



Politecnico di Torino

Dipartimento Architettura e Design

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile

Riqualificazione tecnologica ed energetica del Palazzo di Giustizia di Savona secondo lo standard Passivhaus

Relatore:

Roberto Giordano

Candidati:

Bagnasco Beatrice

Pipitone Luca

Correlatore:

Roberto Viazzo

Febbraio 2018

*Alle nostre famiglie,
a coloro che ci hanno accompagnato nel nostro percorso,
a chi non c'è più*

...e soprattutto ci ringraziamo reciprocamente.

*"Il Lonfo non vaterca né gluisce
e molto raramente barigatta,
ma quando soffia il bego a bisce bisce,
sdilenca un poco e gnagio s'archipatta."*

F. Maraini

INDICE

INTRODUZIONE	9	
1	AMBITO NORMATIVO E STANDARD ENERGETICI	15
1.1	Normative internazionali e nazionali	15
1.2	Normative regionali in Liguria	22
1.3	Progettazione sostenibile e standard energetici	23
1.4	Standard Passivhaus	27
1.5	Standard Passivhaus negli edifici di nuova costruzione	32
1.6	Standard Passivhaus negli edifici esistenti	33
IL PALAZZO DI GIUSTIZIA DI SAVONA	37	
PREMESSA	39	
2	CARATTERISTICHE DEL CASO STUDIO	41
2.1	Il progetto (1981-1987): la struttura in elevazione	45
2.2	Il progetto (1981-1987): l'organizzazione planimetrica	47
2.3	Il progetto (1981-1987): la sicurezza	49
2.4	Il progetto (1981-1987): la sistemazione del parco adiacente	50
2.5	Realizzazione dell'opera e soluzioni tecnologiche adottate (1987)	51

2.6	Analisi impiantistica dell'esistente	52
2.7	Primo progetto di rifunionalizzazione (1992-1995): il settimo piano	54
2.8	Secondo progetto di rifunionalizzazione (1998): il piano terra e la nuova ala sud	57
2.8.1	Inquadramento urbanistico	58
2.8.2	Alternative progettuali	59
2.8.3	Ricucitura urbanistica	62
2.8.4	Descrizione intervento ala sud	63
3	ANALISI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO E DIAGNOSI ENERGETICA	67
3.1	Indagine conoscitiva dello stato di fatto	67
3.2	Analisi tecnologica dell'esistente	75
3.3	Esperienza Passivhaus	82
3.4	Software Passive House Planning Package	82
3.5	Valutazione dell'efficienza del sistema edificio	83
4	PROPOSTE DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA	86
4.1	Analisi di scenario	86
4.2	Definizione strategia d'intervento	92

4.3	Il progetto tecnologico	97
4.4	Simulazione energetica tramite software PHPP	112
CONCLUSIONI	.....	117
ALLEGATO 1	.....	121
ALLEGATO 2	.....	138
BIBLIOGRAFIA	.....	163

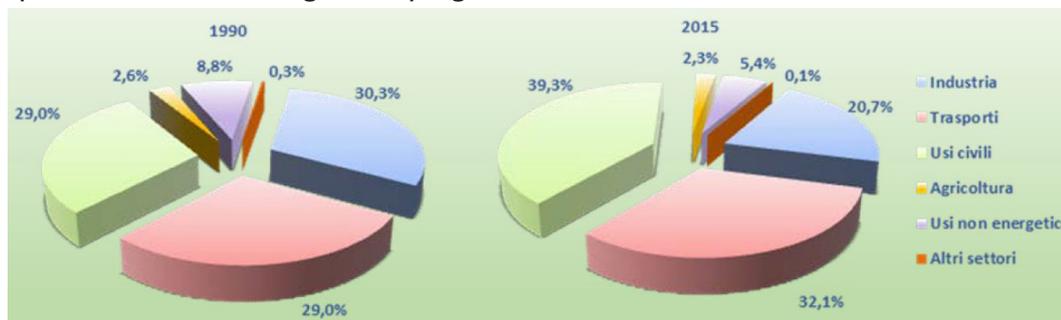
INTRODUZIONE

Una delle più grandi sfide, attuali e future, del genere umano è sicuramente il cambiamento climatico. È palese ormai da diversi anni, come sia necessario adottare una strategia globale che possa limitare le conseguenze dannose per l'intero pianeta.

A causa della combustione di carbone, petrolio e gas, il contenuto di CO₂ nell'atmosfera terrestre è in continuo aumento e la sua crescente concentrazione è la ragione principale di quello che è noto a tutti come "mutamento climatico". Il consumo di energia primaria pro capite ha una distribuzione mondiale assolutamente disomogenea. L'Europa ha la responsabilità di un consumo decisamente superiore rispetto alla media mondiale. Tenendo presente nazioni emergenti come Cina e India, molto popolose e in rapida crescita, risulta chiaro come le nazioni più sviluppate debbano diminuire il loro fabbisogno di energia primaria per favorire una redistribuzione omogenea delle risorse.

Dal Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica 2017, redatto da ENEA (Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente), emerge che gli impieghi finali di energia nel 2015 hanno subito un incremento del 2,1% rispetto al 2014 andando in controtendenza rispetto agli anni precedenti, i quali erano contraddistinti da una diminuzione del 3,3% annuo nel periodo 2010-2014, tornando così ai valori di consumo degli anni Novanta.

Nello specifico, il settore civile ha raggiunto il tasso di crescita più elevato, causato soprattutto dalla crescita del settore servizi: il consumo energetico nel 2015, aumentato del 8,2% rispetto all'anno precedente, arrivando ad assorbire quasi il 40% degli impieghi finali, contro il 29% del 1990.



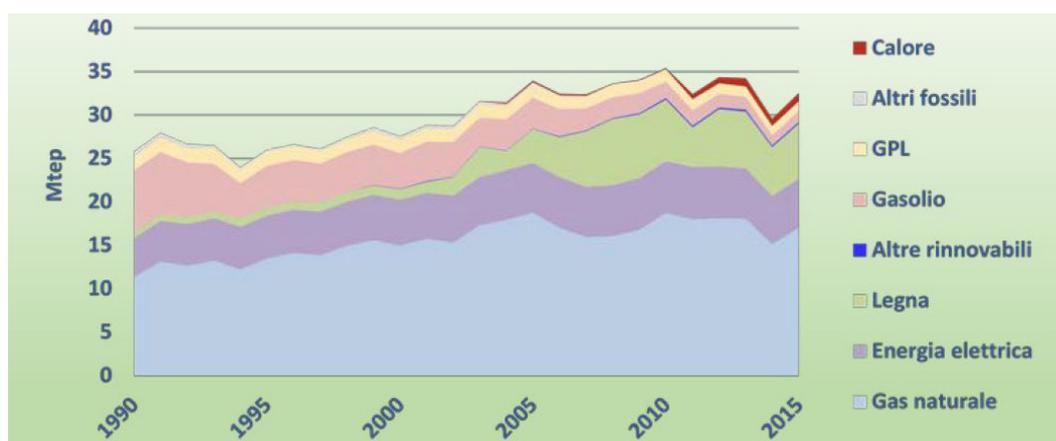
1. Impieghi finali di energia per settore, 1990-2015

Fonte: EUROSTAT

Anche nel settore residenziale il consumo energetico ha avuto un incremento che nel 2015 ha raggiunto il 10% rispetto al 2014.

Per ogni fonte energetica si è registrata una crescita pari a:

- 12,8% sulla legna;
- 12,1% sul gas naturale;
- >10% sul gasolio (in controtendenza all'andamento degli ultimi anni);
- 3,0% sull'energia elettrica;
- 3,3% sulle altre fonti rinnovabili.



2. Consumo energetico nel residenziale per fonte, anni 1990-2015

Fonte: elaborazione ENEA su dati EUROSTAT

Nonostante ciò, la primaria fonte energetica del 2015 è stata il gas naturale, il quale ha soddisfatto più del 50% dei consumi energetici del settore, seguito dalla legna con il 19,5% e dall'energia elettrica con il 17,5%.

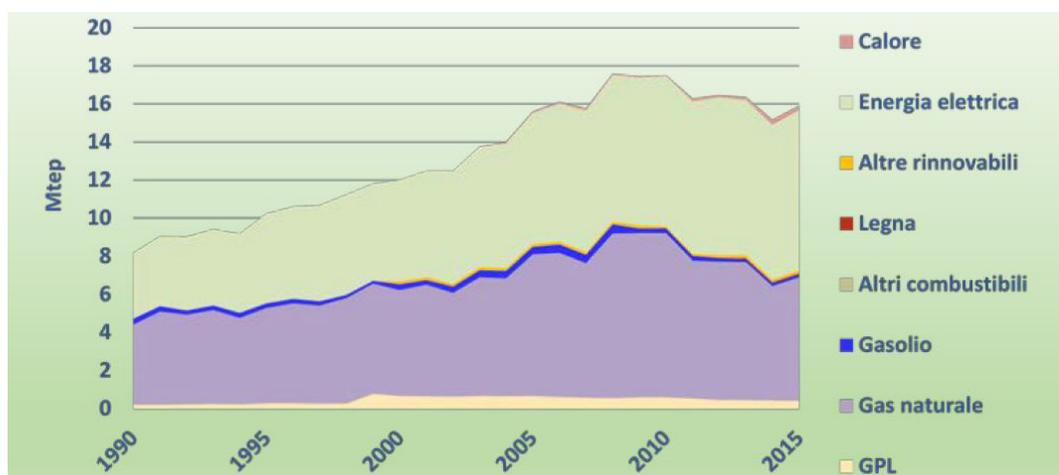
Il consumo per la climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento) assorbe tra il 70% e il 75%, in base all'oscillazione delle temperature e nel 2015 è aumentato del 2,1% rispetto all'anno precedente.

Altresì, il consumo per illuminazione, apparecchi elettrici, usi cucina e acqua calda sanitaria, è stato soggetto ad una crescita progressiva.

Prendendo in considerazione invece il settore non residenziale, in cui sono inclusi gli edifici adibiti ai servizi, al commercio e alla Pubblica Amministrazione, nel 2015 si è notato un aumento del 4,8% rispetto al 2014, anno in cui si era rilevato un importante ribasso.

Il settore non residenziale è stato il settore dove negli anni 1990-2015 il consumo

di energia elettrica è quasi raddoppiato, malgrado la flessione portata dalla crisi economica.



3. Consumo energetico nel settore non residenziale per fonte, anni 1990-2015

Fonte: elaborazione ENEA su dati EUROSTAT

Nel 2015, in questo settore, l'energia elettrica ha soddisfatto il 53% della richiesta di energia, seguita dal gas naturale con il 40,8%, così da assorbire complessivamente quasi il 95% del consumo totale del settore.

L'uomo ha continua necessità di energia per quasi tutte le funzioni che svolge: per riscaldare le abitazioni, per l'agricoltura e per l'industria. La vita è una costante produzione energetica che sfrutta diverse fonti, le quali possono essere rinnovabili o non rinnovabili.

La differenza è proprio data dal nome stesso, le prime sono rinnovabili nel tempo, le seconde minacciano di esaurirsi, in particolar modo se il consumo diventa troppo intenso. Oggi le risorse energetiche utilizzabili, come quelle solare, eolica ed idrica, sono molteplici, ma in realtà tuttora si ricava la maggior parte dell'energia da fonti non rinnovabili, quali i combustibili fossili come carbone, olio e gas naturale.

Già nel 1896 lo scienziato svedese Svante Arrhenius sostenne che la combustione di combustibile fossile avrebbe provocato un surriscaldamento globale. Esso, inoltre, prospettò una relazione tra la concentrazione di anidride carbonica e la temperatura atmosferica.

Attraverso tali combustioni vengono sviluppate le emissioni di gas serra, i quali

sono i responsabili del fenomeno dell'effetto serra.

Tra le tante strategie che possono contribuire a ridurre il surriscaldamento globale, in questa tesi, si prenderà maggiormente in considerazione la possibilità di ridurre l'utilizzo di energia nel campo edilizio.

Come si è potuto intuire, l'attività umana ha profondamente modificato nei secoli l'ambiente, utilizzando risorse ed interferendo con tutti i fattori ambientali, enfatizzando così problematiche come lo smisurato consumo energetico e l'emissione di sostanze inquinanti. Proprio queste ultime, sono le principali responsabili dell'inquinamento atmosferico. La tutela della qualità dell'aria è una finalità imprescindibile nelle strategie politiche mondiali.

Il rapporto della Fondazione sviluppo sostenibile (organizzazione che ha l'obiettivo di promuovere soluzioni inerenti alla crisi climatica e a quella economica) ha svelato che la qualità dell'aria del nostro Paese è la peggiore in tutta Europa.

In Italia sono circa 91 mila le morti premature all'anno causate dall'inquinamento atmosferico ed è notizia recente che l'Italia è a rischio di procedura di infrazione da parte dell'Unione Europea, per essere responsabili di mantenere troppo elevati i livelli di concentrazione del biossido di azoto, caratteristico delle emissioni dei motori diesel, e il particolato atmosferico detto PM_{10} . Quest'ultimo è costituito da particelle sospese, allo stato solido o liquido, presenti nell'aria, di dimensioni inferiori o uguali a $10\ \mu m$ (micrometri) e può derivare da fenomeni naturali, quali le eruzioni vulcaniche, la combustione del legno durante gli incendi o i pollini vegetali primaverili; la nostra preoccupazione, però, deve essere generata dal forte legame con i combustibili fossili per i trasporti ed il riscaldamento, ai quali dobbiamo la maggior parte del particolato in sospensione nell'aria.

Per modificare inequivocabilmente le circostanze, è inevitabile mettere in atto politiche energetiche che concorrano ad una ennesima e radicale riduzione delle emissioni in atmosfera, si tratta di un'operazione indispensabile a tutela dell'ambiente e della nostra salute.

Al fine di contenere e diminuire l'emissione di sostanze inquinanti e il consumo energetico provenienti dalle costruzioni, diventa fondamentale una riqualificazione del patrimonio esistente nel settore edile.

In Europa, purtroppo, il parco edilizio solo raramente è in grado di rispondere in maniera efficace ai requisiti di efficienza energetica, raccomandati dalle direttive europee. Il risultato finale è un patrimonio in molti casi obsoleto, sul quale si dovrebbe intervenire attraverso nuove proposte tecnologiche e fisico-tecniche. Una progettazione architettonica che tenta di diminuire la dipendenza dai combustibili fossili, adotta i principi della cosiddetta progettazione sostenibile. La progettazione sostenibile, è un termine impiegato per determinare una metodologia strategica, che permetta di raggiungere le esigenze energetiche dell'edificio affidandosi principalmente all'utilizzo delle risorse climatiche locali. Pertanto, prediligere un indirizzo sostenibile richiede di declinare ogni progetto edilizio nel suo peculiare contesto micro-climatico.

Inoltre, una progettazione appropriata dell'involucro edilizio può avere un grande potenziale di risparmio energetico, soprattutto per quanto riguarda il patrimonio non residenziale.

Elemento determinante nella progettazione di edifici a bassi consumi è, appunto, l'involucro esterno, al quale sono attribuite sia le perdite di calore sia i guadagni solari che condizionano il benessere e il comfort interno.

È necessario considerare aspetti quali il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione naturale ed artificiale; risulta opportuno garantire alti livelli di illuminazione naturale, mantenendo controllati gli apporti solari per assicurare livelli adeguati sia nella stagione invernale, durante la quale sono utili per ridurre i carichi di riscaldamento, sia in quella estiva, evitando il surriscaldamento degli ambienti stessi.

La nostra tesi si propone di trovare la miglior soluzione per la riqualificazione energetica di un autorevole edificio sorto negli anni ottanta nel nostro territorio. Si tratta dell'opera di Leonardo Ricci, noto architetto toscano, che progettò e realizzò il nuovo Palazzo di Giustizia di Savona.

Questo edificio, oggi è divenuto un vero e proprio landmark, rappresentando una peculiarità civile, economica e culturale del savonese.

Il Palazzo necessita di un profondo recupero dal punto di vista energetico, che possa portare ad un adeguamento dello stesso rispetto alle normative regionali, nazionali ed europee. L'intervento ottimale dovrebbe lavorare su due piani prioritari e concludersi con un efficientamento sia dal punto di vista dell'involucro

esterno, sia dal punto di vista del sistema impiantistico. Considerando il corso di studi per il quale viene sostenuta, questa tesi, si concentrerà particolarmente sulla parte dedicata all'implementazione ed ottimizzazione della progettazione dell'involucro edilizio.

1 AMBITO NORMATIVO E STANDARD ENERGETICI

1.1 Normative internazionali e nazionali

Contesto mondiale

Con la stesura del Rapporto Brundtland nel 1987, rilasciato dalla Commissione mondiale sull'ambiente e sullo sviluppo (WCED), si è elaborata la prima indagine sulla situazione ambientale mondiale ed è stata introdotta per la prima volta la definizione di sviluppo sostenibile. Il concetto contenuto nel rapporto prevede uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e gli ecosistemi, preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle riserve naturali e operando in regime di equilibrio ambientale.

Negli anni a seguire diverse nazioni hanno iniziato ad occuparsi dell'ambiente, organizzando conferenze ed incontri per redigere documenti e protocolli.

Nel 1992 la *"Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite"*, conosciuta anche come *"Summit della Terra di Rio"*, tenutasi a Rio de Janeiro, si conclude con la stesura di diversi documenti tra cui l'Agenda 21. Questo documento può essere definito come un articolato programma di azione che costituisce una sorta di manuale per lo sviluppo sostenibile del pianeta nel XXI secolo.

Con la *"Convenzione quadro delle Nazioni Unite sul cambiamento climatico"* 154 nazioni firmarono un importante trattato ambientale internazionale il cui scopo era la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera. Esso non poneva limiti obbligatori per le emissioni di gas serra ma includeva ulteriori atti denominati protocolli. Il più importante tra questi è il Protocollo di Kyoto redatto nel 1997 durante la COP3. Il trattato, entrato in vigore il 16 febbraio 2005, stabilisce precisi obiettivi per i tagli delle emissioni di gas responsabili

dell'effetto serra e del riscaldamento del pianeta e prevede l'obbligo di una drastica riduzione delle emissioni inquinanti. Affinché il trattato potesse entrare in vigore doveva essere sancito da non meno di 55 nazioni responsabili almeno del 55% delle emissioni inquinanti mondiali. La condizione è stata raggiunta nel novembre 2004 con l'adesione della Russia. Ad oggi, tra i paesi non aderenti figurano gli Stati Uniti, primi produttori di gas serra nel mondo.

Contesto europeo

Alla luce delle premesse del precedente capitolo, il Consiglio dei Ministri dell'Unione Europea nel 1996 stabilisce che le temperature medie a livello planetario non debbano superare di oltre 2 °C le temperature del periodo pre-industriale. Nel 2000 il Programma europeo sul cambiamento del clima (ECCP), diffuso dall'Unione Europea, ha l'obiettivo di identificare e sviluppare gli elementi necessari a concretizzare il Protocollo di Kyoto.

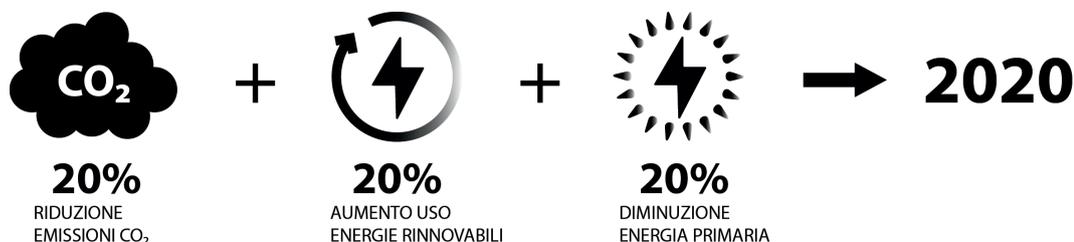
Nella Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia vengono esaminati quattro elementi principali:

- metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- requisiti minimi sulle prestazioni energetiche degli edifici di nuova costruzione e di quelli assoggettati ad importanti ristrutturazioni;
- sistemi di certificazione di edifici di nuova costruzione ed esistenti;
- ispezione periodica di caldaie ed impianti di climatizzazione.

La direttiva, che riguarda il settore residenziale e terziario, tratta tutti gli aspetti dell'efficienza energetica degli edifici.

Il 5 aprile 2006 viene deliberata la Direttiva 2006/32/CE riguardante l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. In sintesi, la direttiva si propone l'obiettivo di rendere gli usi finali dell'energia più economici ed efficienti. Tale direttiva viene abrogata dalla Direttiva 2012/27/UE, la quale definisce una strategia di lungo termine per finanziare la ristrutturazione degli edifici pubblici e privati.

Il “Piano 20-20-20”, contenuto nella direttiva 2009/29/CE, prevede la riduzione delle emissioni di gas serra del 20%, l’innalzamento al 20% della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e l’incremento fino al 20% del risparmio energetico, il tutto entro il 2020.



4. Obiettivi “Piano 20-20-20”

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Per attuare il Piano sono state redatte alcune misure:

- revisione del Sistema EU-ETS (European Union Emission Trading Scheme) cioè il sistema che prevede lo scambio delle quote delle emissioni di gas serra, con un’estensione dello scambio di quote di emissione in modo tale da ridurre le emissioni stesse;
- promozione del sistema “Effort sharing extra EU-ETS”, cioè la ripartizione degli sforzi per ridurre le emissioni;
- promozione del meccanismo del Carbon Capture and Storage – CCS (cattura e stoccaggio geologico del carbonio);
- energia da fonti rinnovabili: obiettivi nazionali vincolanti in Italia al 17% ;
- nuovi limiti di emissione di CO₂ per le auto: il livello medio delle emissioni per le auto nuove dovrà essere di 95 gr. CO₂/km entro il 2020;
- miglioramento dei combustibili: introdotte restrizioni sui gas serra prodotti dai combustibili; durante l’intero ciclo di vita della loro produzione i gas serra dovranno essere ridotti del 6%.

L’8 luglio 2010 entra in vigore la direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell’edilizia.

Nell’Unione Europea gli edifici sono responsabili del 40% del consumo globale di energia. Il settore è in espansione, pertanto anche il consumo energetico è destinato ad aumentare, limitandolo l’UE ridurrà la sua dipendenza energetica e

le emissioni di gas serra, per raggiungere il suo obiettivo di ridurre l'uso globale di energia del 20 % entro il 2020.

I punti chiave della direttiva prevedono che le autorità nazionali debbano fissare i requisiti minimi di prestazione energetica e una comune metodologia per calcolare i livelli di costo ottimali.

I nuovi edifici dovranno prevedere sistemi energetici alternativi ad alta efficienza: quelli di proprietà od occupati da enti pubblici dovrebbero raggiungere lo status di energia quasi zero entro il 31 dicembre 2018, gli altri edifici di nuova costruzione entro il 2020. Anche i fabbricati esistenti, se sottoposti a ristrutturazioni significative, devono soddisfare i requisiti UE.

Un edificio a energia quasi zero ha un'altissima prestazione energetica e il suo fabbisogno energetico, molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze.

Contesto nazionale

La legge ordinaria del Parlamento n. 373/1976 *"Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici"* è la prima legge italiana in materia di energia che si occupi anche di edilizia. Tuttavia, la sua applicazione è stata quasi del tutto assente.

La legge si riferisce al contenimento del consumo energetico per usi termici degli edifici, sia per gli impianti termici di qualsiasi tipo che per le caratteristiche di isolamento degli edifici in caso di nuove costruzioni o ristrutturazioni nelle quali sia prevista l'installazione di un impianto termico di riscaldamento degli ambienti.

Con la legge 10/1991 intitolata *"Norme di materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"*, nasce l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia, regolamentando l'intero settore termotecnico. Gli obiettivi principali, sono quelli di garantire un risparmio energetico con un uso consapevole dell'energia, la salvaguardia dell'ambiente e il benessere degli individui all'interno dell'ambiente confinato. La legge 10 impone la verifica della "tenuta" dell'isolamento termico di pareti e telai, per

contenere dispersioni di calore e risparmiare energia.

L'attuazione di questa legge viene regolamentata da due decreti: il DPR 412/1993 *“Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia”* con il quale si è introdotta la suddivisione del territorio nazionale in sei zone climatiche, dalla A alla F, determinate in funzione dei gradi-giorno, e il seguente DPR 551/1999.

Il territorio nazionale viene classificato in base al numero di gradi giorno (GG), ottenuti come la somma (estesa su tutto il periodo annuale convenzionale di riscaldamento) delle differenze positive giornaliere tra la temperatura ambiente (convenzionalmente fissata a 20 °C) e la temperatura media esterna giornaliera ricavata dalla UNI 10349. In funzione ai GG si stabilisce l'appartenenza ad una delle sei zone climatiche, ad ognuna delle quali viene associato un periodo convenzionale di riscaldamento.

- Zona A: comuni che presentano un numero di GG non superiore a 600
- Zona B: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 600 e non superiore di 900
- Zona C: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 900 e non superiore di 1400
- Zona D: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 1400 e non superiore di 2100
- Zona E: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 2100 e non superiore di 3000
- Zona F: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 3000

Con il recepimento delle direttive europee, il governo italiano trasforma la direttiva europea 2002/91/CE in legge attraverso il decreto legislativo D.Lgs 192/2005 *“Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”*, dove per la prima volta viene riconosciuta la figura del certificatore energetico e le sue responsabilità.

Con il decreto scatta l'obbligo di certificazione che attesti la classe di rendimento, inoltre promuove l'incremento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e dell'efficacia dal punto di vista dei costi.

Esso definisce e integra criteri e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, favorire lo sviluppo la valorizzazione e la diversificazione delle fonti energetiche rinnovabili, sviluppare materiali tecniche costruttive e tecnologie sostenibili e applicare omogeneamente la normativa su tutto il territorio nazionale.

Il decreto si attua per edifici di nuova costruzione, mentre nel caso di ristrutturazione di patrimonio esistente sono previsti diversi gradi di applicazione in relazione all'entità dell'intervento stesso.

Con il D.Lgs 311/2006 *"Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 192/2005"* si introduce l'estensione della certificazione energetica a tutti gli edifici, nuovi ed esistenti, mentre con il D.M. del 19 febbraio 2007 *"Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente"* si introducono le detrazioni d'imposta per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente.

Il 30 maggio 2008 viene emanato il D.Lgs 115/2008 *"Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE"*, il quale stabilisce l'obbligo di riferirsi alla specifica tecnica UNI TS 11300 – Parte 1 e 2 per il calcolo del fabbisogno energetico dei fabbricati. Nello specifico, si è disposto che in fase di compravendita e locazione, l'attestato di certificazione energetica indicante la classe energetica dell'immobile dovesse essere posseduto ed esibito sia per immobili di nuova costruzione ma anche per immobili già esistenti. Il certificato energetico ha una durata di dieci anni e deve essere aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione.

Il decreto, inoltre, prevede un "bonus" derivante dallo scomputo degli spessori extra di muri e solai; esso si può ottenere a condizione che si garantisca una riduzione minima del 10% dell'indice di prestazione energetica previsto dal D.Lgs 192/05.

Detrazioni ed incentivi statali vengono introdotti per favorire e incoraggiare gli interventi finalizzati al risparmio energetico.

Nel dicembre 2010 il Consiglio dei Ministri approva il decreto legislativo in

attuazione alla Direttiva 2009/28/CE, sulla promozione delle fonti rinnovabili, mettendo in evidenza l'obbligo di integrare le fonti rinnovabili nelle nuove costruzioni e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti per soddisfare tutti i consumi di riscaldamento, raffrescamento ed elettricità.

Con la Legge 90/2013, che attua la Direttiva 2010/31/UE, si introduce in Italia il concetto di "Edificio ad Energia quasi Zero" (Nearly-Zero Energy Building) che porta il patrimonio ad avere alte prestazioni energetiche e consumi minimi. Il fabbisogno energetico, molto basso o quasi nullo, è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta nelle aree di pertinenza dell'edificio. È dato obbligo che entro il 2018 tutti gli edifici debbano adempiere ai requisiti legislativi. Inoltre l'APE (Attestato di Prestazione Energetica) subentra all'ACE (Attestato di Certificazione Energetica).

Con i tre decreti interministeriali del giugno 2015 si completa il quadro normativo in materia di efficienza energetica degli edifici, essi sono il decreto requisiti minimi APE, che definisce le nuove modalità di calcolo della prestazione energetica e i nuovi requisiti minimi di efficienza per edifici nuovi e ristrutturati; il decreto linee guida APE 2015, che definisce le nuove regole per la redazione dell'APE; il decreto relazione tecnica che definisce gli schemi di relazione tecnica di progetto in funzione delle diverse tipologie di opere.

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$

14. Classi energetiche degli edifici

Fonte: Certificazione Energetica APE 2015, la guida definitiva. BibLus-net

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nr}$. La classe con miglior indice di prestazione (minore consumi energetici) è rappresentata con la lettera A, mentre la classe caratterizzata dall'indice di prestazione più elevato (maggiori consumi energetici) è rappresentata con la lettera G.

1.2 Normative regionali in Liguria

Il recepimento della direttiva europea da parte dell'Italia è avvenuto in modo frammentato, portando ad avere un quadro legislativo disomogeneo da regione a regione.

Rispetto alla pubblicazione delle Linee Guida nazionali del 26 giugno 2009, applicabili alle Regioni e Province autonome che non hanno adottato propri strumenti di certificazione energetica degli edifici, alcune regioni e province autonome hanno anticipato l'emanazione di strumenti attuativi regionali di certificazione energetica (Bolzano, Lombardia, Liguria, Piemonte ed Emilia Romagna).

Con il Regolamento Regionale n. 1 del 22 gennaio 2009 *"Regolamento di attuazione articolo 29 della legge regionale 29 maggio 2007 n. 22 recante: "Norme in materia di certificazione energetica degli edifici". Sostituzione del regolamento regionale n. 6 del 8/11/2007"*, la regione Liguria adotta le norme che determinano i criteri per il contenimento dei consumi energetici, le prestazioni minime degli edifici, la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e la procedura per il rilascio dell'attestato di certificazione energetica.

In seguito la l.r. n.22/2007 è stata modificata dalla legge regionale n. 23/2012 e dalla legge regionale n. 32/2016, le quali insieme al regolamento regionale n. 6 del 13 novembre 2012 disciplinano la certificazione energetica degli edifici in Liguria.

In particolare il regolamento regionale definisce:

- i criteri per moderare i consumi energetici;
- i metodi di calcolo della prestazione energetica;
- i requisiti minimi e le norme per gli edifici, anche in relazione all'uso delle fonti rinnovabili;
- i parametri per la redazione e la concessione dell'attestato;
- la metodologia per il versamento del contributo;
- i criteri di procedimento degli accertamenti a campione;
- casi di ristrutturazione parziale dell'edificio;
- casi di esenzione dall'obbligo dell'attestato.

Secondo l'art. 5 *"Raccolta dati ed informazioni"* la rilevazione dei dati necessari per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento dell'edificio si ha acquisendo le piante, le sezioni, i prospetti e la relazione di progetto.

In mancanza di tali strumenti, le caratteristiche degli elementi disperdenti calore devono essere rilevate nel corso dei sopralluoghi.

Come già detto in precedenza nell'ambito nazionale, le norme europee, nazionali e regionali dispongono che gli immobili debbano essere provvisti di un Attestato di Prestazione Energetica. In Liguria l'attestato deve essere redatto da un professionista abilitato e iscritto nell'Elenco regionale.

I requisiti e le procedure per l'iscrizione all'Elenco dei certificatori sono stabiliti dalla delibera della Giunta regionale n. 447 del 18 aprile 2014.

In particolare, l'intervento proposto di seguito in questa tesi, è ubicato nella città di Savona, posta ad una altitudine di 4 m s.l.m.. Essa è caratterizzata da un numero di gradi giorno pari a 1481 e ricade in zona climatica D. Tale classificazione definisce il periodo dell'anno in cui è consentita l'accensione degli impianti di riscaldamento, che corrisponde all'intervallo di tempo 1 novembre - 15 aprile, per un massimo di 12 ore giornaliere.

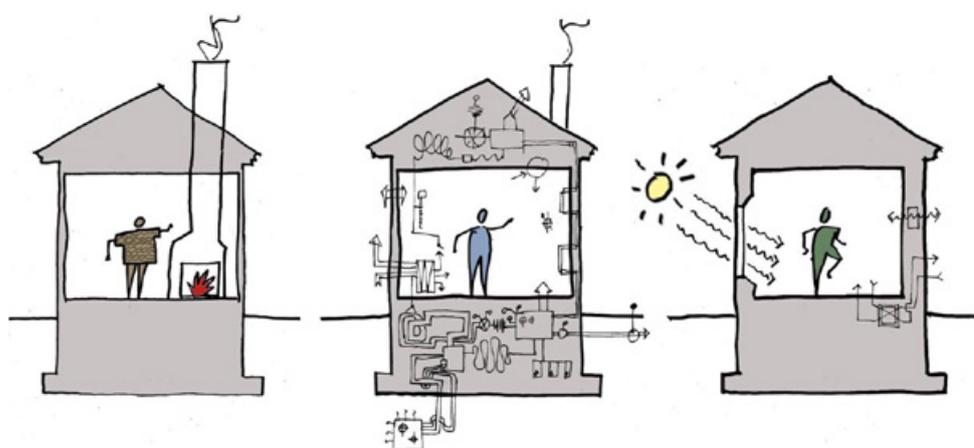
1.3 Progettazione sostenibile e standard energetici

L'evoluzione delle nostre abitazioni ha subito una forte accelerazione dalla fine

dell'Ottocento, il tutto è accaduto, circa, in un solo secolo.

Nei decenni si sono susseguiti vari mutamenti nel modo di progettare e raggiungere il comfort all'interno delle abitazioni, ma non sempre sono stati a favore dell'ambiente. Infatti, nella seconda metà del XX secolo, si è giunti ad elaborare impianti molto complessi ed energivori, i quali consumavano fonti energetiche non rinnovabili.

Ad oggi, il compito di moderare il consumo di tali risorse nell'ambito delle costruzioni è stato attribuito alla ricerca, alla sperimentazione e a nuove applicazioni sostenibili.



5. Evoluzione degli impianti all'interno delle abitazioni

Fonte: Albert, Richter & Tittmann Architects

Nel caso di edifici esistenti le modalità di risanamento devono compiersi nel rispetto dell'ambiente costruito e consolidato. Le ristrutturazioni offrono importanti potenzialità per generare azioni di retrofit energetico, aggiungendo tecnologie o funzionalità ad un sistema obsoleto con il fine di aumentare la vita utile e la convenienza economica.

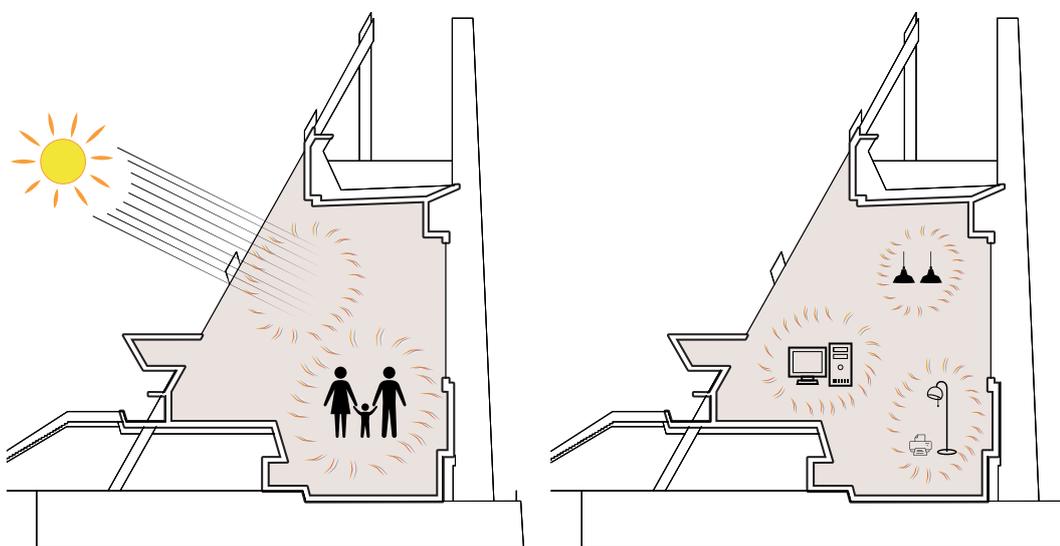
Nel caso di edifici di nuova costruzione le tecniche di progettazione prevedono una serie di indicazioni, quali l'orientamento, la disposizione delle aperture, l'ombreggiamento e l'isolamento.

Il concetto principale della progettazione sostenibile è quello di controllare e

modulare il flusso d'aria all'interno dell'edificio, il passaggio di calore e l'ingresso della luce naturale.

La sostenibilità ambientale prende in considerazione l'applicazione di scelte definite sulla riduzione dei carichi interni, sul controllo termico passivo e sul controllo termico attivo. Un involucro passivo si ottiene quando non ci sono dispersioni di calore verso l'ambiente esterno e non si ha la necessità di un sistema attivo che fornisca energia per compensare le perdite.

Una casa passiva rappresenta un edificio a basso consumo energetico dove le fonti di riscaldamento sono gli apporti passivi interni derivanti dagli occupanti, dall'uso di elettrodomestici e dagli apporti solari.



6. Apporti interni gratuiti in un edificio Passivhaus
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Dal punto di vista energetico, è possibile individuare principalmente quattro standard energetici:

- edifici a basso consumo energetico;
- edifici passivi;
- edifici a consumo energetico zero;
- edifici a bilancio energetico positivo.

Gli edifici a basso consumo energetico delineano fabbricati ad alta efficienza energetica, caratterizzati da un consumo di calore inferiore a 50 kWh/(m²a),

raggiunto grazie ad un involucro edilizio ben coibentato, finestre termoisolanti, in molti casi una ventilazione controllata con o senza recupero di calore e un sistema di riscaldamento convenzionale.

In questa tipologia rientra lo standard CasaClima della Provincia Autonoma di Bolzano.

Di seguito la tabella riassuntiva delle classi energetiche richieste dallo standard CasaClima con relativa efficienza energetica dell'involucro.

Classe CasaClima	Efficienza Energetica Involucro
GOLD	 ≤ 10 kWh/m ² a
A	 ≤ 30 kWh/m ² a
B	 ≤ 50 kWh/m ² a
C	 ≤ 70 kWh/m ² a
D	 ≤ 90 kWh/m ² a
E	 ≤ 120 kWh/m ² a
F	 ≤ 160 kWh/m ² a
G	 > 160 kWh/m ² a

7. Classi energetiche
Fonte: Direttive CasaClima

Gli edifici passivi raffigurano un progresso degli edifici a basso consumo, in quanto il loro fabbisogno annuo per il riscaldamento si mantiene al di sotto dei 15 kWh/(m²a). Questo risultato si ottiene grazie ad un riscaldamento dovuto al calore irradiato dal sole, attraverso l'involucro trasparente, e dal calore emanato dalle sorgenti interne. Il sistema di riscaldamento convenzionale viene sostituito da un sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore.

Gli edifici a consumo energetico zero, il cui approvvigionamento energetico è garantito dai sistemi di accumulo di energia propri dell'edificio, sono caratterizzati da un consumo annuale di energia primaria uguale o inferiore alla produzione di energia stessa.

Gli edifici a bilancio energetico positivo hanno la capacità di produrre più energia di quanto gli sia necessaria, tramite l'utilizzo di sistemi di produzione energetica, quali collettori solari, termici, fotovoltaici e sistemi eolici.

1.4 Standard Passivhaus

La successiva evoluzione di un edificio a basso consumo energetico è la Passivhaus: uno standard costruttivo energeticamente efficiente, confortevole e vantaggioso da un punto di vista economico ed ecologico, il cui obiettivo è quello di perfezionare la qualità dei componenti, come ad esempio coibentazione termica e serramenti. Ne deriva, una riduzione del fabbisogno termico per il riscaldamento che può essere garantito dal sistema di ventilazione e una omogeneità di temperatura dell'aria e delle superfici. Si può evitare quindi di installare un impianto di riscaldamento attivo convenzionale.

Il carico termico di una Passivhaus non deve essere superiore a 10 W/m^2 che corrisponde alla potenza termica che può essere ancora trasportata dall'aria di mandata. Mentre il fabbisogno termico annuo per riscaldamento e il fabbisogno frigorifero annuo per raffrescamento si devono attestare al di sotto dei $15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (chilowattora per metro quadrato di superficie utile netta all'anno).

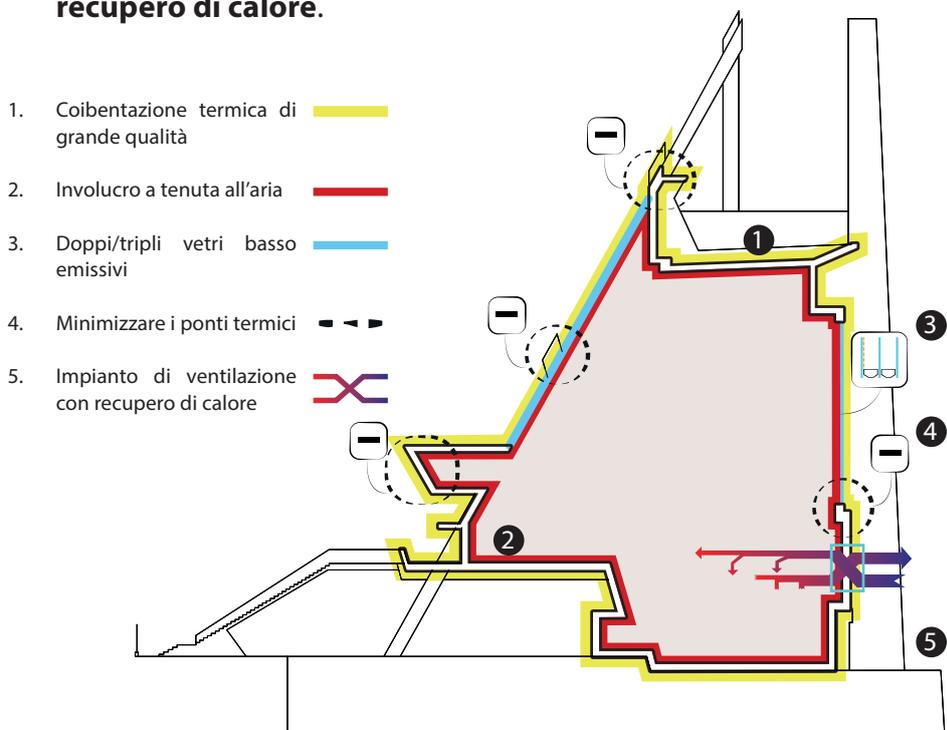
Passivhaus è uno standard internazionale per l'architettura sostenibile con un approccio innovativo, inizialmente è stato trattato in Germania e successivamente diffuso in tutta l'Europa centrale fino a raggiungere altri continenti, quali America, Africa e Asia, con una soluzione unica per tutti gli edifici sostenibili.

