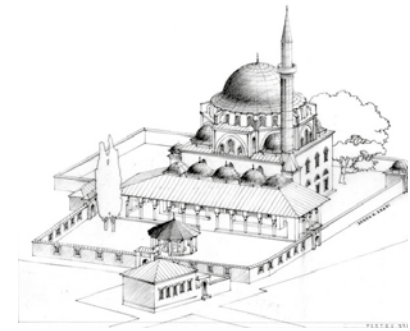




Politecnico di Milano
Scuola di Ingegneria-Architettura
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura
A.A. 2016-2017

La Fabbrica della Moschea

Progetto di restauro della Moschea Pertev Pasha



Relatore:

Prof. ssa Elisabetta Rosina

Co-relatori:

Prof. Dr. Emre Kishali

Arch. Alessia Silvetti

Prof. Piero Poggioli

Autori:

Chiara Cusolito

Laura Di Marino

761705

762530

Il restauro conservativo della moschea Pertev Pasha costituisce l'oggetto di questa tesi, esso, però, non va inteso come un mero esercizio di tecnica di restauro statico e/o architettonico, ma come l'occasione per mettere in atto tutti quei principi fatti propri dalla "Carta per la salvaguardia delle città storiche", ICOMOS, Toledo 1986, ratificata Washington 1987.

La valorizzazione del tessuto urbano rappresenta dunque il necessario correlato della conservazione, come ricerca di funzioni appropriate esprimenti il bisogno sociale in un coinvolgimento attivo dei soggetti preposti alla sua tutela. Questo coinvolgimento attivo si deve necessariamente confrontare con le specificità della moschea, promuovendone la conoscenza, la proposta d'uso compatibile e il progetto d'intervento.

Sulla scorta dei suddetti postulati, la tesi si è sviluppata attraverso un percorso virtuoso che dall'acquisizione e dalla rielaborazione di dati riferiti ad una macro area, ovvero alla Turchia intesa come nazione, passando attraverso l'analisi della provincia e della città di Izmit, è pervenuta alla individuazione di una microarea che sarà la protagonista della proposta di intervento.

Il progetto prevede interventi in grado di accrescere il valore del contesto, ponendo ancora più in risalto il complesso Pertev Pasha, rispettando le esigenze della valorizzazione territoriale, nonché quelle della comunità e quelle connesse con il rispetto e il recupero del patrimonio storico culturale.

Gli interventi proposti si articoleranno nei seguenti ambiti:

- Urbano
- Funzionale
- Puntuale

La tesi si propone di suggerire un modello di restauro conservativo che, sebbene limitato ad una piccola parte della città, possa in qualche modo fare da incubatore poiché Izmit, che oggi appare come una città molto densa, spezzata in due dall'autostrada, separata dalla sua splendida costa, possa nel tempo ritrovare parte di quell'equilibrio e splendore che la resero famosa con il nome di Nicomedia.

The Pertev Pasha mosque refurbishment is the basic subject of this thesis. However, it has not to be considered as a mere practice of static or architectural restoration, but as an integrated project to implement all those principles adopted by the "Conservation of Historic Towns Chart", ICOMOS, Toledo 1986, ratified in Washington 1987

Promotion of the urban fabric therefore represents the necessary correlation of conservation as research of appropriate functions, expressing the social needs in an active involvement of the subjects responsible for its protection. This active involvement must necessarily be confronted with the peculiarity of the mosque, fostering its knowledge, the compatible use proposal and the intervention plan.

On the basis of the before mentioned postulates, the thesis is in principle developed through the acquisition and re-elaboration of the data referring to a macro area, or to Turkey considered as a nation. Passing through the analysis of the province and the city of Izmit, a micro-area, that will be the focus of the analysis, has been identified.

The project provides integrations suitable to increase the background value, further emphasizing the whole Pertev Pasha complex, respecting the needs of territorial enhancement as well as those of the local community and those related to the cultural heritage respect and recovery.

The proposed actions will be divided into the following areas:

- Urban
- Functional
- Punctual

The aim of the study is to suggest a conservative restoration model that, although limited to a small part of the city, may in some way act as an incubator allowing to Izmit, which today appears as a high-density city, divided into two parts by the highway and separated by its splendid coast, to find again, in the future, part of the balance and splendor that made it famous with the name of Nicomedia.

SEZIONE A: CONOSCERE IL TERRITORIO

01. LA CITTÀ DI IZMIT

1.1.	Idea(s) Izmit	21
1.2.	Il contesto	27
	1.2.1. La Provincia di Kocaeli	
	1.2.2. La città di Izmit	
1.3.	Evoluzione storica	33
	1.3.1. Astaco, la prima colonia greca della penisola Anatolica.	
	1.3.2. La nascita di Nicomedia	
	1.3.3. Gli anni dell'impero Romano	
	1.3.4. Dalla nascita dell'impero Ottomano all'istituzione della Nuova Repubblica Turca	
1.4.	Analisi urbanistiche	38
	1.4.1. Il terremoto del 1999	
	1.4.2. L'impianto urbanistico	
	1.4.3. Proposte di riqualifica urbana avanzate dalla municipalità	
	1.4.4. Il patrimonio architettonico di Izmit	
1.5.	Il restauro in Turchia	54
1.6.	Il tema di progetto	58

SEZIONE B: RIGENERAZIONE URBANA

02. IL MASTERPLAN

2.1.	Strategie progettuali	67
2.2.	Conservazione integrata	67
	2.2.1. Il valore urbano	
	2.2.2. Il patrimonio urbano	
	2.2.3. Conclusioni	
2.3.	Limiti e problematiche riscontrati nello stato attuale	73
	2.3.1. Minacce e Debolezze	
	2.3.2. Forze ed opportunità	
	2.3.3. Analisi S.W.O.T della Moschea	
2.4.	Urban Vision	82
	2.4.1. Rigenerazione del centro storico	
	2.4.2. Rigenerazione del lungomare	

SEZIONE C: LA FABBRICA DELLA MOSCHEA

03. PROGETTO ARCHITETTONICO

3.1.	Riferimenti progettuali	103
3.1.1.	Architettura islamica	
3.1.2.	L'architettura ottomana	
3.2.	Inserimento territoriale	116
3.2.1.	L'area di progetto	
3.2.2.	L'integrazione con il contesto	
3.3.	Genealogia del progetto	121
3.4.	Il progetto architettonico	128
3.4.1.	Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione	
3.4.2.	L'auditorium	
3.4.3.	Il mercato cittadino	
3.4.4.	Tea garden	
3.5.	Accesso all'area	155
3.5.1.	Percorsi esterni	
3.5.2.	I collegamenti verticali	
3.6.	Prevenzione incendi	159
3.6.1.	La norma di riferimento	
3.6.2.	Accessibilità all'area	
3.6.3.	Carico incendio specifico	
3.6.4.	Determinazione della classe di resistenza al fuoco	

3.6.5.	Resistenza al fuoco	
3.6.6.	Misure di evacuazione in caso di emergenza	
3.6.7.	Attività accessorie	
3.6.8.	Mezzi ed impianti di estinzione degli incendi	
3.6.9.	Segnaletica di sicurezza	

04. PROGETTO STRUTTURALE

4.1.	La descrizione della struttura: obiettivi e requisiti	177
4.2.	Analisi dei carichi	178
4.2.1.	Carichi permanenti: i pesi propri	
4.2.2.	Analisi carichi variabili	
4.3.	azione sulle costruzioni	186
4.3.1.	Combinazione di calcolo	
4.4.	Dimensionamento e verifica della struttura	190
4.4.1.	Schema strutturale dei solai	
4.4.2.	Lamiera grecata secco	
4.4.3.	Travi secondarie	
4.4.4.	Travi principali solaio interpiano	
4.4.5.	Travi principali solaio copertura	
4.4.6.	Pilastro centrato	
4.5.	Unioni	207
4.5.1.	Unioni bullonate	
4.6.	Calcolo dell' azione sismica	209
4.6.1.	Definizione del periodo del modo di vibrare principale mediante analisi lineare statica.	

4.6.2.	Individuazione della pericolosità del sito	
4.6.3.	Vita nominale	
4.6.4.	Classi d'uso	
4.6.5.	Periodo di riferimento per l'analisi sismica	
4.6.6.	Stati limite e relative probabilità di superamento	
4.7.	Definizione dell'azione sismica di progetto	213
4.7.1.	Categoria del sottosuolo e topografica	
4.7.2.	Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.	
4.7.3.	Spettri di progetto per gli stati limite ultimi	
4.7.4.	Analisi lineare	
4.8.	Calcolo delle componenti orizzontali del sisma	216
4.9.	Nuclei di controvento	218
4.9.1.	Principi base della progettazione	
4.9.2.	Ripartizione delle forze orizzontali sismiche orizzontali	
4.10.	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali.	228
4.10.1.	Pressoflessione	
4.10.2.	Taglio	
4.10.3.	Verifica della duttilità	
4.11.	Analisi FEM	240
4.11.1.	Descrizione del software	
4.11.2.	Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni	

4.11.3.	Verifiche delle membrature in cemento armato	
4.11.4.	Verifiche delle membrature in acciaio	
4.11.5.	Preferenze di analisi	
4.11.6.	Preferenze di verifica	
4.11.7.	Elementi di input e output	

05. PROGETTO TECNOLOGICO

5.1.	La scelta dei materiali	273
5.1.1.	Gli isolanti	
5.1.2.	Il cartongesso	
5.1.3.	La pavimentazione	
5.1.4.	Il rivestimento esterno	
5.1.5.	La lamiera forata	
5.1.6.	Le piastrelle di Iznik	
5.1.7.	La pavimentazione della piazza esterna	
5.2.	Unità tecnologiche: gli abachi di Progetto	283
5.2.1.	Normativa di riferimento	
5.2.2.	Le schede delle prestazioni termiche, acustiche e igrometriche	
5.3.	Chiusure verticali	285
5.3.1.	Chiusura verticale a secco	
5.3.2.	Chiusura Verticale in cemento armato	
5.3.3.	Chiusura Verticale controterra	
5.4.	Chiusure orizzontali	292
5.4.1.	Il chiostro interno	

5.4.2.	Chiusura Orizzontale tetto giardino		6.1.8.	Dimensionamento della rete di distribuzione	
5.4.3.	Chiusura Orizzontale praticabile		6.1.9.	I radiatori	
5.4.4.	Chiusura Orizzontale controterra		6.1.10.	La ventilazione	
5.5.	Partizioni verticali	300	6.1.11.	Calcolo della portata d'aria	
5.5.1.	Partizione Verticale a secco		6.1.12.	I trattamenti dell'aria	
5.5.2.	Partizione Verticale a secco con vano impianti		6.1.13.	Dimensionamento componenti UTA	
5.5.3.	Partizione Verticale vano scala		6.1.14.	Il riciclo delle acque	
5.6.	Partizioni orizzontali	305	6.1.15.	Le aree verdi	
5.6.1.	Partizione orizzontale leggera		6.2.	La radiazione solare	341
5.6.2.	Partizione orizzontale in cemento armato		6.3.	I parametri da calcolare	342
5.7.	Dettagli tecnologici	310	6.4.	La luce naturale	344
5.7.1.	La palificazione		6.5.	La scelta dei vetri	345
5.7.2.	La copertura a sbalzo		6.5.1.	Le proprietà del vetro	
			6.5.2.	Le caratteristiche energetiche del vetro	
06. PROGETTO ENERGETICO IMPIANTISTICO			6.6.	Analisi illuminotecnica	349
6.1.	La strategia ambientale e tecnologica, gli impianti	323	6.6.1.	Calcolo illuminamento	
6.1.1.	Prestazioni energetiche		6.6.2.	Calcolo del fattore di luce diurna	
6.1.2.	Il comportamento invernale				
6.1.3.	Comportamento estivo				
6.1.4.	Irraggiamento attraverso superfici trasparenti				
6.1.5.	Radiazione e trasmissione attraverso superfici opache				
6.1.6.	Trasmissioni-superfici vetrate				
6.1.7.	Carichi interni				

SEZIONE D: IL RESTAURO CONSERVATIVO DELLA MOSCHEA PERTEV PASHA

07. LA FASE DI RILIEVO

7.1.	Descrizione dell'edificio	367	7.5.2.	Analisi attraverso l'utilizzo delle sonde temperatura-umidità data logger	
7.1.1.	Il cortile esterno		7.6.	Indagini statiche	408
7.1.2.	Le mura		7.6.1.	Prove invasive	
7.1.3.	Facciata Nord-Ovest		7.6.2.	Prove ultrasoniche	
7.1.4.	Facciata Nord-Est		7.6.3.	Grourd penetrating Radar	
7.1.5.	Facciata Sud-Ovest e il minareto		7.6.4.	Carotaggi	
7.1.6.	Facciata Sud-Est		7.6.5.	Modellazione con sap 2000	
7.1.7.	Gli ambienti interni		7.7.	Analisi dello stato di conservazione e delle priorità di intervento	427
7.2.	Mimar Sinan	374	8.1.	Progetto di conservazione	433
7.2.1.	La vita		8.2.	Le richieste per una valorizzazione: linee guida del restauro conservativo	433
7.2.2.	Le opere		8.3.	I requisiti di progetto	437
7.3.	Evoluzione storica della Moschea	378	8.3.1.	La legislazione vigente	
7.4.	Il rilievo della Moschea	381	8.3.2.	Linee guida degli interventi	
7.4.1.	Il rilievo fotografico		8.3.3.	I materiali lapidei	
7.4.2.	Il rilievo geometrico		8.3.4.	Il degrado nei materiali vulcanoclastici	
7.4.3.	Il rilievo materico		8.3.5.	Le pratiche di intervento	
7.4.4.	Rilievo del degrado		8.4.	La rimozione degli Intonaci Interni	448
7.5.	Il piano delle indagini	400			
7.5.1.	Analisi con termocamera				

8.5.	Il consolidamento strutturale	452
8.5.1.	Il caso studio	
8.5.2.	Le fasi di modellazione	
8.5.3.	La teoria dell'intervento di rinforzo	
8.5.4.	Il progetto di dimensionamento e applicazione	
8.6.	La manutenzione programmata	455
	CONCLUSIONI	460
	BIBLIOGRAFIA E INDICI	464
	ALLEGATI	476
	RINGRAZIAMENTI	535

SEZ. **A**

CONOSCERE IL TERRITORIO

01

LA CITTÀ DI IZMIT

- 1.1. Idea(s) Izmit
- 1.2. Il contesto
 - 1.2.1. La Provincia di Kocaeli
 - 1.2.2. La città di Izmit
- 1.3. Evoluzione storica
 - 1.3.1. Astaco, la prima colonia greca della penisola Anatolica.
 - 1.3.2. La nascita di Nicomedia
 - 1.3.3. Gli anni dell'impero Romano
 - 1.3.4. Dalla nascita dell'impero Ottomano all'istituzione della Nuova Repubblica Turca
- 1.4. Analisi urbanistiche
 - 1.4.1. Il terremoto del 1999
 - 1.4.2. L'impianto urbanistico
 - 1.4.3. Proposte di riqualifica urbana avanzate dalla municipalità
 - 1.4.4. Il patrimonio architettonico di Izmit
- 1.5. Il restauro in Turchia
- 1.6. Il tema di progetto

Nel presente capitolo si introduce il tema di progetto descrivendone gli aspetti salienti.

La volontà è quella di mettere in evidenza l'origine della tesi e l'importanza che ha assunto l'esperienza diretta durante i giorni del Workshop iniziale.

Vengono inoltre sviluppate le analisi sul contesto nel quale si inserirà il progetto di tesi. Al fine di delineare un quadro conoscitivo il più possibile chiaro e dettagliato, riguardo quelli che sono i caratteri distintivi del luogo di riferimento, si ritiene opportuno sviluppare analisi a diversa scala, e condurre indagini sull'evoluzione storica della città e sulle pratiche del restauro in Turchia.

1.1. IDEA(S) IZMIT

L'idea di questa tesi trae la sua origine dall'esperienza vissuta nel corso della partecipazione ad un Workshop internazionale in Turchia. Le conoscenze acquisite e gli incontri con i docenti e discenti locali, si sono rilevate fondamentali per lo sviluppo successivo della tesi. Di seguito saranno posti in risalto gli obiettivi e i relativi risultati dei lavori svolti durante il Workshop.

Il workshop Idea(s) Izmit è stato organizzato ad Izmit, Kocaeli, Turchia, dal 7 al 11 settembre 2015, sulla scorta dei programmi di collaborazione fra il Politecnico di Milano, la Kocaeli University, Turchia, e la Ball State University. In tale ambito hanno operato la Professoressa Elisabetta Rosina, docente del Politecnico di Milano, Il Professor Erme Kishali, della Kocaeli University, e il Professor Jonathan Spodek, della Ball State University.

L'obiettivo principale era costituito dall'applicazione di test non distruttivi alle strutture della Moschea storica di Kocaeli, Pertev Pasha, nell'ambito della sua conservazione programmata.

Ulteriori obiettivi del workshop sono stati:

- Visione internazionale di una parte del centro di Izmit caratterizzato dalla presenza di edifici storici (Pertev Pasa Mosque, Fevziye Mosque, Izmit Public House, Ex- Tekel Factory and railway etc.);
- Analisi del contesto urbano;
- Connessione e integrazione dell'eredità storica della città con la tecnologia e il nuovo stile di vita contemporaneo;

- Valorizzazione degli edifici storici e creazione di nuovi spazi pubblici fruibili alla collettività;
- Utilizzo di un approccio conservativo e definizione delle strategie.

Nel corso delle cinque giornate molto impegnative, si sono alternate lezioni teoriche e attività di laboratorio e sono stati affrontati i temi di seguito riportati:

Primo giorno: IMPRESSION

- Lezione del Prof. Emre Kishali, Idea(s) Workshop, c sulle tematiche generali che saranno sviluppate nel corso della settimana;
- Lezione del Prof. Gul Koksul: Architectural / Cultural Heritage in Izmit / Kocaeli, sull'evoluzione storica della città di Izmit;
- Visita del centro storico di Izmit, soffermandoci sui punti di interesse;
- Elaborazione di una mini presentazione delle prime impressioni avute su Izmit.

Secondo giorno: DATA ACQUISITION

- Lezione della Pro.ssa Neslihan Bayraktar sulle proposte di riqualifica urbana avanzate dalla municipalità;
- Lezione del Prof Özden Senem Erol, Izmit in 20th century: public spaces and memory, sul tema degli spazi

pubblici legati alle due mosche principali del centro storico;

- Lezione del Prof. Jonathan Spodek. Visual analysis, sulle metodologie di analisi urbana utilizzate all'interno del workshop;

- Lezione del Prof. Jonathan Spodek, Conservation Planning in Historic Districts: a U.S. Perspective;
- Analisi dell'area (Pertev Pasha Mosque, Fevziye Mosque, Ex- Tekel Factory and surroundings) attraverso rappresentazioni micro e macro scala;
- Inizio dei test non distruttivi sulla Moschea Pertev Pasha Mosque.

Terzo giorno: EVOLUTION

- Lezione dell'Arch. Bahadır BODZA, Pertev Pasha Mosque, restoration Project 2004, sul progetto di restauro del 2004 che ha interessato la Moschea Pertev Pasha;
- Divisione in tre gruppi per la definizione di tre Conceptplan.

Quinto giorno: SUGGESTIONS

- Presentazione finale degli studenti.

Si sono sviluppati dunque tre temi che sono:

- Urban Desing: pianificazione urbanistica nel XXI secolo in un centro storico;
- Non-destructive testing: impiego di test non distruttivi, come la termografia, sugli edifici storici;
- Digital Photogrammetry: utilizzo della fotogrammetria per l'acquisizione di dati e la successiva realizzazione di un modello 3D per gli edifici storici.

I metodi utilizzati sono invece i seguenti:

- Visual analysis: l'uso di disegni, note e diagrammi come un processo per indagare su un determinato luogo. L'analisi visiva avviene attraverso schizzi, annotazioni, e disegni che contribuiscono ad una comprensione completa e generale del luogo;
- Tecniche di mappatura della superficie: si è analizzata la presenza di umidità e di infiltrazione d'acqua nella Moschea e la sua vulnerabilità strutturale attraverso l'utilizzo di tecniche non distruttive quali termografia, psicomtria e test a ultrasuoni;
- Fotogrammetria: attraverso la mappatura fotografica dell'oggetto studiato si estrapola un modello 3D.

Quarto giorno: ARRANGEMENT

- Sviluppo del Concept Plan.

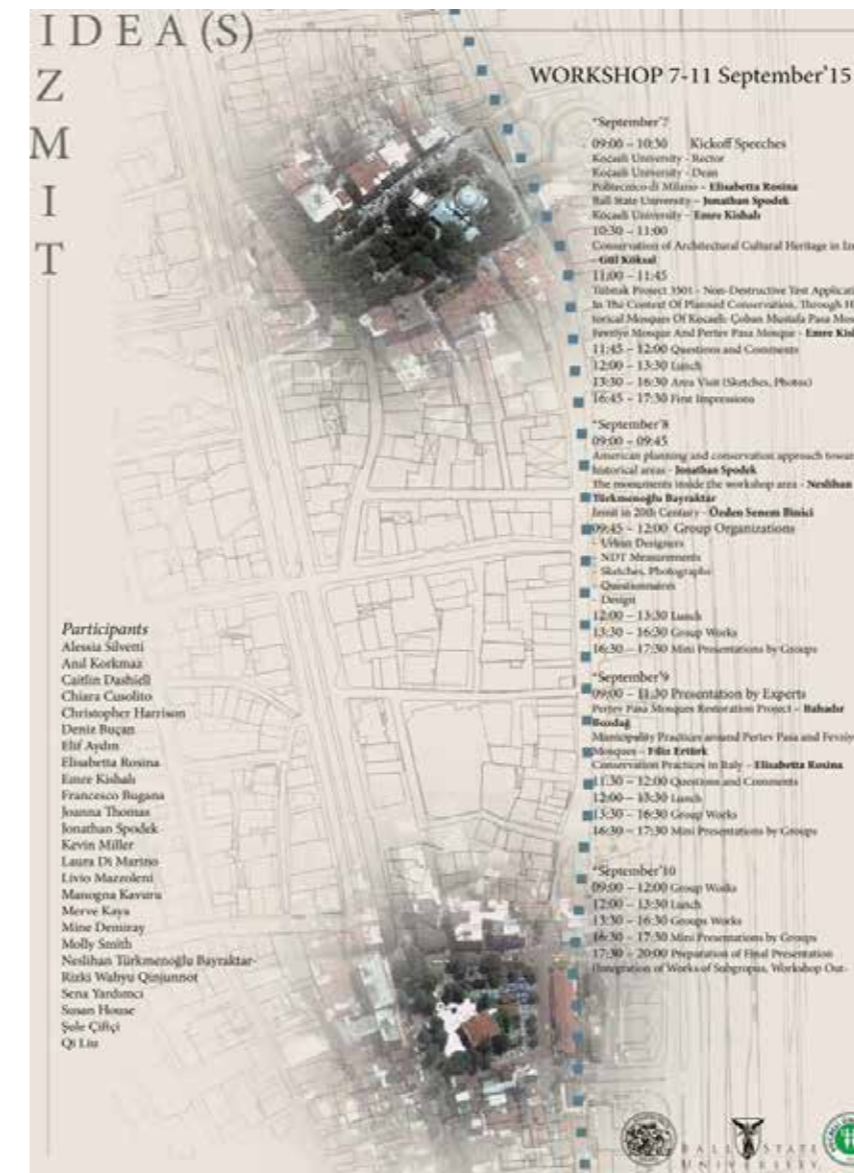


Fig. 1.01 Locandina del workshop



Fig. 1.02 Durante il workshop



Fig. 1.03 Presentazioni finali quotidiane durante il workshop

Il workshop si è concluso con la realizzazione di tre concept plan e l'analisi sullo stato di fatto della Moschea Pertev Pasha.

L'idea finale, comune alle tre soluzioni proposte, è che il centro di Izmit è fortemente disgregato e che per una corretta pianificazione, non ci si può limitare ad una singola area di interesse, ma bisogna guardare l'intero insieme, migliorando ed ampliando i collegamenti fra le varie aree, mediante l'ausilio di verde o di percorsi pedonali. Nel corso dei lavori, inoltre, è stata evidenziata l'assenza di funzioni precipue dell'area dall'altra parte del ponte, ovvero sul lungomare, il che non ne favorisce l'utilizzo.

In virtù di tale logica la Moschea, e gli altri edifici storici, come i vecchi magazzini portuali ottomani, devono essere posti in una posizione privilegiata all'interno della riqualificazione urbana, al fine di consentirne una adeguata valorizzazione e tutela.

Sulla scorta delle suddette considerazioni, si è concretizzato il progetto di questa tesi, che come verrà ampiamente spiegato nel corso della trattazione, ha come obiettivo principale la ricucitura del tessuto urbano di Izmit attraverso l'elaborazione di un piano di conservazione programmata che pone in primis la Moschea Pertev Pasha e in seguito tutto il patrimonio storico architettonico in primo piano.

Nella pagina a lato seguono alcune immagini esemplificative dei giorni del Workshop.

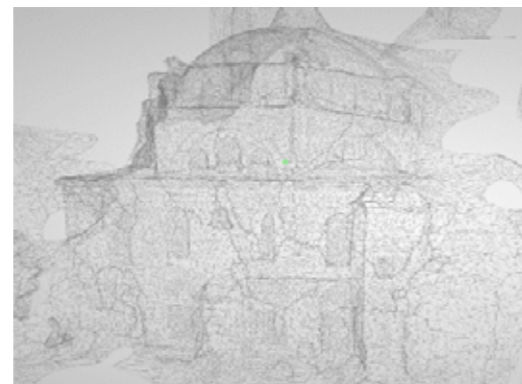


Fig. 1.04 Modello 3d realizzato con fotogrammetria

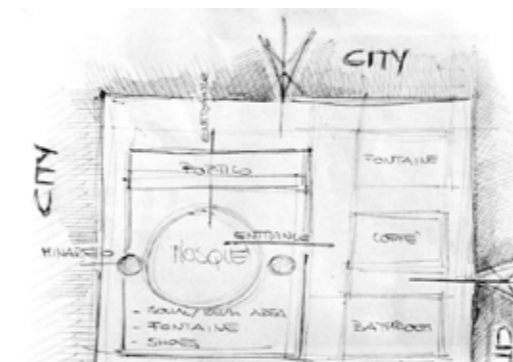


Fig. 1.05 Analisi Urbana - schizzi



Fig. 1.06 Conceptplan finale



Fig. 1.07 Vista del Golfo di Izmit - Fonte: Google

1.2. IL CONTESTO

Qualunque ipotesi progettuale non può prescindere dalle necessarie considerazioni relative al contesto storico, culturale, sociale ed ambientale dell'area nella quale è inserito l'intervento. A maggior ragione in questo caso, considerato che si opera in una realtà ben diversa da quella quotidiana, si è proceduto ad acquisire le necessarie informazioni di carattere generale sulla storia della Turchia, e più in dettaglio sull'area oggetto di studio.

La regione geografica della Turchia comprende l'estrema parte orientale della Tracia, in Europa, e la penisola dell'Anatolia, la propaggine più occidentale del continente asiatico. La capitale è Ankara, una delle tre maggiori città turche insieme a Smirne e Istanbul. Mentre Ankara è la capitale politica, Istanbul, grazie alla sua posizione geografica sul Bosforo, è la più grande metropoli del paese, nonché il maggior centro industriale, commerciale e viene considerata una delle città più affascinanti del mondo. La lingua ufficiale è il turco, ma sono presenti numerosissime minoranze linguistiche. La religione più diffusa è quella musulmana, ma sono presenti piccole comunità di ebrei sefarditi, greci e armeno-ortodossi, cattolici di rito bizantino e armeni protestanti, mentre poco diffuso è l'ateismo.

La Penisola Anatolica ha visto il susseguirsi di numerose civiltà e di diverse forme statali durante tutta l'antichità, tra le quali gli Ittiti, i Frigi, i Traci, i Lidi, gli Armeni ed i greci. Viene annessa agli imperi Persiano, Macedone, Romano, Bizantino e Mongolo, seguendone le vicissitudini, fino all'invasione della stirpe tribale degli Oghuz, di etnia turca, a partire dall'XI secolo, a seguito della

vittoria sull'esercito bizantino di Romano IV Diogene durante la battaglia di Manzikert (1071)

Gli elementi turcomanni vengono presto riorganizzati sotto il dominio dei Selgiuchidi, una dinastia turca di religione musulmana, che fonda una fiorente e potente organizzazione statale in Anatolia con capitale Rey, ma presto distrutta dalle grandi invasioni Mongole. La fine del Sultanato selgiuchide di Rum (1300 circa) porta alla creazione di una moltitudine di Stati indipendenti, i beylicati turchi d'Anatolia. Fra questi prevale lo stato di Eskişehir, in Anatolia occidentale, governato dal bey Osman I (da cui deriva la parola "ottomano"), figlio di Erturk.

Nel corso del XIV e del XV secolo gli Ottomani allargano il proprio dominio su tutta la penisola Anatolica e su vaste aree del mondo bizantino compresa la penisola Balcanica. Nel 1453, guidati dal sultano Mehmet il Conquistatore, invadono Costantinopoli, ponendo fine all'impero bizantino.

Nei decenni successivi l'Impero Ottomano continua la sua grande espansione, fino a divenire, nella metà del XVI secolo, sotto il regno del sultano Solimano il Magnifico, la prima potenza militare ed economica del Medio Oriente e del bacino del Mediterraneo. Alla fine del XVIII Secolo l'Impero Ottomano, indebolito da numerose guerre inizia a perdere il di dominio sull'Europa,. Al termine della Guerra di Crimea (1854-56), contro l'Impero russo, il Trattato di Parigi (1856) obbliga i russi a smantellare la propria flotta del Mar Nero, ma rende la Romania una provincia autonoma sotto la sovranità ottomana.

Durante la prima guerra mondiale gli ottomani si schierano al fianco di Germania e Austria. Al termine della guerra l'impero fu smembrato e così suddiviso: Libano e Siria assegnati alla Francia, Palestina, Giordania e Iraq all'Inghilterra, all'Italia l'Anatolia sudoccidentale mentre alla Grecia la Tracia, Smirne e alcune isole egee. L'Armenia divenne uno Stato indipendente, il Kurdistan una provincia autonoma e l'Egitto si liberò completamente dalla sovranità ottomana. In questo contesto emerse la figura di Mustafa Kemal Atatürk, un ufficiale del precedente esercito ottomano e veterano della guerra di Libia.

Nel 1923 viene fondata la Repubblica turca e Mustafa Kemal Atatürk è nominato Presidente, carica che mantiene fino alla morte. Sotto la sua guida e i dettami della sua dottrina, il cosiddetto Kemalismo, la Turchia si trasforma formalmente in uno stato moderno, con riferimento molto stretto alle repubbliche occidentali. Tra le diverse riforme attuate da Kemal una delle più importanti è quella linguistica, nella quale la lingua turca viene epurata dai contributi arabi e persiani, per introdurre parole di origine turca o di nuova formazione. Viene inoltre introdotto il suffragio universale, esteso anche alle donne, la riforma del diritto penale, civile ed amministrativo, ed invita il popolo a vestire abiti occidentali¹.

La Turchia non partecipa alla Seconda guerra mondiale, e nel primo Dopoguerra il nuovo Presidente İsmet İnönü, diretto successore di Mustafa Kemal Atatürk, decide di aprire al multipartitismo, abbandonando il sistema a partito unico. Nel 1952 la Turchia entra a far parte della NATO, diventando uno dei paesi cardine dell'alleanza.

¹ Fabio L. Grassi, Atatürk. Il fondatore della Turchia Moderna, Roma, 2008

L'esercito turco ha da sempre giocato un ruolo centrale nella storia moderna della Turchia, diventando custode ultimo dei principi di laicità e occidentalità. Gli ultimi governi della Turchia hanno messo in atto riforme per entrare nell'Unione Europea, a cui è ufficialmente paese candidato dal Consiglio Europeo di Helsinki del 1999; nel 2005 sono iniziati ufficialmente i negoziati per l'ingresso nell'Unione Europea, attualmente sospesi.

Il presidente attuale della Repubblica Turca è Recep Tayyip Erdoğan², che sta attualmente adottando politiche più estremiste, talvolta contrarie ai suoi predecessori.

² Antonello Biagini Storia della Turchia contemporanea, Bompiani, 2002 . William Hale, Turkish Foreign Policy. 1774-2000, Londra 2002. Bernard Lewis, The Emergence of Modern Turkey, Oxford 2002 Hamit Bozarslan, La Turchia contemporanea, Bologna, 2006 . Valeria Fiorani Piacentini, Turchia e Mediterraneo allargato. Democrazia e democrazie, Milano 2006. Jean Paul Roux, Storia dei turchi , Lecce 2010

1.2.1. La Provincia di Kocaeli

La provincia di Kocaeli si trova nella parte Nord-Ovest della Turchia. È situata nel lato orientale del Mar della Marmara, che collega l'Europa con l'Asia, sul Golfo di İzmit. Essa ha un superficie di circa 3.626 km², con una popolazione di 1.78 milioni. È delimitata dalla Provincia di Istanbul (la cui area metropolitana si estende fino al confine Kocaeli-Istanbul) dal Mar della Marmara a Ovest, dal Mar Nero a Nord, dalla provincia di Sakarya a Est, dalla provincia di Bursa a Sud, e dalla provincia di Yalova a Sud-Ovest.

Kocaeli per la sua posizione è considerata la capitale industriale del paese, infatti gode della vicinanza ad Istanbul, della presenza del mare su entrambi i lati della regione, rendendola di fatto un punto commerciale non indifferente. Inoltre Kocaeli dispone di un aeroporto sia ad uso civile che militare, e due università: l'Università Kocaeli e l'Università Tecnica Gebze.

La provincia è divisa in 12 distretti³: Gebze, Körfez, Karamürsel, Golcuk, Kandira, Derince e il distretto centrale di İzmit. Questa è una delle uniche due province della Turchia ad avere un nome ufficiale diversa da quello della sua capitale. Quindi, il distretto principale è İzmit, che a volte viene chiamato anche Kocaeli.

³ I distretti (ilçele) sono divisioni amministrative di secondo livello della Turchia. Le province della Turchia si dividono in 967 distretti.



Fig. 1.08 Individuazione dell'area geografica



Fig. 1.09 Individuazione di İzmit, come punto di passaggio tra Istanbul e Ankara

1.2.2. La città di Izmit

Izmit, anticamente chiamata Nicomedia, è collocata sul Golfo di Izmit, sul Mar della Marmara, a circa 100 km a oriente di Istanbul, nella parte nord-occidentale dell'Anatolia⁴. La città si trova ad un'altitudine di 100m sopra il livello del mare, e occupa una superficie pari a 3524 km². La popolazione della città ammonta a 300,611⁵.

Il clima:

Izmit ha un clima subtropicale umido, con considerevoli influenze mediterranee. Le estati sono calde e molto umide e la temperatura media massima è di circa 29 ° C a luglio e agosto. Gli inverni sono freschi e umidi e la temperatura media minima è di circa 3 ° C a gennaio. Le precipitazioni sono elevate e distribuite abbastanza uniformemente durante tutto l'anno.

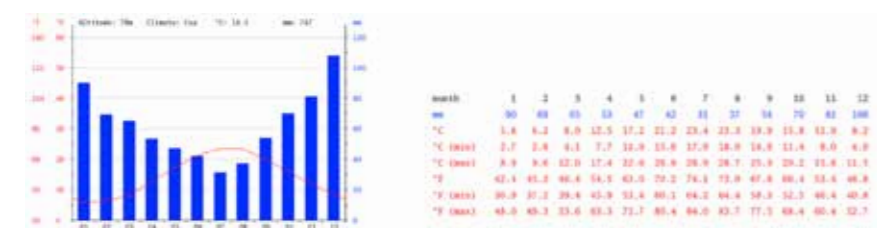


Fig. 1.10 I dati climatici sono stati presi da «Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü»

L'economia:

Izmit è considerata una fiorente città commerciale della Turchia, poiché possiede uno dei maggiori porti industriali del Paese. La sua posizione geografica ha sicuramente favorito il suo sviluppo economico. Difatti si trova lungo la linea ferroviaria dell'Anatolia che collega Istanbul a Ankara, costituendo il primo sbocco sul Mar Nero della penisola Anatolica. Inoltre durante il Novecento molte industrie, a seguito delle politiche di riqualifica urbana che hanno interessato Istanbul, si sono spostate nella provincia di Kocaeli, ponendo la loro sede vicino agli scali portuali e ferroviari.

Durante il periodo Sanjak, a seguito della deforestazione, il legno della città di Izmit fu utilizzato principalmente per la produzione di carbone⁶ e per la costruzione dei binari della ferrovia.

Durante gli anni '20, l'area era nota anche per la produzione di lenzuola. Le fabbriche erano rare a quel tempo, quindi la maggior parte della biancheria era fatta a mano. Poiché la domanda per questi prodotti era molto alta, si svilupparono le prime industrie tessili del Paese, che soddisfacevano anche la richiesta di tappeti e ricami.

Attualmente la più grande raffineria di petrolio della Turchia ha sede ad Izmit. L'altra importante industria è quella della carta, che si trova sulla sponda opposta al centro storico. Negli ultimi anni la provincia si è sviluppata nell'ambito dell'industria automobilistica turca, ricevendo investimenti da Ford, Hyundai, Honda e Isuzu. Oggi la provincia di Kocaeli ha attirato più di 1.200 investimenti

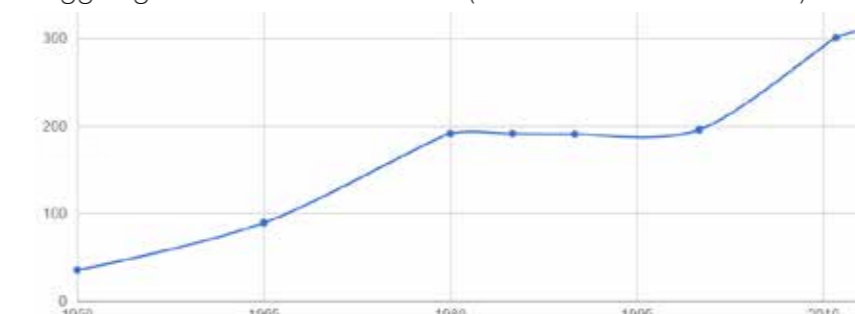
industriali. Il Financial Times, dato numero sempre crescente di investimenti esteri, ha eletto Kocaeli tra le 25 regioni europee del futuro per il 2006-2007⁷.

Indagini demografiche

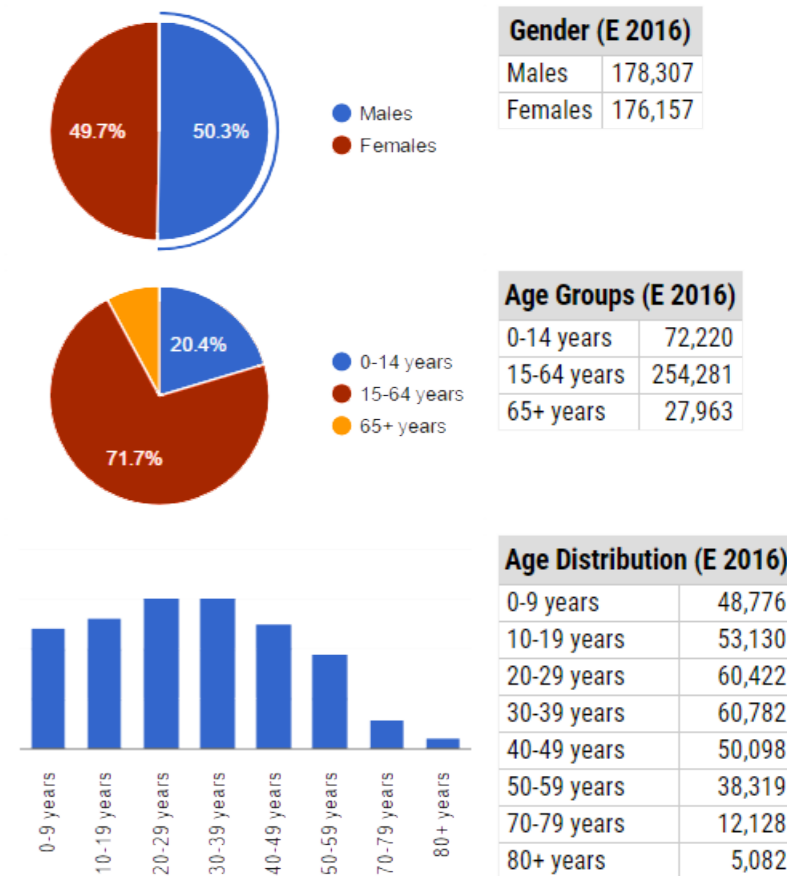
Il centro di statistica della Repubblica Turca riporta che attualmente la popolazione di Izmit è di 354000 abitanti, circa lo 0,4 % della popolazione turca. Il picco di crescita della popolazione è avvenuto fra il 2000 e il 2010.

