un luogo del sapere in cui custodire migliaia di volumi. La biblioteca guglielmina, in funzione dal 1914, è il risultato di un processo di aggregazione di edifici funzionalmente distinti che culminano nella sala lettura centrale, coperta da una cupola ottagonale, strategicamente collocata in continuità con il maestoso ingresso e nel punto di incontro dell'asse che regola le corti densamente costruite. Oggetto di interesse è il volume centrale: concettualmente e formalmente molto importante poiché si distingue dal resto del complesso proprio per sottolineare la superiorità della sala lettura (e astraendo del sapere) all'interno della composizione.

Nel 1943 una bomba danneggia in modo irreparabile la magnifica copertura, opera di Ernst von Ihne: i lavori di ricostruzione e restaurazione che seguono risolvono solo parzialmente il problema (dopo la guerra, il quartiere di Mitte e tutta la parte antica della città finiscono sotto l'occupazione sovietica, che vuole

tenere in funzione la biblioteca), così nel 1977 si decide per la demolizione.

Si deve aspettare il 2000 per giungere ad una nuova soluzione: la biblioteca viene ristrutturata e si ha un'interpretazione moderna dello spazio principale, ma comunque attinente alla forma storica - assume il nome di Haus Unter den Linden, per evidenziare il carattere duale che la collega alla biblioteca-Haus in Postademr Strasse. Vincitore del bando è lo studio HG Merz: il restauro e la ricostruzione dell'antica sala di lettura circolare avvengono nel rispetto degli spazi antichi e del ritmo con l'introduzione però di una copertura cubica e vetrata, volta non solo a segnalare la differente epoca storica da cui proviene e il ricordo della cupola precedente, ma anche a ottimizzare lo sfruttamento della luce.

Ci si confronta in questo caso con un'architettura squisitamente contemporanea che si inserisce nel contesto assimilandone le caratteristiche: anche la scelta di un'altezza ben diversa dal resto dell'isolato compatto è una dichiarazione di rispetto nei confronti dell'originale conformazione della cupola. Si potrebbe quasi dire che il complesso attuale della Haus Unter den Linden si presenti come forma urbana composita, frutto dell'assemblaggio di edifici dal carattere diverso: da un lato quelli che definiscono un perimetro rigoroso e i collegamenti necessari a garantire una fruizione coerente, dall'altro l'edificio vetrato che sembra oggi posizionato nel cuore dell'isolato, a ribadire il significato e la memoria storica.

Per concludere si può affermare che ognuno di questi tre riferimenti si sia rivelato utile a sviscerare logiche compositive utili a riflettere sui meccanismi che porteranno poi alla definizione progettuale della Biblioteca Scientifica oggetto della tesi. I primi due suggeriscono l'importanza del rapportarsi con il contesto inteso soprattutto come composizione di un piano più esteso, comprendente gli spazi negativi e la loro declinazione; l'ultimo aiuta a ragionare sull'importanza a livello compositivo del trattamento formale del volume principe di una biblioteca: la sala lettura.

Si vedrà in seguito come il progetto si possa collocare soprattutto tra il primo e il secondo edificio: se da un lato infatti diventa quasi sinonimo di isolato urbano - così come fa la sede principale dell'università, dall'altro rimane riconoscibile non solo nel prospetto che si affaccia all'esterno, verso il fiume, ma anche nei confronti del tessuto interno del lotto - come la sede della facoltà di giurisprudenza.

2.3 Il tema dell'assemblaggio: il Palazzo Ducale di Mantova e la Biblioteca di Ungers a Karlsruhe

Dopo aver delineato in che modo possano rapportarsi gli edifici monumentali al contesto nel quale si insediano, si affronterà ora una delle possibili strategie attraverso la quale si può intervenire in modo coerente all'interno della forma urbana preesistente: l'assemblaggio.

La complessità e la differenziazione della forma urbana berlinese, nello specifico, possono essere rispettate e risolte tramite una composizione architettonica di forme dai caratteri diverse (tipologie edilizie): un assemblaggio di edifici che danno vita a un complesso organico che riesce a insediarsi in un contesto costruito in maniera non invasiva.

Vengono ora studiati gli aspetti più specifici relativi a due paradigmi di forme composite: il Palazzo Ducale di Mantova e la Biblioteca del Baden di Ungers, a Karlsruhe. Il primo viene inteso soprattutto come paradigma per quanto riguarda l'assemblaggio stratificato nel tempo e in un'ampia cronologia, nella quale si sedimentano forme tipologiche differenti; del secondo si terrà invece soprattutto in conto la considerazione eccellente che viene fatta degli edifici preesistenti, *objets trouvés* da pensare all'interno del nuovo progetto.

2.3.1 Palazzo Ducale di Mantova

2.3.1.1 Genesi di forme composite

Innanzitutto occorre precisare che la struttura complessa e variegata del Palazzo Ducale può essere ridimensionata descrivendola come l'insieme di una grande forma urbana e di un edificio isolato: il Castello di San Giorgio. Risulta utile cominciare l'analisi con una chiave di lettura semplificata che permetta di centrare fin da subito il nucleus e la forma generatrice dell'intero sistema, sviluppatosi prevalentemente tra il XII e il XVII secolo. Ripercorrendo a ritroso la genesi del Palazzo Ducale, il punto iniziale del complesso è individuabile nella Corte Vecchia - cortile intorno al quale si dispiega il palazzo urbano della Magna Domus (estensione del Palazzo del Capitano)- , che può essere ritenuta non solo componente duale del Castello di San Giorgio, bensì la *conditio sine qua non* dell'interno conglomerato. Per riuscire a districare quello che sembra apparentemente un collage di forme appartenenti a tipologie diverse, occorre dare una lettura "stratificata" e cronologica generale, col fine di individuare le direttrici principali e gli assi di sviluppo.

Per prima cosa si identificano due assi generatori rilevanti e opposti a cui fanno capo la Corte Vecchia e il Castello di San Giorgio (1395-1406): la prima nasce in stretta relazione con piazza Sordello (dove si trova il Duomo); il secondo si riferisce chiaramente al ponte di San Giorgio, accesso principale della città. La Corte Vecchia è indiscutibilmente il punto di partenza perché è il collegamento che si intende stabilire a livello urbano e paesaggistico: essa, attraverso il suo porticato, esprime la volontà di una prima connessione tra lo spazio pubblico della piazza e quello più naturalistico che si affaccia sul fiume. La costruzione del Castello, definita attraverso una forma architettonica ideale che si riferisce alla topografia locale, deve essere concepita come il posizionamento, ad opera dei Gonzaga, di un nuovo polo come secondo promotore fon-

damentale delle forme che successivamente andranno a creare il mosaico complesso di forme composite. L'edificazione che avviene tra il 1440 e il 1540 ha come perno proprio i due poli sopra citati: da una parte, ortogonale alla Corte vecchia, il Palazzo Ducale viene definito secondo un margine meridionale che connette, con una geometria rigorosa, piazza Sordello fino alla sponda del Lago Inferiore attraverso l'addizione del Cortile d'Onore, dell'Hortus Conclusus, della Domus Nova e del Giardino dei Semplici; dall'altra, come propagazione di un sistema che nasce dal castello e costeggia la riva del lago, vengono realizzati la Corte Nuova, il colonnato della Cavallerizza e la Rustica, che si pone come raccordo con il primo asse e dialoga direttamente con il Giardino dei Semplici.

La fase successiva e di completamento del Palazzo Ducale, che lo porta ad assumere la conformazione topografica odierna, occupa gli anni che vanno dal 1540 al 1630: l'area triangolare definita dai due assi principali viene sia edificata per mezzo dei volumi che definiscono la Piazza del Castello e della chiesa di Santa Barbara, sia arricchita di spazi aperti come il Cortile delle Otto Facce e il giardino pensile: se questi ultimi vengono considerati, insieme a piazza Santa Barbara e piazza del Castello, e ai giardini già esistenti, rappresentano un ventaglio esaustivo delle possibili declinazioni degli spazi negativi.

2.3.1.2 Sequenze spaziali a confronto

Finora è stato indagato l'assemblaggio a livello compositivo e formale, come risultato della giustapposizione di forme architettoniche dal carattere opposto. Per completare l'analisi viene introdotto il concetto di sequenza spaziale come parte integrante del progetto. Essa garantisce non solo l'organicità all'interno di un sistema composito fondato sulla molteplicità di edifici, ma impreziosisce il conglomerato attraverso un sottile e ricercato dialogo con l'esterno. Palazzo Ducale, che si erge in un punto strategico della città, definendo il rapporto tra città e natura, si fa quindi garante di quelle relazioni che permettono collegamenti a livello urbano e paesaggistico.

Si possono osservare due sequenze spaziali rilevanti: la prima è quella che, partendo da piazza Sordello, concatena in modo orizzontale gli spazi che si affacciano sulle corti, passando per la Domus Nova e giungendo alla Rustica, a ridosso del lago; la seconda è quella più breve e introversa, che percorre spazi aperti ma ben delimitati sui lati, che ha inizio alla fine di piazza Sordello, a nord, e attraversa piazza Castello e piazza Santa Barbara.

In entrambe è chiara la volontà di un raffronto tra piazza Sordello e i cortili del Palazzo: partendo dallo spazio ampio della piazza, attraverso i portici, si nota come ci sia una contrazione tridimensionale e percettiva che poi si dilata negli spazi descritti dalle piazze interne del Palazzo e dai cortili, ognuno con accezione diversa.

Lo studio del Palazzo Ducale si rivela non solo interessante in quanto offre una vasta gamma di tipologie edilizie (palazzo che si affaccia sul cortile, Basilica, portici e Domus) ed esempi di trattamenti puntuali e diversi dello spazio aperto (corte, cortile pensile, hortus conclusus, spazio ad aula, piazza geometrica rigorosa), ma soprattutto perché permette di ragionare sulla valenza della singola unità considerata in relazione al contesto: ogni edificio (ad esclusione del Castello di San Giorgio), durante la cronologia nella quale viene completato il complesso, viene riletto e interpretato in maniera nuova, senza però tradirne la natura. Inoltre è un esempio paradigmatico per quanto concerne l'esperienza della sequenza spaziale.

2.3.2 L'importanza delle preesistenze: la Biblioteca regionale del Baden di Ungers, Karlsruhe

Per poter decifrare nella sua completa raffinatezza questo progetto di Ungers, si potrebbe precisare che l'architetto l'ha definito «omaggio all'eredità classica di Karlsruhe».

Suo obiettivo principale è quello di analizzare e trasformare il vocabolario architettonico delle preesistenze locali per poter dar vita a un progetto che mantenga l'originaria accezione delle stesse, incorporandole in un nuovo complesso coerente. Nella trasformazione degli elementi preesistenti e di quelli nuovi viene rispettata la continuità storica del genius loci, con la sola accezione della sala lettura: un elemento cubico. Punto di partenza per i ragionamenti e per la composizione sono sicuramente gli objets trouvés, gli edifici che già occupano l'isolato: un edificio a "L" perimetrale, un edificio isolato e un blocco compatto di residenze con corti scavate. Vi è inoltre la chiara volontà di riadattare a una tipologia edilizia completamente diversa "frammenti" della Stephanskirche, con la quale si cerca di rendere manifesto il dialogo.

Ungers attua quasi una "stereotipizzazione" delle singole preesistenze e si preoccupa di inserirle in un nuovo piano per l'isolato che ne rispetti minuziosamente il carattere. Si nota come all'edificio a "L", frammento probabilmente di un più ampio manufatto perimetrale, l'architetto giustapponga una struttura che riporti alla forma del recinto e della grande corte interna; si apprezza come controbilanci la presenza dell'edificio-oggetto, collocando un elemento di ingresso di dimensioni simili e infine si comprende perché non intervenga sulla massa scavata. Si vengono così a delineare tre fasce di volumi e spazi che compongono l'isolato: un recinto che definisce una corte, uno spazio aperto verde con due oggetti collocati e per ultimo il blocco con corti scavate delle residenze (su cui l'architetto non interviene).

Il rapporto con la chiesa è visibile invece non a livello di assemblaggio, quanto nella cura del trattamento dei prospetti: il richiamo più evidente è senz'altro rappresentato dalla maestosa cupola (che fa pensare al Pantheon) del salone centrale, che concettualmente si rifà della chiesa. Viene inoltre adottata l'altezza della gronda dell'architrave e quella del colmo del timpano per impostare le altezze dei prospetti classici della biblioteca.

PROGETTO

3. Progetto

3.1 L'assemblaggio di spazi positivi e negativi

Il progetto, come accennato precedentemente, trova nel tema architettonico dell'assemblaggio una realizzazione convincente e coerente. Non si deve intendere questo termine con un'accezione prettamente pratica e pragmatica, secondo la quale risulterebbe essere solo il componimento di più elementi per dar luogo a un'unità organica, bensì occorre riflettere sul "concetto generatore" che ne sta alla base. L'assemblaggio decontestualizzato è sicuramente una soluzione che perde di significato: se si pensa ad edifici contemporanei, se ne troveranno molti che, pur assolvendo in modo esaustivo alla propria funzione ed avendo anche impatto estetico rilevante, non sono connaturati al contesto e alla città nella quale sorgono. L'assemblaggio invece è l'opzione migliore per i tessuti urbani complessi come quelli di Berlino: è il mezzo tramite il quale un'area di difficile definizione morfologica acquista maggiore chiarezza, proprio perché i singoli elementi vengono pensati e ragionati all'interno di un unico piano. In quest'ottica non possono non essere considerati gli spazi negativi, inevitabilmente associati ai volumi che si vanno a costruire: essi non sono semplice "non-volume" e quindi spazio di risulta, ma vanno ponderati con senso e precisione, in stretta correlazione con gli edifici con i quali comunicano.

L'ordine complesso dell'assemblaggio di volumi e di spazi nasce quindi dalla costituzione di un equilibrio tra i sistemi formali dei singoli elementi: ognuno di essi ha una propria autonomia formale e si pone come entità ben definita, all'interno però di un equilibrio architettonico di livello maggiore, quello cioè dell'intera biblioteca.

3.1.1 Strategia progettuale: l'inserimento nella forma urbana e il rapporto con le preesistenze

La caduta del muro è sicuramente stata causa di una spaccatura nella città, da ripensare in termini architettonici e non. Amministratori e architetti si sono trovati di fronte al problema di come ricostruire Berlino, già dilaniata dalle lacune post guerra. Il 1990 è anno di rinascita e di molteplici proposte: vince alla fine quella che si trova in linea con un'idea di ricostruzione critica in continuità con la tradizione della città europea, seguendo i principi teorici di Aldo Rossi e de "l'Architettura della città". Vengono stilate prescrizioni tipo-morfologiche da seguire per attenersi quanto più possibile all'origine (e quindi alla memoria) del passato architettonico berlinese: in particolare «il rispetto dell'impianto urbano preesistente con l'edificazione perimetrale all'isolato, il mantenimento dell'altezza di gronda di 22 m e di colmo di 29 m (corrispondente alla città dell' 800), come garanzia della coerenza del risultato.»

E' in quest'ottica che viene ragionato il progetto, con lo scopo di inserirsi in un tessuto preesistente senza modificarne o stravolgerne il significato. Seguendo l'esempio dell'intervento di Ungers a Karlsruhe, sicuramente sensibile e raffinato nel trattamento rivolto alle preesistenze, si sceglie di considerare il contesto

costruito come base imprescindibile da cui partire: si sarebbe potuto operare anche in altra maniera, optando per un edificio-oggetto compatto e dall'impatto monumentale garantito, ma si sarebbe intaccata l'autonomia degli edifici già presenti.

Si è cercato quindi di identificare al meglio la natura di ogni objet trouvé per potergli dare giusta contrapposizione.

L'isolato urbano nel quale si interviene risulta così composto:

- un edificio a "I", con funzione di vescovato militare, che probabilmente faceva parte di un isolato a perimetro;
- un edificio longitudinale – anch'esso perimetrale – che si articola dai 21 m di gronda fino ai 29 con falde maestose, che ospita un distaccamento dell'università, originariamente con funzione militare;
- edifici correlati - conformazione quasi "dentellata" - che ospitano residenze e che danno luogo a un sistema abbastanza omogeneo (quanto a prospetti e altezze), forse residui di una massa più densa tipica dell'isolato ottocentesco;
- un edificio compatto, la biblioteca di Max Dudler, che chiude l'isolato a sud.

Ci troviamo quindi davanti a un isolato che, ad esclusione dell'edificio-oggetto di Dudler, giustapposto al perimetro dell'isolato novecentesco, risulta formato da fabbricati perimetrali che, nell'insieme, risultano coerenti ed omogenei.

Resta però sicuramente irrisolta la questione degli spazi esterni: allo stato di fatto non si può parlare di nessuna configurazione e di nessuno spazio identificabile, ma piuttosto di un residuo negativo informe e privo di determinazione.

Il progetto quindi ha come scopo non solo quello di completare il tessuto – si potrebbe quasi parlare di maglia - che le preesistenze hanno modellato, ma anche quello di raggiungere una gerarchia negli spazi negativi.