Proprio perché il termine "Passivhaus" descrive uno standard e non una modalità costruttiva, le abitazioni all'esterno non differiscono da quelle tradizionali.

Nello specifico le caratteristiche principali si possono sintetizzare in cinque punti detti, cinque "pilastri" Passivhaus:

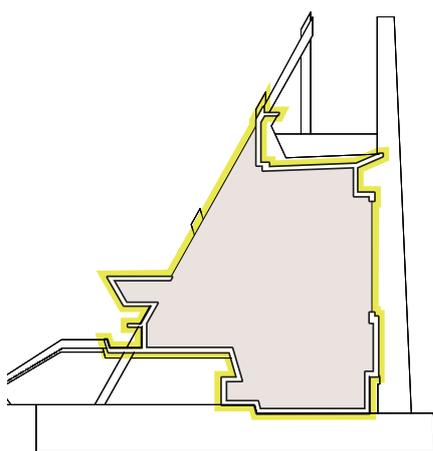
- livello elevato di **coibentazione termica**;
- **serramenti** con tripli vetri basso emissivi e telai ben coibentati;
- minimizzazione dei **ponti termici** con il fine di ottenere una progettazione priva di essi;

- elevata **tenuta all'aria** dell'involucro dell'edificio;
- elevato livello di comfort garantito da **impianto di ventilazione con recupero di calore**.



8. Schema concettuale - I cinque pilastri Passivhaus
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Coibentazione termica



9. Isolamento termico
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

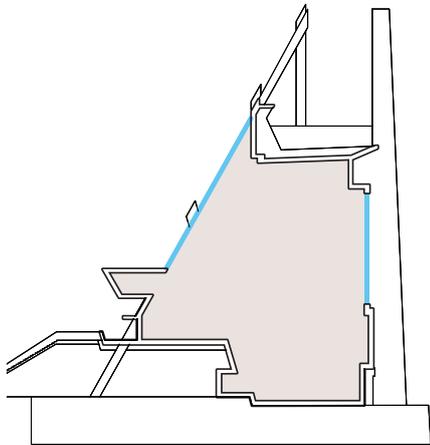
Un edificio coibentato da un buon involucro termico garantisce che il calore rimanga all'interno della casa senza dispersioni verso l'esterno.

Lo standard Passivhaus consiglia un valore di trasmittanza U minore di $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ per le pareti esterne, corrispondente ad una coibentazione di circa 24-30 cm. Per quanto riguarda il tetto, lo stesso valore di trasmittanza corrisponde invece ad uno spessore di coibente pari a 30-40 cm. Infine

per un solaio contro terra il valore U da rispettare non deve superare $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ con una coibentazione da 15 a 30 cm.

Non esiste una tipologia costruttiva prescelta, possono essere utilizzate costruzioni massicce, di solito composte da una muratura portante non coibente con un cappotto in materiale isolante o in alternativa costruzioni leggere in legno in modo da minimizzare i ponti termici. Non si esclude anche l'impiego di strutture massicce in legno per una migliore gestione delle imprese di carpenteria.

Serramenti



10. Serramenti

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

In una Passivhaus le finestre svolgono anche il ruolo di riscaldare la casa, infatti la radiazione solare entra nella stanza attraverso le superfici vetrate che funzionano così come generatori di calore passivi.

Un serramento di buona qualità ha un bilancio energetico positivo, ovvero permette una maggiore entrata di calore nell'edificio rispetto alla dispersione per trasmissione rispetto all'ambiente esterno. La quantità di apporti solari passivi dipende dalla posizione

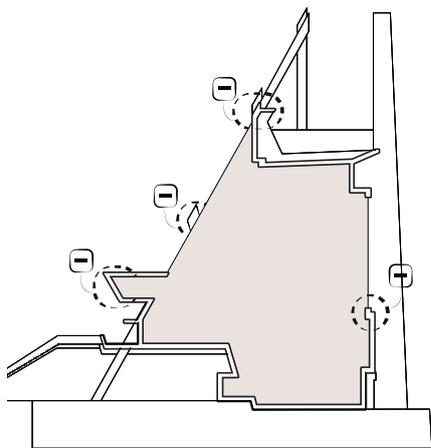
dell'edificio, dalla distribuzione, dall'orientamento e dalla disposizione delle superfici vetrate.

I serramenti di alta qualità sono caratterizzati da una trasmittanza termica U pari a $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e la temperatura media della superficie interna della stessa, nei giorni invernali, non dovrebbe scendere al di sotto dei $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Grazie a queste proprietà si raggiunge un comfort termico anche in prossimità delle finestre, infatti l'elevata differenza delle temperature radiative delle diverse superfici creerebbe un discomfort per gli occupanti. Inoltre non si ha più la necessità di installare delle fonti di calore nelle vicinanze delle finestre per compensare la sensazione di freddo derivante da temperature superficiali del vetro troppo basse.

Vengono impiegati tripli vetri basso emissivi e telai ad alta coibenza termica soprattutto per climi freddi come nel centro Europa, nei climi più caldi talvolta sono sufficienti doppi vetri basso emissivi.

Fondamentale diventa anche la modalità d'installazione dei serramenti. Essi sono completamente inseriti nello strato di isolante dell'involucro esterno ed inoltre lo strato coibente viene esteso fino a ricoprire il telaio per minimizzare il ponte termico.

Ponti termici



11. Ponti termici

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Il ponte termico, è un punto debole dell'involucro termico da dove il calore può fuoriuscire agevolmente dall'interno verso l'esterno, senza incontrare uno strato di materiale coibente.

La progettazione di una Passivhaus cerca di ridurre al minimo i ponti termici in modo che essi abbiano un effetto pari od inferiore a zero. In questo caso, si definisce costruzione priva di ponti termici.

Tra i ponti termici più comuni compaiono solette aggettanti, attacco parete-fondazione o parete-copertura, punto di fissaggio del cappotto.

Con la presenza di ponti termici il rischio di formazione di muffa è molto elevato, la miglior soluzione è quella di eliminarli o ridurli al minimo, per evitare il riscontro di superfici troppo fredde nell'ambiente interno.

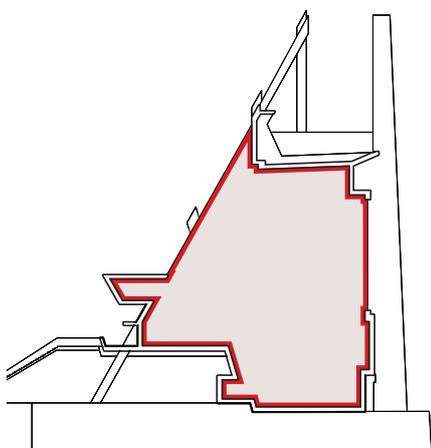
Oltre ad assicurare elevate temperature superficiali interne con una buona coibentazione, un impianto di ventilazione garantisce un ricambio d'aria adeguato con lo scopo di rimuovere l'umidità interna.

Tenuta all'aria

Progettazione di qualità, attento controllo dell'involucro edilizio ed esecuzione a regola d'arte sono elementi imprescindibili per una Passivhaus.

In edifici ben coibentati, la tenuta all'aria è essenziale per ridurre le infiltrazioni di aria fredda, ma anche per proteggere l'edificio da esfiltrazioni di aria calda e

umida che possono portare alla formazione di condensa interstiziale.



12. Tenuta all'aria

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Per verificare la tenuta all'aria viene effettuato un test di pressione chiamato "Blower-Door", obbligatorio per ottenere la certificazione Passivhaus. La prova consiste nel creare all'interno dell'edificio una sovrappressione seguita da una depressione, misurando le conseguenti perdite di pressione. Il test di pressurizzazione n_{50} a 50 Pa deve ottenere un risultato non superiore a $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Ogni fessura individuata durante il test deve quindi essere sigillata. Già nella fase di progettazione, per ogni dettaglio

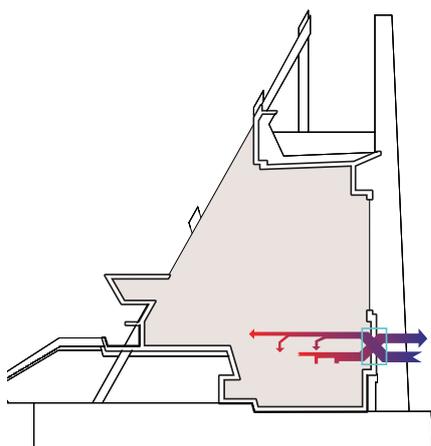
costruttivo si dovrebbero definire i materiali e le varie connessioni tra i diversi componenti, inoltre deve essere possibile tracciare il contorno dell'involucro di tenuta all'aria senza staccare la matita dal foglio.

Un edificio con una elevata tenuta all'aria offre numerosi vantaggi tra cui protezione da eventuali danni da condensa interstiziale, risparmio energetico, assenza di spifferi con conseguente aumento di benessere abitativo, miglioramento della coibentazione acustica e funzionamento ottimale dell'impianto di ventilazione con recupero di calore.

Impianto di ventilazione con recupero di calore

Il principio fondamentale della ventilazione in un edificio Passivhaus è raggiunto tramite l'estrazione di aria umida da cucina e bagni e l'immissione di aria di rinnovo nella zona giorno e camere da letto. I corridoi, detti zone di trasferimento, vengono ventilati automaticamente.

Il calore contenuto nell'aria estratta è trasferito all'aria di rinnovo per mezzo di uno scambiatore di calore, è possibile recuperare fino al 90% del calore dell'aria estratta. In una Passivhaus considerando un fabbisogno e un carico termico molto bassi, per fornire calore può essere utilizzato il solo impianto di ventilazione, dove una batteria di post-riscaldamento riscalda l'aria fresca di mandata immessa poi nelle varie stanze.



13. Impianto di ventilazione

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

In sintesi il concetto di ventilazione porta a diversi benefici come aria interna pulita e filtrata con un elevato livello igienico, ricambio d'aria anche quando l'abitazione non viene utilizzata, eliminazione di cattivi odori da cucine e servizi igienici ed esclusione di formazione di muffa ed umidità.

Gli edifici passivi sono certificati sulla base di una verifica della qualità del costruito. La certificazione può essere richiesta al Passivhaus Institut e a tutti gli enti accreditati per la certificazione.

1.5 Standard Passivhaus negli edifici di nuova costruzione

Per gli edifici residenziali di nuova costruzione con standard Passivhaus vale tutto ciò che è stato descritto fino ad ora.

Considerato che, come già detto, per motivi energetici ed igienici è necessario un impianto di ventilazione forzata con elevato recupero di calore che mantenga la qualità dell'aria ad alti livelli, si può e si dovrebbe evitare la ventilazione manuale tramite l'apertura delle finestre. Ciò non significa che sia vietato, ma soltanto che non sarebbe utile in quanto farebbe solo aumentare il consumo energetico. L'aria calda, in questo modo, non sarebbe più utilizzabile per il recupero di calore, ma andrebbe dispersa verso l'esterno tramite l'apertura della finestra. In ogni caso, basta essere consapevoli del maggior consumo di energia.

Con lo standard Passivhaus si possono progettare anche edifici diversi da quelli

residenziali. In questi casi, le condizioni specifiche devono essere adattate in base all'utilizzo dell'edificio in esame.

Ad esempio, in un edificio non residenziale utilizzato per uffici, l'attrezzatura tecnologica e i corpi illuminanti influenzano in maniera importante gli apporti gratuiti interni, i quali portano a condizioni svantaggiose nella stagione estiva aumentando la richiesta di energia primaria per il raffrescamento. Al contrario, nella stagione invernale, un maggior livello di apporti interni rende più facile il raggiungimento del criterio standard del fabbisogno termico inferiore a 15 kWh/(m²a).

Questi edifici vengono spesso utilizzati per tempi limitati e orari specifici, di conseguenza solo in questo caso è consentito un funzionamento intermittente degli impianti di ventilazione, raffrescamento e riscaldamento, in quanto permette notevolmente di diminuire il fabbisogno energetico anche in edifici passivi. In fase di progettazione risulta già necessario intervenire sul carico termico, sul carico estivo e sulle portate dell'impianto di ventilazione.

Nel calcolo del carico termico è essenziale aggiungere il carico del preriscaldamento degli ambienti. Nel caso di riscaldamento con elementi radianti, si agisce solo in funzione del tempo necessario per il preriscaldamento. Se, invece, viene impiegato un impianto di ventilazione, il tempo di preriscaldamento non dovrebbe essere superiore al tempo di preventilazione (1-2 ore).

1.6 Standard Passivhaus negli edifici esistenti

I componenti Passivhaus sono installabili anche su edifici esistenti, infatti quasi tutti i benefici di una Passivhaus di nuova costruzione sono ottenibili anche su un edificio esistente. Importante è mantenere alta la qualità degli interventi.

Lo standard Passivhaus per le nuove costruzioni è molte volte inadatto agli edifici esistenti e raggiungerlo renderebbe l'intervento meno vantaggioso dal punto di vista economico.

I problemi maggiormente ricorrenti sono:

- forma dell'edificio sfavorevole: superfici di involucro grandi con superfici

utili piccole portano ad una dispersione di calore a metro quadro maggiore rispetto ad edifici compatti;

- ponti termici: è possibile minimizzarli, ma non eliminarli completamente;
- tenuta all'aria: difficile da realizzare un involucro che racchiuda l'intero edificio;
- orientamento sfavorevole delle aperture non modificabile: solo i serramenti esposti a sud permettono apporti solari maggiori rispetto alle dispersioni termiche;
- spazio insufficiente per la coibentazione: spesso lo spazio per la coibentazione non è sufficiente per gli spessori tipici di una Passivhaus.

La certificazione di edifici ristrutturati, detta EnerPHit, rilasciata (da giugno 2011) dal Passivhaus Institut e da certificatori autorizzati, ha lo scopo di conseguire un livello ottimale di coibentazione termica, l'assenza di condensa, l'ecologia e l'efficienza economica.

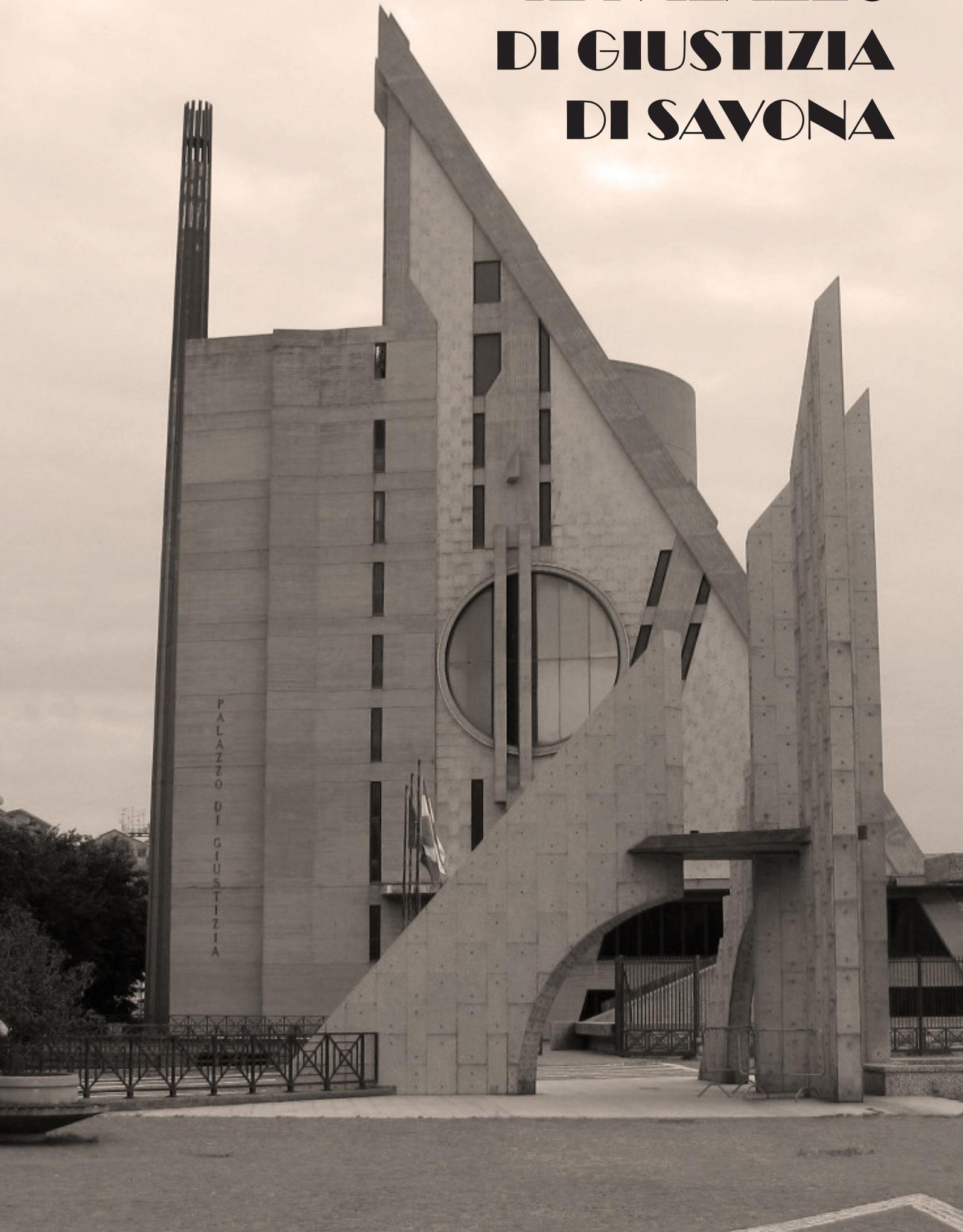
Obbligatorio è installare il sistema di ventilazione per introdurre nell'edificio aria fresca e salutare.

I criteri di valutazione possono essere ottenuti in due modi:

- fabbisogno termico per riscaldamento inferiore a $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, quando non ci sono i requisiti Passivhaus sui singoli componenti, eccetto che quelli attinenti l'assenza di condensa e il comfort termico;
- utilizzo di soli componenti Passivhaus nella ristrutturazione con relativa certificazione; in questo caso il fabbisogno termico per riscaldamento può anche essere superiore a $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Una volta raggiunti i livelli per la certificazione, si ottengono numerosi vantaggi come un ambiente confortevole, una buona qualità dell'aria, assenza di muffa o condensa e una maggiore convenienza economica.

IL PALAZZO DI GIUSTIZIA DI SAVONA



PREMESSA

Quando si tratta di riqualificare l'esistente, uno degli elementi più complicati che si deve affrontare in fase di progettazione è la disponibilità di quelle che sono le immagini, le fonti grafiche e descrittive alle quali si può accedere.

Infatti, spesso e volentieri, il percorso che ha portato alla realizzazione di un progetto non è così lineare e facilmente ricostruibile.

Una delle maggiori criticità che si sono riscontrate nel raccogliere tutte le informazioni necessarie allo sviluppo di questa tesi, è il fatto di aver dovuto dedicare una porzione di tempo considerevole a ricostruire la storia dell'edificio, a partire dal bando di concorso, fino ad arrivare alla realizzazione e alle successive varianti.

In seguito ad una indagine relativa al Palazzo di Giustizia, era stato raccolto molto del materiale dagli allora responsabili di tale inchiesta. Questo materiale, ad oggi, non è stato più possibile individuarlo, per cui si sono verificati una serie di problemi significativi che hanno inevitabilmente portato delle difficoltà nell'aiutarci a restituire tutto quello che è stato il percorso dalla progettazione alla realizzazione dell'opera.

Pertanto, si è reso necessario raccogliere in maniera parziale alcuni dati che successivamente sono stati ricostruiti, richiedendo da parte nostra una totale rielaborazione del progetto attraverso disegni in dwg e cartacei che, di fatto, non partivano dall'esistente.

Quello che si è riportato, è un patrimonio fondamentale dal punto di vista conoscitivo. Ricomponendo informazioni che erano nelle mani della memoria storica di un soggetto, piuttosto che il documento di un altro, è stato possibile ricostruire l'edificio, restituendone quelle che sono le criticità ed i difetti, per poi formulare delle soluzioni.

Nello specifico, a seguito di una ricerca presso l'Agenzia delle Entrate (ex Agenzia del Territorio) senza alcun esito positivo, per ritrovare e raccogliere tutte le informazioni trascritte nella nostra tesi, sono stati presi contatti con l'ufficio tecnico del Comune di Savona e tramite la cortese disponibilità dei tecnici, abbiamo potuto trascorrere molto tempo presso gli archivi dell'ufficio stesso, dove abbiamo reperito il materiale relativo alle tavole esecutive in forma

cartacea del progetto originario dell'Architetto Ricci.

In seguito siamo stati autorizzati ad andare presso l'Archivio Opere Pubbliche, dove sono mantenute tutte le pratiche comunali di vecchia data; qui siamo riusciti a reperire parte delle relazioni descrittive riguardanti il Palazzo. Inoltre, per una maggiore chiarezza in merito ad alcuni dubbi sorti durante l'analisi del materiale, è stato necessario contattare il Direttore dei Lavori, Ing. Enzo Galliano, il quale con molta disponibilità ha colmato le lacune che non ci permettevano di proseguire il lavoro.

Concludendo, possiamo dire che la fase preliminare alla progettazione, di raccolta del materiale, ha richiesto molto tempo ed impegno, ripagati dalla soddisfazione di essere riusciti ad elaborare testi completi e disegni aggiornati restituiti in formato digitale, i quali ci hanno permesso di conoscere approfonditamente il Palazzo, per permetterci successivamente di affrontare un progetto di riqualificazione energetica.

2 CARATTERISTICHE DEL CASO STUDIO

Con la legge finanziaria del 1981, che destinava 700 miliardi di lire per nuovi edifici giudiziari, l'Amministrazione comunale di Savona riuscì a risolvere un considerevole problema. All'epoca infatti, gli uffici giudiziari, erano situati a Palazzo S. Chiara, un ex convento del centro storico della città, fatiscente ed inadeguato alle cresciute e molteplici esigenze della giustizia savonese.



15. Stazione letimbro 1980 (realizzata 1868 e dismessa 1977)
Fonte: <https://www.facebook.com/vecchiasavona/>

Venne così individuata un'area, fuori dal centro storico ma adiacente ad esso, adeguata alle necessità di centralità, facile accessibilità e dimensioni elevate, che potesse ospitare un edificio così imponente. Il terreno faceva parte di un'area attrezzata per edifici di uso pubblico ed attrezzature pubbliche. Si trattava di aree in evidente stato di degrado, dismesse dalle Ferrovie dello Stato in fregio al torrente Letimbro.

Il nuovo edificio si sarebbe affacciato su Via XX Settembre e sul torrente stesso, con l'interposizione di un'ampia area ancora di proprietà delle Ferrovie.

Arrivò la necessità di individuare il progettista che meglio rispondesse alle necessità progettuali. La scelta fu indirizzata verso un professionista di evidente rilievo nel campo dei progetti urbani, nazionali ed internazionali, il cui nome era Leonardo Ricci.

Con lui si garantiva la ricerca di nuove soluzioni plastiche, un'architettura rivoluzionaria che difficilmente si ritrovava nelle opere delle pubbliche Amministrazioni, le quali normalmente erano realizzate con criteri più tradizionali.

Non era la prima volta che l'Architetto Ricci entrava in contatto con il territorio savonese, in quanto negli anni precedenti aveva realizzato degli edifici nei Comuni confinanti delle Albissole.

Una leggenda narra che a Firenze un noto architetto, Leonardo Ricci, aveva un progetto nel cassetto che da tempo aspettava il consenso di una qualsiasi amministrazione per poter essere realizzato. Il progetto in origine era quello di una chiesa, ma fino a quel momento non si era verificata la necessità di realizzare l'opera.

Fu così che, quando Savona manifestò la necessità di dotarsi di un nuovo Palazzo di Giustizia, fu proposto di utilizzare il progetto dell'Architetto Ricci, preparato per un edificio religioso, ma adattabile, con qualche modifica, all'esigenza del savonese.

Si dice sia una leggenda metropolitana, tuttavia non pare così inverosimile che l'edificio provenga da un progetto originariamente non destinato all'uso attuale.

Iniziata l'opera si riscontrarono i primi problemi sulla disponibilità dell'area, poi sulla scelta delle fondazioni ed infine sull'aumento dei costi anche se in maniera contenuta; tuttavia il cantiere si svolse con continuità e costanza.

Sta di fatto che nel 1987, dopo circa cinque anni di lavori, venne inaugurato il nuovo Palazzo di Giustizia di Savona progettato dallo stesso Leonardo Ricci, il quale dette l'incarico di Direttore dei Lavori all'Ingegnere Capo del Comune di Savona Enzo Galliano.

Quando l'Architetto ricevette l'incarico, oltre alla soddisfazione di progettare un edificio pubblico di tale importanza, si preoccupò di realizzare un edificio che non fosse plastico o austero, bensì volle materializzare degli spazi che mutassero

con il variare delle attività svolte al suo interno.

Riportando le parole scritte dallo stesso Ricci nel suo libro "Il Palazzo di Giustizia di Savona", possiamo ben comprendere l'intento e la volontà dell'Architetto nel realizzare un'opera in armonia con ciò che si sarebbe svolto al suo interno: *"Vorremmo definire questo spazio come "sacrale" nel senso etimologico della parola, in quanto giudice ed imputato, pubblico ministero ed avvocati, parte civile e pubblico sono elementi di un dramma in cui una parte sacrifica ed una parte è sacrificata.*

Lo spazio quindi non deve essere né retorico, né aulico, né repressivo, né amministrativo, né anonimo. È uno spazio specifico in cui si deve svolgere serenamente il dibattito tra giusto ed ingiusto, legge accusatrice e legge di difesa, fra orrore e comprensione umana, tra guerra interna e pace" .

Per realizzare tutto ciò la partenza fu quella di interloquire con l'Amministrazione, i Magistrati, il Tribunale di Savona e il Tribunale di Genova, da cui scaturì una proficua collaborazione che portò alla definizione del progetto.

Il progetto prevedeva che l'edificio si estendesse in senso longitudinale per circa 100 metri di lunghezza ed in senso trasversale lasciava temporaneamente i binari ferroviari occorrenti alla Squadra Rialzo per il movimento dei carri in riparazione.

Il processo di riurbanizzazione sarebbe terminato con la disponibilità di tutta l'area e l'esecuzione del parco circostante.

La struttura del Palazzo, composta da volumi geometrici, venne accentuata dalla simmetria della pavimentazione delle aree adiacenti.

L'edificio era costituito da un grande corpo in cemento armato faccia a vista, sormontato in alcune parti da una struttura metallica sorretta dall'ossatura principale e composta da acciaio e vetro.

La visione in pianta, caratterizzata da campate modulari, si concludeva con volumi difformi, a nord con la Vela rappresentante il timpano di chiusura della Basilica e a sud con l'Aula Magna dalla forma a quarto di cerchio.

I percorsi interni del Palazzo furono dettati dalla necessità, per motivi di sicurezza, di tenere separati tra loro i tragitti degli operatori di giustizia da quelli del pubblico, il quale aveva a sua disposizione la parte della Basilica per

spostamenti e attese.

Ciascun piano fu strutturato in modo simmetrico rispetto ad un corridoio centrale, oltre a ciò si prevedeva una balconata a sbalzo sulla Basilica a servizio dei visitatori.

La grandiosità delle strutture e l'audacia delle forme collocarono prepotentemente il Palazzo di Giustizia nella vita savonese.

Oggi, dopo circa trent'anni il palazzo è diventato inadatto, problematico e costoso. Agli abitanti di Savona e alla città stessa, rimane un enorme colabrodo che, insieme alle Ammiraglie dell'Oltreletimbro, viene identificato come una bruttura urbana, ma che nonostante ciò è divenuto un simbolo caratterizzante lo skyline savonese.

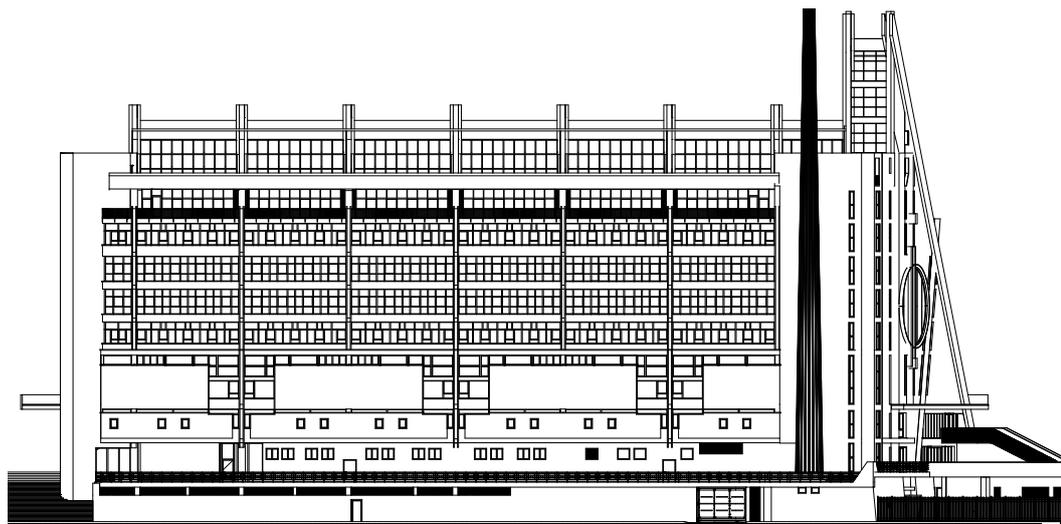


16. Skyline savonese con evidente contrasto tra il Palazzo di Giustizia e il contesto circostante
Fonte: Google Earth

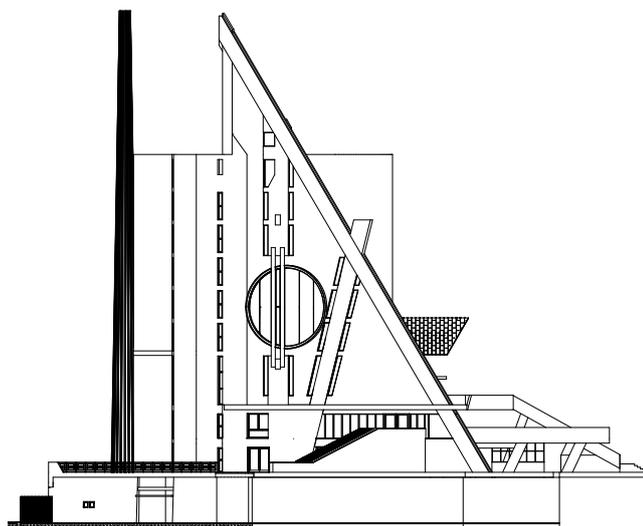
2.1 Il progetto (1981-1987): la struttura in elevazione

Nello specifico, il progetto prevedeva che il corpo si componesse di diversi prospetti che si relazionavano con il contesto.

Il fronte su Via XX Settembre, non allineato alla via stessa, ricordava in modo innovativo il vecchio Spalto della ferrovia che si affacciava sulla città.



17. Prospetto nord-est
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone



18. Prospetto nord-ovest
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

Sul lato nord-ovest, che rappresentava il punto cardine di tutto il progetto, si concentravano tutte le attività più emblematiche dal punto di vista simbolico e razionale. Una vela triangolare, che alludeva al timpano della Basilica, delimitava l'ingresso al cuore centrale del Palazzo. La

rotazione di questa facciata consentì la creazione del suddetto timpano e anche l'ideazione di un nartece "spaziale" che dominava su tutto l'edificio dandone un senso di "sacralità". Esso consentiva al pubblico di percepire che all'interno del palazzo veniva svolta una funzione peculiare e rilevante.

Il prospetto sud-ovest, verso quello che sarebbe dovuto diventare il parco, dava una percezione di dinamicità grazie alla grande vetrata inclinata.

Il fronte su Via Luigi Corsi è stato ideato come l'epilogo plastico-spaziale del parco, quasi come un'abside dell'intera costruzione.

Fattore fondamentale e di ardua risoluzione era la criticità, allora come oggi molto concreta, della sicurezza, senza correre il rischio che il Palazzo diventasse un edificio non coinvolto nell'esistenza della società. Per trovare la soluzione a questo contrasto si optò per sospendere l'edificio su una piazza coperta, in modo da scindere il piano di arrivi e parcheggi dal Palazzo stesso, permettendo di riunire in un unico lotto tutti gli accessi e avere un'agevole vigilanza.

La progettazione delle strutture in elevazione ha implicato considerevoli complicazioni a causa della grande disuniformità geometrica tra il fabbricato vero e proprio e la Basilica. Inoltre, si poteva individuare anche una notevole asimmetria di carichi strutturali e fondazionali, in quanto la Basilica presentava solo due solai, mentre il fabbricato dieci compresa la copertura.

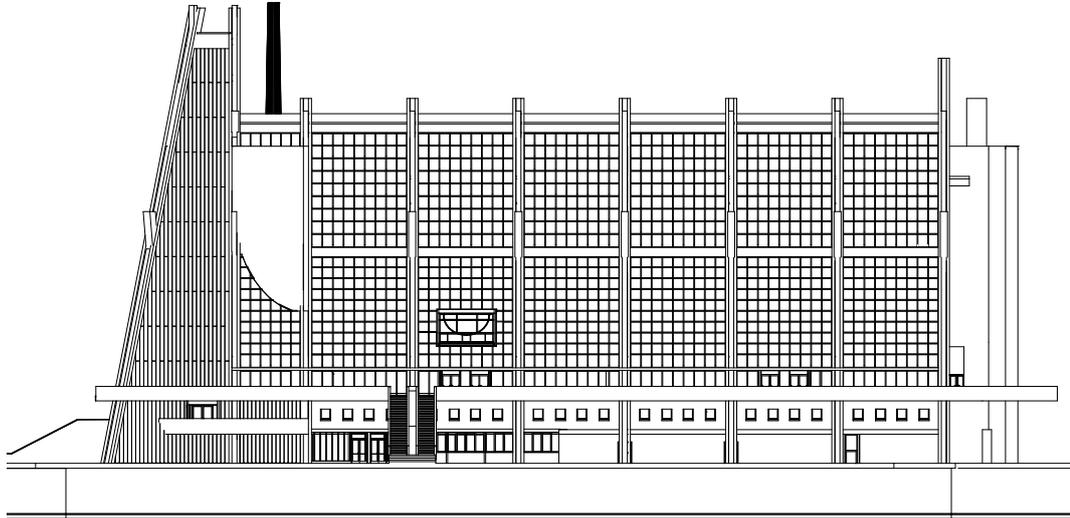
Il corpo della Basilica era costituito da una vetrata inclinata installata su telai in alluminio anodizzato, a loro volta poggianti sulla struttura in calcestruzzo e su travi metalliche.

La facciata sud-ovest si estendeva in altezza per circa 30 metri e in lunghezza per circa 70 metri, inoltre era inclinata rispetto la verticale di 30 gradi ed era suddivisa in campate modulari di 10 metri di luce.

I vetri, riflettenti nella parte centrale e i parasol in bronzo nel contorno dei riquadri, facevano risaltare la separazione tra la struttura ed il serramento. Questi vetri, isolanti e fissi, sono stati installati dall'esterno per motivi di sicurezza e di tenuta all'acqua e al vento, con particolari guarnizioni di neoprene, indeformabili negli anni e durevoli all'escursione termica.

Pensando alla manutenzione di questa vetrata, era stata progettata un'adeguata attrezzatura che permettesse un facile accesso per la pulizia e l'eventuale

sostituzione dei vetri. La navicella, della lunghezza equivalente ad una campata tipo, era composta da un telaio in carpenteria di acciaio di forma reticolare e, attraverso funi portanti, scorreva su ruote per tutta l'altezza della facciata.



19. Prospetto sud-ovest

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

0 10 20 30 m

L'Aula Magna, caratterizzata da un solaio piano terra, un solaio parziale intermedio e da una copertura senza appoggi intermedi, presentava una configurazione paragonabile ad un quarto di cerchio in connessione con il Palazzo tramite una galleria.

2.2 Il progetto (1981-1987): l'organizzazione planimetrica

Piano quota zero

Il progetto prevedeva che fosse dedicato ai vari ingressi carrai e pedonali, ai garage e agli impianti tecnici. Il visitatore sarebbe potuto accedere alla hall sia da quota zero che da quota cinque, tramite le rampe che conducevano alla piazza. Come per i piani superiori, i magistrati e gli impiegati avevano l'opportunità di avere un percorso indipendente, sia in orizzontale che in verticale, e la possibilità di avere un parcheggio personale. Lo stesso privilegio era concesso alla polizia e agli imputati, i quali avevano un ingresso autonomo con un ascensore dedicato

che arrivava al piano aule. Tutto ciò per fare in modo che, per motivi di sicurezza, i suddetti personaggi non si confondessero con il pubblico.

All'incrocio tra Via XX Settembre e Via Luigi Corsi era stata preventivata una piccola piazza con lo scopo di ottenere un punto di fuga sulla stessa Via Corsi, ma a questo livello di progettazione era rimasta ancora da ultimare.

Piano quota cinque

A questo piano la piazza coperta era divenuta una continuazione del parco.

Da qui si accedeva all'interno del Palazzo di Giustizia, dove si sarebbero dovuti collocare servizi come una banca, un archivio generale con una zona di consultazione e studio per professionisti, studenti e storici.

Sotto l'Aula Magna fu collocato uno spazio a servizio dell'Ordine degli Avvocati o del tribunale stesso.

Piano quota otto

A questo livello si racchiudevano servizi essenziali per la vivace vita di un tribunale come bar, tabacchi e poste. Inoltre, trovavano posto la polizia giudiziaria, le sale di intercettazione telefonica, la camera blindata per i corpi di reato e, in relazione diretta con il pubblico, l'Ufficio Registro e il Casellario Giudiziario.

Piano quota undici

La Basilica era considerata cuore spaziale di tutto il complesso, in quanto connetteva tra di loro tutte le attività contenute nel Palazzo. Qui si affacciavano tutte le aule e tutti i piani superiori, nei quali si trovavano pretura, tribunali civili e penali e procura.

Per questo piano l'importante, dal punto di vista pratico, era realizzare itinerari distinti tra magistrati e pubblico, dando un forte significato a queste aule con spazi aperti dove la giustizia esponeva la regolarità e la garanzia dei propri compiti.

Per i testimoni uno spazio peculiare in stretta relazione con le aule.

Le camere di consiglio sono state strutturate a duplex.

L'Aula Magna, o Aula d'Assise, poteva essere utile per le sessioni speciali del Tribunale, ma per la particolare posizione separata dall'edificio principale, concedeva anche un uso per molteplici funzioni non totalmente specifiche del

Tribunale stesso. Per tale motivo, è stato creato uno spazio interno sopraelevato, utile come biblioteca o studio di ricevimento.

Piani a quota sedici e venticinque

A questi piani si collocavano i servizi delle cancellerie, le quali diventavano un diaframma tra il flusso interno dei magistrati e il pubblico. Quest'ultimo aveva a disposizione percorsi a loggia che si affacciavano direttamente sull'area basilicale, per far sì che esso si sentisse parte di tutto il complesso.

Gli uffici dei magistrati prospettavano su Via XX Settembre, mentre gli uffici degli impiegati furono ideati in modo da includere sia la separazione per lavorare, sia l'area di relazione con il pubblico.

La Pretura, il Tribunale Civile e Penale e la Procura furono situati a tali quote.

Piano a quota ventotto

Qui si trovavano l'appartamento del custode, le aree a servizio della manutenzione e gli spazi per gli impianti tecnici essenziali.

2.3 Il progetto (1981-1987): la sicurezza

Con uno studio minuzioso dei vari gradi di rischio sulla sicurezza, per raggiungere i risultati fondamentali si poterono sviluppare due tipologie di dispositivi:

- sicurezza attiva, raggiunta tramite gli impianti speciali;
- sicurezza passiva, raggiunta con opere strutturali, come vetri antisfondamento e separazione dei percorsi.

La sicurezza attiva la si ottenne con un'integrazione di vari elementi sotto il comando di una centrale di gestione. Tra questi elementi:

- la centrale di controllo degli impianti con regia video;
- impianto antintrusione e antirapina;
- impianto rilevazione incendi;
- impianto telecamere a circuito chiuso;
- impianto videocitofonico;
- impianto di controllo accessi con lettore di badge.

2.4 Il progetto (1981-1987): la sistemazione del parco adiacente

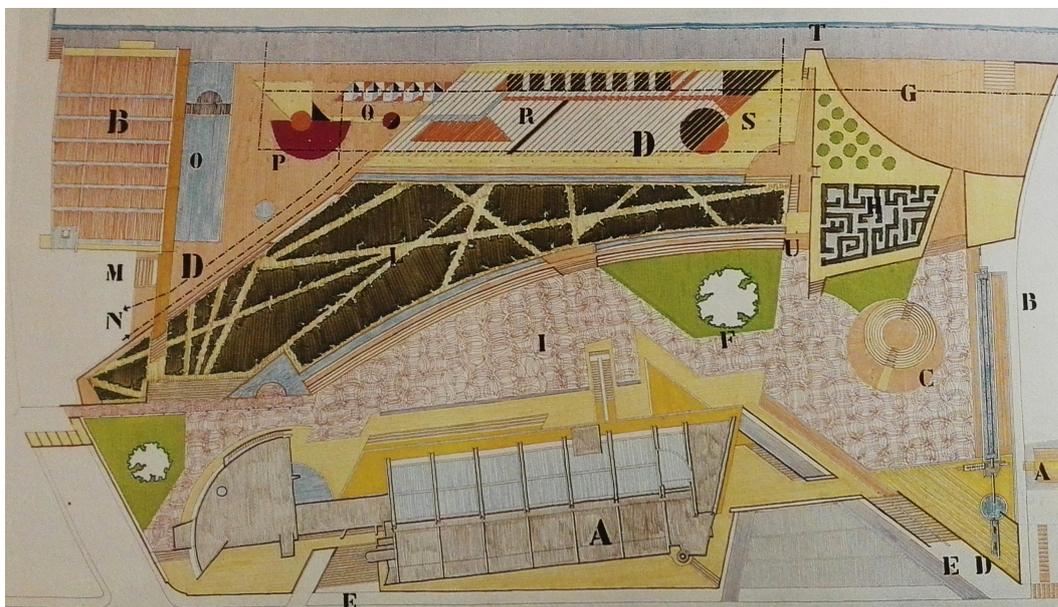
Per separare l'area del parco dall'area destinata al traffico, è stato indispensabile creare una barriera sia visiva che acustica. È stata quindi pensata la "porta del parco" (A), composta da un diaframma architettonico a forma di triangolo, da un "muro d'acqua" (B) e da un anfiteatro chiamato "il cerchio dell'incontro" (C).