Come si evince dai grafici riportati a lato, la popolazione è divisa ugualmente fra i due sessi, e l'età media è compresa fra i 15 e i 60 anni. La maggior parte della popolazione è locale, sebbene negli ultimi anni la forte immigrazione dei cittadini dai Paesi coinvolti nei conflitti bellici verso la Turchia, come Siria e Iran, ha creato diverse comunità etniche.

A seguito dell'attuale tasso di crescita, la popolazione di Izmit raggiungerà i 418.079 nel 2018 (Istituto di statistica Turco).



Graf. 1.02 Crescita demografica di Izmit - fonte: State Institute of Statistics, Republic of Turkey.

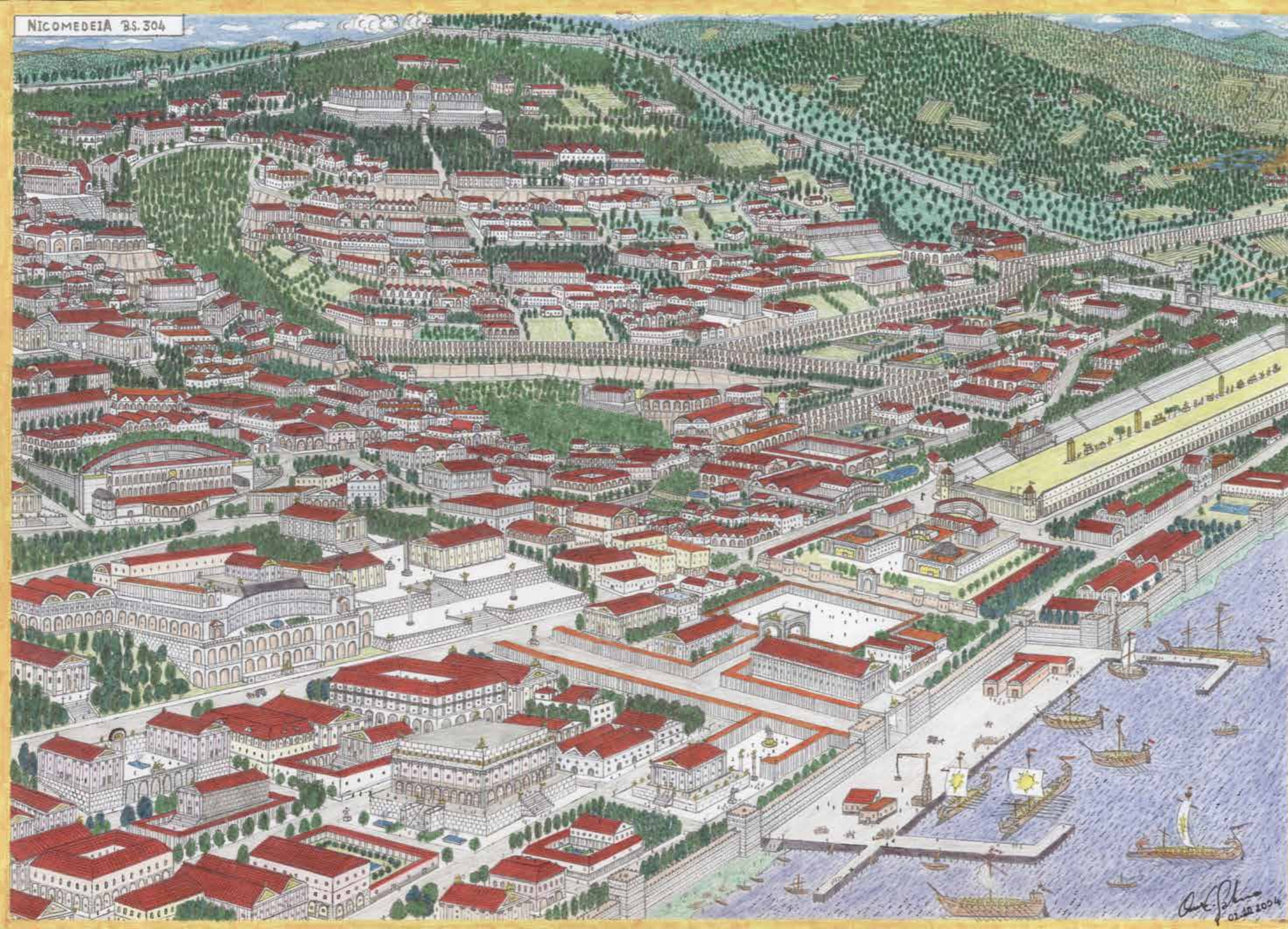


Graf. 1.01 Dati demografici - fonte: State Institute of Statistics, Republic of Turkey.

4 Le coordinate geografiche di Izmit sono rispettivamente 40°46'N 29°55'E
5 Il dato riportato risale al censimento del 2011

6 Prothero, G.W. (1920). Anatolia. London: H.M. Stationery Office.

7 Di Magazine: European Regions of the Future



1.3. EVOLUZIONE STORICA

1.3.1. Astaco, la prima colonia greca della penisola Anatolica.

Il territorio dove ora si trova la città di Izmit era chiamato "Bitina" nei tempi antichi. Bitinia era abitata dai Bebrykes durante i secoli bui (dal 1200 a 800 a.C.). Tuttavia non abbiamo nessun documento scritto esistente di quel periodo.

I Frigi⁸, che erano chiamati Brigians nella nativa terra di Tracia, si erano insediati nell'Anatolia interna e occidentale. Vissero in quei luoghi per molto tempo senza, però, formare un'organizzazione statale e politica, non riuscendo quindi ad esercitare la loro supremazia sulle altre popolazioni della regione. Infatti i navigatori Megari, provenienti dalla Grecia, riuscirono a fondare numerose colonie sulle coste dell'Anatolia (III sec. a.C.), senza subire il controllo dei Frigi.

Tra le colonie greche in Anatolia, Astaco fu il primo insediamento della regione. Si trovava a Sud dell'attuale Izmit in una località oggi chiamata Basiskele, e divenne una fiorente città portuale. Su un lato delle monete di Astaco, viene raffigurato Olbia, il dio fondatore mentre l'altro lato rappresenta un'aragosta che è il simbolo della città. Infatti la parola Astaco, in greco arcaico significa crostacei, la cui pesca era una delle attività commerciali più redditizie della città.

Fig. 1.11 A lato: Nicomedia

⁸ Popolazione indoeuropea storicamente stanziata in Anatolia occidentale, nella regione che da loro prese il nome di Frigia

Il geografo greco Scilace, raccontando dei suoi viaggi, spesso utilizza anche il nome Olbia invece che Astaco. Izmit viene chiamata Astaco o Olbia fino al 712 a.C. quando prese il nome di Nicomedia.

I Frigi non riuscirono a resistere agli attacchi dei Cimmieri⁹, così il loro regno cadde gradualmente in decadenza tra il 695 e il 625 a.C.. Astaco in seguito a diversi saccheggi fu occupata da un'altra colonia Megaria, i Calchedoni.

Il regno dei Lidi¹⁰, fondato nel 680 a.C. in Anatolia, fiorì molto più rapidamente rispetto quello dei Frigi, e si espanse lungo le coste del Mar della Marmara e del golfo di Izmit, conquistando anche Astaco.

Durante le guerre persiane Astaco resistette agli attacchi dell'esercito persiano nel 435 a.C. prendendo parte all'unità Lega delio-attica¹¹.

1.3.2. La nascita di Nicomedia

La Bitinia proclamò la sua indipendenza dalla Magna Grecia nel 344 a.C., appena dopo che Alessandro Magno¹² sconfisse l'esercito persiano sul torrente Granico. Grazie alla sua posizione agevolata, la Bitinia non venne coinvolta negli scontri tra Alessandro il Macedone e la Persia, agevolando così la sua espansione.

⁹ Antica civiltà che occupava la zona meridionale dell'odierna Ucraina

¹⁰ Popolo indoeuropeo che abitò la terra di Lidia dal VII secolo a.C. Facevano parte del gruppo anatolico ma hanno subito una forte influenza greca.

¹¹ Confederazione marittima costituita da Atene e da varie città-stato greche, nel 478-477 a.C., durante la fase conclusiva delle guerre persiane.

¹² Militare e Re di Macedonia (356-323 a.C.)

sione fra.326 e il 279 a.C..

Dopo la morte di Zipote, re di Bitinia, suo figlio maggiore Nicomede salì sul trono (279-250 a.C.), uccidendo tutti i suoi fratelli. Zipotes II, unico fratello che riuscì a salvarsi dal massacro figlio, fuggì ad ovest di Kocaeli, nella parte nord di Bitinia, e organizzò un, raggiungendo un accordo con Seleucide¹³.

Nello stesso periodo la potenza dei Galati¹⁴, provenienti dalle regioni dell'Europa centrale e stanziati radunati nella parte settentrionale del Mar della Marmara, era aumentata. Infatti nel 264 a.C. avanzarono su Astaco per saccheggiarla e distruggerla.. Nicomede ricostruì la città di Astaco sulle ceneri della precedente, dandole il suo nome in suo onore. Trasferì la capitale della Butinia a Nicomedia che dopo 150 divenne una delle città più fiorenti del mondo ellenistico.

Durante il periodo di Nicomedio III (94-74 a.C.) la Bitinia divenne colonia romana. Pompeo¹⁵, governatore romano delle terre asiatiche, fu incaricato dall'imperatore di inviare a Roma tutti i tesori e le opere d'arte della Bitinia. A seguito di questo evento si concluse la storia del Regno di Bitinia.

13 Dinastia ellenistica che regnò sulla parte orientale dei domini di Alessandro Magno, dopo la sua morte
14 Chiamati anche Galli dai Romani, erano un popolo celtico che prese parte alle spedizioni celtiche nei Balcani del III secolo a.C. e che si stanziò dapprima in Tracia e in seguito nella regione che da loro prese il nome di Galazia.
15 Militare e politico romano

1.3.3. Gli anni dell'impero Romano

La città di Nicomedia ed i suoi dintorni furono fortemente danneggiati durante le guerre di conquista dell'impero romano. Ciò nonostante Nicomedia continuò a essere una città ricca con fiorenti attività commerciali e portuali, Infatti in seguito alla vittoria di Roma, vennero ricostruiti i porti e fu innalzato un tempio dedicato all'imperatore Augusto e alle divinità romane.

L'Imperatore Adriano ricostruì la città dopo il terremoto nel 123 d.C.. Egli fu soprannominato "Restitutor Nicomedia" (il restauratore di Nicomedia) dall'assemblea cittadina.

Durante il regno dell'imperatore Caracalla¹⁶, fu costruito un ippodromo e un gymnasium. Le celebrazioni per il cinquecentesimo anniversario della fondazione della città si sono tenute durante il regno dell'imperatore Gordiano.

I Goti¹⁷, provenienti dai Balcani, entrarono in Asia Minore durante il regno dell'imperatore Valeriano (253-260 d.C.) ed iniziarono a saccheggiare le varie città. Durante il ritorno, dopo la demolizione di Bursa, i vandali Goti distrussero nuovamente Nicomedia.

L'imperatore Diocleziano (284-305 D.C.) proclamò Nicomedia capitale della Roma orientale. Durante questo periodo la città fu restaurata a seguito dei danni provocati dalle invasioni dei Goti. Nel frattempo, l'ubicazione della città si spostò verso Oriente. Questo fu un periodo di grande splendore per Nicomedia, e la città venne

16 Imperatore romano, appartenente alla dinastia dei Severi, che regnò dal 193 al 217, anno della sua morte.
17 Tribù germaniche orientali

arricchita con molte opere: vennero costruiti un ippodromo, il palazzo dell'imperatore, un tempio, un bagno termale e un cantiere navale. Inseguito venne eretto anche un tempio, un altare ed una statua dedicati alla dea Demetra. Nicomedia divenne allora la quarta città per grandezza dell'Impero Romano dopo Roma, Antiochia e Alessandria.

All'inizio di IV secolo dopo Cristo l'imperatore Massimino Daia era diventato un sostenitore della cristianità, nonostante fosse pagano, per accattivarsi il favore della gente. Egli chiese al governatore di Nicomedia di liberare i cristiani che erano stati arrestati e emanò un decreto legislativo che ufficializzava il Cristianesimo. Tuttavia i pagani si opposero al decreto e riuscirono a esiliare i Cristiani da Nicomedia.

Nicomedia fu scelta anche dall'imperatore Costantino¹⁸ come sede di un nuovo palazzo e di una nuova basilica in onore di sua moglie e di sua figlia.

Il 24 agosto del 358 la penisola Anatolica fu interessata da un fortissimo terremoto, al quale si susseguì un incendio distruttivo che durò per 50 giorni, bruciando quasi l'intera città. Un altro terremoto avvenne nel dicembre 362, distruggendo gli edifici sopravvissuti al primo.

L'Impero Romano venne diviso in due da Teodosio I¹⁹ nel 395, e Nicomedia fu inclusa nell'Impero Romano d'Oriente, la cui capitale era Costantinopoli, l'attuale Istanbul. La crescita della

18 Imperatore romano che fondò Costantinopoli, la nuova capitale d'Oriente
19 L'ultimo imperatore romano a regnare su di un impero unificato e fece del Cristianesimo la religione unica e obbligatoria

nuova capitale avvenne contemporaneamente alla diminuzione dell'importanza di Nicomedia nel mondo antico.

La maggior parte delle grandi opere del periodo romano sono andate distrutte durante le guerre e i terremoti, o semplicemente non sono sopravvissute allo scorrere del tempo. Gli unici resti che oggi si possono visitare, sono parti delle mura cittadine, dell'acquedotto di una fontana monumentale e di una cisterna.

1.3.4. Dalla nascita dell'impero Ottomano all'istituzione della Nuova Repubblica Turca

Nell'XI secolo d.C. Nicomedia fu conquistata da Solimano Shah, figlio di Kutalm, e Mansur suo fratello, provenienti dalla Siria. Essi fondarono l'impero Selgiuchide, conosciuto anche come l'Impero Musulmano Sunnita di Anatolia. Nel 1085, l'imperatore di Bizantino Alessio I, riconquistò la costa meridionale di Marmara e con essa anche Nicomedia. Inizia così il periodo delle crociate.

I crociati²⁰ saccheggiarono tutti i villaggi e che si trovavano sul Golfo di Izmit, tra cui Nicomedia. I crociati, si diressero alla conquista di Dorylaion, antica città turca dell'Anatolia, dove dovettero fronteggiare la resistenza turca. La città rimase sotto il dominio bizantino fino al 1337.

Orcano I, il capo del nascente impero Ottomano, si impadronì di Bursa nel 1326. Nel 1327 Akçakoca Bey, comandante turco, si stabilì nella parte Sud del golfo di Izmit e nel 1331 mise sotto assedio la città di Nicomedia, fallendo grazie alle truppe bizantine.

20 Militari di origine cristiana aventi partecipato alle crociate

Poiché i saccheggi e gli attacchi non cessarono, nel 1333 la maggior parte delle fortezze nei pressi di Nicomedia si consegnarono volontariamente al nascente impero ottomano. Nicomedia, durante la carestia del 1337, consegnò la sua resa agli ottomani. Da questo momento Nicomedia divenne una sajak²¹ dell'Impero Ottomano. Solimano Pasha è stato il primo bey sanjak²².

Il popolo di Izmit creò una forza resistenza contro l'esercito comandato da Mirza Ebubekir²³. Grazie ad un'alleanza con i bizantini Mehmed Çelebi sconfisse i suoi fratelli e riuscì a salire al trono nel 1413.

Tra il 1413-1421 la città visse un periodo di crescita economica e di espansione urbanistica, ma in seguito ad un forte terremoto avvenuto tra Istanbul e Izmit crollarono le moschee più importanti e oltre trecento abitazioni private, tra cui quella di Solimano Pasha Medresseh.

Sotto il regno di Solimano il Magnifico e in seguito del figlio Selim II, tra il 1572 e il 1579 venne eretta nel cuore di Izmit la moschea Pertev Mehmet Pasha, in onore del secondo Visir, su progetto dell'architetto Mimar Sinan,

Nel 1592 la popolazione di Izmit fu dimezzata da un'epidemia di peste. Inoltre le condizioni climatiche avverse nell'inverno del 1621, che congelarono l'intero Golfo di Izmit crearono una forte crisi economica. I prezzi degli alimenti aumentarono a causa della

21 Suddivisione turca delle province
 22 Capo della provincia
 23 Condottiero inviato da Tamerlano, fondatore dell'impero timuride, che vinse la guerra di Ankara nel 1402

mancanza degli approvvigionamenti.

Durante il periodo tra il 1648 e il 1687, sotto il potere di Murad IV²⁴, il condottiero georgiano Abdünnebi si mise in cammino verso Izmit. Le autorità ufficiali cercarono di soffocare la ribellione scavando trincee nel circondario mentre attendevano gli aiuti da Istanbul. Abdünnebi si ritirò quando capì che la sconfitta era definitiva e fu ucciso nel 1659. Un altro comandante Ottomano, Abaza Hasan Pasha, si ribellò nel 1651 e saccheggiò Izmit e i suoi dintorni, aggravando la situazione ormai critica della città.

Durante il regno di Ahmed III²⁵, sotto il Gran Visir Damat Ibrahim Pasha, Izmit visse un periodo di prosperità, ma che non durò a lungo: durante il terremoto del 1703 fu distrutta e i cantieri navali furono dismessi.

Fino al XIX secolo non vi furono eventi significativi, e la città poté continuare serenamente il suo sviluppo economico. Nel 1843 era possibile navigare tra Izmit e Istanbul. Il primo tratto della ferrovia Anatolia-Bagdad, chiamato Haydarpasha-Izmit, fu inaugurato nel 1873. In questo periodo la maggior parte della popolazione era musulmana. Gli armeni, i greci e anche gli ebrei erano solo una piccola minoranza. Nel periodo 1855-1864 i Circassi²⁶ facevano parte della popolazione locale.

Durante la Guerra fra Ottomani e Russi nel 1877-1878 la popolazione islamica che migrò dalla Romania e dal Mar Nero orientale si stabilì nella provincia di Kocaeli.

24 Sultano dell'impero ottomano, l'ultimo a regnare sull'impero all'apogeo
 25 Sultano dell'impero ottomano dal 1703 al 1730
 26 Popolazione storica del Caucaso, che nel 1864 venne conquistata dalla Russia

Nel 1888 Izmit acquisì lo status di sanjak indipendente. Selim Sirri Pasha, primo mutassarif²⁷, migliorò il sistema stradale carrabile e bonificò la costa al fine di contenere i focolai di malaria.

La città fu nuovamente colpita da un terremoto il 10 luglio 1894.

Durante la Prima guerra mondiale Izmit fu invasa dall'Inghilterra il 20 novembre 1918, poi dai Greci nel 1920 Al termine del conflitto mondiale Izmit tornò a far parte dell'Impero Ottomano.

La provincia di Kocaeli è stata fondata il 20 aprile 1924 subito dopo la proclamazione della Repubblica Turca.

L'ultimo terremoto che scosse la città fu quello del 19 Agosto 1999.

27 Autorità amministrativa di ogni sangiacato, nominato direttamente dal Sultano ottomano.



Fig. 1.12 Carta storica del 16-19 secolo



Fig. 1.13 Resti archeologici

1.4. ANALISI URBANISTICHE

Come si evince dai paragrafi precedenti, Izmit ha subito nel corso del tempo numerose trasformazioni, l'ultima delle quali molto recente. Nel 1999 la maggioranza degli edifici della città di Izmit sono crollati a causa di un forte terremoto, passato alla storia con il nome di Terremoto di Marmara. In seguito a questo avvenimento la città è stata ricostruita molto velocemente, inoltre nei primi anni del 2000 la forte crescita demografica ha esercitato una grossa influenza nel settore edile. Purtroppo la città è cresciuta priva di un piano urbanistico idoneo che salvaguardasse le aree verdi e gli edifici storici. Attualmente la città si presenta come un grosso insieme molto compatto di edifici residenziali e amministrativi, spesso con materiali edili molto economici. Nel corso degli anni la costa è lentamente avanzata, allontanando il centro cittadino dal mare. Questa situazione si è aggravata dalla realizzazione dell'autostrada che collega Ankara ad Istanbul. L'oggetto di studio della presente tesi, la Moschea Pertev Pasha, è sito fra l'inizio della zona antistante il mare e il centro storico.

Ai fini della valorizzazione della Moschea si è ritenuto necessario approfondire lo studio del tessuto urbano facendo tesoro dell'esperienza diretta, ma anche mediante l'uso di mappe.

Prima di procedere all'illustrazione delle diverse analisi urbanistiche, si ritiene opportuno descrivere gli effetti devastanti del terremoto del 1999 sulla città.

1.4.1. Il terremoto del 1999

La Turchia, assieme all'Italia e alla Grecia, è un paese ad altissimo rischio sismico. Quasi tutta la Turchia storicamente è stata interessata da potenti terremoti che hanno portato morti e gravi devastazioni. La causa di questa grande esposizione ai fenomeni sismici è da attribuire alle tante faglie che bordano l'altopiano turco, con una contiguità di strutture sismogenetiche fino all'Armenia, all'Iran e al versante più occidentale dell'imponente catena dell'Himalaya (che non per caso sono considerate delle aree ad alto rischio di forti terremoti, anche oltre i 7.5 – 8.0 Richter).

L'ultimo forte terremoto che ha devastato la Turchia in tempi recenti è quello del 17 Agosto 1999 che distrusse numerose città sull'altopiano turco occidentale. Anche quel sisma fu localizzato lungo una faglia appartenente alla struttura sismogenetica dell'Anatolia settentrionale, la meglio nota faglia Nord-Anatolica, la responsabile dei gravi disastri che ciclicamente flagellano il territorio turco.

Durante il terremoto del 1999 interi edifici furono rasi al suolo e le linee elettriche e telefoniche furono interrotte da una forte scossa sismica che costrinse i residenti colti dal panico a riversarsi nelle strade. Secondo il Centro informativo sui terremoti nazionale il sisma raggiunse una magnitudo 7,8 Richter. L'epicentro fu localizzato tra Izmit e Bursa, circa 100 km a est di Istanbul, dove si incendiò una raffineria di petrolio. Il numero di feriti fu molto elevato in particolare a Golcuk, e nelle città di Derince e Darica, entrambe ad ovest di Izmit. Anche il grosso centro di Adapazari, a nord est del lago di Sapanca, fu colpito seriamente dal sisma.

A poche ore dall'evento il numero delle vittime cresceva significativamente e cominciavano a giungere anche le prime valutazioni dei danni, mentre si continuava a lavorare per ripristinare le linee di comunicazione con città e villaggi interrotte dal terremoto. Il 18 agosto, mentre le unità di soccorso erano impegnate incessantemente nell'opera di rimozione dei detriti, i vigili del fuoco furono costretti a lottare contro un incendio di grosse proporzioni, scatenatosi nella raffineria di petrolio di Izmit, la più grande della Turchia. Furono anche impiegati aerei che scaricarono ritardanti chimici sulle fiamme che minacciavano l'intero impianto. Se le fiamme non fossero state contenute immediatamente, il rischio di un'esplosione sarebbe stato molto elevato.

Almeno 20.000 persone morirono, in gran parte schiacciate dal crollo degli edifici. Quasi 50.000 rimasero gravemente ferite, e successivamente i morti salirono a un numero compreso fra i 30 e i 40.000. L'intera Turchia rimase senza elettricità. Furono evacuati gli abitanti in un raggio di 5 chilometri. Approssimativamente 600.000 persone rimasero senza casa, e metà di queste finirono per vivere in strada.

Durante il terremoto la Moschea Pertev Pasha non subì gravi danni strutturali. Meno fortunata fu l'altra moschea cittadina, che completamente rasa al suolo, fu ricostruita.



Fig. 1.14 Conseguenze del terremoto del 1999



Fig. 1.15 Conseguenze del terremoto del 1999



Fig. 1.16 Analisi dei pieni e dei vuoti

1.4.2. L'impianto urbanistico

L'impianto urbanistico di izmit segue la stessa conformazione di quello delle città turco-islamiche. È caratterizzato da strade ortogonali fra loro, dirette verso i quattro punti cardinali (Nord, Ovest, Est e Sud), che nella loro tradizione simboleggiano i 4 elementi (Acqua, Fuoco, Aria e Terra).

La strada principale, quella che corre da Est a Ovest, è parzialmente pedonale, ed è considerata la strada commerciale. La strada parallela è la vecchia linea costiera. Difatti è caratterizzata da una serie di edifici di epoca ottomana che venivano utilizzati come magazzini portuali e deposito per le barche.

La linea ferroviaria, inizialmente passante per il centro cittadino, attualmente separa il centro dalla costa, ormai distante un paio di km. Questa forte separazione è accentuata anche dalla presenza dell'autostrada. La costa e il centro sono collegati attraverso tre ponti pedonali, di recente costruzione.

Gli edifici, con esclusione di quelli religiosi, i sono disposti in blocchi molto addensati tra loro. Le mosche inoltre si identificano facilmente sul planivolumetrico sia perché orientate verso la Mecca, sia perché circondate da n piccolo spazio verde adibito a parco.

L'assetto stradale all'interno del centro non è ben organizzato, e spesso si formano zone di congestione che mettono a rischio la circolazione dei pedoni.

Alcune vie della città riportano il tracciato di una pista ciclabile che pro non viene utilizzata perché sconnessa in vari punti e spesso ostruita dalle macchine parcheggiate.

Nell'ultimo anno (2016-2017) è stato avviato il progetto della costruzione di una rete tranviaria che attraversa la città, nella speranza di ridurre l'uso delle macchine.

Analisi dei pieni e dei vuoti

Lo studio del tessuto urbano di Izmit è stato effettuato mediante l'analisi degli spazi definiti "Pieni", ovvero il costruito, e degli spazi "Vuoti", ovvero le strade e la parte di territorio non edificato.

Da questa analisi è emerso che la superficie del centro abitato è fortemente antropizzata. Osservando la tavola di progetto nella pagina precedente "Analisi dei Pieni e dei Vuoti", è possibile cogliere la presenza di numerosi edifici molto addensati tra di loro. I parchi e le aree intorno alle moschee permettono di trovare delle zone di respiro in un contesto così denso.

La parte del lungomare è invece caratterizzata da un grande spazio vuoto, attualmente occupato da un parcheggio, e che durante il Workshop è stato definito Black Hall (buco nero) proprio per la mancanza di destinazioni d'uso

L'impatto degli edifici e l'analisi delle funzioni

Come abbiamo visto precedentemente, la zona del centro storico è fortemente urbanizzata, la maggior parte degli edifici presenti sono molto alti: genericamente tra i 4 e gli 8 piani arrivano anche a raggiungere i 12 piani. Sono prevalentemente composti dal piano terra a destinazione commerciale e i piani superiore residenziale.

La zona commerciale si sviluppa per lo più lungo il grande boulevard che attraversa la città da Est a Ovest. Sulla stessa strada si trovano le scuole più importanti e l'Università di Kocaeli.

Non vi sono spazi definiti per i mercati cittadini, che trovano invece posto lungo le strade secondarie del centro storico, spesso creando disagi per la circolazione di pedoni e veicoli.

La parte del lungomare è per la maggior parte non edificata tranne per alcuni edifici a destinazione ricettiva lungo la costa, e il nuovo impianto sportivo nella parte Ovest.

Allontanandosi dal centro della città ci si addentra nella zona più industriale dove è presente una raffineria di petrolio, un cementificio molto importante, la sede della Otosan, produttore di automobili in collaborazione con la Ford. Infine, sempre nella zona periferica, si trova una delle aree più importanti della città, la zona portuale, che ha agevolato la crescita commerciale della città.

Nelle pagine seguenti sono riportate le tavole di analisi.



Fig. 1.17 Il ponte pedonale e la costa



Fig. 1.18 La strada commerciale principale - Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

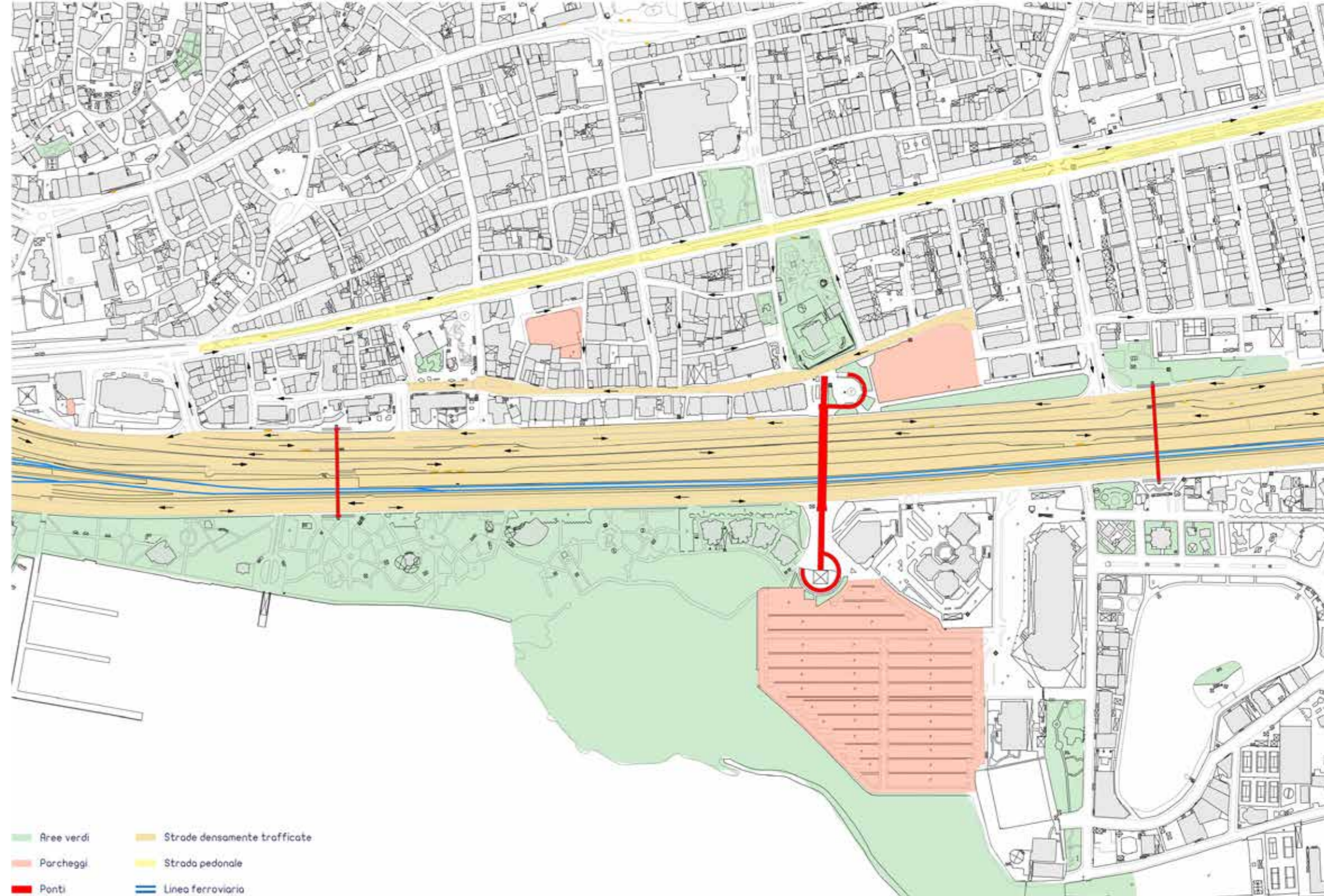


Fig. 1.19 Analisi urbana



Fig. 1.20 Analisi delle altezze degli edifici

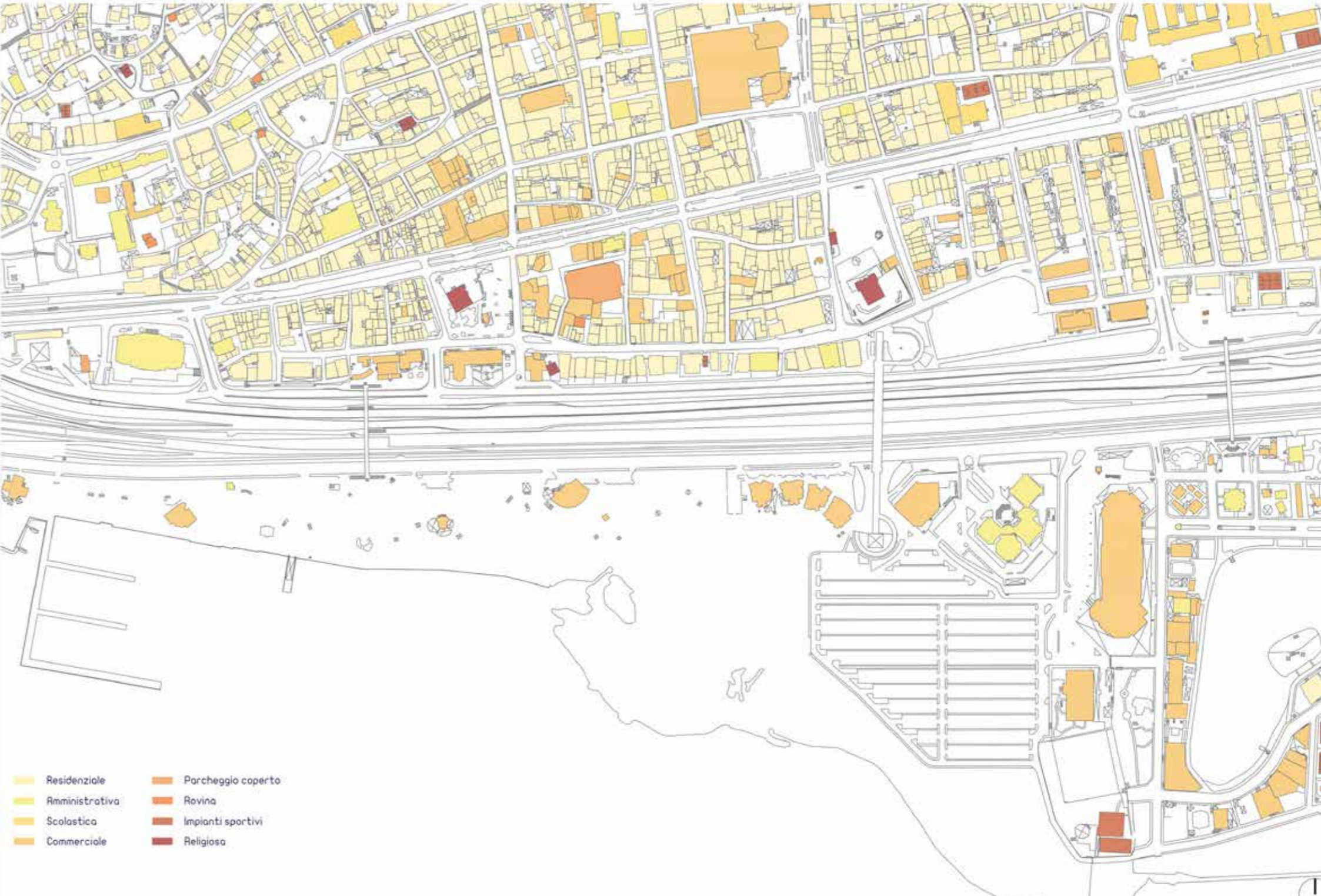


Fig. 1.21 Analisi destinazione d'uso

1.4.3. Proposte di riqualifica urbana avanzate dalla municipalità

Durante gli ultimi anni, spinti da una maggiore sensibilizzazione verso il patrimonio paesaggistico e culturale, la municipalità di Izmit ha avanzato diverse proposte di riqualifica urbana, alcune già realizzate come il Seka park.

Il Seka Park, precedentemente citato, ne è un esempio: ha permesso di mantenere la memoria della fabbrica della carta, elemento molto importante per il passato di Izmit, offrendo un ampio parco verde ai cittadini. Oggi il Seka park è uno dei più grandi parchi urbani al mondo che si estende su un terreno di 500 acri. Comprende un museo della fabbrica della carta, un porto turistico, bar e ristoranti con affaccio sul mare, spiagge, aree ricreative e impianti sportivi. Inoltre in questo parco vengono organizzati incontri, spettacoli di vario genere tra cui quello di luci.

Un altro progetto realizzato è la riqualifica del parco della moschea Fevziye, dopo la sua ricostruzione (2002) avvenuta a seguito del terremoto del 1999. Il progetto della piazza fu eseguito dal Comune di Izmit e consisteva in un piccolo parco con fontane, corsi d'acqua attraversati da ponticelli e un gazebo in legno. Durante la realizzazione del progetto vennero conservati gli alberi già presenti sul territorio, e venne costruito anche un piccolo bar nelle vicinanze.

Nel 2011 anche il parco della moschea Pertev Pasha venne rinnovato dal Comune di Izmit, vennero tolte le balaustre del parco che lo separavano dalla città e venne dotato di illuminazione arti-

ficiale. Inoltre venne creato nel parco anche una piccola postazione destinata a tea garden, per aumentare l'interazione sociale, che nel corso degli anni si è estesa lungo le mura del parco della moschea.

Altri progetti invece sono ancora in via di studio. Si era ipotizzata la costruzione di un piccolo bar che racchiuda le antiche rovine dei bagni, che si trovano nei pressi della moschea Pertev Pasha. L'idea del progetto comprenderebbe la rimozione del piccolo parco giochi costruito proprio dietro le rovine, mentre gli alberi del posto verrebbero conservati e trapiantati intorno alla struttura. La cupola del bar, realizzata in vetro, permetterebbe ai clienti, di godere della vista sulla moschea, mentre un sistema meccanico di apertura e chiusura regolerebbe il confort climatico interno.

Attualmente il Comune sta bandendo concorsi per trovare proposte progettuali per la zona del lungo mare e il vuoto urbano vicino la Moschea pertev Pasha.



Fig. 1.22 SEKA park



Fig. 1.23 Progetto Feziye Park



Fig. 1.24 Illuminazione Yeni Cuma Park

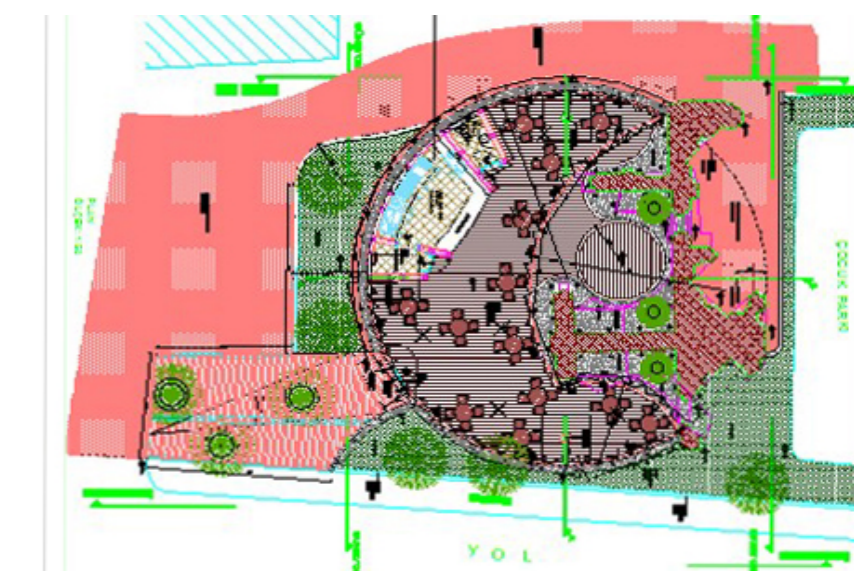


Fig. 1.25 Progetto dei bagni



Fig. 1.26 Moschea Pertev Pasha, Izmit, Kocaeli, Turchia

1.4.4. Il patrimonio architettonico di Izmit

La città di Izmit è ricca di segni lasciati dalla storia e dalle civiltà passate, anche se a questi spesso non viene attribuita l'importanza che meritano, sia dai cittadini che dal Comune. Di seguito è descritta parte del patrimonio architettonico presente nella città di Izmit, che non solo è testimonianza delle vicissitudini della città dal suo passato fino ad oggi, ma costituisce parte fondamentale della base per la proposta progettuale della presente tesi.

La Moschea Pertev Pasha²⁸

La moschea Pertev Pasha, non solo è il punto di riferimento per tutti i fedeli islamici di Izmit, ma è probabilmente il bene architettonico di maggior importanza della città di Izmit. È stata costruita da Mimar Sinan nel 1572, in onore del secondo Visir Pertev Mehmet Pasha, e completata nel 1579. La moschea inizialmente faceva parte di un grande complesso, che comprendeva la moschea, il bagno turco, la fontana, il caravanserraglio, la scuola elementare e la mensa. Tuttavia solo la moschea, la fontana e la scuola primaria sono rimasti fino ad oggi.