Il primo passo progettuale è stato quello di ridare forma leggibile all'isolato, chiudendolo, secondo la natura fortemente perimetrale di Friedrichstadt, e ricucendone il tessuto. In questo modo, l'edificio a "I" e il volume lineare dell'edificio universitario sono stati riconfigurati secondo la loro originaria tipologia e parallelamente, per collegare l'isolato internamente, sono stati presi come elementi complementari-punto di partenza i prospetti che più danno definizione al lotto: l'ingresso interno dell'università e le residenze più a sud. Per rendere possibile questa connessione orizzontale, è stato inserito un corpo trasversale, parallelo all'università, che collega, tramite un sistema di galleria-scalinata, i tre edifici che si sviluppano in profondità nell'isolato. Questo edificio, sicuramente rilevante all'interno del complesso progettuale, riprende nella geometria, nelle dimensioni e nell'importanza quello universitario, contrapponendosi come fulcro vitale di un nuovo organismo. Esso infatti rappresenta il fattore comune di tutti gli altri edifici, che si dispiegano poi secondo tipologie differenti. Si viene così a configurare un sistema basato sull'assemblaggio, nel quale

i tre edifici nuovi (quello perimetrale e i due che sono i “prolungamenti” delle preesistenze) dialogano con quelli esistenti e sono connessi tra di loro grazie alla spina longitudinale distributiva e a un sistema di spazi aperti: una piazza di pietra a gradoni, un bosco introverso e un giardino usufruibile dai residenti. Posizione d'eccellenza è lasciata alla sala lettura, concepita come edificio-oggetto, gioiello collocato all'interno di un hortus conclusus: lo spazio creato dal corpo a “I”, dalle residenze e dalla spina funzionale è il recinto che descrive i filari che delimitano il cuore della biblioteca. Punto di riferimento per l'altezza della biblioteca, è la gronda dell'edificio universitario (ritenuto quello più rilevante e più configurante del lotto), nonché di più di metà delle altre preesistenze. Per il rivestimento esterno è stata scelta una pietra molto usata oggi a Berlino, la Limestone, di colore beige chiaro: si è cercato di dare uniformità al progetto, già di per sé complesso, con l'utilizzo di pietre modulari che, oltre a dare un'impronta omogenea ai prospetti, si sposano bene con le pareti semplici intonacate delle preesistenze.

3.1.2 Forme composite e tipologie differenti

Parlando di assemblaggio ci si confronta inevitabilmente con il tema tipologico: se infatti si pensa a un progetto che prevede la coesistenza di più edifici, è plausibile che ognuno di essi segua, all'interno di un sistema coerente, una tipologia differente.

E' il caso della biblioteca scientifica: la molteplicità di funzioni che deve assolvere unita alla puntuale conformazione della forma urbana, ha dato luogo a un insieme di edifici distinti e diversi, non solo per funzione, ma soprattutto per l'aspetto architettonico.

Se si pensa al Palazzo Ducale di Mantova, si può concepire l'intero progetto come unione di un edificio isolato (il castello di San Giorgio) e di un'ampia forma urbana: similmente la biblioteca può essere letta come il sistema unitario di una forma urbana articolata orizzontalmente (i tre edifici) e in profondità (spina distributiva), e di un edificio isolato: la sala lettura.

Si delineano all'interno del progetto edifici che internamente differiscono per proporzioni e dimensioni (doppie altezze, modulo) ma che sono accomunati dalla presenza costante di “portici”, per mezzo dei quali viene garantita la connessione orizzontale e che permettono l'affacciarsi ora su spazi interni, ora su quelli esterni.

Il trattamento dei prospetti, seppur riconoscibile come gesto di un unico pensiero progettuale, è stato diversificato in base al singolo edificio e alle sue necessità.

3.1.2.1 La stoà dell'ingresso e il tema ricorrente dei portici

L'edificio che si affaccia esternamente sull'isolato e che è rivolto verso la Sprea è quello sicuramente più importante dal punto di vista estetico: è infatti la cerniera che chiude l'isolato e che dialoga direttamente con le preesistenze che lo affiancano. Si è cercato di trovare una soluzione che non si allontanasse troppo dai prospetti già esistenti, fortemente caratterizzati dalla presenza di falde molto scoscese e che riprendes-

se, seppur in modo contemporaneo, la tripartizione ottocentesca della facciata in zoccolo, parte centrale e attico.

Dal punto di vista planimetrico la sfida è stata quella di coniugare due assi convergenti per dar luogo a un sistema che trovasse la propria autonomia sempre però nel rispetto e nella coerenza di un intervento in un lotto già edificato: il portico più ampio che accoglie i visitatori è la prosecuzione della linea che congiunge le due gronde delle preesistenze, inclinate rispetto all'edificio dell'università: esso, dell'ampiezza di un modulo intero (5 m), rappresenta l'entrata che introduce all'interno dello spazio a tutto altezza del monumentale edificio d'ingresso, che si articola e sviluppa seguendo una griglia perpendicolare alla stecca longitudinale (e di conseguenza alla spina distributiva progettuale). Dunque la divergenza tra l'impianto ortogonale che genera l'intero complesso del progetto e la facciata obliqua come completamento degli edifici preesistenti è stata risolta nello spazio d'ingresso.

Il tema dei portici è sicuramente il leitmotiv del progetto, poiché accomuna e lega i vari edifici della biblioteca: di matrice greca, la stoà è costituita da passaggi coperti ad uso pubblico, prevalentemente in edifici di forma rettangolare allungata, in cui uno dei lati lunghi risulta aperto e colonnato.

Il grande volume d'ingresso, con una forma allungata e trapezoidale (il lato inclinato è quello che dà sulla strada), si apre infatti sia verso la strada, come appena descritto, sia verso l'interno dell'isolato, con un portico coperto dal quale è possibile apprezzare la piazza di pietra e più in generale gli spazi esterni ben configurati. Bisogna però precisare che l'intercolumnio che distanzia i pilastri varia dai 5 m del modulo ai 2.5 m del sottomodulo: la facciata d'ingresso trova nella soluzione più ampia un riscontro coerente, dal momento che si pone come incipit dell'intero sistema progettuale, mentre il secondo portico, quello più interno, è più fitto proprio per dare un ritmo al percorso e all'incedere.

Il secondo portico differisce dal primo non solo in quanto è vetrato ma soprattutto perché viene usufruito orizzontalmente, come connessione tra l'ampio spazio a tutta altezza e la parte più introversa dell'esposizione.

Si vedrà poi come i portici non solo colleghino gli edifici tra loro, ma diventino parte anche di un sistema duale che li vede coattori della scalinata monumentale.

3.1.2.2 Galleria e scalinata: sequenza spaziale principale

Come appena accennato, i portici si fondono in un sistema bipartito (portici e scala) che diventa lo scheletro e l'anima del progetto, in quanto è proprio per mezzo dell'edificio longitudinale che nasce l'idea di sequenza spaziale, della possibilità cioè di percorrere l'edificio orizzontalmente, in profondità verso l'interno dell'isolato, avendo la possibilità di dirigersi verso molteplici ambienti e spazi: l'ingresso, la piazza di pietra, la sala lettura, il ristorante, l'edificio della ricerca - muovendosi lungo il portico del piano terra; e ancora l'auditorium, la terrazza col ciliegio e quella adibita a bar - spostandosi anche ai piani superiori.

I portici, che vanno a formare una sorta di galleria che si declina differientemente in base al piano di appartenenza, prendono avvio nel primo edificio (quello d'ingresso) e accompagnano il progetto fino all'ultimo, sviluppandosi anche orizzontalmente (così come accade nella parte dell'esposizione) e assumendo accezioni diverse ogni volta: quelli che costeggiano il ristorante sono aperti verso la piazza-anfiteatro e permettono la presenza di tavolini esterni; quelli dell'edificio adibito ad amministrazione e ricerca ritmano l'ingresso alle aule di lavoro. Questo succedersi di gallerie subisce processi di contrazione e dilatazione: nel momento infatti in cui deve essere segnalato l'ingresso principale verso uno degli edifici progettuali, il portico si dilata ricalcando il modulo originario di 5 m (è il caso dell'ingresso alla sala lettura, al primo piano, e quello all'auditorium, al secondo piano).

Tale sistema duale si fonda sulla struttura a telaio leggera della galleria e sulla massa muraria e monumentale della scalinata: è un binomio che vuole esaltare la presenza principe del percorso di ascesa come fulcro della sequenza spaziale, senza però depauperare la distribuzione orizzontale a mero "corridoio".

Il ragionamento che sta alla base concepisce la scalinata come elemento forte e individuabile per mezzo del muro che la descrive: è per tale motivo che i pilastri sono assenti nel momento in cui si sale e ricompaiono una volta approdati al nuovo piano. Al piano terra l'elemento murario viene scavato in concomitanza dell'ingresso alla sala lettura e degli spazi verdi esterni: rimangono solo i pilastri a segnalare la differenza tra lo spazio che viene percorso rapidamente, quello del portico, e quello invece dove si è invitati a stanziare e godere del panorama esterno. Inoltre i vani delimitati dalle pareti della scala sono stati destinati a funzioni secondarie aggiuntive che si relazionano all'edificio limitrofo (sala d'attesa per il ristorante, sale relax e sala proiezione).

Approfondendo il tema della sequenza spaziale principale, si può affermare che essa sia stata pensata per svilupparsi prevalentemente lungo l'asse che dal piano terra dell'edificio d'ingresso porta al terzo ed ultimo piano dell'edificio adibito alla ricerca: si snoda quindi attraverso l'ascesa monumentale della scalinata, che permette ad ogni piano di giungere a un edificio diverso. Si ha così, al primo piano, l'ingresso principale della sala lettura, al secondo piano l'ingresso all'auditorium (la cui galleria si snoda, a doppia altezza, tra il primo e il secondo piano) e al terzo piano la possibilità di evadere dalla routine dei laboratori di ricerca concedendosi una pausa nello spazio introspettivo e raccolto della terrazza, arricchita dalla presenza del cilegio. Per concludere ciclicamente il percorso, al terzo piano la galleria che fiancheggia la scala, alleggerita dei pilastri, torna verso l'edificio dell'ingresso diventando una passerella che si dirige verso la fine della sequenza spaziale: l'affaccio verso la Sprea prima tramite lo spazio espositivo e per ultimo con una raccolta caffetteria all'aperto.

3.1.2.3 L'edificio ad aula

Ha una doppia natura il braccio centrale del progetto, quello che dialoga strettamente con l'edificio universitario. Proprio per la sua posizione infatti, si è scelto di destinare il piano terra ad uso ristorante-mensa,

usufruibile non solo dai visitatori e dai lavoratori della biblioteca ma anche dagli studenti universitari, permettendo un rapporto con la piazza e con il giardino introverso per mezzo dei portici. Il primo e il secondo piano sono invece occupati dall'auditorium, funzione principale dell'edificio: l'ampio spazio privo di pilastri si stende per una larghezza totale di 20 m ed è coperto da lucernari situati ai lati estremi della copertura, che assicurano una luce zenitale e che sono sorretti da travi di 1 m. In questa situazione il modulo solitamente scandito dai pilastri dei portici viene reinterpretato dalla presenza dei lucernari quadrati.

3.1.2.4 L'edificio tripartito a galleria

Il terzo edificio, quello che ospita gli uffici dell'amministrazione (piano terra) e i laboratori di ricerca (piano primo e secondo) è di dimensioni considerevolmente inferiori rispetto ai precedenti e trapela chiaramente la costruzione a telaio. In pianta, risulta tripartito in modo simmetrico: sul lato settentrionale, quello che guarda verso l'interno dell'isolato, si trova il corridoio porticato dal quale si accede alle stanze di lavoro; centralmente vi sono gli spazi destinati ai laboratori o agli uffici, pensati come spazio di condivisione e quindi non fortemente distinti, ma per lo più vetrati e scanditi dai pilastri modulari; infine, sul lato meridionale, si trova uno spazio a tutta altezza, per portare un po' di luce anche agli angoli più bui. Se lo si analizza in sezione, si vedrà infatti come il piano terra il primo e il secondo piano ricalchino la medesima suddivisione sopra descritta, mentre il terzo piano rappresenta l'eccezione: una terrazza dal carattere introverso e riflessivo diventa il luogo di evasione dalla routine quotidiana, dove poter sostare in un'atmosfera di quiete, che si relaziona solo con il cielo di Berlino. Qui si trova una fascia laterale di lucernari (delle dimensioni di quelli presenti nell'auditorium) che serve come fonte di luce per lo spazio a tutta altezza appena citato: infatti, dal momento che l'edificio confina direttamente con le residenze preesistenti (dai prospetti ciechi), ci si trovava a dover ovviare al problema non solo della ventilazione diretta ma soprattutto della luce. È per tale motivo che la scelta progettuale è stata quella di arretrare il solaio del primo e del secondo piano in modo da creare questo spazio a tutta altezza illuminato zenitalmente, su cui si affacciano i laboratori. In questo modo le esili strutture vetrate prendono luce non solo dalle vetrate disposte a nord, ma riescono ad acquisirne anche da questo pozzo di luce situato a sud. Anche concettualmente il progetto assume qualità: i lucernari dai quali filtra la luce, richiamano al piano della terrazza, concepito come parte più spirituale dell'edificio.

3.1.2.5 La sala lettura: forma pura e patio interno

Eccezione della logica dell'assemblaggio è l'edificio simbolo della biblioteca: la sala lettura. Certamente non è stato casuale che per la funzione principale del complesso si sia scelta una posizione concettualmente e formalmente differente. Se gli altri quattro edifici possono essere letti come chiaro riferimento alle preesistenze, ciò non vale per il cubo della sala lettura, o meglio, il corpo a "I" e la parete settentrionale delle residenze sono solo i margini che definiscono lo spazio in cui viene collocato, quasi come

un piccolo oggetto, il cuore funzionale del progetto. Per rendere al meglio l'idea e la volontà progettuale, si potrebbe citare il Tempio di Bramante in San Pietro in Montorio: un volume che si inserisce all'interno di un contesto già edificato e che va ad influenzare lo spazio circostante.

Si può parlare di forma pura in quanto ci si trova di fronte a un cubo, già di per sé figura emblematica e monumentale (basti pensare al progetto di Aldo Rossi per il monumento alla Resistenza a Cuneo), i cui prospetti vengono trattati nello stesso modo, dando ulteriore organicità all'insieme. Lo spazio interno si sviluppa, come tutti gli altri edifici, su tre piani: il piano terra e il primo piano organizzati similmente, così come il secondo e il terzo. Il percorso studiato e la disposizione non solo architettonica ma anche degli arredi permette una fruizione semplice e circolare, che si ripete in modo uguale ad ogni piano: uno spazio centrale diviso da quelli laterali per mezzo di un corridoio di distribuzione, sempre ritmato dalla presenza dei pilastri. Al piano terra si trova la sala riviste, arredata sui tre lati con scaffali e dotata di banchi individuali o di più ampi tavoli di gruppo: una sala centrale ospita i tavoli più grandi, mentre nelle tre ali laterali sono disposti delle piccole postazioni individuali, poste in rapporto con lo spazio esterno (di cui si parlerà nel cap.3.1.3.4). Il primo piano accoglie l'ingresso principale, al quale si accede tramite la sequenza spaziale principale: un ingresso di 5 m (il portico della galleria si dilata per evidenziare) conduce ad una sala centrale di studio (simile a quella del piano terra) a tutta altezza, illuminata dai lucernari di copertura. Questo piano, fortemente unito al secondo e al terzo (a cui si connette tramite il grande spazio alto 15 m), forma con essi un sistema che richiama quello del patio: il secondo e il terzo piano si affacciano, tramite un loggiato, sull'aula sottostante del primo piano. Quest'ultimo è concepito secondo la logica dell'open space: gli spazi laterali sono dedicati anch'essi allo studio di gruppo, come dilatazione dell'ampia aula. È inoltre presente uno spazio di pausa con divani e tavolini, che guarda verso il giardino. Per quanto riguarda il secondo e il terzo piano, essi sono pensati per uno studio più privato e individuale, più per i ricercatori che per gli universitari: piccoli banchetti posizionati a ridosso del loggiato centrale (un po' alla maniera di Kahn, nella Exeter Eabbinate a coppie, godono della vista degli abeti che incorniciano l'edificio; infine sul lato principale, facilmente raggiungibili dai blocchi di risalita interni, sono disposti in fila gli scaffali del sapere.

3.1.3 Gli spazi aperti

Facendo sempre riferimento al Palazzo Ducale di Mantova, si vede come parallelamente alla logica compositiva dell'assemblaggio, si sviluppi quella che porta alla realizzazione di spazi aperti dal carattere diverso: se nell'esempio preso come riferimento si contano piazze, giardini porticati, giardini pensili e hortus conclusus, nel progetto della biblioteca è altresì presente un ventaglio di declinazioni diverse, che riqualificano il "non-volume" (definito apposta così, perché risultato non di una pianificazione, bensì di una noncuranza progettuale) in tre spazi principali, di pertinenza della biblioteca, e uno esterno che però arricchisce le residenze di un piccolo polmone verde.

3.1.3.1 La piazza di pietra

È il primo spazio in cui il visitatore si imbatte, visibile già dall'ampio corpo d'ingresso: si giunge ad essa per mezzo della galleria al piano terra che, nel momento in cui si dirama a destra verso l'ingresso alla sala riviste, si apre anche verso l'esterno con la piazza di pietra.

Si tratta di uno spazio ribassato che consta di 5 gradoni (la quota minima è quella di 2.5 m) che danno vita a un anfiteatro all'aperto, rivolto verso l' auditorium. Lo spazio è pensato per essere vissuto sia come piazza e momento di relax, in cui le sedute vengono rappresentate dall'architettura stessa della piazza senza bisogno dell'aggiunta di un arredo urbano, sia come spunto per rappresentazioni di diverso tipo (una conferenza all'aperto ecc..)