La porta del parco, il cui aspetto alludeva alle forme geometriche del Palazzo, era realizzata da una piastra in cemento armato rivestita di granito.

Il muro d'acqua, invece, era costituito da una vasca sovrapposta a colonne in calcestruzzo prefabbricate collegate da un vetro antisfondamento; inoltre, un sistema meccanico consentiva la discesa costante dell'acqua da entrambi i lati del muro.

Il cerchio dell'incontro è composto da gradoni concentrici in granito, che creano un anfiteatro scavato nel terreno.

La pavimentazione esterna metteva in risalto le forme geometriche dell'intero organismo, grazie all'alternanza di cubetti di porfido e cubetti di marmo bianco.



20. Progetto del parco
Fonte: "Il Palazzo di Giustizia di Savona" Leonardo Ricci

2.5 Realizzazione dell'opera e soluzioni tecnologiche adottate (1987)

Il progetto iniziale aveva grandi ambizioni ed era stato ideato minuziosamente anche nelle parti esterne dedicate al Parco e ai servizi di ausilio al Palazzo. Di tutto questo complesso sono stati solo realizzati l'edificio del Tribunale e l'Aula Magna.

L'ingresso del Palazzo è stato posizionato a quota otto.

Per quanto riguarda l'area esterna, le opere eseguite sono la "porta del parco" triangolare, il "muro d'acqua" e "il cerchio dell'incontro".

L'area circostante è, ancora oggi, una piastra in asfalto dove occasionalmente trovano collocazione allestimenti circensi e stand espositivi stagionali.

Dal punto di vista tecnologico, le soluzioni adottate in merito alla struttura portante sono di tipo puntiforme a travi e pilastri in C.A.

Il solaio è composto da una soletta inferiore prefabbricata in calcestruzzo di 5 cm di spessore, un blocco di polistirolo espanso di altezza 29 cm posizionato sulla faccia superiore della lastra tra due tralicci e da una caldana superiore di spessore 6 cm, il tutto per un'altezza complessiva di 40 cm.

La lastra prefabbricata porta inglobati al suo interno una rete elettrosaldata e 3 tralicci elettrosaldati per una lunghezza di 1,20 m.

Le pareti esterne del piano terreno, primo e secondo, verso Via XX Settembre, prevedono una doppia muratura (8 e 12 cm) del tipo a "cassa vuota", costituita da uno strato di intonaco interno, un'intercapedine di aria da 7 cm, l'isolante da 2 cm, intonaco esterno e un rivestimento di granito di 2 cm.

Per quanto riguarda i piani superiori, lo strato di cemento armato faccia a vista del solaio risvolta sulla parete sovrastante per uno spessore di 20 cm. Sul lato interno di tale parete è stato addossato uno strato di isolante di 3 cm, un mattone da 8cm e una finitura di intonaco.

Le pareti interne divisorie, sono per la maggior parte in mattone dello spessore di 8 cm, con un rivestimento di intonaco su entrambi i lati. Le restanti, sono strutture in cartongesso formate da due lastre di cartongesso esterne contenenti

uno strato di isolante in lana di roccia di 6 cm, per uno spessore complessivo di 10,7 cm.

I serramenti impiegati sono in alluminio. Quelli situati sulla grande facciata inclinata, che fanno parte della Basilica, sono tutti fissi e la composizione prevede un vetro 6-12-8/9; i vetri riflettenti al centro dei riquadri e i persol in bronzo sulle cornici dei pannelli, evidenziano in modo deciso il distacco tra la struttura ed il serramento.

Per quanto riguarda la facciata lungo Via XX Settembre, la composizione è differente per ogni singolo serramento. In una griglia 3x3, quelli disposti in basso sono fissi e con una lastra fumè 4-6-8/9, quello centrale apribile presenta una lastra riflettente 4-6-5 e i restanti sono anch'essi fissi, ma con una lastra fumè 4-6-4.

La copertura dell'ultimo piano è realizzata con lo stesso sistema costruttivo del solaio, con l'aggiunta di una membrana impermeabilizzante e una pavimentazione galleggiante sovrastante.

2.6 Analisi impiantistica dell'esistente

Data la complessità in merito alla fase di ricerca, è stato estremamente complicato capire esattamente il funzionamento del sistema di riscaldamento e raffrescamento, a fronte di una sostanziale assenza di informazioni.

Sulla base delle indicazioni ricavate, si è constatato che tutte le reti hanno origine dalla centrale tecnologiche e si distribuiscono orizzontalmente fino ai punti di salita, per formare le colonne montanti.

La centrale termica è composta da: due generatori di calore a gasolio 600 kW/cad, due bruciatori ad aria soffiata (serranda che miscela combustibile e aria con un ventilatore) e due serbatoi del gasolio 10 mc/cad.

Sopra ogni caldaia (generatore) si trovano i diversi organi di sicurezza, controllo e regolazione, provvisti di valvola di sicurezza che scarica a perdere nel caso si crei sovrappressione all'interno del generatore (previsti dall'inail).

Il sistema di regolazione dei fan-coil trova posto nella centrale termica, mentre i sistemi di regolazione relativi alle unità di condizionamento sono localizzati

sulle unità stesse.

I generatori di calore sono collegati a due scarico fumi indipendenti di diametro 250 mm rivestiti in lana di roccia di spessore 50 mm, legature con filo zincato e finiture in scagliola.

A servizio di ogni generatore di calore si trova un separatore d'aria utile per eliminare aria dall'acqua dell'impianto, sopra il quale è posto il vaso di espansione con una capacità di 2500 l/cad.

E' anche presente un gruppo di riempimento automatico per mantenere costante la pressione dell'impianto.

Il generatore di calore è collegato ad un gruppo pompe che va ad alimentare i collettori caldi (di dimensioni inferiori) di mandata e ritorno. Il collettore caldo è collegato a tre gruppi di pompaggio che vanno a servire dei sotto-collettori di zona, ai quali sono collegati i terminali (fan-coil, condizionatori). Su due dei tre gruppi di pompaggio è presente una valvola miscelatrice che consente di variare la temperatura che arriva agli apparecchi.

I gruppi di pompaggio sono composti da due pompe, valvole di non ritorno e valvole manuali.

I collettori freddi (di dimensioni superiori) di mandata e ritorno sono alimentati da quattro gruppi frigo (inizialmente 3 poi aggiunto uno successivamente per servire il settimo piano). Ai collettori freddi sono collegati altri tre gruppi pompa che a loro volta vanno ad altri sotto-collettori che alimentano i terminali (fan-coil, condizionatori).

L'isolamento termico delle tubazioni è previsto con cospesse di lana di vetro (diametro 30mm) per le reti calde, mentre per le reti fredde è previsto con cospesse di polistirolo (diametro 30mm).

Sono presenti quattro condizionatori per ciascun piano (a servire ognuno degli orientamenti geografici).

L'unità di trattamento aria UTA a sezioni componibili è dotata di batteria di post-riscaldamento, alimentata con acqua calda derivante dai collettori caldi.

Presenta tubazioni da 12 mm per fluido caldo e tubazioni da 18 mm per fluido freddo.

La distribuzione dell'aria di mandata è affidata a canalizzazioni di lamiera

zincata, coibentate con isolante posto all'interno dei canali stessi. L'immissione avviene tramite bocchette in alluminio ad alette regolabili dotate di serrandine di regolazione. Il sistema di ripresa è affidato a bocchette di passaggio in alluminio sulla parte inferiore delle porte.

L'umidità e la temperatura sono controllati da umidostato e termostato ambiente.

2.7 Primo progetto di rifunzionalizzazione (1992-1995): il settimo piano

Negli anni successivi alla costruzione, per venire incontro alle variate e cresciute esigenze del Tribunale, l'Amministrazione comunale ha effettuato un intervento di trasformazione del settimo piano, recuperando vasti spazi da destinare ad uso uffici.

L'adeguamento del Palazzo di Giustizia di Savona alle nuove esigenze dell'ordinamento giudiziario, ha configurato l'incarico di progetto di massima per la creazione di nuovi uffici per la Procura Circondariale, di nuovi spazi per il giudice di pace, di una nuova sistemazione dell'alloggio del custode e di spazi per l'estensione degli archivi da ubicarsi ai piani dei garages.

A questa progettazione di massima, i cui elaborati sono stati consegnati nel 1992, proposti dallo stesso Leonardo Ricci in collaborazione con la moglie Arch. Maria Grazia Dellerba Ricci e recepiti dall'Amministrazione Comunale, segue la progettazione esecutiva riguardante l'adeguamento della terrazza a nuovi uffici per la Procura. Con la consegna definitiva, protocollata il 01.07.1995 neppure un anno dopo la scomparsa del noto Architetto, la Signora Ricci si prese totalmente a carico il mandato.

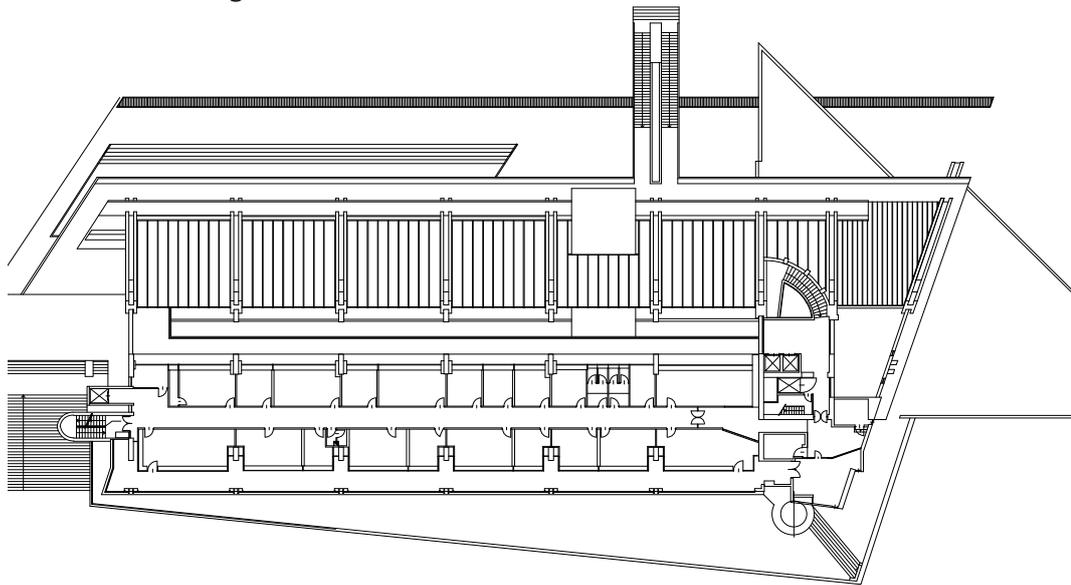
Le soluzioni progettuali adottate trattano la terrazza sotto la copertura con la nobiltà che merita un piano attico, culmine formale del Palazzo, dove per altro già nella prima stesura del progetto si erano previsti spazi come il club per la lettura e altri ambienti a disposizione di tutto il personale.

Da qui la scelta del pavimento nobile di granito come al piano Basilica, la cura

per la definizione degli infissi per la ottimale climatizzazione, per un buon livello di organizzazione di uffici e servizi.

Sono state soddisfatte le richieste, nonché l'ineluttabile esigenza di tutela formale ed artistica del manufatto nel suo complesso, oggetto di premi e pubblicazioni a livello regionale e nazionale.

L'intervento consiste essenzialmente nell'occupare buona parte della terrazza coperta al settimo piano, chiudendola con una vetrata e unendo le estremità nord e sud dell'edificio con un corridoio, ai cui lati si distribuiscono uffici, locali tecnici e servizi igienici.



21. Pianta piano settimo
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

0 10 20 30 m

È necessario in via preliminare demolire l'appartamento del custode e spostarlo altrove, per fare in modo che gli ascensori in uso ai magistrati e al pubblico, situati rispettivamente alle estremità sud e nord dell'edificio, possano servire il nuovo piano di uffici. Ciò implica alcune modifiche da apportare ai vani di corsa e alle rispettive cabine. In particolare, per l'ascensore dei magistrati, si tratta di demolire la soletta che chiude alla quota trenta il vano di corsa, per ricostruirla più in alto ricavandovi l'argano di sollevamento. La cabina, così modificata, si apre sul tetto con una nuova porta, una finestra e una nuova scaletta in ferro. In generale, si sono previste soluzioni e materiali già usati ai piani sottostanti. Le partizioni interne per ottenere i vari locali, sono prevalentemente realizzate

mediante tavolati con struttura in profilati di lamiera di acciaio zincato, ai cui lati si applicano doppi strati di lastre di cartongesso. A migliorare le condizioni di isolamento acustico, si interpone uno strato di 6 cm di lana di roccia. Lo spessore di tali tramezzi è di 10,7 cm.

Diversa profondità hanno invece quei tramezzi in cartongesso attraverso i quali passano i tubi di alimentazione dei corpi scaldanti previsti lungo le facciate, inseriti in mobiletti continui, modulati secondo il ritmo della facciata stessa, aperti con un ripiano tranne che in corrispondenza dei fan-coils. La parete, in tal caso, è composta da due tavolati con propria struttura portante per uno spessore complessivo di 22,2 cm.

In elementi di laterizio dello spessore di 12 cm sono, invece, costruite le pareti che chiudono i locali che ospitano le macchine per il condizionamento e quelle dei servizi igienici e dei cavedi tecnologici.

Viene completamente rifatto il pavimento, asportando sia quello in gres rosso che quello in gomma a bolli. Il materiale previsto è lo stesso granito rosa sardo già usato in tutto l'edificio. Esso è impiegato anche a rivestire il profondo davanzale in cemento che prospetta sulla Basilica.

Una buona attenzione si è data al problema del comfort termico dei locali, non solo in merito alla scelta dell'impianto migliore per la climatizzazione, ma anche nell'adozione di soluzioni architettoniche e di materiali costruttivi idonei.

La facciata vetrata sulla terrazza ad est è costruita con profilati in lega d'alluminio con taglio termico e con pannelli di specchiatura in grado di offrire un valore ottimale per l'indice che definisce la trasmittanza termica. Ciò si ottiene usando vetri riflettenti a bassa emissività nella parte superiore della facciata; mentre in quella inferiore il vetro esterno riflettente, ma opacizzato all'interno è accoppiato ad un pannello di materiale isolante rivestito da lamiera in acciaio.

A tutto ciò, si aggiunge l'uso di una tenda esterna avvolgibile su cassonetto, a comando elettrico in speciale screen di filo di fibra di vetro rivestita in PVC, la quale, autonoma dalla facciata, protegge dall'irraggiamento solare e permette una continua circolazione d'aria con effetto rinfrescante sulle superfici vetrate e con conseguente controllo del clima interno.

In modo analogo si è studiata la vetrata a nastro continuo che si affaccia sulla Basilica, dove c'è il problema di un forte accumulo di aria calda. Anche qui si usano serramenti a taglio termico con vetro camera 4-20-3+3, al cui interno è inserita

una tenda a lamelle orientabili in alluminio argentato, contro l'irraggiamento proveniente dalla copertura trasparente inclinata. Si è, però, risolto il problema dell'accumulo di aria calda, soprattutto installando in ogni campata della vetrata in copertura un sistema di ventilazione meccanica.

Il corridoio centrale costituisce anche la dorsale di distribuzione di tutti gli impianti, le cui canalizzazioni sono nascoste da un controsoffitto a doghe d'alluminio con passo di 15 cm e con orientamento a 45°, nel quale si inseriscono di volta in volta sia corpi illuminanti sia i diffusori d'aria lineari.

Il soffitto dei locali adibiti ad uffici è rifinito con l'applicazione di una lastra di cartongesso.

La coibentazione del tetto è realizzata con idoneo spessore (6 cm) di materiale isolante a base di roccia vulcanica espansa, fibre di vetro e leganti asfaltici e cellulosici, poi protetto da una guaina impermeabilizzante ricoprente anche le grosse travi rovesce, al di sopra della quale vengono ripristinati il pavimento galleggiante di quadrotti di calcestruzzo lavato e l'impianto contro le scariche atmosferiche.

La biblioteca, che si ricava nell'angolo nord con una parete di lastre di cristallo accoppiato temperato senza telaio, ma sostenuta da profilati in acciaio inox a terra e a soffitto, sarà coibentata lungo il muro perimetrale con rivestimento di lastre di cartongesso e pannello di poliuretano espanso.

Per gli aspetti relativi ai problemi della sicurezza antincendio, si è protetta la scala dei magistrati mediante divisorio in metallo REI 120 con inserita porta dotata di oblò circolare in vetro accoppiato, pur essa REI 120.

2.8 Secondo progetto di rifunzionalizzazione (1998): il piano terra e la nuova ala sud

Il Palazzo di Giustizia nuovamente sente l'esigenza di reperire ulteriori spazi in grado di sopperire alle necessità che nel tempo si sono ancora una volta manifestate.

Il maggior fabbisogno di uffici, infatti, discende dalle intervenute disposizioni normative che hanno introdotto nel sistema giudiziario nazionale nuove figure

giuridiche.

Tali disposizioni normative sono meglio precisate da:

D.Lgs. 19.02.1998 n. 51 attuativo della legge 16.07.1997 n. 254;

Legge 16.07.1997 n. 254 "Norme in materia di istituzione del Giudice Unico di 1° grado";

Legge 22.07.1997 n. 276, istituiva delle sezioni stralcio, in base alla quale a Savona sono stati creati sette Giudici onorari aggregati;

Ampliamento competenze del Giudice di Pace sia in materia civile che penale.

Per quanto sopra detto, il Comune di Savona ha previsto e inserito nel Programma OO.PP. 1998 l'intervento finalizzato al recupero, a piano terra, dei nuovi uffici giudiziari.

Tale progetto preliminare è stato affidato al gruppo di progettazione interno alla Civica Amministrazione, composto dall'Architetto Luciano Campagnolo, dall'Ingegnere Franco Manica e dall'Ingegnere Chiara Vacca.

2.8.1 Inquadramento urbanistico

Il complesso esistente degli uffici giudiziari e le relative pertinenze, sono compresi in un ambito classificato come area SP in zona F3 del vigente strumento urbanistico generale (SUG).

In tale ambito, l'art. 19, comma 3, delle norme di attuazione dello SUG, ammette la realizzazione di nuove costruzioni e relative infrastrutture e attrezzature connesse.

Detta norma prevede inoltre che, qualora il compendio di intervento sia di proprietà di enti locali territoriali (nella specie l'area ed il complesso su di essa edificato sono di proprietà comunale), sia possibile intervenire senza vincoli volumetrici e spaziali di sorta, purché la qualità progettuale dell'architettura derivi dalla considerazione più scrupolosa dei caratteri del contesto.

Ciò posto, si rileva che la pianificazione sovraordinata non rappresenta particolari prescrizioni per l'area di intervento.

Da un lato, il Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico (PTCP) classifica l'area in un ambito qualificato come "Strutture urbane qualificate" (SU), soggetto ad un regime di "mantenimento", ai sensi dell'art. 35 delle relative norme di attuazione. Dall'altro, il Piano Territoriale di Coordinamento degli Insediamenti Produttivi – Area Centrale Ligure (PTCIPACL) prescrive una generica riqualificazione urbana, da attuarsi contestualmente alle aree dell'Oltreletimbro e in occasione della revisione dello SUG.

Da ultimo, la deliberazione della Giunta Regionale n. 2615 del 28 dicembre 1998, come successivamente modificata ed integrata, comprende l'area interessata dall'intervento al margine esterno di un ambito soggetto alla disciplina di cui all'art. 3, comma 2, lettera b), della normativa allegata alla stessa deliberazione.

2.8.2 Alternative progettuali

Sono state analizzate varie idee progettuali alternative, riconducibili sostanzialmente a quattro soluzioni principali, per ognuna delle quali si riportano di seguito i vantaggi e gli svantaggi:

a. Parziale chiusura dell'attuale Palazzo al piano "pilotis"

Svantaggi:

- superficie ricavabile non sufficiente per le esigenze da soddisfare;
- sostanziale alterazione dell'impostazione progettuale iniziale;
- inefficace collegamento verticale e/o orizzontale con i restanti volumi dell'Aula di Assise;
- necessità di utilizzare materiali leggeri (metallo e vetro) con conseguenti problemi in ordine al contenimento energetico ed all'isolamento acustico;
- mancata connessione con il restante tessuto urbano.

Vantaggi:

- semplicità esecutiva;
- minor incidenza complessiva del costo di intervento.

b. Corpo staccato – Aula Magna: realizzazione di nuovi orizzontamenti, con incremento della superficie lorda utile

Svantaggi:

- perdita degli attuali ambienti di maggior prestigio, sviluppati in doppia altezza;
- difficoltà di ricavare superficie fruibile, in conseguenza della particolare forma dell'elemento;
- le superfici ricavabili non soddisfano tutte le esigenze, in particolare quelle relative ad un locale archivio ed a posti auto riservati;
- difficoltà esecutive derivanti dalle grandi luci da coprire e dalla esiguità degli spazi di accesso;
- problematiche connesse alla fase esecutiva, cantiere – costruzione che comportano la momentanea inagibilità dell'edificio;
- costi difficilmente quantificabili in quanto l'esecuzione diventa non organizzabile in modo industriale.

Vantaggi:

- non viene alterato l'involucro esistente.

c. Sopraelevazione – piano a quota +33,40

Svantaggi:

- adeguamento degli impianti tecnologici alla variata quota;
- adeguamento dei collegamenti verticali (scale ed ascensori) alla variata quota;
- verifica dell'idoneità delle fondazioni in funzione dei nuovi carichi;
- significativa alterazione volumetrica ed estetica della facciata;
- problemi di contenzioso con i confinanti per il progressivo innalzamento dell'edificio;
- aumento considerevole dei costi dell'impiantistica in relazione alle più gravose condizioni di esercizio;
- in termini di sicurezza in senso lato, la sopraelevazione presenta limiti in funzione della nuova quota +33,40 a cui si dovrebbe attestare il nuovo piano. In particolare, oltre ad una "altezza ai fini antincendio" superiore a 32 metri non è possibile il raggiungimento del piano da parte dell'autoscala dei Vigili del Fuoco, rendendo necessarie misure di sicurezza alternative che trovano

notevole limitazione nell'attuale impianto distributivo verticale del Palazzo.

Vantaggi:

- facilità di riorganizzazione dei vari uffici del Tribunale.

d. Utilizzo del piano terra adiacente al corpo staccato, per la costruzione dei nuovi uffici giudiziari

Svantaggi:

- incremento dei costi per una maggiore climatizzazione ed insonorizzazione dei locali;
- minor luminosità e godibilità del contesto urbano.

Vantaggi:

- reperimento superfici adeguate alle esigenze, compresi altresì locali archivio e nuovi posti auto coperti riservati;
- semplicità esecutiva sia in fase di cantierizzazione sia in fase costruttiva, in quanto la soluzione non è interferente con le attuali attività;
- realizzazione di unità operativa autonoma ed indipendente, ma opportunamente collegata con le restanti parti del Palazzo;
- riqualificazione urbanistica lato Via Luigi Corsi, integrazione nel tessuto cittadino e recupero della soprastante area verde in stato di abbandono;
- rispetto dell'impostazione progettuale originale;
- certezza dei costi e dei tempi di realizzazione, trattandosi di costruzione indipendente.

Alla luce di quanto sopra rappresentato, si è ritenuto di optare per la soluzione **d).**

Tale soluzione costituisce, pertanto, l'oggetto della presente progettazione preliminare; nel proseguo ne vengono illustrati gli aspetti salienti, atti a definire il contenuto progettuale dell'intervento.

2.8.3 Ricucitura urbanistica

L'esistente edificio destinato ad uffici giudiziari sconta, per la sua particolare tipologia, un carente collegamento con il tessuto urbano circostante.

In particolare, la sua parte terminale, tra Via Luigi Corsi e Via XX Settembre, è posta sull'esistente terrapieno ferroviario, oggi dismesso, e quindi ad una quota di oltre 4 metri sul piano strada.

Tutto ciò non consente un'agevole accessibilità agli uffici e costituisce una percettibile separazione tra il Palazzo e la città.

Si pone, dunque, la necessità di integrare un importante edificio pubblico, quale il Palazzo di Giustizia, con il circostante tessuto edilizio.

La peculiarità del linguaggio architettonico dell'esistente complesso degli uffici giudiziari è tale per cui, non è proponibile un'addizione volumetrica, che difficilmente potrebbe inserirsi con organicità.

Tale complessità, porta a privilegiare la scelta di ricavare gli spazi fruibili rivedendo la configurazione della propaggine sud del complesso edilizio.

A questo fine, si è optato per la soluzione volta ad utilizzare il volume al piano terreno, che si affaccia su Via Luigi Corsi e Via XX Settembre.

La superficie, utilizzabile ad uso uffici, è ricavabile mediante lo svuotamento del terrapieno posto all'intersezione delle vie sopra citate.

La soluzione individuata riguarda una duplice necessità.

Da un lato, viene offerta l'autonomia funzionale per la nuova unità, sia in relazione alla destinazione d'uso derivante dalle innovazioni introdotte dalle leggi di cui in premessa, sia alla dotazione di spazi pertinenziali, quali l'autorimessa e gli archivi.

Dall'altro, si ottiene il collegamento verticale tra il nuovo intervento e l'esistente struttura attualmente destinata ad Aula di Assise.

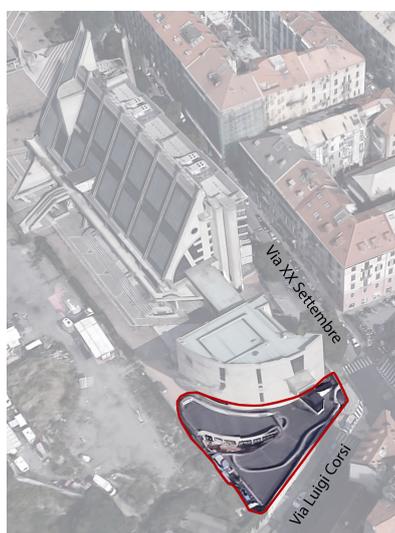
Preme segnalare che, tramite tale collegamento, viene realizzata l'integrazione verticale ed orizzontale di tutti i livelli che compongono l'intero Palazzo di Giustizia.

2.8.4 Descrizione intervento ala sud

Il progetto prevede la realizzazione di quattro zone funzionali distinte, destinate rispettivamente a:

- uffici con archivio di servizio;
- cortile vegetato;
- autorimessa autonoma per 14 posti auto;
- grande archivio.

La creazione del grande archivio deve essere subordinata ad una verifica di fattibilità tecnico-economica.



22. Ala sud
Fonte: Google Earth

L'ulteriore elemento di qualificazione del progetto, consiste nella possibilità di collegare verticalmente i nuovi spazi, attraverso scale ed ascensore con l'esistente corpo edilizio sede dell'Aula d'Assise.

Tale collegamento, realizza la completa continuità anche dei percorsi orizzontali tra i vari livelli dell'intero complesso giudiziario.

Particolare rilevanza assume la collocazione del "cortile vegetato", nei confronti di nuovi uffici. Ciò sia sotto l'aspetto dell'illuminazione diretta, sia per quanto concerne i ricambi d'aria, sia infine per la gradevolezza estetica che tale elemento potrà conferire all'insieme, soprattutto grazie alla messa a dimora di piante d'alto fusto.

La copertura del nuovo insediamento viene articolata su livelli leggermente sfalsati.

Per quanto riguarda la distribuzione interna, va rilevato che gli uffici sono disposti su due batterie contrapposte ed affacciate su di un unico corridoio.

La soluzione adottata, fornisce aria e luce diretta a ciascun ufficio, vuoi tramite

bucature sulla parete attestata lungo Via Luigi Corsi, vuoi per mezzo di ampie vetrate affacciate sul “cortile vegetato”.

L'autorimessa prevista a supporto dei nuovi spazi per uffici, è ricavata in adiacenza a quella esistente. Si possono, quindi, utilizzare l'ingresso e l'uscita esistenti, con ovvi vantaggi in ordine all'economia di spazio e alla razionalità dei flussi veicolari.

In merito alla tipologia costruttiva, la distribuzione prescelta è idonea ad utilizzare una struttura portante di tipo puntiforme a travi e pilastri in c.a., con orizzontamenti in predalles, integrate da getti di calcestruzzo di spessore differenziato, in ragione del diverso uso della copertura. Con ciò si assicura una adeguata omogeneità con le strutture preesistenti.

La suddivisione degli spazi interni viene prevista con tramezze in mattoni e finitura con intonaco civile, in funzione delle differenti destinazioni d'uso.

Le murature perimetrali sono realizzate con doppia muratura, del tipo a “cassa vuota”, sia in funzione del risparmio energetico, sia in vista della ricucitura del fronte prospiciente la Via XX Settembre.

Gli spazi per l'impiantistica sono ricavati in opportune controsoffittature ad altezza variabile, per consentire la veicolazione delle canalizzazioni tecnologiche. In particolare, il progetto definitivo deve sviluppare e dettagliare, con elaborati sia grafici sia di calcolo, l'articolazione dei seguenti impianti:

- termico;
- di condizionamento;
- idrico-sanitario;
- elettrico;
- di sicurezza.

La seconda parte dell'intervento in progetto, riguarda la ristrutturazione con riorganizzazione degli spazi del piano primo dell'esistente Palazzo di Giustizia. A tale piano, a quota otto, alloggiavano la Polizia Giudiziaria, gli Ufficiali Giudiziari, i loro coadiuvatori ed i servizi ad essi pertinenti, per un totale di personale impiegato pari a circa 40 unità.

Nella nuova progettazione si prevede che tale personale venga trasferito nei nuovi uffici, tra Via XX Settembre e Via Luigi Corsi, con il risultato che il piano

primo del Palazzo risulta disponibile per accoglierne altri con differenti funzioni. Previa verifica con gli utenti e sulla scorta di precise esigenze funzionali ed organizzative, si è studiata la collocazione al primo piano delle due Cancellerie, Civile e Penale, e dell'aula del Giudice per le Indagini Preliminari (GIP).

La ridistribuzione degli spazi è finalizzata a separare nettamente i percorsi di accesso all'aula del GIP ed alle cancellerie. Particolare attenzione si è posta nell'assicurare l'illuminazione naturale dall'esterno a tutti i vani.

L'aula del GIP, di dimensioni 8x10 m, grazie alle sue dimensioni contenute, consente di mantenere rettilinei ed ampi i percorsi destinati al pubblico, inoltre presenta finestrature affacciate sull'area retrostante il Palazzo verso il torrente Letimbro; è servita da un corridoio riservato sul retro dell'edificio, dal quale si ha accesso anche all'aula per i riconoscimenti.

Per quanto riguarda la parte centrale del piano ridistribuito, ospitante le Cancellerie, essa è organizzata in modo che la prima zona, arrivando al piano per mezzo di uno dei due blocchi ascensori, risulti adibita a Cancelleria Civile; presenta un corridoio con pareti vetrate che danno trasparenza all'ambiente.

Le pareti interne agli uffici sono pareti prefabbricate.

La seconda zona, ove trova collocazione la Cancelleria Penale, ha un corridoio più ampio a causa della presenza del vano scala e di un ascensore riservato sul lato terminale.

Da un punto di vista costruttivo essa presenta caratteristiche analoghe alla Cancelleria Civile.

Conclude gli interventi previsti nel progetto, lo spostamento dell'ingresso principale al Palazzo di Giustizia da quota otto a quota cinque, con il conseguente necessario spostamento del metal-detector, che comporterà alcune modifiche nell'atrio a livello strada (Via XX Settembre).

3 ANALISI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO E DIAGNOSI ENERGETICA

3.1 Indagine conoscitiva dello stato di fatto

Lo studio che si propone di seguito, prende in esame l'analisi tecnologica dell'esistente, che permette di definire delle linee guida per presentare dei modelli progettuali di base. Per ottenere un primo approccio allo studio dell'edificio, in una visione olistica, si è posta l'attenzione sulla conoscenza diretta ed approfondita di ciò che si era fino ad allora valutato solo teoricamente. Tramite sopralluoghi, rilievi fotografici e interviste si è potuto ricostruire una sorta di valutazione dello stato di fatto propedeutico al progetto di retrofit.

Dopo una fase preliminare di ricostruzione della storia dell'edificio, è stato effettuato un primo sopralluogo conoscitivo, con lo scopo di confrontare le nozioni acquisite dalle fonti storiche con la realtà del costruito. Il riscontro ottenuto tra la documentazione e lo stato di fatto, ha permesso di affermare che la ricostruzione era attendibile.

Tali sopralluoghi, volti a definire specificità tecniche utili alla stesura dei dettagli costruttivi, hanno permesso di acquisire maggior conoscenza dell'esistente. A supporto di questa fase conoscitiva si sono svolti rilievi fotografici sviluppati in più fasi, necessari al fine di riportare con estrema chiarezza l'intero manufatto.

La visita inizia con lo scenario della porta del parco, la quale presenta dei chiari segni di atti vandalici, nello specifico si tratta di scritte in vernice nella parte inferiore del manufatto; inoltre alcune porzioni presentano vari stati di degrado dovuti all'esposizione prolungata agli agenti atmosferici e alla scarsa manutenzione. Oltre a ciò, da una indagine visiva risulta palese che, il vicino muro d'acqua in completo stato di abbandono, non è mai stato messo in funzione, ne consegue che l'effetto scenografico dovuto al circolo dell'acqua,

ideato dall'Architetto Ricci, non è mai stato sperimentato. Tra il muro d'acqua e il Palazzo, è collocato un anfiteatro circolare scavato nel terreno, chiamato il Cerchio dell'Incontro, il cui piano di calpestio è ad un livello inferiore rispetto al piano strada.



23. Porta del parco e muro d'acqua



24. Il cerchio dell'incontro

La pavimentazione esterna, composta da cubetti di porfido regolari, presenta una geometria di posa ad archi contrastanti. Essa presenta una scarsa manutenzione, in quanto mostra molta erba infestante nelle fughe tra le pietre. Tutto il complesso è racchiuso da una ringhiera in ferro a disegno semplice, con riquadri concentrici e croce di sant'Andrea, sulla cui sommità è posto un mancorrente scatolato sagomato. Queste sono le figure che presentano agli occhi del visitatore l'imponente edificio retrostante.

Oltrepassato il portale, si raggiunge l'ingresso vero e proprio, posizionato a quota cinque, composto da una vetrata parzialmente scorrevole in alluminio nero.



25. Ingresso del Palazzo di Giustizia

Sul lato destro di tale ingresso, trova posizione una grande scala a sbalzo la cui funzione originaria era quella di portare il visitatore a quota otto dove era situato il vecchio ingresso. Alzata e pedata sono interamente rivestite in granito Ghiandone Sardo, il parapetto destro è in cemento armato, mentre quello sinistro in scatolato metallico ad elementi verticali ravvicinati.



26. Scala a quarto di cerchio

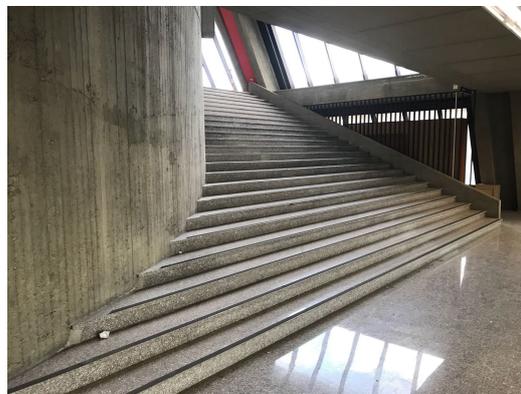
All'interno, attraversando i metal-detector con la polizia di guardia, si incontra l'ampia scala a quarto di cerchio che collega tutti i piani superiori. Essa ha una struttura in cemento armato sorretta da cinque pilastri e pedate rivestite in granito rosa, materiale utilizzato anche per la pavimentazione dell'atrio.

Il parapetto è realizzato in elementi verticali in pietra accoppiati ad un'asta in ferro di sostegno, con un corrimano tondo in ferro.

Prima di proseguire, si può vedere attraverso le vetrate che si affacciano verso l'esterno la piazza coperta, che da una lettura visiva, risulta particolarmente trascurata; inoltre, a questo piano è presente il grande archivio ormai dismesso ed attualmente adibito a locale di sgombero.



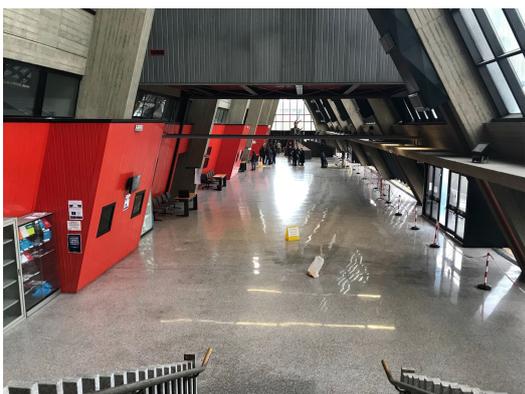
27. Affaccio sulla piazza coperta



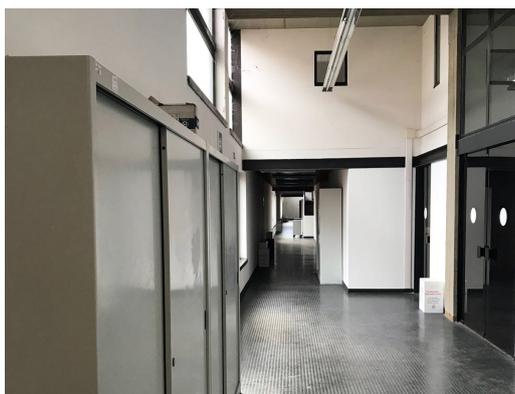
28. Scala a rampa unica

A quota otto, tramite due grandi corridoi di distribuzione pavimentati in linoleum, si possono raggiungere tutti i vari uffici dislocati al piano; inoltre, è presente una scalinata a rampa unica, in affiancamento alla scala descritta in precedenza, che permette anch'essa di accedere al piano Basilica. Entrambe le scale hanno le medesime finiture.

A quota undici, si arriva al piano Basilica, composto da un ampio atrio di transito con pavimentazione in granito rosa, delimitato sul lato destro dalla grande facciata continua inclinata e sul lato sinistro dalle aule di udienza. Esse sono caratterizzate da una chiusura verticale in lamiera dogata rossa, colore distintivo riproposto in alcuni dettagli all'interno di tutto il Palazzo. Tali aule di udienza hanno un secondo ingresso, posto su un corridoio sul lato di Via XX Settembre, dedicato a magistrati ed imputati.



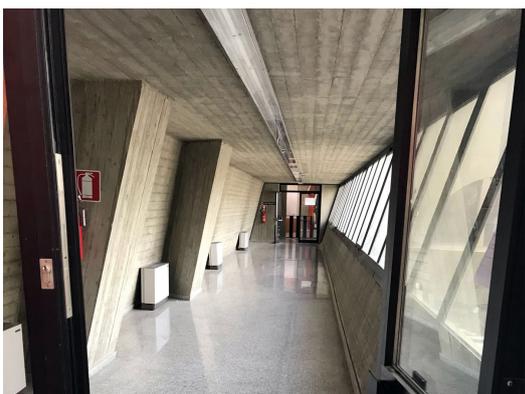
29. Basilica



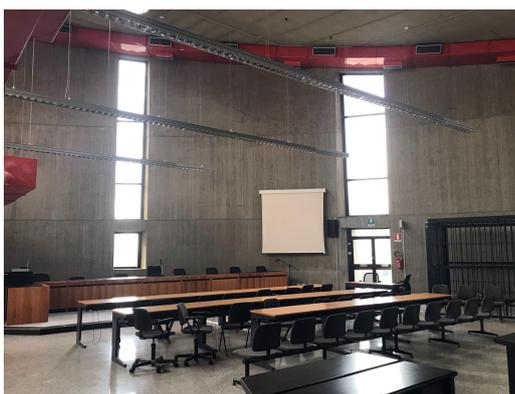
30. Ingresso magistrati alle aule di udienza

Gli interni delle aule hanno un aspetto rigido che preannuncia le funzioni svolte; a completamento è presente una scala interna, di accesso al soppalco, realizzata in ferro con parapetto in scatolato e pannello in vetro.

All'estremità opposta della Basilica, invece, è presente una passerella in cemento armato, che collega il Palazzo con la struttura in cui è collocata l'Aula Magna.



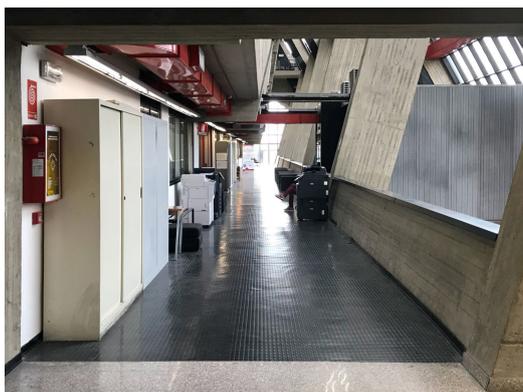
31. Passerella di accesso all'Aula Magna



32. Aula d'Assise

Proseguendo lungo la scala a quarto di cerchio, si arriva a quota diciassette dove è presente un corridoio a sbalzo sulla Basilica, con parapetto in cemento

armato faccia a vista e pavimento in gomma a bolli antiscivolo nera, che permette l'accesso agli uffici da parte del pubblico. Quasi a metà corridoio si trova la biblioteca, anch'essa sospesa sulla Basilica e aggettante rispetto alla grande facciata continua inclinata detta Vela. La struttura è composta da travi metalliche portanti rivestite da pannelli sandwich. Internamente viene ripresa la pavimentazione antiscivolo in gomma a bolli.



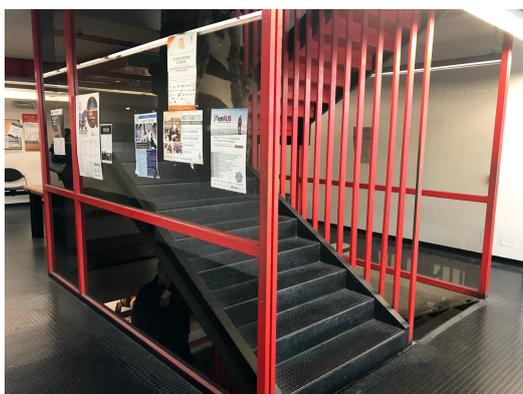
33. Percorso a loggia a quota diciassette



34. Biblioteca sospesa

Di fronte alla biblioteca stessa, un'ulteriore scala funge da collegamento tra il piano a quota diciassette e il piano a quota ventisei. Essa è realizzata interamente in ferro, con pedate e alzate rivestite ancora in gomma a bolli. La ringhiera è composta da scatolato di ferro con verniciatura rossa e vetro.