A fianco della moschea si possono ammirare le rovine dei bagni per le quali era stato proposto dal comune di Izmit in progetto di un bar, che le inglobasse e le valorizzasse.

La Moschea Fevziye

La Moschea Fevziye durante la sua storia è stata più volte danneggiata da catastrofi naturali, come i numerosi terremoti, e più volte ricostruita parzialmente o completamente. È stata inizialmente costruita dall'architetto Sinan nel 1576 per Mehmet Bey, il ciambellano del Gran Visir Rustem Pasha, a cui era stata dedicata dopo la sua morte. Poi, a seguito delle varie riparazioni e ricostruzioni, lo stile della moschea è cambiato, e di conseguenza anche il suo nome.

Dopo il grande terremoto che colpì la città di Izmit nel 1719, la struttura a cupola è stata distrutta, ed è stata sostituita con una copertura in tegole. La terza ricostruzione è avvenuta pochi anni dopo, a seguito dell'incendio scoppiato tra il 1756-1757. La moschea è stata ricostruita da Hac Halil AGA. Nel 1836 è stata nuovamente danneggiata da un altro incendio, e ricostruita da Kaptan-i Derya Ahmet Fevzi Pasha. Dato il successo della nuova ricostruzione il sultano Mahmut 2° diede alla moschea il nome di 'Fevziye'. Nel terremoto del 1894 la moschea è stata nuovamente distrutta. Infine, a causa del terremoto della Marmara del 17 agosto 1999 crolla nuovamente. Le nuove fondazioni furono posate il 26 aprile del 2002, e la moschea fu aperta alla preghiera il 30 gennaio 2004. Durante l'ultima ricostruzione, è stato preparato anche il progetto del parco adiacente alla moschea, Fevziye Moschea Park, disposto su una superficie di 10 mila m², ora trasformato in un centro ricreativo con un laghetto, un ruscello naturale e dei tea garden.

²⁸ Si rimanda al capitolo 7 per una descrizione più approfondita della moschea, della sua storia e dell'architetto Sinan

La torre dell'orologio

La torre dell'orologio di Izmit è una delle molte torri costruite in tutto l'impero ottomano a seguito del decreto inviato ai governatori di ogni provincia, per commemorare il 25° anniversario dell'ascesa al trono del sultano Abdülhamid II. È stato progettato dall'architetto Vedat Tek secondo l'ordine di Musa Kazım Bey, governatore di Izmit e completata nel 1901.

La torre dell'orologio è in stile neoclassico, e si trova proprio di fronte al Padiglione Hunkar dedicato al Sultano Abdülaziz, si sviluppa su quattro piani con dimensioni di 3,65 m × 3,65 m. Il piano terra è decorato da varie fontane, mentre l'orologio si trova all'ultimo piano. Tutte e quattro le facciate sono decorate con il sigillo del Sultano Abdülhamid II. La copertura a forma di cono è ricoperto di piombo, medesimo materiale che troviamo per la copertura della cupola Pertev Pasha.

La torre dell'orologio ha assunto un ruolo molto importante della storia di Izmit durante il XX secolo, tanto da diventare uno tra i simboli principali della città.

Gli edifici ottomani

Un'altra importante testimonianza lasciata dall'impero ottomano sono una serie di edifici che in passato si trovavano sulla costa e venivano utilizzati come deposito delle barche. Attualmente tali edifici sono "schiacciati" fra quelli più moderni, che con le loro altezze e i loro materiali non ne esaltano il valore storico-architettonico.

Inoltre spesso sono privi di destinazioni d'uso o sono inagibili, ed è visibile uno stato avanzato di degrado che non interessa solo le superfici, ma molto probabilmente anche il sistema strutturale.

La Public House

La Public House si trova in una zona centrale della città, sulla strada principale, di fronte alla moschea Feziye. La costruzione della Public House di Izmit è iniziata nel 1938 dall'architetto Seyfi Arkan ed è stata terminata il 21 Febbraio 1943. La struttura è formata da due corpi principali, collegati da un grande corridoio. All'interno dell'edificio sono poste varie funzioni tra cui delle sale conferenze e un ristorante. Il ristorante è situato in corrispondenza della facciata curva, che all'epoca, si trovava a ridosso del mare, mentre la sala conferenze è rivolta verso la strada principale, ed è fornita di uscite laterali.

La Casa del Popolo è ancora oggi un punto di riferimento molto importante per la città di Izmit, si sono infatti iniziati dei lavori di restauro e manutenzione dell'edificio.

La fabbrica del tabacco e il parco Belediyesi

La città di Izmit ha sempre avuto un'importanza non solo dal punto di vista economico-commerciale, per la sua posizione privilegiata, ma anche industriale. Nel parco di Belediyesi ad Izmit vi è traccia di questo passato: al centro del parco si erge una parte della muratura in mattoni dell'antica fabbrica di tabacco, ora per gran parte coperta dall'azione infestante dell'edera. Il parco è attrezzato con un'area dedicata ai giochi per bambini, un gazebo dove

rilassarsi, ed una fontana per la zuppa. Il parco inoltre è situato di fronte ad un centro commerciale ed è quindi molto sfruttato dai locali.

La fabbrica della carta e il nuovo parco SEKA

La fabbrica più importante nella storia della città è sicuramente la fabbrica SEKA (Società per la cellulosa e la carta), il cui nome ora è stato dato al parco dove si trovava questa fabbrica.

Al momento della proclamazione della Repubblica, nel 1923, la Turchia era completamente priva di una struttura industriale. Fu lo Stato a promuovere la politica di industrializzazione con la creazione di una serie di installazioni industriali chiamate a fornire al paese alcuni prodotti chiave, quali cemento, cotone, farina, carta. È all'interno di questo contesto che nel 1936 venne fondata la SEKA con l'obiettivo di soddisfare il fabbisogno di carta e cellulosa del Paese. Situate generalmente al di fuori delle aree metropolitane principali, le fabbriche di Stato avevano anche l'ambizione di favorire processi di trasformazione a livello sociale ed culturale. Nel 1937 alla SEKA venne fondata anche una squadra di canottaggio femminile. Inoltre nella fabbrica vi era anche una scuola di formazione professionale. Nei decenni successivi le industrie di Stato hanno continuato ad avere un ruolo di primo piano nella struttura industriale del Paese. Proprio gli anni '70 furono per la SEKA un periodo di grande dinamismo, con i suoi 7.500 dipendenti distribuiti anche tra diverse succursali sparse in tutto il Paese, e di importanti aumenti della produttività. Il clima è radicalmente cambiato negli anni '80, quando la Turchia ha intrapreso la sua rivoluzione liberista fondata sul rafforzamento

del settore privato ed una struttura economica integrata con i mercati internazionali e fortemente orientata verso le esportazioni. Questa rivoluzione, fortemente sostenuta da organizzazioni internazionali quali il Fondo Monetario, aveva come condizione imprescindibile lo smantellamento della presenza diretta dello Stato nelle attività produttive, una presenza considerata inefficiente, anche attraverso l'avvio di un vasto piano di privatizzazioni. In realtà negli anni '90 si è prodotta però la paradossale situazione per cui da un lato la breve esperienza di un governo di centro sinistra ha cercato di introdurre criteri di efficienza nella gestione delle industrie di Stato, dall'altro invece le politiche ispirate dal Fondo Monetario miravano a sottrarre gli investimenti necessari al loro riammodernamento. L'obiettivo era quello di arrivare alla totale scomparsa della presenza pubblica nel settore industriale. Nel 1998 di fronte alla perdita di efficienza della fabbrica ed alla mancanza di compratori privati, il governo dell'epoca ne decise la chiusura. Le mobilitazioni che ne sono seguite hanno di fatto portato ad un congelamento della situazione. Fino al gennaio del 2004 quando il governo Erdogan, che ha fatto della privatizzazione uno dei suoi cavalli di battaglia che gli hanno permesso di guadagnare l'appoggio degli ambienti imprenditoriali, ha ribadito la volontà di procedere alla chiusura della SEKA. Una decisione che ha provocato un vasto movimento di protesta che, cominciato con l'occupazione della fabbrica da parte degli operai, si è rapidamente esteso a tutto il paese dove si sono moltiplicate le manifestazioni di solidarietà. Di fronte all'ampiezza del fronte della resistenza il governo, deciso a continuare sulla propria strada, ha preferito arrivare ad un compromesso che evitasse il ricorso alla forza. La proposta di trasferire la proprietà della fabbrica ed i lavoratori al comune di Izmit, trasformando la SEKA in una BIT

(Impresa a Gestione Comunale) è stata sottoposta alla votazione degli operai, che l'hanno approvata a grande maggioranza. Ora la fabbrica della Seka è stata dismessa e trasformata in un parco pubblico di grande valore per la città.

La scuola primaria Ulugazi

La scuola Elementare Ulugazi è un esempio di architettura ottomana, fu costruita nel 1932 su un terreno donato dalla famiglia di Mustafa Koseo Lu. È stata commissionata dal governatore Ashraf Sayyed Hashim Bey, che ne inaugurò il primo anno accademico 1932-1933. Il complesso comprendeva inizialmente due edifici, oggi vanta 30 aule teoriche, 4 laboratori, una palestra, una biblioteca e una sala conferenze, ed è considerato una delle scuole più prestigiose.



Fig. 1.28 Moschea Fevziye



Fig. 1.30 Gli edifici Ottomani



Fig. 1.31 Resti della fabbrica del tabacco



Fig. 1.27 Moschea Pertev Pasha



Fig. 1.29 La torre dell'orologio



Fig. 1.32 Public House



Fig. 1.33 Fabbrica della carta

1.5. IL RESTAURO IN TURCHIA

Italia e Turchia, pur avendo entrambe una storia gloriosa alle spalle, hanno sviluppato nel corso degli ultimi secoli un diverso atteggiamento culturale rispetto alla conservazione fisica del proprio patrimonio storico-architettonico. L'Italia è considerata patria della cultura del restauro mentre la Turchia, soltanto da pochi anni, ha sviluppato un'attenzione specifica per la conservazione tanto da incentivare, complice una straordinaria condizione economica positiva, trasformazioni dei siti monumentali e tessuti urbani storici.

Da statistiche UNESCO, sul patrimonio mondiale culturale e naturale, emerge come la Turchia presenti sul proprio territorio nazionale 13 siti facenti parte della lista sovranazionale mentre sono ben 50 quelli presenti sul territorio italiano.

La salvaguardia e il restauro del patrimonio archeologico turco genera riflessioni teoriche e metodologiche, attraverso il confronto tra leggi di tutela nazionali e documenti internazionali sulla conservazione. Valutando le politiche di conservazione e tutela dei beni culturali di entrambi i paesi, si comprende chiaramente la diversità della linea d'approccio turca, che nonostante sia un paese in pieno sviluppo, ha, in passato, abbandonato i propri beni di interesse storico culturale consentendone in molti casi la demolizione.

Solo recentemente il governo turco ha tentato di collocare suddetti beni in un contesto che li inserisse in un più ampio quadro territoriale e paesaggistico, anche con intenti di valorizzazione turistica

.In realtà lo sviluppo della pratica del restauro in Turchia ha una

storia abbastanza recente che può essere inserita nel lasso di tempo compreso tra la fine dell'impero Ottomano, il Periodo di Tanzimat, fino ad oggi: in questo spettro cronologico avvennero i più significativi cambiamenti politici del paese che determinarono una fioritura culturale ed una consapevolezza dei propri beni monumentali

Durante l'età ottomana la conservazione degli edifici riguardava quasi esclusivamente quelli religiosi, di cui si occupavano le varie istituzioni religiose legate all'islam. Successivamente si assiste alla progressiva crescita dell'influenza della Guardia Imperiale degli Architetti, che si dedica alla costruzione e manutenzione dei numerosi edifici di proprietà del sultano.

Tuttavia il primo insieme di norme relative alla conservazione e alla pianificazione risalgono al periodo di Tanzimat (1839-1876). Ciò nonostante l'insieme di norme di questi due settori non era unico, anzi molto spesso si trovavano in opposizione fra loro. Di conseguenza la conservazione spesso veniva interpretata come ostacolo alla crescita del paese che in quegli anni era caratterizzato da un forte sviluppo nel settore dei trasporti. Vennero dunque pubblicati quattro regolamenti degli Antichi Monumenti (Asar- Atika Nizamnamesi) che si riferiscono alla conservazione e alla tutela delle antiche rovine. Questi regolamenti costituiranno la base della legislazione sulla conservazione del Paese.

Il primo Regolamento degli Antichi Monumenti (1869), includeva solo i reperti ritrovati durante gli scavi archeologici, vietandone l'esportazione e attribuendo il diritto iniziale di acquisto allo Stato Ottomano.

Il secondo regolamento (1874) amplia il primo, introducendo la definizione di "manufatti storici". Si riferiva a tutti i monumenti risalenti al periodo pre-ottomano, pre-islamico e classico.

Il terzo Regolamento (1884) introduce i principi fondamentali della conservazione, e costituisce la base del quadro normativo della Repubblica turca. Amplia la definizione di artefatti storici così da includere tutti i manufatti mobili pre-ottomani di pregio artistico e manufatti immobili, come palazzi, teatri, ponti; ribadisce la proprietà statale dei manufatti. Inoltre, limita per la prima volta i diritti degli utilizzatori sui manufatti, nonché la loro esportazione.

L'ultimo regolamento risale al 1906, e amplia la definizione di "manufatto storico" per includere sia il patrimonio islamico che quello non islamico, come chiese, sinagoghe e monasteri. Inoltre obbliga i cittadini a riferire eventuali scoperte alle agenzie predisposte al censimento e al controllo dei beni. Il quarto statuto resterà in vigore fino al 1973, ovvero anni dopo l'istituzione della Repubblica Turca.

L'organo responsabile dell'applicazione delle suddette leggi diviene il Ministero dell'istruzione, Mentre il Ministero delle Fondazioni Pie (Nezaret-i Evkaf-ı Hümeyun) continua a svolgere il suo ruolo di controllo per gli edifici religiosi.

Sebbene gli statuti siano la base per le attività di conservazione in Turchia, inizialmente non comprendevano indicazioni su come intervenire per conservare e restaurare un bene. Bisogna attendere il 1912 quando fu redatto un primo documento in cui si dichiarava che le mura dei castelli non potevano essere danneg-

giate e si definiva la procedura da seguire per prendere decisioni sugli artefatti storici dilapidati.

Dopo l'istituzione della repubblica turca il 19 maggio del 1923, ci furono notevoli cambiamenti nel settore industriale, nell'istruzione pubblica e nei rapporti socio economici fra Turchia e Europa.

Spinti da un forte senso di nazionalismo la conservazione del patrimonio storico culturale turco divenne uno dei maggiori obiettivi perseguiti dal governo. Parallelamente la rapida espansione degli anni 50 dei settori economici e edilizi portò a un'espansione non controllata dei nuclei urbani, con la conseguente demolizione di molti edifici, alcuni anche di pregio storico. Il vecchio doveva fare spazio ai nuovi edifici e alle nuove infrastrutture che rispecchiavano la modernità e la acquisita democrazia del Paese.

L'attenzione sui nuclei di antica fondazione si manifestò in ritardo rispetto ai vicini europei. Infatti quando la Turchia iniziò il suo percorso, attualmente ancora non concluso, di entrare a far parte dell'Unione Europea allineò la maggior parte delle normative a quelle europee, tra cui anche quelle riguardo la conservazione del patrimonio storico-culturale.

La Turchia difatti prese parte al congresso europeo sull'eredità architettonica tenutosi nel 1975, conosciuto anche come Dichiarazione di Atene. I temi che si discussero durante il congresso riguardarono la conservazione integrata, stabilendo che

"La conservazione del patrimonio architettonico dovrebbe diventare parte integrante della pianificazione urbana e regionale,

anziché essere trattata come considerazione secondaria”.²⁹

L'Alto Consiglio per la conservazione, unico organo responsabile che fa capo al Ministero dell'Istruzione, ha successivamente iniziato a designare siti archeologici e aree di conservazione negli insediamenti esistenti. I piani di sviluppo approvati per questi insediamenti sono diventati invalidi dopo la designazione di un'area. Secondo questo nuovo accordo, i “piani di conservazione” per queste aree dovevano essere preparati entro due anni dalla designazione. L'Alto Consiglio era responsabile della definizione delle “condizioni temporanee di sviluppo” per queste aree. Di conseguenza, i progettisti si sono trovati responsabili di alcuni problemi di conservazione. Il concetto di “Conservation Master Plan” è emerso e per la prima volta è diventato oggetto di discussione.

La dichiarazione di Amsterdam del 1975 ha dunque aumentato significativamente il quadro turco emergente. Inoltre, i suoi principi hanno portato alla creazione di dipartimenti di “Documentazione e designazione” e “Pianificazione conservazione” all'interno della direzione generale di artefatti e musei storici e all'avvio di dibattiti sulla conservazione e la pianificazione.

Tuttavia, sia il settore privato che pubblico hanno mostrato una resistenza significativa nei confronti di questi sviluppi soprattutto perché la società non aveva ancora abbracciato la “conservazione” come necessità. Né i comuni, né i progettisti né i proprietari di proprietà interessati ritenevano fattibili i modelli di pianificazione conservazione che l'Alto Consiglio e i conservatori hanno sostenuto.

²⁹ Si rimanda al capitolo 08 § 8.2 per approfondire i principi della dichiarazione di Amsterdam.

Nonostante l'approvazione delle leggi che tutelavano i beni architettonici, la cultura delle classi medie e superiori, che non considerava la conservazione degli edifici storici come un'attività prestigiosa o economicamente fattibile, ha portato ad un aumento della demolizione e della distruzione degli storici distretti. Questo comportamento era rafforzato dalle esigenze e dalle preferenze residenziali delle classi medie e superiori che miravano a nuove abitazioni ispirate alla vita moderna occidentale.

Di conseguenza, gli edifici storici in vecchi quartieri delle città sono stati abbandonati o venduti. I vecchi quartieri sono diventati territori abitati prevalentemente da immigrati. Inoltre la densità dei quartieri aumentò notevolmente attraverso la divisione in più parti degli edifici storici o attraverso la costruzione di nuovi volumi nei cortili per ospitare più famiglie. Tali modifiche, prive di qualsiasi pianificazione architettonica o urbanistica, hanno accelerato il deterioramento degli edifici storici e hanno causato la perdita dei layout originali spaziali, l'indebolimento strutturale e la sostituzione dei materiali originali e la perdita delle tecniche di costruzione del passato.

Negli anni ottanta il quadro normativo della Turchia sulle pratiche di conservazione dei beni culturali era ancora confuso, e spesso non integrato con il piano di espansione urbana, con la forte conseguenza che la conservazione di bene doveva essere messa da parte per la costruzione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture ispirate al modello di vita occidentale.

Solo nel 2004 quando la Turchia chiese di entrare nell'unione europea, le norme furono adattate a quelle già largamente diffuse

in Europa. Infatti venne aumentata la responsabilità delle singole municipalità nel programma di conservazione, in modo da facilitare tale processo a differenti livelli.

Una delle conseguenze più immediate del processo di europeizzazione della Turchia fu l'istituzionalizzazione del restauro architettonico, che produsse un aumento delle risorse nel settore e coinvolse numerosi investitori stranieri a prendere parte in questo processo. Si sottolinea come ancora oggi siano molti gli investitori italiani nel restauro turco. Molte aziende hanno infatti intrapreso lunghe relazioni internazionali, organizzando convegni e simposi sul tema del restauro in Italia e in Turchia.

I cambiamenti fondamentali furono

- Ristrutturazione della pubblica amministrazione
- Cambio del quadro normativo sulla conservazione
- Cambio di approccio al restauro conservativo delle architetture.

L'obiettivo fondamentale di questi cambiamenti è quello di allineare la struttura amministrativa turca ai principi di governance dell'Unione europea (UE). Il cambiamento fondamentale della conservazione consiste nel dare responsabilità alle municipalità “per la conservazione e la riparazione del patrimonio culturale e naturale”, per “definire la portata dei progetti di rigenerazione e sviluppo urbano, per la fornitura di terreni e alloggi per lo sviluppo, per la conservazione urbana Storia e patrimonio culturale”, e per la l'utilizzo di “strumenti speciali di pianificazione” in questi settori. I comuni di insediamenti con popolazioni superiori ai 50.000 abitanti sono stati autorizzati a designare “aree di conservazione

deteriorate che hanno cominciato a perdere il loro carattere” come “zone di rinnovo”.

Un altro dei principali cambiamenti è stata la ristrutturazione del ministero. I Ministeri della Cultura e del Turismo sono stati amalgamati per formare il Ministero della Cultura e del Turismo. Altri importanti cambiamenti che è opportuno sottolineare sono quelli relativi atto di conservazione (n. 2863). Ad esempio, vengono introdotti nuovi concetti come il piano di sviluppo della conservazione, il piano di gestione, il punto di nexus e la gestione delle aree partecipative. Inoltre vengono istituite nuove agenzie per ridurre il divario fra conservazione e pianificazione all'interno di questa struttura. Ad esempio, i comuni e gli uffici governativi locali potrebbero istituire “uffici di conservazione, attuazione e controllo”, mentre le Amministrazioni Provinciali Speciali potrebbero istituire “uffici di progetto” e “uffici di formazione”.

Ulteriori modifiche sono state apportate nel settore del turismo. Esse influenzano le aree di conservazione in diversi modi. Innanzitutto, sono stati introdotti concetti come le aree di conservazione e sviluppo della cultura e del turismo, le sotto-aree di conservazione e sviluppo culturale e turistico e i centri turistici. In questi settori è previsto un uso misto, compresi quelli culturali, educativi, di intrattenimento, commerciale e residenziale. In secondo luogo, è ora possibile il trasferimento di diritti di accesso, compresi i beni in locazione nelle aree di conservazione e sviluppo agli investitori turchi o stranieri o aziendali.

1.6. IL TEMA DI PROGETTO

Alla luce degli esiti del workshop si è deciso di sviluppare come tema della tesi il restauro conservativo della Moschea Pertev Pasa esso, però, non va inteso come un mero esercizio di tecnica di restauro statico e/o architettonico, ma come l'occasione per mettere in atto tutti quei principi fatti propri dalla "Carta per la salvaguardia delle città storiche", ICOMOS, Toledo 1986, ratificata Washington 1987.

La valorizzazione del tessuto urbano rappresenta dunque il necessario correlato della conservazione, come ricerca di funzioni appropriate esprimenti il bisogno sociale in un coinvolgimento attivo dei soggetti preposti alla sua tutela. Questo coinvolgimento attivo si deve necessariamente confrontare con le specificità della moschea, promuovendone la conoscenza, la proposta d'uso compatibile, il progetto d'intervento

La tutela ed il recupero del bene in parola devono prevedere una rivitalizzazione e una valorizzazione dello stesso, con una re-immissione per un nuovo uso nella realtà contemporanea che non ne pregiudichi però l'autenticità e la sua identità. Riuso, rivitalizzazione e valorizzazione devono avere uno scopo sociale e culturale secondo le nuove esigenze ed in coerenza con il modo di vita contemporaneo

La conservazione attiva della moschea Pertev Pasha può essere attuata tramite differenti tipi di intervento come il controllo ambientale, la manutenzione e riparazioni, il restauro, la ricostruzione, il rinnovo e la riabilitazione e la valorizzazione, ma deve fondare sulla

conoscenza della storia della città in tutti i suoi aspetti senza privilegiarne alcuni ai danni di altri.

La conoscenza approfondita della città storica e del suo paesaggio sono la base imprescindibile per la valutazione di qualunque tipo di intervento teso al restauro conservativo.

L'acquisizione critica della rilevanza dell'insieme urbano e della corralità dei valori architettonici nelle città di Izmit pone oggi l'istanza prioritaria di non limitare la conservazione ai soli edifici monumentali, ma a tutto il complesso di valori costituenti la città nel suo quadro ambientale e territoriale.

Sulla scorta dei suddetti postulati, la tesi si è sviluppata attraverso un percorso virtuoso che dall'acquisizione e dalla rielaborazione di dati riferiti ad una macro area, ovvero alla Turchia intesa come nazione, passando attraverso l'analisi della provincia e della città di Izmit e' pervenuta alla individuazione di una microarea che sarà la protagonista della proposta di intervento. Si è poi indagato la pratica di restauro in Turchia e le politiche di intervento adottate.

Il progetto prevede dunque interventi in grado di accrescere il valore del contesto, ponendo ancora più in risalto il complesso Pertev Pasha, rispettando le esigenze della valorizzazione territoriale nonché' quelle della comunità e quelle connesse con il rispetto e recupero del patrimonio storico culturale.

Gli interventi proposti si articoleranno nei seguenti ambiti:

Urbano

- Creazione di un'area pedonale lungo la strada principale del centro storico che partendo dalla Public House e dalla Moschea Fevziye arriva alla moschea Pertev Pasha. Questa via è quella che in passato corrispondeva con la linea di costa, ed è caratterizzata dalla presenza degli edifici ottomani, un tempo utilizzati come deposito per le barche, che particolareggiano e danno carattere al tessuto urbano mediante l'allargamento dei marciapiedi e il ripristino della pavimentazione;
- Recupero della pista ciclabile e collegamento della stessa al vecchio molo e al mare;
- Realizzazione di nuove aree di parcheggio a ridoss del centro;
- Riqualificazione e miglioramento delle zone verdi;

Funzionale

- Realizzazione della Fabbrica della Moschea, un complesso formato da quattro edifici che si affacciano su un'unica corte interna destinato a fornire i necessari spazi di socializzazione per gli abitanti, dove possano incontrarsi e condividere interessi, rendendo così la città di Izmit più unita anche sotto il livello umano. Il complesso ha quattro funzioni distinte:

- Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione;
- Auditorium;
- Mercato cittadino;
- Tea garden (spazio ricreativo).

Puntuale

- Restauro architettonico e consolidamento statico della moschea Pertev Pasha.

SEZ.

B

RIGENERAZIONE URBANA

02

IL MASTERPLAN

2.1. Strategie progettuali

2.2. Conservazione integrata

2.2.1. Il valore urbano

2.2.2. Il patrimonio urbano

2.2.3. Conclusioni

2.3. Limiti e problematiche riscontrati nello stato attuale

2.3.1. Minacce e Debolezze

2.3.2. Forze ed opportunità

2.3.3. Analisi S.W.O.T della Moschea

2.4. Urban Vision

2.4.1. Rigenerazione del centro storico

2.4.2. Rigenerazione del lungomare

2.4.4. Le nuove funzioni

Una volta terminata la fase di conoscenza si è analizzata l'area di progetto in ogni suo aspetto.

Pertanto in questo capitolo si propone una descrizione dettagliata dello stato di fatto e delle condizioni al contorno con cui rapportarsi nelle fasi successive.

Infine si definiscono le fasi progettuali con particolare attenzione alla rigenerazione del centro urbano e all'inserimento di un centro di ricerca per il restauro e la conservazione.

2.1. STRATEGIE PROGETTUALI

I dati acquisiti nel corso del sopralluogo esperito ad Izmit e le successive analisi hanno evidenziato la necessità di inserire il processo di valorizzazione della Moschea Pertev Pasha in un più ampio progetto di sistemazione urbana delle aree circostanti la moschea stessa.

Pertanto il progetto di restauro della moschea e' stato reso parte integrante degli interventi tesi alla valorizzazione di tutto il centro urbano di Izmit.

In particolare il progetto di conservazione è stato suddiviso nelle seguenti fasi:

- Analisi urbanistiche, che sono state riassunte con un'analisi SWOT;
- Valorizzazione urbana, attuata attraverso obiettivi e strategie che valorizzano le opportunità del sito e risolvono le criticità riscontrate, rispettando le esigenze dei cittadini.
- Indagini sullo stato di conservazione della Moschea;
- Progetto di restauro conservativo della Moschea basato sui principi della conservazione, ovvero reversibilità e minimo intervento..

Il progetto dunque si è sviluppato in maniera gerarchica, dalla macroscala urbana di Izmit, fino all'intervento puntuale di restauro sulla Moschea, simbolo dell'identità di Izmit e dei suoi cittadini.

Il progetto di conservazione è perciò a tutti gli effetti un progetto "integrato" teso a garantire, non solo la tutela degli edifici di pregio

architettonico e ambientale, ma ad inserire la stessa tutela nel più generale tema del rimodellamento della città contemporanea in funzione del preciso obiettivo del miglioramento della qualità della vita, avendo come finalità prioritaria il rispetto dei valori e delle tradizioni locali, non solo di quelle culturali, storico e architettoniche, ma anche di quelle legate alla quotidianità ed attualità

Le suddette premesse costituiscono, pertanto, la base intorno alla quale si è sviluppata l'intera strategia progettuale .

Risulta pertanto opportuno approfondire il concetto di conservazione integrata prima di procedere alla descrizione delle singole fasi progettuali.

2.2. CONSERVAZIONE INTEGRATA

Quando si parla di conservazione integrata, sulla scorta dei tanti accordi e/o leggi internazionali, nonché dei tanti studi e ricerche di settore, non si può non premettere quanto segue:

La conservazione del patrimonio culturale sta diventando una componente sempre più importante nell'epoca dell'economia della conoscenza, perché esalta l'identità, la specificità, la peculiarità, evitando il rischio di omogeneizzazioni e standardizzazioni conseguenti alla globalizzazione. In particolare, la valorizzazione del patrimonio culturale e del paesaggio contribuiscono a costruire un'immagine da "vendere" nel villaggio globale, capace di attrarre nuove attività, nuovi investimenti, nuova forza lavoro specializzata, nuovi turisti, nuovi abitanti ed è un fecondo punto di ingresso per la promozione di uno sviluppo sostenibile. La conservazione

integrata del patrimonio culturale sottolinea la necessità di integrazione tra: antico e nuovo; vecchie funzioni e nuovi usi/attività; valori d'uso e valori di non uso; valori tangibili ed intangibili; breve periodo e lungo termine.

La concezione di "conservazione integrata" ampiamente riconosciuta a livello mondiale (UNESCO, ICOMOS, ICCROM, Consiglio d'Europa, ecc.), pone in evidenza tutti i singoli valori, uniti nella loro complessità e tutelati nella loro unità-identità in unicum che costituisce il valore urbano. Valore urbano che spesso è soggetto a "rischio", ovvero tutto quello che la città può perdere nel caso di una catastrofe naturale, senza escludere anche gli altri rischi ai quali gli insediamenti urbani di antica origine sono soggetti, quali quelli ambientali, come l'inquinamento, o quelli antropici, come il flusso turistico o i forti flussi migratori.

2.2.1. Il valore urbano

Oggi il valore urbano è particolarmente tutelato rispetto al passato dove la tutela era rivolta esclusivamente ai beni architettonici. In Turchia il processo di valorizzazione dei centri storici è iniziato dopo la Dichiarazione di Amsterdam del 1975.

La "Dichiarazione di Amsterdam" del 1975 sancisce che la conservazione del patrimonio architettonico deve essere "uno dei principali obiettivi della pianificazione urbana e dell'assetto territoriale.", definendo la conservazione integrata come l'azione congiunta delle tecniche del restauro e della ricerca delle funzioni appropriate". L'individuazione di nuove modalità d'uso per i beni, implicano l'esercizio della tutela attiva, definita attraverso progetti

di riuso ed adeguamento, anche a fini turistico-culturali.¹

Nell'ambito internazionale la successiva "Carta Internazionale per la salvaguardia delle città storiche" redatta a Toledo nel 1987, ratificata nello stesso anno a Washington, per la prima volta enuncia lo specifico valore urbano dei centri di antica edificazione e la loro lunga tradizione storica, artistica, ambientale nonché l'opportunità che siano prese "misure preventive" per salvaguardare il loro patrimonio, assicurandone in primis la tutela dell'autenticità.²

I vari specifici valori riconosciuti nelle qualità degli elementi – i Beni -, caratterizzano la specificità di ogni patrimonio; questi interessano sia beni materiali, generati e operati dall'uomo, sia beni appartenenti alle proprietà naturali dei luoghi, non prodotti dall'azione umana diretta.³

Ogni comunità, attraverso il significato della sua memoria collettiva e della conoscenza del suo passato, è responsabile dell'identificazione, come della preservazione del suo patrimonio. Ciascun elemento di questo patrimonio è portatore di molti valori, con possibilità di cambiamento.⁴

Nelle singolarità, e quindi nell'identità e autenticità di una città si ritrova il valore urbano. Tale valore è il frutto di una stratificazione storica spesso bimillenaria e di una lunga continuità culturale.

Il concetto di valore urbano è intrinseco a riguardo dell'epoca,

1 Carta del Turismo Culturale-ICOMOS, 1999
2 Articolo 14, Carta Internazionale per la salvaguardia delle città storiche, Toledo, 1987
3 Carta di Cracovia, 2000
4 Carta di Cracovia, 2000

del luogo, della storia, dell'architettura, degli spazi urbani (mura e porte, strade e piazze, aree di mercato etc..) e di tutti i beni culturali materiali. Il valore urbano è anche però denso di valori intangibili⁵ quali il significato culturale, l'identità urbana, l'importanza storica, l'autenticità, l'appartenenza al luogo urbano dei cittadini e l'interazione sociale.⁶

Gli strumenti internazionali intendono per "salvaguardia delle città storiche" le misure necessarie sia alla loro protezione, alla loro conservazione ed al loro restauro, che al loro sviluppo coerente ed al loro adattamento armonioso alla vita contemporanea".⁷

2.2.2. Il patrimonio urbano

Il Patrimonio dei beni culturali nel corso del tempo ha dilatato la sua area di interesse, comprendendo beni eterogenei per caratteristiche costitutive.

Il patrimonio è infatti costituito da beni tangibili e intangibili, ossia materiali e monumentali, ma anche immateriali: riti, feste, tradizioni, suoni e musiche etc. ciascun elemento di questo patrimonio è portatore di molti valori.

La complessità di questi valori (materiali e immateriali) forma il patrimonio integrato di ciascuna comunità.

Appartengono al patrimonio dei beni la creazione architettonica

5 Il valore del patrimonio culturale intangibile ossia immateriale è stato riconosciuto nel 2003 ("The value of the intangible Cultural heritage" Convention UNESCO 2003, Yamato Declaration 2004).
6 T. Colletta, Il valore urbano, 2005
7 "Carta delle città storiche", ICOMOS, Toledo 1986-Washington 1987

isolata, ossia il monumento (Carta del Restauro di Atene, 1931); l'ambiente urbano e paesaggistico che costituisce la testimonianza di una civiltà particolare (Carta di Venezia, 1964, art.1); i centri storici (Carta Italiana del Restauro, 1972; Carta della salvaguardia delle città storiche, 1986).

E' stata, inoltre, riconosciuta la rilevanza dei beni fisici, delle singolarità geomorfologiche, orografiche e di culture arboree, che strutturano il concetto di paesaggio (Carta del paesaggio, Firenze 2000).

La Carta di Cracovia redatta nel 2000 riassume i differenti tipi di Patrimonio costruito: il patrimonio archeologico, il patrimonio architettonico, le decorazioni architettoniche, scultoree ed artistiche, le città storiche e i villaggi, il paesaggio culturale.

La tutela ed il recupero del patrimonio urbano delle città storiche devono mirare ad una rivitalizzazione e valorizzazione di questi beni in un loro coinvolgimento attivo nella ricerca delle funzioni appropriate finalizzate ad uno scopo sociale e culturale, non solo economico, secondo le nuove esigenze ed in coerenza con il modo di vita contemporaneo.

2.2.2.1. La dichiarazione della diversità del Patrimonio

Nel 2003 l'UNESCO, nella dichiarazione universale, riconosce la Diversità del Patrimonio culturale nelle diverse parti del mondo (Universal Declaration on Cultural Diversity, 2003). da cui consegue nell'attività di salvaguardia e conservazione il rispetto dell'identità storica e della diversità culturale di ciascuna Nazione

per il Proprio patrimonio.

E' quindi considerata unica e intangibile la continua ricostruzione dei templi giapponesi in legno al fine per tramandare le tecniche costruttive più antiche e contemporaneamente la conservazione del loro ambiente naturale e paesaggistico.

Nel 2008 nella Dichiarazione ICOMOS del Quebec la cultura della conservazione integrata riconosce a livello internazionale la presenza della costruzione del "genius loci" per ogni città storica e della rilevanza che questo Spirito del luogo venga conservato e non distrutto da interventi urbanistici non adeguati. La rilevanza delle tradizioni religiose di ciascun Paese o delle tradizioni civiche o anche di particolari attività storiche e artigianali sono da considerarsi fondamentali nella salvaguardia delle città.

2.2.2.2. Il Riconoscimento del paesaggio culturale storico nella conservazione urbana

Nel 2010 la cultura della conservazione integrata riconosce a livello internazionale la necessità che sia tutelato unitamente alla città storica anche il suo paesaggio storico culturale in cui ha trovato la sua origine.

La riconoscibilità della città storica nel contemporaneo paesaggio urbano-"urban landscape" - è stata sancita in primis dall'UNESCO.

Oggi l'HISTORICAL URBAN LANDSCAPE (HUL) è di fondamentale rilevanza in tutti i progetti di pianificazione urbanistica e conservazione integrata.

2.2.2.3. I Centri storici

Il territorio, il paesaggio, gli insediamenti storici sono oggetto di studio, ma anche di trasformazioni. Al fine di tutelare l'ambiente nella sua interezza, con particolare priorità per le parti più qualitative e non ancora compromesse, la ricerca e la documentazione archivistica vanno coniugate con indirizzi, normative, programmi anche settoriali che possano agire per lo meno sulla cultura e sulla sensibilità generale, e in tempi più lunghi, essendo spesso inefficace l'intervento singolo ed estemporaneo.

Le città storiche e i villaggi nel loro territorio di appartenenza rappresentano, dunque, una parte essenziale del nostro patrimonio universale, e devono essere intese come un tutt'uno con le strutture, gli spazi, e i fattori umani in un processo di continua evoluzione e cambiamento.

2.2.2.4. I concetti della conservazione integrata e turismo culturale

I concetti della conservazione integrata e il turismo culturale, pongono oggi grande attenzione nell'ambito della ricerca di una conservazione attiva, fondata in primo luogo sulla conoscenza e l'utilizzazione del patrimonio di beni da parte di un pubblico sempre più vasto.

L'individuazione di nuove modalità d'uso per i beni culturali architettonici e urbanistici, implica l'esercizio della tutela attiva, ossia di una conservazione attiva, definita attraverso progetti di riuso ed

adeguamento, e di valorizzazione anche a fini turistico-culturali.⁸

Le nuove tipologie di "turismo ad interesse speciale" si sono rivelate negli anni 80 e 90 un fenomeno sociale rilevante e complesso e in pieno sviluppo per il XXI secolo, legate alle profonde trasformazioni e ai cambiamenti sociali avvenuti in tutto il mondo.

Luoghi privilegiati del movimento del turismo culturale sono le città, quali luoghi di concentrazione dell'esperienza storica, delle memorie del passato, principali espressioni dell'arte di organizzare lo spazio urbano.

2.2.2.5. Principi di Valletta

Al fine dunque di tutelare i centri storici, sono stati redatti i Principi per la Salvaguardia e la Gestione delle città storiche nel 2010 dal CIVIHI dopo un lungo e scientifico dibattito conclusosi a Valletta in Malta ,

I "Principi di Valletta" si basati su un corpo di documenti che attestano tutti i cambiamenti verificatesi nella salvaguardia delle città storiche negli ultimi 20 anni e mettono in chiaro tutte le considerazioni ed il significato di questa evoluzione con nuove definizioni e metodologie nella materia della tutela, della conservazione e principalmente della gestione delle città storiche e delle aree urbane storiche delle città.

Il loro principale obiettivo è quello di proporre principi e strategie applicabili negli interventi di pianificazione urbana delle città storiche

⁸ Carta del Turismo Culturale-ICOMOS, 1999

e delle aree storiche delle grandi città al fine salvaguardare i valori materiali e immateriali-tangibili e intangibili delle città storiche e degli insediamenti così come la loro integrazione sociale, culturale ed economica della vita urbana nella realtà contemporanea

Anche l'Historical Urban Landscape (HUL) risulta tra gli obiettivi primari dei Principi di Valletta come fondamentale in tutti i progetti di pianificazione urbanistica e conservazione integrata delle città ed aree storiche.

Tutte le norme, i suggerimenti, gli studi precitati inducono ad affermare che: .

2.2.3. Conclusioni

La valorizzazione del tessuto urbano costituisce dunque il necessario correlato della conservazione, come ricerca di funzioni appropriate esprimenti il bisogno sociale in un coinvolgimento attivo dei soggetti preposti alla tutela. Questo coinvolgimento attivo si deve necessariamente confrontare con le specificità del singolo bene, promuovendone la conoscenza, la proposta d'uso compatibile, il progetto d'intervento.

La tutela ed il recupero del patrimonio devono prevedere una rivitalizzazione e valorizzazione di questo bene, per una re-immersione con un nuovo uso nella realtà contemporanea che non ne pregiudichi però l'autenticità e la sua identità.