Nella successione degli spazi aperti si alza il livello di privacy, coerentemente con le funzioni proposte dagli edifici limitrofi. Per l'appunto essa, che all'interno della sequenza spaziale è il primo spazio a cui accede il visitatore, è pensata per essere quello più frequentato, anche solo da utenti che hanno voglia di prendersi un caffè o di pranzare all'aperto, esterni alla biblioteca (come gli studenti dell'università adiacente). Risulta definita sui quattro lati dall'edificio d'ingresso, dal volume longitudinale, dal portico del ristorante e infine da tre tigli, che creano un filare verde come spazio di transizione tra la biblioteca e la parte universitaria.

Il materiale che la riveste è il limestone: si è scelto di usare la stessa pietra, presente nei prospetti di tutto il progetto - anche se con tagli differenti (lastre di 50 cm x 25 cm) -, per coerenza progettuale e per dar l'idea soprattutto che sia una diretta emanazione della stecca longitudinale.

3.1.3.2 L'hortus conclusus

Il secondo spazio a cui conduce la galleria lineare, passando per la sala riviste del piano terra, è quello raccolto dell'hortus conclusus, che dona intimità e introspezione all'edificio della sala lettura. Già l'etimologia (dal latino, "giardino recintato") indica la presenza di un margine che lo definisca: nel caso della biblioteca esso coincide con i prospetti del vescovato militare e con quelli, più a sud, delle residenze, che delineano uno spazio di piccole dimensioni intorno al cubo. Come nell'antichità, il rapporto dimensionale che intercorre tra il verde e il recinto (murario) non è ampio: in questo caso si è scelto di rendere questo spazio introspettivo tramite filari di abete, che permettessero da una parte di essere immersi nel verde, dall'altra lasciassero visibile la preesistenza, proprio per cercare un dialogo.

3.1.3.2 Il bosco introverso

L'ultimo spazio negativo progettuale è anch'esso destinato ad una macchia di verde, ma con carattere differente rispetto al precedente: anche se vi si può accedere dal porticato del ristorante che si apre su di esso, percorrendo il volume lineare della galleria - seguendo cioè la sequenza spaziale principale, esso risulta in una zona più "profonda" (all'interno dell'isolato) del progetto, dove il livello di privacy è maggiore. Ci si trova infatti nelle vicinanze dell'edificio che ospita gli uffici dell'amministrazione e i laboratori di ricerca,

all'interno quindi di un'area che non è pensata per i visitatori ma per i lavoratori. Il piccolo bosco introduce quindi la possibilità di evadere dalla routine e di godersi lo spettacolo del verde anche all'interno dell'ambito lavorativo.

3.1.3.2 Le terrazze del terzo piano

È possibile avere spazi aperti non solo alla quota del piano terra, ma anche come coronamento qualitativo degli edifici stessi. Si è per questo scelto di destinare due edifici (quello d'ingresso e quello più all'interno) a terrazze, con accezione diversa. Percorrendo la sequenza spaziale principale, si giunge al terzo piano dove le vetrate si aprono verso la terrazza introversa del cilegio. (vedi cap. 3.1.2.4). Il secondo spazio aperto in quota lo si trova invece a conclusione della sequenza spaziale principale, come continuazione all'aria aperta della parte espositiva: essa si rivolge, per mezzo di aperture, a nord, alla Sprea e al panorama circostante, a sud, all'interno dell'isolato progettuale, come punto di vista dell'intero complesso. Si è scelto di crearci un piccolo bar all'aperto, proprio per incentivare il visitatore a considerarla un punto di pausa e a cercare un contatto con l'esterno.

3.1.4 Sequenza spaziale e relazioni interne ed esterne

Si è affrontato prima il tema della sequenza spaziale principale, descrivendo il percorso preferenziale che si snoda seguendo la maestosa scalinata che attraversa in profondità tutta la biblioteca, dall'edificio dell'ingresso a quello dei laboratori. Ci si sofferma ora sulle relazioni che si instaurano non solo a livello locale progettuale, ma anche visivo topografico. Se si pensa infatti alla sequenza spaziale che nel Palazzo Ducale di Mantova mira a collegare piazza Sordello alla riva del lago, si può immaginare in che modo la successione degli spazi permetta non solo di esperire l'edificio, ma anche di collocarlo all'interno di un contesto più grande. Il progetto della biblioteca, proprio tramite l'assemblaggio, intende raggiungere quest'obiettivo: la scelta compositiva permette infatti non solo di risolvere egregiamente la questione funzionale, ma anche di usufruire degli spazi interni come cannocchiali verso determinate viste. Il volume lineare è quello che meglio esemplifica queste relazioni: con le vetrate dell'ultimo piano permette un collegamento sia trasversale che longitudinale. Approdato al terzo piano, il visitatore può conoscere l'interno dell'isolato per mezzo dell'ampia vetrata presente, dalla quale ci si accorge anche dell'imponente biblioteca di Dudler. Voltandosi verso il punto di partenza, troverà, in corrispondenza della facciata su strada, la stessa vetrata, dipinta dal cielo berlinese: sarà così invogliato a dirigersi verso essa e, avvicinandosi, potrà apprezzare il panorama che offre non solo il fiume (verso cui il volume lineare si indirizza anche formalmente), ma l'intero paesaggio della riva (edifici novecenteschi con pittoreschi giardini). Guardando verso destra invece, si riuscirà a scorgere la cupola del Bode Museum, a rimarcare la vicinanza concettuale che unisce i due edifici monumentali.

3.2 Forma. Il sistema geometrico: il modulo e le sue declinazioni

Si è parlato di forme composite e tipologie differenti, ma non per questo il progetto, nell'insieme, perde di organicità. Per regolare l'intero sistema non solo funzionalmente e formalmente a livello progettuale ma anche nella puntualità delle interconnessioni con gli edifici circostanti, si è trovato un modulo che desse ordine e ritmo. La totalità degli spazi della biblioteca (interni ed esterni) risulta quindi scandita, in pianta e in alzato, da un modulo di 5 m (intercolumnio e interpiano) che nella maggior parte dei casi si riduce e contrae in un sottomodulo di 2.5 m.

L'utilizzo del modulo originario viene utilizzato per denotare ambienti di grande importanza, dal momento che va a formare veri e propri portali quadrati: è il caso del porticato di ingresso e della scalinata che si potrebbe quasi definire "regia", date le dimensioni. Si vuole sottolineare con questa scelta la presenza preponderante di un percorso in ascesa, quello intorno al quale è organizzata la sequenza spaziale principale. Inoltre lo spazio è dilatato laddove deve essere segnalato l'ingresso di un edificio al volume lineare: al piano primo, nel momento in cui si entra nella sala lettura a tutta altezza e al secondo piano, quando il visitatore accede all'ingresso principale dell'auditorium.

Il modulo regola anche la presenza delle travi a vista, quelle che concorrono a definire in sezione le trasformazioni di contrazione e dilatazione che subisce lo spazio, soprattutto nei punti in cui gli edifici si incontrano.

3.3 Struttura

L'intero complesso, analizzato dai punti di vista strutturale e compositivo, risulta definito per mezzo di un sistema a telaio ben identificabile. Questo tipo di struttura è costruito da un'orditura di travi e pilastri che, ripetuti sia sul piano orizzontale che verticale, forniscono una continuità sotto il profilo statico, consentendo di utilizzare lo spazio limitando gli ingombri planimetrici. Nel caso della biblioteca, nella quale ricorre la presenza di spazi a tutta altezza (quello a tripla altezza dell'ingresso, il patio della sala lettura a doppia altezza), si dimostra quindi la scelta migliore che coniuga un sistema formale autonomo (quello dei portici, descritto precedentemente) e la risposta strutturale corretta. Non è quindi una costruzione che si articola solamente per piani, ma è un progetto nel quale l'elemento verticale e quello orizzontale dialogano e contribuiscono a definire uno spazio tridimensionale equilibrato.

3.3.1 Il contrasto tra l'elemento scavato della scalinata e il sistema a telaio

In tutti i volumi, ad esclusione di quello ad aula dell'auditorium, è facile leggere ed individuare il sistema a telaio, la cui ripetizione si snoda sia in pianta sia in alzato. Quello però più interessante è sicuramente l'edificio lineare, in cui vi è una giustapposizione dettata dalla logica distributiva orizzontale, che affianca alla scalinata la struttura autonoma e ritmata dei portici, che si affaccia come un esile loggiato. Occorre infatti tenere presente qual è il rapporto dimensionale che intercorre tra i due elementi (2:1): la scalinata,

delineata e sorretta dai setti, copre una larghezza di 5 m, mentre le gallerie hanno una grandezza pari alla metà, assumendo così una forma rettangolare slanciata, che sottolinea il carattere incalzante e di passaggio. Il contrasto non si presenta solo a livello formale, ma anche strutturale: se da una parte il sistema della galleria, ripetuto per ogni piano, tende ad alleggerirsi e a farsi etereo, quello della scalinata rimane fedele a se stesso per tutta la sezione. Il sistema porticato infatti si fonde con la massa scavata della scala al piano terra, dove i due elementi dialogano fortemente in virtù del fatto che uno è a servizio dell'altro: a questa quota si vede come in due momenti spaziali, massa muraria e galleria si compenetrino e trovino soluzione per mezzo dei pilastri porticati, che fungono da portali di accesso agli spazi accessori, sottostanti alla scalinata. Sono due episodi in cui è difficile definire il limite che separa i due elementi, ma anzi si trova la fusione della galleria verso lo spazio solitamente definito dal setto della scala. Al primo e al secondo piano la situazione è nettamente diversa: i setti della scala si intersecano ai pilastri della galleria solo nel momento in cui si giunge al piano e formalmente, lo spazio a tutta altezza che la sovrasta la gradinata si oppone a quello più contratto e ridimensionato della galleria. Inoltre i setti della scala, a questi piani, descrivono spazi accessori, riproponendo la connotazione di massa "scavata": all'occhio del visitatore non sfuggirà l'impattante presenza costruita della scala, che però viene scavata al suo interno per permettere di ricavare spazi usufruibili. Per quanto riguarda la galleria, l'eccezione è rappresentata dal terzo piano: l'attenzione, giunti alla fine del percorso, deve essere destinata soprattutto alle vetrate che si aprono verso l'esterno. Per questo motivo i pilastri scompaiono e rimane solo l'esile parapetto, che conduce il visitatore all'ampia parete vetrata del prospetto sul fiume. Strutturalmente però, il sistema a telaio è garantito dalla presenza dei pilastri perimetrali.

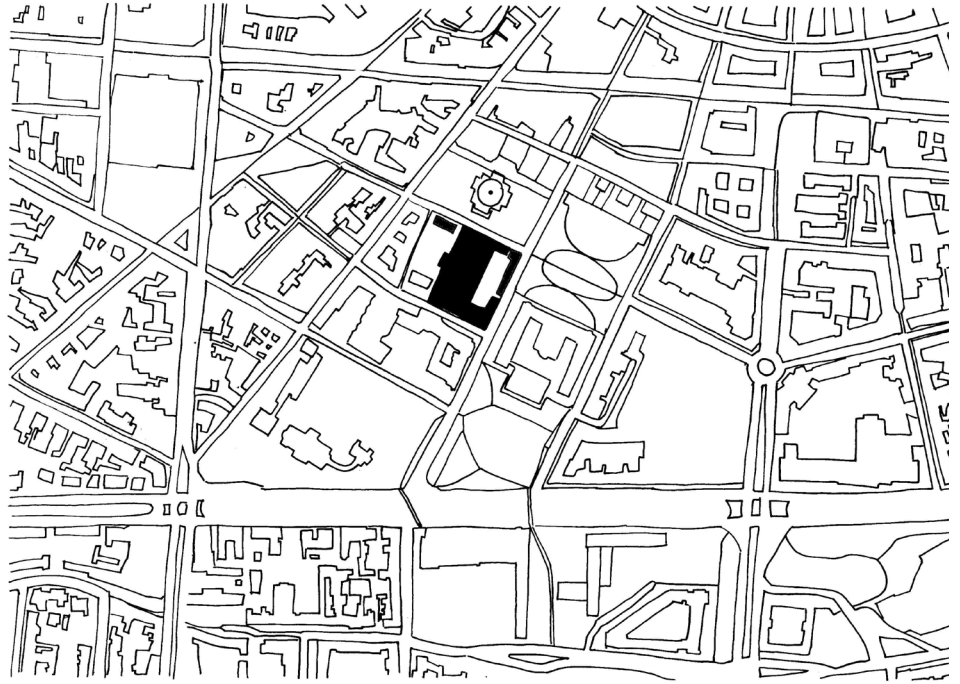
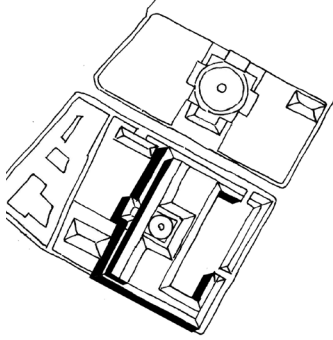
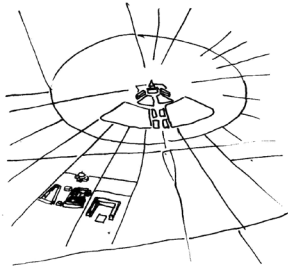
3.3.2. L'utilizzo della luce e le declinazioni dei lucernari

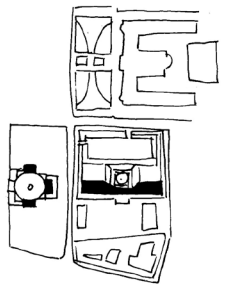
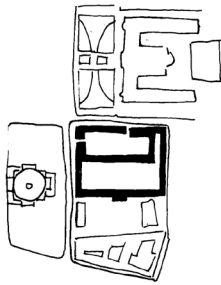
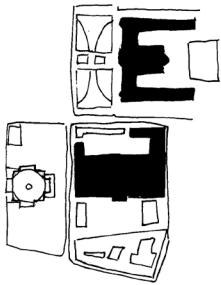
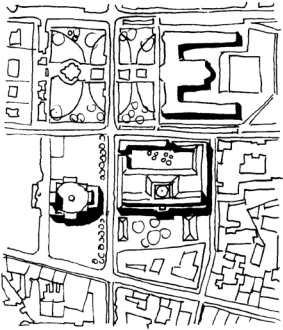
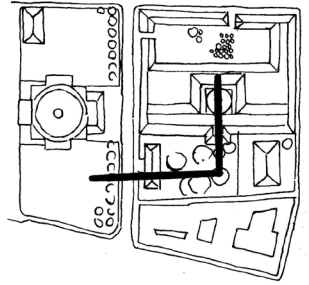
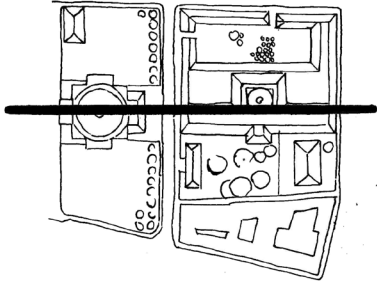
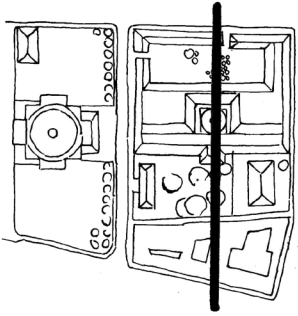
L'intero complesso progettuale conta sicuramente sull'utilizzo della luce naturale come forma principale di illuminazione, fatta eccezione per la parte espositiva, in cui è presente un'illuminazione ad hoc (usufruendo anche delle travi ribassate come supporti per faretti) con tecniche che consentano un corretto trattamento delle opere. La biblioteca scientifica indaga infatti le antichità non solo come raccolta di manoscritti, ma ospita anche una collezione di opere dal carattere archeologico.