Parallelamente al percorso a loggia, un corridoio di servizio consente al personale specializzato di accedere ai propri uffici, disposti su due batterie ai lati della corsia interna. Sul soffitto di tale corridoio corrono grandi canali di ventilazione lasciati a vista, anch'essi rossi.



35. Scala interna di collegamento



36. Corridoio interno di distribuzione



37. Percorso a loggia a quota ventitré e ventisei

Dal piano a quota venti al piano a quota ventisei si ripete la stessa disposizione del piano sottostante, esclusa la biblioteca che è elemento unico e distinto. Unica differenza è data dal parapetto delle logge a sbalzo sulla Basilica, che ai piani a quota ventitré e ventisei è realizzata in scatolato di ferro nero a disegno semplice. Inoltre al piano a quota ventisei si arresta la scala interna di collegamento.



38. Vetrata di chiusura a quota trenta

A quota trenta, raggiungibile esclusivamente tramite la scala a quarto di cerchio, il piano si diversifica rispetto ai precedenti solo per quanto riguarda il corridoio a loggia, che in questo caso non è più presente e viene sostituito da una vetrata che si affaccia sempre sulla Basilica e per la pavimentazione nuovamente eseguita in granito rosa. Tale livello, corrisponde al settimo ed ultimo piano, oggetto di intervento negli anni 1992-1995.

In conclusione, si può affermare che a partire dal piano Basilica l'edificio è meno trascurato, in quanto viene maggiormente utilizzato rispetto ai due piani sottostanti. Nel complesso, la struttura si presenta in normale stato di conservazione in relazione alla sua vetustà.

Per meglio conoscere quali possano essere le problematiche relative al benessere ed al comfort abitativo all'interno del Palazzo di Giustizia, si è pensato a seguito di un ulteriore sopralluogo, di rivolgersi a coloro che giornalmente o occasionalmente usufruiscono degli spazi del Palazzo.

Il comfort abitativo è una condizione di benessere che si può raggiungere all'interno di un ambiente ed è ottenuto in funzione di quattro parametri: temperatura, qualità dell'aria, acustica e luminosità.

Le domande rivolte agli utenti del Tribunale vertono principalmente su questi temi.

Dopo un'attenta analisi delle risposte ottenute, in seguito ad interviste a campione poste ad individui che partecipano alle attività svolte all'interno del Palazzo di Giustizia, sono stati riscontrati risultati conformi tra di loro. I quesiti posti sono stati elaborati sulla necessità di conoscere quali problematiche potessero condizionare il vissuto.

Le domande proposte sono:

- Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?
- Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?
- Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?
- Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.
- Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?
- Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?
- In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?

I soggetti intervistati hanno una età media di 35 anni e svolgono il loro lavoro all'interno del Palazzo (in allegato le interviste complete).

Dagli esiti ottenuti si è potuto rilevare che, in termini di comfort visivo, non si riscontrano problematiche particolari, in quanto le elevate dimensioni dei componenti trasparenti consentono una buona illuminazione naturale su tutta la superficie degli ambienti, ma senza creare problematiche riguardanti l'abbagliamento o altro disturbo visivo. Laddove non giunge tale illuminazione, quella artificiale sopperisce adeguatamente.

In relazione al comfort acustico, si è verificato che usualmente non ci sono interferenze sonore tra i vari ambienti, ad esclusione dei locali adibiti ad ufficio, dove è nitidamente percepibile un rumore di fondo proveniente dagli ambienti adiacenti, costituito da conversazioni fra colleghi, giudici ed avvocati. Da qui ne deriva la presenza di uno scarso isolamento acustico. In ogni caso, la maggior criticità deriva dall'elevata rumorosità proveniente dai canali di ventilazione e riscaldamento, soprattutto negli ambienti destinati alle aule di udienza, dove, alle volte, il rumore può sovrastare il dialogo degli utenti.

Nel campo termico, ovvero dove si sono riscontrate le maggiori problematiche, è necessario fare una distinzione tra i locali chiusi, quali uffici, e i locali di transito, come corridoi e zona Basilica.

Nella stagione invernale, all'interno degli uffici l'ambiente risulta piacevolmente caldo, conseguendo il benessere termico. Talvolta, però, si raggiungono addirittura temperature superiori a quelle necessarie; attualmente questa situazione crea discomfort, in quanto non si ha la possibilità di regolazione per via di una disfunzione dell'impianto di ventilazione. Uscendo da tali ambienti, si accede al corridoio, più freddo, andando incontro ad uno sbalzo di temperatura notevole.

La Basilica invece, risulta essere un ambiente freddo, nel quale l'impianto di riscaldamento ha una velocità d'immissione dell'aria elevata che crea discomfort, in quanto viene percepita tendenzialmente fresca e troppo intensa e spesso si ha la sensazione di essere "in corrente".

Nella stagione estiva, invece, la porzione di edificio più problematica è proprio la stessa Basilica. Il comportamento di questa zona, assimilabile a quello di una

“serra”, è fortemente influenzato dalla presenza della grande vetrata inclinata che consente il surriscaldamento dell’ambiente rendendolo invivibile.

L’aria interna al Palazzo risulta abbastanza buona e non particolarmente viziata o maleodorante. I principali disturbi, di spossatezza fisica e mal di testa, sono stati avvertiti nei periodi in cui si rilevano temperature elevate nella parte adibita ad uffici.

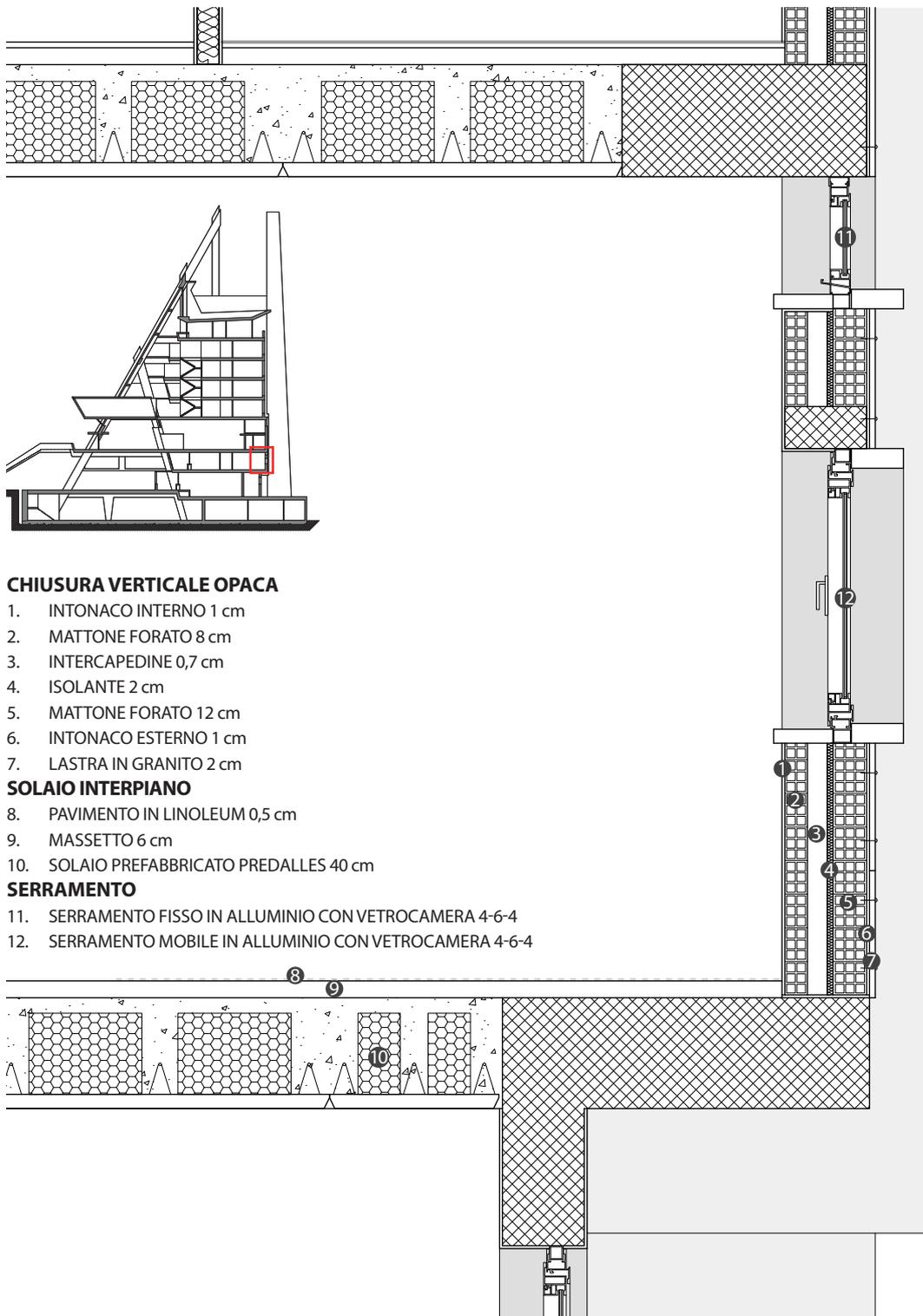
Queste criticità possono influenzare il comportamento delle utenze, in quanto sia il discomfort acustico che termico possono dar luogo a disturbi fisici e distrazioni che vanno ad incidere sulla resa lavorativa.

In conclusione, le maggiori problematiche emerse sono legate allo sbalzo termico tra i differenti ambienti in cui i lavoratori e gli utenti permangono e la scarsa insonorizzazione degli uffici e dei canali di ventilazione e di riscaldamento.

3.2 Analisi tecnologica dell’esistente

In un successivo sopralluogo, dedicato all’osservazione di particolari più specifici riferiti ai dettagli costruttivi dell’edificio, sono stati individuati e poi restituiti in forma digitale alcuni nodi significativi dei quali riportiamo di seguito la rappresentazione grafica.

Tali nodi sono stati elaborati a partire dalle informazioni reperite dai documenti storici, ritrovati nei vari archivi consultati e dal rilievo diretto effettuato in loco. In particolare, alcuni nodi, posizionati in ambienti inaccessibili per motivi di sicurezza, sono stati rielaborati esclusivamente sulla base dei disegni cartacei in possesso.



CHIUSURA VERTICALE OPACA

- 1. INTONACO INTERNO 1 cm
- 2. MATTONE FORATO 8 cm
- 3. INTERCAPEDINE 0,7 cm
- 4. ISOLANTE 2 cm
- 5. MATTONE FORATO 12 cm
- 6. INTONACO ESTERNO 1 cm
- 7. LASTRA IN GRANITO 2 cm

SOLAIO INTERPIANO

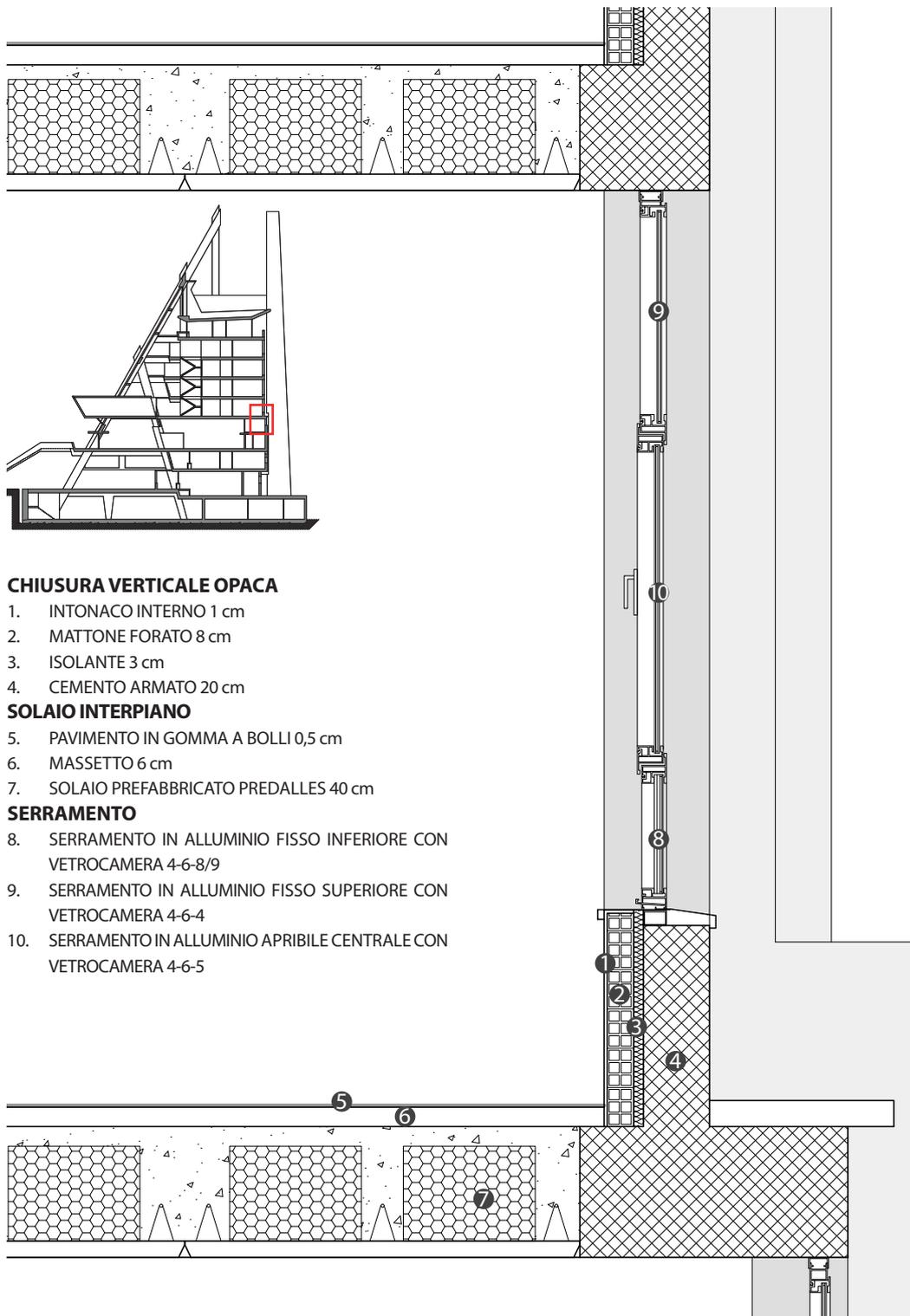
- 8. PAVIMENTO IN LINOLEUM 0,5 cm
- 9. MASSETTO 6 cm
- 10. SOLAIO PREFABBRICATO PREDALLES 40 cm

SERRAMENTO

- 11. SERRAMENTO FISSO IN ALLUMINIO CON VETROCAMERA 4-6-4
- 12. SERRAMENTO MOBILE IN ALLUMINIO CON VETROCAMERA 4-6-4

39. Nodo tra solaio, chiusura verticale opaca e chiusura verticale trasparente
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



CHIUSURA VERTICALE OPACA

- 1. INTONACO INTERNO 1 cm
- 2. MATTONE FORATO 8 cm
- 3. ISOLANTE 3 cm
- 4. CEMENTO ARMATO 20 cm

SOLAIO INTERPIANO

- 5. PAVIMENTO IN GOMMA A BOLLI 0,5 cm
- 6. MASSETTO 6 cm
- 7. SOLAIO PREFABBRICATO PREDALLES 40 cm

SERRAMENTO

- 8. SERRAMENTO IN ALLUMINIO FISSO INFERIORE CON VETROCAMERA 4-6-8/9
- 9. SERRAMENTO IN ALLUMINIO FISSO SUPERIORE CON VETROCAMERA 4-6-4
- 10. SERRAMENTO IN ALLUMINIO APRIBILE CENTRALE CON VETROCAMERA 4-6-5

40. Nodo tra solaio, chiusura verticale opaca e chiusura verticale trasparente
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

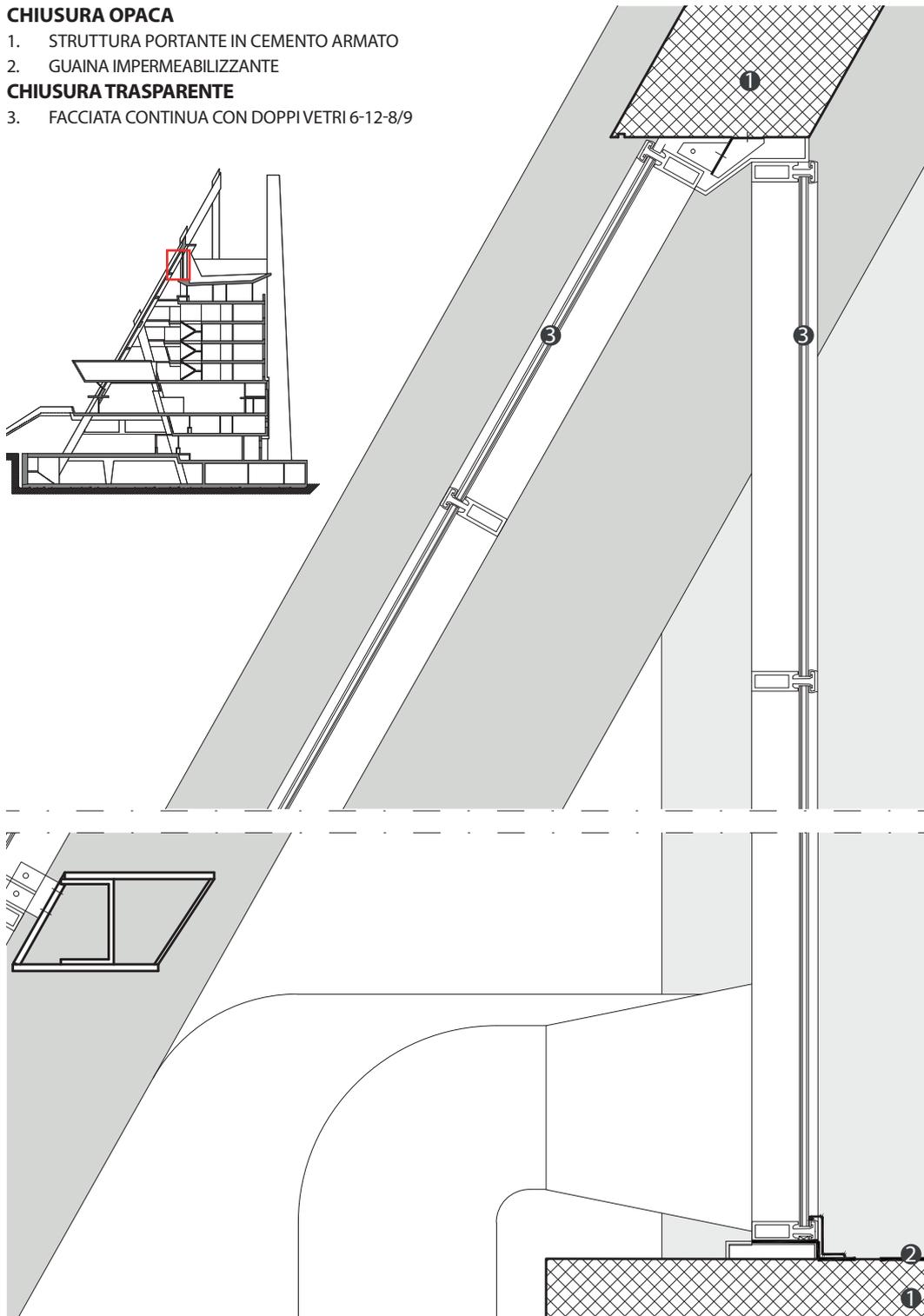
SCALA 1:20

CHIUSURA OPACA

1. STRUTTURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO
2. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE

CHIUSURA TRASPARENTE

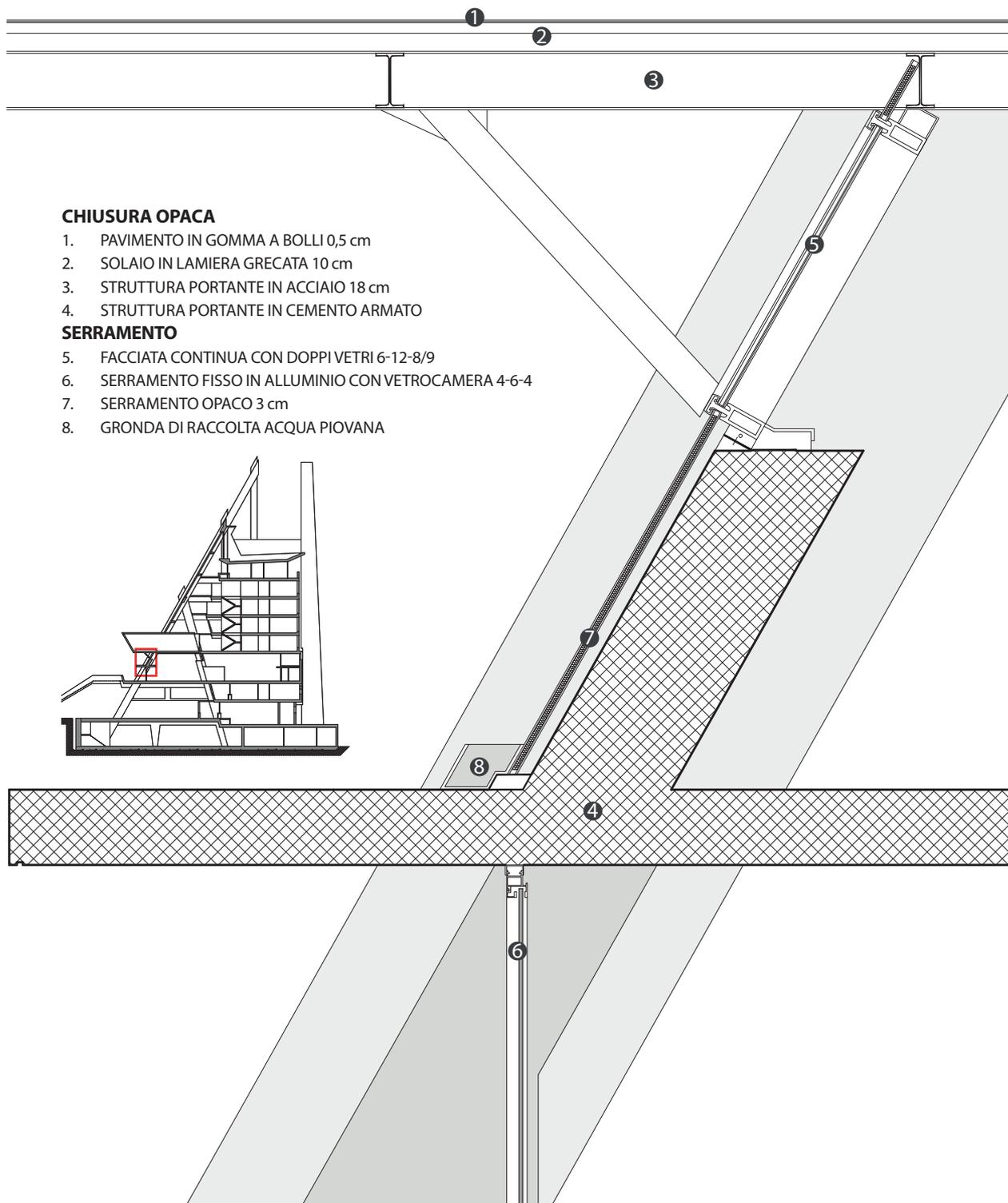
3. FACCIATA CONTINUA CON DOPPI VETRI 6-12-8/9



41. Nodo di giunzione tra facciata continua e struttura portante in cemento armato

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



CHIUSURA OPACA

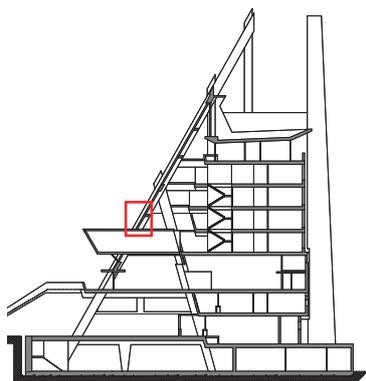
1. PAVIMENTO IN GOMMA A BOLLI 0,5 cm
2. SOLAIO IN LAMIERA GRECATA 10 cm
3. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 18 cm
4. STRUTTURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO

SERRAMENTO

5. FACCIATA CONTINUA CON DOPPI VETRI 6-12-8/9
6. SERRAMENTO FISSO IN ALLUMINIO CON VETROCAMERA 4-6-4
7. SERRAMENTO OPACO 3 cm
8. GRONDA DI RACCOLTA ACQUA PIOVANA

42. Nodo di giunzione tra struttura portante in acciaio biblioteca e serramento di ingresso sulla Basilica
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20

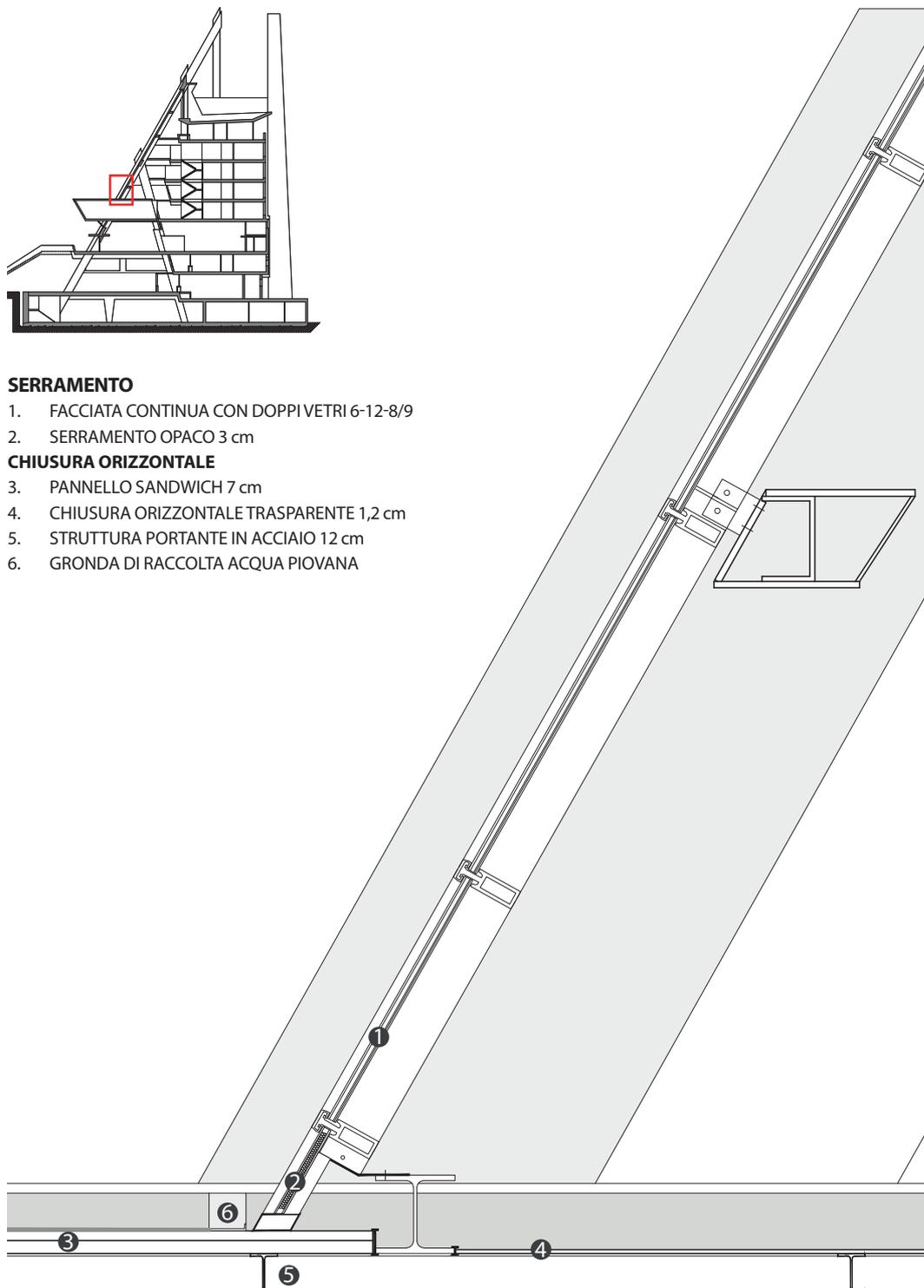


SERRAMENTO

1. FACCIATA CONTINUA CON DOPPI VETRI 6-12-8/9
2. SERRAMENTO OPACO 3 cm

CHIUSURA ORIZZONTALE

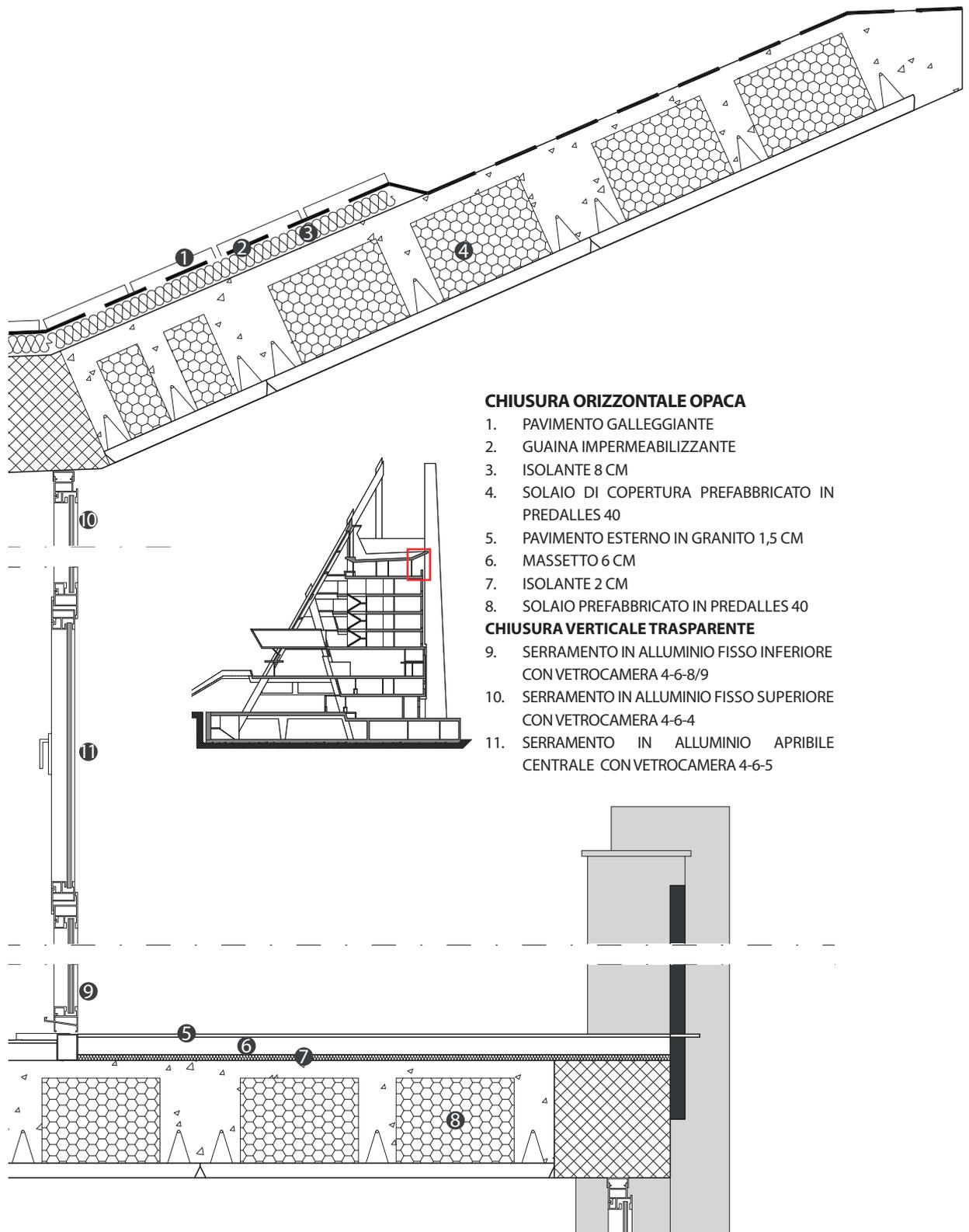
3. PANNELLO SANDWICH 7 cm
4. CHIUSURA ORIZZONTALE TRASPARENTE 1,2 cm
5. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 12 cm
6. GRONDA DI RACCOLTA ACQUA PIOVANA



43. Nodo di giunzione tra facciata continua e struttura portante in acciaio della biblioteca

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



CHIUSURA ORIZZONTALE OPACA

- 1. PAVIMENTO GALLEGGIANTE
- 2. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
- 3. ISOLANTE 8 CM
- 4. SOLAIO DI COPERTURA PREFABBRICATO IN PREDALLES 40
- 5. PAVIMENTO ESTERNO IN GRANITO 1,5 CM
- 6. MASSETTO 6 CM
- 7. ISOLANTE 2 CM
- 8. SOLAIO PREFABBRICATO IN PREDALLES 40

CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE

- 9. SERRAMENTO IN ALLUMINIO FISSO INFERIORE CON VETROCAMERA 4-6-8/9
- 10. SERRAMENTO IN ALLUMINIO FISSO SUPERIORE CON VETROCAMERA 4-6-4
- 11. SERRAMENTO IN ALLUMINIO APRIBILE CENTRALE CON VETROCAMERA 4-6-5

44. Nodo di collegamento tra solaio interpiano, serramento e solaio di copertura
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20

3.3 Esperienza Passivhaus

In questo paragrafo vorremmo spiegare come siamo arrivati alla scelta di sviluppare lo standard Passivhaus applicandolo ad un edificio della nostra terra, con l'intento di far conoscere un simbolo del nostro paese portandolo ad una ottimizzazione energetica seguendo i criteri della casa passiva.

Il primo incontro con il mondo Passivhaus è avvenuto grazie ad una lezione frontale presso una nota azienda torinese, che si occupa della costruzione di strutture in legno.

La lezione tenuta da esperti in progettazione e produzione di case passive, ha attirato la nostra massima attenzione con l'intervento del Dr. Phys. Francesco Nesi, il quale con la sua spiegazione ci ha portati a conoscenza del mondo Passivhaus e della Zephir (Istituto Zero Energy and Passivhaus Institute for Research) di cui ne è direttore.

Dopo questa esperienza abbiamo continuato ad interessarci al tema mantenendo i contatti con lo stesso Nesi e con parte dei suoi collaboratori; dato il nostro interesse, ci è stato offerto di partecipare al corso per Operatore di Cantiere Passivhaus CPHT, tenutosi a Chiavari nel maggio 2017, durante il quale abbiamo approfondito la conoscenza dell'argomento. Ottenuto l'attestato di CPHT e in attesa di poter continuare la nostra frequentazione ad altri corsi di approfondimento Zephir, che ci permettano di implementare le nostre conoscenze, abbiamo applicato le nozioni fino ad ora acquisite al progetto di tesi che in seguito andremo a descrivere.

3.4 Software Passive House Planning Package

Il PHPP® (Passive House Planning Package) è il software utilizzato per la progettazione del bilancio energetico di edifici di nuova costruzione e per le ristrutturazioni Passivhaus.

Questo strumento è stato introdotto per la prima volta nel 1998 ed era

composto solo da fogli di calcolo per la determinazione del fabbisogno termico per riscaldamento, per la distribuzione e la fornitura del calore e la domanda di energia elettrica ed energia primaria. In seguito è stato integrato con altri fogli riguardanti, ad esempio, i valori caratteristici dei serramenti, l'ombreggiamento, il carico termico per il riscaldamento e il comportamento estivo dell'edificio. Inoltre è stata integrata la certificazione EnerPHit.

Il PHPP fornisce risultati affidabili per:

- fabbisogno annuo di riscaldamento e raffrescamento [kWh/(m²a)];
- carico termico [W/m²];
- frequenza di surriscaldamento [%];
- fabbisogno di energia primaria [kWh/(m²a)];
- produzione di energia rinnovabile [kWh/(m²a)].

3.5 Valutazione dell'efficienza del sistema edificio

Durante l'analisi svolta, è stato utilizzato, dalle fasi iniziali fino al termine delle fasi di progettazione, il software Passive House Planning Package PHPP, per confrontare i risultati dello stato di fatto con gli standard del protocollo di certificazione.

Gli output ottenuti dal software sono stati calcolati tenendo conto di diversi fattori che influenzano, in modo positivo o negativo, le performance dell'edificio oggetto di studio.

Tra questi, si trova l'influenza derivante dal comportamento del terreno sottostante l'intervento. Questo perché, nel momento in cui si crea una scatola termica molto performante, anche il terreno su cui poggia ne risente, creando un'isola di calore in cui si verifica un incremento di temperature, che con il tempo, si andranno a normalizzare e standardizzare.

Infatti, è prassi nel protocollo di certificazione Passivhaus, isolare il terreno, in senso verticale o orizzontale, per almeno 1 metro di lunghezza per dare maggiore stabilità alle temperature sottostanti.

Ulteriore fattore da tenere in considerazione è l'ombreggiamento. Nel caso specifico, in tale edificio sono assenti importanti zone d'ombra, in quanto la facciata inclinata non presenta aggetti né ostruzioni esterne. Il prospetto su Via XX Settembre, invece, è fronteggiato da edifici di altezza tale da non condizionare l'illuminazione del Palazzo, tenendo anche in considerazione l'esposizione a nord di tale facciata.

L'unico oggetto rilevante è quello creato dalla copertura, il quale va ad influenzare in modo importante il comportamento dei serramenti del piano settimo.

Altro parametro fondamentale è la tenuta all'aria, essenziale per garantire il comfort interno. Un controllo minuzioso in fase di esecuzione, elimina la possibilità di infiltrazioni ed esfiltrazioni d'aria, difficilmente correggibili sul manufatto ultimato. Una casa tradizionale, non passiva, ha una perdita per ventilazione di circa $7/8 \text{ h}^{-1}$; considerando il tipo di struttura obsoleta e degradata, l'elevata quantità di superfici vetrate e la scarsa tenuta di queste ultime, il valore è stato aumentato cautelativamente a 10 h^{-1} . Per ottenere il valore certo si dovrebbe procedere alla verifica attraverso il Blower door test.

Uno dei risultati che emergono da questa analisi è il carico termico, che viene calcolato andando a considerare le perdite per trasmissione e ventilazione che si hanno nelle due situazioni annuali più sfavorevoli, ovvero cielo terso con temperature minime all'esterno e cielo nuvoloso con temperature più alte. Di queste si prende in considerazione la più svantaggiosa, alla quale vengono sottratti i guadagni effettivi derivanti dagli apporti solari e dagli apporti interni. Dividendo il valore ottenuto in Watt [W] per la superficie utile netta, si ricava la potenza per unità di superficie [W/m^2]. Tale potenza, deve essere incrementata cautelativamente del 30% a causa dell'influenza dei ponti termici, non oggetto di studio della tesi proposta.

Di seguito si riportano i risultati acquisiti dall'elaborazione del software PHPP, da confrontare con i limiti previsti dalla certificazione Passivhaus.

Superficie: 9232 m²

Involucro disperdente: 10160 m²



Fabbisogno termico annuo per riscaldamento
97 kWh/m²a
Carico termico
691.396 W - 75 W/m²



Fabbisogno frigorifero annuo per raffrescamento
135 kWh/m²a
Carico frigorifero
482.554 W - 52 W/m²



Blower door test*
10 h⁻¹

* simulazione del software PHPP® in fase progettuale, da verificare in fase di utilizzo dell'edificio

Tale confronto evidenzia e conferma le pessime performance energetiche del Palazzo di Giustizia, peraltro plausibili sin dall'inizio. Questo esito sarà successivamente utile per capire l'incidenza della nuova proposta di riqualificazione.

4 PROPOSTE DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA

4.1 Analisi di scenario

L'applicazione degli scenari in architettura è una tecnica significativa per analizzare una composizione architettonica, utile a esporre le caratteristiche più rilevanti, ma soprattutto per comprendere, progettare e delineare come l'architettura possa essere attuata nella pratica.

La definizione di linee strategiche di intervento, rappresenta un'attività fortemente orientata alla prospettiva futura, efficace per comprendere un ambito sconosciuto, nel quale non ci si può addentrare senza aver tentato di individuarne almeno le principali caratteristiche.

L'analisi di scenario consente di mettere in relazione viste multiple, ragionando in modo coordinato su più alternative, sulle quali verrà effettuato un progetto preliminare che si concentrerà principalmente sull'efficienza dell'involucro per fornire le migliori condizioni termo-igrometriche, tralasciando momentaneamente la parte impiantistica, sia a causa di scarsità di informazioni, sia per la complessità e l'alto grado di approfondimento richiesto dal tema.

Gli obiettivi generali, comuni ai quattro scenari che verranno proposti, riguardano il miglioramento del comfort interno e il raggiungimento del benessere, attraverso l'eliminazione dei problemi di infiltrazione e degrado, investendo sul miglioramento dell'involucro e sulla sostituzione di componenti trasparenti obsoleti. Inoltre, si auspica ad un contenimento dei consumi energetici, con conseguente riduzione delle emissioni inquinanti e dell'utilizzo di energia.

Tra gli scenari ipotizzati, si possono individuare alcuni interventi più invasivi ed altri più modesti, in quanto non è sempre necessario operare in modo radicale per ottenere risultati energeticamente ottimali.

La prima alternativa presa in considerazione, prevede di isolare il Palazzo interamente dall'interno in modo da non interferire con l'aspetto estetico esterno, eccezion fatta per i serramenti, i quali necessitano di una completa sostituzione a causa della loro scarsa efficienza.

La seconda alternativa, mantenendo come punto fermo la sostituzione degli infissi, valuta la possibilità di effettuare un'operazione di insufflaggio dove la struttura dell'edificio presenta una chiusura verticale con camera d'aria. La restante parte, viene trattata con un isolamento a cappotto esterno.

La terza ipotesi può essere vista come uno sviluppo della seconda, in quanto l'insufflaggio viene sostituito da una demolizione totale della chiusura realizzata in mattoni e camera d'aria, con successiva ricostruzione tramite blocchi da tamponamento leggeri.