I principali obiettivi della salvaguardia delle città e quartieri storici per essere efficaci devono far parte integrante di una politica

coerente di sviluppo economico e sociale ed essere presa in considerazione nei piani di assetto del territorio e di urbanistica a tutti i livelli.⁹

Riuso, rivitalizzazione e valorizzazione devono avere uno scopo sociale e culturale secondo le nuove esigenze ed in coerenza con il modo di vita contemporaneo.

La conservazione attiva del patrimonio deve fondare sulla conoscenza della storia della città in tutti i suoi aspetti senza privilegiarne alcuni ai danni di altri.

L'acquisizione critica della rilevanza dell'insieme urbano e della corralità dei valori architettonici nelle città storiche anche di dimensioni medio-piccole pone oggi l'istanza prioritaria di non limitare la conservazione ai soli edifici monumentali, ma a tutto il complesso di valori costituenti la città nel suo quadro ambientale e territoriale.

Gli strumenti internazionali intendono per "salvaguardia delle città storiche" le misure necessarie sia alla loro protezione, alla loro conservazione ed al loro restauro che al loro sviluppo coerente ed al loro adattamento armonioso alla vita contemporanea" ("Carta per la salvaguardia delle città storiche", ICOMOS, Toledo 1986, ratificata Washington 1987)

A questi concetti vanno aggiunti negli anni 1990-2000: il patrimonio integrato di beni intangibili, l'autenticità del patrimonio, il genius loci e il paesaggio storico culturale: tutti concetti da salvaguardare nella conservazione Integrata del patrimonio.

⁹ ICOMOS, Carta della salvaguardia delle città storiche, Washington 1987

La tutela ed il recupero del patrimonio urbano delle nostre città storiche devono mirare ad una rivitalizzazione e valorizzazione di questi beni in un coinvolgimento attivo nella ricerca delle funzioni appropriate dei soggetti preposti alla tutela, che deve avere uno scopo sociale e culturale, e non solo economico, secondo le nuove esigenze ed in coerenza con il modo di vita contemporaneo.

2.3. LIMITI E PROBLEMATICHE RISCONTRATI NELLO STATO ATTUALE

Le analisi urbanistiche svolte, riportate nel capitolo precedente, hanno permesso di evidenziare quali sono le principali opportunità e criticità del contesto urbano limitrofo alla Moschea.

Nei paragrafi successivi si descrive, tramite l'uso di un'analisi SWOT i punti di forza e di debolezza relativi sia all'intero nucleo urbano, analizzato ad ampia scala, che all'area circoscritta alla Moschea.

Sulla base di tali elementi è stata sviluppata in seguito la proposta progettuale, che ha come obiettivo ultimo quello di dare risalto al complesso monumentale di Pertev Pasha.

2.3.1. Minacce e Debolezze

Già dalle prime esperienze vissute sul territorio si sono evidenziati vari problemi connessi con la qualità e la tipologia del tessuto urbano della città.

Dalla lettura critica delle analisi urbane è emerso che la città di izmit è fortemente divisa in due parti: la prima è il centro storico, dove hanno sede le attività commerciali e gli edifici residenziali; la seconda è il lungo mare, che costituisce il polmone verde cittadino. Le suddette sono divise tra loro dall'autostrada e dalla ferrovia, che si sviluppano lungo l'asse Est Ovest. Nonostante l'esistenza di tre ponti pedonali che collegano le due parti, l'assenza di funzioni sul lungo mare non stimola i cittadini a recarsi sulla costa. Inoltre la

presenza di un grande parcheggio che occupa uno spazio molto ampio, riducendo lo spazio verde accessibile.

Le altre zone verdi, che alimentano il polmone verde cittadino, si trovano all'interno del centro storico, ma risultano sconnesse fra loro e non facilmente usufruibili a causa dell'assenza di percorsi pedonali o piste ciclabili. I marciapiedi stretti sono resi ancora meno agibili da strutture temporanee come il mercato del pesce o i tea garden che aggiungono tavolini occupando i bordi strada a seconda del numero di posti di cui hanno bisogno

Le strade del centro storico sono molto strette e spesso si creano ingorghi dovuti al forte traffico urbano. La situazione si aggrava nei giorni del mercato del pesce che, non avendo appositi spazi dedicati, va ad occupare il bordo strada, rendendo così ancora meno gestibile il passaggio.

La strada antica, che era percorsa dalle carovane dirette da Istanbul a Ankara, non è valorizzata a causa del caos frenetico cittadino. Gli antichi magazzini portuali ottomani si perdono fra gli edifici contemporanei mentre il traffico e le macchine parcheggiate sui marciapiedi ne impediscono la fruizione.

Anche le altre rovine, quali il bagno turco e il muro della fabbrica di tabacco, che costituiscono il patrimonio architettonico di Izmit, risultano essere degradate e non valorizzate.

Infine il forte inquinamento atmosferico, dovuto alla presenza di industrie, e quello acustico, causato dal crescente traffico, non consentono una tranquilla fruizione della città.

2.3.2. Forze ed opportunità

Nonostante le evidenti criticità presenti nel tessuto urbano, Izmit possiede un virtuoso patrimonio storico culturale, testimonianza della sua importanza come centro commerciale e di interscambio fra Asia e Europa sin dalle sue origini.

Gli edifici storici, le rovine romane e gli edifici di culto realizzati da affermati architetti, costituiscono il punto di forza della città. Favoriscono, infatti, il turismo culturale e sono testimonianza storica del suo glorioso passato.

L'ampio spazio verde lungo la costa si trova al centro di due importanti parchi nazionali, il Seka Park e il complesso sportivo di Kocaelii, offrendo così la possibilità di realizzare percorsi verdi e piste ciclabili continue e lunghe diversi km.

Invece le aree verdi interne al centro storico offrono un luogo tranquillo per i cittadini, nei quali il traffico e i rumori della città vengono attenuati. All'interno di questi parchi trovano sede i Tea garden, luoghi di aggregazione sociale molto diffusi. Si ricorda al lettore che il tè, çay in turco, è la bevanda nazionale, e la pratica di bere un tè dopo la preghiera o dopo il lavoro è saldamente radicata nella cultura come un'esperienza sociale e un segno di ospitalità.

Con l'intento di limitare l'afflusso di traffico verso il centro cittadino, la pubblica amministrazione ha avviato da poco i lavori di una tramvia che collega la parte Est con la parte Ovest di Izmit.



Fig. 2.01 Parcheggio sul lungomare



Fig. 2.02 Un edificio ottomano "schiacciato" da due edifici moderni.

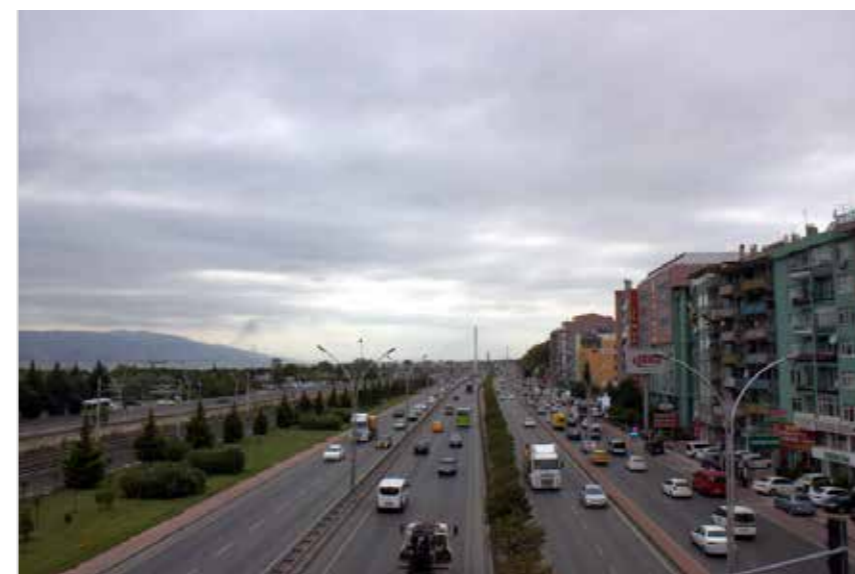


Fig. 2.03 L'autostrada Isnatbul - Ankara



Fig. 2.04 Il mercato del pesce



Fig. 2.05 Rovine del Bagno turco



Fig. 2.06 Il tea garden

Strenghts

- 1- Presenza di edifici storici e di culto
- 2- Presenza di parchi attrezzati nel centro urbano



Feziye Mosque

Weaknesses

- 1- Contesto urbano molto denso
- 2- Zona priva di servizi culturali e ricreativi
- 3- Zona soggetta a traffico intenso
- 4- Assenza di strutture Per i mercati all'aperto
- 5- Poca cura e rispetto degli edifici storici



Il mercato del pesce sopra il marciapiede pedonale

Opportunity

- 1- Presenza di edifici storici e di culto
- 2- Grande spazio verde sul mare
- 3- Ampio spazio vicino la Moschea



Edifici Ottomani sulla Old Coast Line

Threats

- 1- Presenza della strada a scorrimento veloce
- 2- Nessuna percezione del mare dal centro della città



Autostrada, separa Izmit in due collegati solo tramite tre passaggi sopra



Peterv Pasa Mosque



Traffico davanti la Moschea, interrompe la quiete del luogo di culto.



Spazio antistante la Moschea, attualmente parcheggio



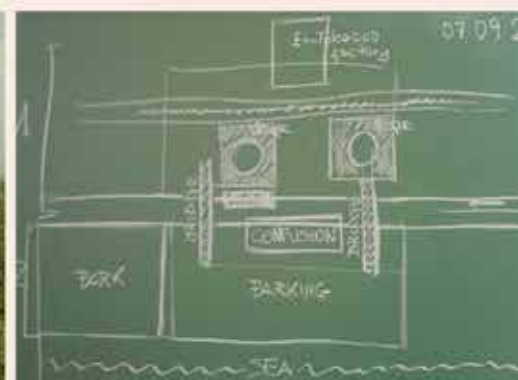
Ponte di collegamento fra il lungo mare e il centro



Bagni pubblici di fianco la Moschea



Lungomare, spazio verde attualmente destinato a ospitare parcheggi



2.3.3. Analisi S.W.O.T della Moschea

Al fine di comprendere quali sono gli elementi che minano, e quali quelli che rafforzano il processo di valorizzazione, si è condotta un'ulteriore analisi SWOT circoscritta all'area di pertinenza della Moschea.

Punti di forza:

- Edificio soggetto a vincolo;
- Circondato da un parco verde che lo separa dal contesto urbano molto trafficato;
- Accesso diretto al centro urbano;
- Luogo di culto religioso islamico;
- Presenza di un Tea Garden;

Punti di debolezze:

- Non facilmente visitabile da coloro che non praticano il musulmanesimo, specialmente le donne;
- Mancanza di una segnaletica turistica;
- Zona molto trafficata;
- Mancanza di percorsi turistici.
- Presenza del ponte, elemento troppo moderno, che ne altera l'immagine.

Opportunità:

- Presenza di un lotto edificabile adiacente alla Moschea e di facile accessibilità;
- Accessibilità diretta tramite ponte pedonale alla zona del lungo mare;

- Presenza di altri edifici storici di interesse storico-culturale;
- Nuovo collegamento tranviario.

Minacce

- Forte inquinamento atmosferico dovuto alla presenza dell'autostrada;
- Tessuto urbano molto denso e privo di una pianificazione consapevole;

In conclusione si può affermare che la valorizzazione e la conservazione della Moschea sono strettamente connessi al suo rapporto con il contesto.

La maggior parte delle caratteristiche presentate nell'analisi sono risolte nel presente capitolo e in quello successivo.

Alcuni punti, non sono stati trattati in dettaglio, ma sono stati lasciati come semplice spunto per eventuali altri lavori che potrebbero essere sviluppati in seguito proprio a partire da questo progetto.

Si sottolinea con soddisfazione, invece, che il Comune di Izmit, in seguito alla proposta del workshop di rimuovere la parte superiore del ponte, ha proceduto alla demolizione della stessa, attenuando così il forte contrasto fra moderno e antico.



Fig. 2.08 Il ponte e la Moschea



Fig. 2.09 Demolizione del ponte



Fig. 2.10 La linea del Tram



Fig. 2.11 Vuoto urbano

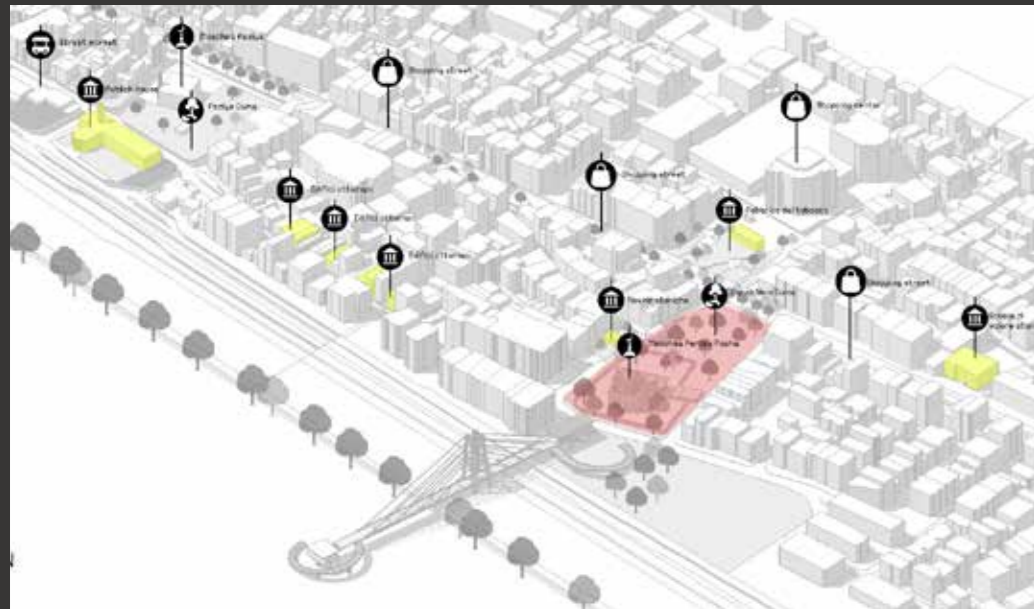


Fig. 2.12 Layout funzionale di Izmit



Fig. 2.13 Flussi pedonali



Fig. 2.14 Viabilità carrabile e tranviaria



Fig. 2.15 Aree verdi

2.4. URBAN VISION

Dalla precedente analisi è emerso che Izmit risulta una città diacrona, a volte invivibile a causa del traffico e che il suo patrimonio storico architettonico non è adeguatamente valorizzato.

Pertanto le necessità emerse sono le seguenti:

- Creazione di parcheggi esterni al centro urbano al fine di ridurre l'afflusso di traffico verso il centro;
- Creazione di percorsi pedonali;
- Creazioni di piste ciclabili, preferibilmente collegati ai parchi esistenti lungo la costa;
- Collegare le aree di aggraziane sociale tramite percorsi pedonali, turistici o verdi;
- Ricollocazione delle funzioni commerciali in spazi idonei;
- Creazione di nuovi spazi di aggregazione;
- Creazione di nuove funzioni attrattive sulla costa;
- Creazione di percorsi turistici;
- Ampliamento del polmone verde cittadino;
- Coinvolgere gli enti locali (Sovrintendenza Laboratori di ricerca Università di Kocaeli) nella conservazione attiva del Patrimonio storico-architettonico.

La valorizzazione delle aree verdi, presenti nel contesto cittadino, potrebbe essere la prima soluzione per ridurre la sensazione di caoticità della città.

La creazione di nuove attività sul fronte mare si propone come obiettivo la trasformazione dell'area in una zona di pregio naturali-

stico, attraendo un numero sempre più ampio di cittadini e turisti .

Infine il restauro conservativo teso alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio architettonico di izmit, ma più in generale di Kocaeli, mira alla creazione di un turismo culturale e consapevole.

Pertanto la proposta di rigenerazione urbana si propone di trasformare Izmit, da città di passaggio tra Istanbul e Ankara, a città turistica e scambio commerciale, ricordando l'antico splendore di Nicomedia.

Nell'immagine a lato vi è una schematizzazione della proposta di intervento così suddivisa:

- Pedonalizzazione del centro storico;
- Aumento del verde cittadino;
- Ricollocazione del parcheggio fronte mare;
- Creazione di attività ludiche e culturali sul lungo mare al fine di aumentare i flussi verso un'area poco sfruttata.

Fig. 2.16 A lato: rigenerazione Urbana



2.4.1. Rigenerazione del centro storico

Il nucleo storico della città di Izmit, è contraddistinto dalla presenza di notevoli risorse quali edifici di valenza storica-architettonica, edifici di interesse religioso, strade commerciali e parchi urbani che creano un angolo di respiro in una città molto caotica e densa di edifici.

L'intervento proposto per ridurre i suddetti inconvenienti e migliorare la vivibilità dell'area prevede la pedonalizzazione della strada del centro storico, Şahabettin Bilgisu, che partendo dalla Public House e dalla Moschea Fevziye arriva alla moschea Pertev Pasha. Questa via è quella che in passato corrispondeva con la linea di costa, ed è caratterizzata dalla presenza degli edifici ottomani, un tempo utilizzati come deposito per le barche, che particolarmente danno carattere al tessuto urbano.

Per la nuova area pedonale si è pensato di utilizzare la stessa pavimentazione di pietra rossa, già impiegata in altre parti della città, ed in particolare lungo la via semi-pedonale che passa per l'area più commerciale della città, così da creare anche una continuità visiva con l'esistente.

Rendere questa via pedonale, e quindi più vissuta dai locali, costituirà il volano per la successiva riqualificazione dell'area, e quindi degli stessi edifici ottomani, al giorno d'oggi lasciati in stato di abbandono.

Proseguendo per la via "storica", subito prima di arrivare alla moschea Pertev Pasha, si incontrano le rovine degli antichi bagni,

che con un adeguato restauro e contestualizzazione potrebbero aiutare la città di Izmit a ritrovare quell'identità ormai andata perduta.

Poiché suddetti beni attualmente sono poco visibili si propone di inserire lungo il percorso pedonale cartelli turistici al fine di guidare il passante.

All'interno della proposta progettuale si è voluto dare risalto anche ai parchi esistenti collegandoli tra loro tramite percorsi verdi, consapevoli della loro importanza, non solo di arredi urbani, ma anche di elementi di ricucitura tra la città e l'ambiente naturale creando un tessuto connettivo sul quale le attività umane si innestano e si equilibrano.

Infine si è prevista la realizzazione di parcheggi lungo i confini del nucleo storico permetterebbe di raggiungere comodamente il centro della città senza l'ausilio del mezzo privato. La creazione dei suddetti parcheggi risulta, peraltro, congruente con la costruzione di una nuova linea tram-viaria, che entrerà in funzione quest'anno. La nuova linea del tram passa attraverso i luoghi principali della città e risulta uno strumento efficace e veloce per muoversi all'interno del centro storico.



Fig. 2.17 Pavimentazione utilizzata per le vie pedonali



Fig. 2.18 Pavimentazione utilizzata per le vie pedonali



Fig. 2.19 Schizzi di progetto



Fig. 2.20 Schizzi di progetto

2.4.2. Rigenerazione del lungomare

Nell'ambito del progetto e' stato dato particolare rilievo alla riqualificazione del lungomare, tema, peraltro assai impegnativo. Infatti pur disponendo di una grande potenzialità per la presenza di ampie zone verdi e di un bellissimo paesaggio marino al momento risulta in stato di semi abbandono a causa dell'isolamento generato dalla creazione di un'autostrada urbana che di fatto ha isolato la città dal mare.

Sono stati previsti, pertanto, nella suddetta area interventi tesi a ricucire il tessuto urbano, e riportare quest'area alla "vita".

Attraversato il ponte si è ipotizzata la creazione di un passaggio ciclopedonale nella natura che portasse direttamente al mare. Il percorso affaccia su un piccolo molo dove le persone si possono recare per noleggiare una barca o semplicemente raggiungere una zona attrezzata dove rilassarsi al sole. La pista ciclopedonale esistente che costeggia il mare dovrà essere oggetto di una riqualificazione attraverso la posa in opera di una pavimentazione idonea. Il percorso della pista ciclabile dovrà essere parzialmente modificato in modo da rendere fruibili e alcuni bar situati sulla costa, prima difficilmente raggiungibili, attraverso il molo principale, che ha reso Izmit importante per la sua funzione commerciale, fino ad arrivare al Parco Seka, il parco più famoso della città, apprezzato dalla gente del posto e dai turisti.

Per realizzare questo intervento è stato necessario riprogettare la sistemazione dei parcheggi, togliendone una parte, che si è poi recuperata nella zona più centrale della città. Si prevede che

gli alberi già presenti siano trapiantati per la creazione di percorsi ombreggiati, aggiungendone altri. E' prevista, infine, la creazione di piccole colline verdi artificiali, da un lato per nascondere i parcheggi rimasti e dall'altro per creare delle zone dove potersi rilassare nella natura. Infine per attirare un maggior numero di persone nell'ambito del progetto sono state inserite altre funzioni ludico-ricreative.

Nelle pagine seguenti si riportano alcuni riferimenti progettuali utilizzati in fase di progettazione.



Fig. 2.24 Schizzi di progetto



Fig. 2.23 Interland promenade



Fig. 2.22 Manhattan Beach

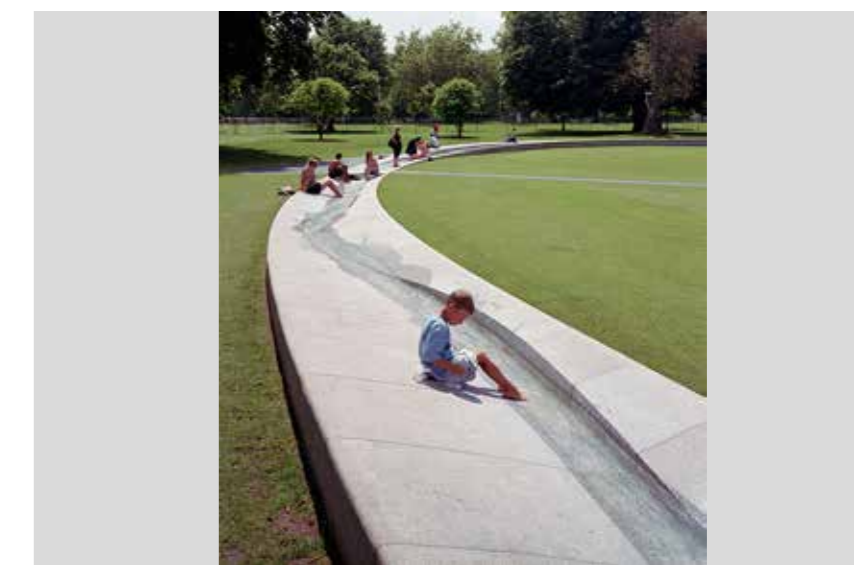


Fig. 2.21 Princess of Wales Memorial Fountain



Fig. 2.25 A lato: Masterplan - scala: adattata - in rosso l'area progettuale



Fig. 2.26 La Fabbrica della Moschea Oggi



Fig. 2.27 La Fabbrica della Moschea fra 10 anni



Fig. 2.28 La fabbrica della Moschea fra 20 anni

SEZ. C

LA FABBRICA DELLA MOSCHEA

03

PROGETTO ARCHITETTONICO

3.1. Riferimenti progettuali

3.1.1. Architettura islamica

3.1.2. L'architettura ottomana

3.2. Inserimento territoriale

3.2.1. L'area di progetto

3.2.2. L'integrazione con il contesto

3.3. Genealogia del progetto

3.4. Il progetto architettonico

3.4.1. Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione

3.4.2. L'auditorium

3.4.3. Il mercato cittadino

3.4.4. Tea garden

3.5. Accesso all'area

3.5.1. Percorsi esterni

3.5.2. I collegamenti verticali

3.6. Prevenzione incendi

3.6.1. La norma di riferimento

3.6.2. Accessibilità all'area

3.6.3. Carico incendio specifico

3.6.4. Determinazione della classe di resistenza al fuoco

3.6.5. Resistenza al fuoco

3.6.6. Misure di evacuazione in caso di emergenza

3.6.7. Attività accessorie

3.6.8. Mezzi ed impianti di estinzione degli incendi

2.6.9. Segnaletica di sicurezza

Nel presente capitolo viene presentato il progetto architettonico relativo alla Fabbrica della Moschea.

La trattazione si apre con una breve presentazione dei riferimenti progettuali e sull'architettura islamica.

Si entra successivamente nello specifico della seconda fase, argomento di maggiori riflessioni architettoniche e funzionali, sul quale si fonderanno i relativi approfondimenti. Di essa vengono valutati gli aspetti compositivi, con particolare attenzione al rapporto fra il nuovo e la Moschea Pertev Pasha

Si riporta inoltre la conformazione ed il layout generale di progetto, per poi giungere ad un livello di dettaglio maggiore nel quale si esplicano le destinazioni d'uso introdotte e se ne descrivono gli ambienti progettati, conformi alle normative di accessibilità e antincendio

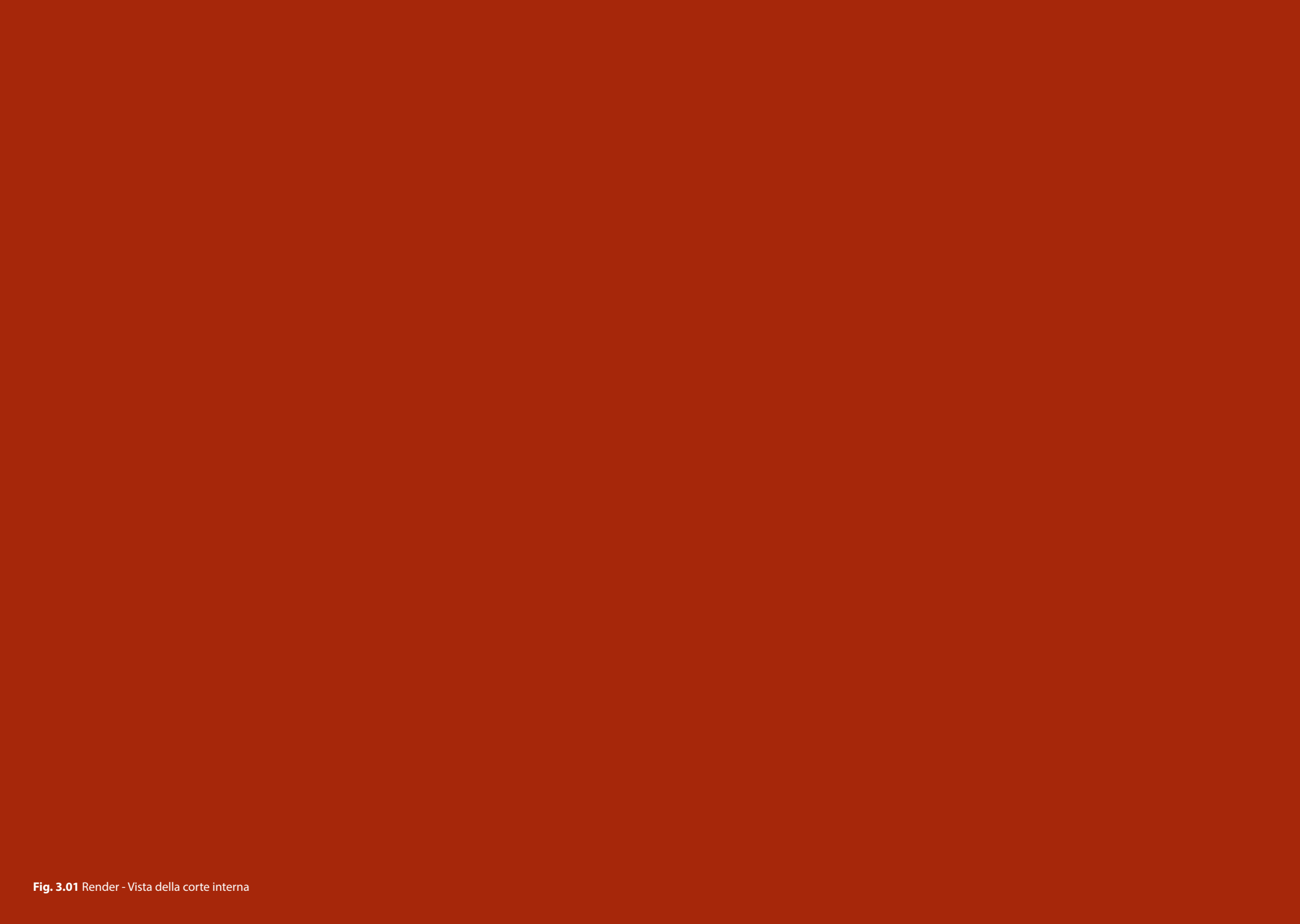


Fig. 3.01 Render - Vista della corte interna

3.1. RIFERIMENTI PROGETTUALI

Una volta individuata l'area di intervento del Centro di Restauro e Conservazione, si è giunti alla parte della progettazione degli spazi e alla definizione degli elementi architettonici del nuovo edificio. Ma prima di entrare nel vivo di questa fase, occorre considerare la relazione con il contesto, in termini di caratterizzazione tradizionale e ambientale e come tutto questo possa inserirsi nella contemporaneità. Si è, dunque, guardato all'identità del luogo e si sono tradotte le strutture tradizionali e le logiche dell'uso dei materiali, in un significato contemporaneo del costruire. Infatti l'architettura, intesa come linguaggio universale, ha la capacità di esprimere nuove idee e significati attraverso la stratificazione di più linguaggi e dalla conservazione ed anche nuova connotazione del significato di essi.

L'identità di una nazione, o in particolare di una regione, si manifesta nella sua architettura, nell'immagine delle città e deriva dall'esperienza delle proprie trasformazioni, preservando gli elementi del passato, che conferiscono un carattere unico e pittoresco al luogo, uniti agli elementi più moderni. In particolare le città del mondo islamico hanno affrontato il rapporto tra tradizione e modernità confrontandosi con l'influenza del colonialismo e dei paesi occidentali, e molti di quei caratteri tipici dell'architettura islamica vengono persi o abbandonati. Solo negli ultimi anni, gli architetti contemporanei hanno riscoperto le loro tradizioni, unendo le tecnologie più moderne e "aliene" all'uso dei materiali e delle tecniche costruttive locali, mostrando la ferrea volontà di riaffermare le proprie origini e la propria identità.

Nelle città, le potenzialità, ambizioni, interessi, desideri, ideologie di una società, sono espresse attraverso l'elemento che ne concentra tutti questi fattori: l'edificio. Analizzando in maniera approfondita un edificio si possono ricavare i caratteri costitutivi, Possiamo, infatti, individuare i caratteri dell'architettura, in termini di pieni e vuoti, proporzioni, senso spaziale, utilizzo della luce, schermature, utilizzo della massa termica, principi strutturali, e valutarne il significato, oltre che architettonico, anche prettamente regionale e culturale, e in alcuni casi proprio anche rispetto all'influenza straniera. In questo caso si fa riferimento a edifici religiosi, uso domestico o a scuole. Spesso l'abitazione privata può essere considerata come l'estensione del corpo umano o un ulteriore strato del proprio vestiario, proprio per la stretta relazione che si instaura tra l'abitare e la vita quotidiana locale.

Interpretare una tradizione non significa copiare quello che è stato, ma assorbirne i principi attraverso le soluzioni più antiche e trasformarle in un vocabolario adatto al cambiamento delle condizioni. Come scrive il critico William Curtis, "To get the heart of the masterwork is also to encounter fundamentals that are timeless. The contemporary talent draws what it needs from predecessors, but the aim is a new amalgam that touches deep levels. Profound works articulate a philosophy of life, a vision of the way things ought to be. They also make a permanent addition to the stock of architectural idea. The critical map therefore has to be concerned less with trends than with the individual buildings of a high order."¹

¹ William Curtis, Contemporary Transformations of Modern Architecture, in "Architectural Record", N.Y. Giugno 1989

Quindi si sono indagati a fondo i principi dell'architettura islamica, soffermando l'attenzione sulla relazione tra architettura, religione e vita privata, per poter disegnare le forme e gli spazi del nuovo in un perfetto equilibrio con il tradizionale.

Al fine di comprendere la genesi del progetto, ovvero il concept progettuale, saranno, dunque, presentati brevemente i canoni dell'architettura islamica.

3.1.1. Architettura islamica

L'islam nasce all'inizio del VII secolo alla Mecca, città di marinai e mercanti sita al centro delle vie commerciali della penisola arabica, e colloca la base del suo potere e della sua forza nell'ambiente urbano. La città diviene, infatti, un importante centro sedentario per una popolazione fino ad allora nomade. Diventa un centro catalizzatore sociale dove si diffonde il messaggio di Dio. A dimostrazione del valore simbolico della città, dopo l'esodo del Profeta, l'Egira, dalla Mecca alla piccola oasi di Yathrib, questo piccolo agglomerato assume il nome di Medina, la città per eccellenza. Dopo due secoli l'agglomerato urbano che costituisce Medina diventa l'immagine della cultura islamica, e l'architettura, tra tutte le arti, diventa il mezzo più vitale per esteriorizzare la fede e divenire espressione della vita nelle terre islamiche. La maggior parte delle terre del mondo islamico sono in zone aride o semi aride, ed è quindi comprensibile pensare a deserti di sabbia o di terra, paesaggi montagnosi sterili o della steppa, vaste oasi o fiumi solitari scarsamente alimentati d'acqua, quali spazi caratteristici e come spazio che ha ispirato le sue idee e la sua immaginazione.

La grande espansione che ha visto il mondo islamico lo ha portato fino a zone molto diverse: dalle montagne coperte di neve del Kashmir o dell'Anatolia, fitte foreste ai tropici africani o in Indonesia, e zone che si affacciano sull'Oceano in Marocco o nel Bengala.

Ma ciò che unisce queste varie realtà non è uno spazio fisico, né una comune origine antropologica o linguistica, ma un sistema comune di credenze, di tradizioni del passato ed un sistema comunemente accettato di segni visivi, o di altro tipo, una delle cui espressioni è proprio l'architettura.

Difatti in ogni città si possono riconoscere monumenti dedicati a specifiche funzioni, la moschea per la preghiera collettiva, la madrasa dove si impartivano lezioni di diritto e religione, i vasti cimiteri monumentali. Ci sono poi le aree pubbliche del bazar con i caravanserragli per gli scambi commerciali, i bagni per l'igiene personale e gli incontri sociali, le mura della città che fungevano da recinto di protezione. Ed infine le abitazioni private caratterizzate da una tipologia a corte intenta. Quindi la cultura religiosa islamica, investendo con la sua rigida dottrina la totalità della vita dell'uomo, sia sul piano individuale all'interno degli ambienti privati, che su quello sociale nei contesti urbani, influenza notevolmente l'architettura delle città islamiche.

L'architettura musulmana si apre verso l'interno: i muri limitano la struttura e sottraggono lo spazio interno a quello esterno. Solo pochi portici sono rivolti all'esterno: le aperture sono ampie soltanto nella parte più alta delle facciate e dei minareti, i balconi, i parapetti e gli ajimeces si affacciano su alte mura o su ripide pendenze. La luce entra dai tamburi delle cupole o dai vani aperti

sul cortile; questo, vero spazio comune, è di dimensioni maggiori rispetto all'edificio al quale appartiene ed è il luogo della distribuzione dell'acqua, con fonti, pozzi, cisterne.

La moschea, la scuola, la madrasa, il caravanserraglio, la casa sono generalmente costruite con lo stesso schema planimetrico, pur avendo funzioni diverse. Tale schema si ispira all'idea originaria di contrapposizione equilibrata del vuoto e del pieno, in cui il volume costruito racchiude il volume interno vuoto, ovvero la corte. Questa serie di vuoti nascosti e rinchiusi sono il prolungamento della natura all'interno del fitto tessuto urbano, sia che siano destinati alla vita familiare, sia alla preghiera.

Si riporta la frase del filosofo iraniano Seyyed Hossein Nasr che spiega l'ordine gerarchico all'interno del tessuto urbano, il fulcro è costituito dalla moschea, intorno alla quale si sviluppano gli edifici pubblici e infine quelli ad uso privato.

“La natura onnicomprensiva della sciarà, che va dal culto delle transazioni, rende possibile l'integrazione di ogni forma di attività. Nel cuore delle città dell'Islam gli spazi dedicati al culto sono collegati a quelli destinati all'insegnamento, all'artigianato, agli scambi commerciali, come pure alla vita privata e all'attività culturale. Il cuore di molte di queste città ancora oggi conserva una notevole unità di spazio e di funzione, tra la moschea, la scuola, il bazar, le abitazioni.”²

² Seyyed Hossein Nasr, The contemporary muslims and the architectural transformation of the urban environment of the Islamic world, in Toward an Architecture in the Spirit of Islam, The Aga Khan Award, Philadelphia 1978

3.1.1.1. La Moschea

Nella società islamica la preghiera può essere individuale o collettiva, non c'è obbligo per la scelta del luogo in cui svolgere il rito, anche se nella maggior parte dei casi il luogo preposto è la moschea (Fig.3.01; 3.02; 3.03). La moschea era il luogo dove si svolgevano tutte le attività della società tradizionale islamica, il centro riservato alla comunità.

Le prime moschee, come quelle di Bassora e di Kufa, si ispirano alle prediche del Profeta, per il quale tutta la terra era un tappeto per la preghiera, e non vi era necessità di un edificio che delimitasse uno spazio. Le prime moschee venivano quindi solo delineate sul terreno, e la direzione della preghiera segnalata con una freccia. Lo spazio era unico, ma una parte era coperto da una tettoia.

La moschea diventa un'espressione rilevante dell'architettura islamica solo in seguito all'espansione dell'Islam che è venuta in contatto con altre civiltà, quali bizantina, persiana e sudarabica. Inoltre, mentre sul piano architettonico e artistico, le differenti culture proprie di una singola regione apporteranno il loro contributo, le funzioni dell'edificio rimangono costanti e comuni a tutti i paesi.

In primo luogo è necessaria una differenza fra i vari tipi di moschea: la moschea *masjid*, per la preghiera individuale, le cerimonie funebri, le commemorazioni, e la moschea congregazionale *masjid-i-jamaà*, per la preghiera settimanale e collettiva. In alcuni casi di grande affluenza la preghiera può avere luogo in spazi

appositamente recintati, *l'idgah*.

La grande moschea congregazionale, la *masjid-i-jamaà*, è realizzata per contenere tutti i musulmani di una comunità, con forme diverse rispetto alle varie zone, ma con elementi tipici quali il vasto spazio recintato orientato alla Mecca e strettamente connesso con il tessuto della città, le zone aperte e coperte per la preghiera e la presenza del profeta, un *mimbar* o seggio per il predicatore e uno o più minareti per chiamare i fedeli alla preghiera.

La moschea del venerdì può ospitare numerose funzioni diverse, come luogo di incontro, di lettura e di riposo. La *masjid-i-jamaà* è un luogo di culto e di rito, ma anche spazio sociale dell'uomo come individuo, e dell'uomo come membro delle proprie società.

Inoltre tra gli aspetti che hanno conferito unità di carattere alle moschee nelle terre dell'Islam si trova la tendenza alla ricerca di soluzioni strutturali diafane. La pianta della moschea, e ancor più quella della sala di preghiera, rimane libera da gerarchie strutturali, tranne che per la presenza di uno spazio funzionale, il *musalla* teoricamente illimitato per ospitare i fedeli e in origine aperto.

Questo modello di sala di preghiera non rimase inalterato, ma venne col tempo modificato da elementi interni, come le due navate a T che spostano l'asse di simmetria verso la *qibla* e il *mihrab* oppure, nelle moschee selgiuchidi, dall'*iwan*, una sala con copertura a volta e preceduta da una grande esedra, posta davanti al *mihrab*. Questa gerarchica non si manifesta solo nella pianta dell'edificio, ma talora anche nei sistemi di copertura, mediante una sofisticata distribuzione dell'altezza e della complessità delle volte.

Infine i musulmani quando pregano si rivolgono sempre verso la sacra Ka'ba della Mecca, di conseguenza l'orientamento di tutte le moschee è verso la città della Mecca. Riprendendo una tradizione del Vicino Oriente, l'Islam orientava la città secondo le quattro direzioni cardinali, quindi la moschea orientata verso la Mecca interrompe lo schema regolare della città.