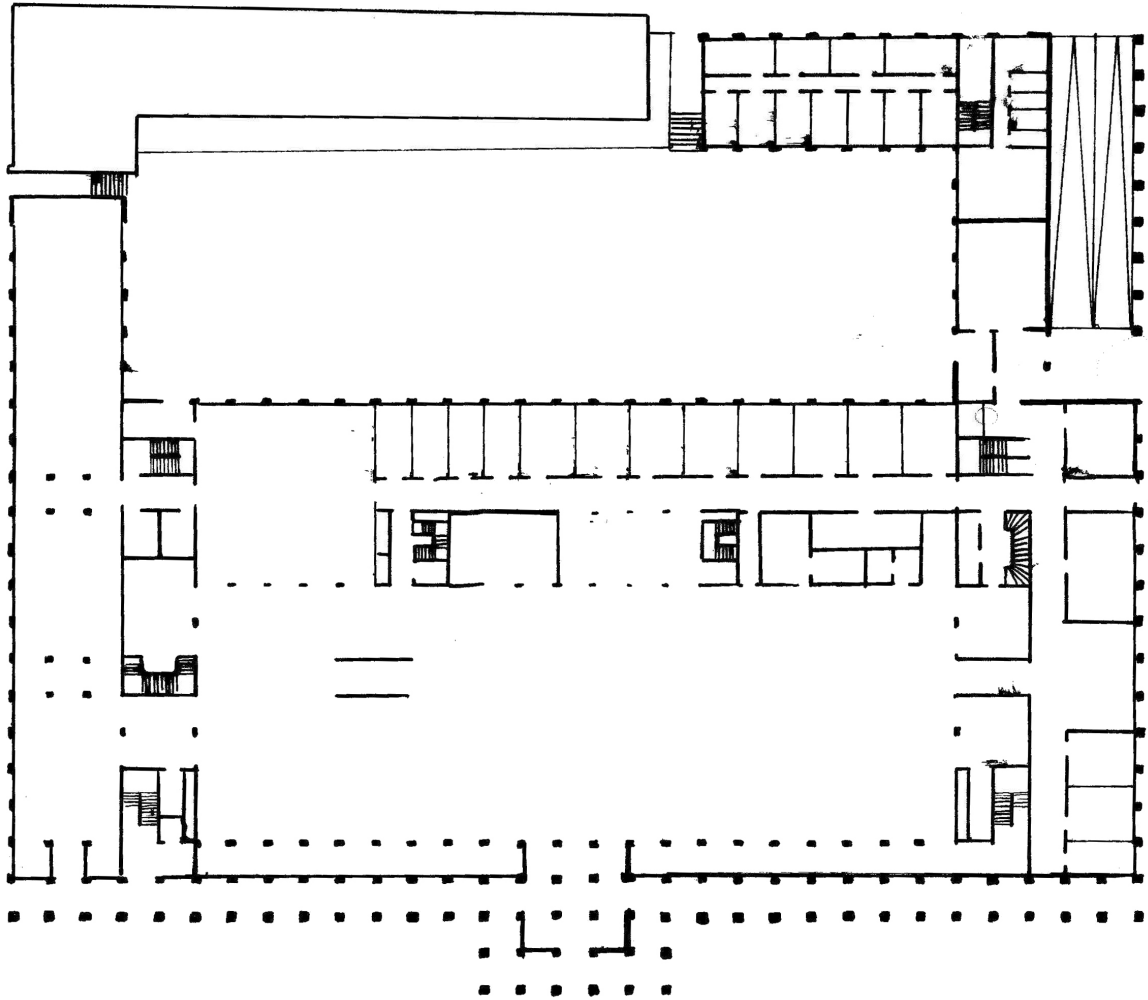
Oltre alle finestre presenti su tutto il lato interno del volume lineare, che diventano motivo di organicità del complesso, si trovano aperture anche sui prospetti dell'edificio d'ingresso, sui tre lati dell'aula di lettura che danno verso il giardino e su quelli della parte destinata ai laboratori, per garantire un quantitativo di luce naturale agli ambiti di lavoro. Inoltre, grazie alla loro suddivisione, le finestre, che si aprono nella parte più alta, aiutano il sistema di ventilazione soprattutto negli spazi concepiti come luoghi di passaggio (si veda la galleria del volume lineare, nel quale il ricambio d'aria viene garantito proprio tramite questo sistema). Per quanto riguarda le fonti di luce verticale, tutti gli spazi interni (escluso quello dell'esposizione, per le ragioni sopra descritte) sono studiati per essere principalmente illuminati con luce zenitale, anche

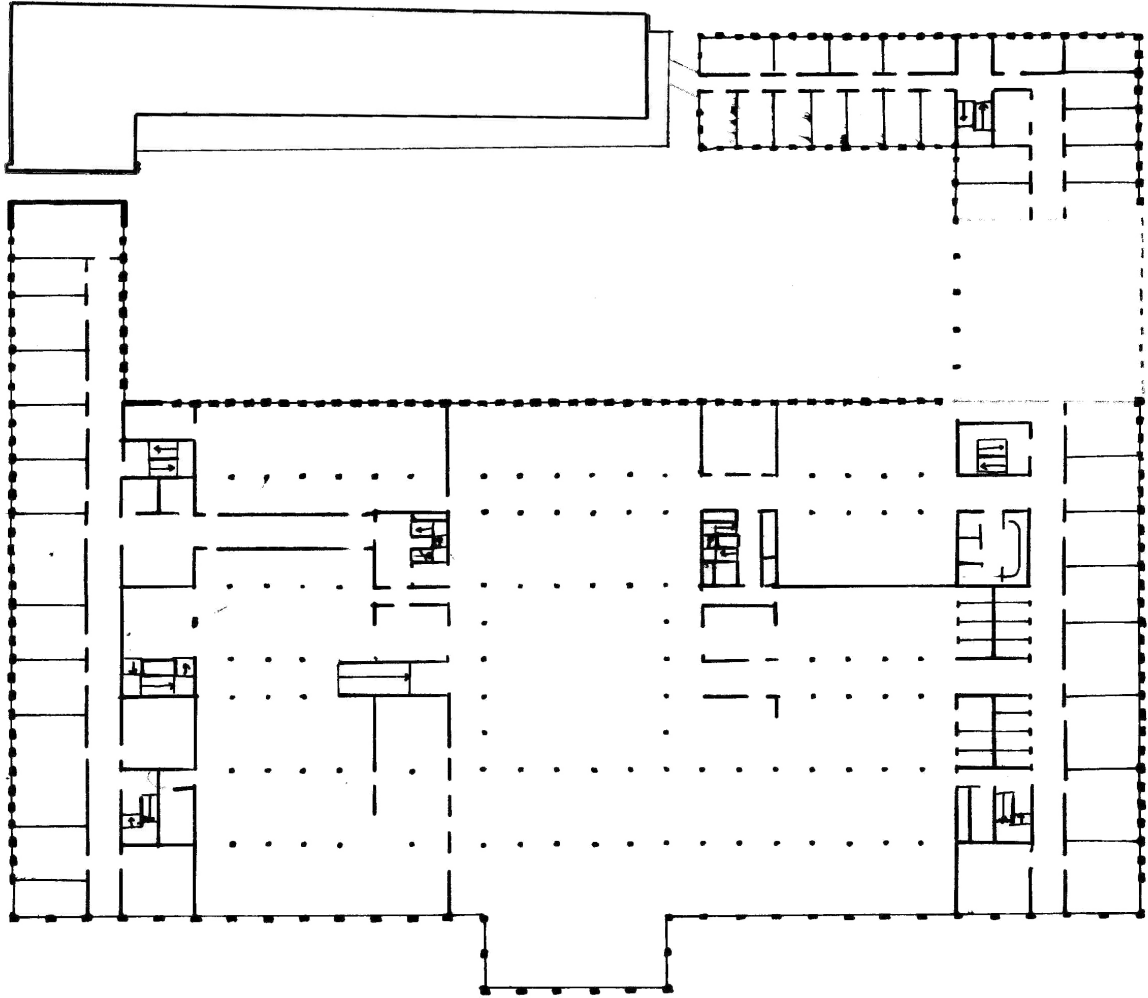
a sottolinearne il carattere monumentale e solenne. I lucernari reinterpretano la natura di ogni edificio articolandosi con forme e dimensioni differenti:

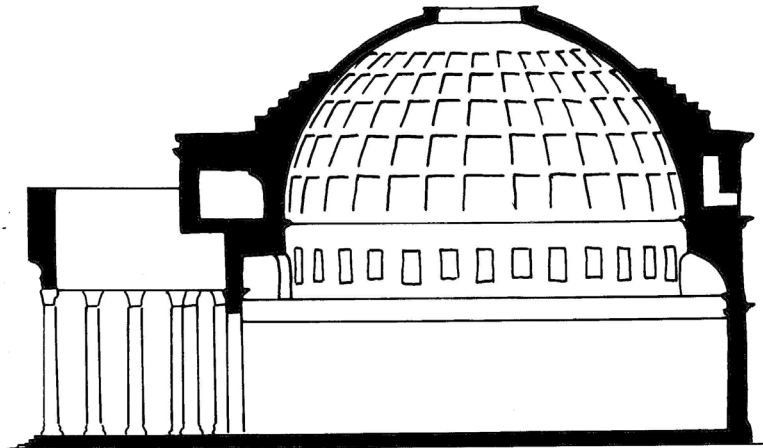
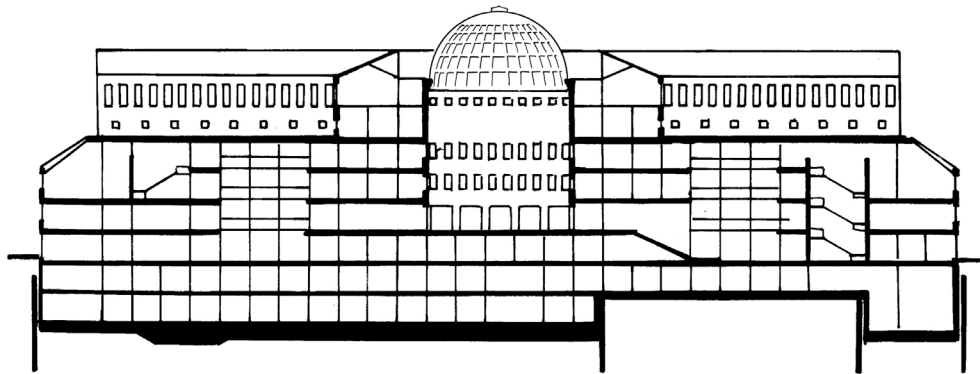
- edificio d'ingresso: è lo spazio più ampio dell'intero complesso, il primo in cui il visitatore si imbatte, concepito secondo un ordine quasi gigante per enfatizzare il carattere monumentale del complesso. I lucernari che illuminano lo spazio a tripla altezza sono quadrati e ricalcano le dimensioni del modulo;
- edificio della sala lettura: se il piano terra ha come fonte di luce quella delle finestre che si dispiegano su tutti i prospetti, i piani soprastanti posso usufruire anche di aperture in copertura, che con 16 lucernari (2m x 2m) non solo illuminano la sala studio dal primo piano, ma conferiscono un aspetto spirituale e introverso all'intero sistema di corridoi e sale che si articola intorno al patio, fulcro generatore dell'intero cubo;
- edificio dell'auditorium: per motivi funzionali (non solo acustici ma anche legati all'utilizzo della luce, che non deve essere d'intralcio alla proiezione), sono presenti lucernari uguali a quelli della sala lettura ma disposti in due file laterali, che vanno a illuminare indirettamente la platea, con luce riflessa
- edificio dei laboratori: (vedi 3.1.2.4): al terzo piano, in corrispondenza del piano di calpestio della terrazza, sono ricavati dei lucernari laterali che permettono, uniti a uno spazio a tutta altezza, di aumentare la luminosità delle stanze di lavoro, che si affacciano con vetrate su questo spazio.

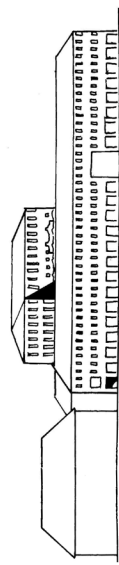
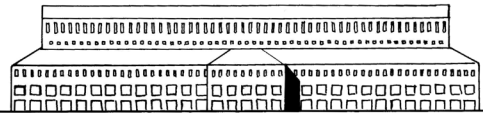
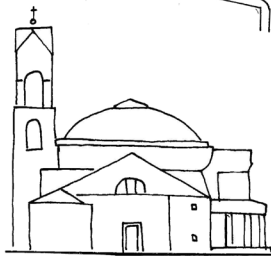
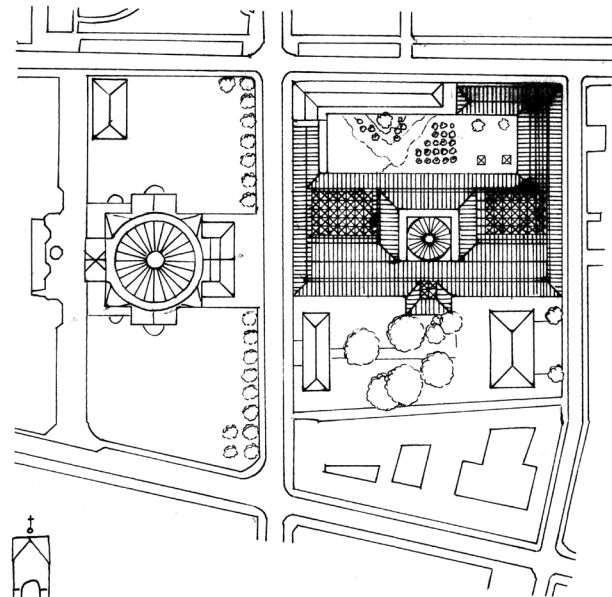


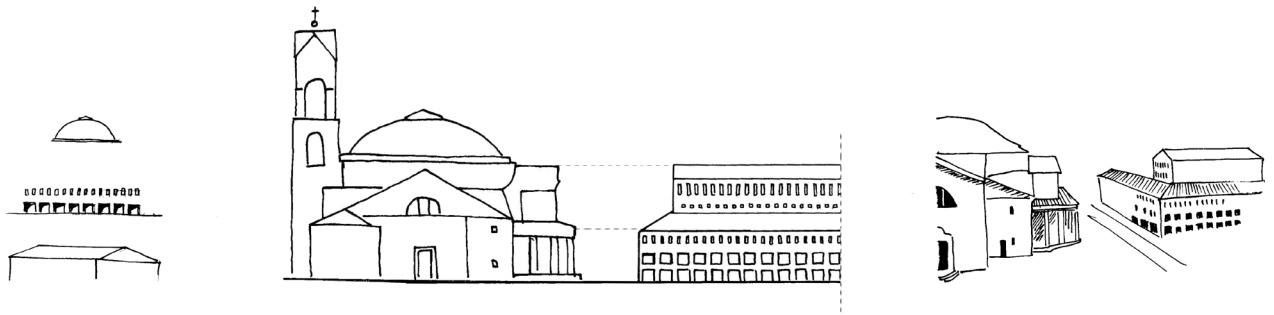
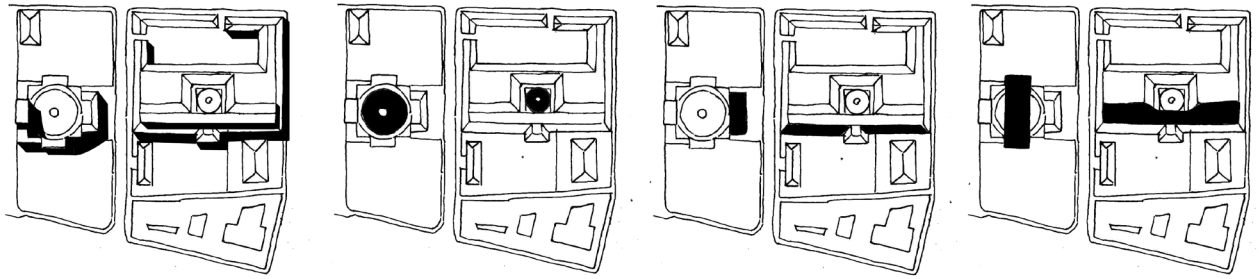


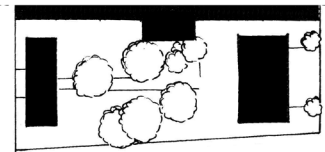
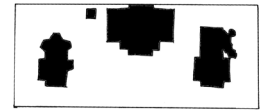
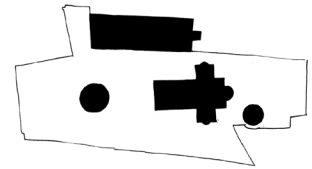
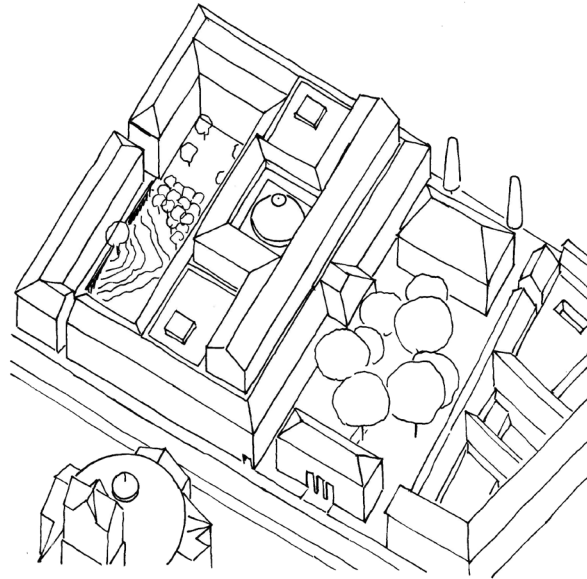
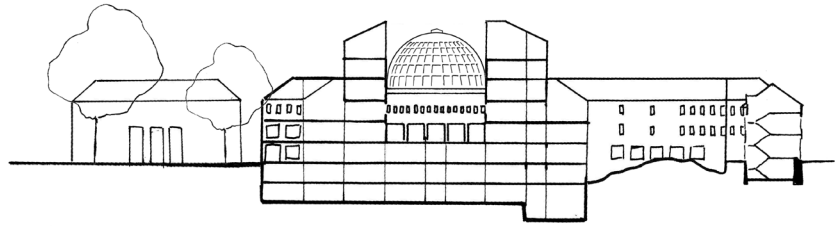
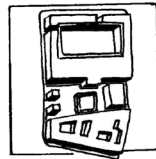
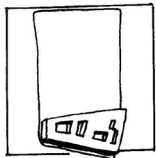
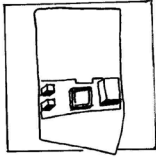
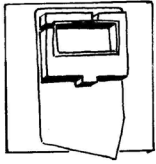