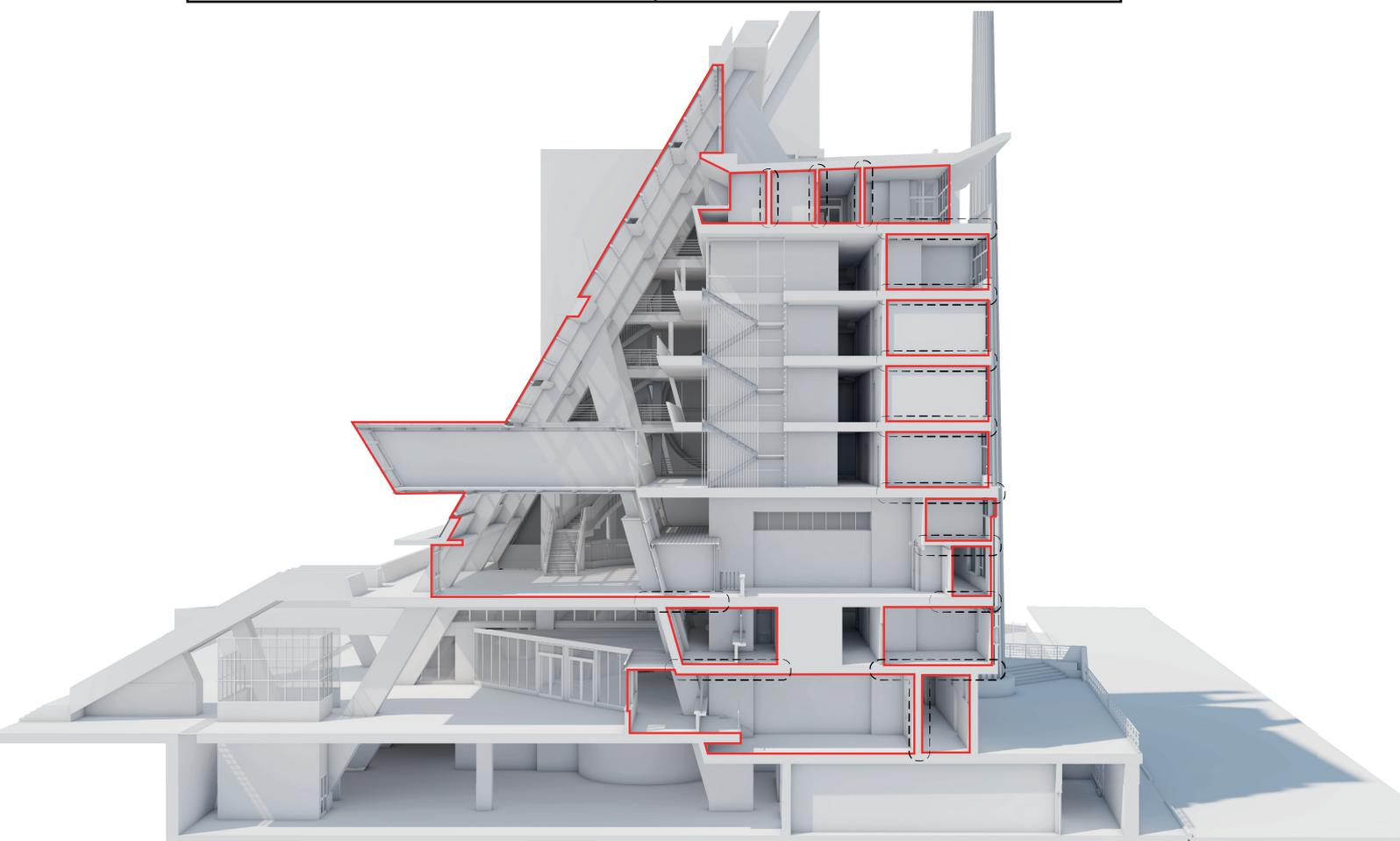
Quarta ed ultima ipotesi, tratta un intervento di maggiore entità che non guarda esclusivamente l'aspetto energetico, ma affronta anche quello compositivo ed architettonico. Esso, infatti, prevede una rivisitazione della Basilica, andando ad eliminare totalmente la facciata continua della Vela e mantenendo solo la struttura in cemento armato portante. L'area sottostante risulta così a cielo aperto, ne consegue la realizzazione di percorsi chiusi e climatizzati per collegare i diversi ambienti che si affacciano sulla Basilica. Ai piani superiori i balconi a loggia, chiusi tramite elementi trasparenti, creano un blocco uffici indipendente ed isolato con un isolamento a cappotto esterno. I serramenti rimasti, su Via XX Settembre, vengono sottoposti ad una totale sostituzione.

Di seguito si riportano schemi illustrativi e relative valutazioni degli scenari proposti.

Lo schema è suddiviso in due parti, nella prima è riportata la proposta tecnologica, mentre sotto, nella seconda, sono riportati rispettivamente a sinistra gli svantaggi e a destra i vantaggi di tale ipotesi.

A loro supporto, è stata prevista una sezione prospettica nella quale viene indicato schematicamente dove si colloca la tecnologia di riqualificazione proposta. Peraltro il disegno evidenzia i punti dove potenzialmente si potrebbero verificare eventuali ponti termici.

a. ISOLAMENTO A CAPPOTTO INTERNO E SOSTITUZIONE SERRAMENTI	
<p>VANTAGGI</p> <ul style="list-style-type: none">  costi elevati, rapporto costi/benefici non equilibrato;  maggior difficoltà di posa;  notevole spessore interno, con conseguente riduzione di altezze e superfici utili. 	<p>SVANTAGGI</p> <ul style="list-style-type: none">  aspetto estetico esistente inalterato;  utilizzo di un unico materiale per l'isolamento;  l'isolante interno non permette il riscaldamento della muratura massiva, ne consegue un riscaldamento più rapido dell'aria interna



45. Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

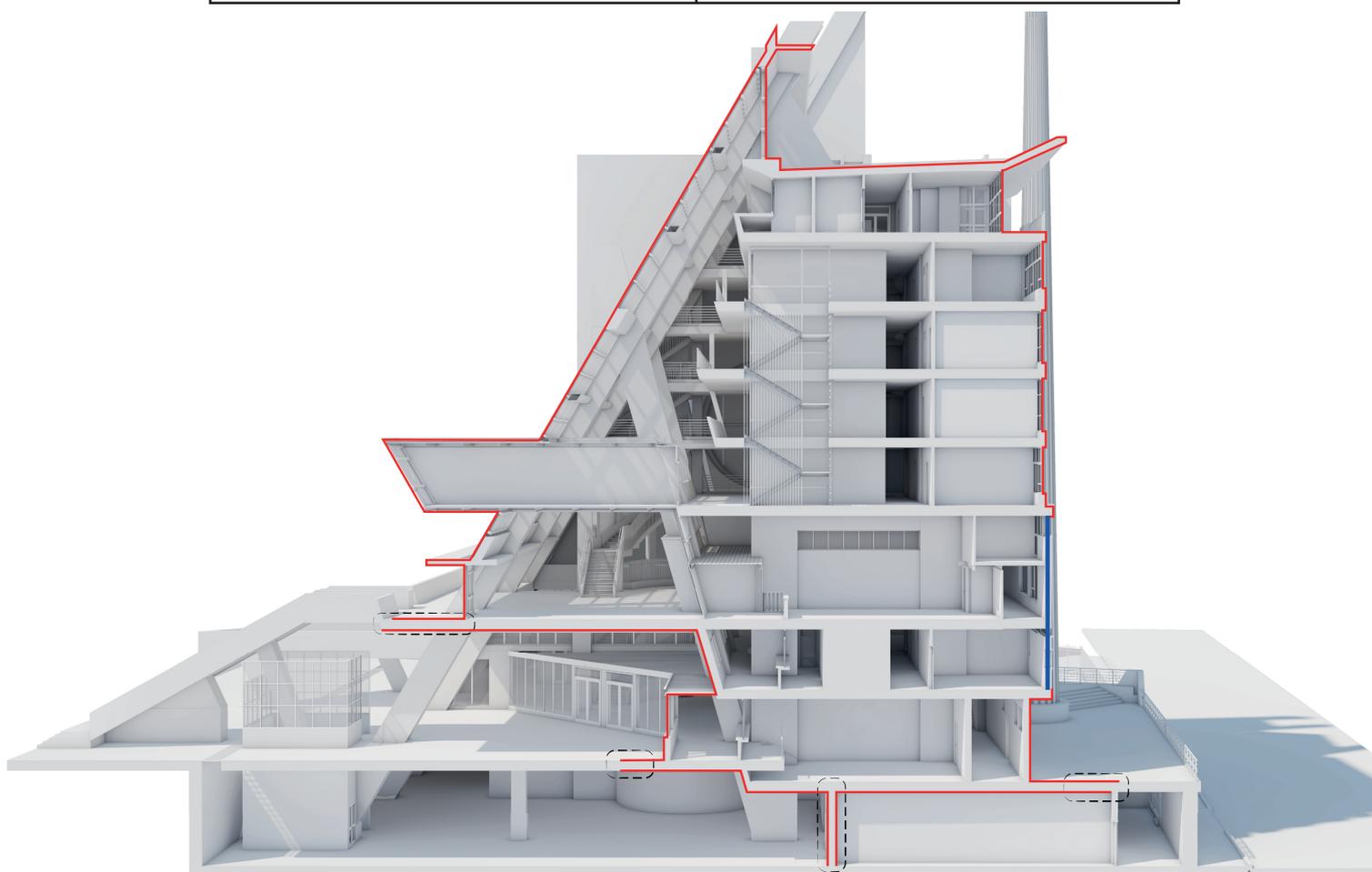
**b. INSUFFLAGGIO VIA XX SETTEMBRE
E SOSTITUZIONE SERRAMENTI**

VANTAGGI

-  eliminazione parziale dei ponti termici;
-  difficoltà nel riempire perfettamente la cavità con il materiale insufflato;
-  il sistema non è garantito nel tempo.

SVANTAGGI

-  costi contenuti;
-  tempistiche d'intervento ridotte;
-  possibilità di intervenire sia dall'esterno che dall'interno (senza uso di ponteggi).



46. Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

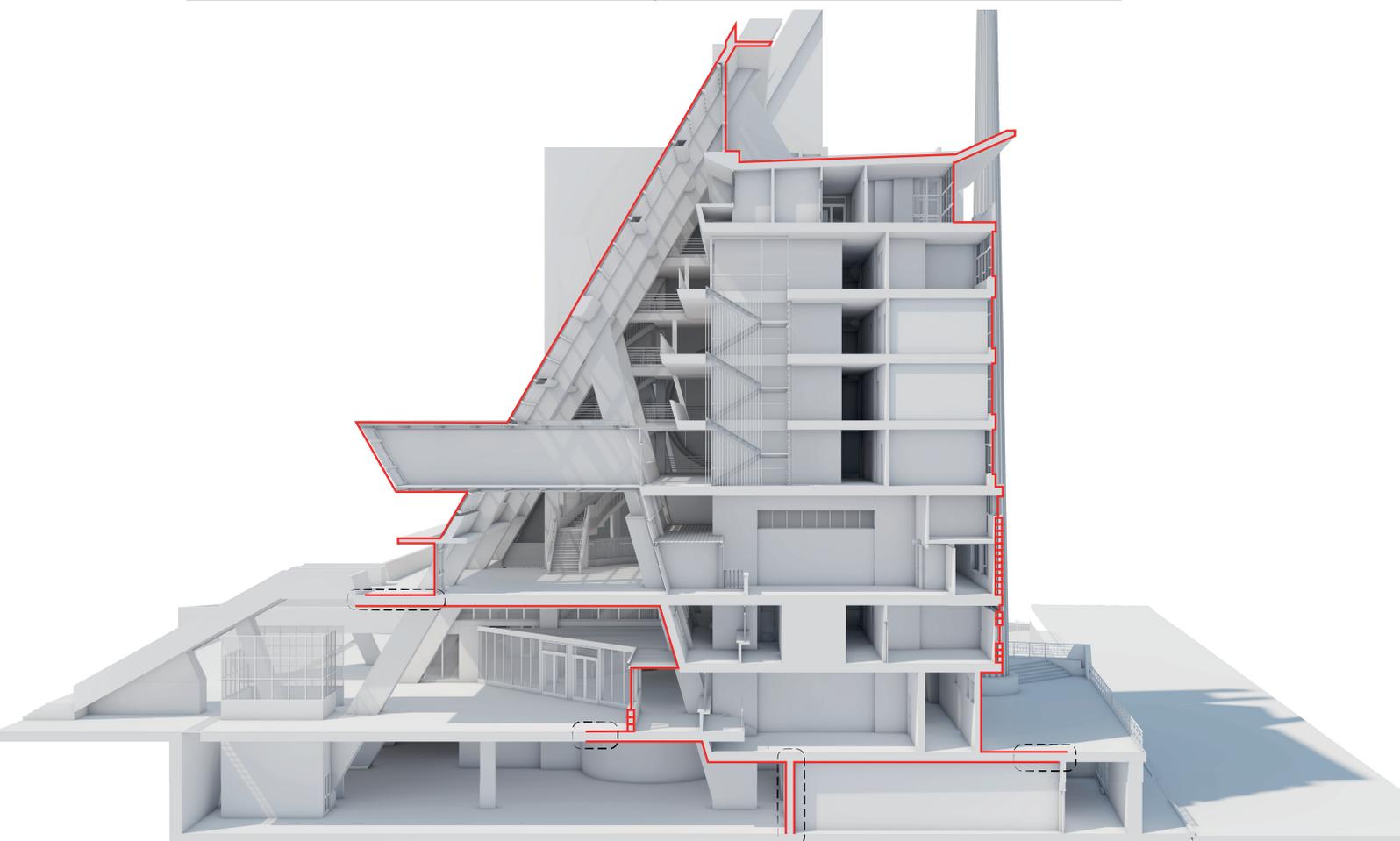
c. DEMOLIZIONE PARZIALE E ISOLAMENTO A CAPPOTTO DELLE CHIUSURE ESTERNE VIA XX SETTEMBRE E SOSTITUZIONE SERRAMENTI

VANTAGGI

-  tempistiche d'intervento maggiori;
-  maggiorazione dei costi dovuti alla demolizione.

SVANTAGGI

-  ricostruzione di porzioni di muratura con blocchi leggeri che non gravano sulla struttura esistente;
-  blocco forabile con tasselli;
-  ottimo rapporto costi/benefici;
-  demolizione economicamente sostenibile perchè conseguente alla sostituzione dei serramenti.



47. Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

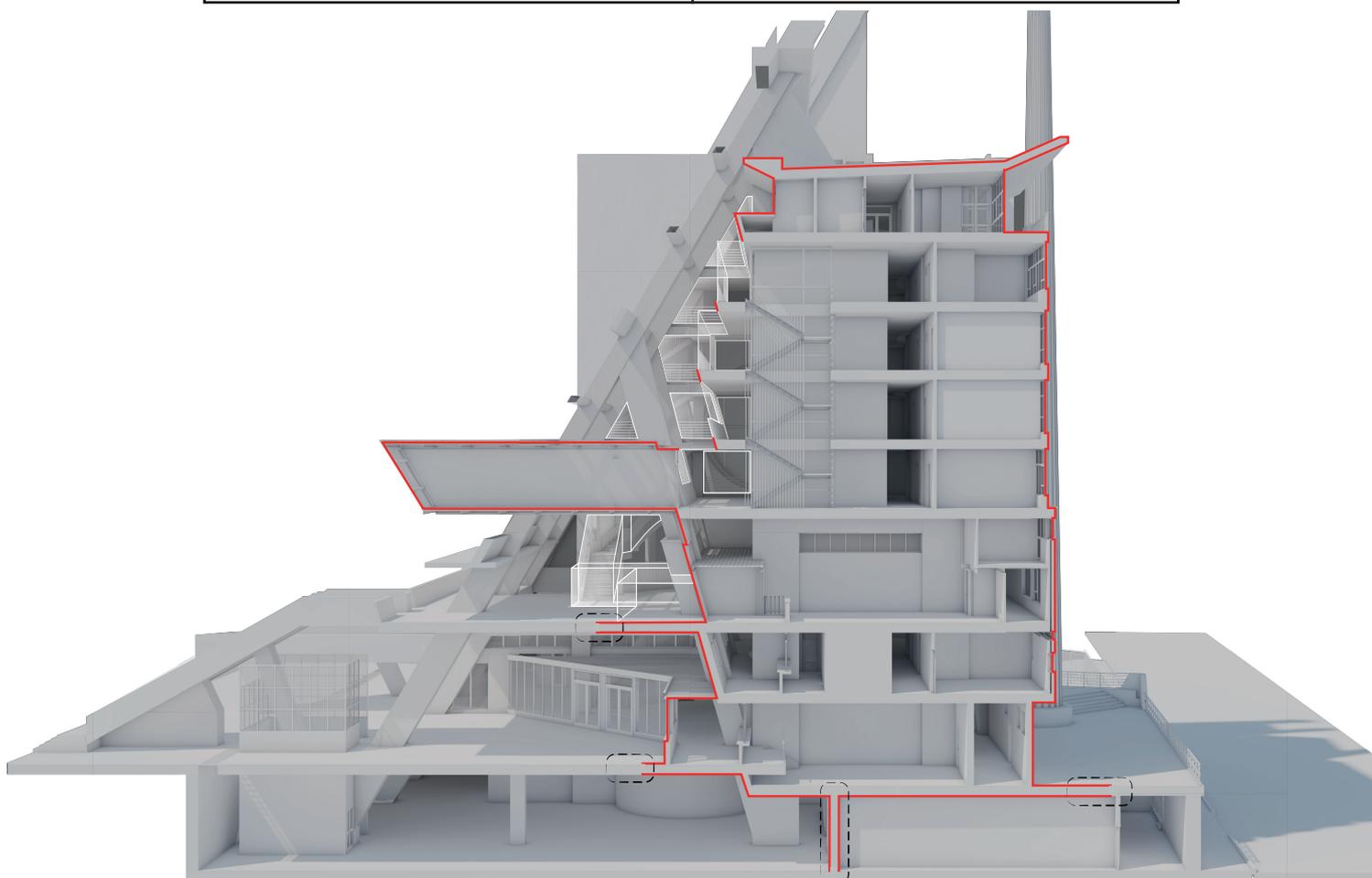
**d. RIMOZIONE FACCIATA CONTINUA E
INSERIMENTO CHIUSURE TRASPARENTI**

VANTAGGI

-  difficoltà nella risoluzione dei ponti termici;
-  accumulo acqua piovana;
-  tempistiche d'intervento maggiori;
-  limitazione dei percorsi;
-  aumento dei costi dovuti alla parte di progettazione architettonica.

SVANTAGGI

-  riduzione volume da climatizzare e riduzione carico termico;
-  rimozione vela con conseguente riduzione di manutenzione;
-  blocco uffici isolato e indipendente;
-  sebbene si riduca il volume, le superfici utili sono inalterate.



48. Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

4.2 Definizione strategia d'intervento

La soluzione tecnologica che si propone di seguito, prende in esame le considerazioni descritte nelle pagine precedenti. Quello che si vuole ottenere in questa fase è limitare il più possibile il fabbisogno termico di riscaldamento invernale e contemporaneamente ottenere un basso fabbisogno di raffrescamento estivo.

La soluzione adottata per l'ottimizzazione delle prestazioni energetiche proposta in questa tesi è rappresentata dallo scenario identificato con la lettera **c. demolizione parziale e isolamento a cappotto delle chiusure esterne Via XX Settembre e sostituzione serramenti.**

Serramenti

Una prima valutazione riguarda la sostituzione dei serramenti. Tale operazione si può dire che sia la più onerosa di tutto l'intervento, ma assolutamente necessaria, in quanto le chiusure trasparenti costituiscono la percentuale maggiore dell'intero involucro esterno e per questo motivo diventano le maggiori responsabili delle dispersioni termiche. Nel caso in esame, inoltre, le finestre sono caratterizzate da una trasmittanza termica molto elevata dovuta alla loro scarsa efficienza.

La scelta degli infissi da adottare è ricaduta sulla linea Optiwin modello Purista della Hausplus. La sua caratteristica principale è la combinazione perfetta tra design essenziale ed elevate performance tecniche. Il telaio è realizzato in legno e rivestito esternamente in alluminio ed ha uno stile rivoluzionario, in quanto nei modelli a battente e fissi, dall'esterno, rimane visibile solo il vetro.

Essi vengono posati direttamente sulla muratura opportunamente intonacata e rasata su tutti i lati. La mazzetta esterna è costituita da uno strato di isolante a cappotto esterno, il quale copre quasi totalmente il telaio fisso per evitare la formazione di ponti termici che porterebbero ad alte dispersioni termiche verso l'esterno.

Il vetro impiegato è un triplo vetro 4-18-4-18-4, con intercapedini riempite con gas argon.

Tali serramenti vengono impiegati nel prospetto affacciato su Via XX Settembre, rispettando la stessa composizione delle attuali finestre a nastro con un'alternanza regolare tra ante fisse e mobili.

Spessore telaio:	0,092 m
Trasmittanza finestra (U_w):	0,60 W/m ² K
Trasmittanza vetro (U_g):	0,53 W/m ² K
Fattore solare:	0,50



49. Optiwin Purista

Fonte: <http://www.optiwin.net>

Le chiusure trasparenti della Vela vengono totalmente sostituite da una facciata continua ad alte prestazioni Raico modello Therm, certificata secondo i criteri Passivhaus, che offre molta libertà nella costruzione e permette anche la realizzazione di coperture inclinate fino a due gradi rispetto all'orizzontale. Essa è composta da profili in alluminio di forma rettangolare e di spessori limitati. I serramenti sono costituiti da triplo vetro, con intercapedini riempite in argon e distanziatori acrilici.

Spessore telaio:	0,050 m
Trasmittanza finestra (U_w):	0,60 W/m ² K
Trasmittanza vetro (U_g):	0,53 W/m ² K
Fattore solare:	0,50



50. Raico Therm

Fonte: <http://www.raico.de>

Per quanto riguarda le vetrate sul timpano dell'edificio, si è optato per il loro tamponamento in modo da ridurre le dispersioni, mantenendo però l'aspetto estetico originale del Palazzo, grazie all'utilizzo di pannelli che alludono alla presenza di un serramento.

Per far sì che l'edificio superi il Blower Door test per la tenuta all'aria, rispettando il valore massimo di 1 h^{-1} , è necessaria anche la sostituzione di tutte le porte verso l'esterno dell'edificio, con altre ermetiche a tenuta all'aria (ad esempio: linea Tarredo).

Chiusure opache verticali

Per quanto riguarda l'involucro opaco, viene trattato in modi differenti a seconda della porzione sulla quale si interviene.

Nello specifico, sul fronte di Via XX Settembre, ai piani a quota otto e undici, si provvede alla demolizione della chiusura realizzata in doppio mattone con camera d'aria, per sostituirla con un blocco da tamponamento leggero in calcestruzzo cellulare YTONG CLIMA GOLD di spessore 40 cm. Esso è in grado di garantire prestazioni eccezionali per una parete monostrato, la sua leggerezza consente una semplice, veloce ed economica posa in opera, garantendo allo stesso tempo ottime caratteristiche di inerzia termica e di isolamento acustico. Questo blocco, eco-sostenibile e biocompatibile, è composto da materie prime naturali, quali sabbia, acqua, calce e cemento. Inoltre, è un sistema auto isolante, quindi non necessita di uno strato aggiuntivo di altro materiale coibente.

Dimensioni:	40x62,4x19,9 cm
Conducibilità termica (λ):	0,072 W/mK
Massa volumica (ρ):	300 Kg/m ³
Fattore di resistenza al vapore (μ):	7



51. Ytong
Climagold

Fonte: www.ytong.it

Le restanti murature, realizzate parzialmente o interamente in cemento armato, sono rivestite con isolante a cappotto esterno Corkpan Tecno Sugheri. Si tratta di un pannello in sughero naturale ottenuto attraverso un processo di tostatura che permette la fusione delle resine contenute nella corteccia che funzionano da collante naturale, e quindi non necessita l'aggiunta di colle o sostanze chimiche. Il pannello garantisce elevata resistenza al fuoco e una ottimale stabilità dimensionale anche in presenza di umidità o acqua.

Dimensioni:	100x50 cm
Conducibilità termica (λ):	0,036 W/mK
Massa volumica (ρ):	120 Kg/m ³
Fattore di resistenza al vapore (μ):	20



52. Corkpan Tecnosugheri

Fonte: www.tecnosugheri.it

La finitura è realizzata con un rasante di pura calce naturale ed eco-compatibile, altamente traspirante.

Esso contiene solo materie prime di origine naturale a ridotte emissioni di CO₂ e bassissime emissioni di sostanze organiche volatili.

Tale materiale è fondamentale nell'applicazione dei principi Passivhaus, in quanto va a creare lo strato interno di tenuta all'aria, per questo motivo la perfetta stesura dello strato di intonaco è assolutamente indispensabile.

Conducibilità termica (λ):	0,80 W/mK
Massa volumica (ρ):	1350 Kg/m ³
Fattore di resistenza al vapore (μ):	6

Analisi delle fasi lavorative di cantiere

L'intervento appena descritto, deve essere ben strutturato anche in tempistiche prestabilite, in quanto all'interno del Palazzo vi sono funzioni giudiziarie che non possono essere interrotte.

La programmazione dei lavori ha subito una suddivisione in tre fasi temporali ben definite. La prima si svolge nel mese di luglio e riguarda operazioni eseguibili dall'esterno, senza interferire sulle attività lavorative interne.

Sono principalmente, l'allestimento di tutte le opere riguardanti la sicurezza dei lavoratori compresi i ponteggi, la rimozione delle lastre di granito utilizzate come rivestimento esterno, con conseguente pulitura e trattamento protettivo finale per la prevenzione di eventuali futuri degradi e successivo stoccaggio.

La fase seguente deve avvenire inderogabilmente entro il mese di agosto, periodo di chiusura delle attività di udienza, segreteria e amministrazione del Palazzo stesso.

In questo periodo vengono rimossi i serramenti obsolescenti e successivamente sostituiti con altri più performanti.

Inoltre, parte delle chiusure opache verticali vengono demolite e ricostruite con blocchi leggeri da tamponamento. La restante parte, è rivestita con isolamento a cappotto esterno.

La terza ed ultima fase, può essere svolta nel mese successivo in quanto non incide sulla vita lavorativa del personale. Essa riguarda il riposizionamento delle lastre di granito originarie per il rivestimento delle facciate e lo smantellamento di tutte le attrezzature utilizzate per l'allestimento dell'area di cantiere.

Di seguito si propone un'illustrazione della scansione di tali fasi lavorative, disposte in ordine cronologico secondo lo stato avanzamento lavori.

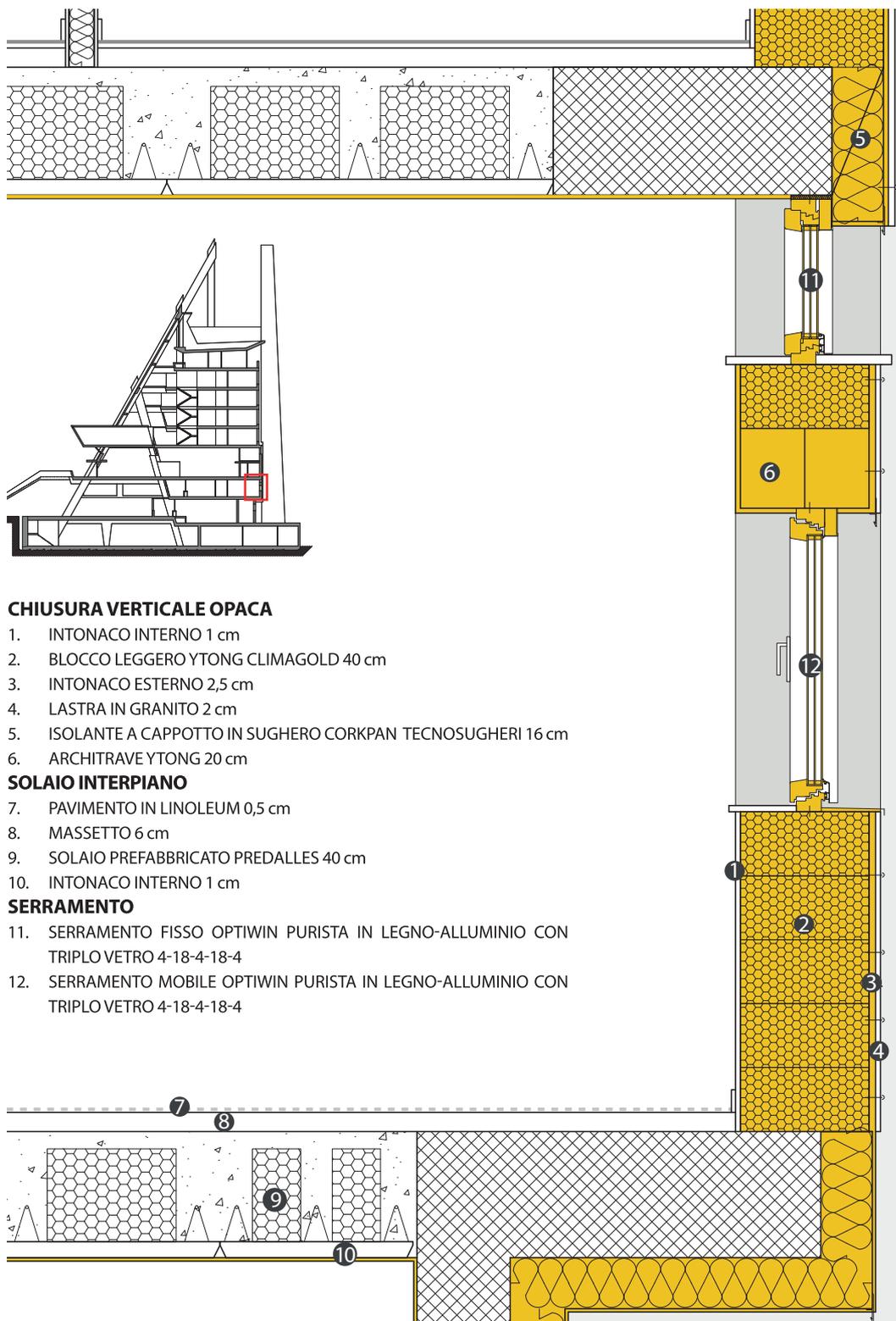


53. Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

4.3 Il progetto tecnologico

L'obiettivo del paragrafo è sottolineare l'analisi tecnologica dei nodi dell'involucro, evidenziando gli interventi progettuali, mediante sezioni in scala 1:20 e sezioni tridimensionali assonometriche.

La redazione dei dettagli costruttivi ha permesso di comprendere quali fossero le problematiche che potevano emergere in fase esecutiva, dal posizionamento dei blocchi, alla posa del cappotto esterno, alla gestione della guaina impermeabilizzante.



CHIUSURA VERTICALE OPACA

1. INTONACO INTERNO 1 cm
2. BLOCCO LEGGERO YTONG CLIMAGOLD 40 cm
3. INTONACO ESTERNO 2,5 cm
4. LASTRA IN GRANITO 2 cm
5. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
6. ARCHITRAVE YTONG 20 cm

SOLAIO INTERPIANO

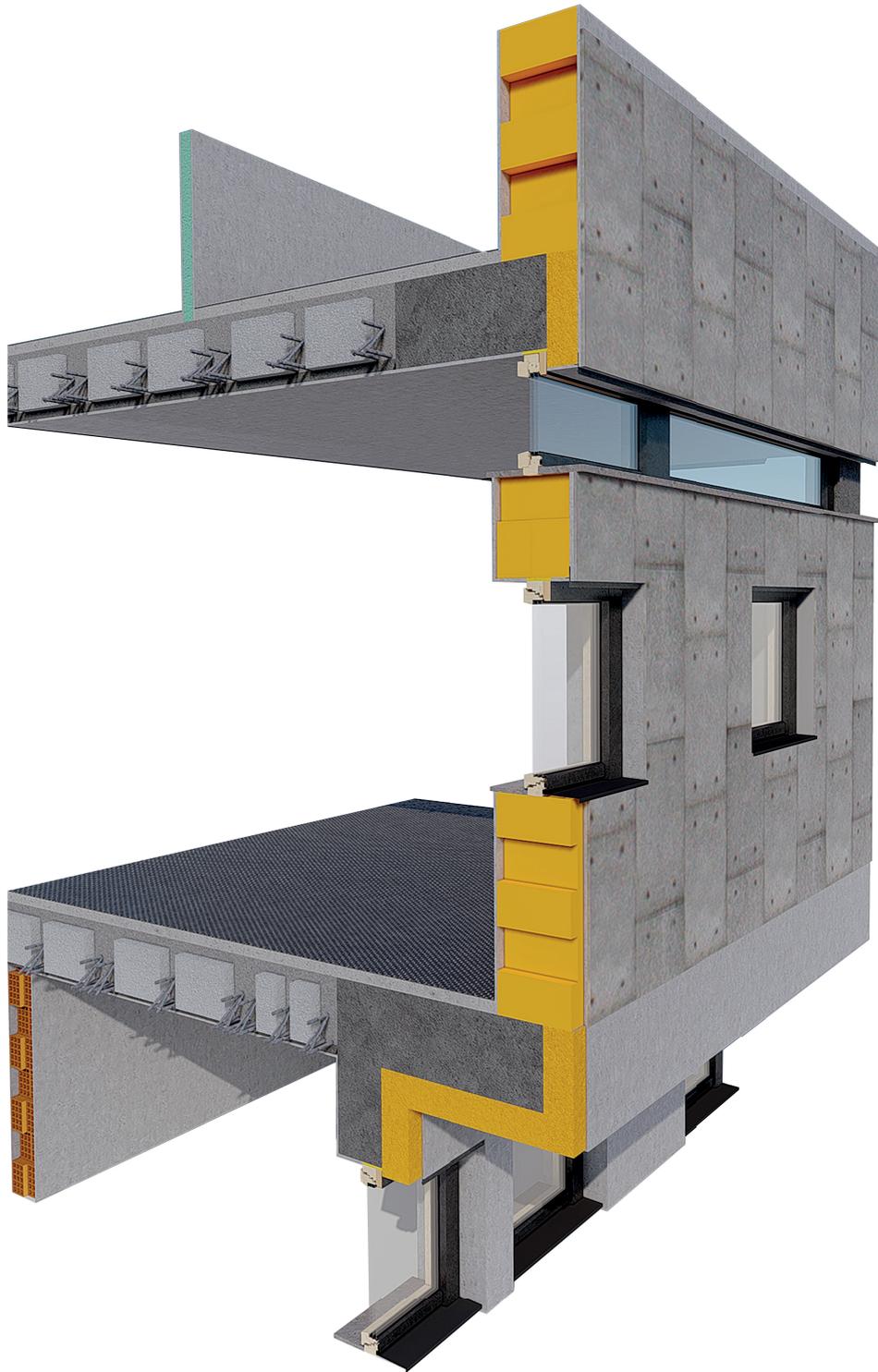
7. PAVIMENTO IN LINOLEUM 0,5 cm
8. MASSETTO 6 cm
9. SOLAIO PREFABBRICATO PREDALLES 40 cm
10. INTONACO INTERNO 1 cm

SERRAMENTO

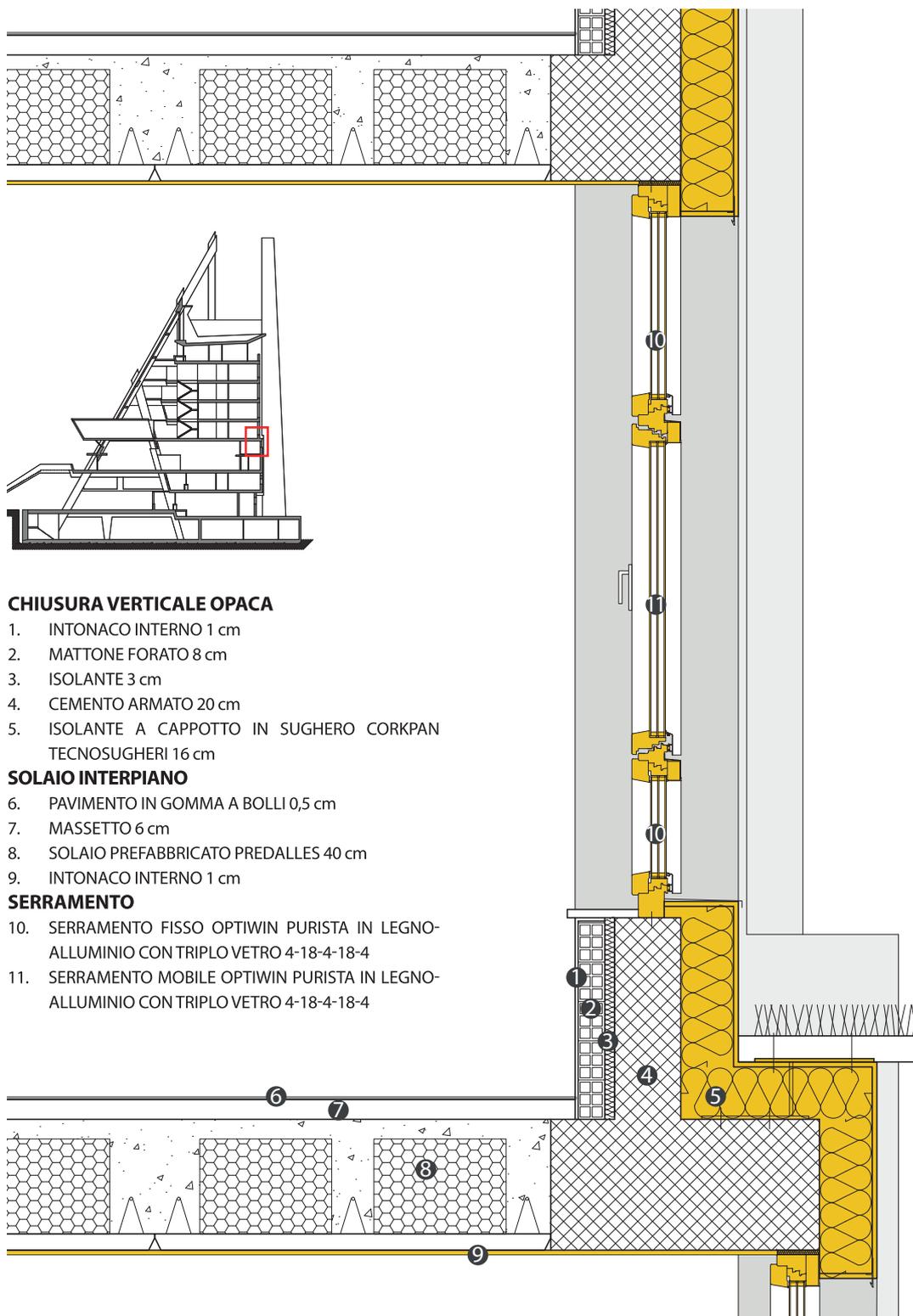
11. SERRAMENTO FISSO OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-ALLUMINIO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4
12. SERRAMENTO MOBILE OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-ALLUMINIO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4

54. Nodo tra solaio, chiusura verticale opaca composta da blocchi Ytong Climagold e chiusura verticale trasparente
 In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



55. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone



CHIUSURA VERTICALE OPACA

1. INTONACO INTERNO 1 cm
2. MATTONE FORATO 8 cm
3. ISOLANTE 3 cm
4. CEMENTO ARMATO 20 cm
5. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN
TECNOSUGHERI 16 cm

SOLAIO INTERPIANO

6. PAVIMENTO IN GOMMA A BOLLI 0,5 cm
7. MASSETTO 6 cm
8. SOLAIO PREFABBRICATO PREDALLES 40 cm
9. INTONACO INTERNO 1 cm

SERRAMENTO

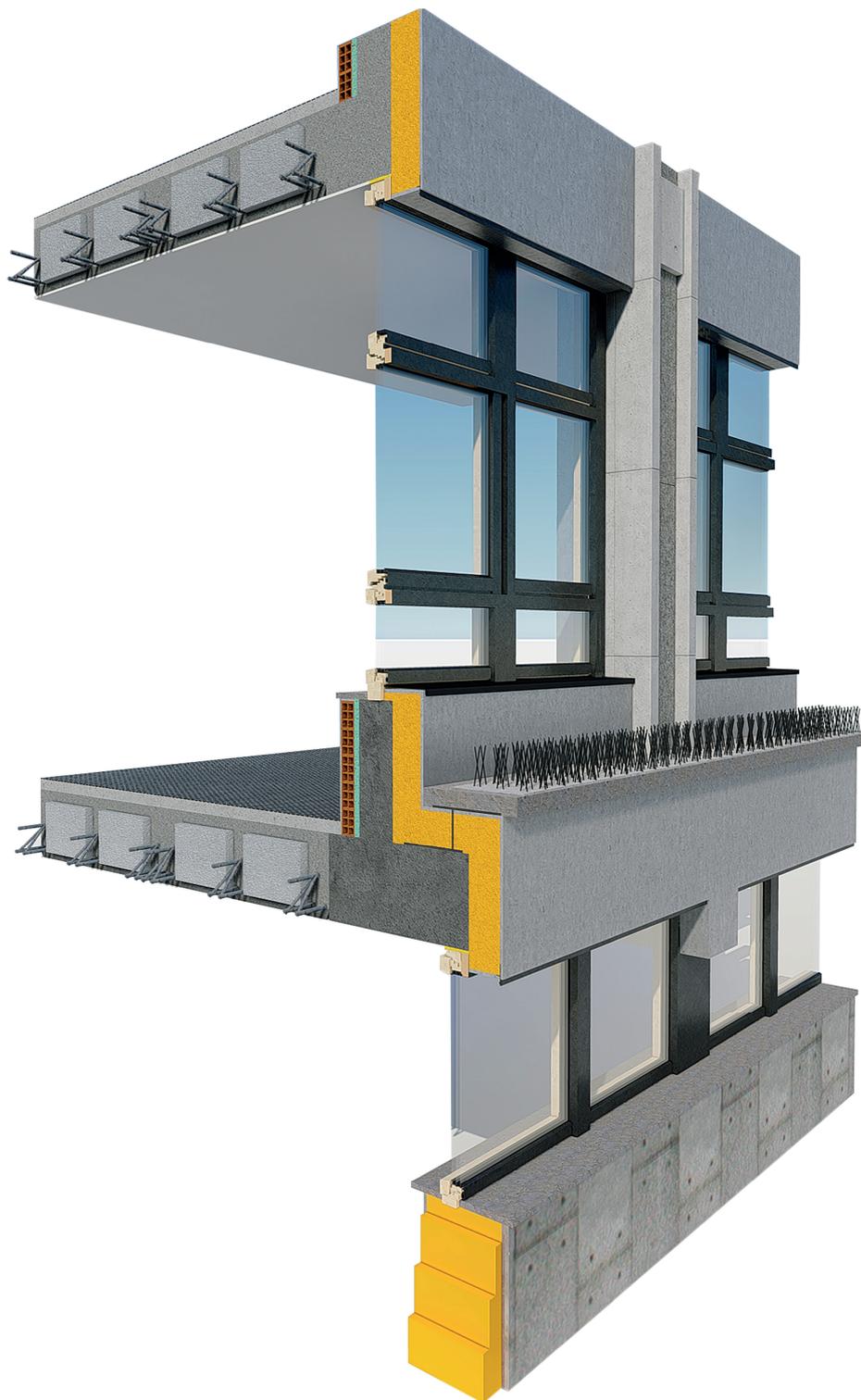
10. SERRAMENTO FISSO OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-
ALLUMINIO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4
11. SERRAMENTO MOBILE OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-
ALLUMINIO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4