Fig. 3.02 La Mecca, il centro religioso e culturale della fede islamica (Arabia Saudita)

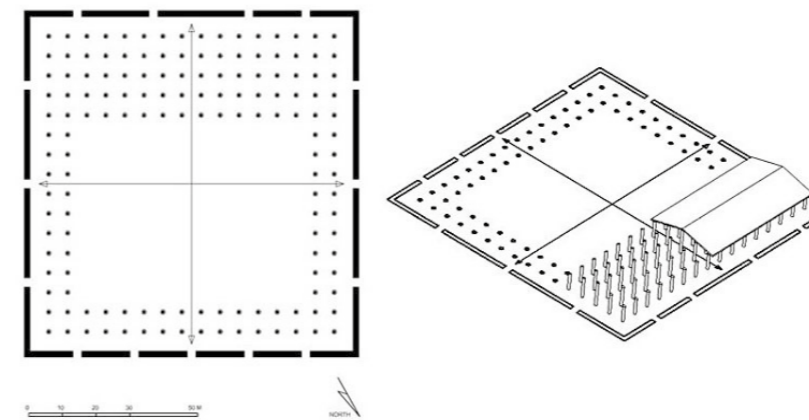


Fig. 3.03 Grande moschea di Kufa (637 ricostruita nel 670). Pianta e alzato



Fig. 3.04 Moschea di Solimano, Istanbul, Turchia

3.1.1.2. Il caravanserraglio

Mentre la moschea è l'elemento centrale della vita religiosa e spirituale della città, il bazar o souk ne costituisce la struttura economica.

Il bazar, sempre in stretta relazione fisica con la grande moschea, è l'elemento dove sono concentrate le attività principali della città come il commercio e l'artigianato, dalla produzione alla vendita.

A volte erano spazi informali prodotti dalla naturale evoluzione della città, adattandosi reciprocamente agli spazi e alla vita, in una simbiosi in continua mutazione.

In altri casi sono stati costruiti vasti bazar o souk, con spazi specializzati riservati a commerci specifici o attività particolari. L'evoluzione di queste forme di commercio ed attività ha generato il caravanserraglio.

Il termine caravanserraglio indica l'edificio destinato a ospitare carovane. Il termine carovana deriva dal turco *karvan* e indica "colui che protegge il commercio". Nel mondo islamico il termine più comune per indicare un caravanserraglio è *khan* (*han* in area turca), parola che indica la casa o piccole locande extraurbane. La parola *sarai* indica la casa o il palazzo.

Nel mondo islamico il caravanserraglio è normalmente un edificio quadrangolare, con un solo portale monumentale aggettante dal perimetro cieco del muro di cinta e alto abbastanza da consentire il passaggio di cavalli e cammelli. Torri circolari segnano i nodi

angolari e fortificano i lati del recinto. Un vestibolo voltato media il passaggio tra il portale di ingresso e lo spazio interno della corte. Tutt'intorno alla corte sono in genere disposte serialmente le celle destinate a viaggiatori e mercanti. Nei caravanserragli a due piani, le celle al piano inferiore sono destinate allo stoccaggio delle merci, mentre i viaggiatori occupano quelle del piano superiore. Il carico e lo scarico delle merci avviene nella corte. Alcune strutture sono dotate di stanze per ospiti di rilievo ubicate in prossimità del portale di ingresso, mentre il personale di servizio e i custodi alloggiano in celle ricavate nel blocco del portale. Botteghe per i viaggiatori e i mercanti sono ricorrenti in strutture a partire dal XIV secolo, finendo per configurare un complesso che prende la struttura e l'articolazione di un piccolo villaggio fortificato. Gli animali sono custoditi in apposite stalle dislocate in posizione periferica (generalmente in vani angolari). L'acqua è fornita mediante pozzi o cisterne ubicate al centro della corte, mentre alcuni caravanserragli sono dotati di veri e propri *hammam*.

Su basi regionali è possibile individuare varianti tipologiche nella struttura dei caravanserragli.

La maggior parte dei caravanserragli dei secoli XI e XII di cui ci siano pervenute testimonianze si trova localizzata in un'area compresa tra Persia e centro Asia. Piccoli edifici compatti di modeste dimensioni e impianto derivato dall'aggregazione di cellule elementari costruite attorno a un vano nodale (*Zindan-i Harun*) convivono con organismi più complessi caratterizzati da un recinto difensivo fortificato, un solo ingresso monumentale, corte interna, stalle collocate in posizione angolare, cellule disposte intorno alla corte e un pozzo centrale.

I caravanserragli selgiuchidi del XIII secolo dell'Anatolia sono costruiti in pietra con coperture coniche su alti tamburi e motivi decorativi geometrici o floreali sulle facciate esterne. L'impianto mostra l'addizione a una corte aperta circondata da portici voltati di un vano nodale coperto (*kishlik*). Generalmente il *kishlik* è di profondità maggiore della corte e presenta coperture voltate a botte perpendicolari al muro di fondo, o una serie di arcate parallele interrotte da un transetto centrale. Più rari sono i caravanserragli che presentano soltanto la struttura della corte circondata da arcate e cellule disposte serialmente intorno allo spazio aperto. Molti di questi impianti mostrano una diretta derivazione dal tipo della moschea selgiuchide coeva. Generalmente un piccolo padiglione al centro della corte funge da moschea derivando la propria struttura a *chahar taq* (quattro pilastri) da quella dei padiglioni dei palazzi sassanidi o dai templi del fuoco zoroastriani.

Mentre quelli risalenti al periodo ottomano, sempre in Anatolia costituiscono il prototipo per i *khan* urbani, con due piani e due o tre corti interne e pochissimo spazio destinato al ricovero degli animali.

I caravanserragli siriani dei secoli XII e XIV mostrano una struttura più semplice, essendo costruiti secondo un impianto quadrangolare definito da un recinto fortificato privo di bastioni e generalmente merlato, accessibile da un unico ingresso decentrato che conduce in una corte circondata da una galleria voltata. Mentre durante il periodo ottomano, furono costruiti in funzione dell'*hajj* e quindi raggiunsero notevoli dimensioni (sino a 160 m x 120 m), poiché furono edificati da figure di alto rango politico e sociale, Spesso erano affiancati da forti di servizio per l'approvvigiona-



Fig. 3.05 In alto: Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, mura esterne;
Fig. 3.07 Sotto: Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, corte interna.



Fig. 3.06 Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, porticato interno;

mento di cibo e acqua, o erano dotati di una moschea che serviva anche la comunità locale e di un *hammam*.

I caravanserragli iranici del periodo ilkhànide (XIV secolo) sono ben rappresentati dal Khan Mirjan in Baghdad (1359), raro esempio di edificio nodale in cui la corte centrale è coperta con un sistema di archi e volte.



Fig. 3.08 Caravanserraglio Giallo, Cappadocia, Turchia

3.1.1.3. L'abitazione privata

Solitamente assieme al bazar sorgevano la moschea congregazionale e gli edifici comunitari ed istituzionali come bagni pubblici e scuole; il tutto era circondato dai *mahallà*, i quartieri residenziali.

Poiché non vi erano imposte sul suolo urbano, la formazione dei quartieri abitativi era generata solo dalla preesistente situazione delle proprietà e successive parcellazioni del singolo, con unità base la casa a corte individuale. Infatti le implicazioni pratiche della dottrina islamica esigevano un luogo interno privato, la corte con gli ambienti interni che si affacciano su di essa, separato visivamente dagli spazi pubblici, la strada.

Questa assenza di comunicazione genera un impianto murario alto, continuo e cieco, fortemente caratterizzante i percorsi urbani. Il sistema viario serviva così solo a dare accesso alle abitazioni e in corrispondenza dell'attraversamento principale del quartiere erano collocati i servizi come il bagno pubblico, la cisterna e la moschea di quartiere.

La casa è lo spazio privato del musulmano, dove la famiglia viva separata dalla città. Porte piccole o strette, passaggi angusti immettono di norma in uno spazio semi pubblico per gli ospiti e poi ad un cortile a dotato di una fontana e quindi a spazi comuni o spazi riservati alle donne.

L'elemento centrale è dunque la corte attorno alla quale si dispongono, su almeno due livelli, stanze lunghe e strette, praticamente identiche l'una all'altra per quanto riguarda la loro forma, la loro

dimensione e la loro funzione.

La corte, quale che sia la sua forma o la sua dimensione, ha diverse funzioni: è elemento di connessione tra le stanze; non esistendo un vero e proprio soggiorno, serve da luogo di ritrovo collettivo per gli abitanti della casa; in ultimo si configura come dispositivo di raffrescamento della casa stessa. Nei climi aridi, infatti, l'aria fredda si concentra nella corte durante la notte e, con l'aiuto dell'acqua e della vegetazione presenti e dell'ombra notturna, la casa si mantiene fresca per una buona parte della giornata. Le dimensioni della corte variano considerevolmente da paese a paese, in ragione delle tecniche costruttive locali, delle tradizioni culturali e delle condizioni climatiche.

Un secondo elemento fondamentale della casa islamica è il tetto a terrazza, che assolve ad una serie di funzioni domestiche: qui si stendono i panni ad asciugare, qui la famiglia si riunisce la sera per cenare o per dormire durante i periodi più caldi. Al fine di proteggere la famiglia – e soprattutto le donne – dagli sguardi indiscreti dei vicini, le terrazze sono sempre circondate da alti muri che impediscono la comunicazione visiva tra le terrazze confinanti.

La dimensione familiare, così come la climatizzazione degli interni, sono assicurate inoltre dal particolare trattamento delle aperture sulle facciate, realizzate in modo che la luce, la ventilazione e la vista verso l'esterno siano sempre garantite, ma l'interno della casa e i suoi abitanti siano protetti dagli sguardi dei vicini o dei passanti. Le finestre sono mascherate da pannelli traforati e riccamente decorati, ma che garantiscono l'ingresso della luce solare,

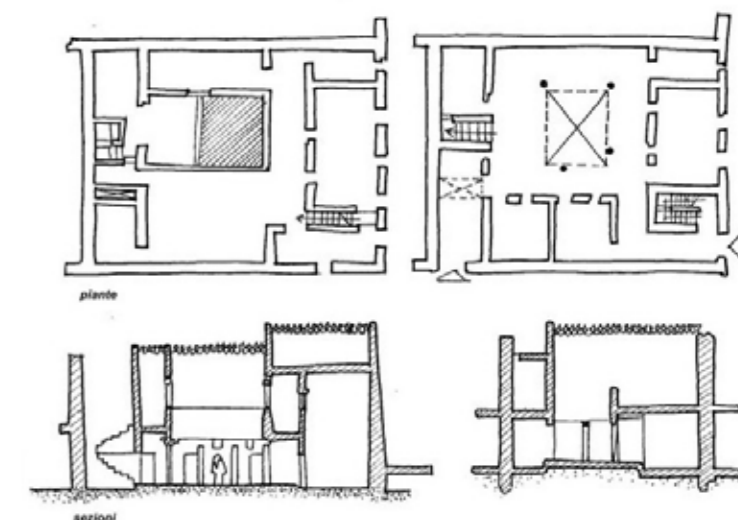


Fig. 3.10 Schema funzionale di una tipica casa islamica a corte in pianta e in sezione

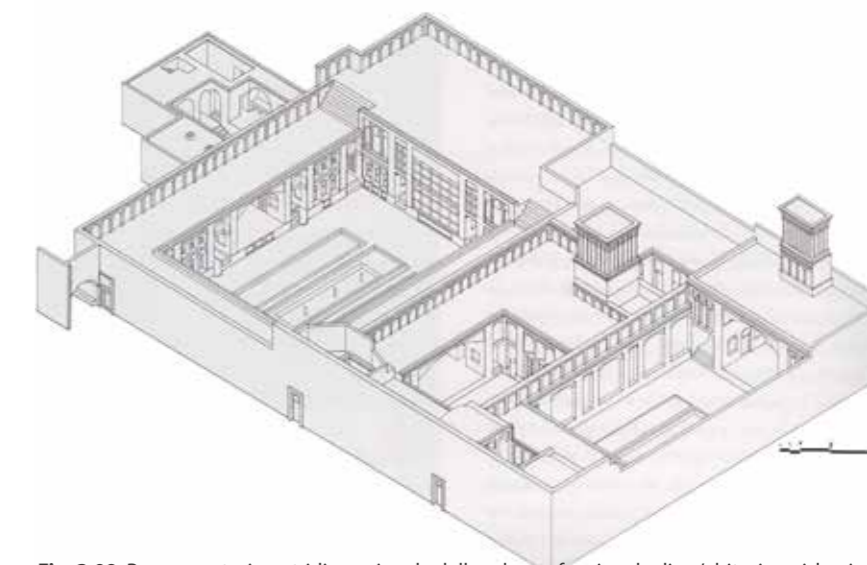


Fig. 3.09 Rappresentazione tridimensionale dello schema funzionale di un'abitazione islamica

3.1.1.4. L'arte decorativa islamica

Oltre alle funzioni, altri aspetti del linguaggio comune dell'architettura islamica tradizionale sono le tendenze decorative e tutta una serie di forme. La religione, infatti, rifiuta l'immagine, attraverso le arti e le icone, perché imitazione della natura; il Corano non esprime esplicitamente questa condanna, ma è la Tradizione o Sunna, l'insieme di massime e di atti compiuti dal Profeta durante la sua vita e che diventò la base di gran parte delle pratiche e delle leggi islamiche, ad essere rigorista, volendo penalizzare ogni richiamo al paganesimo.

Si preferisce quindi l'uso della scrittura come principale elemento di decoro dei monumenti; solitamente vengono utilizzati brani religiosi e versetti del Corano, ed in alcuni casi anche la poesia. Importante è anche la geometria, che regola la disposizione dei motivi e fissa le proporzioni tra le parti, attraverso complessi principi di rotazione e trasformazione, che diventano un elemento chiave dell'opera dell'architetto.

Nessuna tecnica sembra prescindere da un valore prevalentemente ornamentale, nel quale è presente anche un significato simbolico affidato a temi particolari, tra i quali emerge la scrittura "dono di Dio". La decorazione non è esclusiva di alcune zone dell'edificio, tuttavia è privilegiata in quelle parti di cui si vuole sottolineare l'importanza (come, ad es., il lato qibli della moschea, quello verso cui si indirizza il fedele nella preghiera, e le sale di rappresentanza nelle residenze reali). Una distribuzione più uniforme della decorazione garantisce inoltre "l'unità globale del monumento".



Fig. 3.11 Interno della Moschea Blu, Istanbul, Turchia



Fig. 3.12 Interno Moschea di Solimano, Istanbul, Turchia

3.1.2. L'architettura ottomana

Come si è detto nel paragrafo precedente, le terre dell'Islam sono molto vaste, e sebbene si ritrovano caratteri comuni, di cui si è già discusso, non bisogna dimenticare le influenze delle tradizioni relative alle singole regioni.

Il caso della Turchia, è forse l'esempio più singolare fra tutti, poiché nonostante abbia nella religione musulmana la forma di credo più largamente diffusa, ha anche un'organizzazione statale di matrice laica. Inoltre

Il suo territorio comprende parte della Tracia, in Europa, e la penisola Anatolica, la parte più occidentale del continente asiatico. Il suo "status" di ponte fra Europa e Asia ha fatto sì che le sue tradizioni culturali e l'architettura fossero influenzati da entrambi i mondi. Infatti l'architettura turca o architettura ottomana è l'architettura dell'Impero Ottomano che si sviluppò a Bursa e Edirne nel XV e XVI secolo. L'architettura dell'impero si sviluppò dalla precedente architettura selgiuchide e venne influenzata da quella persiana, bizantina e islamica di tradizioni mamelucche dopo la conquista di Costantinopoli da parte degli Ottomani.

I Selgiuchidi, prima potenza islamica a governare la Turchia, hanno lasciato al paese un retaggio di magnifiche moschee e medresi, prime scuole del corano, che si distinguono per i loro ingressi particolarmente elaborati. Esempi di quest'architettura si possono ritrovare a Konya, Silvas e Divrigi, nella penisola Anatolica. Inoltre si deve a loro la costruzione dei Caravanserragli lungo tutta la Via della Seta, che attraversava tutta la penisola.

Successivamente per quasi 400 anni, l'architettura bizantina, come nella chiesa di Hagia Sophia, servì da modello per la costruzione di molte moschee musulmane nell'impero Ottomano.

Ciò che caratterizza l'architettura ottomana è la sua dinamicità, l'uso di volte cupole, semi cupole e colonne delimitano spazi molto ampi, raggiungendo una perfetta armonia tra spazi interni ed esterni e nell'articolazione di luci e ombre. Soprattutto, l'architettura ottomana è stata descritta come una sintesi fra l'architettura del Mediterraneo e del Medio Oriente.³

Il grande maestro dell'architettura ottomana è Mimar Sinan, che diede inizio a una nuova era, inserendo all'interno della moschea cortili interni ed esterni.⁴ Gli architetti ottomani del XVI secolo posero le basi per le successive strutture. Edifici come la Moschea Blu erano mere imitazioni della cianografia di Sinan. Durante il XVIII, XIX e XX secolo, l'architettura ottomana venne influenzata dagli stili europei. Il primo esempio di architettura barocca apparve nel XVIII secolo, in edifici come l'Harem del Topkapi.

3.1.2.1. L'architettura contemporanea

All'interno della trattazione si è voluto dare anche un piccolo spazio a quelli che sono i canoni moderni dell'architettura in Turchia, e soprattutto comprendere quale è l'approccio dell'architetto islamico contemporaneo rispetto alle tradizioni locali.

³ Oleg Grabar, *Muqamas: An Annual on Islamic Art and Architecture*. Volume 3, Leiden : E.J. Brill,, 1985

⁴ Si ricorda che Mimar Sinan è l'architetto della Moschea, oggetto di studio di questa tesi, e che nel capitolo sette vi è una parte dedicata alla vita e alle opere.

Per architettura contemporanea si intende la produzione relativa alla formazione della Repubblica di Turchia, 1923.

Gli architetti locali guadagnano molto di più all'Occidente che alla tradizione islamica e araba. I pochi riferimenti al passato sono riferiti all'architettura ottomana.

Tra gli anni Venti e Trenta, viene fondato in Turchia il Primo Movimento Architetonico Nazionale, in turco *Birinci Ulusal Mimarlik Akimi*, promosso dagli architetti turchi Mehmet Vedat Tek (1873–1942) e Mimar Kemaleddin Bey (1870-1927), e conosciuto anche come Turkish Neoclassical, con obiettivo primario quello di creare una nuova architettura che seguisse i riferimenti formali dell'Impero Ottomano, e senza motivi provenienti dall'architettura araba e islamica. Inoltre a causa della rapida espansione della capitale Ankara, e l'esiguo numero di progettisti locali, il governo turco a chiamare progettisti stranieri. Lo stile di questo periodo è riferito ad un neoclassicismo monumentale di scuola viennese e dall'Europa Centrale, che ha grande influenza sull'architettura turca, così come le idee provenienti dal Bauhaus e dai CIAM. Alcune delle opere più significative di questo filone sono Grand National Assembly of Turkey (1938–63), Ministry of War & General Staff Building (1927-30), il Ministry of Employemen (1929-34), la Military Academy and Officers' Mess Club (1930-35), l'Atatürk's Palace (1931-32), la Central Bank (1931-33), l' Emlak-Bank (1933-34), la Supreme Court (1933-34), l'Austrian Embassy (1933-34), il Trade, Commerce and Agriculture Ministry (1933-35) The Department of the Interior/ The Home Office (1932-34) e le Houses of Parliament di Ankara (1938-1943), tutti di Clemens Holzmeister.⁵

5 Dogan Hasol, Architecture of the '30s in Turkey, in "Arhitext Magazine", Giugno 2007

Conseguenzialmente alla crescita del Fascismo italiano e Nazismo tedesco, a partire dagli anni Quaranta in Turchia nasce il Secondo Movimento Architetonico Nazionale, in turco *Ikinci Ulusal Mimarlik Akimi*, con lo scopo di creare uno stile architettonico moderno, ma fortemente nazionalistico, similamente all'architettura nazista e fascista, ed in questo caso cercando riferimento anche in alcuni elementi tradizionali locali.⁶

Alcune delle opere che possono essere ricondotte a questo stile sono il Mausoleo Anitkabir (1944-53) di Emin Halid Onat e Ahmet Orhan Arda, l'Istanbul University Faculty of Science and Faculty of Literature buildings (1944-52), di Sedad Hakk Eldem e Emin Onat, la Istanbul Radio Headquarters (1945-49) di Do an Erginba , Ömer Güney e Ismail Utkular, il Mersin Halkevi (1944-46) di Ertu rul Ment e ed il Çanakkale Martyrs' Memorial (1954-60) di Feridun Kip, Do an Erginba e Ismail Utkular.⁷

A partire dagli anni Cinquanta inizia a diminuire l'importanza di questo stile nazionalista, passando all'influenza dell'International Style e del Razionalismo di matrice occidentale.

Dopo il Colpo di Stato del Maggio 1960, la Turchia attraversa un periodo di crisi politica ed economica, che inevitabilmente influenza l'industria delle costruzioni ed il settore architettonico.

Nonostante questa serie di difficoltà, l'architettura turca, allontanandosi dal razionalismo e ricercando maggiormente di soddisfare le esigenze locali, è in grado di produrre edifici signifi-

6 Sibel Bozdoğan, Modernism and Nation Building: Turkish Architectural Culture in the Early Republic, Washington 2002

7 Renata Holod, Modern Turkish architecture. Chamber of Architects of Turkey, Ankara 2005

cativi e con forme differenti, quali l'Istanbul Vak flar Hotel (1959), l' Istanbul Manufacturers' Market (1959) di Dogan Tekeli, Sami Sisa e Metin Hepgüler, il Grand Hotel di Ankara (1960) di Marc Saugey e Yüksel Okan, il METU Campus (1961) di Behruz Cinici e Altug Cinici, l'SSK Complex (1963) di Sedad H. Eldem, il MSB Tandogan Students' Hostel di Ankara (1966) di Sevki Vanl e Ersen Gömleksizoglu e la Turkish History Foundation (1967) di Turgut Cansever e Ertur Yene. Anche durante gli anni Settanta la Turchia continua a risentire delle difficoltà economiche e sociali; alcuni edifici da segnalare sono la Turkish Language Association Building (1972), Atatürk Library (1973) di Sedad Hakk Eldem e la Abdi Ipekçi Arena (1979).⁸

8 Renata Holod, Modern Turkish architecture. Chamber of Architects of Turkey, Ankara 2005



Fig. 3.13 l'Atatürk's Palace 1931-32, Istanbul, Turchia



Fig. 3.14 Etnography Museum, Ankara (Arif Hikmet Koyunoglu – 1925/28)



Fig. 3.15 Atatürk Library, 1973

3.2. INSERIMENTO TERRITORIALE

Come si è anticipato nel capitolo precedente la funzione del nuovo edificio è un centro di restauro e conservazione volto alla valorizzazione del patrimonio architettonico della città, il cui scopo di partenza sarà quello di occuparsi del restauro della Moschea Pertev Pasha. Come vedremo nei paragrafi seguenti, questa centro verrà integrato con altri edifici con funzioni correlate.

Scelto la funzione dell'intervento di nuova costruzione, si è studiato il luogo più adatto dove questo avrebbe potuto svilupparsi. Questa fase di analisi ha quindi riguardato l'inserimento dei nuovi edifici all'interno del contesto esistente, rispetto al quale essi non avrebbero dovuto entrare in contrasto, né risultare predominanti, in accordo con quanto detto nel paragrafo precedente.

Dalle analisi urbanistiche⁹ svolte nella fase antecedente la progettazione, è emerso un vuoto architettonico nell'area retrostante alla Moschea Pertev Pasha. Data la posizione ottimale a causa della vicinanza con l'oggetto della nostra tesi si è deciso di edificare in questo spazio.

3.2.1. L'area di progetto

L'area di progetto risulta prevalentemente pianeggiante e la sua superficie totale risulta complessivamente pari a 7.500 m².

La zona individuata risulta particolarmente adatto al nostro scopo in quanto offre le seguenti caratteristiche:

- La sua posizione si trova a pochi passi dalla Moschea;
- Da quest'area è possibile raggiungere il ponte di collegamento con il lungo mare di Izmit (lato Est dell'area);
- Presenta una buona accessibilità rispetto alle strade esistenti, infatti si può accedere all'area sia dalla nuova strada storica-pedonale¹⁰, sia dalla strada, resa anche questa pedonale, che passa per la Moschea Pertev Pasha fino a raggiungere la via commerciale;
- Il lotto è privo di vincoli naturalistici;
- Da poco l'edificio precedente è stato demolito e attualmente è privo di una destinazione d'uso.

D'altro lato il lotto presenta anche alcune criticità, infatti confina nella parte Sud con l'autostrada, mentre il lato Nord e Ovest si affaccia verso edifici di tipo commerciale e residenziale dall'aspetto massivo e che si elevano dai 4 ai 6 piani.

Nell'ultimo anno, quindi successivamente al Workshop, è iniziata la costruzione del progetto del tram-via che attraversa la città da Est a Ovest e ferma proprio nell'area di progetto, poco distante dalla Moschea. In fase di progettazione si è deciso di inserire il nuovo elemento, al fine di considerare la situazione più attuale e veritiera.

Infine l'area di progetto è poco distante dal mare (1.5 km), e le condizioni del terreno sono diventate un vincolo di progetto. Le uniche informazioni in possesso sono di carattere qualitativo, e indicano che il terreno è di riporto, non vi sono dettagli sulle caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno presente nel

sottosuolo poiché non sono state effettuate indagini in sito. Ciò nonostante si è deciso di non creare piani interrati e di progettare le fondazioni con una platea continua, per evitare problemi che avrebbero richiesto l'utilizzo di specifici macchinari e alzato il costo di costruzione.

3.2.2. L'integrazione con il contesto

La fase di integrazione delle nuove volumetrie all'interno del contesto si è rivelata molto importante affinché la nuova parte progettuale potesse inserirsi in modo armonico ed equilibrato con il paesaggio circostante. Fondamentale in questa fase sono state le analisi preliminari del tessuto urbano, che hanno permesso di inserire i volumi necessari ad ospitare le nuove funzioni senza creare contrasti con l'edificato esistente. Tra le quali è stata molto significativa quella dei flussi pedonali. Come si nota dallo schema a pagina seguente, i flussi sono concentrati lungo il boulevard Curmhuriyet, per la presenza delle numerose attività commerciali. Per raggiungere l'altra parte della città, ovvero il lungo mare, solitamente si discende lungo la via parallela alla moschea, Mimar Sinan SK., per raggiungere il ponte pedonale di collegamento. Inoltre proprio fra la Moschea e il ponte è stata prevista la fermata del tram. Le persone che invece provengono dalle altre direzioni, attualmente girano intorno al lotto, poiché non vi è possibilità di attraversarlo. Alla luce di queste riflessioni sono stati ipotizzati diversi accessi all'area e diversi percorsi al suo interno che ne facilitassero l'attraversamento secondo le due direzioni. Il primo sul lato rivolto alla Moschea e al ponte, in corrispondenza della fermata del tram. Altri due accessi sono stati aperti sul lato Nord, in corrispondenza delle due strade ortogonali all'area e al

Boulevard, per facilitare il collegamento con l'università e gli altri edifici storici¹¹. Infine un ultimo ingresso sul lato Est che faciliti l'attraversamento Est-Ovest dell'area. (Fig.: 3.21)

Gli obiettivi che sono stati fissati e da cui si è partiti per analizzare l'edificio di nuova costruzione sono:

- Rispettare la pre-esistenza della Moschea, ossia creare un luogo dal quale fosse possibile privilegiarne la vista senza mai sovrastarla.
- Rispettare le volumetrie esistenti;
- Non entrare in conflitto con il paesaggio (costruzioni, aree verdi presenti);
- Lasciare un'ampia porzione di terreno libera da costruzioni, così da compensare, anche solo in piccola parte, al forte addensamento urbano presente nel resto della città;
- Rispettare e utilizzare ove possibili le tradizioni architettoniche islamiche.

L'obiettivo più importante della progettazione ha però riguardato l'aspetto funzionale dell'edificio. Difatti si è voluto evitare che il Centro di Restauro e Conservazione rimanesse isolato o collegato solo alla tutela della Moschea. Fermamente convinti, invece, che la "Fabbrica della Moschea" possa costituire l'inizio per una espansione nel settore del restauro e della conservazione dei beni architettonici di valore storico culturale la ricerca è stata approfondita al fine di trovare tutte le possibili associazioni con cui il l'edificio avrebbe potuto collaborare per implementare il proprio raggio d'azione ed espandersi nel tempo.

⁹ Si rimanda al capitolo uno per le analisi urbanistiche.

¹⁰ Vedi capitolo 2 §4

¹¹ Si rimanda al §3.4 per l'approfondimento sui collegamenti funzionali.



Fig. 3.16 Cono ottico 1, vista dal ponte



Fig. 3.18 Cono ottico 3, Accesso EST, via Belde SK.



Fig. 3.20 Cono ottico 5, accesso Nord, da Ilmar Sinan ST.



Fig. 3.17 Cono ottico 2, vista dal ponte



Fig. 3.19 Cono ottico 4, Accesso Nord, Via Cebesoi SK.



Fig. 3.21 Cono ottico 6, Accesso Nord-Est, via Kosegluo SK.



Fig. 3.22 Schemi dei flussi pedonali, tram, accessi all'area.



Fig. 3.23 Render - vista aerea

3.3. GENEALOGIA DEL PROGETTO

Definiti gli accessi principali all'area si è giunti alla parte della determinazione delle volumetrie. In questa fase si è data notevole importanza agli aspetti dell'architettura tradizionale islamica. Come si è già ampiamente discusso nel paragrafo iniziale del presente capitolo, edifici. Dalla madrasa (scuola coranica) alla moschea, dal caravanserraglio alla casa, la corte è l'elemento costante, che si ripete, invariato nel suo significato, in una moltitudine di dimensioni e forme. La corte, intesa come atto fisico e materiale del recingere, rimanda all'antico termine persiano "*pairidaeza*" che significa propriamente "costruire un muro intorno" e si traduce con recinto e, per esteso indica il giardino e il paradiso.

Ecco quindi i temi principali con i quali si è voluto caratterizzare il progetto: corte e recinto. La corte che mantiene le forme geometriche rigide, ma che assume un nuovo significato funzionale divenendo spazio di aggregazione sociale e luogo pubblico, e il recinto interpretato come barriera spaziale interposta fra l'edificio e il caos cittadino, individuato come una delle criticità maggiori della zona di progetto.

Inoltre, poiché a pochi metri dall'area di progetto è presente la Moschea di Mimar Sinan, che non solo è oggetto di studio di questa tesi, ma anche una delle massime espressioni della tradizione islamica, ma anche più specificamente locale, si è ritenuto opportuno studiare a fondo l'edificio, le sue dinamiche spaziali e le tecniche costruttive, al fine di riproporre, con una lettura più contemporanea, gli aspetti più significativi.

Di seguito verranno esposte le fasi del concept di progetto, dal volume massimo iniziale fino alla definizione degli ambienti interni.

Il volume massimo inizialmente teorizzato è il cubo sia perché esprime l'immagine spaziale delle città, caratterizzata dall'uniformità dimensionale tra le componenti urbane, e che ne esalta l'unità volumetrica e l'orizzontalità della scena urbana. Sia perché le mura della corte tradizionale formano un cubo, che secondo la dottrina islamica costituisce una forma perfetta, simbolo di stabilità dell'uomo e del paradiso terrestre.

Il passo successivo è stato svuotare tale cubo al centro proprio per creare la corte interna sulla quale si affacciano i volumi pieni, che assumono essi stessi la funzione di recinto. Si può dunque già notare la contrapposizione degli spazi pieni e degli spazi vuoti, propria della tradizione Islamica.

In seguito il volume è stato modellato al fine di integrarsi nel contesto. Le scelte che hanno segnato questa parte sono state influenzate dallo studio dei flussi e dagli ingressi principali all'area di progetto di cui si è parlato nel paragrafo precedente.¹² Ciò ha terminato infatti che il volume iniziale si scomponesse in altri volumi atti ad ospitare le differenti funzioni individuate.

Gli ingressi principali sono stati disposti uno di fronte l'altro in modo da garantire anche una migliore ventilazione naturale all'interno del complesso, così come facevano i maestri Islamici quando costruivano le abitazioni o i caravanserragli.

¹² Si rimanda al capitolo 3 § 4.2 per l'analisi degli accessi all'area.

L'altezza dei nuovi edificati, secondo la legge, non può superare l'altezza del minareto. Inoltre si è ritenuto opportuno anche non superare quella del ponte poco distante, in quanto già elemento di forte contrasto con la Moschea. Infine, per dare dinamicità al complesso, si è preferito avere altezze differenti fra i quattro volumi, definite in base alle funzioni interne. Dunque l'edificio del Centro di Restauro, che ha maggiore importanza, è anche il più alto, viceversa quello che ospita il Tea Garden.

Un'ulteriore riflessione è stata fatta in merito all'orientamento del volume. Ancora una volta si è guardato alla tradizione islamica, ma più specificamente all'assetto urbano di Izmit.

Izmit come la maggior parte delle città di matrice musulmana ha un orientamento a maglia regolare che riflette i quattro punti cardinali. Gli unici edifici che rompono questo schema sono le Moschee, rivolte verso La Mecca. Essendo l'edificio di progetto a carattere civile si è ritenuto opportuno seguire l'impianto urbanistico, e orientare l'accesso della corte secondo i quattro punti cardinali.

Grazie all'esperienza in loco vissuta durante i giorni del Workshop, è stato possibile vivere il parco della Moschea Pertev Pasha e godere in prima persona della quiete e della calma che lo caratterizzano. Questo parco è, infatti, recintato da alti muri e alberi secolari in modo da essere diviso dal traffico e dall'inquinamento acustico. Il tema del recinto, ancora una volta, appare evidente, caratterizzando gli spazi esterni della Moschea. Dunque, all'interno del progetto, si è voluto enfatizzare la barriera, creata dai volumiche cingono la corte, portando il livello della corte interna

a un livello ipogeo. Si è preferito abbassare il livello del suolo, rispetto ad innalzare un muro, perché si ritiene necessario che dalla strada i cittadini siano invitati ad entrare all'interno del nuovo complesso. Inoltre il tema del recinto è stato rafforzato ancora di più dalla creazione di un parco verde che cinge e separa nettamente il complesso dalla città, creando una zona di quiete non solo idonea a svolgere i lavori di ricerca, ma anche perfetta per rilassarsi e prendere una pausa dalla vita frenetica della città.

Osservando il giardino più interno della Moschea, si può notare che lo spazio esterno è diviso in due parti, una a cielo aperto, e l'altra coperta, ovvero il nartece. La presenza di tale spazio è può essere interpretata come un ulteriore filtro fra una dimensione privata e più intima, quella del religioso nel momento della preghiera, e quella più pubblica e sociale, il cittadino che gode della quiete del parco. Inoltre è opportuna anche una riflessione su quello che è il clima locale, molto caldo e afoso, soprattutto nei periodi estivi. Dunque non sorprende che l'architetto Sinan abbia concepito degli spazi esterni riparati dalla luce diretta, o che una serie di schermature poste in corrispondenza delle finestre e delle semi cupole per mitigare l'irraggiamento solare. Inoltre si ricorda che il magnifico gioco di luci e ombre che si ammira nelle moschee, è proprio frutto del periodo ottomano moderno, di cui Mimar Sinan è esponente.

In fase progettuale, ancora una volta, abbiamo ripreso tali elementi, ma interpretandoli in chiave più moderna. Si è modellata seconda pelle, costituita da una lamiera microforata, che avvolge ogni volume. Tale elemento non solo costituisce una schermatura contro la luce solare, ma crea dei percorsi ombreggiati per poter

attraversare l'area di progetto e raggiungere i vari edifici. Inoltre, per enfatizzare l'importanza dell'edificio che ospita il Centro di Ricerca di Restauro e Conservazione rispetto agli altri, si è creato un altro cortile coperto che funge da filtro tra uno spazio pubblico, la corte, e quello lavorativo all'interno del Centro.

Per quanto riguarda le coperture si è deciso di realizzarle piane, in modo da essere del tutto praticabili, ispirandoci ancora una volta alla casa islamica, dove i tetti piani erano utilizzati dalle famiglie per cenare nelle serate estive. La seconda pelle copre parzialmente la copertura, richiamando i muri divisorii fra i vari tetti delle abitazioni che servivano a garantire privacy. Inoltre si è deciso di utilizzare delle coperture verdi, al fine di mitigare il comfort interno degli ambienti e alimentare il polmone verde cittadino.

Infine l'ultimo aspetto che si è analizzato è quello funzionale. Così come intorno alla moschea sorgono solitamente scuole, bazar e altre strutture pubbliche, intorno all'edificio del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione, si sono voluti creare altri che ospitassero funzioni diverse, quali un mercato un auditorium, e un tea garden. Al centro di tutti gli edifici vi è la corte, dove in perfetto stile islamico, non può mancare l'elemento dell'acqua costituito da una fontana.

Nelle seguenti pagine sono riportati il masterplan, completo con l'inserimento della nuova struttura, e un modello tridimensionale.