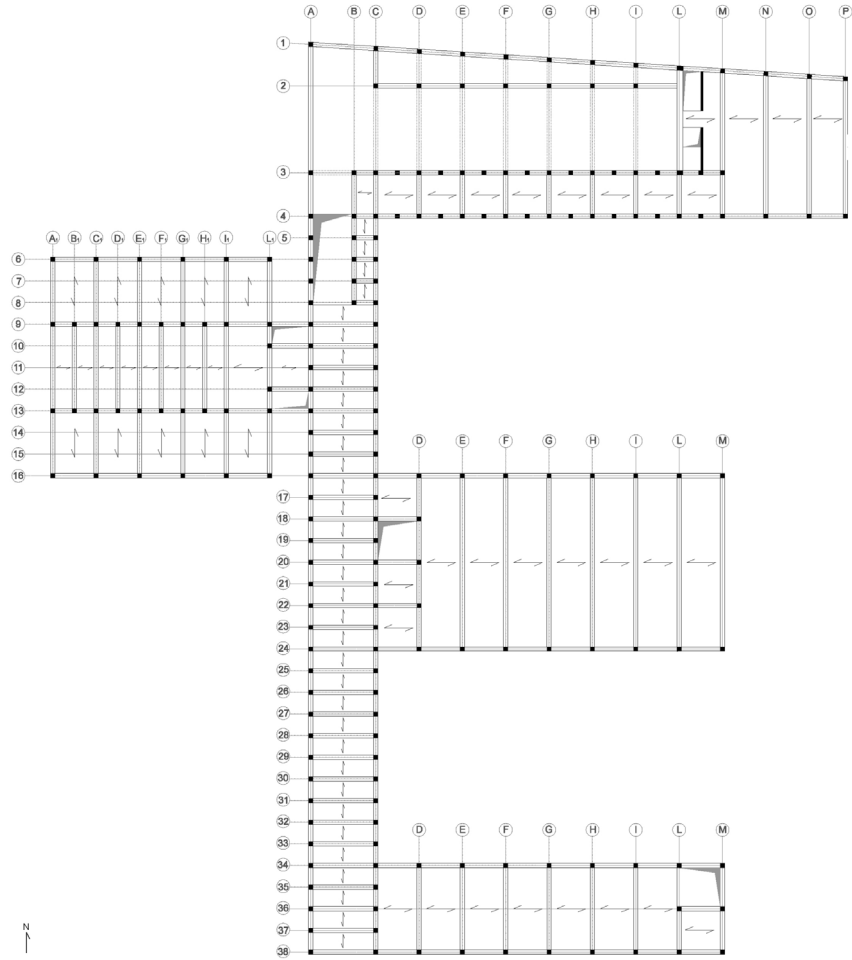








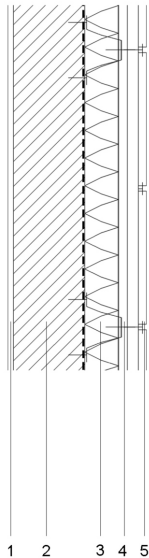
PIANTA STRUTTURALE
scala 1:500



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA

PARETE PERIMETRALE

	Descrizione strato	spessore d [cm]	conduttività l [W/(m K)]	densità r [kg/m ³]	calore specifico c [J/(kg K)]	Resistenza unitaria R [(m ² K)/W]	
1	intonaco	2,00	1,200	1400,0	1,9	0,017	
2	cl armato	25,00	2,300	2400,0	0,9	0,109	
3	isolante (materassino in lino)	15,00	0,040	30,0	1000,0	3,750	
4	intercapedine d'aria (in movimento)	5,00					
5	pietra limestone	3,00					
SPESSORE TOTALE (cm)		50,00				3,875	
						Resistenza termica superficie interna [(m ² K)/W]	0,130
						Resistenza termica superficie esterna [(m ² K)/W]	0,040
Resistenza termica totale [(m² K)/W] R_T :						4,05	
Trasmittanza unitaria [W/(m² K)] U :						0,25	



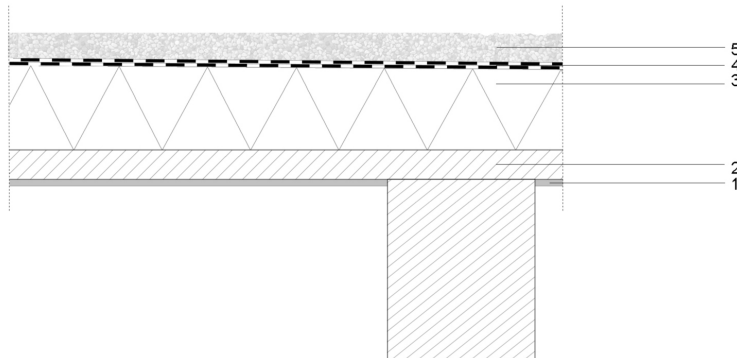
CALCOLO DELLA TRASMITTANZA

SOLAIO DI COPERTURA

	Descrizione strato	spessore d [cm]	conduttività l [W/(m K)]	densità r [kg/m ³]	calore specifico c [J/(kg K)]	Resistenza unitaria R [(m ² K)/W]
1	intonaco di calce + stabilitura	2,00	1,200	1400,0	1,9	0,017
2	solaio prefabbricato in cemento precompresso	10,00	2,300	2400,0	0,9	0,043
3	isolante termoacustico (pannelli porosi in fibra di legno)	30,00	0,040	190,0	840,0	7,500
4	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,50	0,170	1200,0	1,5	0,029
5	ghiaia	8,00	1,200	1700,0	0,8	0,067
SPESSORE TOTALE (cm)		50,50				7,656
Resistenza termica superficie interna [(m ² K)/W]						0,100
Resistenza termica superficie esterna [(m ² K)/W]						0,040

Resistenza termica totale [(m²K)/W] **R_T :** **7,80**

Trasmittanza unitaria [W/(m²K)] **U :** **0,13**





LEED 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni

Lista di controllo dei crediti

Progetto BIBLIOTECA SCIENTIFICA A BERLINO

Data

7 6 1 Sostenibilità del Sito Punti: 17

Y	N	?	Prereq	Credito	Punti
Y			Prereq 1	Prevenzione dell'Inquinamento da Attività di Cantiere	
1			Credito 1	Selezione del Sito	1
1			Credito 2	Densità Edilizia e Vicinanza ai Servizi	5
		1	Credito 3	Recupero e Riqualficazione dei Siti Contaminati	0
1			Credito 4.1	Trasporti Alternativi: Accesso ai Trasporti Pubblici	6
	1		Credito 4.2	Trasporti Alternativi: Portabiciclette e Spogliatoi	0
	1		Credito 4.3	Trasporti Alternativi: Veicoli a Bassa Emissione e a Carburante Alternativo	0
1			Credito 4.4	Trasporti Alternativi: Capacità dell'Area di Parcheggio	1
1			Credito 5.1	Sviluppo del Sito: Proteggere e Ripristinare l'Habitat	1
1			Credito 5.2	Sviluppo del Sito: Massimizzazione degli Spazi Aperti	1
	1		Credito 6.1	Acque Meteoriche: Controllo della Quantità	0
	1		Credito 6.2	Acque Meteoriche: Controllo della Qualità	0
	1		Credito 7.1	Effetto Isola di Calore: Superfici Esterne	1
	1		Credito 7.2	Effetto Isola di Calore: Coperture	0
1			Credito 8	Riduzione dell'Inquinamento Luminoso	1

3 0 0 Gestione delle Acque Punti: 5

Y	N	?	Prereq	Credito	Punti
Y			Prereq 1	Riduzione dell'Uso dell'Acqua	
1			Credito 1	Gestione Efficiente delle Acque a Scopo Irriguo	2
	Y			Riduzione dei Consumi del 50%	2
	N			Nessun Uso di Acqua Potabile per l'Irrigazione	0
1			Credito 2	Tecnologie Innovative per le Acque Reflue	1
1			Credito 3	Riduzione dell'Uso dell'Acqua	2
	Y			Riduzione del 30%	2
		Y		Riduzione del 35%	3
		Y		Riduzione del 40%	4

5 1 0 Energia e Atmosfera Punti: 19

Y	N	?	Prereq	Credito	Punti
Y			Prereq 1	Commissioning di Base dei Sistemi Energetici dell'Edificio	
Y			Prereq 2	Prestazioni Energetiche Minime	
Y			Prereq 3	Gestione di Base dei Fluidi Refrigeranti	
1			Credito 1	Ottimizzazione delle Prestazioni Energetiche	11
				Riduzione del fabbisogno di 12% per Nuove Costruzioni e di 8% per Ristrutturazioni	1
				Riduzione del fabbisogno di 14% per Nuove Costruzioni e di 10% per Ristrutturazioni	2
				Riduzione del fabbisogno di 16% per Nuove Costruzioni e di 12% per Ristrutturazioni	3
				Riduzione del fabbisogno di 18% per Nuove Costruzioni e di 14% per Ristrutturazioni	4
				Riduzione del fabbisogno di 20% per Nuove Costruzioni e di 16% per Ristrutturazioni	5
				Riduzione del fabbisogno di 22% per Nuove Costruzioni e di 18% per Ristrutturazioni	6
				Riduzione del fabbisogno di 24% per Nuove Costruzioni e di 20% per Ristrutturazioni	7
				Riduzione del fabbisogno di 26% per Nuove Costruzioni e di 22% per Ristrutturazioni	8
				Riduzione del fabbisogno di 28% per Nuove Costruzioni e di 24% per Ristrutturazioni	9
			Y	Riduzione del fabbisogno di 30% per Nuove Costruzioni e di 26% per Ristrutturazioni	10
				Riduzione del fabbisogno di 32% per Nuove Costruzioni e di 28% per Ristrutturazioni	11
				Riduzione del fabbisogno di 34% per Nuove Costruzioni e di 30% per Ristrutturazioni	12
				Riduzione del fabbisogno di 36% per Nuove Costruzioni e di 32% per Ristrutturazioni	13
				Riduzione del fabbisogno di 38% per Nuove Costruzioni e di 34% per Ristrutturazioni	14
				Riduzione del fabbisogno di 40% per Nuove Costruzioni e di 36% per Ristrutturazioni	15
				Riduzione del fabbisogno di 42% per Nuove Costruzioni e di 38% per Ristrutturazioni	16
				Riduzione del fabbisogno di 44% per Nuove Costruzioni e di 40% per Ristrutturazioni	17
				Riduzione del fabbisogno di 46% per Nuove Costruzioni e di 42% per Ristrutturazioni	18
				Riduzione del fabbisogno di 48% per Nuove Costruzioni e di 44% per Ristrutturazioni	19
	1		Credito 2	Produzione in sito di Energie Rinnovabili	0
				2.5% diEnergie Rinnovabili	1
				5% diEnergie Rinnovabili	2
				7.5% diEnergie Rinnovabili	3
				10% diEnergie Rinnovabili	4
				12.5% diEnergie Rinnovabili	5
				15% diEnergie Rinnovabili	6
				17.5% diEnergie Rinnovabili	7

1			Credito	Punti	
1			Credito 3	Commissioning Avanzato dei Sistemi Energetici	2
1			Credito 4	Gestione Avanzata dei Fluidi Refrigeranti	2
1			Credito 5	Misure e Collaudi	3
1			Credito 6	Energia Verde	2

3 3 2 Materiali e Risorse Punti: 5

Y	N	?	Prereq	Credito	Punti
Y			Prereq 1	Raccolta e Stoccaggio dei Materiali Riciclabili	
		1	Credito 1.1	Riutilizzo degli Edifici: Mantenimento di Murature, Solai e Coperture Esistenti	0
				Riutilizzo del 55%	1
				Riutilizzo del 75%	2
				Riutilizzo del 95%	3
		1	Credito 1.2	Riutilizzo degli Edifici: Mantenimento del 50% degli Elementi Non Strutturali Interni	0
	1		Credito 2	Gestione dei Rifiuti da Costruzione	2
				50% di Contenuto Riciclato o Recuperato	1
		Y		75% di Contenuto Riciclato o Recuperato	2
	1		Credito 3	Riutilizzo dei Materiali	0
		N		Riutilizzo del 5%	1
		N		Riutilizzo del 10%	2
	1		Credito 4	Contenuto di Riciclato	0
		N		10% di Contenuto	1
		N		20% di Contenuto	2
	1		Credito 5	Materiali Estratti, Lavorati e Prodotti a Distanza Limitata (Materiali Regionali)	2
		Y		10% dei Materiali	1
		Y		20% dei Materiali	2
	1		Credito 6	Materiali Rapidamente Rinnovabili	0
	1		Credito 7	Legno Certificato	1

14 1 0 Qualità Ambientale Interna Punti: 14

Y	N	?	Prereq	Credito	Punti
Y			Prereq 1	Prestazioni Minime per la Qualità dell'Aria	
Y			Prereq 2	Controllo Ambientale del Fumo di Tabacco	
1			Credito 1	Monitoraggio della Portata dell'Aria di Rinnovo	1
1			Credito 2	Incremento della Ventilazione	1
1			Credito 3.1	Piano di Gestione IAQ: Fase Costruttiva	1
1			Credito 3.2	Piano di Gestione IAQ: Prima dell'Occupazione	1
1			Credito 4.1	Materiali Basso Emissivi: Adesivi, Primers, Sigillanti, Materiali Cementizi e Finiture per Leg	1
1			Credito 4.2	Materiali Basso Emissivi: Pitture	1
1			Credito 4.3	Materiali Basso Emissivi: Pavimentazioni	1
1			Credito 4.4	Materiali Basso Emissivi: Prodotti in Legno Composito e Fibre Vegetali	1
1			Credito 5	Controllo delle Fonti Chimiche ed Inquinanti Indoor	1
1			Credito 6.1	Controllo e Gestione degli Impianti: Illuminazione	1
	1		Credito 6.2	Controllo e Gestione degli Impianti: Comfort Termico	0
1			Credito 7.1	Comfort Termico: Progettazione	1
1			Credito 7.2	Comfort Termico: Verifica	1
1			Credito 8.1	Luce Naturale e Visione: Luce Naturale per il 75% degli Spazi	1
1			Credito 8.2	Luce Naturale e Visione: Visuale Esterna per il 90% degli Spazi	1

3 3 0 Innovazione e Processo di Progettazione Punti: 3

1			Credito	Punti	
1			Credito 1.1	Innovazione nella Progettazione: Titolo Specifico	1
1			Credito 1.2	Innovazione nella Progettazione: Titolo Specifico	1
1			Credito 1.3	Innovazione nella Progettazione: Titolo Specifico	1
	1		Credito 1.4	Innovazione nella Progettazione: Titolo Specifico	0
	1		Credito 1.5	Innovazione nella Progettazione: Titolo Specifico	0
	1		Credito 2	Professionalista Accreditato LEED (LEED AP)	0

0 4 0 Priorità Regionale Punti: 0

1			Credito	Punti	
1			Credito 1.1	Priorità Regionale: Credito Specifico	0
1			Credito 1.2	Priorità Regionale: Credito Specifico	0
1			Credito 1.3	Priorità Regionale: Credito Specifico	0
1			Credito 1.4	Priorità Regionale: Credito Specifico	0

35 18 3 Totale Punti: 63

Certificato: 40-49 Punti; Argento: 50-59 Punti; Oro: 60-79 Punti; Platino: 80-110 Punti

Sostenibilità del sito – 17 punti

SELEZIONE DEL SITO – 1 punto

Il sito di progetto è localizzato all'interno di un isolato già edificato: la nuova costruzione non va ad interferire con nessuno degli elementi ritenuti "sensibili", in quanto si inserisce all'interno di un lotto dove gli spazi ineditati sono di scarsa e bassa qualità. Inoltre il nuovo edificio prevede la demolizione di un fabbricato esistente: l'area di progetto era quindi già precedentemente antropizzata e pertanto il sito può essere ritenuto appropriato .

DENSITA' EDILIZIA E VICINANZA DI SERVIZI (5 punti) / TRASPORTI PUBBLICI (6 punti)

L'isolato già edificato dove si inserisce la biblioteca risponde ai criteri sia di densità edilizia (si trova nella zona centrale della città), sia di vicinanza ai servizi: nel raggio di 800 m si trovano servizi base, tra i quali, nell'immediato contesto, i musei e la stazione ferroviaria.

TRASPORTI ALTERNATIVI: CAPACITA' DELL'AREA DI PARCHEGGIO – 2 punti

Dal momento che la zona in cui si inserisce il progetto è decisamente centrale e facilmente raggiungibile sia pedonalmente che coi mezzi pubblici (vicinanza della stazione ferroviaria), non sono stati previsti nuovi parcheggi.

SVILUPPO DEL SITO: PROTEGGERE E RIPRISTINARE L'HABITAT (1 punto) / MASSIMIZZAZIONE DEGLI SPAZI APERTI (1 punto)

L'intervento dà molta importanza agli spazi aperti, dedicando il 30% dell'area totale a superfici verdi riqualificate e di nuova creazione (piantumate con betulle e tigli che si declinano ora in filari, ora in macchie boschive) che si propongono come parte integrante dell'intervento.

RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO – 1 punto

Si prevede che l'edificio, data la funzione principale di biblioteca-sala lettura che è chiamato ad assolvere, non rimanga aperto durante le ore notturne e che quindi non richieda dispendio di luce interna, ad esclusione di eventi sporadici ospitati sulle terrazze all'aperto.