56. Nodo tra solaio, chiusura verticale opaca e chiusura verticale trasparente

In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



57. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

CHIUSURA OPACA

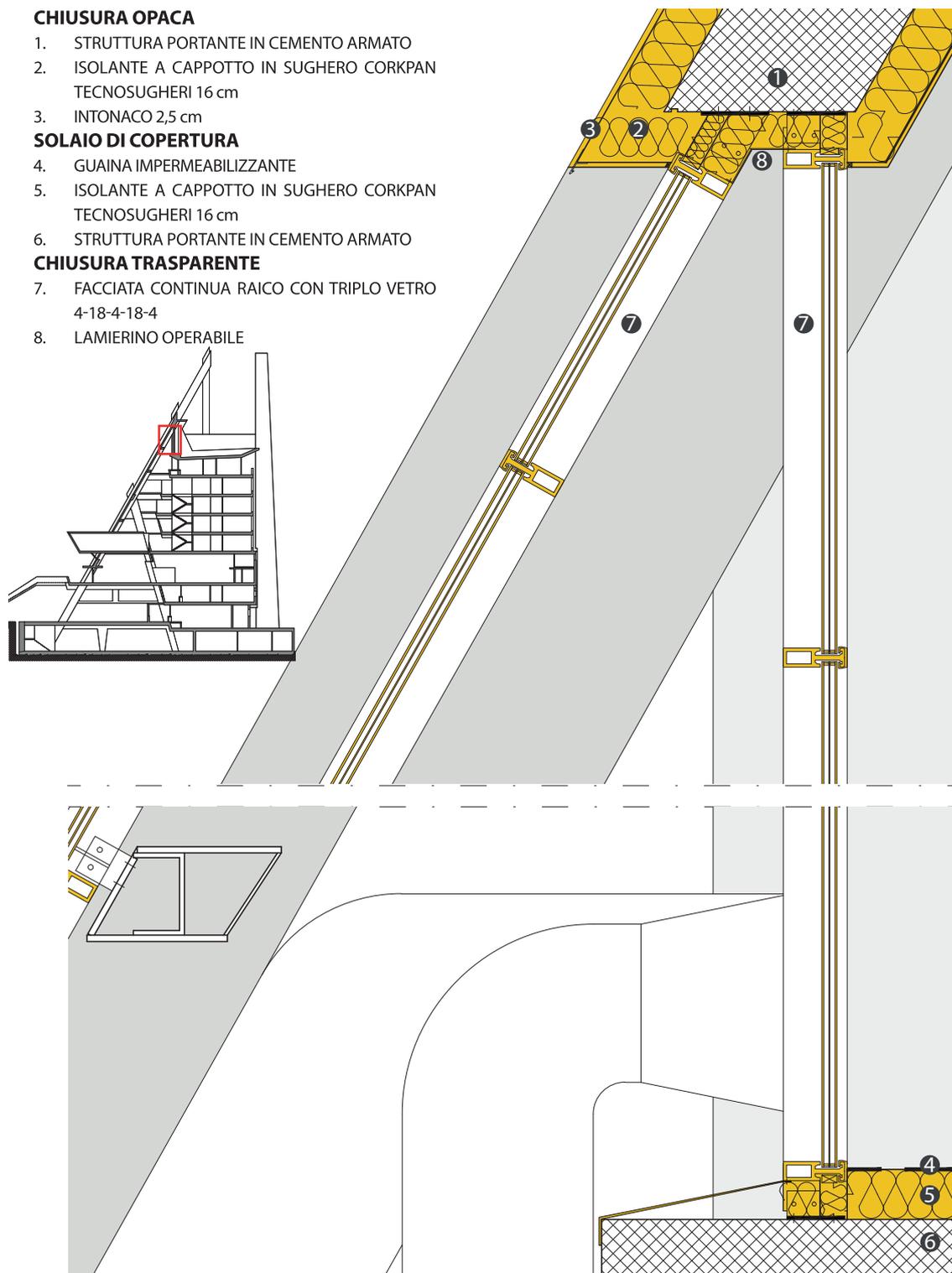
1. STRUTTURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO
2. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN
TECNOSUGHERI 16 cm
3. INTONACO 2,5 cm

SOLAIO DI COPERTURA

4. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
5. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN
TECNOSUGHERI 16 cm
6. STRUTTURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO

CHIUSURA TRASPARENTE

7. FACCIATA CONTINUA RAICO CON TRIPLO VETRO
4-18-4-18-4
8. LAMIERINO OPERABILE



58. Nodo di giunzione tra facciata continua e struttura portante in cemento armato

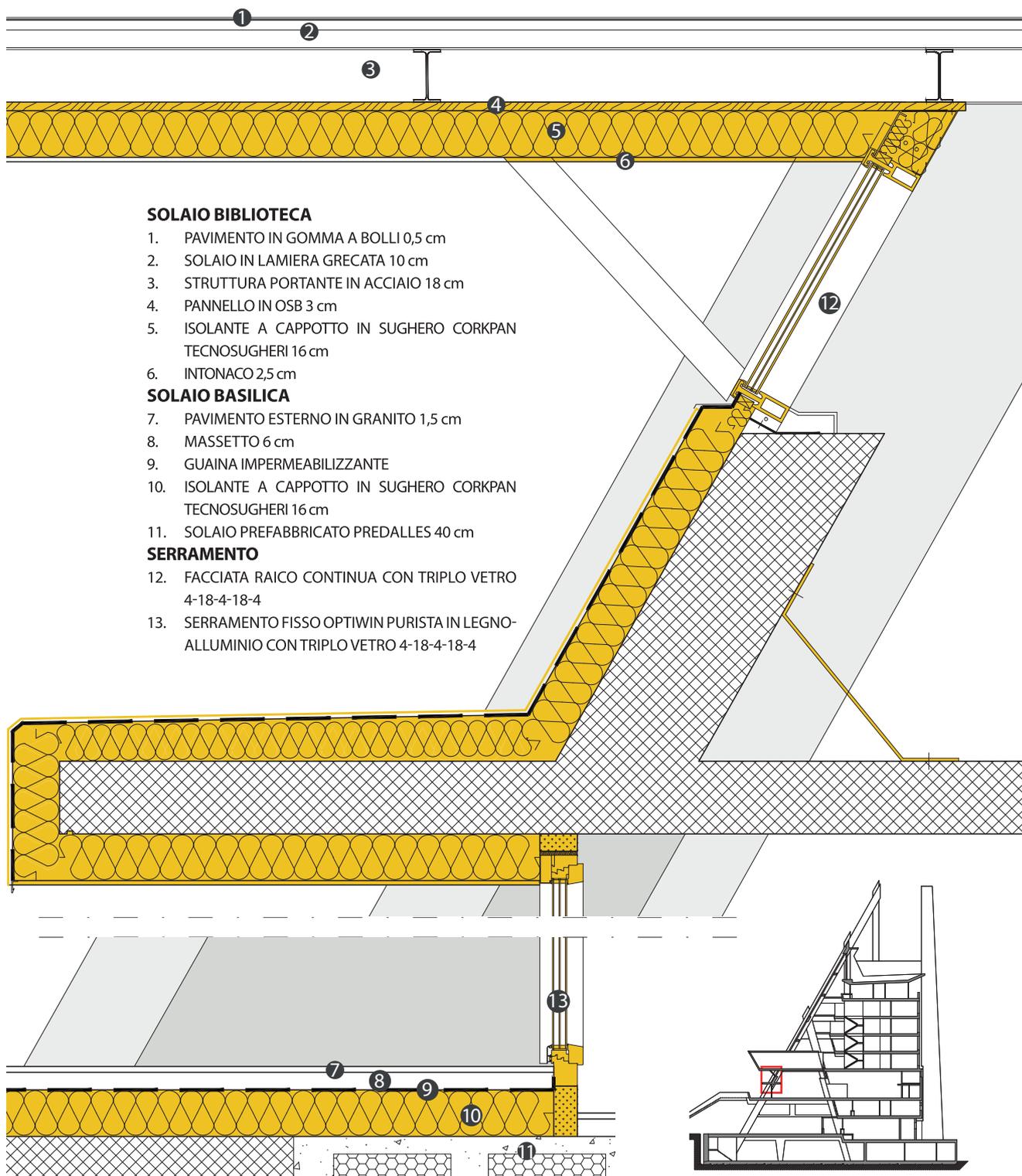
In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



59. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone



SOLAIO BIBLIOTECA

1. PAVIMENTO IN GOMMA A BOLLI 0,5 cm
2. SOLAIO IN LAMIERA GRECATA 10 cm
3. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 18 cm
4. PANNELLO IN OSB 3 cm
5. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
6. INTONACO 2,5 cm

SOLAIO BASILICA

7. PAVIMENTO ESTERNO IN GRANITO 1,5 cm
8. MASSETTO 6 cm
9. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
10. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
11. SOLAIO PREFABBRICATO PREDALLES 40 cm

SERRAMENTO

12. FACCIATA RAICO CONTINUA CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4
13. SERRAMENTO FISSO OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-ALLUMINIO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4

60. Nodo di giunzione tra struttura portante in acciaio biblioteca e serramento di ingresso sulla Basilica

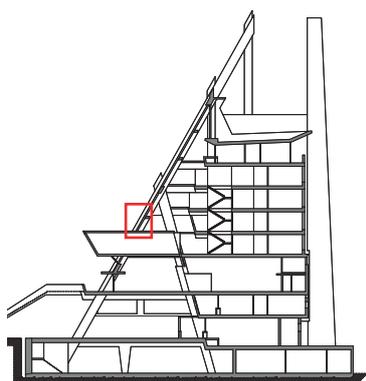
In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



61. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

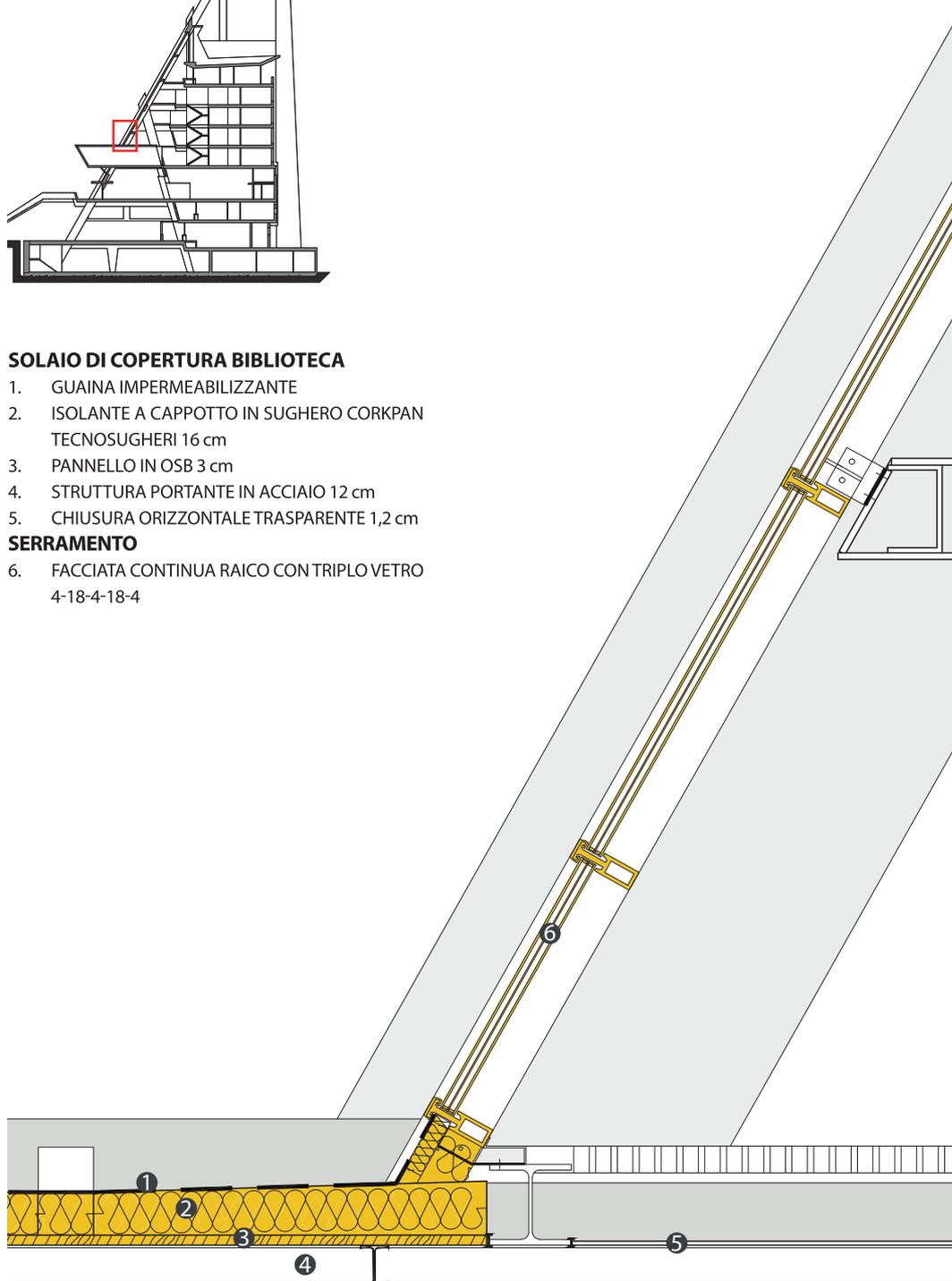


SOLAIO DI COPERTURA BIBLIOTECA

1. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
2. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN
TECNOSUGHERI 16 cm
3. PANNELLO IN OSB 3 cm
4. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 12 cm
5. CHIUSURA ORIZZONTALE TRASPARENTE 1,2 cm

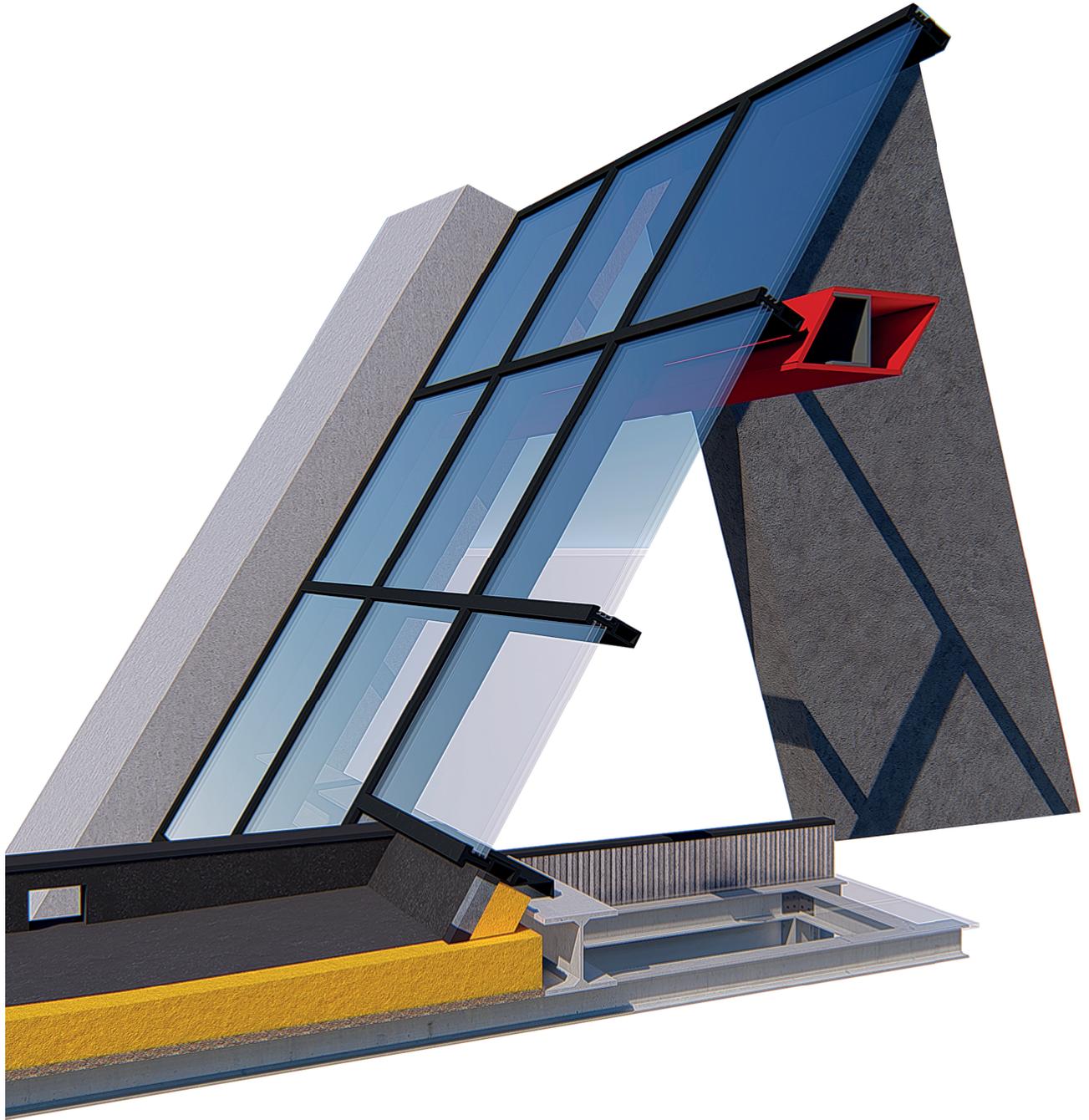
SERRAMENTO

6. FACCIATA CONTINUA RAICO CON TRIPLO VETRO
4-18-4-18-4

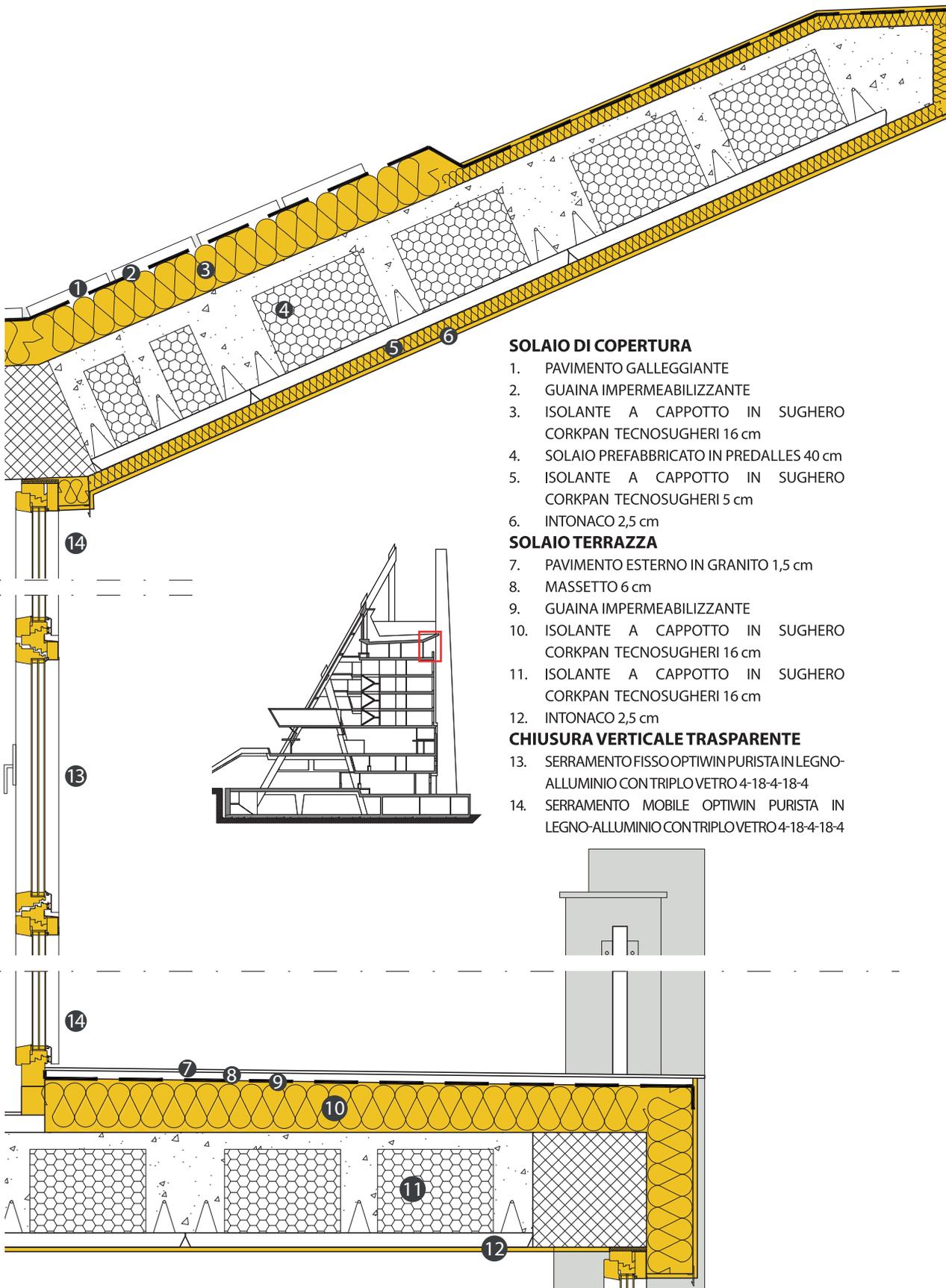


62. Nodo di giunzione tra facciata continua e struttura portante in acciaio della biblioteca
In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



63. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone



SOLAIO DI COPERTURA

1. PAVIMENTO GALLEGGIANTE
2. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
3. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
4. SOLAIO PREFABBRICATO IN PREDALLES 40 cm
5. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 5 cm
6. INTONACO 2,5 cm

SOLAIO TERRAZZA

7. PAVIMENTO ESTERNO IN GRANITO 1,5 cm
8. MASSETTO 6 cm
9. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
10. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
11. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
12. INTONACO 2,5 cm

CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE

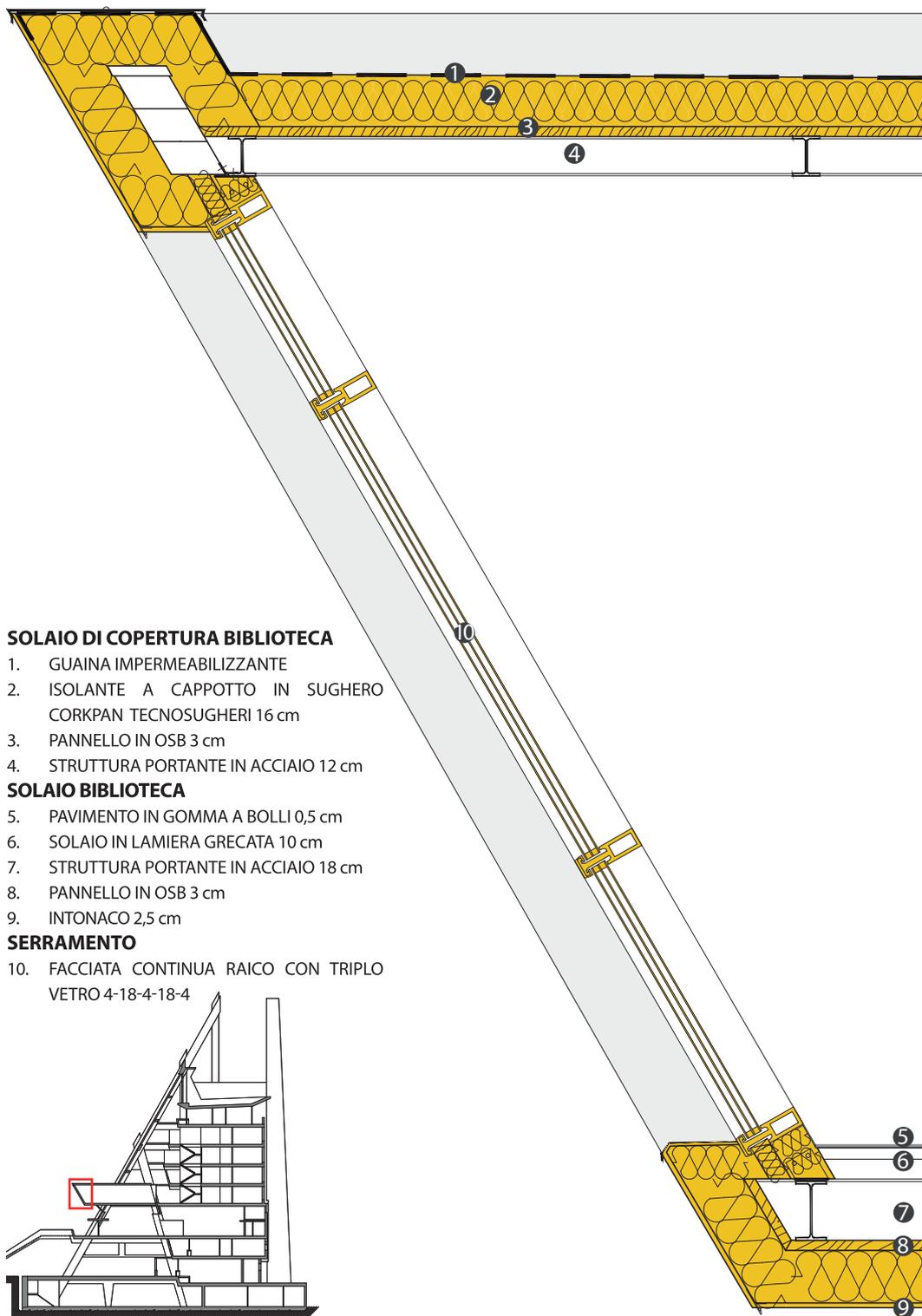
13. SERRAMENTO FISSO OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-ALLUMINIO CONTRIPLOVETRO 4-18-4-18-4
14. SERRAMENTO MOBILE OPTIWIN PURISTA IN LEGNO-ALLUMINIO CONTRIPLOVETRO 4-18-4-18-4

64. Nodo di collegamento tra solaio interpiano, serramento e solaio di copertura
 In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit
 Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



65. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone



SOLAIO DI COPERTURA BIBLIOTECA

- 1. GUAINA IMPERMEABILIZZANTE
- 2. ISOLANTE A CAPPOTTO IN SUGHERO CORKPAN TECNOSUGHERI 16 cm
- 3. PANNELLO IN OSB 3 cm
- 4. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 12 cm

SOLAIO BIBLIOTECA

- 5. PAVIMENTO IN GOMMA A BOLLI 0,5 cm
- 6. SOLAIO IN LAMIERA GRECATA 10 cm
- 7. STRUTTURA PORTANTE IN ACCIAIO 18 cm
- 8. PANNELLO IN OSB 3 cm
- 9. INTONACO 2,5 cm

SERRAMENTO

- 10. FACCIATA CONTINUA RAICO CON TRIPLO VETRO 4-18-4-18-4

66. Nodo di collegamento tra serramento inclinato e struttura portante in acciaio della biblioteca

In giallo evidenziati i nuovi interventi di retrofit

Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

SCALA 1:20



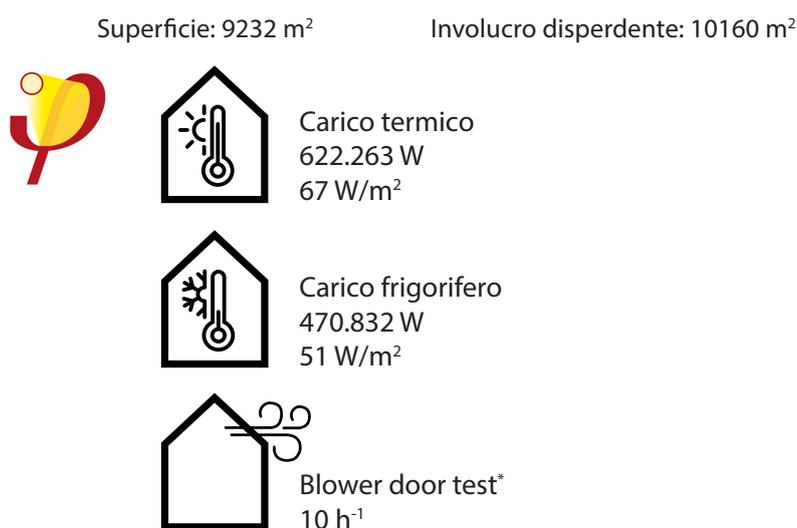
67. Modellazione tridimensionale
Fonte: elaborazione a cura di Bagnasco Pipitone

4.4 Simulazione energetica tramite software PHPP

L'analisi proposta in questa tesi si prefigge di ottenere un intervento di retrofit passivo con lo scopo di raggiungere un considerevole miglioramento energetico. Il Palazzo di Giustizia preso in esame, si è reputato particolarmente stimolante ai fini dell'ottimizzazione energetica, per via della forma geometrica articolata e degli aspetti convenzionalmente sfavorevoli per la progettazione di edifici a basso consumo energetico. Si è potuto così dimostrare come sia plausibile migliorare prestazioni energetiche e livelli di comfort abitativo, senza snaturare l'edificio originario, conservandone i caratteri dell'architettura.

Così come per lo stato di fatto, anche per la fase progettuale, grazie alla collaborazione dell'Ing. Roberto Viazzo, massimo esperto della progettazione Passivhaus, si è sviluppata una simulazione energetica con il software PHPP, svolta in due step successivi, il primo tenendo in considerazione esclusivamente le opere di riqualificazione dell'involucro opaco; il secondo, invece, includendo anche la sostituzione completa dei serramenti. Da questo confronto è emerso come quest'ultima operazione influenzi in modo considerevole il consumo energetico del Palazzo di Giustizia.

I risultati ottenuti dalla prima simulazione, sono i seguenti:



* simulazione del software PHPP® in fase progettuale, da verificare in fase di utilizzo dell'edificio

Lo schema evidenzia che per quanto riguarda il carico termico, si è passato da un valore di 691.396 W ad un valore di 622.263 W, ottenendo una riduzione di 69.133 W pari a 7,50 W/m². A proposito del carico frigorifero, la differenza tra stato di fatto e simulazione in esame è minima ed è pari a 11.722 W ovvero 1,30 W/m².

Si può notare come, a causa delle limitate porzioni di chiusure opache, questa operazione non comporti modifiche sostanziali, mantenendo valori fortemente al di sopra dei limiti stabiliti dalla certificazione Passivhaus, tali da non rendere giustificabile un intervento senza prendere in considerazione la sostituzione dei serramenti.

Si è, quindi, proceduto alla modifica del foglio di calcolo, inserendo l'intervento di maggior portata, riguardante le chiusure trasparenti. Esse sono anche le maggiori responsabili della pessima tenuta all'aria e grazie alla loro sostituzione, con serramenti performanti, si è potuto abbassare il valore fino al raggiungimento del valore limite 1 h⁻¹ stabilito dal protocollo di certificazione EnerPHit, per edifici ristrutturati.

Di seguito si propone uno schema riassuntivo degli output della seconda simulazione:

Superficie: 9232 m²

Involucro disperdente: 10160 m²



Carico termico
4.462 W
0,5 W/m²



Carico frigorifero
78.628 W
9 W/m²



Blower door test*
1 h⁻¹

* simulazione del software PHPP® in fase progettuale, da verificare in fase di utilizzo dell'edificio

In questa ultima fase di analisi dell'intervento di retrofit nella sua integrità, si sono ottenuti risultati soddisfacenti e di grande rilievo, che evidenziano notevoli miglioramenti delle performance dell'edificio, specialmente nel campo termico. Tali dati, rappresentano le basi per ottenere la certificazione ufficiale.

Grazie a questo intervento di retrofit, ed in particolar modo alla sostituzione delle chiusure trasparenti, il carico termico subisce un crollo passando da un valore di 691.396 W ad un valore di 4.462 W, ottenendo una differenza di ben 686.934 W ovvero 74,4 W/m².

Sempre da tenere in considerazione l'incremento cautelativo del 30% circa, riguardante l'incidenza dei ponti termici, i quali come già affermato in precedenza non sono stati oggetto di studio.

Per quanto concerne invece il carico frigorifero, nonostante il discreto miglioramento, il valore si riduce in modo meno deciso, arrivando ad un valore di 78.682 W. Ciò accade, perché non sono stati considerati ombreggiamenti, soprattutto sul prospetto inclinato, il quale ha un'esposizione sud-ovest, sfavorevole nella stagione estiva. Ne deriva, la necessità di una progettazione, attenta ed accurata, di elementi oscuranti che riducano l'esposizione solare nella stagione estiva, ma che allo stesso tempo non riducano gli apporti solari gratuiti nella stagione invernale.

A seguito di questi risultati, si può affermare che con un intervento secondo gli standard Passivhaus, si può ridurre notevolmente sia il carico termico che il carico frigo, andando a diminuire ed a portare quasi a zero la potenza dell'impianto richiesta per il riscaldamento ed il raffrescamento dell'edificio. Questo comporta, oltre ad una riduzione dei consumi, e quindi anche dei costi di gestione, una riduzione delle emissioni inquinanti in ambiente.

In ultimo, ma non per importanza, grazie a questo standard viene garantito il comfort interno. L'edificio raggiunge temperature e qualità dell'aria ottimali e risulta autonomo dal punto di vista della ventilazione, in quanto non è più necessaria l'apertura delle finestre ma la ventilazione è assicurata dall'impianto di ventilazione meccanica, necessario ed indispensabile in tutti gli interventi di questo genere.

Infine, l'ultimo valore riguardante la tenuta all'aria, stimato in fase di progettazione, dovrà essere successivamente verificato in fase di utilizzo dell'edificio. Il Blower door test, effettuato in corso d'opera a seguito della posa dei serramenti, valuta, generando meccanicamente una differenza di pressione, che il grado di ermeticità dell'involucro sia inferiore a 1 ricambio orario, come stabilito dal protocollo Passivhaus EnerPHit. Qualora il valore non rispetti i limiti richiesti, si interverrà con appropriati interventi, in modo da eliminare eventuali infiltrazioni o esfiltrazioni d'aria.

A seguito dello sviluppo dei concetti Passivhaus, si può dichiarare che la progettazione secondo tali principi, punta tutto sull'efficienza dell'involucro, prima che sull'integrazione dell'impianto, per fornire le migliori condizioni di comfort termo-igrometrico.

CONCLUSIONI

Con il progetto di riqualificazione del Palazzo di Giustizia di Savona, si è voluto dimostrare come, nonostante una geometria architettonica molto caratteristica e orientamenti dei prospetti non allineati con i quattro punti cardinali, sia sempre possibile produrre una proposta progettuale che consenta un rinnovamento della sostenibilità in campo energetico ed ambientale.

Infatti, con interventi semplici ed accessibili per adeguare la riqualificazione secondo gli standard Passivhaus, si sono ottenuti considerevoli benefici nell'ambito della sostenibilità ambientale.

Nel caso studio in esame, con la sola implementazione dell'efficienza termica dell'involucro edilizio e con la completa sostituzione degli infissi, si è garantito un comfort ottimale ed una riduzione dei fabbisogni energetici di tutto il fabbricato.

L'approccio progettuale adottato, secondo i criteri Passivhaus, si è tradotto in interventi che permettono di mantenere la struttura esistente e quindi la morfologia architettonica e strutturale dell'edificio in analisi. Ciò ha portato ad un miglioramento sostanziale delle prestazioni energetiche, specialmente in campo termico, e nonostante si possa dire di non rientrare a pieno negli standard definiti per un edificio passivo, si sono comunque raggiunti auspicabili risultati.

Particolare attenzione si vuole porre sul fatto che questa tesi inizialmente fosse partita da un'idea di sola riqualificazione energetica. In realtà, già dai primi approcci si è notato che il materiale esistente, sia in forma cartacea che digitale, era esiguo. Si è dovuta così effettuare una fase di ricerca approfondita con svariate visite presso archivi, uffici tecnici ed incontri con professionisti che negli anni avessero avuto a che fare con il Palazzo di Giustizia.

Questo ha portato una notevole mole di lavoro, in quanto è stato restituito il tutto in forma digitale partendo da basi cartacee e rilievi effettuati in loco.

In conclusione, si può sostenere che interventi di retrofit volti alla riqualificazione energetica, così come spiegato in questa tesi, dovrebbero essere attuati su gran parte del patrimonio edilizio esistente, il quale attualmente risulta essere obsoleto, non rispettando i requisiti di efficienza energetica indicati dalle direttive europee. I risultati ottenibili porterebbero ad un considerevole risparmio sui costi di gestione dei fabbricati, importante sia per gli edifici residenziali, ma ancor più per gli edifici pubblici non residenziali.

ALLEGATO 1

INTERVISTA 1

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono una tirocinante e sono in tribunale due giorni a settimana;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Si gli ambienti sono illuminati da luce naturale no i corridoi interni;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Non ho mai avvertito interferenze acustiche;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Temperatura distribuita in modo disomogeneo fra locali;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

Buona qualità dell'aria;

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

I deficit funzionali non sono tali da compromettere l'attività lavorativa;

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Rimediare al problema di dispersione di calore negli ampi spazi.

INTERVISTA 2

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Svolgo la professione di avvocato e parte della mia attività si svolge all'interno del Palazzo di Giustizia. Mediamente mi reco in Tribunale 3 – 4 giorni a settimana per circa 1 -2 ore al giorno;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Il comfort visivo all'interno del Palazzo di Giustizia è discreto. La parete obliqua di vetro rende i corridoi esterni dei sette piani abbastanza luminosi. Tuttavia, le aule dove si svolgono le udienze sono illuminate prevalentemente da luce artificiale;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Il comfort acustico, soprattutto nelle giornate di alta affluenza (giorni in cui si svolgono prevalentemente le udienze), risulta appena sufficiente. I corridoi sono adiacenti alle aule e queste non sono insonorizzate tanto che anche se vengono chiuse le porte delle varie stanze si percepiscono i suoni provenienti dai corridoi

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Il comfort termico del Palazzo di Giustizia di Savona è pessimo. La grande parete obliqua di vetro rende il clima interno molto caldo di estate e freddo di inverno. Il sistema di ventilazione (caldo e freddo) non riesce a climatizzare l'intero ambiente creando zone in cui si percepiscono temperature differenti;

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

La qualità dell'aria risente dei diversi cambi di temperatura presenti nei vari

periodi dell'anno. Infatti, soprattutto nei periodi estivi, l'aria che si respira si presenta pesante. Tuttavia non si sentono odori maleodoranti.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Personalmente ritengo di sì, soprattutto nei periodi di forte escursione termica;

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Penso che la struttura del palazzo non sia adatta ad un Tribunale. In particolare vi sono ampi volumi non utilizzati e, di contro, gli spazi utilizzabili (aule di tribunale, cancelleria) sono ristretti e incidono negativamente sulla qualità della vita lavorativa.

INTERVISTA 3

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono un tirocinante e svolgo il tirocinio della durata di 18 mesi, attualmente il mio impegno in Tribunale consiste in 24 ore settimanali suddivise in quattro giorni lavorativi.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Grazie alle ampie vetrate presenti su ambo le facciate dell'edificio, il Tribunale risulta illuminato da una forte ma piacevole luce naturale. Laddove, invece, non giunge tale illuminazione sopperisce in modo adeguato quella artificiale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Dal punto di vista delle interferenze sonore tra i locali adibiti ad ufficio deve essere registrato uno scarso isolamento acustico, in quanto è nitidamente percepibile un rumore di fondo (le conversazioni tra colleghi o tra giudici ed avvocati) proveniente dagli spazi adiacenti. In alcuni locali, inoltre, soprattutto nelle aule di udienza, inoltre, l'impianto di riscaldamento, se tarato ad una potenza troppo elevata, rende difficoltoso sino a sovrastare il dialogo.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

In relazione al comfort termico è necessario distinguere tra i locali chiusi, quali gli uffici, e gli spazi aperti come corridoi e area comune con distributori automatici. Nei primi, infatti, grazie alla possibilità di regolare il riscaldamento, l'ambiente risulta confortevole e caldo senza arrecare disturbi mentre nei secondi, al contrario, la temperatura è notevolmente inferiore e, complici la grande spirale e le enormi vetrate, spesso si ha la sensazione di essere "in corrente".

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi**

difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?

L'aria nello stabile, bilanciando le caratteristiche presenti negli uffici e negli altri spazi dell'edificio, può definirsi, a mio avviso, buona e pulita non avendo mai percepito né cattivi odori o avendo mai avuto disturbi legati ad una bassa qualità della medesima.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Non ritengo che il comportamento degli utenti possa risentire delle caratteristiche dell'edificio, eccezion fatta, forse, per la problematica acustica segnalata in precedenza in relazione alle sale dove si svolgono le udienze ed il brusio tra gli uffici ,anche se quest'ultimo non è tale da rendere difficoltoso lo svolgimento delle incombenze quotidiane.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Le maggiori problematiche, in conclusione, sono legate allo sbalzo termico tra gli ambienti in cui i lavoratori sono costretti a prestare la propria opera e la non perfetta insonorizzazione tra gli ambienti. Dovrebbe, inoltre, essere migliorato e reso più silenzioso il sistema di riscaldamento delle sale di udienza.

INTERVISTA 4

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Tirocinante; tre giorni (24 ore) settimanali.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Gli ambienti sono sufficientemente illuminati dalla luce artificiale, e nei locali dotati di vetrata è molto apprezzabile la luce naturale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Ci sono interferenze tra locali adiacenti (si sente molto bene quel che accade negli uffici accanto); quando il riscaldamento è acceso il rumore della ventola è piuttosto elevato, ma non ritengo che possa essere considerato elemento di disturbo per il normale svolgimento delle attività.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Nei singoli uffici si raggiunge la sensazione di benessere termico, mentre nei locali comuni (es. locale distributori automatici) l'ambiente non risulta caldo durante la stagione invernale. Nelle settimane scorse la temperatura nell'ufficio in cui lavoro era fin troppo elevata, senza possibilità di abbassarla per via di una disfunzione dell'impianto di ventilazione.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

Attualmente non si avvertono difficoltà respiratorie né si percepisce un'aria maleodorante e viziata. Ritengo che la qualità dell'aria sia buona. Lievi mal di testa e sensazioni di spossatezza sono stati percepiti solo nelle scorse settimane, durante il periodo in cui la temperatura era troppo elevata.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal**

mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?

Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal malfunzionamento dell'edificio nel caso in cui i rumori percepiti dalle stanze adiacenti o dai corridoi sia troppo elevato.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Ritengo che le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale siano: in termini termici, la temperatura dei locali comuni durante la stagione invernale (es. locale distributori automatici, scale); in termini acustici, un maggiore isolamento dei singoli uffici in modo da attutire i rumori/discorsi provenienti dalle stanze adiacenti e dai corridoi.

INTERVISTA 5

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono un'impiegata amministrativa, svolgo l'attività tutti i giorni della settimana con orario di ufficio 9-12:30.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Personalmente ritengo che la luce derivante dalla grande vetrata sia molto confortevole nonostante ciò capita spesso di utilizzare anche la luce artificiale come supporto.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Essendo in continuo contatto con altre persone ritengo che bisogna risolvere il problema della ripetizione acustica, capita di percepire un fastidioso sottofondo delle persone che frequentano il palazzo.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Negli uffici non risento di un particolare stato di malessere. La differenza di temperatura si percepisce soprattutto nei corridoi dove non vi è una diretta fonte di calore (né solare né impiantistica) e nei grandi spazi aperti dove la temperatura è influenzata prevalentemente dalle condizioni climatiche.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

Buona la qualità dell'aria in continuo ricircolo grazie, oltre a grandi tubi di ventilazione, dalle porte degli uffici dotate di una griglia di aerazione nella parte inferiore.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Generalmente non penso che i problemi che ho riscontrato possano incidere sul nostro comportamento, salvo particolari periodi dell'anno accentuati (ad esempio un'estate particolarmente torrida).

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Uno dei problemi principali da risolvere è l'isolamento acustico tra le stanze adiacenti, termicamente penso che la sostituzione dei serramenti comporterebbe un minor dispendio energetico oltre a una riduzione delle infiltrazioni.

INTERVISTA 6

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono un architetto e svolgono lavoro di C.T.U. presso il tribunale, sono presente all'interno del palazzo di giustizia ogni giorno per circa 3/4 ore.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Il confort visivo è positivo, grazie alle grandi vetrate le aree comuni sono molto luminose. Gli uffici di dimensioni più ridotte posti al centro della costruzione sono abbondantemente illuminati dalla luce artificiale, che sopperisce alla mancanza di luce naturale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Il comfort acustico non è raggiunto in quasi nessun ambiente del tribunale, anche a porte chiuse si possono ascoltare suoni provenienti dai locali adiacenti.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Il comfort termico è il problema maggiore che si può riscontrare all'interno dell'edificio. Ambienti mal coibentati con serramenti obsoleti ed impianti non idonei annullano la possibilità di ottenere un livello sufficiente in merito al benessere termico.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

La qualità dell'aria è discreta e non crea particolari problematiche.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Certamente, i problemi succitati creano influenze negative alla vita lavorativa.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una**

condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?

Andare ad operare con una riqualificazione tecnologica ed energetica potrebbe risolvere, o perlomeno migliorare, la condizione lavorativa.

INTERVISTA 7

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono un responsabile della sicurezza, lavoro per sei ore al giorno a turni settimanali presso il Palazzo di Giustizia e sono collocato all'ingresso dell'edificio.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

L'ingresso è decisamente luminoso grazie alle ampie vetrate, gli ambienti più interni non li vivo molto, ma sono serviti anche da illuminazione artificiale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Posso esprimermi solo sull'atrio dell'edificio, il quale è spesso soggetto ad eco.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

La mia zona di lavoro è condizionata dalle frequenti aperture delle porte scorrevoli esterne per il passaggio del pubblico, così da essere sempre influenzata dalla temperatura esterna.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

La qualità dell'aria è buona.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Non nell'ambito in cui lavoro io. Probabilmente per gli impiegati che lavorano all'interno degli uffici del Palazzo di Giustizia è differente.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Una migliona acustica sarebbe sicuramente necessaria.

INTERVISTA 8

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono un geometra professionista e trascorro dalle cinque alle otto ore settimanali all'interno del tribunale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Gli ambienti sono illuminati in modo naturale con ottimi risultati, mentre i corridoi interni sono illuminati artificialmente.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Ci sono problemi di interferenza acustiche, ma nel mio caso non creano disturbo.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

Per quanto mi riguarda i problemi maggiori sono causati dagli sbalzi termici nel passaggio tra un ambiente e l'altro.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

La qualità dell'aria non crea problemi.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Nel mio caso l'attività lavorativa non risente del malfunzionamento dell'edificio.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Termicamente penso che la sostituzione dei serramenti comporterebbe un minor dispendio energetico, oltre ad una riduzione delle infiltrazioni.

INTERVISTA 9

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Lavoro come impiegato di segreteria per 40 ore settimanali.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Gli uffici interni sono illuminati dalla luce artificiale e da luce naturale proveniente dalla Basilica, i restanti che si affacciano su Via XX Settembre hanno molta luce naturale.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Tra uffici e corridoi la qualità acustica è limitata, in quanto si sentono voci provenienti dai locali vicini.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

All'interno dell'ufficio la situazione termica è buona soprattutto in inverno, invece nei corridoi è decisamente inferiore. Ci sono sbalzi di temperatura molto elevati.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

La qualità dell'aria va bene.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Nel mio caso l'attività lavorativa non è particolarmente disturbata, pur non avendo condizioni ottimali il mio comportamento sul lavoro non è influenzato in modo negativo.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e**

termici?

Insonorizzare gli ambienti sarebbe sicuramente utile, inoltre sarebbe necessario modernizzare gli impianti di riscaldamento e raffreddamento e raffreddamento per riuscire ad avere temperature interne migliori di quelle attuali.

INTERVISTA 10

- **Quale ruolo lavorativo ricopre all'interno del Palazzo di Giustizia e per quanti giorni e ore settimanali lo svolge?**

Sono una donna delle pulizie lavoro la sera dalle ore 19:00 alle ore 22:00 per cinque giorni la settimana

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort visivo? Gli ambienti sono sufficientemente illuminati da luce naturale o artificiale?**

Per la maggior parte dell'anno non lavoro in orari in cui ci sia illuminazione naturale e quella artificiale è sufficiente.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort acustico? Ci sono interferenze tra i locali adiacenti, effetti di risonanza sonora elevata o disturbi acustici causati dal rumore dei canali di ventilazione che disturbano il normale svolgimento delle attività?**

Quando lavoro siamo in poche persone e le voci rimbombano nelle stanze grandi, ci possiamo sentire tra tutte le stanze.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di comfort termico? Si raggiunge la sensazione di benessere termico, oppure si ha una sensazione di discomfort termico locale e a cosa è dovuta? Correnti d'aria, differenti temperature dell'aria, asimmetria radiante.**

L'impianto di riscaldamento e condizionamento sono spenti quando lavoro e le temperature sono basse di inverno e caldissime in estate.

- **Quali sono le percezioni che si avvertono in termini di qualità dell'aria? Si avvertono sensazioni di stanchezza, spossatezza fisica, mal di testa, lievi difficoltà respiratorie o si percepisce un'aria maleodorante e viziata?**

Negli uffici le finestre vengono aperte per ventilare gli ambienti e non ci sono particolari problemi.

- **Il comportamento dell'utenza può essere influenzato negativamente dal mal funzionamento dell'edificio? In quali casi?**

Sì, quando fa freddo ti gelano le mani, mentre quando fa caldo si lavora male.

- **In conclusione, quali sono le maggiori criticità da risolvere per una condizione lavorativa ottimale, in particolar modo in termini acustici e termici?**

Cambiare lavoro!

ALLEGATO 2

RISULTATI PHPP DELLO STATO DI FATTO

Passive House Verification

Photo or Drawing

Building: TRIBUNALE DI SAVONA

Street: _____

Postcode/City: Savona

Province/Country: IT-Italy

Building type: _____

Climate data set: IT0008a-Genova

Climate zone: 5: Warm Altitude of location: 5 m

Home owner / Client:

Street: _____

Postcode/City: _____

Province/Country: _____

Mechanical engineer:

Street: _____

Postcode/City: _____

Province/Country: _____

Certification:

Street: _____

Postcode/City: _____

Province/Country: _____

Architecture:

Street: _____

Postcode/City: _____

Province/Country: _____

Energy consultancy: Ing. Roberto Viazzo

Street: Piazza Cesare Battisti 2

Postcode/City: 13010 Caresana

Province/Country: Vercelli

Year of construction: 2018

No. of dwelling units: 1

No. of occupants: 50,0

Interior temperature winter [°C]: 20,0

Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]: 3,5

Specific capacity [Wh/K per m² TFA]: 132

Interior temp. summer [°C]: 25,0

IHG cooling case [W/m²]: 3,5

Mechanical cooling: x

Specific building characteristics with reference to the treated floor area			The PHPP has not been filled completely; it is not valid as verification			
				Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? ²
Space heating	Treated floor area m²	9232,0				
	Heating demand kWh/(m²a)	97	≤	15	-	no
	Heating load W/m²	75	≤	-	10	no
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	135	≤	18	18	no
	Cooling load W/m²	52	≤	-	11	no
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	-	≤	-	-	-
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	25	≤	10	-	no
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	10,0	≤	0,6	-	no
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	262	≤	120	-	no
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	170	≤	-	-	-
	Generation of renewable energy (in relation to projected building kWh/(m²a) footprint area)	0	≥	-	-	-

² Empty field; Data missing; -: No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Passive House Classic? no

CALCOLO TRASMITTANZA CHIUSURE OPACHE

01ud	SOLAIO TIPO 1					
Orientation of building element		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Adjacent to		interior R _{si}	exterior R _{se}			
3-Floor		0,10	0,04			
1-Outdoor air						
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento	1,200					10
Massetto	1,300					75
Solaio	2,300					520
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						60,5
U-value supplement		W/(m ² K)		U-value:		2,314 W/(m ² K)

02ud	SOLAIO TIPO 2					
Orientation of building element		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Adjacent to		interior R _{si}	exterior R _{se}			
3-Floor		0,10	0,04			
1-Outdoor air						
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento	1,200					10
Massetto	1,300					60
Solaio Cem/polist.	0,600					400
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						47,0
U-value supplement		W/(m ² K)		U-value:		1,161 W/(m ² K)

03ud	MURATURA ESTERNA TIPO 1					
Orientation of building element		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Adjacent to		interior R _{si}	exterior R _{se}			
2-Wall		0,13	0,04			
1-Outdoor air						
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Intonaco interno	0,800					10
Mattone forato	0,200					80
intercapedine	0,300					70
Isolante	0,036					20
Mattone forato	0,200					120
Intonaco	0,800					10
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						31,0
U-value supplement		W/(m ² K)		U-value:		0,504 W/(m ² K)

04ud	MURATURA ESTERNA TIPO 2				
Heat transmission resistance [m ² K/W]					
Orientation of building element	2-Wall	interior R _{si}	0,13		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se} :	0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]
Cemento armato	2,300				
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3	
100%					
U-value supplement					U-value: 1,393 W/(m ² K)
					Thickness [mm]
					1260
					Total
					126,0

05ud	MURATURA ESTERNA TIPO 3				
Heat transmission resistance [m ² K/W]					
Orientation of building element	1-Roof	interior R _{si}	0,17		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se} :	0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]
Intonaco	0,800				
Mattone forato	0,200				
Isolante	0,036				
Cemento armato	2,300				
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3	
100%					
U-value supplement					U-value: 0,648 W/(m ² K)
					Thickness [mm]
					10
					80
					30
					200
					Total
					32,0

06ud	TETTO PIANO				
Heat transmission resistance [m ² K/W]					
Orientation of building element	1-Roof	interior R _{si}	0,17		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se} :	0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]
Solaio Cem/polist.	0,600				
Isolante	0,040				
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3	
87%		13,0%			
U-value supplement					U-value: 0,421 W/(m ² K)
					Thickness [mm]
					400
					60
					Total
					46,0

07ud	PARETE STRUTTURA AGGETTANTE					
		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Orientation of building element		2-Wall	interior R _{si}		0,13	
Adjacent to		1-Outdoor air	exterior R _{se} :		0,04	
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Struttura metallica	10,000					200
Pannello sandwich	0,040					40
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						24,0
U-value supplement				U-value:		0,840 W/(m ² K)

08ud	PAVIMENTO STRUTTURA AGGETTANTE					
		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Orientation of building element		3-Floor	interior R _{si}		0,10	
Adjacent to		2-Ground	exterior R _{se} :		0,00	
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento gomma	1,500					5
CIs	2,000					40
Struttura metallica	10,000					60
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						10,5
U-value supplement				U-value:		7,732 W/(m ² K)

09ud	COPERTURA STRUTTURA AGGETTANTE					
		Heat transmission resistance [m ² K/W]				
Orientation of building element		1-Roof	interior R _{si}		0,17	
Adjacent to		1-Outdoor air	exterior R _{se} :		0,04	
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Struttura metallica	10,000					200
Pannello sandwich	0,040					60
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						26,0
U-value supplement				U-value:		0,578 W/(m ² K)

DEFINIZIONI SUPERFICI

Temp-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a]	
							8 Months	12 Months
	Treated floor area	1	9232.00	m²				
A	North windows	2	0.00	m²	North windows			
A	East windows	3	1193.20	m²	East windows	9,887	183755	380755
A	South windows	4	0.00	m²	South windows			
A	West windows	5	2299.32	m²	West windows	7,803	1012547	1888498
A	Horizontal windows	6	0.00	m²	Horizontal windows			
A	Exterior door	7	2.53	m²	Exterior door	0,860		
A	External wall - Ambient	8	2857.08	m²	External wall - Ambient	1,232	2260	15863
B	External wall - Ground	9	0.00	m²	External wall - Ground			
A	Roof/Ceiling - Ambient	10	1570.65	m²	Roof/Ceiling - Ambient	1,231	-2900	11715
B	Floor slab / Basement ceiling	11	2237.02	m²	Floor slab / Basement ceiling	2,051		
		12	0.00	m²				
		13	0.00	m²				
X		14	0.00	m²				
Thermal bridges - Overview						Ψ [W/(mK)]		
A	Thermal bridges Ambient	15	54.19	m	Thermal bridges Ambient	0,044		
P	Perimeter thermal bridges	16	0.00	m	Perimeter thermal bridges			
B	Thermal bridges FS/BC	17	140.26	m	Thermal bridges FS/BC	0,014		
I	Building element towards neighbour	18	0.00	m²	Building element towards neighbour			
Total thermal envelope						10159,80	m²	
Average therm. envelope						3,916		

Area input																
Area no.	Building assembly description	To group No.	Assigned to group	Quantity	x (	a [m]	x	b [m]	+	User determined [m²]	-	User subtraction [m²]	-	Subtraction window areas [m²]	) =	Area [m²]
	Projected building footprint	0	Projected building footprint	1	x (		x		+	2098,00	-		)		=	2098,0
	Treated floor area	1	Treated floor area	1	x (		x		+	9232,00	-		)		=	9232,0
	Exterior door	7	Exterior door	1	x (	1,10	x	2,30	+		-		)		=	2,5
1	Solaio vx interrato	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	1607,00	-		)	0,0	=	1607,0
2	Solaio vx pterra	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	67,00	-		)	0,0	=	67,0
3	Solaio vx pprimo	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	542,00	-		)	0,0	=	542,0
4	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	4,48	x	75,00	+		-		)	36,7	=	299,3
5	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	9,00	x	75,00	+		-		)	493,2	=	181,8
6	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	13,00	x	75,00	+		-		)	663,3	=	311,7
7	Balcone 8vo piano	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	2,00	x	75,00	+		-		)	0,0	=	150,0
8	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	3,40	x	75,00	+		-		)	0,0	=	255,0
9	Murature nord	8	External wall - Ambient	1	x (	36,00	x	8,30	+	500,00	-		)	0,0	=	798,8
10	Murature ovest	8	External wall - Ambient	1	x (	3,23	x	81,48	+		-		)	104,2	=	159,0
11	Murature ovest	8	External wall - Ambient	1	x (	29,41	x	81,48	+		-	22,21	)	2176,1	=	198,0
12	Murature sud	8	External wall - Ambient	1	x (		x		+	500,00	-		)	0,0	=	500,0
13	Murature sud	8	External wall - Ambient	1	x (	17,68	x	8,30	+		-		)	0,0	=	146,7
14	Tetto	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (		x		+	1374,00	-		)	0,0	=	1374,0
15	Parete struttura aggettante	8	External wall - Ambient	1	x (	6,22	x	4,14	+		-		)	19,0	=	6,7
16	Pavimento struttura aggettante	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (	6,22	x	3,38	+		-		)	0,0	=	21,0
17	Tetto struttura aggettante	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	6,22	x	7,50	+		-		)	0,0	=	46,7

Selection building assembly / Building system	U-Value [W/(m²K)]	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Reduction factor shading	Exterior absorptivity	Exterior emissivity
Exterior door	0,86						
01ud-SOLAIO TIPO 1	2,314	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
02ud-SOLAIO TIPO 2	1,161	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
02ud-SOLAIO TIPO 2	1,161	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
03ud-MURATURA ESTERNA TIPO 1	0,512	69	90	East	1,00	0,40	0,90
03ud-MURATURA ESTERNA TIPO 1	0,512	69	90	East	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	1,362	69	90	East	1,00	0,40	0,90
02ud-SOLAIO TIPO 2	1,161	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	1,362	69	90	East	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	1,362	339	90	North	1,00	0,40	0,90
04ud-MURATURA ESTERNA TIPO 2	1,393	249	90	West	1,00	0,40	0,90
04ud-MURATURA ESTERNA TIPO 2	1,393	249	61	West	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	1,362	151	90	South	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	1,362	151	90	South	1,00	0,40	0,90
06ud-TETTO PIANO	1,141	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90
07ud-PARETE STRUTTURA AGGETTANTE	5,263	249	111	West	1,00	0,40	0,90
08ud-PAVIMENTO STRUTTURA AGGETTANTE	7,692	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
09ud-COPERTURA STRUTTURA AGGETTANTE	4,115	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90

DISPERSIONI TERMICHE VERSO IL TERRENO

Building section 1

Ground characteristics			
Thermal conductivity	λ	2,0	W/(mK)
Heat capacity	ρC	2,0	MJ/(m ³ K)
Periodic penetration depth	δ	3,17	m

Climate data			
Avg indoor temp. winter	T_i	20,0	°C
Avg indoor temp. summer	T_i	25,0	°C
Avg ground surface temperature	$T_{g,ave}$	17,6	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{g,\Delta}$	7,5	°C
Phase shifting of $T_{e,m}$	τ	1,5	Months
Length of the heating period	n	3,3	Months
Heating degree hours - exterior	G_e	26,3	kKh/a

Building data				U-value floor slab/basement ceiling			
Area of ground floor slab / basement ceil A		1607,0	m ²	U_f	0,108	W/(m ² K)	
Perimeter length	P	246,0	m	TBs floor slab / basement ceiling	Ψ_{B*1}	8,00	W/K
Charact. dimension of floor slab	B'	13,07	m	U-value floor slab / basement ceiling incl	U_f'	0,113	W/(m ² K)
				Equivalent thickness floor	d_t	17,70	m

Floor slab type (select only one)							
Slab on grade							
Perimeter insulation width/depth	D		m	Orientation of perimeter insulation	horizontal		
Perimeter insulation thickness	d_n		m	(check only one field)	vertical	X	
Conductivity perimeter insulation	λ_n		W/(mK)				
Heated basement or floor slab completely / partially below ground level							
Basement wall height below ground leve Z			m	U-Value wall below ground	U_{WB}		W/(m ² K)
Unheated basement							
Height aboveground wall	h	33,70	m	U-Value wall above ground	U_W	5,000	W/(m ² K)
Basement wall height below ground leve Z		0,05	m	U-Value wall below ground	U_{WB}	5,000	W/(m ² K)
Air change unheated basement	n	0,20	h ⁻¹	U-Value basement floor slab	U_B	5,000	W/(m ² K)
Air volume basement	V	14900	m ³				
Suspended floor above a ventilated crawl space (at max. 0.5 m below ground)							
U-Value crawl space	U_{Crawl}		W/(m ² K)	Area of ventilation openings	ϵP		m ²
Height of crawl space wall	h		m	Wind velocity at 10 m height	v	4,0	m/s
U-Value crawl space wall	U_W		W/(m ² K)	Wind shield factor	f_W	0,05	-

Additional thermal bridge heat losses at perimeter				Steady-state fraction			
Phase shift	β		Months	Harmonic fraction	$\Psi_{P,ham*1}$	0,000	W/K
					$\Psi_{P,stat*1}$		W/K

Groundwater correction				Groundwater correction factor			
Depth of the groundwater table	z_w	3,0	m	G_w	1,248743354	-	
Groundwater flow rate	q_w	0,05	m/d				

Interim results							
Phase shift	β	0,58	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	439,3	W
Steady-state transmittance	L_S	180,80	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	1111,1	W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	178,23	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	3785	kWh
Transmittance building	L_0	181,56	W/K				

Monthly average temperatures in the ground for monthly method (building assembly 1)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,8	24,9	24,0	21,4	17,7	14,1	17,6
Summer	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,9	24,9	24,0	21,4	17,8	14,1	17,6

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet

10,3

For 'Cooling load' worksheet

24,9

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet

0,79

Total result (all building parts)

Phase shift	β	0,58	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	439,3	W
Steady-state transmittance	L_S	180,80	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	1111,1	W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	178,23	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	3785	kWh
Transmittance building	L_0	181,56	W/K	Charact. dimension of floor slab	B'	13,07	m

Monthly Average temperatures in the ground for monthly method (all building assemblies)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,8	24,9	24,0	21,4	17,7	14,1	17,6
Summer	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,9	24,9	24,0	21,4	17,8	14,1	17,6

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet

10,3

For 'Cooling load' worksheet

24,9

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet

0,79

CALCOLO TRASMITTANZA SERRAMENTI E OMBREGGIAMENTI

Window area orientation	Global radiation (main orientations)	Shading	Dirt	Non-vertical radiation incidence	Glazing fraction	g-Value	Solar irradiation reduction factor
Standard values →	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85			
North	49	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
East	107	0,91	0,95	0,85	0,95	0,70	0,70
South	232	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
West	114	1,00	0,95	0,85	0,98	0,87	0,79
Horizontal	172	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
Total or average value for all windows.						0,82	0,76

Heating degree hours [K(h)a]: **26,3** [Go to glazing list](#)

Quantity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Window rough openings		Installed in	Glazing
					Width	Height	Selection from 'Areas' worksheet	Selection from 'Components' worksheet
					m	m	1- Sorting: LIKE LIST	
15	TIPO1 PTERRA	69	90	East	1,200	1,100	4-Murature est	01ud-Vetro doppio
17	TIPO2PPRIMO	69	90	East	0,700	1,000	4-Murature est	01ud-Vetro doppio
17	TIPO3 PPRIMO	69	90	East	0,700	0,420	4-Murature est	01ud-Vetro doppio
6	TIPO4 PSECONDO	69	90	East	3,000	1,000	5-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO5 PTERZO	69	90	East	66,000	2,200	6-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO6 PQUARTO	69	90	East	66,000	2,500	5-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO7 PQUINTO	69	90	East	66,000	2,500	5-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO8 PSESTO	69	90	East	66,000	2,200	5-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO9 PSETTIMO	69	90	East	66,000	3,000	6-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO10 PTERRA	249	90	West	39,170	1,900	10-Murature ovest	01ud-Vetro doppio
24	TIPO11 PPRIMO	249	90	West	1,000	1,240	10-Murature ovest	01ud-Vetro doppio
1	TIPO12 PSECONDO	249	61	West	71,000	2,600	11-Murature ovest	01ud-Vetro doppio
1	TIPO13 PTERZO	249	61	West	65,000	7,700	11-Murature ovest	02ud-Vetro singolo
1	TIPO14 FACCIATA	249	61	West	71,000	21,000	11-Murature ovest	02ud-Vetro singolo
1	TIPO15 PUNTA	69	90	East	66,000	4,850	6-Murature est	01ud-Vetro doppio
1	TIPO16 AGGETTO	249	111	West	3,400	5,600	15-Parete struttura aggettante	01ud-Vetro doppio

Glazing				Glazing		Window frames	
Recommended glazing type to start planning: Double thermally insulated glazing (Please consider the comfort criteria!)				g-Value	U _g -Value	ID	Description
ID	Description						
01ud	Vetro doppio		0,70	2,80	01ud	Serramento doppio vetro	
02ud	Vetro singolo		0,90	5,80	02ud	Serramento singolo	
03ud					03ud		
04ud					04ud		
05ud					05ud		
06ud					06ud		
07ud					07ud		
08ud					08ud		
09ud					09ud		
10ud					10ud		

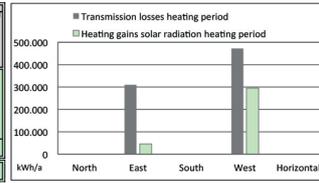
Latitude: **44,4**

Glazing area [m²]	Reduction factor winter r _w	Reduction factor cooling r _{c,1}	Reduction factor cooling load r _{c,2}	Solar load [kWh/(m² _{glazing} a)]
0,00	100%	100%	100%	0
1131,71	91%	85%	83%	336
0,00	100%	100%	100%	0
2258,69	100%	93%	91%	836
0,00	100%	100%	100%	0

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Glazing width	Glazing height	Glazing area	Hor
								Height of the shading object
								h _{hor} [m]
15	TIPO1 PTERRA	69	90	East	1,08	0,98	15,9	
17	TIPO2PPRIMO	69	90	East	0,58	0,88	8,7	
17	TIPO3 PPRIMO	69	90	East	0,58	0,30	3,0	
6	TIPO4 PSECONDO	69	90	East	2,88	0,88	15,2	
1	TIPO5 PTERZO	69	90	East	65,88	2,08	137,0	
1	TIPO6 PQUARTO	69	90	East	65,88	2,38	156,8	
1	TIPO7 PQUINTO	69	90	East	65,88	2,38	156,8	
1	TIPO8 PSESTO	69	90	East	65,88	2,08	137,0	
1	TIPO9 PSETTIMO	69	90	East	65,88	2,88	189,7	
1	TIPO10 PTERRA	249	90	West	39,05	1,78	69,5	
24	TIPO11 PPRIMO	249	90	West	0,88	1,12	23,7	
1	TIPO12 PSECONDO	249	61	West	70,88	2,48	175,8	
1	TIPO13 PTERZO	249	61	West	64,88	7,58	491,8	
1	TIPO14 FACCIATA	249	61	West	70,88	20,88	1480,0	
1	TIPO15 PUNTA	69	90	East	65,88	4,73	311,6	
1	TIPO16 AGGETTO	249	111	West	3,28	5,48	18,0	

Window area	Window U-Value	Glazing area	Average global radiation	
m ²	W/(m ² K)	m ²	kWh/(m ² a)	
0,00	0,00	0,00	49	North
1193,20	9,89	1131,71	78	East
0,00	0,00	0,00	232	South
2299,32	7,80	2258,69	186	West
0,00	0,00	0,00	172	Horizontal
3492,52	8,52	3390,40		

Transmission losses heating period	Heating gains solar radiation heating period
kWh/a	kWh/a
0	0
310225	45579
0	0
471827	294899
0	0
782052	340479



Recommendation for U_{w,installed} [W/(m²K)]



Go to window frames list

Frame	g-Value	U-Value		Ψ Glazing edge	Installation situation				Ψ _{Installation} (Avg.)	Results			
		Perpendicular radiation	Glazing		Frames (avg.)	Ψ _{glazing edge} (Avg.)	left	right		bottom	top	Window Area	Glazing area	U_{w, installed}	Glazed fraction per window
1-Sorting: LIKE LIST													
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	19,8	15,88	30,06	80%
02ud-Serramento singolo	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	11,9	8,68	40,05	73%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	5,0	2,96	58,94	59%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	18,0	15,21	24,15	84%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	145,2	137,03	10,54	94%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	165,0	156,79	9,64	95%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	165,0	156,79	9,64	95%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	145,2	137,03	10,54	94%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	198,0	189,73	8,54	96%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	74,4	69,51	11,88	93%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	29,8	23,65	31,02	79%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	184,6	175,78	9,37	95%
02ud-Serramento singolo	0,90	5,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	500,5	491,79	8,14	98%
02ud-Serramento singolo	0,90	5,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	1491,0	1479,97	6,79	99%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	320,1	311,61	6,45	97%
01ud-Serramento doppio vetro	0,70	2,80	7,00	4,000	1	1	1	1	4,000	19,0	17,97	10,50	94%

Window frames																	
U-Value				Frame width				Glazing edge thermal bridge				Installation thermal bridge				Curtain wall facade	
left	right	bottom	above	left	right	bottom	above	Ψ _{glazing edge left}	Ψ _{glazing edge right}	Ψ _{glazing edge bottom}	Ψ _{glazing edge top}	Ψ _{Installation left}	Ψ _{Installation right}	Ψ _{Installation bottom}	Ψ _{Installation top}	X _{loc. Yellow Glass carrier}	
7,00	7,00	7,00	7,00	0,060	0,060	0,060	0,060	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
7,00	7,00	7,00	7,00	0,060	0,060	0,060	0,060	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	

Lateral reveal		Reveal / Overhang		Additional reduction factor winter shading	Additional reduction factor summer shading	Reduction factor z for temporary sun protection
Window reveal depth	Distance from glazing edge to reveal	Overhang depth	Distance from upper glazing edge to overhang			
o _{Reveal} [m]	d _{Reveal} [m]	o _{Over} [m]	d _{Over} [m]	r _{other,w} [%]	r _{other,s} [%]	z [%]
0,06	0,060	1,00	0,50			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	3,00	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	17,00			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%
0,06	0,060	0,07	0,06			90%

CARICO TERMICO

Interior temperature: °C
 Building type:
 Treated floor area A_{TFA} : m²

Design temperature	Radiation:	North	East	South	West	Horizontal
Weather 1: <input type="text" value="5,0"/> °C		<input type="text" value="19"/>	<input type="text" value="41"/>	<input type="text" value="165"/>	<input type="text" value="71"/>	<input type="text" value="77"/> W/m ²
Weather 2: <input type="text" value="13,8"/> °C		<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="11"/> W/m ²
Ground design temp.: <input type="text" value="10,3"/> °C						

Building assembly	Temperature zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Factor always 1 (except "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	PT 1 W	PT 2 W
External wall - Ambient	A	2857,1	0,717	1,00	15,0	6,2	30808	12770
External wall - Ground	B			1,00	9,7	9,7		
Roof/Ceiling - Ambient	A	1570,7	0,496	1,00	15,0	6,2	11712	4855
Floor slab / Basement ceiling	B	2237,0	2,051	1,00	9,7	9,7	44656	44656
	A			1,00	15,0	6,2		
	A			1,00	15,0	6,2		
	X			0,75	15,0	6,2		
Windows	A	3492,5	8,515	1,00	15,0	6,2	446986	185278
Exterior door	A	2,5	0,860	1,00	15,0	6,2	33	14
Exterior TB (length/m)	A	54,2	0,044	1,00	15,0	6,2	36	15
Perimeter TB (length/m)	P			1,00	9,7	9,7		
Ground TB (length/m)	B	140,3	0,014	1,00	9,7	9,7	19	19
Building element towards neighbour	I			1,00	3,0	3,0		

Transmission heat load P_T
 Total = or

Ventilation system:	Effective air volume, V_v m ³	Clear room height m	A_{TFA} m ²	Heat recovery efficiency of the heat exchanger η_{HR}	Heat recovery efficiency SHX	Heat recovery efficiency SHX	$\eta_{SHX,1}$	$\eta_{SHX,2}$
	<input type="text" value="9232,0"/>	<input type="text" value="2,50"/>	<input type="text" value="9232,0"/>	<input type="text" value="84%"/>	<input type="text" value="0%"/>	<input type="text" value="0%"/>	<input type="text" value="0%"/>	<input type="text" value="0%"/>
Energetically effective air changes n_v	<input type="text" value="3,207"/>	<input type="text" value="0,300"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="3,255"/>	<input type="text" value="3,255"/>

Ventilation heat load P_V	V_v m ³	n_v 1/h	n_v 1/h	$c_{p,air}$ Wh/(m ³ K)	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	$P_{V,1}$ W	$P_{V,2}$ W
	23080,0	3,255	3,255	0,33	15,0	6,2	372604	154446

Total heating load P_L
 $P_T + P_V =$ or

Orientation of the area	Area m ²	g-Value (perp. radiation)	Reduction factor (see 'Windows' worksheet)	Radiation 1 W/m ²	Radiation 2 W/m ²	$P_{T,1}$ W	$P_{T,2}$ W
North	0,0	0,0	0,40	19	5	0	0
East	1193,2	0,7	0,70	20	5	11944	2919
South	0,0	0,0	0,40	165	5	0	0
West	2299,3	0,9	0,79	111	7	175819	11904
Horizontal	0,0	0,0	0,40	77	11	0	0

Solar heating power P_S
 Total = or

Internal heating load P_I	Spec. power W/m ²	A_{TFA} m ²	$P_{I,1}$ W	$P_{I,2}$ W
	<input type="text" value="3,0"/>	<input type="text" value="9232"/>	<input type="text" value="27696"/>	<input type="text" value="27696"/>

Heating power (gains) P_G
 $P_T + P_I =$ or

$P_L - P_G =$ or

Heating load P_H = W

Area specific space heating load P_H / A_{TFA} = W/m²

Input max. supply air temperature °C
 Max. supply air temperature $\theta_{Supply,Max}$ °C
 Supply air temperature without heating $\theta_{Supply,Min}$ °C or °C

For comparison: heating load transportable by the supply Air $P_{Supply,Max}$ = W specific: W/m²

Supply air heating: Sufficient?

CARICO FRIGORIFERO

Building type:					Treated floor area A_{TFA} :	9232,0	m ²	Spec. capacity:	132	
					Building volume:	23080	m ³	Nominal humidity:	12,0	
					Interior temperature:	25	°C	Internal humidity sources:	0,5	
Temperature:	Outdoor air	Dew point	Sky		Radiation:	North	East	South	West	Horizontal
Weather 1:	27,5 °C	23,4 °C	22,6 °C			47	121	134	121	204 W/m ²
Weather 2:	27,5 °C	23,4 °C	23,4 °C			47	121	134	121	204 W/m ²
Ground design temp.	24,9 °C	SHX		17,6 °C						

Building assembly	Temperature zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Factor always 1 (except "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P _T 1 W	P _T 2 W	
External wall - Ambient	A	2857,1	0,717	1,00	2,5	2,5	5063	5063	
External wall - Ground	B			1,00	-0,1	-0,1			
Roof/Ceiling - Ambient	A	1570,7	0,496	1,00	2,5	2,5	1925	1925	
Floor slab / Basement ceiling	B	2237,0	2,051	1,00	-0,1	-0,1	-399	-399	
	A			1,00	2,5	2,5			
	A			1,00	2,5	2,5			
	X			0,75	2,5	2,5			
Windows	A	3492,5	8,515	1,00	2,5	2,5	73457	73457	
Exterior door	A	2,5	0,860	1,00	2,5	2,5	5	5	
Exterior TB (length/m)	A	54,2	0,044	1,00	2,5	2,5	6	6	
Perimeter TB (length/m)	P			1,00	-0,1	-0,1			
Ground TB (length/m)	B	140,3	0,014	1,00	-0,1	-0,1	0	0	
Building element towards neighbour	I			1,00	3,0	3,0			
Radiation correction outdoor air			L_{ambent} W/K	-451,7	2,5	2,5	-1116	-1116	
Radiation correction sky			L_{sky} W/K	428,0	-2,4	-1,6	-1039	-885	
Transmission heat load P_T							Total	77902	78256

	V _V m ³	n _{V,equifraction} 1/h	n _{V,equifraction} 1/h	C _{air} Wh/(m ³ K)	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P _V 1 W	P _V 2 W	
Exterior P _{V,ext}	23080	1,691	1,691	0,33	2,5	2,5	31810	31810	
Ground P _{V,gr}	23080	0,000	0,000	0,33	-7,4	-7,4	0	0	
Summer ventilation P _{V,S}	23080	0,000	0,000	0,33	0,0	0,0	0	0	
Ventilation heat load P_V							Total	31810	31810

Orientation of the area	Area m ²	g-Value (perp. radiation)	Reduction factor (see 'Windows' worksheet)	Radiation 1 W/m ²	Radiation 2 W/m ²	P _S 1 W	P _S 2 W		
North	0,0	0,0	0,40	47	47	0	0		
East	1193,2	0,7	0,68	101	101	57249	57249		
South	0,0	0,0	0,40	134	134	0	0		
West	2299,3	0,9	0,76	179	179	275084	275084		
Horizontal	0,0	0,0	0,40	204	204	0	0		
Sum opaque areas						7844	7844		
Solar load P_S							Total	340177	340177

	Spec. power W/m ²	A _{TFA} m ²	P _I 1 W	P _I 2 W
Internal heating load P _I	3,5	9232	32312	32312

Cooling load P_C		$P_T + P_V + P_S + P_I$	=	482200	or	482554	
Area specific cooling load P_C / A_{TFA}			=	52,3	W/m ²		
Please enter the minimum supply air temperature.		7 °C	Supply air temperature without cooling	25,4 °C			
For comparison: cooling load, transportable through the supply air P_{Supply,Max}			=	42035	W/m ²	42035	
			specific:	4,6	W/m ²	4,6	
		Air conditioning over the supply air possible?		No			
Daily internal temperature stroke		Transmission W	Ventilation W	Solar load W	Time hd	Spec. capacity Wh/(m ³ K)	A _{TFA} m ²
		(78255,7 + 31809,7 + 340176,7) *			24	/ (132 * 9232) =	8,9 K

RISULTATI PHPP DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

Passive House Verification

Photo or Drawing

Building: TRIBUNALE DI SAVONA
 Street:
 Postcode/City: Savona
 Province/Country: IT-Italy
 Building type:
 Climate data set: IT0008a-Genova
 Climate zone: 5: Warm Altitude of location: 5 m

Home owner / Client:
 Street:
 Postcode/City:
 Province/Country:

Mechanical engineer:
 Street:
 Postcode/City:
 Province/Country:

Certification:
 Street:
 Postcode/City:
 Province/Country:

Architecture:
 Street:
 Postcode/City:
 Province/Country:

Energy consultancy: Ing. Roberto Viazzo
 Street: Piazza Cesare Battisti 2
 Postcode/City: 13010 Caresana
 Province/Country: Vercelli

Year of construction: 2018
 No. of dwelling units: 1
 No. of occupants: 50,0

Interior temperature winter [°C]: 20,0 Interior temp. summer [°C]: 25,0
 Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]: 3,5 IHG cooling case [W/m²]: 3,5
 Specific capacity [Wh/K per m² TFA]: 132 Mechanical cooling: x

Specific building characteristics with reference to the treated floor area				Alternative criteria		Fullfilled? ²
				Criteria	Alternative criteria	
Space heating	Treated floor area m²	9232,0		15	-	yes
	Heating demand kWh/(m²a)	0	≤	-	-	
Space cooling	Heating load W/m²	-	≤	-	-	no
	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	39	≤	18	18	
	Cooling load W/m²	9	≤	-	11	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	-	≤	-	-	
Airtightness	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	≤	10	-	yes
	Pressurization test result n ₅₀ 1/h	1,0	≤	0,6	-	no
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	64	≤	120	-	yes
	PER demand kWh/(m²a)	32	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	Generation of renewable energy (in relation to projected building kWh/(m²a) footprint area)	0	≥	-	-	

² Empty field: Data missing; "-": No requirement

CALCOLO TRASMITTANZA CHIUSURE OPACHE

01ud	SOLAIO TIPO 1					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	3-Floor	interior R _{si}		0,10		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento	1,200					10
Massetto	1,300					50
Isolante sughero	0,039					160
Solaio	2,300					520
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						74,0 cm
U-value supplement		W/(m ² K)	U-value:		0,221	W/(m ² K)

02ud	SOLAIO TIPO 2					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	3-Floor	interior R _{si}		0,10		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento	1,200					10
Massetto	1,300					60
Solaio Cem/polist.	0,600					400
Isolante sughero	0,039					160
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						63,0 cm
U-value supplement		W/(m ² K)	U-value:		0,201	W/(m ² K)

03ud	MURATURA ESTERNA TIPO 1					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	2-Wall	interior R _{si}		0,13		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Intonaco interno	0,800					10
Blocco Ytong CG	0,072					400
Intonaco	0,800					25
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						43,5 cm
U-value supplement		W/(m ² K)	U-value:		0,173	W/(m ² K)

04ud	MURATURA ESTERNA TIPO 2					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	2-Wall	interior R _{si}		0,13		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Cemento armato	2,300					1260
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						126,0
U-value supplement				U-value:		1,393 W/(m ² K)

05ud	MURATURA ESTERNA TIPO 3					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	1-Roof	interior R _{si}		0,17		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Intonaco	0,800					10
Mattone forato	0,200					80
Isolante	0,036					30
Cemento armato	2,300					200
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						32,0
U-value supplement				U-value:		0,648 W/(m ² K)

Orientation of building element		1-Roof	interior R _{si}		0,17	
Adjacent to		1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04	
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Solaio Cem/polist.	0,600					400
Isolante	0,040					60
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
87%		13,0%				46,0
U-value supplement				U-value:		0,421 W/(m ² K)

07ud	PARETE STRUTTURA AGGETTANTE					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	2-Wall	interior R _{si}		0,13		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	∞[W/(mK)]	Area section 2 (optional)	∞[W/(mK)]	Area section 3 (optional)	∞[W/(mK)]	Thickness [mm]
Struttura metallica	10,000					200
Pannello sandwich	0,040					40
Pannello OSB	0,120					30
Isolante sughero	0,039					16
Intonaco	0,800					25
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						31,1 cm
U-value supplement			W/(m ² K)			U-value: 0,531 W/(m ² K)

08ud	SOLAIO STRUTTURA AGGETTANTE					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	3-Floor	interior R _{si}		0,10		
Adjacent to	2-Ground	exterior R _{se}		0,00		
Area section 1	∞[W/(mK)]	Area section 2 (optional)	∞[W/(mK)]	Area section 3 (optional)	∞[W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavimento in gomma	1,500					5
CLS	2,000					100
Struttura metallica	10,000					300
OSB	0,120					30
Isolante sughero	0,039					160
Intonaco	0,800					25
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						62,0 cm
U-value supplement			W/(m ² K)			U-value: 0,219 W/(m ² K)