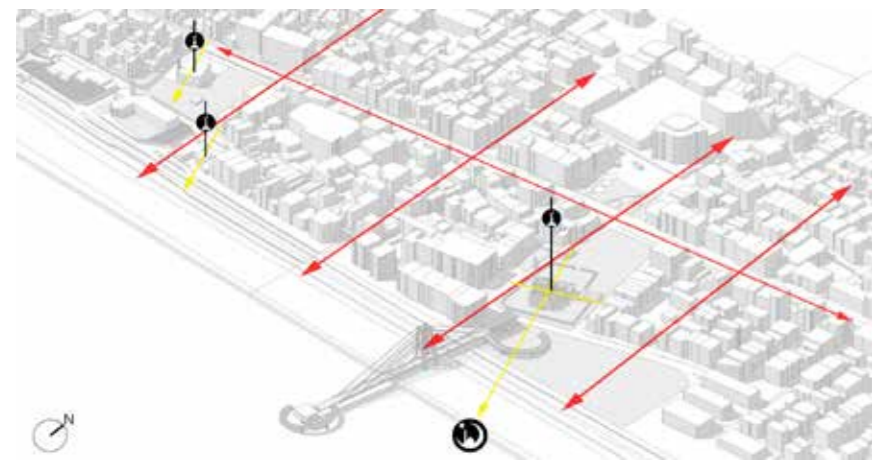


Fig. 3.24 Orientamento della città islamica di Izmit

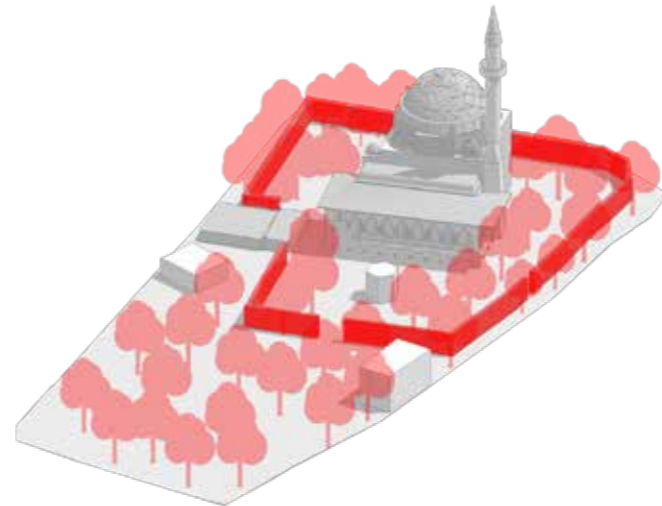


Fig. 3.26 Il recinto della Moschea

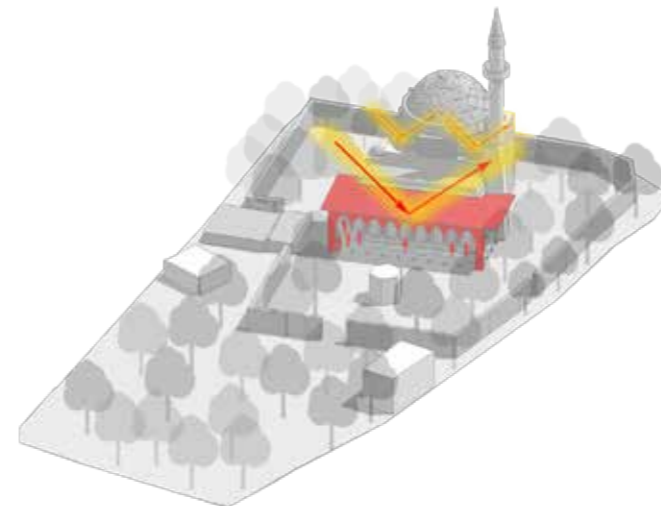


Fig. 3.28 Schermature solari Moschea

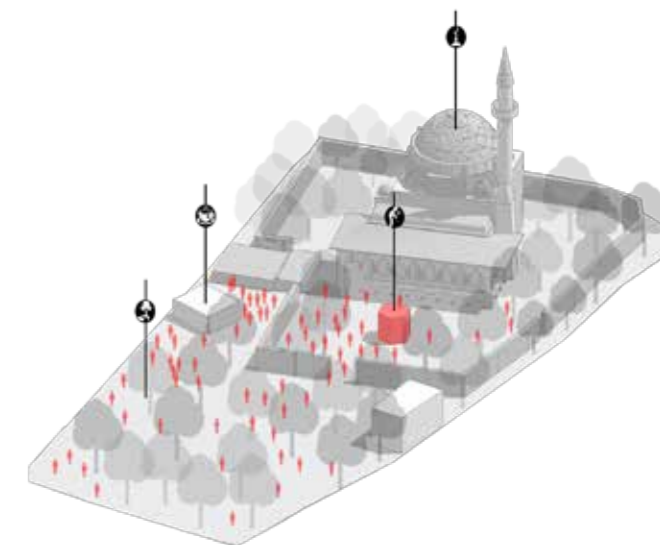


Fig. 3.30 Layout funzionale Moschea

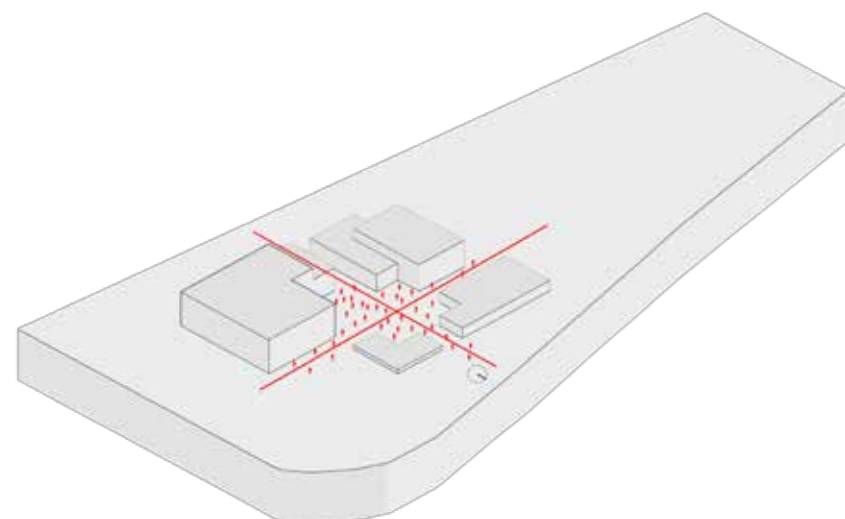


Fig. 3.25 Creazione dei volumi e della corte, contrasto pieni e vuoti

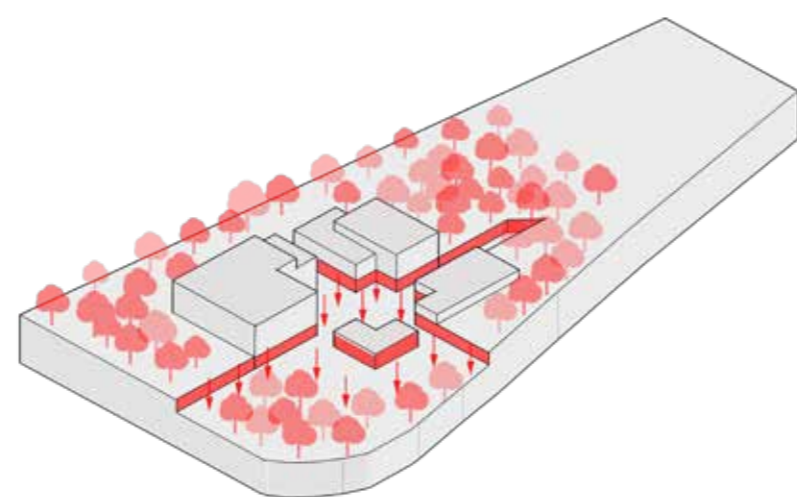


Fig. 3.27 Il recinto della Fabbrica della Moschea

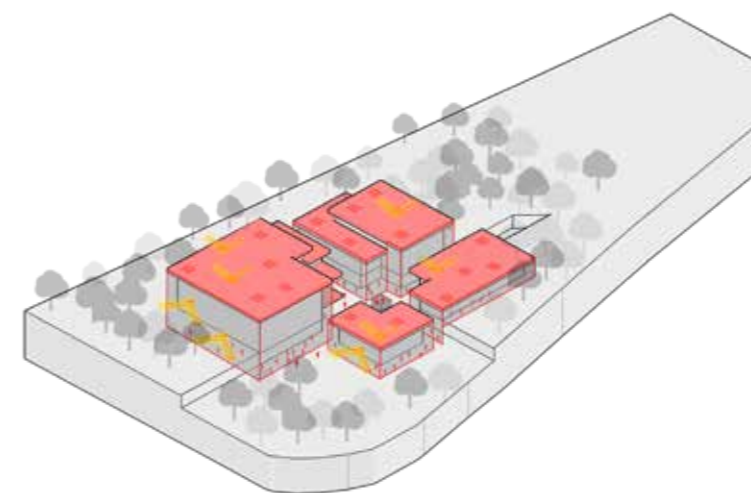


Fig. 3.29 Schermature solare Fabbrica della Moschea

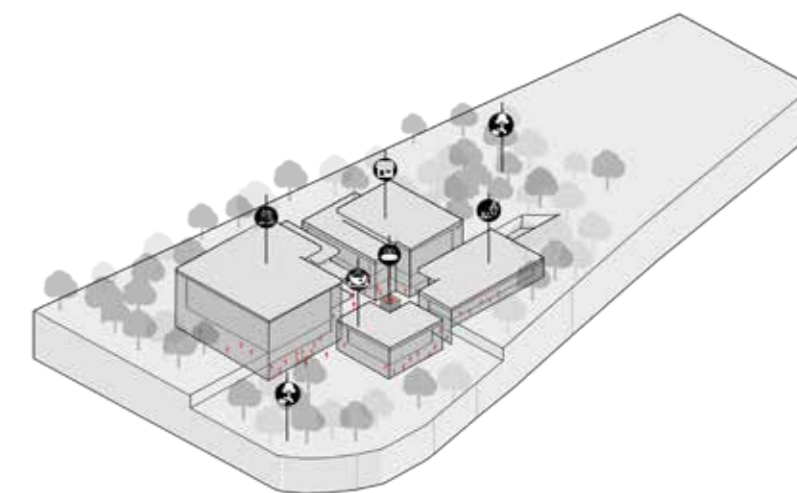


Fig. 3.31 Layout funzionale La fabbrica della Moschea.



Fig. 3.32 Masterplan di progetto - scala - adattata

3.4. IL PROGETTO ARCHITETTONICO

L'intero complesso è dunque formato da quattro edifici che si affacciano su un'unica corte interna e aventi quattro funzioni distinte:

- Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione;
- Auditorium;
- Mercato cittadino;
- Tea garden (spazio ricreativo).

Gli accessi principali sono siti al livello della corte ipogea, ma è possibile accedervi anche dal livello stradale. L'accesso alla corte ipogea è stato gestito con delle rampe aventi pendenza inferiore all' 8%, secondo normativa.¹³

Nel presente paragrafo saranno presentati singolarmente i quattro volumi, descrivendo in dettaglio la loro funzione, gli spazi interni, la distribuzione verticale e orizzontale, con il supporto di piante sezioni e prospetti.¹⁴

Nella pagina accanto è riportato il layout funzionale dell'intero complesso dove sono stati segnati le distribuzioni interne orizzontali e verticali.

COPERTURE PRATICABILI
terrazze panoramiche e tetti giardini
2180 m²

PIANO +1
Centro Restauro e Conservazione

- aule teoriche
1 96 m²
2 96 m²
- area snack-relax
255 m²
- bagni
55 m²
- vano scala e ascensori
33 m²
- terrazza panoramica
143 m²
- uffici
30 m²

Mercato coperto

- area lunch
179 m²
- distribuzione verticale
36 m²
- terrazza panoramica
300 m²

PIANO 0
Centro Restauro e Conservazione

- laboratori di restauro
1 146 m²
2 96 m²
- spazi di archivi multimediali
98 m²
- spazio espositivo temporaneo
253 m²
- bagni
55 m²
- vano scale e ascensori
33 m²

Mercato coperto

- Area carico scarico
77 m²
- vano scale ascensori
36 m²

Auditorium

- Hall di ingresso secondaria
63 m²
- vano scale ascensori
10 m²

PIANO -1
Centro Restauro e Conservazione

- archivi di restauro
239 m²
- spazio espositivo temporaneo
253 m²

- ufficio amministrativo
31 m²
- bagni
55 m²
- vano scale e ascensori
33 m²

Mercato coperto

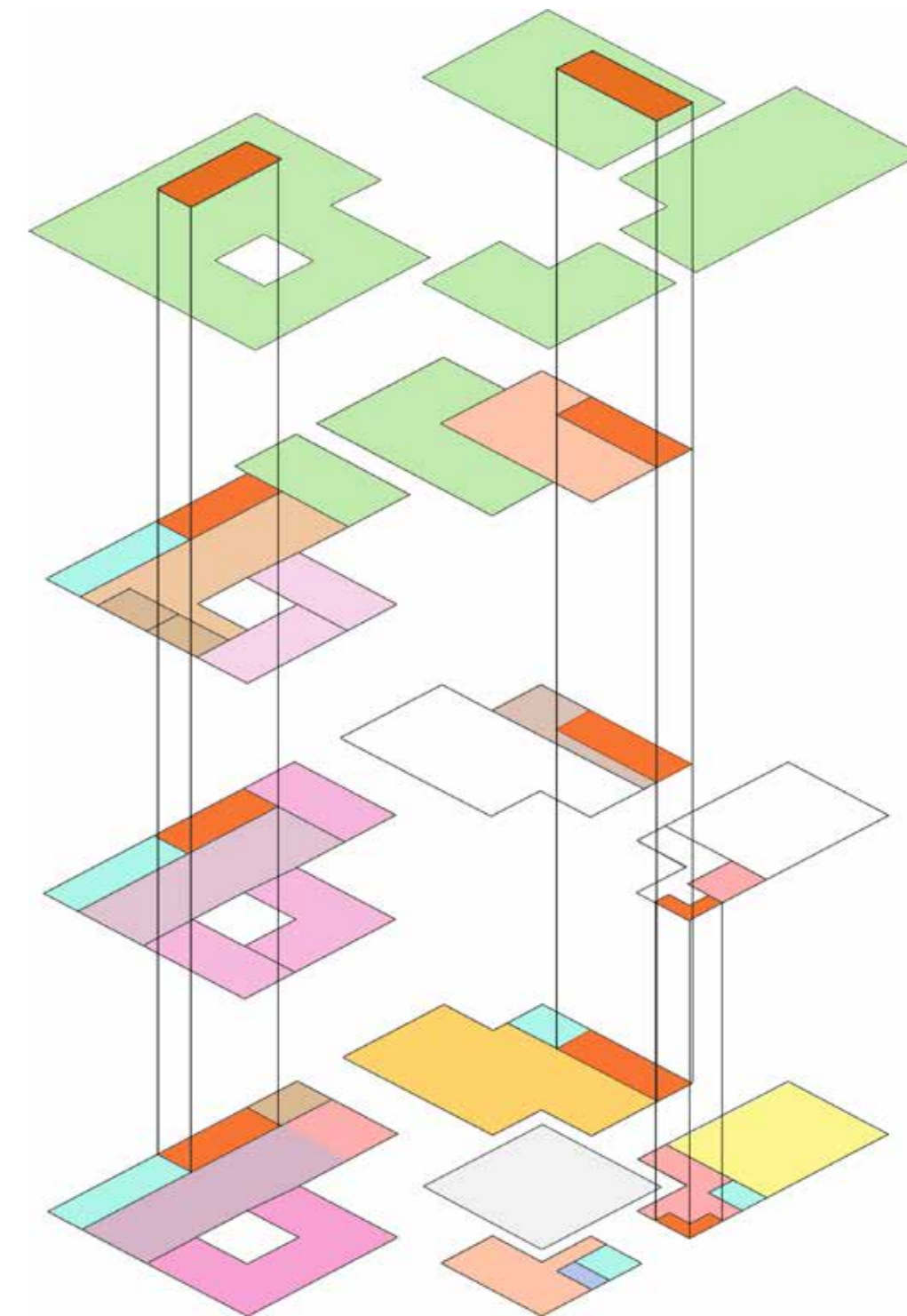
- Mercato
341 m²
- bagni
19 m²
- vano scale e ascensori
36 m²

Auditorium

- hall di ingresso
70 m²
- auditorium
231 m²
- bagni
18 m²
- vano scale ascensori
10 m²

Tea garden

- spazio commerciale
118 m²
- bagni
18 m²
- area stoccaggio
10 m²



¹³ Si rimanda al capitolo 3 § 3.5 per la trattazione sull'accessibilità dell'edificio.

¹⁴ I disegni architettonici riportati sono stati adattati. Si rimanda alle tavole dell'album A3 per i disegni completi e con la corretta scala di rappresentazione.

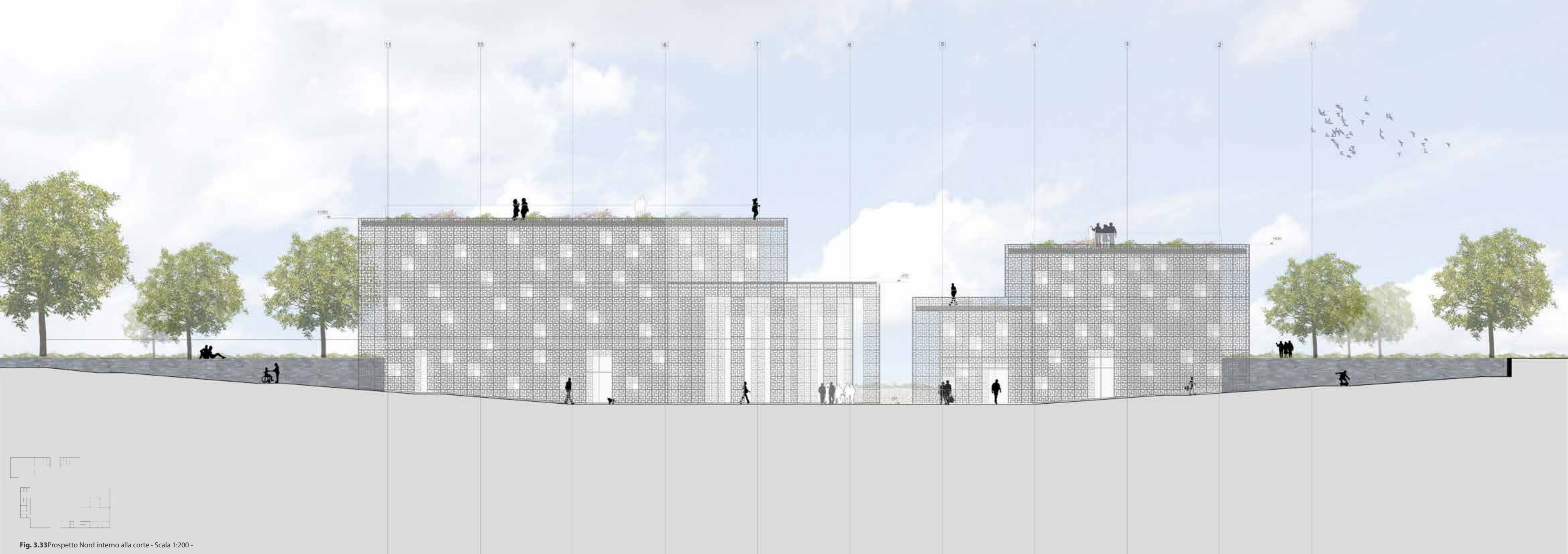


Fig. 3.33 Prospetto Nord interno alla corte - Scala 1:200 -

3.4.1. Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione

Il cuore della Fabbrica della Moschea è il centro di Ricerca che risponde all'esigenza di valorizzare e tutelare gli edifici che posseggono un valore storico e che oggi sono spesso dimenticati o abbandonati. Sono dunque stati progettati spazi di archivio, laboratori di ricerca e aule teoriche. Infatti si ritiene indispensabile che il centro di restauro non svolga le sue funzioni singolarmente, ma che lavori a stretto contatto con l'università di Architettura di Kocaeli che ha sede a poche centinaia di metri, quale ottima opportunità sia per coinvolgere il corpo docenti e ricercatori dediti alle pratiche di restauro e conservazione, sia come prima esperienza diretta sul campo per gli studenti. Inoltre all'altro estremo



Fig. 3.34 Pianta piano semi interrato del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione

della città, ma ormai facilmente raggiungibile in pochi minuti con il tram, vi è la sede dell'organo della sovrintendenza della provincia di Kocaeli che sicuramente ha interesse nello sviluppo e nella crescita della Fabbrica della Moschea.

L'edificio si sviluppa su tre livelli e l'ingresso principale è al piano ipogeo. La forma del volume è a "L", e il blocco servizi e distribuzione verticale è stato posto sulla parete sud. Data la presenza del piano seminterrato è stata creata una corte interna all'edificio per portare luce al piano più buio.

Al piano ipogeo vi sono gli spazi destinati all'archiviazione. Dagli archivi si può accedere al chiostro interno rivestito in maiolica. Si è progettato questo luogo, come spazio "relax" per i ricercatori.



Fig. 3.35 Pianta piano terra del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione

Al piano 0 (livello stradale) vi sono i laboratori di ricerca sperimentale. Sono stati progettati spazi ampi atti ad ospitare i tavoli di lavoro e disegno. Inoltre i laboratori hanno accesso diretto agli spazi esterni, in modo che alcune prove di laboratorio possano essere eseguite anche all'esterno, come per esempio le prove sulle malte nei periodi estivi. Infine all'ultimo piano vi sono le aule teoriche, entrambe per 30 persone e gli uffici. Inoltre negli ampi corridoi sono stati previsti degli espositori temporanei per i lavori sviluppati all'interno del centro.

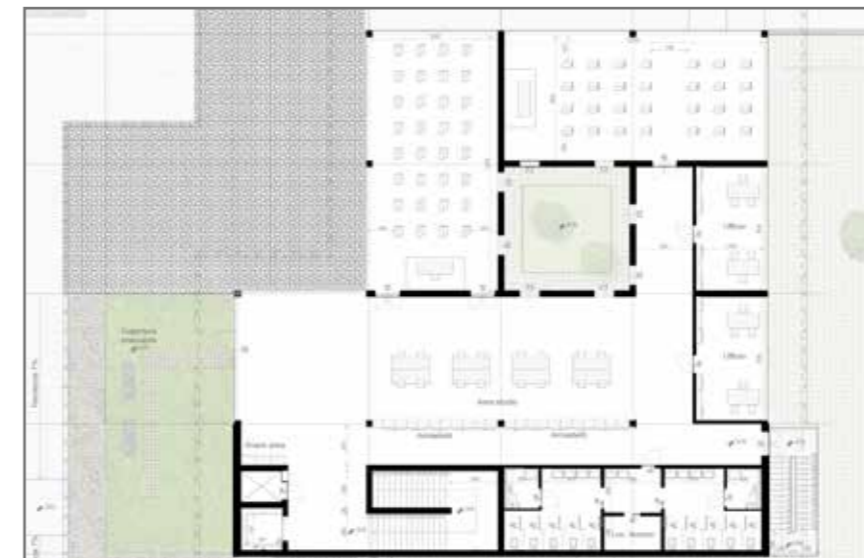


Fig. 3.37 Pianta piano primo del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione

3.4.2. L'auditorium

Come funzione complementare al centro di ricerca si è progettato un auditorium con 126 posti a sedere. L'ingresso è al piano ipogeo ed è a doppia altezza per creare uno spazio più ampio idoneo ad ospitare numerose persone.

L'interno della sala è in pendenza verso il palco rialzato, così da garantire migliore visibilità alle file più lontane. L'altezza interna è di 7 metri, e il soffitto è rivestito con pannelli acustici per migliorare la qualità del suono.



Fig. 3.36 Pianta piano terra Auditorium

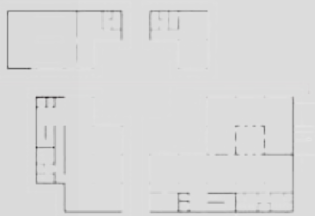
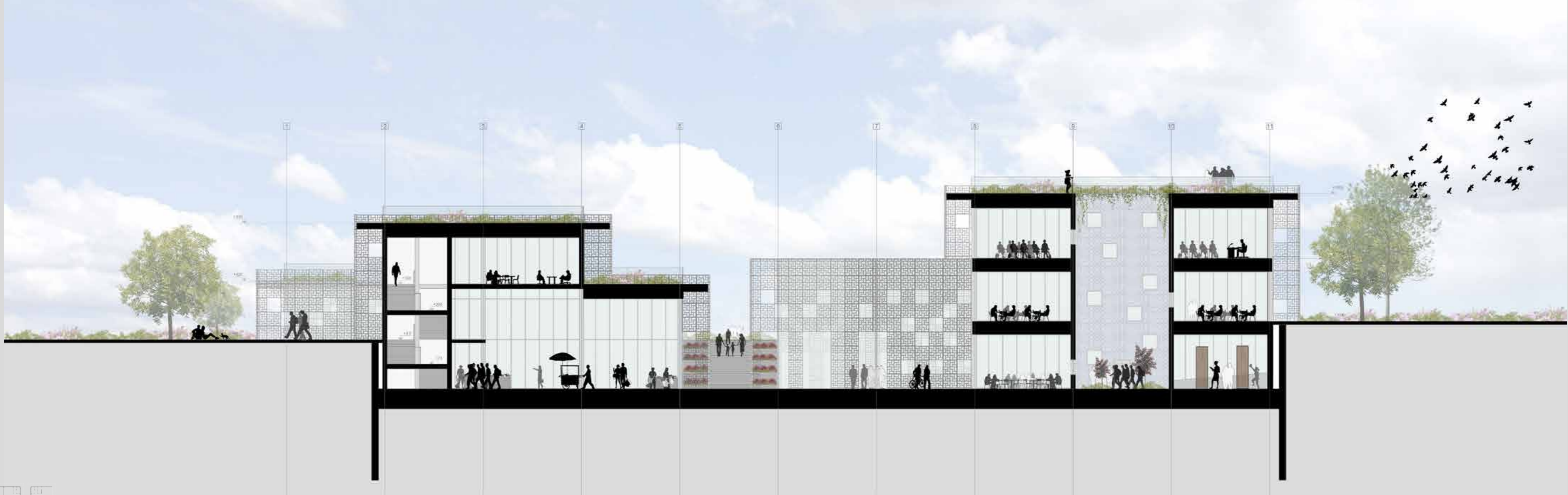


Fig. 3.38 Sezione verticale C-C - Scala: 1:200

3.4.3. Il mercato cittadino

La necessità di creare uno spazio destinato al mercato deriva dall'attuale assenza dello stesso all'interno della città. Attualmente i venditori si dispongono in maniera autonoma lungo le strade del centro, creando disagi sia al traffico automobilistico, che ai pedoni. Poiché spesso sono rivenditori di prodotti alimentari come carne, pesce e verdure, non solo non sono rispettate le norme igienico sanitarie, ma si creano disagi come strade sporche e male odoranti.

Si è quindi progettato uno spazio ampio con postazioni fisse che potesse ospitare i vari commercianti. Ogni postazione fissa è stata predisposta di allaccio alla rete idrica e all'impianto elettrico,

in modo da garantire l'autonomia fra le stesse, e la possibilità di avere dai piani di lavoro ben illuminati e con lavabo.

Anche per il mercato si accede dal livello ipogeo, e si entra in uno spazio molto ampio a tutta altezza suddiviso nelle citate postazioni che sono poste sui lati.

Il blocco scale e i servizi igienici sono stati disposti sul lato ovest dell'edificio.

Sebbene l'accesso alla corte, per soli mezzi di carico e scarico, è garantito, si è predisposto al piano del livello stradale un ulteriore punto di carico e scarico merci. In corrispondenza dello stesso è previsto una cella frigorifera per depositare la merce deteriorabile.

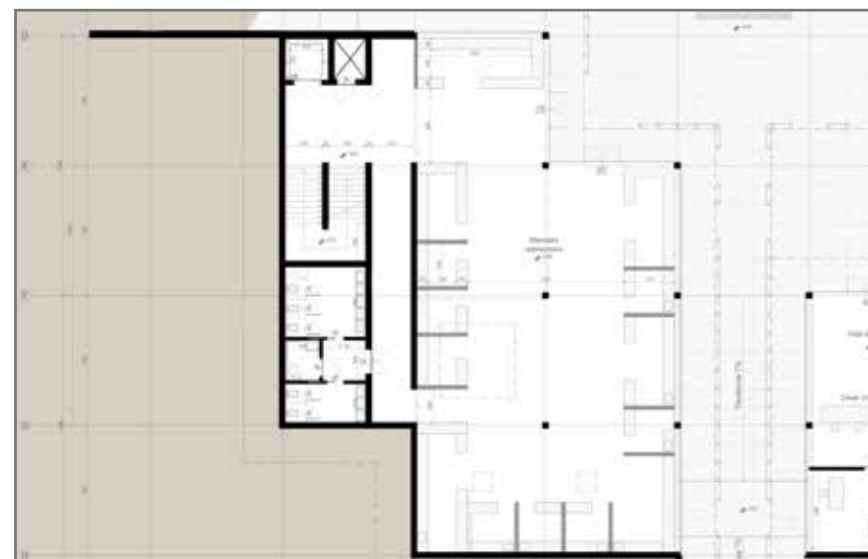


Fig. 3.39 Pianta piano terra centro d restauro

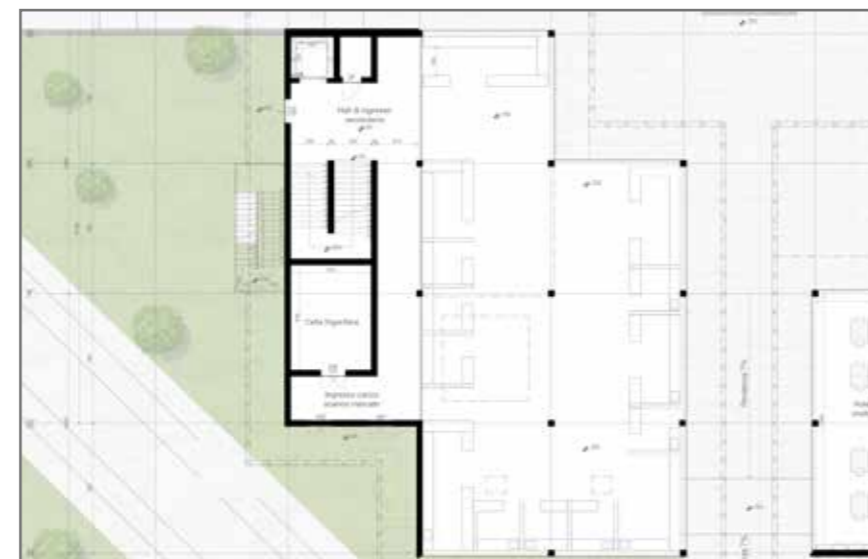


Fig. 3.40 Pianta piano terra centro d restauro

All'ultimo piano, invece, vi è una sala lunch che può ospitare un massimo di 30 persone. Dalla sala è possibile accedere alla copertura praticabile verde. Si crea quindi un punto di ristoro in copertura che può essere usato per consumare i pasti sia dai cittadini che si recano al mercato che dai lavoratori del centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione.

Infine in copertura sono stati predisposti dei lucernari per portare aumentare l'illuminazione naturale del piano ipogeo. I

inserire una funzione commerciale all'interno del complesso era indispensabile al fine di portare energia allo stesso, ovvero di creare un flusso di persone non esclusivamente legate al centro di restauro.

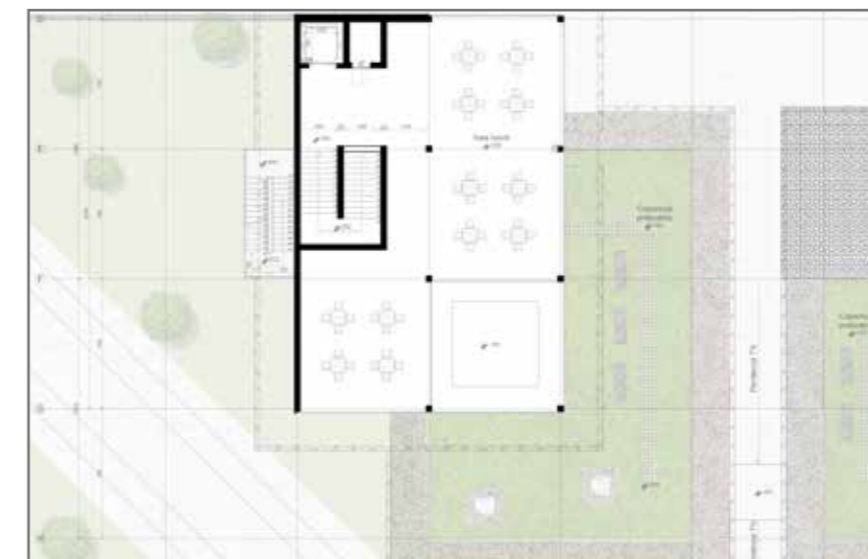


Fig. 3.41 Pianta piano terra centro d restauro

3.4.4. Tea garden

Si è scelto di destinare l'ultimo dei volumi a questa funzione perché ancora una volta, studiando le trazioni locali, ci si è accorti di quanto il tè pomeridiano sia un'abitudine largamente diffusa.

Il tea garden è l'edificio più piccolo del complesso e si sviluppa su un unico piano accessibile dall'interno della corte o dal giardino retrostante.

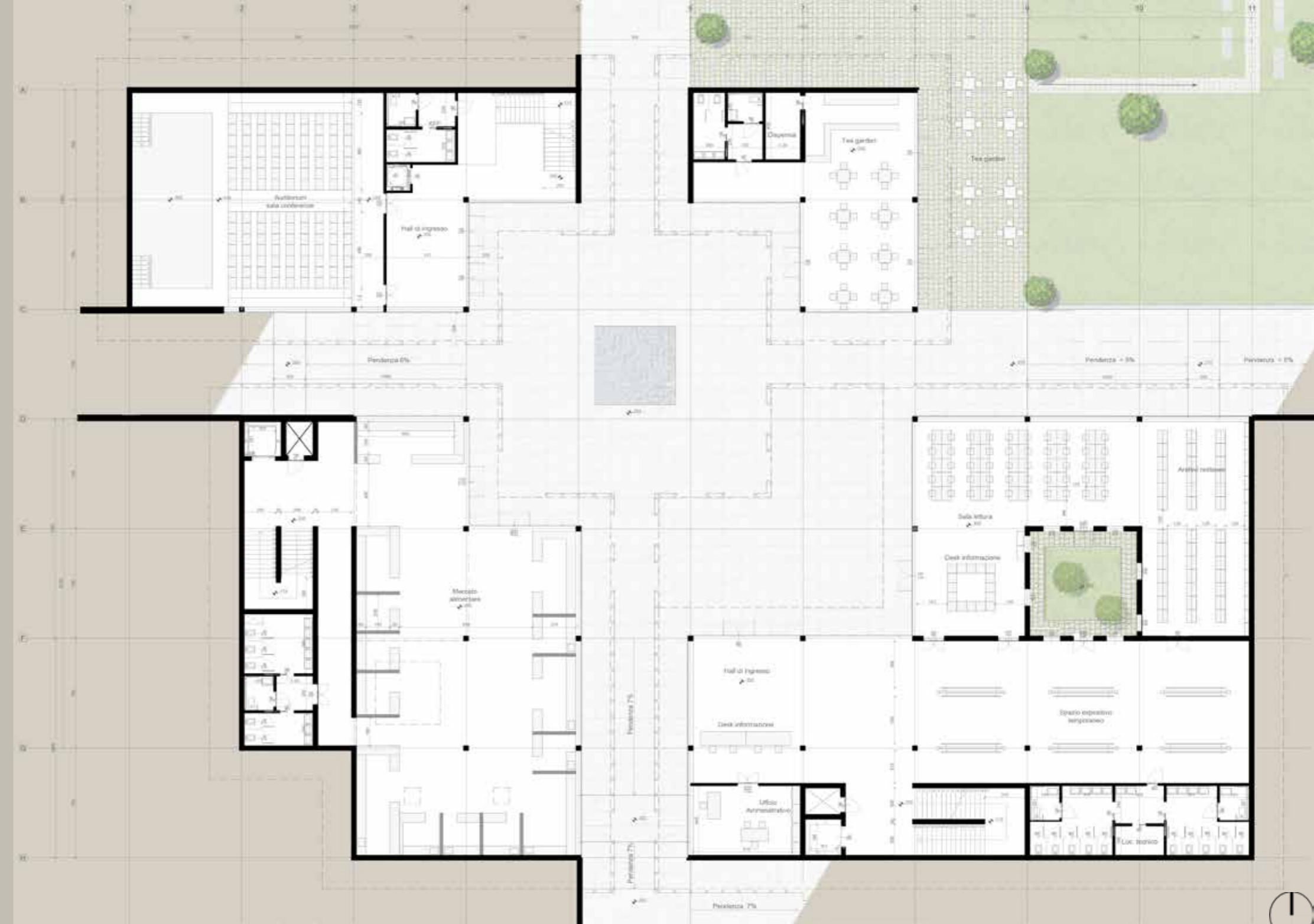
All'interno sono stati previsti un bancone, uno spazio per le vivande, i servizi igienici e dei tavoli interni. L'esterno del tea garden è un parco attrezzato dove si può sostare all'ombra degli alberi.

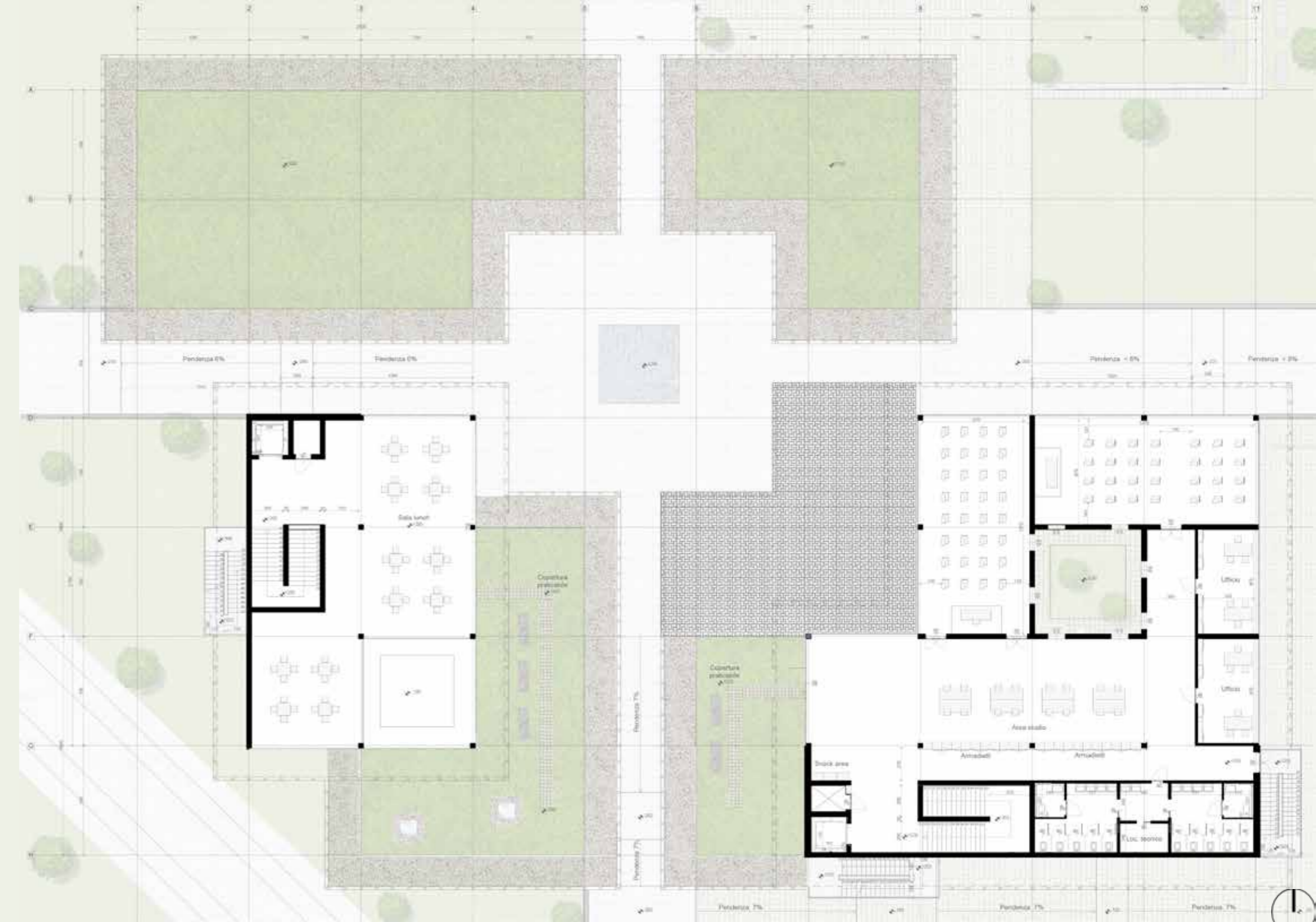
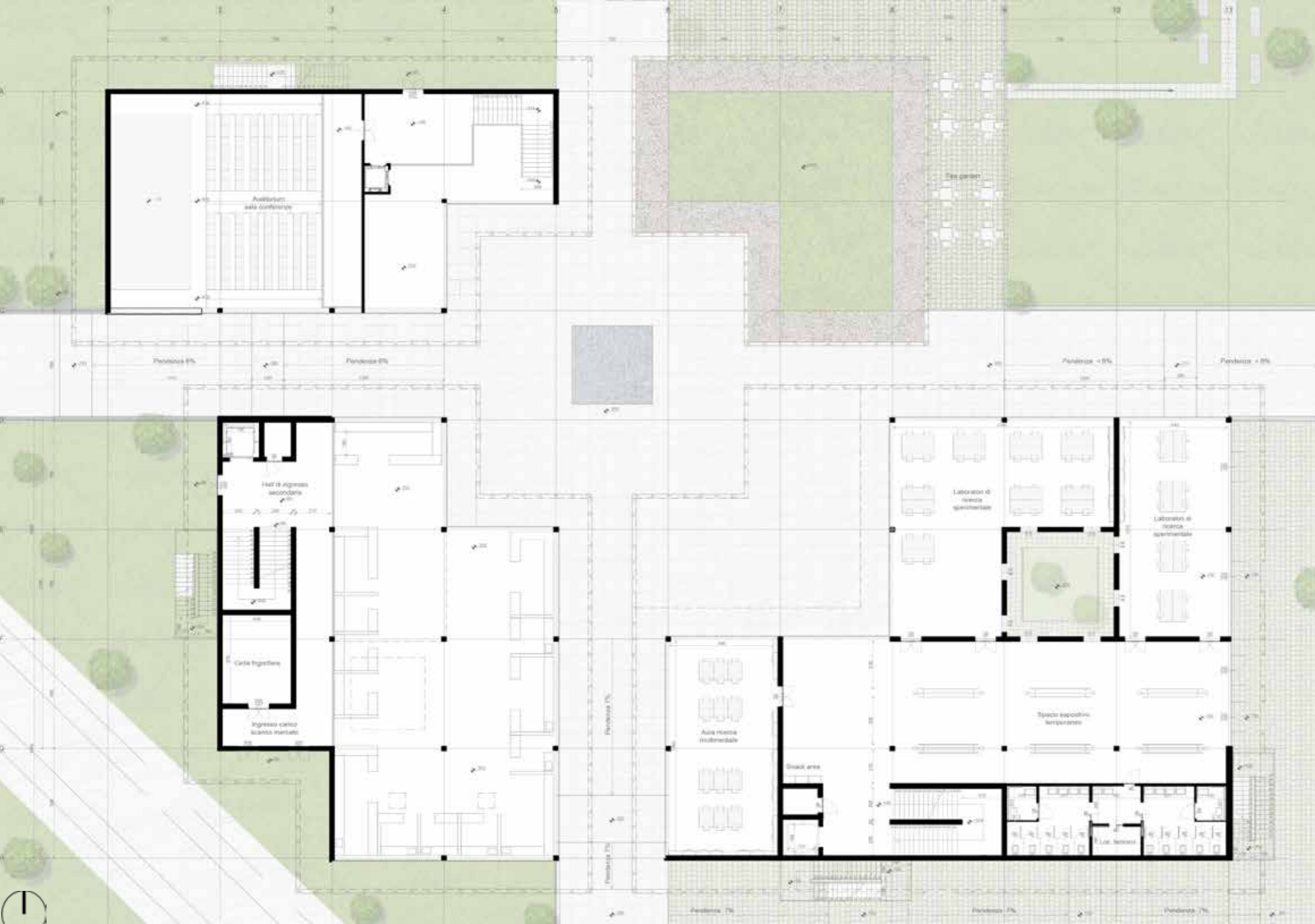