L'isolato che ospita il progetto è da considerarsi centrale, in quanto la zona in cui si inserisce è da ritenersi "zona mediamente illuminata": per quanto riguarda l'illuminazione esterna, nel rispetto della normativa UNI 10819, si prevedono dei proiettori che vadano solo a dar risalto alla facciata nel buio notturno, senza interferire con la brillantezza della volta celeste. Anche i sistemi di illuminazione previsti all'interno del lotto per illuminare gli spazi aperti non provocano inquinamento luminoso in quanto non emettono luce verso l'alto.

Gestione delle acque - 5 punti

GESTIONE EFFICIENTE DELLE ACQUE A SCOPO IRRIGUO – 2 punti

Dal momento che il progetto sorge in un contesto climatico moderatamente umido con precipitazioni distribuite durante l'intero anno, si prevede che le specie arboree non abbiano necessità di un'abbondante irrigazione specifica ad esclusione del primo periodo di vita: si avrà pertanto un'irrigazione basata sul riutilizzo di acqua piovana e la riduzione del consumo di acqua potabile del 50% rispetto al valore calcolato come base nel periodo pienamente estivo.

TECNOLOGIA INNOVATIVA PER LE ACQUE REFLUE – 1 punto

L'edificio sarà dotato di servizi igienici che attuano un contenimento nell'uso dell'acqua, riducendo del 50% l'utilizzo dell'acqua potabile per il convogliamento dei liquami.

RIDUZIONE DELL'USO DELL'ACQUA – 2 punti

Si adottano strategie che complessivamente utilizzano il 30% in meno di acqua rispetto al caso di riferimento calcolato per l'edificio in oggetto, tramite l'installazione di un impianto idrosanitario consono.

Energia e atmosfera – 19 punti

L'edificio è in grado di raggiungere buone prestazioni energetiche grazie all'impiego di tecnologie per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (ad emissioni zero) e a impianti di climatizzazione idonei (LCGWP \leq 13).

Sono previsti un processo di commissioning nelle prime fasi della progettazione e successivamente attività aggiuntive al termine delle verifiche prestazionali degli impianti; inoltre, in accordo con l'appendice F della norma UNI EN 15378, sarà eseguita una contabilizzazione dei consumi energetici in fase di esercizio per un periodo di un anno dopo l'occupazione dell'edificio.

Materiali e risorse – 5 punti

L'intero ciclo di costruzione dell'edificio è attuato nel rispetto dell'ambiente e nel tentativo di ridurre al minimo il dispendio di materiali: nella fase di demolizione dell'edificio esistente e nella costruzione della nuova biblioteca i rifiuti vengono smaltiti mediante inceneritori.

Per la scelta dei materiali si è optato per prodotti autoctoni o presenti nelle vicinanze (limestone usato nel rivestimento delle facciate e legno certificato per gli arredi) non solo come scelta architettonica per caratterizzare l'edificio berlinese ma anche per ridurre gli impatti sull'ambiente derivanti dal trasporto.

Qualità ambientale interna – 14 punti

La qualità dell'aria interna dell'edificio e il comfort che ne risulta sono garantiti dalla fase di costruzione (*Requisiti linee guida aerauliche*), a quella prima dell'occupazione (flush-out) a quella vera e propria di esercizio, in cui è previsto un sistema di monitoraggio della ventilazione per controllare i livelli di CO₂, soprattutto negli spazi densamente occupati (sala lettura).

I materiali utilizzati per l'interno (intonaci fotocatalitici, pavimentazione, legni..) sono certificati e scelti per ridurre l'emissione di contaminanti odorosi.

Per minimizzare l'esposizione degli occupanti a polveri chimiche, vengono installate barriere antisporcato permanenti lungo le porte d'accesso dell'edificio e filtri d'aria antipolvere di classe F7 negli edifici dov'è presente il sistema di ventilazione meccanica.

Per quanto riguarda l'illuminazione, ove possibile, come nella sala lettura e negli uffici/ricerca, viene garantita la possibilità di una regolazione individuale.

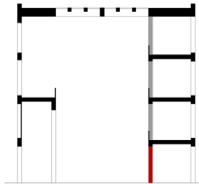
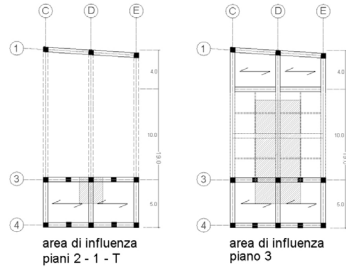
L'ambiente interno è termicamente confortevole in quanto gli impianti rispettano i requisiti della norma UNI EN 15251:2008 e UNI 10339 e vengono migliorati tramite sondaggi fatti tra gli occupanti dell'edificio.

Per ultimo, l'illuminazione naturale ottenuta grazie a intere pareti vetrate contribuisce al raggiungimento del comfort interno: gli occupanti hanno quasi sempre, in accordo con le funzioni assolte dai singoli edifici (uffici, ricerca, sala lettura, ristorante, studioli), il contatto visivo con l'esterno.

Innovazione e processo di progettazione – 3 punti

Si può sostenere che, complessivamente, l'edificio rispetti e racchiuda in sé i principi e i requisiti a cui la LEED fa riferimento e che possa quindi essere considerato coerente con le finalità delle soluzioni proposte nei crediti.

DIMENSIONAMENTO DI UN PILASTRO



P3 solaio di copertura: 884kg/m² + 5% travi: 928,2 kg/m²
carichi accidentali: 200 kg/m² (copertura non calpestabile, neve)

P2 solaio: 880 kg/m²
carichi permanenti non strutturali: 484 kg/m²
carichi d'esercizio: 400 kg/m² (cat. C2 ambienti suscettibili di affollamento)

P1 solaio: 880 kg/m²
carichi permanenti non strutturali: 484 kg/m²
carichi d'esercizio: 400 kg/m² (cat. C2 ambienti suscettibili di affollamento)

PT solaio: 880 kg/m²
carichi permanenti non strutturali: 484 kg/m²
carichi d'esercizio: 400 kg/m² (cat. C2 ambienti suscettibili di affollamento)

P3 area d'influenza: 46,7 m²

G1 carichi strutturali:

peso solaio 928,2kg/m² * 46,7 m² = 43.347 Kg

peso proprio pilastro 0,50 m x 0,50 m x 4,5 m x 2.500 Kg/m³ = 2.812 Kg

= 46.159 Kg

Q_{1k} carichi accidentali:

copertura non calpestabile, neve 200 Kg/m² * 46,7 m² = 9.340 Kg

$$N_{sol} = y_{G1} * G1 + y_q * Q_{1k}$$

$$N_{sol} = 1,3 * 46.159 \text{ Kg} + 1,5 * 9.340 \text{ Kg} = 74.016,7 \text{ Kg}$$

$$A_c = N_{sol} / f_{cd} = 74.016,7 \text{ Kg} / 141,1 \text{ Kg/cm}^2 = 524,56 \text{ cm}^2$$

$$A_c = \sqrt{163,93 \text{ cm}^2} = 22,9 \text{ cm} \quad 30 \text{ cm} * 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 1\% A_c = 0,01 * (30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) = 9 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \varnothing 18 \text{ (10,18 cm}^2)$$

Staffe 1 \varnothing 10 / 20

P 2 - 1 - T area di influenza: 6,8 m²

G1 carichi strutturali:

peso solaio= 880 Kg/m² * 6,8 m² = 5.984 Kg

peso proprio pilastro = 0,50 m x 0,50 m x 4,5 m x 2.500 Kg/m³ = 2.812 Kg

= 8.796Kg

G2 carichi permanenti non strutturali: 484 Kg

Q_{1k} carichi d'esercizio: 400 Kg/m² * 6,8 m² = 2.720 Kg

PILASTRO PIANO TERRA

G1 carichi strutturali: peso solaio di copertura + 3 * peso solaio tipo = 46.159 Kg + 3 * 8.796 Kg = 54.955 Kg

G2 carichi permanenti non strutturali: 484 Kg * 3 = 1.452 Kg

Q_{ik} carichi d'esercizio: 9.340 Kg + 3 * 2.720 Kg = 17.500 Kg

N_{sol} = 1,3 * 54.955 Kg + 1,5 * 1.452 Kg + 1,5 * 17.500 Kg = 99.869 Kg

A_c = N_{sol}/f_{cd} = 99.869 Kg / 141.1 Kg/cm² = 708 cm²

A_c = √708 cm² = 27 cm 30 cm * 30 cm = 900 cm²

A_s = 1% A_c = 0.01 * (30 cm * 30 cm) = 9 cm² = 4 Ø18 (10,18 cm²)

Staffe 1 Ø 10 / 20

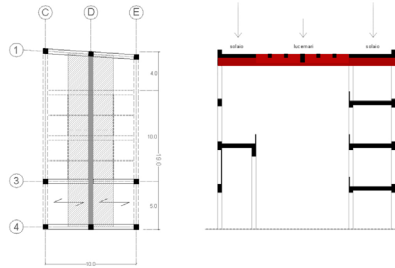
VERIFICA

N_{RD} = 0.8 f_{cd} A_c + f_{yd} A_s

N_{RD} = 0.8 * 141,1 Kg/cm² * 900 cm² + 3.913 Kg/cm² * 10,18 cm² = 141.426,34 Kg

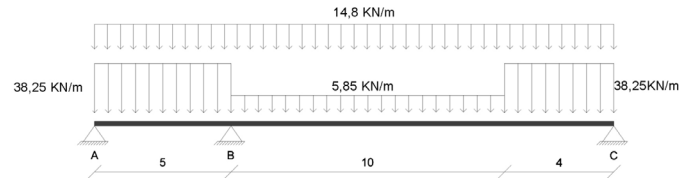
N_{RD} > N_{sol} → 141.426,34 Kg > 99.869 Kg

DIMENSIONAMENTO DI UNA TRAVE



ANALISI DEI CARICHI

peso proprio trave	8,6 KN/m * 1,3	= 11,18 KN/m
carichi accidentali	2 KN/m * 1,5	= 3 KN/m
carico solaio calcestruzzo	29,43 * 1,3	= 38,25 KN/m
carico solaio vetro	4,5 KN/m * 1,3	= 5,85 KN/m



$$\sum R_y = 0 \quad V_a + V_b + V_c - 14,18 \text{ KN/m} * 19\text{m} - 38,25 \text{ KN/m} * 5\text{m} - 5,85 \text{ KN/m} * 10\text{m} - 38,25 \text{ KN/m} * 4\text{m} = 0$$

$$V_a + V_b + V_c = 672,17 \text{ KN}$$

$$\sum M_c = 0 \quad -V_a * 19\text{m} + 191,25 \text{ KN} * 16,5\text{m} - V_b * 14\text{m} + 58,5 \text{ KN} * 9\text{m} + 153 \text{ KN} * 2\text{m} + 269,42 \text{ KN} * 9,5\text{m} = 0$$

$$V_a * 19\text{m} + V_b * 14\text{m} = 6.547,61 \text{ KNm}$$

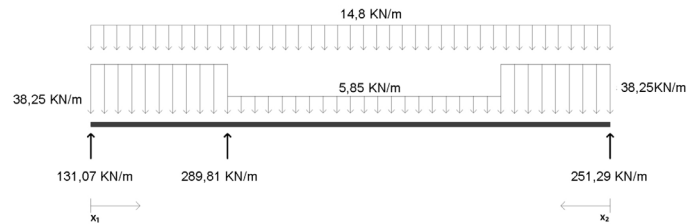
Considero solo l'asta AB per trovare il valore di V_a

$$\sum M_b = 0 \quad -V_a * 5\text{m} + 191,25 \text{ KN} * 2,5\text{m} + 14,18 \text{ KN/m} * 5\text{m} * 2,5\text{m} = 0$$

$$V_a = 131,07 \text{ KN}$$

$$V_b = 289,81 \text{ KN}$$

$$V_c = 251,29 \text{ KN}$$



Calcolo del momento flettente



$$M(x_i) = 0 \quad 131,07 \text{ KN} \cdot x - 38,25 \text{ KN/m} \cdot x^2(x/2) - 14,18 \text{ KN/m} \cdot x^3(x/2) = 0$$

$$x_i = 0 \quad M = 0$$

$$x_i = 2,5 \text{ m} \quad M = 163,83 \text{ KNm}$$

$$x_i = 5 \text{ m} \quad M = 0$$

$$M(x_i) = 0 \quad 131,07 \text{ KN} \cdot x + 289,81 \text{ KN} \cdot (x - 5 \text{ m}) - 191,25 \text{ KN} \cdot (x - 2,5 \text{ m}) - 5,85 \cdot (x - 5 \text{ m}) \cdot (x - 5) / 2 \text{ m} - 14,18 \text{ KN/m} \cdot x^3(x/2) = 0$$

$$x_i = 9 \text{ m} \quad M = 474,65 \text{ KNm}$$

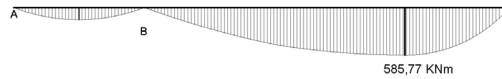
$$x_i = 15 \text{ m} \quad M = 585,77 \text{ KNm}$$

$$M(x_i) = 0 \quad 251,29 \text{ KN} \cdot x - 38,25 \cdot x^2(x/2) - 14,18 \cdot x^3(x/2) = 0$$

$$x_i = 0 \quad M = 0$$

$$x_i = 2 \quad M = 397,72 \text{ KNm}$$

Mmax si ha in $x_i = 15$, dove vale 585,77 KNm



GLI appoggi di estremità della trave dove il momento risulta nullo sono, in realtà, vincoli in cui il momento è tutt'altro che assente. Per questo motivo si calcola il momento negativo nei vincoli considerando la trave non più appoggiata su pilastri ma sorretta da incastri.

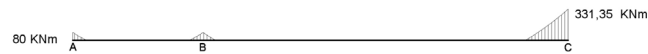
$M_2 = ql^2/12$ (calcoli svolti col metodo della linea elastica)

Considero il primo tratto AB

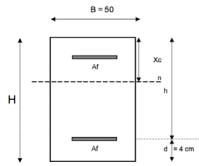
$$M_2 = ((14,18 \text{ KN/m} + 38,25 \text{ KN/m}) \cdot (5 \text{ m}^2)) / 12 = 80 \text{ KNm}$$

Considero il tratto BC

$$M_2 = ((5,85 \text{ KN/m} \cdot 10 \text{ m}^2) + (38,25 \text{ KN/m} \cdot 4 \text{ m}^2) + (14,18 \text{ KN/m} \cdot 14 \text{ m}^2)) = 3312,35 \text{ KNm}$$



Al fine del calcolo dell'armatura superiore si prenderà in considerazione il momento maggiore 331,35 KNm



MATERIALI UTILIZZATI:
 CALCESTRUZZO C25/30 $R_{ck} = 3000 \text{ N/cm}^2$
 FERRO FeB44K

$$h = r\sqrt{M/b}$$

h = altezza utile della trave, distanza del baricentro delle armature tese dal bordo compresso (cm)

M = momento flettente che agisce sulla trave (Ncm)

b = larghezza della sezione resistente (cm)

r = parametro funzione delle resistenze di calcolo del calcestruzzo e dell'acciaio, del coefficiente di omogeneizzazione m e del rapporto tra l'armatura compressa A_f e l'armatura tesa A_f

Considerando la trave su tre appoggi (M2), si trova il valore dell'armatura inferiore

$$M_f = 585,77 \text{ KN/m} = 58.577,000 \text{ Ncm}$$

$$A_f/A_{cl} = 0,5\% \text{ (criterio di scelta: armatura debole)} \quad r' = 4,0462 \quad s = 0,2037 \quad q = 0,1506$$

$$r = r' / \sqrt{R_{ck}} = 4,0462 / \sqrt{54,77 \text{ N/cm}^2} = 0,073$$

$$h = 0,073 \sqrt{58.577,000 \text{ Ncm} / 50 \text{ cm}} = 79 \text{ cm} \quad \boxed{H = 79 + 4 = 83 \text{ cm}}$$

Il valore dell'armatura inferiore è dato da:

$$A_f = q \cdot b \cdot h (\sigma_{s,d}/f_{y,d}) = 0,1506 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 83 \text{ cm} (1323 \text{ N/cm}^2 / 37391 \text{ N/cm}^2) = 22,11 \text{ cm}^2$$

posizione dell'asse neutro:

$$X_c = s \cdot h = 0,2037 \cdot 83 \text{ cm} = 16,9 \text{ cm}$$

Considerando la trave con 3 incastri (M1), si trova il valore dell'armatura superiore (verifica dell'altezza della trave)

$$M_f = 331,35 \text{ KN/m} = 33.135,000 \text{ Ncm}$$

$$A_f/A_{cl} = 0,5\% \text{ (criterio di scelta: armatura debole)} \quad r' = 4,0462 \quad s = 0,2037 \quad q = 0,1506$$

$$r = r' / \sqrt{R_{ck}} = 4,0462 / \sqrt{54,77 \text{ N/cm}^2} = 0,073$$

$$h = 0,073 \sqrt{33.135,000 \text{ Ncm} / 50 \text{ cm}} = 59 \text{ cm} \quad H = 59 + 4 = 63 \text{ cm}$$