09ud	COPERTURA STRUTTURA AGGETTANTE					
Heat transmission resistance [m ² K/W]						
Orientation of building element	1-Roof	interior R _{si}		0,17		
Adjacent to	1-Outdoor air	exterior R _{se}		0,04		
Area section 1	∞[W/(mK)]	Area section 2 (optional)	∞[W/(mK)]	Area section 3 (optional)	∞[W/(mK)]	Thickness [mm]
Struttura metallica	10,000					200
OSB	0,120					30
Isolante sughero	0,039					160
Intonaco	0,800					25
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						41,5 cm
U-value supplement			W/(m ² K)			U-value: 0,217 W/(m ² K)

DEFINIZIONI SUPERFICI

Temp.-zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Building assembly overview	Average U-value [W/(m²K)]	Radiation-gains heating season [kWh/a]		
							0 Months	12 Months	
	Treated floor area	1	9232,00	m²					
A	North windows	2	0,00	m²	North windows				
A	East windows	3	1193,20	m²	East windows	0,661	0	96916	
A	South windows	4	0,00	m²	South windows				
A	West windows	5	2299,32	m²	West windows	0,575	0	361279	
A	Horizontal windows	6	0,00	m²	Horizontal windows				
A	Exterior door	7	2,53	m²	Exterior door	0,860			
A	External wall - Ambient	8	2857,08	m²	External wall - Ambient	0,200		2006	
B	External wall - Ground	9	0,00	m²	External wall - Ground				
A	Roof/Ceiling - Ambient	10	1570,65	m²	Roof/Ceiling - Ambient	0,202		1625	
B	Floor slab / Basement ceiling	11	2237,02	m²	Floor slab / Basement ceiling	0,216			
		12	0,00	m²					
		13	0,00	m²					
X		14	0,00	m²					
Thermal bridges - Overview						Ψ [W/(mK)]			
A	Thermal bridges Ambient	15	54,19	m	Thermal bridges Ambient	0,044			
P	Perimeter thermal bridges	16	0,00	m	Perimeter thermal bridges				
B	Thermal bridges FS/BC	17	140,26	m	Thermal bridges FS/BC	0,014			
I	Building element towards neighbour	18	0,00	m²	Building element towards neighbour				
Total thermal envelope									
						10159,80	m²	Average therm. envelope	0,343

Area input																
Area no.	Building assembly description	To group No.	Assigned to group	Quantity	x (	a [m]	x	b [m]	+	User determined [m²]	-	User subtraction [m²]	-	Subtraction window areas [m²]	) =	Area [m²]
	Projected building footprint	0	Projected building footprint	1	x (		x		+	2098,00	-		)		=	2098,0
	Treated floor area	1	Treated floor area	1	x (		x		+	9232,00	-		)		=	9232,0
	Exterior door	7	Exterior door	1	x (	1,10	x	2,30	+		-		)		=	2,5
1	Solaio vx interrato	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	1607,00	-		)	0,0	=	1607,0
2	Solaio vx pterra	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	67,00	-		)	0,0	=	67,0
3	Solaio vx pprimo	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (		x		+	542,00	-		)	0,0	=	542,0
4	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	4,48	x	75,00	+		-		)	36,7	=	299,3
5	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	9,00	x	75,00	+		-		)	493,2	=	181,8
6	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	13,00	x	75,00	+		-		)	663,3	=	311,7
7	Balcone Bvo piano	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	2,00	x	75,00	+		-		)	0,0	=	150,0
8	Murature est	8	External wall - Ambient	1	x (	3,40	x	75,00	+		-		)	0,0	=	255,0
9	Murature nord	8	External wall - Ambient	1	x (	36,00	x	8,30	+	500,00	-		)	0,0	=	798,8
10	Murature ovest	8	External wall - Ambient	1	x (	3,23	x	81,48	+		-		)	104,2	=	159,0
11	Murature ovest	8	External wall - Ambient	1	x (	29,41	x	81,48	+		-	22,21	)	2176,1	=	198,0
12	Murature sud	8	External wall - Ambient	1	x (		x		+	500,00	-		)	0,0	=	500,0
13	Murature sud	8	External wall - Ambient	1	x (	17,68	x	8,30	+		-		)	0,0	=	146,7
14	Tetto	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (		x		+	1374,00	-		)	0,0	=	1374,0
15	Parete struttura aggettante	8	External wall - Ambient	1	x (	6,22	x	4,14	+		-		)	19,0	=	6,7
16	Pavimento struttura aggettante	11	Floor slab / Basement ceiling	1	x (	6,22	x	3,38	+		-		)	0,0	=	21,0
17	Tetto struttura aggettante	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x (	6,22	x	7,50	+		-		)	0,0	=	46,7

Selection building assembly / Building system	U-Value [W/(m²K)]	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Reduction factor shading	Exterior absorptivity	Exterior emissivity
Exterior door	0,86						
01ud-SOLAIO TIPO 1	0,221	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
02ud-SOLAIO TIPO 2	0,201	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
03ud-SOLAIO TIPO 2	0,201	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
03ud-MURATURA ESTERNA TIPO 1	0,164	69	90	East	1,00	0,40	0,90
03ud-MURATURA ESTERNA TIPO 1	0,164	69	90	East	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	0,207	69	90	East	1,00	0,40	0,90
02ud-SOLAIO TIPO 2	0,201	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	0,207	69	90	East	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	0,207	339	90	North	1,00	0,40	0,90
04ud-MURATURA ESTERNA TIPO 2	0,207	249	90	West	1,00	0,40	0,90
04ud-MURATURA ESTERNA TIPO 2	0,207	249	61	West	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	0,207	151	90	South	1,00	0,40	0,90
05ud-MURATURA ESTERNA TIPO 3	0,207	151	90	South	1,00	0,40	0,90
06ud-TETTO PIANO	0,201	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90
07ud-PARETE STRUTTURA AGGETTANTE	0,233	249	111	West	1,00	0,40	0,90
08ud-PAVIMENTO STRUTTURA AGGETTANTE	0,236	0	180	Hor	1,00	0,40	0,90
09ud-COPERTURA STRUTTURA AGGETTANTE	0,230	0	0	Hor	1,00	0,40	0,90

DISPERSIONI TERMICHE VERSO IL TERRENO

Building section 1

Ground characteristics			
Thermal conductivity	λ	2,0	W/(mK)
Heat capacity	ρc	2,0	MJ/(m ³ K)
Periodic penetration depth	δ	3,17	m

Climate data			
Avg indoor temp. winter	T_i	20,0	°C
Avg indoor temp. summer	T_i	25,0	°C
Avg ground surface temperature	$T_{g,ave}$	17,6	°C
Amplitude of $T_{g,ave}$	$T_{q,\Delta}$	7,5	°C
Phase shifting of $T_{e,m}$	τ	1,5	Months
Length of the heating period	n	3,3	Months
Heating degree hours - exterior	G_e	26,3	kKh/a

Building data			
Area of ground floor slab / basement ceil A		1607,0	m ²
Perimeter length	P	246,0	m
Charact. dimension of floor slab	B'	13,07	m
U-value floor slab/basement ceiling	U_f	0,108	W/(m ² K)
TBs floor slab / basement ceiling	$\Psi_B^* I$	8,00	W/K
U-value floor slab / basement ceiling incl U_f'		0,113	W/(m ² K)
Equivalent thickness floor	d_f	17,70	m

Floor slab type (select only one)

Slab on grade			
Perimeter insulation width/depth	D		m
Perimeter insulation thickness	d_n		m
Conductivity perimeter insulation	λ_n		W/(mK)
Orientation of perimeter insulation		horizontal	
(check only one field)		vertical	x
Heated basement or floor slab completely / partially below ground level			
Basement wall height below ground level z			m
U-Value wall below ground	U_{WB}		W/(m ² K)
Unheated basement			
Height aboveground wall	h	33,70	m
Basement wall height below ground level z		0,05	m
Air change unheated basement	n	0,20	h ⁻¹
Air volume basement	V	14900	m ³
U-Value wall above ground	U_{WV}	5,000	W/(m ² K)
U-Value wall below ground	U_{WB}	5,000	W/(m ² K)
U-Value basement floor slab	U_{fB}	5,000	W/(m ² K)
Suspended floor above a ventilated crawl space (at max. 0.5 m below ground)			
U-Value crawl space	U_{Crawl}		W/(m ² K)
Area of ventilation openings	ϵP		m ²
Height of crawl space wall	h		m
Wind velocity at 10 m height	v	4,0	m/s
U-Value crawl space wall	U_{WV}		W/(m ² K)
Wind shield factor	f_{WV}	0,05	-

Additional thermal bridge heat losses at perimeter			
Phase shift	β		Months
Steady-state fraction	$\Psi_{P,stat}^* I$		W/K
Harmonic fraction	$\Psi_{P,harm}^* I$	0,000	W/K

Groundwater correction			
Depth of the groundwater table	z_w	3,0	m
Groundwater flow rate	q_w	0,05	m/d
Groundwater correction factor	G_w	1,248743354	-

Interim results			
Phase shift	β	0,58	Months
Steady-state transmittance	L_S	180,80	W/K
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	178,23	W/K
Transmittance building	L_0	181,56	W/K
Steady-state heat flow	Φ_{stat}	439,3	W
Periodic heat flow	Φ_{harm}	1111,1	W
Heat losses during heating period	Q_{tot}	3785	kWh

Monthly average temperatures in the ground for monthly method (building assembly 1)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,8	24,9	24,0	21,4	17,7	14,1	17,6
Summer	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,9	24,9	24,0	21,4	17,8	14,1	17,6

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet

10,3

For 'Cooling load' worksheet

24,9

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet

0,79

Total result (all building parts)

Phase shift	β	0,58	Months	Steady-state heat flow	Φ_{stat}	439,3	W
Steady-state transmittance	L_S	180,80	W/K	Periodic heat flow	Φ_{harm}	1111,1	W
Exterior periodic transmittance	L_{pe}	178,23	W/K	Heat losses during heating period	Q_{tot}	3785	kWh
Transmittance building	L_0	181,56	W/K	Charact. dimension of floor slab	B'	13,07	m

Monthly Average temperatures in the ground for monthly method (all building assemblies)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg. value
Winter	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,8	24,9	24,0	21,4	17,7	14,1	17,6
Summer	11,3	10,3	11,2	13,8	17,4	21,1	23,9	24,9	24,0	21,4	17,8	14,1	17,6

Design ground temperature for 'Heating load' worksheet

10,3

For 'Cooling load' worksheet

24,9

Reduction factor for 'Annual heating' worksheet

0,79

CALCOLO TRASMITTANZA SERRAMENTI E OMBREGGIAMENTI

Window area orientation	Global radiation (main orientations)	Shading	Dirt	Non-vertical radiation incidence	Glazing fraction	g-Value	Solar irradiation reduction factor
Standard values →	kWh/(m ² a)	0,75	0,95	0,85			
North	49	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
East	107	0,91	0,95	0,85	0,92	0,50	0,68
South	232	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
West	114	1,00	0,95	0,85	0,97	0,50	0,78
Horizontal	172	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00
Total or average value for all windows.						0,50	0,75

Heating degree hours [KKh/a]: **26,3** [Go to glazing list](#)

Quantity	Description	Deviation from north	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Window rough openings		Installed in	Glazing
					Width	Height	Selection from 'Areas' worksheet	Section from 'Components' worksheet
					m	m	1-Sorting: LIKE LIST	
15	TIPO1 PTERRA	69	90	East	1,200	1,100	4-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
17	TIPO2PPRIMO	69	90	East	0,700	1,000	4-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
17	TIPO3 PPRIMO	69	90	East	0,700	0,420	4-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
6	TIPO4 PSECONDO	69	90	East	3,000	1,000	5-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO5 PTERZO	69	90	East	66,000	2,200	6-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO6 PQUARTO	69	90	East	66,000	2,500	5-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO7 PQUINTO	69	90	East	66,000	2,500	5-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO8 PSESTO	69	90	East	66,000	2,200	5-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO9 PSETTIMO	69	90	East	66,000	3,000	6-Murature est	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO10 PTERRA	249	90	West	39,170	1,900	10-Murature ovest	01ud-TRIPLO VETRO
24	TIPO11 PPRIMO	249	90	West	1,000	1,240	10-Murature ovest	01ud-TRIPLO VETRO
1	TIPO12 PSECONDO	249	61	West	71,000	2,600	11-Murature ovest	01uc-TRIPLO VETRO
1	TIPO13 PTERZO	249	61	West	65,000	7,700	11-Murature ovest	01uc-TRIPLO VETRO
1	TIPO14 FACCIATA	249	61	West	71,000	21,000	11-Murature ovest	01uc-TRIPLO VETRO
1	TIPO15 PUNTA	69	90	East	66,000	4,850	6-Murature est	01uc-TRIPLO VETRO
1	TIPO16 AGGETTO	249	111	West	3,400	5,600	15-Parete struttura aggettante	01uc-TRIPLO VETRO

Glazing				Glazing		Window frames	
Recommended glazing type to start planning: Double thermally insulated glazing (Please consider the comfort criterion!)				g-Value	U _g -Value	ID	Description
ID	Description						
01ud	TRIPLO VETRO		6,50	0,53	01ud	OPTWIN PURISTA - facciata continua	
02ud					02ud		
03ud					03ud		
04ud					04ud		
05ud					05ud		
06ud					06ud		
07ud					07ud		
08ud					08ud		
09ud					09ud		
10ud					10ud		

Latitude: **44,4** °

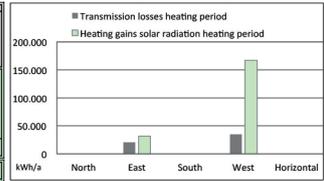
Orientation	Glazing area [m ²]	Reduction factor winter r _w	Reduction factor cooling r _{c,1}	Reduction factor cooling r _{c,2}	Solar load [kWh/(m ² Glazinga)]
North	0,00	100%	100%	100%	0
East	1099,64	91%	31%	14%	88
South	0,00	100%	100%	100%	0
West	2237,35	100%	31%	12%	161
Horizontal	0,00	100%	100%	100%	0

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of inclination from the horizontal	Orientation	Glazing width	Glazing height	Glazing area	Hor
								Height of the shading object
								h _{hor} [m]
		[Degree]	[Degree]		w _G [m]	h _G [m]	A _G [m ²]	
15	TIPO1 PTERRA	69	90	East	1,02	0,92	14,0	
17	TIPO2PPRIMO	69	90	East	0,52	0,82	7,2	
17	TIPO3 PPRIMO	69	90	East	0,52	0,24	2,1	
6	TIPO4 PSECONDO	69	90	East	2,82	0,82	13,8	
1	TIPO5 PTERZO	69	90	East	65,82	2,02	132,7	
1	TIPO6 PQUARTO	69	90	East	65,82	2,32	152,4	
1	TIPO7 PQUINTO	69	90	East	65,82	2,32	152,4	
1	TIPO8 PSESTO	69	90	East	65,82	2,02	132,7	
1	TIPO9 PSETTIMO	69	90	East	65,82	2,82	185,3	
1	TIPO10 PTERRA	249	90	West	38,99	1,72	66,9	
24	TIPO11 PPRIMO	249	90	West	0,82	1,06	20,7	
1	TIPO12 PSECONDO	249	61	West	70,82	2,42	171,1	
1	TIPO13 PTERZO	249	61	West	64,82	7,52	487,2	
1	TIPO14 FACCIATA	249	61	West	70,82	20,82	1474,1	
1	TIPO15 PUNTA	69	90	East	65,82	4,67	307,1	
1	TIPO16 AGGETTO	249	111	West	3,22	5,42	17,4	

Window area	Window U-Value	Glazing area	Average global radiation
m ²	W/(m ² K)	m ²	kWh/(m ² a)
0,00	0,00	0,00	49
1193,20	0,66	1099,64	78
0,00	0,00	0,00	232
2299,32	0,57	2237,35	186
0,00	0,00	0,00	172
3492,52	0,60	3336,99	

North
East
South
West
Horizontal

Transmission losses heating period	Heating gains solar radiation heating period
kWh/a	kWh/a
0	0
20729	31589
0	0
34740	167034
0	0
55469	198623



Recommendation for U_{w,installed} [W/(m²K)]

1,25 1,30 1,40 -

Go to window frames list

Frame	g-Value	U-Value		Ψ Glazing edge	Installation situation					$\Psi_{\text{installation (Avg.)}}$	Results			
		Perpendicular radiation	Glazing		Frames (avg.)	left	right	bottom	top		Window Area	Glazing area	U _{w, installed}	Glazed fraction per window
Selection from 'Components' worksheet	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/D					W/(mK)	m ²	m ²	W/(m ² K)	%
1-Sorting: LIKE LIST	-	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(mK)	W/(mK) or 1/D					W/(mK)	m ²	m ²	W/(m ² K)	%
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,81	0,023	1	1	1	1	0,100	19,8	13,96	1,03	71%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,80	0,023	1	1	1	1	0,100	11,9	7,16	1,21	60%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,83	0,023	1	1	1	1	0,100	5,0	2,07	1,58	41%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,83	0,023	1	1	1	1	0,100	18,0	13,79	0,92	77%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	145,2	132,69	0,67	91%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	165,0	152,43	0,66	92%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	165,0	152,43	0,66	92%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	145,2	132,69	0,67	91%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	198,0	185,34	0,64	94%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	74,4	66,90	0,70	90%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,80	0,023	1	1	1	1	0,100	29,8	20,68	1,04	69%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,85	0,023	1	1	1	1	0,100	184,6	171,09	0,65	93%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,84	0,023	1	1	1	1	0,100	500,5	487,16	0,57	97%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,83	0,023	1	1	1	1	0,100	1491,0	1474,11	0,55	99%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,84	0,023	1	1	1	1	0,100	320,1	307,10	0,60	96%	
01ud-OPTIWIN PURISTA	0,50	0,53	0,79	0,023	1	1	1	1	0,100	19,0	17,42	0,67	91%	

Window frames																
U-Value				Frame width				Glazing edge thermal bridge				Installation thermal bridge				Curtain wall facades: X _{acc} -value Glass carrier
left	right	bottom	above	left	right	bottom	above	$\Psi_{\text{glazing edge left}}$	$\Psi_{\text{glazing edge right}}$	$\Psi_{\text{glazing edge bottom}}$	$\Psi_{\text{glazing edge top}}$	$\Psi_{\text{installation left}}$	$\Psi_{\text{installation right}}$	$\Psi_{\text{installation bottom}}$	$\Psi_{\text{installation top}}$	
W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)
0,76	0,76	0,54	0,76	0,092	0,092	0,092	0,092	0,023	0,023	0,023	0,023	0,100	0,100	0,100	0,100	

Horizontal distance	Lateral reveal		Reveal / Overhang				
	Window reveal depth	Distance from glazing edge to reveal	Overhang depth	Distance from upper glazing edge to overhang	Additional reduction factor winter shading	Additional reduction factor summer shading	Reduction factor z for temporary sun protection
d _{hor} [m]	o _{reveal} [m]	d _{reveal} [m]	o _{over} [m]	d _{over} [m]	f _{other,w} [%]	f _{other,s} [%]	z [%]
	0,06	0,060	1,00	0,50			0%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	0,06			6%
	0,06	0,060	3,00	0,06			6%
	0,06	0,060	0,07	17,00			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%
	0,06	0,060	0,07	0,06			2%

CARICO TERMICO

Indoor temperature: °C
 Building type:
 Treated floor area A_{TFA} : m²

Design temperature	Radiation:	North	East	South	West	Horizontal
Weather 1: <input type="text" value="5,0"/> °C		<input type="text" value="19"/>	<input type="text" value="41"/>	<input type="text" value="165"/>	<input type="text" value="71"/>	<input type="text" value="77"/> W/m ²
Weather 2: <input type="text" value="13,8"/> °C		<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="11"/> W/m ²
Ground design temp. <input type="text" value="10,3"/> °C						

Building assembly	Temperature zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Factor always 1 (except "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	PT 1 W	PT 2 W
External wall - Ambient	A	2857,1	0,200	1,00	15,0	6,2	8576	3555
External wall - Ground	B			1,00	9,7	9,7		
Roof/Ceiling - Ambient	A	1570,7	0,202	1,00	15,0	6,2	4763	1974
Floor slab / Basement ceiling	B	2237,0	0,216	1,00	9,7	9,7	4706	4706
	A			1,00	15,0	6,2		
	X			0,75	15,0	6,2		
Windows	A	3492,5	0,604	1,00	15,0	6,2	31704	13141
Exterior door	A	2,5	0,860	1,00	15,0	6,2	33	14
Exterior TB (length/m)	A	54,2	0,044	1,00	15,0	6,2	36	15
Perimeter TB (length/m)	P			1,00	9,7	9,7		
Ground TB (length/m)	B	140,3	0,014	1,00	9,7	9,7	19	19
Building element towards neighbour	I			1,00	3,0	3,0		

Transmission heat load P_T
 Total = or

Ventilation system:	Effective air volume, V_v m ³	Clear room height m	A_{TFA} m ²	Heat recovery efficiency of the heat exchanger η_{HR}	Heat recovery efficiency SHX	Heat recovery efficiency SHX	$n_{v,Res}$ (Heating Load) 1/h	$n_{v,system}$ 1/h	Φ_{RP}	Φ_{RP}	P_{V1} W	P_{V2} W
	<input type="text" value="9232,0"/>	<input type="text" value="2,5"/>	<input type="text" value="9232,0"/>	<input type="text" value="84%"/>	<input type="text" value="0%"/>	<input type="text" value="0%"/>	<input type="text" value="0,321"/>	<input type="text" value="0,300"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="0,84"/>	<input type="text" value="42226"/>	<input type="text" value="17503"/>
Energetically effective air changes n_v	<input type="text" value="0,369"/>	<input type="text" value="0,369"/>	<input type="text" value="0,33"/>	<input type="text" value="15,0"/>	<input type="text" value="6,2"/>	<input type="text" value="42226"/>	<input type="text" value="17503"/>					

Total heating load P_L
 $P_T + P_V =$ or

Orientation of the area	Area m ²	g-Value (perp. radiation)	Reduction factor (see 'Windows' worksheet)	Radiation 1 W/m ²	Radiation 2 W/m ²	$P_r 1$ W	$P_r 2$ W
North	0,0	0,0	0,40	19	5	0	0
East	1193,2	0,5	0,68	20	5	8278	2023
South	0,0	0,0	0,40	165	5	0	0
West	2299,3	0,5	0,78	111	8	99561	6745
Horizontal	0,0	0,0	0,40	77	11	0	0

Solar heating power P_S
 Total = or

Internal heating load P_I
 Spec. power W/m² * A_{TFA} m² = or

Heating power (gains) P_G
 $P_T + P_I =$ or

$P_L - P_G =$ or
Heating load P_H = W

Area specific space heating load P_H / A_{TFA} = W/m²

Input max. supply air temperature °C
 Max. supply air temperature $\theta_{Supply,Max}$ °C
 Supply air temperature without heating $\theta_{Supply,Min}$ °C

For comparison: heating load transportable by the supply Air $P_{Supply,Air,Max}$ = W specific: W/m²

Supply air heating: Sufficient? Yes

CARICO FRIGORIFERO

Building type:		Treated floor area A_{TFA} :	9232,0	m ²	Spec. capacity:	132
		Building volume:	23080	m ³	Nominal humidity:	12,0
		Interior temperature:	25	°C	Internal humidity sources:	0,5
Temperature:	Outdoor air	Dew point	23,4	°C	Sky	22,6
Weather 1:	27,5	°C	23,4	°C	22,6	°C
Weather 2:	27,5	°C	23,4	°C	23,4	°C
Ground design temp.:	24,9	°C	SHX	17,6	°C	
Radiation:	North	East	South	West	Horizontal	
	47	121	134	121	204	W/m ²
	47	121	134	121	204	W/m ²

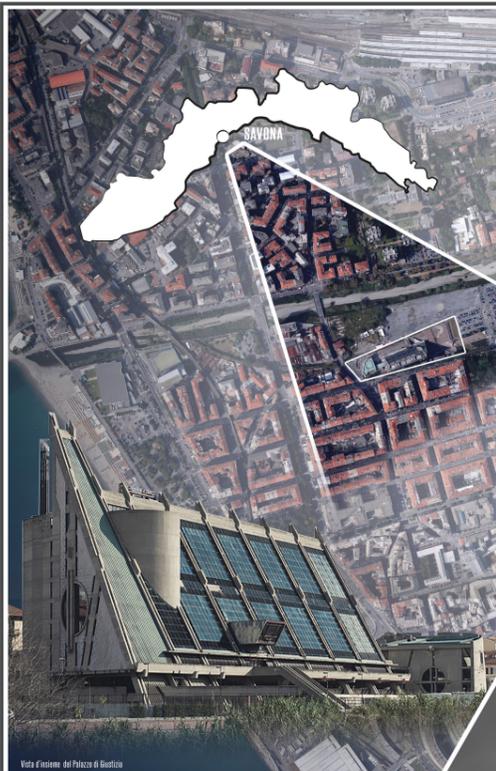
Building assembly	Temperature zone	Area m ²	U-Value W/(m ² K)	Factor always 1 (except "X")	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P _T 1 W	P _T 2 W
External wall - Ambient	A	2857,1	0,200	1,00	2,5	2,5	1409	1409
External wall - Ground	B			1,00	-0,1	-0,1		
Roof/Ceiling - Ambient	A	1570,7	0,202	1,00	2,5	2,5	783	783
Floor slab / Basement ceiling	B	2237,0	0,216	1,00	-0,1	-0,1	-42	-42
	A			1,00	2,5	2,5		
	X			0,75	2,5	2,5		
Windows	A	3492,5	0,604	1,00	2,5	2,5	5210	5210
Exterior door	A	2,5	0,860	1,00	2,5	2,5	5	5
Exterior TB (length/m)	A	54,2	0,044	1,00	2,5	2,5	6	6
Perimeter TB (length/m)	P			1,00	-0,1	-0,1		
Ground TB (length/m)	B	140,3	0,014	1,00	-0,1	-0,1	0	0
Building element towards neighbour	I			1,00	3,0	3,0		
Radiation correction outdoor air			$L_{trans} W/K$	-142,9	2,5	2,5	-353	-353
Radiation correction sky			$L_{sky} W/K$	140,9	-2,4	-1,6	-342	-225
Transmission heat load P_T							Total = 6676	or 6793

Ventilation load	V _V m ³	n _{V,eq} fraction 1/h	n _{V,eq} fraction 1/h	c _{air} Wh/(m ³ K)	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P _V 1 W	P _V 2 W
Exterior P _{V,D}	23080	0,536	0,536	0,33	2,5	2,5	10092	10092
Ground P _{V,E}	23080	0,000	0,000	0,33	-7,4	-7,4	0	0
Summer ventilation P _{V,S}	23080	0,000	0,000	0,33	0,0	0,0	0	0
Ventilation heat load P_V							Total 10092	or 10092

Orientation of the area	Area m ²	g-Value (perp. radiation)	Reduction factor (see 'Windows' worksheet)	Radiation 1 W/m ²	Radiation 2 W/m ²	P _S 1 W	P _S 2 W	
North	0,0	0,0	0,40	47	47	0	0	
East	1193,2	0,5	0,11	101	101	6690	6690	
South	0,0	0,0	0,40	134	134	0	0	
West	2299,3	0,5	0,10	179	179	20212	20212	
Horizontal	0,0	0,0	0,40	204	204	0	0	
Sum opaque areas						2529	2529	
Solar load P_S							Total = 29431	or 29431

Internal heating load P _I	Spec. power W/m ²	A _{TFA} m ²	P _I 1 W	P _I 2 W
	3,5	9232	32312	32312

P_T + P_V + P_S + P_I		=	78512	or	78628	
Cooling load P_C		=	78628		W	
Area specific cooling load P_C / A_{TFA}		=	8,5		W/m²	
Please enter the minimum supply air temperature:	7 °C	Supply air temperature without cooling	°C	°C		
			25,4	25,4		
For comparison: cooling load, transportable through the supply air P_{Supply,Max}		=	42035		42035	
			W/m ²	W/m ²		
		specific:	4,6		4,6	
			W/m ²	W/m ²		
Air conditioning over the supply air possible?			No			
Daily internal temperature stroke						
Transmission W	Ventilation W	Solar load W	Time h/d	Spec. capacity Wh/(m ³ K)	A _{TFA} m ²	
(6792,9	+ 10092,2	+ 29431,2) * 24	/ (132	* 9232) = 0,9 K



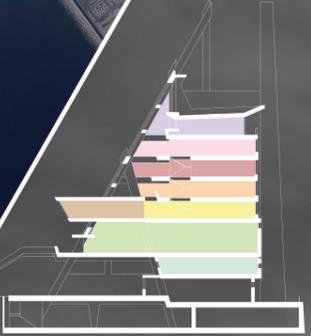
Vista d'insieme del Palazzo di Giustizia

PUNTI DI DEBOLEZZA

- Scarsa manutenzione nel tempo
- Disorganizzazione degli spazi interni rispetto alle funzioni necessarie
- Elevati costi di gestione
- Elevate dispersioni termiche e insufficiente isolamento acustico
- Infiltrazioni d'aria e di acqua meteorologica attraverso l'involucro trasparente
- Sistema impiantistico obsolecente

PUNTI DI FORZA

- Centralità rispetto al contesto
- Edificio architettonicamente interessante e di facile localizzazione
- Facile accessibilità
- L'aspetto rispecchia le funzioni svolte all'interno
- Spazi interni sufficientemente ampi per localizzare tutte le funzioni legali
- Buona illuminazione naturale



ANALISI DEI MATERIALI DELLA PRESISTENZA

GRANITO



Materiale impiegato per il rivestimento di parte dei prospetti del Palazzo e degli elementi decorativi esterni. In fase di intervento verrà staccato e riutilizzato successivamente.

RAME



Materiale impiegato per il rivestimento delle coperture e di parte della facciata laterale.

VETRO



Materiale impiegato nei serramenti e come copertura trasparente della porzione di biblioteca interna al Palazzo.

ALLUMINIO



Materiale impiegato per la realizzazione dei telai dei serramenti sia interni che esterni. Verniciatura a caldo di colore nero.

GRANITO CHIANDONE SARDO



Materiale impiegato per la pavimentazione interna, per il rivestimento di altezza e pedata della scala principale e per la realizzazione del corrimano.

GOMMA IN SOLI



Materiale impiegato per la pavimentazione delle aree adibite ad uffici, dove per motivi di sicurezza, sostituisce il pavimento in granito.

CEMENTO FACCI A VISTA



Materiale di utilizzo prevalente sia nella realizzazione della struttura portante del Palazzo, sia negli elementi di tamponamento a accessori. Mantenimento della finitura faccia a vista.

ACCIAIO



Materiale impiegato per la struttura portante della biblioteca sospesa.

FUNZIONI INTERNE AL PALAZZO DI GIUSTIZIA

- PIANO PRIMO: Ufficio Notificazioni, Esecuzione e Protesti (UNEP) Giudici Onorari del Tribunale (GOT)
- PIANO SECONDO: Aule di Udienza
- PIANO TERZO: Magistrati Tribunale - Sezione Civile Giudici Onorari del Tribunale (GOT) Cancelleria Tribunale - Sezione Civile BIBLIOTECA
- PIANO QUARTO: Presidente del Tribunale Magistrati Tribunale - Sezione Civile Dirigente del Tribunale Cancelleria Tribunale - Sezione Civile Sportello Processo Civile Telematico (PCT)
- PIANO QUINTO: Magistrati Tribunale - Sezione Penale Giudici Onorari del Tribunale (GOT) Cancelleria settore GIP - GIP Cancelleria Settore Dibattimento
- PIANO SESTO: Procuratore Capo Segretario - Sezione Penale
- PIANO SETTIMO: Cassellario Giudiziario

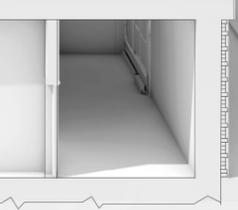
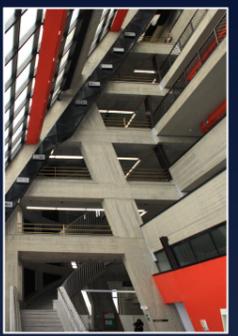
Scala 1:50

Politecnico di Torino
 Dipartimento Architettura e Design
 Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile
RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA ED ENERGETICA DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA DI SAVONA SECONDO LO STANDARD PASSIVHAUS



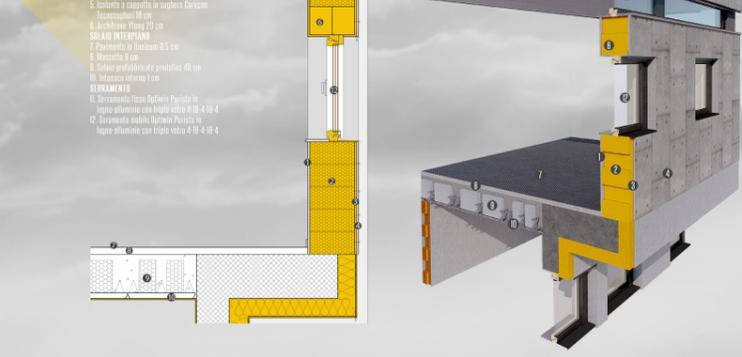
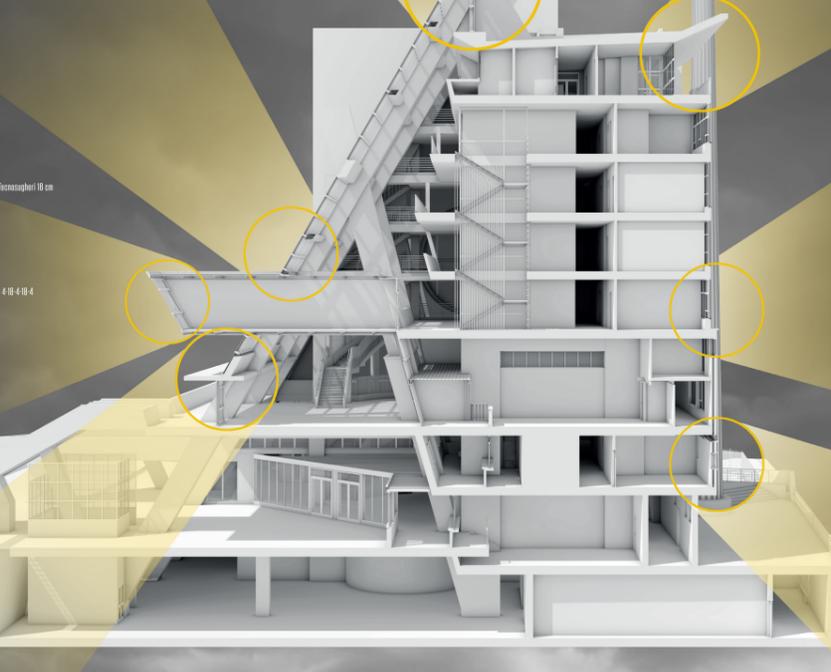
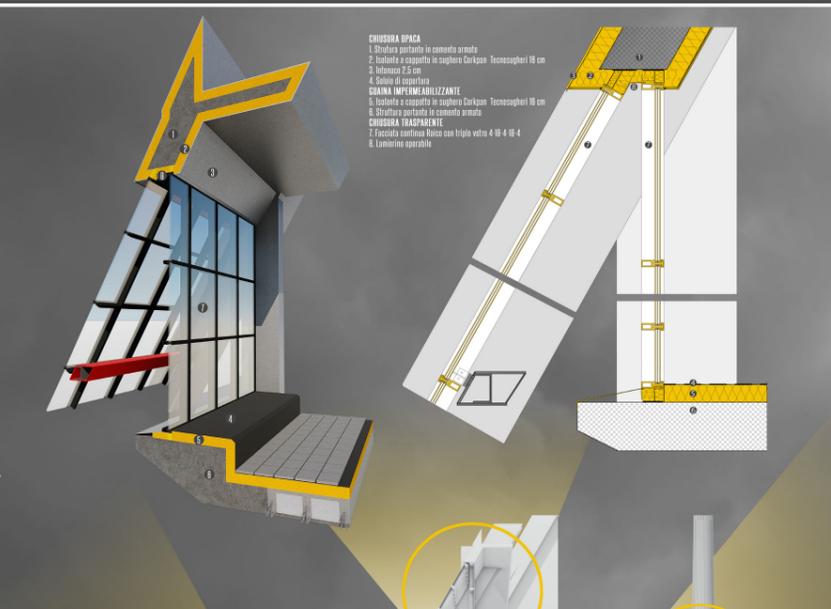
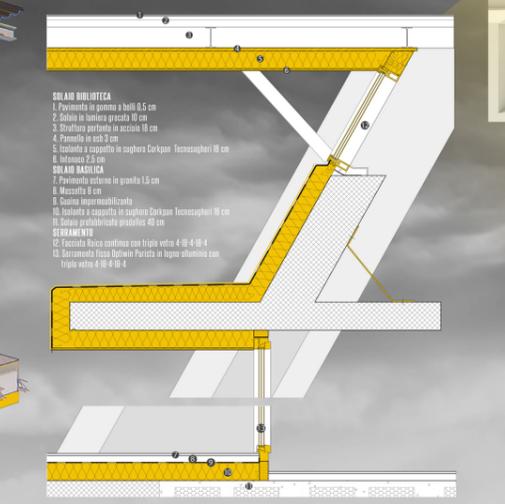
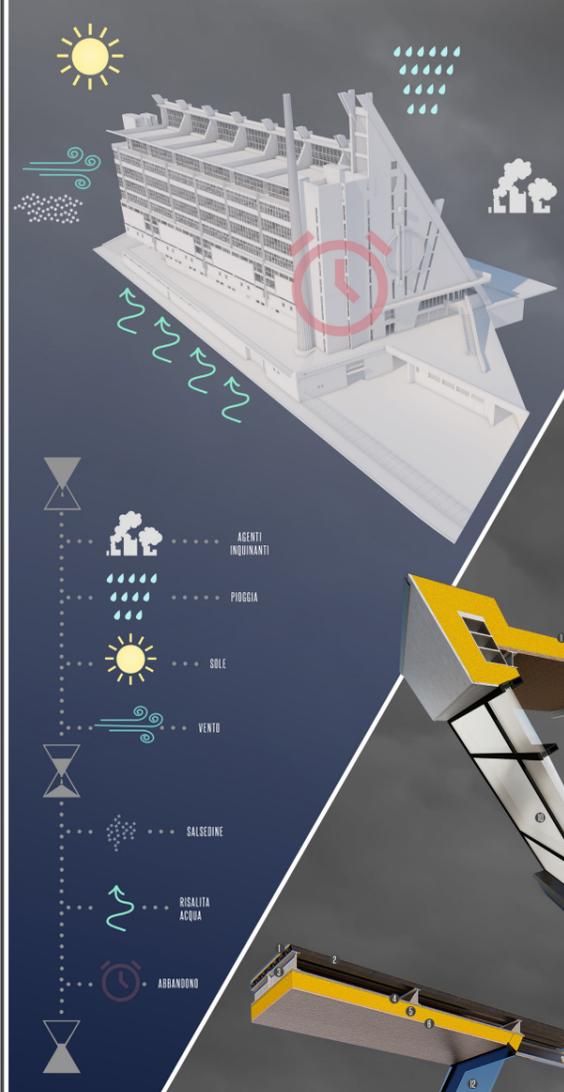
Relatore:
Roberto Giordano
Candidati:
Bagnasco Beatrice
Pipitone Luca
Correlatore:
Roberto Viazzi
28 Febbraio 2018

VISTE INTERNE DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA



QUADRO SINOTTICO DELLE CAUSE DI DEGRADO

Fattori che influiscono sul degrado del Palazzo di Giustizia di Savona



Politecnico di Torino
Dipartimento Architettura e Design
Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile

RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA ED ENERGETICA DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA DI SAVONA SECONDO LO STANDARD PASSIVHAUS

Relatore: Roberto Giordano
Candidati: Bagnasco Beatrice, Pignone Luca
Correlatore: Roberto Viazzi
28 Febbraio 2018



BIBLIOGRAFIA

Testi

SALA M. (a cura di), *Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti tecniche e casi studio*, S.E. Sistemi editoriali, Napoli, 2001

DANIELA BOSIA, *Risanamento igienico edilizio: effetti dell'umidità, degrado dei materiali da costruzione, criteri di scelta degli interventi, tecniche di risanamento*, EPC LIBRI, Roma, 2005

REGINALD LEE, *Manutenzione edilizia programmata. Strategie strumenti e procedure*, Ulrico Hoepli, Milano, 1993

CRISTINA BENEDETTI (a cura di), *Risanare l'esistente. Soluzioni per il comfort e l'efficienza energetica*, Bozen-Bolzano University Press, Bolzano, 2011

LEONARDO RICCI, *Il Palazzo di Giustizia di Savona*, Centro Di, Firenze, 1987

BRUNO ZEVI, *Storia dell'architettura moderna. Vol. 2: Da Frank Lloyd Wright a Frank O. Gehry: l'itinerario organico*, Einaudi, 2010

"*L'architettura – cronache e storia*", n. 388, febbraio 1988, per il Palazzo di Giustizia di Savona

Dispense didattiche di Simonetta Pagliolico, riferite all'anno scolastico 2016/2017 consultate in data 27 dicembre 2017

Dispense didattiche di Roberto Giordano, riferite all'anno scolastico 2017/2018 consultate in data 7 gennaio 2018, disponibili all'URL https://didattica.polito.it/pls/portal30/sviluppo.pagina_corso.main?t=3

Tesi

BASTIANI A., *Riqualificazione energetica del patrimonio contemporaneo. Il comprensorio Garden Palace a Torino*, Rel. Carlo Micono, Roberto Giordano, Politecnico di Torino, 2017

DOGLIANI G., *Certificazione della sostenibilità energetico-ambientale nel settore vitivinicolo: la riqualificazione energetica secondo lo standard Passivhaus di un edificio della tenuta Monsordo Bernardina di Alba (CN)*, Rel. Roberto Giordano, Roberto Viazzo, Politecnico di Torino, 2016

RAGGI E., PASTORINO V., *Ottimizzazione energetica degli involucri edilizi mediante algoritmi genetici: due casi studio*, Rel. Morbiducci Renata, Guariento Nicolò, Università degli Studi di Genova

BARBUSCA L., *Rivisitazione di un edificio passivo in Sicilia sul modello tedesco*, Rel. Naldi Giovanni, Università di Bologna, 2008-2009

Sitografia

<http://www.ambienteinliguria.it/lirgw/eco3/ep/home.do>

<http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/edizioni-enea/2017/rapporto-annuale-efficienza-energetica-2017>

<http://www.bluegreengroup.ca/passive-house/>

<http://www.lifegate.it>

<http://biblus.acca.it/certificazione-energetica-ape-2015/>

<http://www.zephir.ph>

<http://www.agenziacasaclima.it>