Fig. 3.42 Pianta piano terra centro d restauro



Fig. 3.43 A Lato: Render - Vista aerea





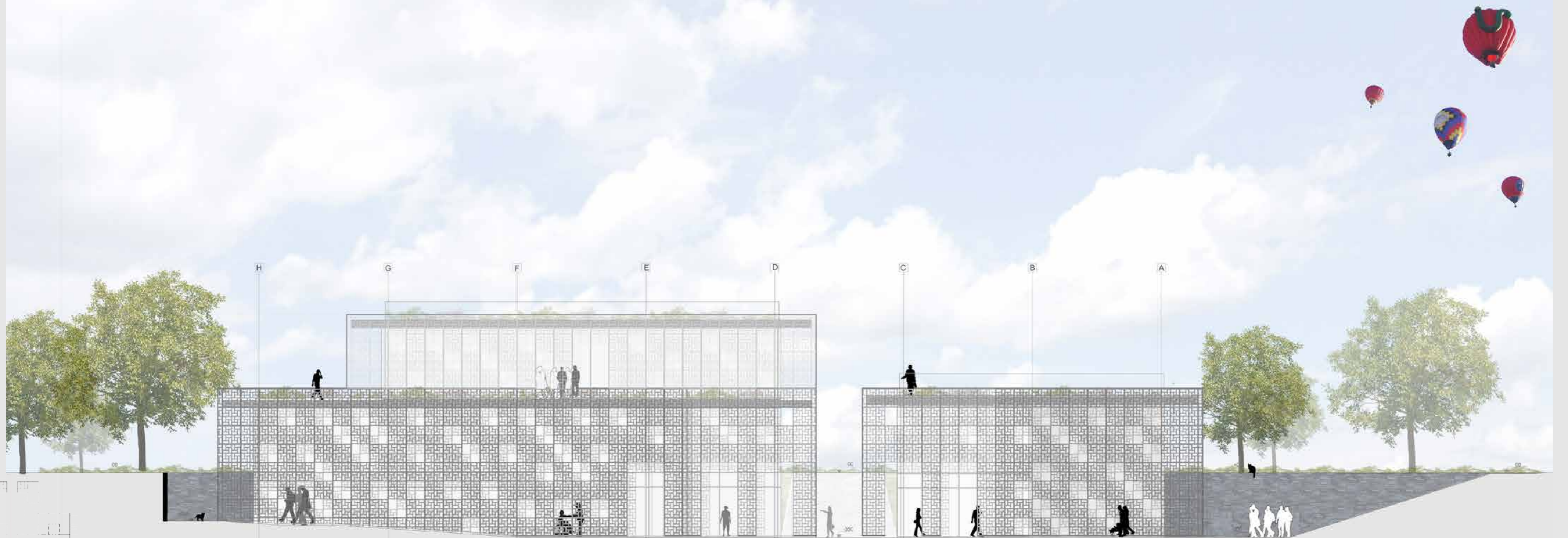


Fig. 3.44 Prospetto Est interno alla corte - Scala: 1:200

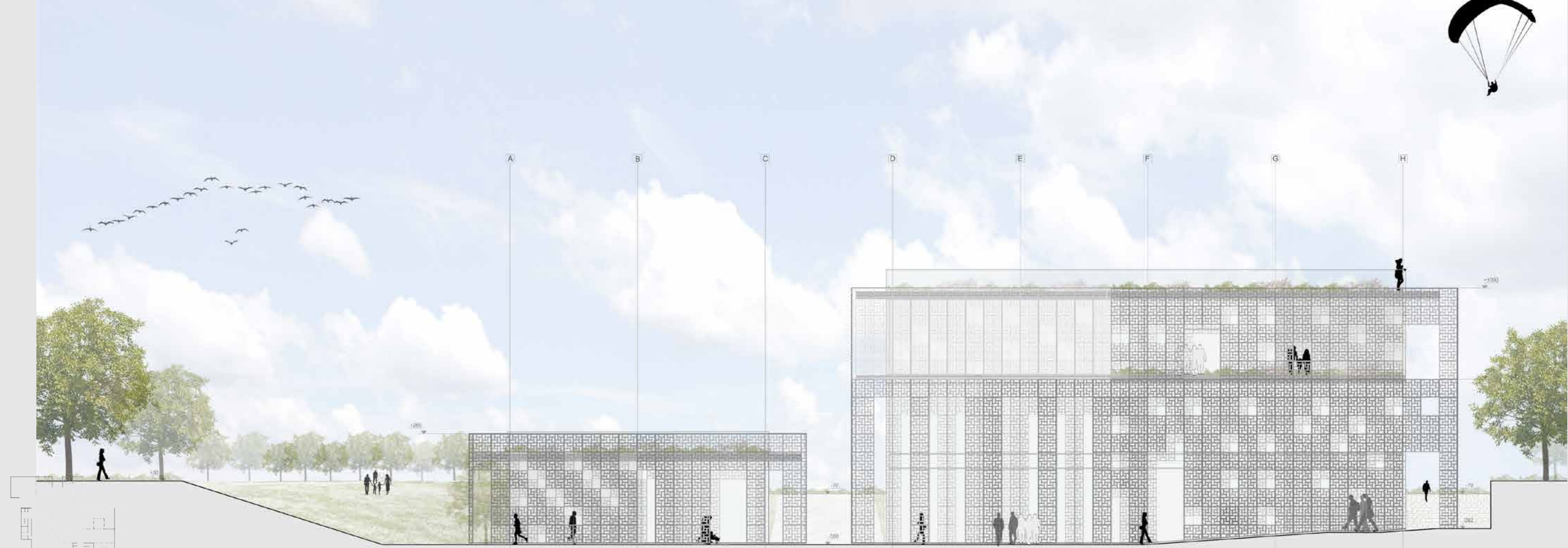


Fig. 3.45 Prospetto Ovest interno alla corte - Scala: 1:200

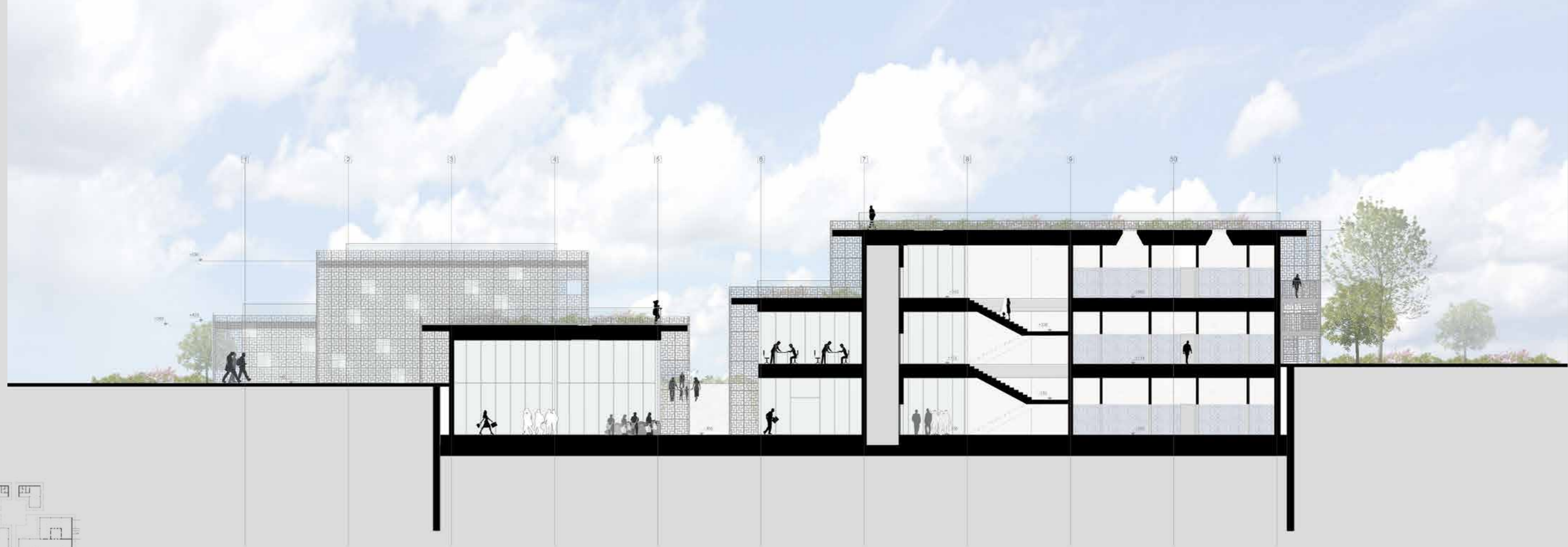


Fig. 3.46 Sezione verticale A-A - Scala: 1:200

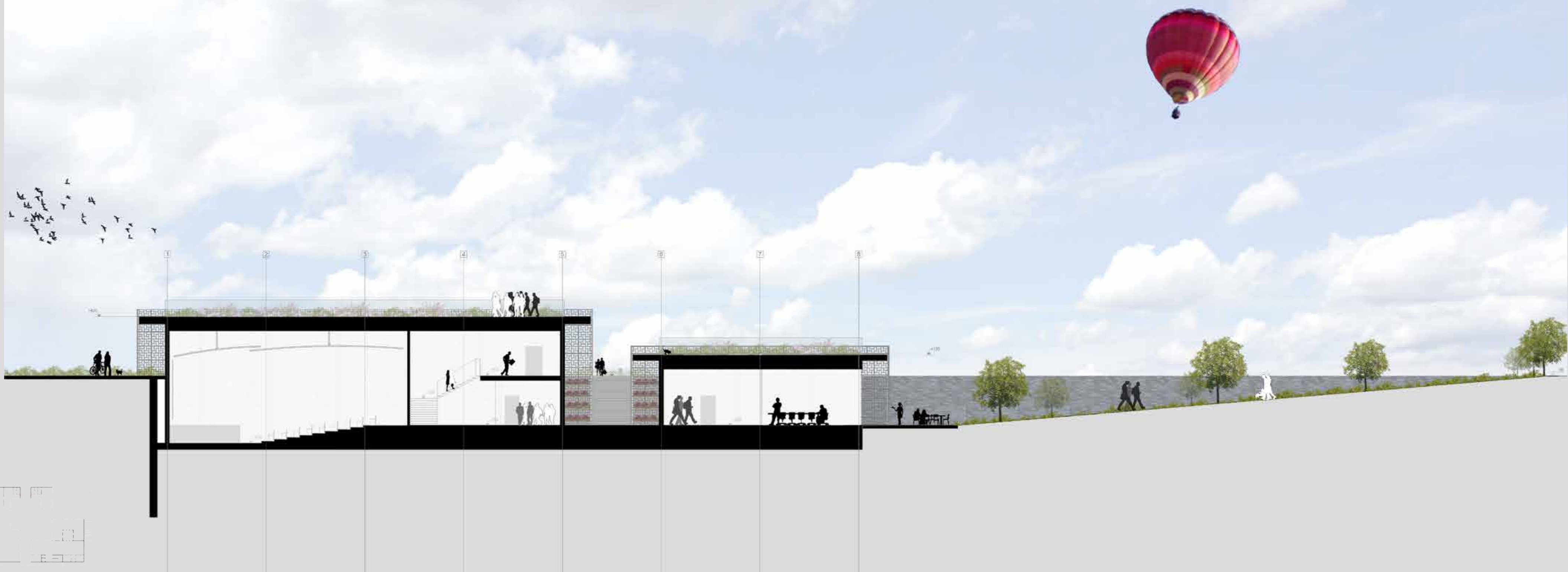


Fig. 3.47 Sezione verticale B-B - Scala: 1:200



Fig. 3.48 A Lato: Render - Vista sul tea garden e sul centro di restauro

3.5. ACCESSO ALL'AREA

Per affrontare il problema dell'accessibilità all'area e dell'abbattimento delle barriere architettoniche è stato fatto riferimento al D.M. 236/89 della Legge 13/89 che definisce i concetti di accessibilità, visitabilità e adattabilità. In particolare realizzare la possibilità per persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale di raggiungere l'edificio e le sue singole unità immobiliari e ambientali, di entrarvi agevolmente e di fruire di spazi ed attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia.

3.5.1. Percorsi esterni

Come si è già visto in precedenza, il complesso di edifici si trova ad un livello ipogeo, di 3.50m sotto la strada principale, ma è importante notare che tutti gli edifici sono accessibili anche dal livello 0, ossia quello della strada.

Se si volessero raggiungere gli ingressi ai piani inferiori, 4 strade principali di 2.50m di larghezza, e una secondaria, che attraversa il parco, percorrono il dislivello fino a congiungersi nella piazza principale.

Il percorso in direzione Nord, il più problematico a causa della poca distanza dal livello della strada, non presentava una lunghezza sufficiente per l'utilizzo di una rampa, così sono stati realizzati dei gradoni. Per tutte le altre strade sono state realizzate delle rampe, che garantiscono tutte una pendenza inferiore al 8%, e forniti di apposite aree di sosta.



Fig. 3.49 Ingressi pianta livello 0



Fig. 3.50 Ingressi pianta livello -3.50m



Fig. 3.51 Rampe sezionate

3.5.2. I collegamenti verticali

Requisito molto importante nella progettazione del complesso è stato realizzare la totale accessibilità ad ogni parte dell'edificio.

Gli edifici dedicati al mercato e al e al restauro, si sviluppano su tre piani, e sono entrambi dotati di ascensore con caratteristiche conformi al DM 236/89 Par. 4.1.12. L'anfiteatro, che si sviluppa su due livelli, è dotato di una piattaforma elevatrice.

Le coperture più alte, dove sono disposti gli impianti e quindi parzialmente accessibili, sono raggiungibile attraverso delle scale esterne, progettate con la possibilità di installare un montascale.

Gli interni

È importante prestare attenzione anche alla disposizione degli spazi interni e al relativo arredo per evitare di venir a creare quegli ostacoli che impediscono ad una persona infortunata o diversamente abile di compiere ogni attività in autonomia.

La pavimentazione interna, realizzata in linoleum, è stata studiata in modo tale da creare una superficie liscia e priva di fessure così che, i portatori di handicap che utilizzano un mezzo a ruote (ma lo stesso vale anche per il trasporto di bambini in passeggino), si muovano in maniera agevole.

Essendo gli edifici realizzati come curtain wall la vista non viene preclusa ne a persone su sedie a rotelle, ne ai bambini; allo stesso modo i parapetti della terrazza e delle coperture praticabili sono stati realizzati in vetro.

La larghezza delle porte interne parte da un minimo di 90cm fino a raggiungere un massimo di 120cm, e sono dotate di maniglia posta ad una altezza di 90cm.

Un locale molto importante per poter assicurare l'autonomia del disabile è il locale igienico. Le dimensioni minime del locale igienico devono essere di 180 x 180 cm. La porta di accesso deve avere una luce minima di 85 cm e deve essere apribile verso l'esterno o scorrevole per evitare che all'interno una persona colta da malore possa essere motivo di impedimento per l'apertura della porta stessa; inoltre la porta deve essere apribile dall'esterno anche se chiusa a chiave.

L'arredo dei servizi igienici deve essere predisposto in questo modo:

- Il lavandino, per poter essere comodamente utilizzato, deve avere diversi accorgimenti. La sua altezza è determinata dall'altezza dei braccioli di una sedia a rotelle e deve permettere il comodo inserimento della stessa nella parte sottostante. La sua profondità non deve essere inferiore a 0,65 m in modo da poter accogliere la parte anteriore della sedia a rotelle. La distanza minima consentita dal centro del lavandino alla parete deve essere 55 cm e prevedere un'area di accesso minima di 91 cm in larghezza e 107 cm in lunghezza. Secondo il D.P.R n. 384 , il lavandino deve essere posto ad un'altezza massima di 0,80 m. Anche il maniglione o corrimano, posto in genere lateralmente al lavandino, deve essere posto ad un'altezza massima di 0,80 m.
- Il centro del wc deve essere posto ad una distanza minima di 0,40 m dalla parete. L'altezza del piano superiore della tazza deve essere di 0,50 m dal pavimento e La distanza consigliata tra il centro del WC e il sostegno di sicurezza laterale è invece di 0,40 m.

Nel nostro progetto ogni edificio contiene due locali igienici per piano divisi per sesso, con tali caratteristiche, portiamo di seguito un esempio di uno stralcio di pianta del locale igienico dell'edificio denominato la Fabbrica Della Moschea

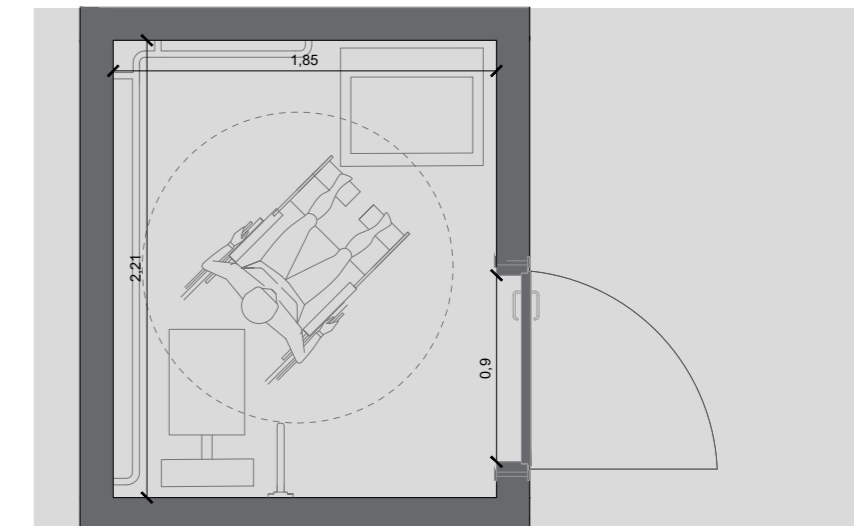


Fig. 3.52 Zoom bagno disabili

3.6. PREVENZIONE INCENDI

Per quanto riguarda la progettazione antincendio prenderemo in considerazione solo l'edificio dedicato al restauro e alla conservazione: La fabbrica della Moschea.

3.6.1. La norma di riferimento

Ai sensi del DPR 151/2011 i locali adibiti a scuole di ogni ordine, grado e tipo, collegi, accademie con oltre 100 persone presenti sono classificati nell'Attività 67, in particolare nel nostro caso rientriamo nella categoria C.

N.	ATTIVITÀ	CATEGORIA		
		A	B	C
67	Scuole di ogni ordine, grado e tipo, collegi, accademie con oltre 100 persone presenti; Asili nido con oltre 30 persone presenti.	fino a 150 persone	oltre 150 e fino a 300 persone; asili nido	oltre 300 persone

Fig. 3.53 Attività soggette DPR 151/2011

L'adeguamento della struttura alla prevenzione incendi verrà effettuata anche con riferimento alle seguenti norme:

- D.M. 26 agosto 1992 "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica".
- D.M. 12 maggio 2016¹⁵ "Prescrizioni per l'attuazione, con scadenze differenziate, delle vigenti normative in materia di prevenzione degli incendi per l'edilizia scolastica".
- DM 9/03/07- Vigili del Fuoco
- EN 1991-1-2

¹⁵ Si riporta per completezza, pur se ormai superato, anche il testo del D.M. 12 maggio 2016

3.6.2. Accessibilità all'area

L'area su cui sorge il nuovo centro polifunzionale rispetta le distanze di sicurezza esterne dagli insediamenti circostanti. E' consentito l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco, in quanto adiacente ad una strada di pubblico transito e su cui non sono imposti vincoli di dimensione e peso. Sono rispettati i seguenti requisiti minimi:

- Larghezza > 3,5 m;
- Altezza libera > 4 m;
- Raggio di svolta: 13 m;
- Pendenza: < 10 %;
- Resistenza al carico: almeno 20 ton (8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore: passo 4m)
- è assicurata la possibilità di accostamento di autoscafe dei VF per raggiungere una finestra o un balcone di ogni piano, e di raggiungere tutti i locali del piano tramite percorsi interni .

3.6.3. Carico incendio specifico

Riferendoci Al Decreto Ministeriale 9/03/07, al fine di determinare la classe di resistenza al fuoco dell'edificio, è necessario calcolare il valore del carico d'incendio specifico di progetto (q_{f,d}), il quale è determinato dalla seguente relazione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

Dove:

δ_{q1} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento¹⁶ e i cui valori sono definiti dalla tabella seguente

Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²)	δ_{q1}	Superficie in pianta lorda del compartimento (m ²)	δ_{q1}
A < 500	1,00	2.500 ≤ A < 5.000	1,60
500 ≤ A < 1.000	1,20	5.000 ≤ A < 10.000	1,80
1.000 ≤ A < 2.500	1,40	A ≥ 10.000	2,00

Tab. 3.0111 tab.PNG

Per il progetto in esame la compartimentazione ha una superficie lorda di 2286 m².

Quindi abbiamo che : $\delta_{q1} = 1.40$

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento.

Per il progetto in esame, si considera la categoria II: “Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d’innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell’incendio stesso da parte delle squadre di emergenza”;

Quindi abbiamo che : $\delta_{q2} = 1.00$

δ_{qn} è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione (si veda tabella di seguito):

δ_{qn} Funzione delle misure di protezione								
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio ¹	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro				interna	interna e esterna		
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

Tab. 3.0212 tab dn.PNG

Per il progetto in esame, si suppongono:

- Sistemi automatici di estinzione ad H2O, $\delta_{n1} = 0,60$;
- Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio, $\delta_{n4} = 0,85$;
- Rete idrica antincendio interna, $\delta_{n6} = 0,90$;
- Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF, $\delta_{n9} = 0,90$;
- Per le misure di protezione non previste, il valore assunto e pari a 1.

Pertanto il valore di $\delta_{q3} = 0.60 \times 0.85 \times 0.9 \times 0.9 = 0.413$.

q_f e il valore nominale del carico d’incendio specifico; nel caso del progetto in esame è stato assunto un valore statistico in funzione della destinazione d’uso di $q_f = 347$ MJ conforme alla EN 1991-1-2 Annex E.

Dalle considerazioni precedenti risulta che il valore del carico d’incendio specifico di progetto è $q_{f,d} = 200.63$ MJ

3.6.4. Determinazione della classe di resistenza al fuoco

L’edificio rientra nella seguente categoria:

Livello III: Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell’emergenza.

Una volta determinato il carico di incendio specifico di progetto, le classi di resistenza al fuoco idonee a garantire il livello III di prestazione si ricavano dalla tabella 4 del DM 9 marzo 2007, in funzione del carico d’incendio specifico di progetto. Nel caso del progetto in esame, il carico di incendio specifico di progetto, $q_{f,d}$, è pari a 200.63 MJ/m² pertanto l’edificio è assimilabile alla Classe 20.

Carichi d’incendio specifici di progetto ($q_{f,d}$)	Classe
Non superiore a 100 MJ/m ²	0
Non superiore a 200 MJ/m ²	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	240

Tab. 3.0313 livello III.PNG

3.6.5. Resistenza al fuoco

La norma riporta: “Le strutture ed i sistemi di compartimentazione devono garantire rispettivamente requisiti di resistenza al fuoco R e REI/EI secondo quanto riportato:

- Piani interrati: R e REI/EI 90;
- Edifici di altezza antincendi inferiore a 24 m: R e REI/EI 60;
- Edifici di altezza antincendi compresa tra 24 e 54 m: R e REI/EI 90;
- Edifici di altezza antincendi oltre 54 m: R e REI/EI 120.”

Quindi per l’edificio in esame è richiesta una resistenza al fuoco pari a R e REI/EI 60¹⁷ in quanto l’altezza non supera i 24m.

Per quanto riguarda gli elementi portanti privi di funzione di compartimentazione, il decreto rimanda alle specifiche norme di prova tra cui la norma EN 13381-4 “Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Protettivi passivi applicati ad elementi di acciaio”, e di classificazione EN 13501-2 “Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione”. L’acciaio ad alte temperature, infatti, a causa della sua elevata conducibilità termica e per sezioni sottili dei profili, subisce una notevole diminuzione di resistenza meccanica, con conseguente aumento delle deformazioni. Un’adeguata progettazione e una corretta protezione delle strutture in acciaio conferisce un incremento delle prestazioni di resistenza al fuoco

16 Per compartimento si intende ogni parte dell’edificio delimitata, da elementi costruttivi di resistenza al fuoco predeterminata e organizzati per rispondere alle esigenze della prevenzione incendi.

17 I materiali utilizzati sono riportati nel capitolo 5 §5.2.

della struttura. Si è quindi deciso di rivestire i pilastri con Ignilastra Knauf GKF (DF), con una classe di resistenza al fuoco A2-s1,d0. Queste lastre in gesso rivestito hanno nucleo ad alta resistenza al fuoco, e sono dotate di una armatura supplementare costituita da fibre di vetro.

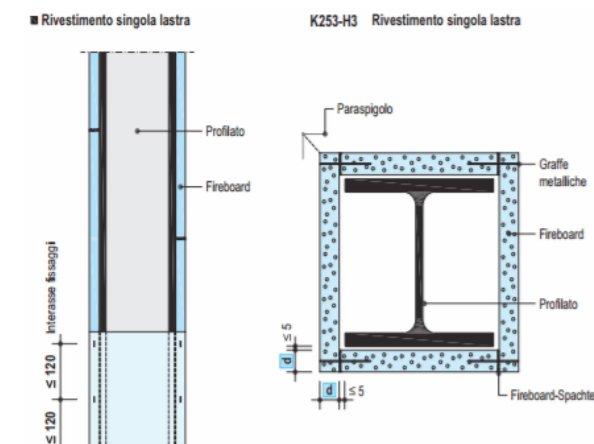


Fig. 3.54 Rivestimento in gesso del pilastro

3.6.6. Misure di evacuazione in caso di emergenza

Affollamento¹⁸

Il massimo affollamento ipotizzabile è fissato in:

- Aree destinate alle attività lavorative: 0,1 pers/mq e comunque pari almeno al numero degli addetti effettivamente presenti incrementato del 20 %;
- Aree ove è previsto l'accesso del pubblico: 0,4 pers/

mq;

- Spazi per riunioni, conferenze e simili: numero dei posti a sedere ed in piedi autorizzati, compresi quelli previsti per le persone con ridotte od impedito capacità motorie.

Nel progetto in esame, è stato previsto un affollamento massimo dell'edificio pari a 425 persone.

Capacità di deflusso

Al fine del dimensionamento delle uscite, le capacità di deflusso devono essere non superiori ai seguenti valori:

- 50 per locali con pavimento a quota compresa tra più o meno 1 m rispetto al piano di riferimento;
- 37,5 per locali con pavimento a quota compresa tra più o meno 7,5 m rispetto al piano di riferimento;
- 33 per locali con pavimento a quota al di sopra o al di sotto di 7,5 m rispetto al piano di riferimento.

Verifica per il progetto in esame:

- Piano terra: massimo affollamento ipotizzabile del piano: 150 persone
- Larghezza uscite di sicurezza del piano: 3.6 m
- Modulo unitario di passaggio per ciascuna persona: 0.60 m

Pertanto la capacità di deflusso del piano terra è pari a $150 \cdot 0,60 / 3.6 = 25 < 50$

Secondo piano

- Massimo affollamento ipotizzabile del piano: 142 persone
- Larghezza uscite di sicurezza del piano: 3.6 m
- Modulo unitario di passaggio per ciascuna persona : 0.60m

Pertanto la capacità di deflusso del secondo piano è pari a $142 \cdot 0.6 / 3.6 = 23.7 < 50$

- Terzo piano
- Massimo affollamento ipotizzabile del piano: 78 persone
- Larghezza uscite di sicurezza del piano: 3.6 m
- Modulo unitario di passaggio per ciascuna persona : 0.60m

Pertanto la capacità di deflusso del terzo piano è pari a $78 \cdot 0.6 / 3.6 = 22 < 37$

Sistemi di vie d'uscita

Per ogni edificio destinato ad ospitare attività d'ufficio deve essere previsto un sistema organizzato di vie d'uscita, dimensionato in base al massimo affollamento ipotizzabile ed alle capacità di deflusso stabilite ed essere dotato di almeno 2 uscite verso luogo sicuro. A fine paragrafo viene riportato l'estratto dalla pianta delle tavole antincendio pag. 32-33-34 dell'album A3 allegato.

Numero, larghezza e lunghezza delle vie di fuga

La normativa di riferimento cita:

“Il numero di uscite dei singoli piani dell'edificio non deve essere inferiore a due, ubicate in posizione ragionevolmente contrapposta. La larghezza utile delle vie di uscita deve essere multipla del modulo di uscita e non inferiore a due moduli. La larghezza totale delle uscite da ogni piano, espressa in numero di moduli, è determinata dal rapporto tra il massimo affollamento e la capacità di deflusso del piano. Nel computo della larghezza delle uscite sono conteggiate anche le porte d'ingresso, quando queste sono apribili verso l'esterno. La lunghezza massima del percorso di esodo è fissata in:

- 45 m sino a raggiungere un luogo sicuro dinamico oppure l'esterno dell'attività;
- 30 m per raggiungere una scala protetta.

La misurazione della lunghezza va effettuata dalla porta di uscita di ciascun locale con presenza di persone e da ogni punto degli spazi comuni (atri, disimpegni, uffici senza divisori, ecc.) sino a luogo sicuro o scala protetta. La lunghezza dei corridoi ciechi non deve essere superiore a 15 m.”

Nel progetto in esame, tutte le porte misurano almeno 1,20 m di larghezza e sono raggiungibili, da ogni punto, con percorsi inferiori ai 30 m.

18

L'affollamento massimo deve essere determinato esclusivamente sulla base dei criteri riportati al punto 6.1 dell'allegato al DM 22/2/2006 poiché costituisce il dato in base al quale vengono dimensionate le vie di uscita

Le scale

L'altezza dell'edificio non supera i 12 m, pertanto i vani scala non devono essere di tipo protetto. Le rampe utilizzate per l'esodo non presentano restringimenti, devono avere non meno di tre gradini e non più di quindici. I gradini devono essere a pianta rettangolare, alzata e pedata costanti, rispettivamente non superiore a 17 cm e non inferiore a 30 cm.

Inoltre nel progetto preso in esame sono presenti anche delle scale esterne a norma di sicurezza che raggiungono la copertura, parzialmente praticabile, dell'edificio.

3.6.7. Attività accessorie

Archivi e depositi

È consentito destinare ad archivi e depositi di materiali combustibili locali ubicati ai piani fuori terra e/o ai piani 1° e 2° interrato, di superficie superiore a 50 mq, alle seguenti condizioni:

- La superficie lorda di ogni singolo locale non può essere superiore a 1000 mq per i piani fuori terra e a 500 mq per i piani interrati;
- Gli elementi di separazione e le porte di accesso, munite di dispositivo di autochiusura, devono possedere caratteristiche di resistenza al fuoco congrue con il carico di incendio e comunque almeno REI/EI 90;
- La superficie di aerazione naturale non deve essere inferiore ad 1/40 della superficie in pianta. Ove non sia possibile raggiungere per l'aerazione naturale il rapporto

di superficie predetto, è ammesso il ricorso alla aerazione meccanica con portata di 3 volumi ambiente/ora, da garantire anche in situazioni di emergenza, sempre che sia assicurata una superficie di aerazione naturale pari almeno al 25% di quella richiesta; l'aerazione naturale può essere ottenuta anche tramite camini di ventilazione;

- Il deposito deve essere protetto da impianto automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme;
- All'interno di ogni locale deve essere previsto un congruo numero di estintori portatili aventi carica minima pari a 6 kg e capacità estinguente non inferiore a 34A 144B;
- Il carico di incendio deve essere limitato a 60 Kg/mq.

Nel caso del progetto in esame i requisiti vengono tutti rispettati, infatti gli spazi destinati ad archivio si trovano nel piano semiinterrato, quindi con la possibilità di uscita diretta all'esterno dell'edificio.

3.6.8. Mezzi ed impianti di estinzione degli incendi

Estintori

Tutti i locali sono dotati di un adeguato numero di estintori portatili, distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere e, comunque:

- Sono posizionati in prossimità degli accessi;
- In vicinanza di aree di maggior pericolo;

Gli estintori devono essere installati in ragione di uno ogni 200 m² di pavimento, o frazione, con un minimo di tre estintori per piano.

Gli estintori dovranno avere capacità estinguente non inferiore a 13A 89B.

Impianti idrici antincendio

IDRANTI DN 45

Saranno installati impianti idrici con idranti, costituiti da una rete di tubazioni ad anello, con montanti disposti in posizione protetta, da cui si derivano gli idranti DN 45. Saranno soddisfatte le seguenti prescrizioni:

- Al bocchello della lancia dell'idrante posizionato nelle condizioni più sfavorevoli di altimetria e distanza deve essere assicurata una portata non inferiore a 120 l/min ed una pressione residua di almeno 2 bar;
- Il numero e la posizione degli idranti sono stati prescelti in modo da consentire il raggiungimento, con il getto, di ogni punto dell'area protetta.

Gli idranti sono stati posizionati in corrispondenza delle uscite di emergenza, quindi in posizioni utili all'accessibilità ed all'operatività in caso d'incendio. Le lunghezze delle manichette avranno lunghezza non superiore a 20 m, come indicato nella UNI EN 671-2.

IMPIANTO DI SPEGNIMENTO AUTOMATICO A PIOGGIA

Nell'edificio in questione si prevede anche l'installazione di un impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler) a umido. L'impianto verrà progettato secondo la norma: UNI EN

12845 / NFPA 13.

Gli impianti sprinkler ad umido sono collegati alle tubazioni, le quali sono caricate ed alimentate ad acqua e mantenute in pressione a valore costante. Il calore sviluppato dall'incendio provoca l'apertura di uno o più erogatori sprinkler, causando la fuoriuscita dell'acqua in pressione che, oltre a porre sotto controllo l'incendio dell'area interessata, attiva il sistema di allarme generale dell'impianto.










3.6.9. Segnaletica di sicurezza

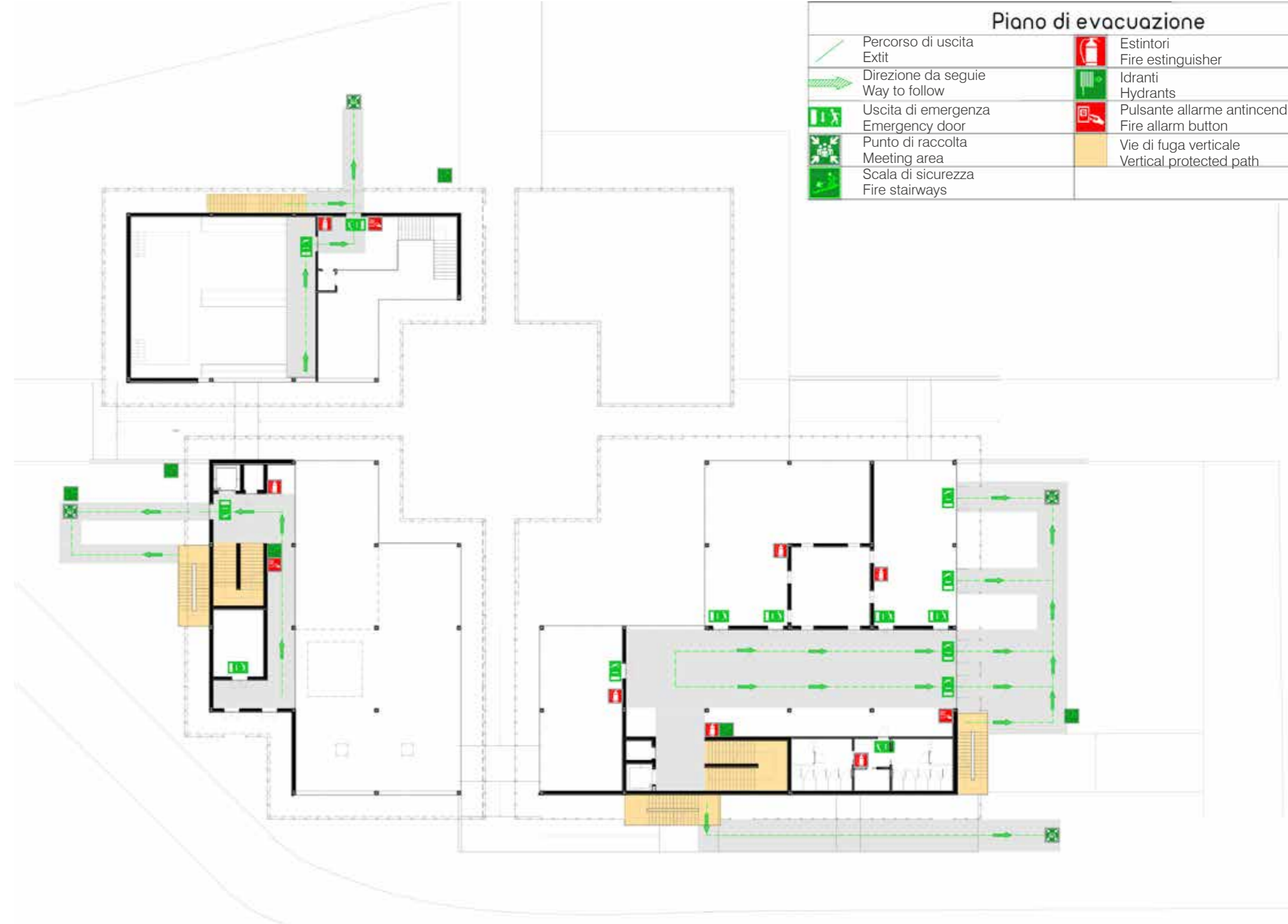
Sulle porte delle uscite di sicurezza sarà installata una segnaletica di tipo luminoso, mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, ed inoltre alimentata in emergenza.

La cartellonistica indicherà:

- Le porte delle uscite di sicurezza;
- I percorsi per il raggiungimento delle uscite di sicurezza;
- L'ubicazione dei mezzi fissi e portatili di estinzione incendi.