Il valore dell'armatura superiore è dato da:

$$A_f = q \cdot b \cdot h (\sigma_{s,d}/f_{y,d}) = 0,1506 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 63 \text{ cm} (1323 \text{ N/cm}^2 / 37391 \text{ N/cm}^2) = 16,7 \text{ cm}^2$$

posizione dell'asse neutro:

$$X_c = s \cdot h = 0,2037 \cdot 63 \text{ cm} = 12,83 \text{ cm}$$

$$M_1 = 33.135,000 \text{ KN/m} = 3.378.829,7 \text{ Kg cm}$$

$$M_2 = 58.577,000 \text{ KN/m} = 5.973.191,7 \text{ Kg cm}$$

Analisi all'appoggio (M1)

$$A_{s,min} = M_1 / (0,9 \cdot h \cdot x \cdot f_{y,d})$$

$$A_{s,min} = 3.3788,29,7 \text{ Kg cm} / (0,9 \cdot 83 \text{ cm} \cdot 3913 \text{ Kg/cm}^2) = 11,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 5 \text{ } \varnothing 18 (12,72 \text{ cm}^2)$$

Analisi in campata (M2)

$$A_{s,min} = M_2 / (0,9 \cdot h \cdot x \cdot f_{y,d})$$

$$A_{s,min} = 5.973.191,7 \text{ Kg cm} / (0,9 \cdot 83 \text{ cm} \cdot 3913 \text{ Kg/cm}^2) = 20,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 8 \text{ } \varnothing 20 (25,13 \text{ cm}^2)$$

Verifica all'appoggio (M1)

$$X = (f_{y,d} \cdot A_s) / (0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{c,d})$$

$$X = (3913 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 12,72 \text{ cm}^2) / (0,8 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 141,1 \text{ Kg/cm}^2) = 8,81 \text{ cm}$$

$$F_c = 0,8 \cdot x \cdot f_{c,d} \cdot b \cdot X = 0,8 \cdot 141,1 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 8,81 \text{ cm} = 49.723,7 \text{ Kg}$$

$$F_t = f_{y,d} \cdot A_s = 3913 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 12,72 \text{ cm}^2 = 49.773,4 \text{ Kg}$$

$$M_{RD1} = F_c \cdot (h - 0,4 \cdot X) = 49.773,4 \text{ Kg} \cdot (83 \text{ cm} - 0,4 \cdot 8,81) = 3.955.790 \text{ Kg cm}$$

$$M_{RD1} > M_1 \rightarrow 3.955.790 \text{ Kg cm} > 3.378.829,7 \text{ Kg cm}$$

Verifica in campata (M2)

$$X = (f_{y,d} \cdot A_s) / (0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{c,d})$$

$$X = (3913 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 25,13 \text{ cm}^2) / (0,8 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 141,1 \text{ Kg/cm}^2) = 17,42 \text{ cm}$$

$$F_c = 0,8 \cdot x \cdot f_{c,d} \cdot b \cdot X = 0,8 \cdot 141,1 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 50 \text{ cm} \cdot 25,13 \text{ cm} = 141.833 \text{ Kg}$$

$$F_t = f_{y,d} \cdot A_s = 3913 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 25,13 \text{ cm}^2 = 98.333,7 \text{ Kg}$$

$$M_{RD2} = F_c \cdot (h - 0,4 \cdot X) = 98.333,7 \text{ Kg} \cdot (83 \text{ cm} - 0,4 \cdot 25,13) = 7.173.246 \text{ Kg cm}$$

$$M_{RD2} > M_2 \rightarrow 7.173.246 \text{ Kg cm} > 5.973.191,7 \text{ Kg cm}$$

COMPOSIZIONE DEI SOLAI
(dettagli scala 1:40)

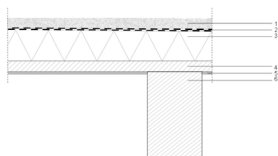
SOLAIO TIPO

MATERIALI	spessore (m)	massa volumica (Kg/m³)	peso (kg/m²)
1 pavimento in pietra limestone	0,02	2000	40
sottofondo	0,02	2000	40
2 massetto di cemento	0,07	2000	140
3 isolante acustico (membrana elastoplastomerica a base di bitumi e polimeri)	0,015	20	0,3
4 solaio prefabbricato in cls armato con rete elettrosaldata	0,1	2200	220
5 trave prefabbricata in cls armato	0,2	2200	440
tot	0,425		880,3



SOLAIO DI COPERTURA

MATERIALI	spessore (m)	massa volumica (Kg/m³)	peso (kg/m²)	larghezza (m)	carico distribuito (kg/m)	carico distribuito (kN/m)
1 ghiaia	0,08	1700	136	5	680	6,67
2 guaina bituminosa impermeabilizzante	0,005	1200	6	5	30	0,29
3 isolante termoacustico (pannelli porosi in fibra di legno)	0,2	190	38	5	190	1,86
4 solaio prefabbricato in cemento precompresso	0,1	2200	220	5	1100	10,79
5 intonaco di calce + stabilitura	0,015	1600	24	5	120	1,18
tot					2120	20,80
6 trave in cls armato	0,8	2200	1760	0,5	880	8,63



COPERTURA VETRATA

MATERIALI	peso	dimensione	carico (kg)	carico distribuito (kN/m)
1 serramenti in alluminio e vetro basso-emissivo con doppia vetrocamera	20 kg/m²	30 m²	600	5,89
2 travi ipe 200mm	22,4 kg/m	13,5 m	302,4	2,97
tot				8,85

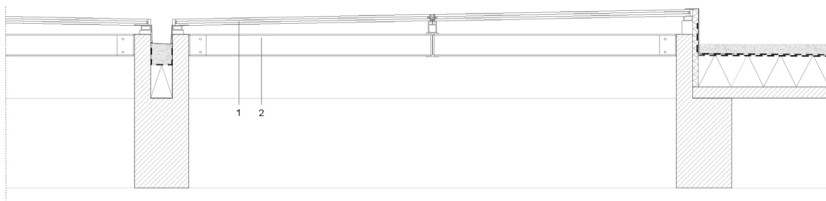
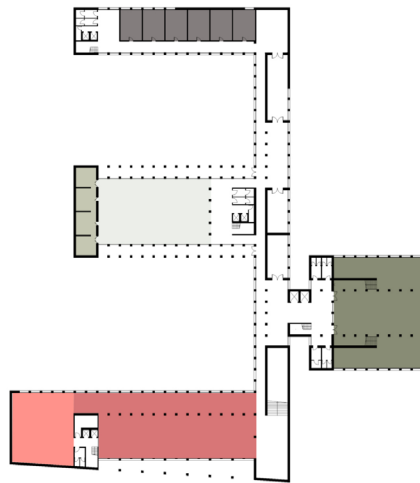


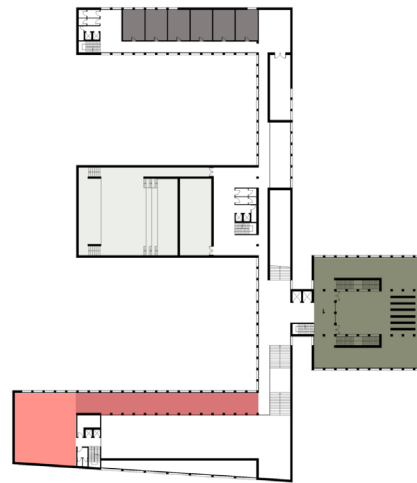
TABELLA DIMENSIONI TONDI PER CEMENTO ARMATO

Diametro mm	Peso kg/m	Numero barre										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
		sezione cm ²										
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	3,39
8	0,395	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	6,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	9,42
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	13,57
14	1,208	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	18,47
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	24,13
18	1,998	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	30,54
20	2,466	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	37,70
22	2,984	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	45,62
24	3,551	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,72	45,24	54,29
25	3,853	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	58,90
26	4,168	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,17	42,47	47,78	53,09	63,71
28	4,834	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	73,89
30	5,549	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,69	84,82
32	6,313	8,04	16,08	21,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	96,51



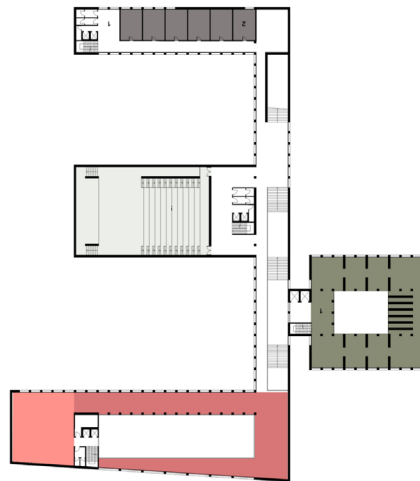
PIANO TERRA

- INGRESSO/DISTRIBUZIONE
- SPAZIO ESPOSITIVO
- BAR/RISTORANTE
- CUCINA
- RICERCA
- SALA LETTURA



PRIMO PIANO

- DISTRIBUZIONE/ESPOSIZIONE
- SPAZIO ESPOSITIVO
- AUDITORIUM
- RICERCA
- SALA LETTURA



SECONDO PIANO

- DISTRIBUZIONE/ESPOSIZIONE
- SPAZIO ESPOSITIVO
- AUDITORIUM
- RICERCA
- SALA LETTURA



TERZO PIANO

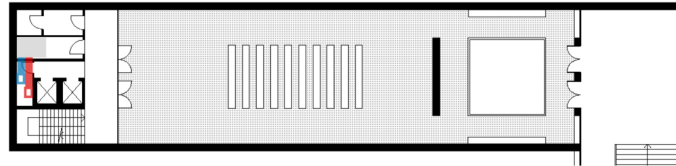
- DISTRIBUZIONE/ESPOSIZIONE
- TERRAZZA DELLO SPAZIO ESPOSITIVO
- AUDITORIUM
- TERRAZZA/CINEMA ALL'APERTO
- SALA LETTURA



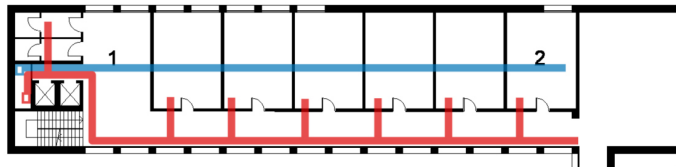
EDIFICIO 3 ricerca

piano	locale	sup. (m ²)	altezza (m)	volume (m ³)	funzione	nR/h	vol tot	vel flusso (m/h)	lato canale (m)
pt	2	204,41	4,5	919,85	uffici	3	2759,535	14400	0,44
pt	1	120,48	4,5	542,16	corridoio	1	542,16	14400	0,19
tot pt				1.462,01					
1	2	204,41	4,5	919,85	uffici	3	2759,535	14400	0,44
1	1	120,48	4,5	542,16	corridoio	1	542,16	14400	0,19
tot p1				1.462,01					
2	2	204,41	4,5	919,85	uffici	3	2759,535	14400	0,44
2	1	120,48	4,5	542,16	corridoio	1	542,16	14400	0,19
tot p2				1.462,01					
tot E2				4.386,02			9905,085	14400	0,83

terzo piano

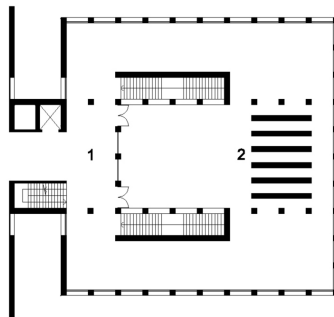


piano tipo

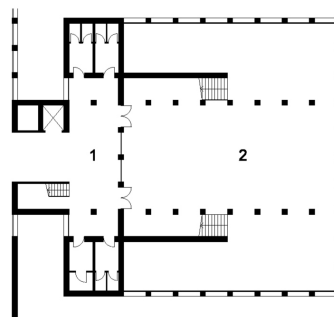


EDIFICIO 4 biblioteca

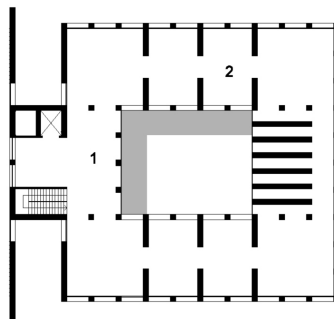
piano	locale	sup. (m ²)	altezza (m)	volume (m ³)	funzione	nR/h	vol tot	vel flusso (m/h)	lato canale (m)
-1	2	645,71	4,5	2.905,70	archivio	2	5811,39	14400	0,64
tot -1				2.905,70					
pt	1	88,86	4,5	399,87	ingresso	0,5	199,935	14400	0,12
pt	2	468,24	4,5	2.107,08	sala lettura	2	4214,16	14400	0,54
tot pt				2.506,95			4414,095	14400	0,55
1	1	88,86	4,5	399,87	ingresso	0,5	199,935	14400	0,12
1	2	556,85	4,5	2.505,83	sala lettura	2	5011,65	14400	0,59
tot p1				2.905,70			5211,585	14400	0,60
2	2	507,58	4,5	2.284,11	sala lettura	2	4568,22	14400	0,56
tot p2				2.284,11					
3	2	507,58	4,5	2.284,11	sala lettura	2	4568,22	14400	0,56
tot p3				2.284,11					
tot E4				12.886,56			24573,51	21600	1,07



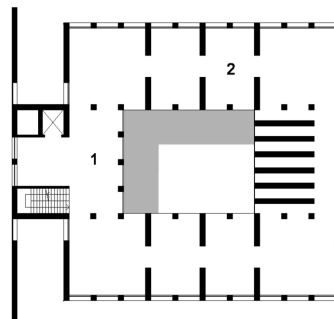
piano terra



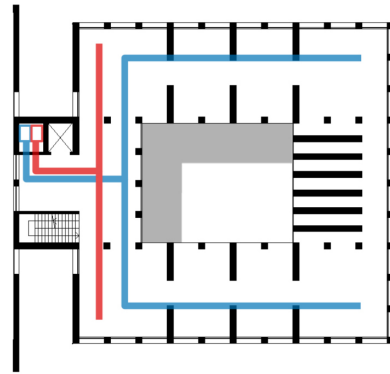
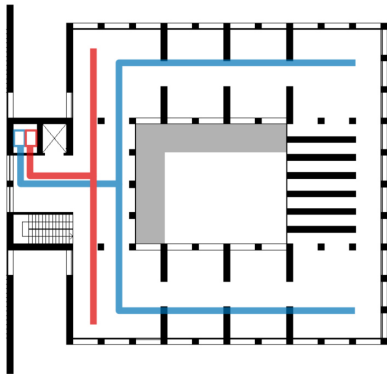
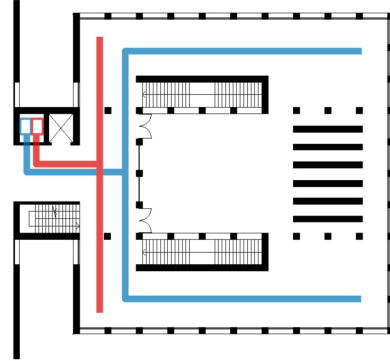
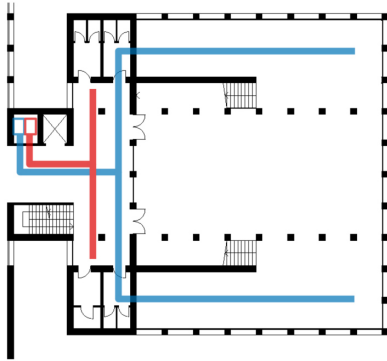
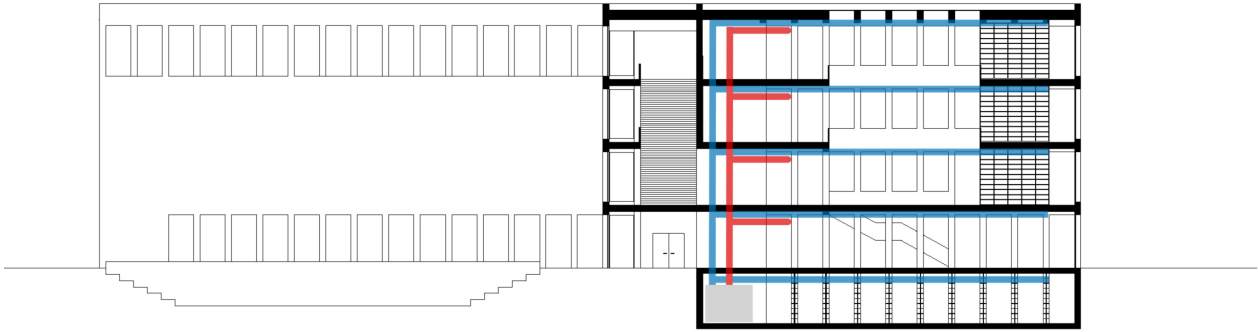
primo piano



secondo piano



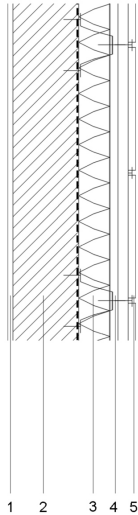
terzo piano



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA

PARETE PERIMETRALE

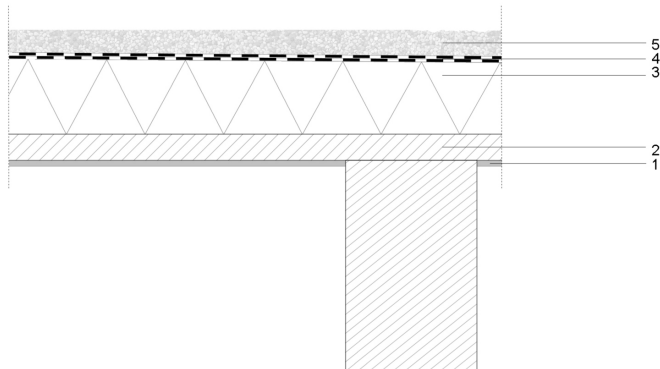
	Descrizione strato	spessore d [cm]	conduttività l [W/(m K)]	densità r [kg/m ³]	calore specifico c [J/(kg K)]	Resistenza unitaria R [(m ² K)/W]
1	intonaco	2,00	1,200	1400,0	1,9	0,017
2	cl armato	25,00	2,300	2400,0	0,9	0,109
3	isolante (materassino in lino)	15,00	0,040	30,0	1000,0	3,750
4	intercapedine d'aria (in movimento)	5,00				
5	pietra limestone	3,00				
SPESSORE TOTALE (cm)		50,00				3,875
Resistenza termica superficie interna [(m ² K)/W]						0,130
Resistenza termica superficie esterna [(m ² K)/W]						0,040
Resistenza termica totale [(m ² K)/W] R_t :						4,05
Trasmittanza unitaria [W/(m ² K)] U :						0,25



CALCOLO DELLA TRASMITTANZA

SOLAIO DI COPERTURA

	Descrizione strato	spessore d [cm]	conduttività l [W/(m K)]	densità r [kg/m ³]	calore specifico c [J/(kg K)]	Resistenza unitaria R [(m ² K)/W]	
1	intonaco di calce + stabilitura	2,00	1,200	1400,0	1,9	0,017	
2	solaio prefabbricato in cemento precompresso	10,00	2,300	2400,0	0,9	0,043	
3	isolante termoacustico (pannelli porosi in fibra di legno)	30,00	0,040	190,0	840,0	7,500	
4	guaina bituminosa impermeabilizzante	0,50	0,170	1200,0	1,5	0,029	
5	ghiaia	8,00	1,200	1700,0	0,8	0,067	
SPESORE TOTALE (cm)		50,50				7,656	
						Resistenza termica superficie interna [(m ² K)/W]	0,100
						Resistenza termica superficie esterna [(m ² K)/W]	0,040
Resistenza termica totale [(m² K)/W] R_T :						7,80	
Trasmittanza unitaria [W/(m² K)] U :						0,13	



RELAZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di una biblioteca scientifica a Berlino, dotata, oltre alla funzione preminente di sala lettura, di altri servizi quali auditorium, ristorante, zona espositiva, uffici, laboratori di ricerca e archivio, ai quali sono stati affiancate funzioni secondarie aggiuntive (sale d'attesa, piccoli studioli e aree relax).

La biblioteca è composta da quattro edifici che ospitano le funzioni principali, messi in comunicazione da un quinto - una stecca trasversale ai quattro - che garantisce i collegamenti orizzontali tramite gallerie-ballatoi e quelli verticali per mezzo di una scalinata monumentale (funzione raddoppiata dai blocchi di risalita "veloce" localizzati in ogni singolo edificio).

L'intero impianto consta pertanto di un edificio a pianta centrale che ospita la sala lettura (un'aula a tutta altezza su cui si affacciano i ballatoi dei tre piani soprastanti) e di altri tre edifici longitudinali che si sviluppano ciascuno su quattro piani, declinati in base alla funzione che sono chiamati ad assolvere.

Data la netta localizzazione e distinzione funzionale, la scelta impiantistica è stata orientata verso un sistema di ventilazione autonomo per ogni fabbricato.

Ogni edificio possiede infatti una propria unità di trattamento dell'aria (UTA) localizzata in un locale tecnico del blocco servizi sopra citato, i cui canali attraversano verticalmente i quattro piani per andare poi a servire ogni singolo piano.

In conformità alla norma UNI 10339, si è stimato il ricambio d'aria necessario per ogni funzione richiesta e di conseguenza dimensionati i canali di immissione e di estrazione di ogni macchina.

Il primo edificio è caratterizzato da un ampio ingresso a tutta altezza sul quale si affacciano i piani della parte espositiva. La scelta impiantistica si basa sulle diverse esigenze dei due differenti ambienti: il grande atrio concepito come luogo di passaggio e la parte espositiva (a piano terra bookshop) invece come zona dove i visitatori tendono a rimanere per un tempo più lungo. L'intero edificio è servito dalla medesima unità di trattamento dell'aria (UTA), situata all'ultimo piano della zona espositiva: i canali della macchina attraversano verticalmente i piani della parte dedicata all'esposizione per poi raggiungere orizzontalmente anche lo spazio d'ingresso.

La ventilazione del secondo edificio, quello che ospita il ristorante e l'auditorium, è garantita da un'ulteriore unità di trattamento dell'aria (UTA) localizzata nel blocco servizi del terzo piano che percorre verticalmente l'edificio andando a garantire il ricambio d'aria anche nella parte del ristorante e della cucina a piano terra.

L'ultimo edificio longitudinale, quello adibito all'amministrazione e ricerca, possiede anch'esso una macchina che provvede alla ventilazione dei quattro piani di uffici.

Un caso diverso è quello rappresentato dall'edificio dove si trovano la sala lettura e l'archivio, per il quale sono state pensate due possibili soluzioni.

Nella prima ipotesi ogni singolo piano possiede un'unità di trattamento dell'aria (UTA), per un totale di cinque macchine (quattro nei piani della sala lettura e una localizzata nel piano interrato dell'archivio), posizionate nel controsoffitto di ogni piano, in corrispondenza dell'ingresso all'aula a tutta altezza: in questo modo, con il funzionamento distinto di cinque macchine, è possibile regolare la ventilazione utilizzando solo alcuni piani, in relazione al numero di occupanti previsti.

La seconda ipotesi, simile alla soluzione adottata negli altri edifici, prevede invece una macchina localizzata nel piano interrato che serve anche i piani soprastanti.

Nel calcolo del sistema impiantistico è stato omesso l'edificio distributivo perché, proprio per la sua funzione di passaggio e per la possibilità di areazione naturale garantita dalle numerose finestre, è quello che necessita meno di un sistema di ventilazione meccanica.

I locali adibiti ad aree relax e studioli prevedono piccoli sistemi autonomi di ventilazione (l'unità di trattamento dell'aria in questo caso potrebbe trovarsi in controsoffittature).

DIMENSIONAMENTO UNITA' TRATTAMENTO ARIA (UTA)

Dopo aver provveduto al calcolo dei volumi di ogni edificio (v. tabelle seguenti), si è continuato con il dimensionamento dei canali e alla conseguente scelta dell'unità di trattamento dell'aria (UTA).

Edificio 1

Si prevede l'utilizzo di un'unica macchina che serva i 4 piani dell'edificio di ingresso per una portata d'aria totale di 20.833,47 m³/h.

Ne consegue l'installazione di un'UTA di taglia 16 (portata 25.300 m³/h) di dimensioni 2.650mmx1.500mm da collocare in un locale al terzo piano di 17 m².

Edificio 2

Si prevede l'utilizzo di un'unica macchina che serva i 4 piani dell'edificio destinato alle funzioni di ristorante e auditorium per una portata d'aria totale di 49.610,775 m³/h.

Ne consegue l'installazione di un'UTA di taglia 20 (portata 51.300 m³/h) di dimensioni 3.340mmx2.250mm da collocare in un locale al terzo piano di 16 m².

Edificio 3:

Si prevede l'utilizzo di un'unica macchina che serva i 3 piani utili dell'edificio destinato alle funzioni di ristorante e auditorium per una portata d'aria totale di 9.905,085 m³/h.

Ne consegue l'installazione di un'UTA di taglia 13 (portata 10.050 m³/h) di dimensioni 1.650mmx1.150mm da collocare in un locale al terzo piano di 6 m².

Edificio 4:

ipotesi 1:

Si prevede l'utilizzo di una macchina per piano, collocata nella controsoffittatura dell'ingresso.

piano interrato: portata d'aria 5.811,39 m³/h

UTA taglia 10, portata 6.600 m³/h, dimensioni 1.550x900mm

piano terra: portata d'aria 4.414,095 m³/h

UTA taglia 8, portata 4.800 m³/h, dimensioni 1.250x800mm

primo piano: 5.211,585 m³/h

UTA taglia 9, portata 5.560 m³/h, dimensioni 1.350x900mm

secondo piano: 4.568,22 m³/h

UTA taglia 8, portata 4.800 m³/h, dimensioni 1.250x800mm

terzo piano: 4.568,22 m³/h

UTA taglia 8, portata 4.800 m³/h, dimensioni 1.250x800mm

ipotesi 2:

Si prevede l'utilizzo di un'unica macchina che serva i 5 piani dell'edificio destinato alle funzioni di sala lettura e archivio per una portata d'aria totale di 24.573,51 m³/h.

Ne consegue l'installazione di un'UTA di taglia 16 (portata 25.300 m³/h) di dimensioni 2.650mmx1.500mm da collocare in un locale al piano interrato.



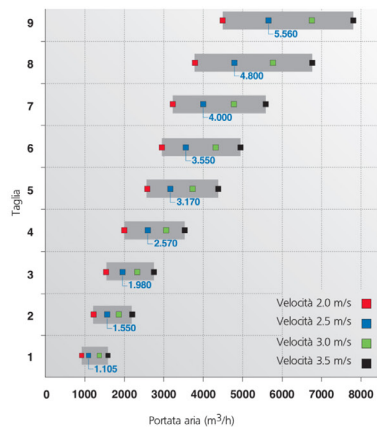
UNITÀ TRATTAMENTO ARIA

PORTATA ARIA DA 1.100 A 124.000 m³/h

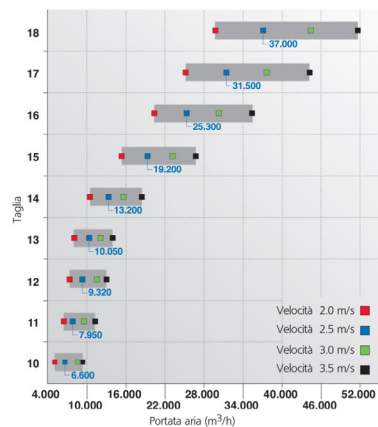


7. UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA STANDARD

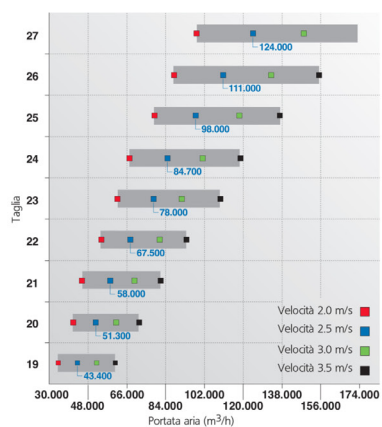
STANDARD 01-09



STANDARD 10-18



STANDARD 19-27



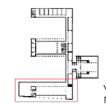
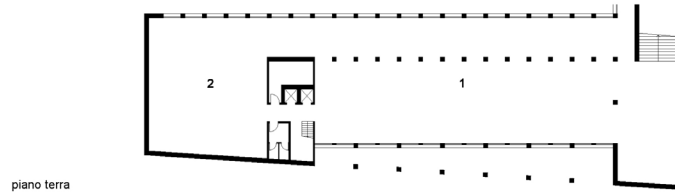
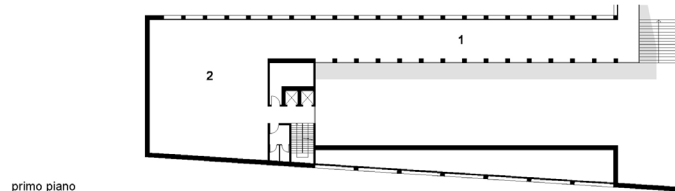
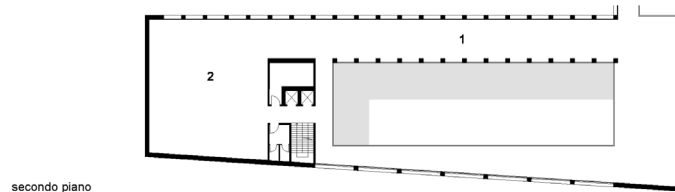
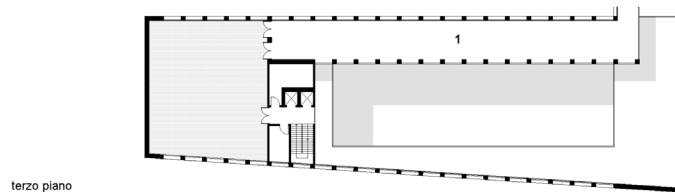
DIMENSIONI

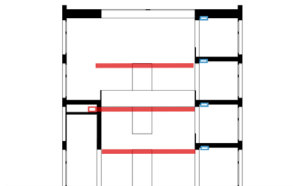
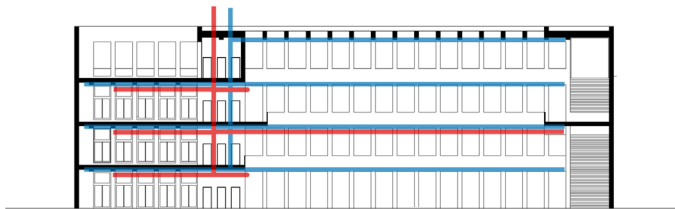
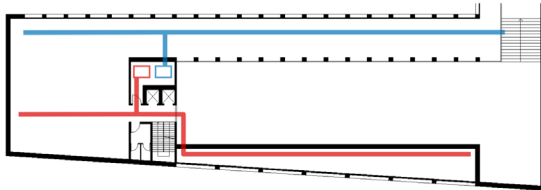
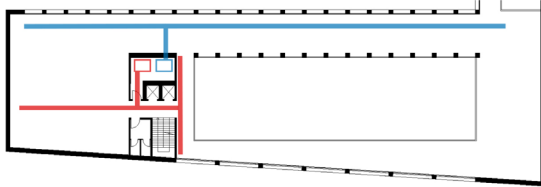
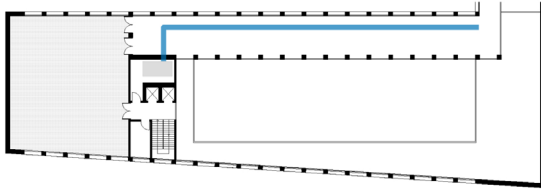
Taglia	Portata aria (m³/h) Velocità 2.5 m/s	Larghezza mm	Altezza mm
1	1.105	850	550
2	1.550	900	600
3	1.980	950	650
4	2.570	1.000	780
5	3.170	1.150	780
6	3.550	1.150	800
7	4.000	1.250	800
8	4.800	1.300	850
9	5.560	1.350	900
10	6.600	1.550	900
11	7.950	1.550	1.100
12	9.320	1.650	1.100
13	10.050	1.650	1.150
14	13.200	1.850	1.400
15	19.200	2.100	1.500
16	25.300	2.650	1.500
17	31.500	2.750	1.750
18	37.000	3.220	1.800
19	43.400	3.090	2.100
20	51.300	3.340	2.250
21	58.000	3.820	2.250
22	67.500	4.040	2.400
23	78.000	4.490	2.450
24	84.700	4.490	2.700
25	98.000	4.890	2.850
26	111.000	5.490	2.850
27	124.000	5.990	3.000

CALCOLO DEL VOLUME PER EDIFICIO

EDIFICIO 1 ingresso/esposizione

piano	locale	sup. (m ²)	altezza (m)	volume (m ³)	funzione	nR/h	vol tot	vel flusso (m/h)	lato canale (m)	
pt	1	333,9	h tot 20,5 m al fine del calcolo:	1.502,55	ingresso	1	1502,55	14400	0,32	
pt	1	174,48		4,5	785,16	ingresso	1	785,16	14400	0,23
pt	2	216,24		4,5	973,08	esposizione	3	2919,24	14400	0,45
tot pt					3.260,79		5206,95			
1	1	181,62		4,5	817,29	distribuzione	1	817,29	14400	0,24
1	2	216,24		4,5	973,08	esposizione	3	2919,24	14400	0,45
tot p1					1.790,37		2919,24			
2	1	436,52		4,5	1964,34	distribuzione	1,5	2946,51	14400	0,45
2	2	216,24		4,5	973,08	esposizione	3	2919,24	14400	0,45
tot p2					2.937,42					
3	2	181,62		4,5	817,29	distribuzione	1	817,29	14400	0,24
tot p3					817,29					
tot E1					8.805,87		20833,47	14400	1,20	





EDIFICIO 2 auditorium/ristorante

piano	locale	sup. (m ²)	altezza (m)	volume (m ³)	funzione	nR/h	vol tot	vel flusso (m/h)	lato canale (m)
pt	1	89,05	4,5	400,73	hall	1	400,725	14400	0,17
pt	2	360,2	4,5	1.620,90	bar/ristorante	6	9725,4	14400	0,82
pt	4	87,78	4,5	395,01	cucina	15	5925,15	14400	0,64
tot pt				2.416,64					
1	1	89,05	4,5	400,73	hall	1	400,725	14400	0,17
1	2	438,7	4,5	1.974,15	auditorium	5	9870,75	14400	0,83
tot p1				2.374,88			10271,475	14400	0,84
2	1	89,05	4,5	400,73	hall	1	400,725	14400	0,17
2	2	136,38	4,5	613,71	auditorium	5	3068,55	14400	0,46
tot p2				1.014,44			3469,275	14400	0,49
3	1	89,05	4,5	400,73	hall	1	400,725	14400	0,17
3	2	243,12	5	1.215,60	auditorium	5	6078	14400	0,65
tot p3				1.215,60			6478,725	14400	0,67
tot E2				7.021,55			49610,775	14400	1,86