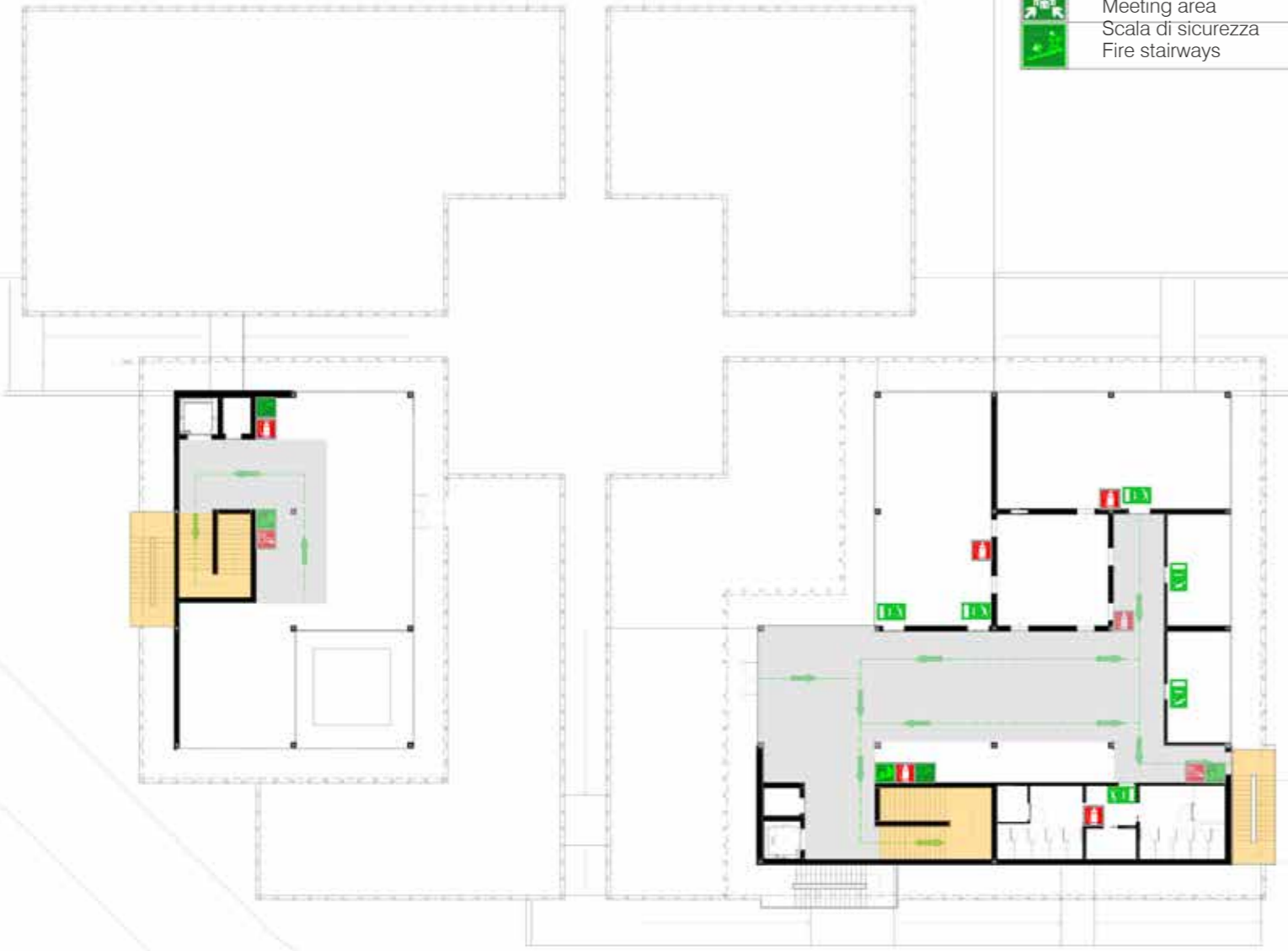
Piano di evacuazione

	Percorso di uscita Exit		Estintori Fire extinguisher
	Direzione da seguire Way to follow		Idranti Hydrants
	Uscita di emergenza Emergency door		Pulsante allarme antincendio Fire alarm button
	Punto di raccolta Meeting area		Vie di fuga verticale Vertical protected path
	Scala di sicurezza Fire stairways		



Piano di evacuazione

	Percorso di uscita Exit		Estintori Fire extinguisher
	Direzione da seguire Way to follow		Idranti Hydrants
	Uscita di emergenza Emergency door		Pulsante allarme antincendio Fire alarm button
	Punto di raccolta Meeting area		Vie di fuga verticale Vertical protected path
	Scala di sicurezza Fire stairways		



Piano di evacuazione

	Percorso di uscita Exit		Estintori Fire extinguisher
	Direzione da seguire Way to follow		Idranti Hydrants
	Uscita di emergenza Emergency door		Pulsante allarme antincendio Fire alarm button
	Punto di raccolta Meeting area		Vie di fuga verticale Vertical protected path
	Scala di sicurezza Fire stairways		



Fig. 3.56 Piano evacuazione piano primo +1

04

Progetto strutturale

4.1.	La descrizione della struttura: obiettivi e requisiti	4.4.2.	Lamiera grecata secco	4.6.2.	Individuazione della pericolosità del sito	4.7.3.	Spettri di progetto per gli stati limite ultimi
4.2.	Analisi dei carichi	4.4.3.	Travi secondarie	4.6.3.	Vita nominale	4.7.4.	Analisi lineare
	4.2.1.	4.4.4.	Travi principali solaio interpiano	4.6.4.	Classi d'uso	4.8.	Calcolo delle componenti orizzontali del sisma
	Carichi permanenti: i pesi propri	4.4.5.	Travi principali solaio copertura	4.6.5.	Periodo di riferimento per l'analisi sismica	4.9.	Nuclei di controvento
	4.2.2.	4.4.6.	Pilastro centrato	4.6.6.	Stati limite e relative probabilità di superamento	4.9.1.	Principi base della progettazione
4.3.	Azione sulle costruzioni	4.5.	Unioni	4.7.	Definizione dell'azione sismica di progetto	4.9.2.	Ripartizione delle forze orizzontali sismiche orizzontali
	4.3.1.	4.5.1.	Unioni bullonate	4.7.1.	Categoria del sottosuolo e topografica	4.10.	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali.
4.4.	Dimensionamento e verifica della struttura	4.6.	Calcolo dell' azione sismica	4.7.2.	Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.	4.10.1.	Pressoflessione
	4.4.1.	4.6.1.	Definizione del periodo del modo di vibrare principale mediante analisi lineare statica.				
	Schema strutturale dei solai						

4.10.2. Taglio

4.10.3. Verifica della duttilità

4.11. Analisi FEM

4.11.1. Descrizione del software

4.11.2. Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

4.11.3. Verifiche delle membrature in cemento armato

4.11.4. Verifiche delle membrature in acciaio

4.11.5. Preferenze di analisi

4.11.6. Preferenze di verifica

4.11.7. Elementi di input e output

Lo studio della struttura è parte fondamentale dell'oggetto di tesi, meritevole di approfondimento anche per il suo stretto dialogo con l'architettura realizzata.

In questo capitolo si propone quindi l'analisi dello scheletro portante dell'edificio La Fabbrica della Moschea, sia come comportamento globale sia dei singoli elementi che lo compongono.

I calcoli e le verifiche riportate riguardano le parti ritenute di maggior interesse del progetto, ma necessarie e sufficienti al fine di avere un pieno controllo su di esso e di dimostrare la veridicità delle ipotesi effettuate durante le fasi precedenti.

Infine per avere ampliare il controllo sulla struttura e rispondere alle esigenze normative si è costruito un modello ad elementi finiti, che ha permesso il confronto fra i risultati ottenuti manualmente e quelli estrapolati dalle analisi modale e dinamica.

4.1. LA DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA: OBIETTIVI E REQUISITI

Data la complessità del progetto, si è deciso di dimensionare la struttura di un solo singolo edificio, ovvero quello del centro di restauro e conservazione, che ha un ruolo principale nello sviluppo della nostra tesi.

Essendo la zona di progetto in area fortemente sismica, l'obiettivo della progettazione è stato quello di dimensionare una struttura capace di resistere alle spinte orizzontali. Pertanto, già durante la fase progettuale, si è cercato di disegnare gli spazi e i volumi rispettando la geometria delle masse, ovvero garantendo una simmetria in pianta. Particolare attenzione è stata poi fatta al posizionamento e al dimensionamento dei controventi, elementi rigidi che subiscono le spinte orizzontali.

L'edificio si eleva per tre piani fuori terra, di cui il piano inferiore è parzialmente seminterrato. La maglia strutturale è quadrata, e la luce massima risulta essere 7 m, con interasse fra le travi secondarie di 1.75 m per il solaio interpiano e 1.40 m per la copertura; le travi in copertura hanno luce maggiore (9 m) poiché sorreggono uno sbalzo non praticabile di 2 m.

Data la morfologia dell'edificio si è deciso di progettare una struttura mista in acciaio, costituita da comuni profili commerciali, e cemento armato come segue:

- Per i piani superiori quindi non a contatto con il terreno una struttura di tipo puntuale con elementi profilati in acciaio (travi e pilastri);

- Per la fondazione una platea in cemento armato;
- Per i controventi, che coincidono con il vano scale e il cortile interno una struttura piena in calcestruzzo armato..

Si è deciso, inoltre, di dimensionare anche la struttura della lamiera che riveste l'intero edificio, essendo l'elemento che definisce l'architettura del progetto. La struttura della lamiera non risulta essere particolarmente sensibile ai carichi verticali, ma quanto alle spinte orizzontali del vento, molto forti data la vicinanza al mare.

Per quanto invece riguarda le fondazioni, queste sono state progettate sulla base di parametri del terreno soltanto ipotizzati, dal momento che non sono stati compiuti scavi di campionatura delle effettive proprietà fisiche e risposte meccaniche offerte dal terreno. Le fondazioni sono state pensate sulla base di alcune considerazioni relative alla forma degli edifici e del loro sviluppo nel terreno. In particolare, data la particolare sensibilità del luogo agli eventi sismici, si è ipotizzata una fondazione a platea, mentre lo scavo, profondo circa 5 metri, mediante la realizzazione di pali accoppiati, in modo da garantire sicurezza durante il lavoro in cantiere e da non avere spinte del terreno sui muri dei piani seminterrati.

Infine l'intera struttura è stata sottoposta ad analisi Fem al fine di valutare gli spostamenti massimi ammissibili di ogni singolo componente.

Le normative a cui si è la direttiva europea delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e all'Eurocodice 8.

4.2. ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi è stata condotta sulla base delle stratigrafie studiate per l'edificio. Come già anticipato si tratta di una tecnologia stratificata a secco e gli elementi considerati sono il pacchetto della copertura praticabile e non praticabile, il pacchetto del solaio interpiano e le partizioni interne.

Come da normativa¹ i carichi sono stati divisi in permanenti (G) e variabili (Q). I carichi permanenti sono dati dal peso proprio degli elementi e si dividono in strutturali e non strutturali. Si noti che i pesi propri della struttura saranno calcolati a posteriori rispetto ai carichi permanenti non strutturali ed a quelli variabili.² Il peso proprio della struttura è, infatti, frutto di un dimensionamento fatto in funzione dei carichi esercitati sulla stessa.

I carichi variabili (carichi Q) sono invece legati alle seguenti cause:

- Carichi variabili legati alla destinazione d'uso dell'edificio e delle sue parti;
- Carichi variabili provocati dall'azione dinamica del vento;
- Carichi variabili dovuti all'effetto del sisma;
- Carichi variabili dovuti alla presenza di neve.

4.2.1. Carichi permanenti: i pesi propri

Nelle seguenti pagine vengono riportate le stratigrafie di progetto, sia orizzontali che verticali, e le tabelle di calcolo³.

C.O. 01 Copertura praticabile verde			
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]
Terreno (saturato)	0,100	20,000	2,000
Elemento in plastica per drenaggio	0,050		0,035
Isolante in vetrocellulare	0,150	1,300	0,195
Materassino in lana di roccia	0,040	1,700	0,068
controsoffitto (orditure, pendini e finitura finale)	0,010	10,000	0,100
TOTALE			2,398

Tab. 4.01 Stratigrafia pacchetto copertura

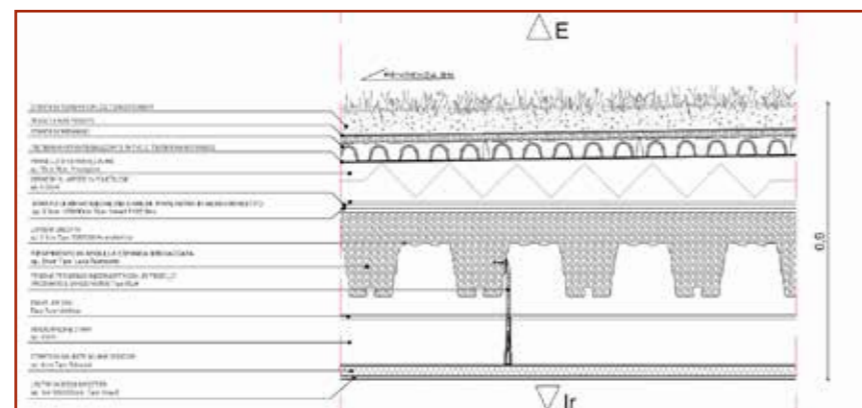


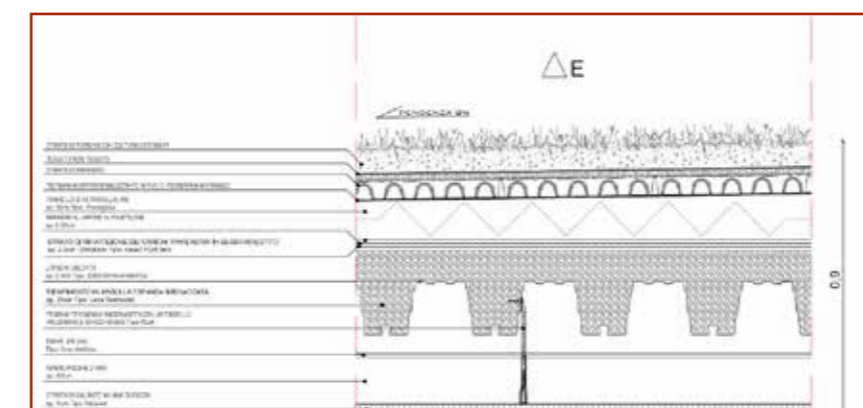
Fig. 4.01 Abaco Copertura verde praticabile

Si desume che, nel caso della copertura verde praticabile, i carichi permanenti non strutturali sono $G_2=2.4 \text{ KN/m}^2$

che il peso permanente non strutturale $G_2=0.468 \text{ KN/m}^2$. La parte di copertura a sbalzo non è praticabile e come si evince dalla tabella di calcolo seguente il peso permanente non strutturale è $G_2=3.248 \text{ KN/m}^2$.

C.O. 02 Copertura NON praticabile verde			
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]
GHIAIA DRENAGGIO	0,150	19,000	2,850
Elemento in plastica per drenaggio	0,050		0,035
vetrocellulare	0,150	1,300	0,195
Materassino in lana di roccia	0,040	1,700	0,068
controsoffitto (orditure, pendini e finitura finale)	0,010	10,000	0,100
TOTALE			3,248

Tab. 4.03 Stratigrafia copertura verde non praticabile



Tab. 4.04 Abaco copertura verde non praticabile

Come già descritto in precedenza il solaio tipo è costituito interamente da una stratigrafia a secco e dalle immagini seguenti risulta

P.O. 01 Solaio interpiano stratificato a secco			
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]
Pavimentazione (silicato di calcio)	0,025	12,000	0,300
Materassino in lana di roccia	0,040	1,700	0,068
Controsoffitto (orditure, pendini e finitura finale)	0,010	10,000	0,100
TOTALE			0,468

Tab. 4.02 Abaco partizione orizzontale

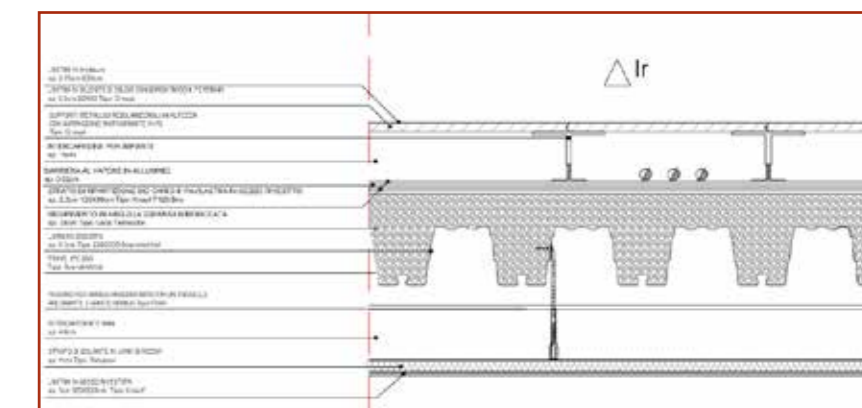


Fig. 4.02 Abaco partizione orizzontale.

¹ Capito 2, § 2.5 delle Norme tecniche per le costruzioni, 2008

² Nell'analisi dei carichi le membrane sottili (geotessuti, barriere al vapore, etc.), i pendini e i montanti non sono stati computati singolarmente, dato il loro esiguo spessore.

³ Ricordiamo al lettore che gli abachi completi dei nuovi edifici sono stati riportati a pag. 44 dell'albul allegato A3

Si è poi proceduto all'analisi dei pesi propri degli elementi divisorii e del muro perimetrale, sempre progettati con tecnologia a secco.

P.I.V. 01 Partizione interna con profili in acciaio			
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]
Doppia lastra in gesso rivestito(knauf)	0,023		0,095
Panello isolante in lana di roccia	0,120	0,700	0,084
Doppio lastra in gesso rivestito(knauf)	0,023		0,095
TOTALE			0,274

Tab. 4.05 Stratigrafia partizione verticale 01

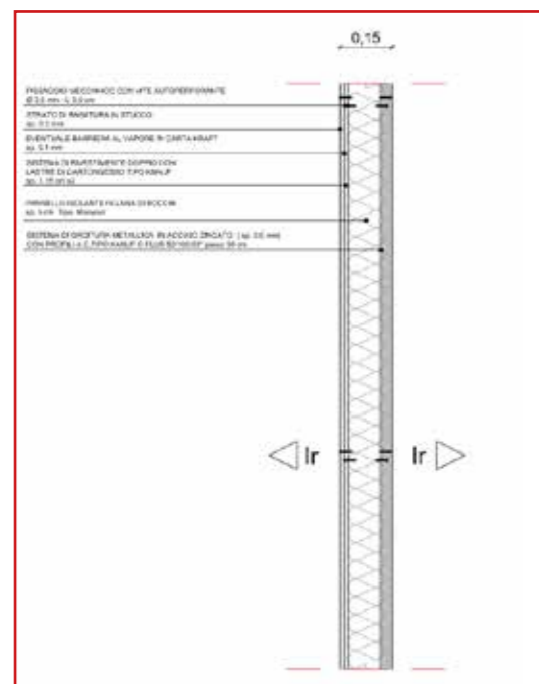
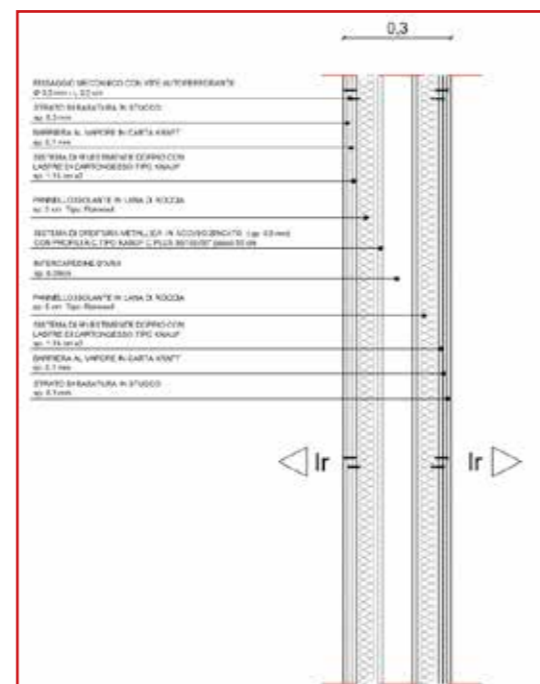


Fig. 4.03 Abaco partizione verticale 01

Risulta quindi che i carichi permanenti portati dalle due partizioni interne sono G_2 (PIV 01) = 0.274 m² e G_2 (PIV 02) = 0.226 m².

P.I.V. 02 Partizione interna con profili in acciaio					
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]	doppio	P [kN/mq]
Doppia lastra in gesso rivestito(knauf) (x2)	0,027		0,095	2	0,19
Panello isolante in lana di roccia (x2)	0,090	0,400	0,036	1	0,036
TOTALE					0,226

Tab. 4.06 Stratigrafia partizione interna 02



Tab. 4.07 Abaco partizione interna 02

Infine si è proceduto all'analisi dei carichi della chiusura verticale realizzata con profili in acciaio, come mostrato in figura. I carichi permanenti non strutturali sono $G_2=0.249$ m².

C.v. 01 Chiusura verticale con profili in acciaio			
Strato	sp [m]	Ps [kN/mc]	P [kN/mq]
rivestimento in grc	0,020	11,000	0,220
Isolante termico lana di roccia	0,060	0,400	0,024
Lastra di fibrocemento	0,020		0,020
Panelli isolanti in lana di roccia	0,130	0,700	0,091
Panelli isolanti in lana di vetro	0,050	1,000	0,050
Lastra in gessofibra	0,020	1,200	0,024
TOTALE			0,429

Tab. 4.08 Stratigrafia chiusura verticale

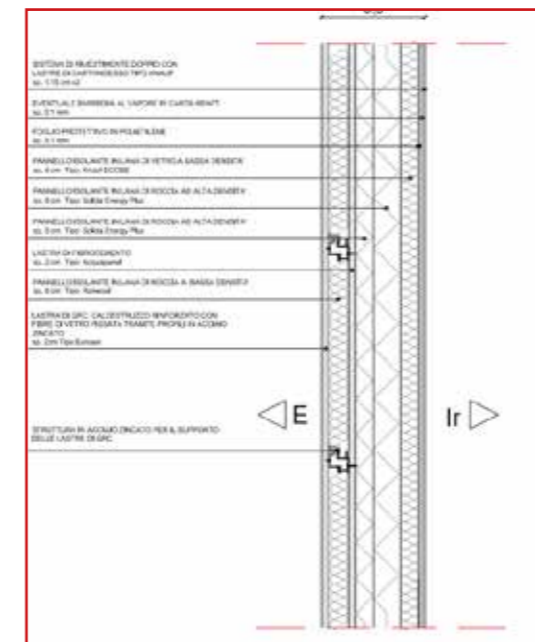


Fig. 4.04 Abaco chiusura verticale

Il processo con cui si sono determinati i pesi propri segue quanto riportato dalla NTC2008 al capitolo 3 - Azioni sulle strutture.

Più specificamente, il calcolo effettuato ha tenuto conto dei seguenti parametri:

- lo spessore in metri dei singoli strati;
- il peso proprio per unità di volume di ogni strato, espresso in kN/m³.

Si è così calcolato:

- Per gli elementi orizzontali: il peso proprio per unità di superficie (ottenuto moltiplicandone il peso proprio per unità di volume di ogni elemento per il suo spessore);
- Per gli elementi verticali: il peso proprio per unità di lunghezza, ottenuto moltiplicando peso proprio per unità di superficie di ogni elemento per l'altezza di interpiano (pari a 4.5 m per gli impalcati 1 e 2 e 5 m per il piano terra)

Inoltre per semplicità il peso proprio degli elementi divisorii interni è stato considerato come un carico permanente non strutturale uniformemente distribuito. Per calcolare il carico uniformemente distribuito g_{2a} a partire dal peso proprio per unità di lunghezza G_2 ci si è avvalsi della semplificazione al paragrafo 3.1.3.1 della NTC2008: essendo G_2 (peso degli elementi divisorii) compreso fra 1.00 kN/m e 2.00 kN/m, g_{2a} risulta essere pari a 0.8 kN/m. Tale valore sarà poi sommato ai carichi permanenti non strutturali dei solai interpiano.

4.2.2. Analisi carichi variabili

Si definiscono carichi variabili le azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo.

4.2.2.1. Destinazione d'uso

Per la definizione dei carichi variabili legati alla destinazione d'uso dell'opera si è fatto riferimento al D.M.14/1/2008 § 3.1.4, in particolare alla tabella 3.1.II.

In particolare data la destinazione d'uso dell'edificio, che garantisce l'accesso al pubblico, si è scelto la categoria C per gli ambienti suscettibili di affollamento quali aule, laboratori e spazio espositivo. Inoltre si deve tenere anche conto della presenza degli spazi di distribuzione e della copertura praticabile.

Alla luce di ciò si assegnerà un valore costante del carico variabile distribuito pari a $q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$ per i solai interpiano; valore costante del carico variabile distribuito pari a $q_k = 4,00 \text{ kN/m}^2$, per le coperture praticabili e di $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ per le parti accessibili a sola manutenzione.⁴

4.2.2.2. Azione della neve

Per l'analisi del carico da neve si è fatto riferimento al D.M.14/1/2008 §3.4. Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2], per un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo

Si va a definire q_{sk} che dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

La zona associata al sito di progetto (Izmit, Kochaeli, Turchia) è paragonabile alla rispettiva "Zona II" delle norme italiane, e il quartiere si trova a 100 m s.l.m. per cui il valore di carico di neve al suolo è il seguente:

$$q_{sk} = 1,5 \text{ KN/m}^2$$

$$a_s < 200 \text{ m}$$

Con a_s la quota del suolo dal livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E è utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in Tab. 3.4.I. Nel caso in oggetto, le caratteristiche dell'area hanno portato alla sua seguente definizione: $C_E = 1,0$.⁵

Coefficiente termico

Il coefficiente termico C_t è utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa dovuto alla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà d'isolamento termico del materiale utilizzato in copertura.

Poiché non si è proceduto a fare uno studio specifico di tali proprietà, si è adottato il valore indicato dalla normativa: $C_t = 1$.⁶

Coefficiente di forma della copertura

La stima del carico consiste nella definizione del coefficiente di forma delle coperture (μ_i) associato al valore (α) dell'angolo formato dalla falda con l'orizzontale. Nel caso in esame si ha una copertura piana. Per semplificare la definiamo come copertura a una falda con inclinazione di 2° .

Nel caso specifico, avendo copertura piana, con presenza di parapetti, il valore di riferimento è $\mu_i = 0,8$.⁷

Eseguo infine il calcolo:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 0,8 \text{ KN/m}^2$$

Questo valore rappresenta il carico di neve sulla copertura.

⁴ D.M.14/1/2008 § 3.1.4, in particolare alla tabella 3.1.II.

⁵ Norme tecniche per le costruzioni - Tabella 3.4.I - Valori di C_E per diverse classi di topografia.
⁶ Norme tecniche per le costruzioni - § 3.4.4 coefficiente termico.

⁷ Norme tecniche per le costruzioni - § 3.4.5.1 - Coefficiente di forma per le coperture - Tabella 3.4.II

4.2.2.3. Azione del vento

Come nel caso dell'azione della neve, non avendo riferimenti normativi turchi, si sono ricercati i valori della velocità del vento nella zona di progetto e paragonati con i valori di riferimento della normativa D.M.14/1/2008 § 3.3.

Velocità di riferimento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

La velocità di riferimento è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II.

Data la mancanza di indagini statistiche si ricava dalla formula:

$$v_b = v_{b,0} \quad a_s < a_0$$

Dove:

- v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni;
- a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione
- $v_{b,0}$ a_0 sono parametri legati al sito.

Nel caso in esame, come già anticipato, i valori del sito di progetto

sono paragonabili alla categoria 3 della tabella 3.3.1 del § 3.3 del D.M.14/1/2008 § 3.3

Essendo:

- $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$
- $a_0 = 500 \text{ m}$
- $a_s = 100 \text{ m s.l.m.}$

Dalla formula sopracitata si ottiene che il valore della velocità di riferimento è pari a $v_b = 27 \text{ m/s}$

Pressione del vento

L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superfici interna dell'elemento.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

Dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento;
- C_e è il coefficiente di esposizione;
- C_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

- C_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

La pressione cinetica di riferimento q_b (in N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

Dove:

- v_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);
- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Risulta dunque che $q_b = 455.625 \text{ N/m}^2$

Il coefficiente di esposizione C_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che considerano la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno circostante la costruzione, per altezze al suolo non maggiori di $z=200 \text{ m}$, si utilizzano le formule:⁸

$$C_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \text{ per } z \geq z_{\min}$$

⁸ I parametri da utilizzare nella formula sono dati dalla Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno e dalla figura 3.3.2 del D.M. 14/01/2008 §3.3

Essendo la categoria di appartenenza la C, ed essendo in un'area urbana suburbana, industriali e boschive ad una distanza dal mare compresa fra i 2 km e i 10 km i parametri ottenuti per il calcolo coefficienti di esposizione sono:

- $K_r = 0.22$
- $Z_0 = 0.3 \text{ m}$
- $Z_{\min} = 8.0 \text{ m}$

Essendo $Z >$ di Z_{\min} si utilizza la seconda formula e il coefficiente di esposizione risulta essere pari a $C_e(z) = 2.1$ nel punto più sfavorevole

Il coefficiente di forma C_p si considera in relazione a un edificio di pianta rettangolare con copertura piana, si avranno quindi:

- Per la superficie sopravvento $C_{pe} = 0.8$;
- Per la superficie sottovento $C_{pe} = 0.4$;
- Pressione interna sup. sopravvento $C_{pi} = 0.8$;
- Pressione interna sup. sottovento $C_{pi} = 0.5$;

Per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale si avrà:

$$C_p = C_{pi} + C_{pe} \text{ ottenendo così il valore } C_p = 1.2.$$

Il coefficiente dinamico C_d tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Nel

nostro caso è assunto cautelativamente pari a 1 data la regolarità dell'edificio che non supera gli 80 metri di altezza e la mancanza di studi a riguardo per l'area in analisi.

Conclusioni

Si passa quindi a calcolare la pressione del vento:

La pressione del vento che si ha nel punto più sfavorevole, ovvero dove la pressione puntuale è più alta, è data da:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

Ottenendo

$$p = 1.203 \text{ KN/m}^2$$

4.3. AZIONE SULLE COSTRUZIONI

Dal capitolo 2.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni ricaviamo la seguente definizione delle azioni: su di una struttura possono agire delle azioni, ossia delle cause o insieme di cause, capaci di indurre stati limiti nella struttura stessa. Il T.U. classifica le suddette azioni secondo:

Il modo attraverso il quale queste si esplicano

- Dirette: forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- Indirette: spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincolo, ecc.
- Degrado:
 - Endogeno: alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale;
 - Esogeno: alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

La risposta strutturale:

- Statiche: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- Pseudo statiche: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- Dinamiche: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

La variazione della loro intensità nel tempo:

PERMANENTI (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:

- Peso proprio di tutti gli elementi strutturali (G1); peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);
- Spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione:
 - Pretensione e precompressione (P);
 - Ritiro e viscosità;
 - Spostamenti differenziali;

VARIABILI (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- Di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- Di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

ECCEZIONALI (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;

- Incendi;

- Esplosioni;
- Urti ed impatti.

SISMICHE (E): azioni derivanti dai terremoti.

4.3.1. Combinazione di calcolo

Poiché le azioni sopra elencate non agiscono tutte contemporaneamente, è necessario valutare tale asserzione mediante il ricorso a differenti combinazioni.

Si definisce valore caratteristico Q_k di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile pari al 95 % della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa.

La normativa vigente definisce quindi differenti combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente su di un dato elemento strutturale. All'interno della combinazione, i Q_{ki} rappresentano le azioni variabili in questione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili Q_{ki} vengono combinate con i coefficienti di combinazione y_{0i}, y_{1i} e y_{2i} , i cui valori sono forniti dal T.U. al § 2.5.3, Tab. 2.5.I per edifici civili e industriali correnti. Con riferimento alla durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile, si definiscono:

- Valore quasi permanente $y_{2i} \cdot Q_{ki}$: la media della distribuzione temporale dell'intensità;
- Valore frequente $y_{1i} \cdot Q_{ki}$: il valore corrispondente al frattile 95 % della distribuzione temporale dell'intensità e

cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;

- Valore raro (o di combinazione) $y_{Q_i} \cdot Q_{k_i}$: il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili.

Ai fini delle verifiche degli stati limite, il vigente T.U. prevede cinque differenti combinazioni, in relazione allo stato limite che si vuole verificare. Valutando gli effetti di ogni combinazione e, quindi, stimate le più gravose condizioni di carico, è possibile procedere con la verifica agli stati limite della struttura in oggetto.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{K1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{K2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02}Q_{K2} + \psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite

ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21}Q_{K1} + \psi_{22}Q_{K2} + \dots$$

Dove:

- G_1 è il peso proprio degli elementi strutturali;
- G_2 è il peso proprio degli elementi non strutturali;
- P_k si riferisce alla pretensione e precompressione dell'elemento strutturale;
- Q_{ik} si riferisce alle altre azioni variabili che insistono sulla struttura e che sono considerate nella combinazione in esame come non principali;
- γ_{g1} è il coefficiente di amplificazione dei pesi propri degli elementi strutturali;
- γ_{g2} è il coefficiente di amplificazione dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_p è il coefficiente di amplificazione delle azioni di pretensione e precompressione;
- γ_{Qi} è il coefficiente di amplificazione di tutte le azioni variabili;
- ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione delle azioni variabili che sono considerate nella combinazione in esame come non principali;

I valori dei coefficienti di amplificazione sono definiti dal Testo Unico nella Tabella 2.5.I, mentre i coefficienti di combinazione sono determinati attraverso la Tabella 2.6.I rispetto alla quale si farà riferimento alla condizione sfavorevole relativa allo stato limite ultimo di resistenza della struttura (STR).

Categoria/Azione variabile	Ψ_{D1}	Ψ_{D2}	Ψ_{D3}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tab. 4.09 Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione - NTC2008 §2.5

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tab. 4.10 Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU - NTC2008 §2.6

Come verrà mostrato in seguito, le combinazioni lineari vengono utilizzate per dimensionare gli elementi strutturali.

Si prenda ad esempio una trave. Se l'area della sua sezione è ridotta, essa sarà sollecitata dalle sole forze verticali, mentre le forze orizzontali (tipicamente sisma e vento) vengono trascurate. Tra le forze verticali agenti compaiono l'affollamento, il carico da neve e il peso proprio della struttura. Mentre il peso proprio della struttura non può che essere preso in qualsiasi ipotesi al 100%, il carico da neve e quello da affollamento verranno ridotti ad un valore minore o uguale al 100% del valore originale, in base alla modalità con cui saranno tra loro combinati. Se si esegue ad esempio una verifica agli SLE tramite combinazione caratteristica, nel momento in cui viene considerato prevalente l'affollamento, lo stesso viene applicato sulla trave al 100% del suo valore, mentre il carico da neve al 50% (T.U. Tab. 2.5.I). Se al contrario fosse prevalente il carico da neve, questo sarà valutato al 100%, mentre l'affollamento al 70% del suo valore originale. Per determinare la condizione più critica per la struttura è necessario risolvere lo schema statico, sommando i contributi. Nel caso della trave in semplice appoggio è possibile semplicemente sommare le forze (opportunamente ridotte) e verificare in quale dei due casi il carico verticale risulta maggiore. Per dimensionare un pilastro di un'unità di controvento, invece, non è sufficiente considerare le sole forze verticali, ma si prendono in considerazione anche quelle orizzontali, che apportano un contributo di trazione o compressione sul pilastro legato alla presenza delle aste oblique di controvento.

4.4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA STRUTTURA

4.4.1. Schema strutturale dei solai

Le immagini sottostanti rappresentano gli schemi strutturali del solaio interpiano tipo e della copertura. La struttura è in acciaio, eccetto per i controventi in ca. La luce più elevata, secondo la quale si sono effettuati i calcoli per essere a favore di sicurezza, è di 7 m. Nel progetto i pilastri da realizzare in acciaio sono stati studiati in modo da essere collegati alla sottostante platea di fondazione in cemento armato.

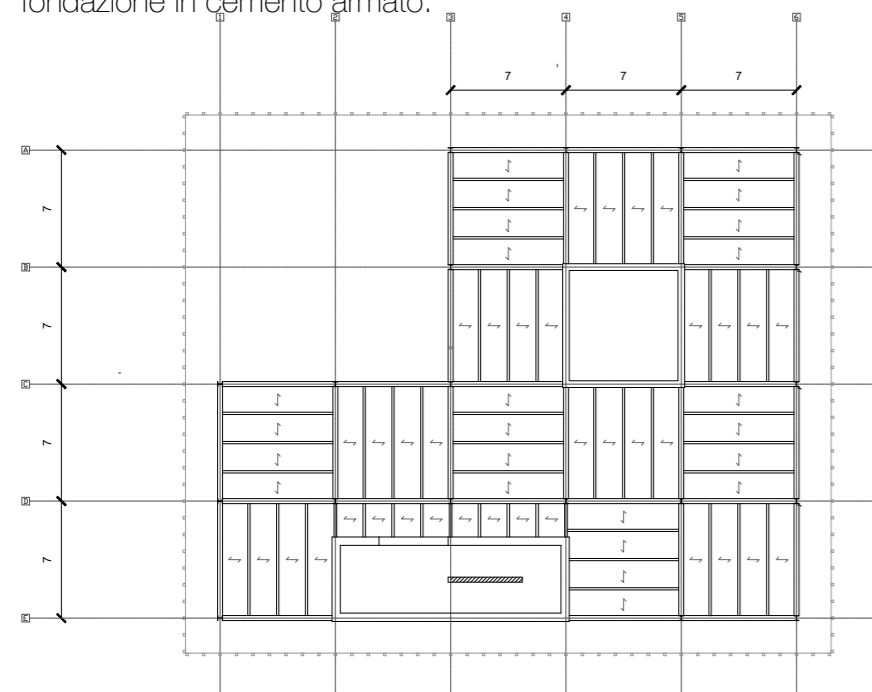


Fig. 4.05 Schema statico piano tipo

I carichi ottenuti nel paragrafo precedente sono stati ripartiti mediante la suddivisione della pianta in travi principali e secondarie.

Il procedimento si è quindi sviluppato con la seguente metodologia:

- Suddivisione dell'impalcato in travi principali e secondarie;
- Predimensionamento e verifica del solaio;
- Predimensionamento e verifica delle travi secondarie
- Predimensionamento e verifica delle travi principali

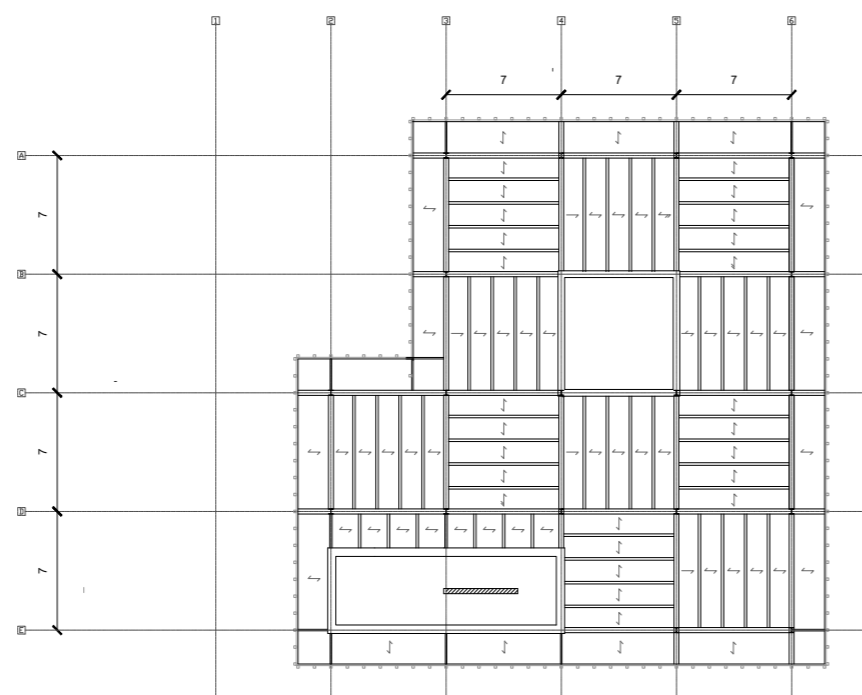


Fig. 4.06 Schema statico copertura

- Predimensionamento e verifica del pilastro;
- Predimensionamento e verifica degli elementi di controvento.

Il predimensionamento è stato eseguito agli Stati Limite di Esercizio (SLE), considerando la Combinazione di carico "RARA", in quanto la più restrittiva e quindi a favore di sicurezza. La verifica, invece, secondo la combinazione agli Stati Limiti Ultimi (SLU).

4.4.2. Lamiera grecata secco

4.4.2.1. Analisi dei carichi

Si riassumono i valori relativi alle analisi dei carichi precedentemente effettuati:

	Solaio piano tipo	Solaio copertura praticabile
G_1 (kN/m ²)	vedi pagina seguente	vedi pagina seguente
G_2 (kN/m ²)	1.27	2.4
P (kN/m ²)	-	-
q_k	3.00	4.00
p	-	-
q_s	-	0.8

Tab. 4.11 Analisi dei carichi

4.4.2.2. Combinazione di carico: stato limite di esercizio (rara)

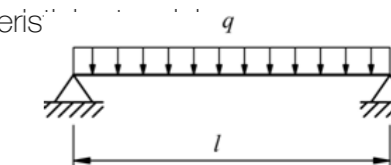
$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2}$$

Nel caso in esame il carico variabile dominante, q_{k1} , è quello dovuto all'affollamento, pertanto q_{k1} è pari a 3 kN/m² per il solaio interpiano e 4 kN/m² per il solaio della copertura

Nel caso della copertura, dove agisce anche il carico variabile, dovuto all'effetto della neve, q_{k2} sarà moltiplicato per il coefficiente Ψ_{02} che dalla tabella 2.5.I delle NTC 2008, assume un valore pari a 0,5, quindi $q_{k2} = 0.4$ kN/m².

L'azione del vento p , inoltre, risulta essere nulla in relazione all'elemento strutturale in esame, sia esso una trave di copertura o di interpiano.

Per predimensionare il solaio si è ipotizzato l'impiego della lamiera grecata autoportante della Metecno – Tipo A55/P600 con le seguenti caratteris



Dove l è l'interasse fra i due appoggi e vale rispettivamente

- $l=1.4$ per la copertura;
- $l=1.75$ per il solaio interpiano.

4.4.2.3. Predimensionamento

Dalla tabella fornita dal produttore, di cui si allega un estratto, ricavo che per una distanza tra gli appoggi di 1,75 e 1.4m il carico massimo uniformemente distribuito per una lamiera grecata autoportante dello spessore di 1 mm è pari a 15 KN/m².

FGS 2000 [®] H=22 cm																
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m ²)															
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00
Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																
0,8	5,40	5,40	5,40	5,26	4,87	4,45	4,06	3,75	3,49	3,27	2,92	2,65	2,26	2,00	1,72	1,42
1,0	5,70	5,70	5,70	5,19	4,68	4,28	3,96	3,69	3,47	3,10	2,83	2,42	2,14	1,85	1,54	
1,2	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,55	5,14	4,79	4,24	3,82	3,22	2,81	2,39	1,96	
1,35	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	6,10	5,67	5,26	4,91	4,35	3,92	3,32	2,90	2,48	2,03	

Tab. 4.12 Scheda tecnica lamiera grecata

Sempre dalla tabella fornita dal produttore ricaviamo che il peso della lamiera grecata sopra individuata è pari a: 0,064 kN/m².

Si procede ora a sostituire il valore del peso della lamiera grecata, dell'argilla espansa e delle pavilastre nel valore di G1 della combinazione rara, si ottiene che il carico massimo agente sul solaio è pari a:

- Solaio interpiano

$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2} = 0.94 + 1.27 + 3 = 5.21 \text{ KN/m}^2$$

- Solaio della copertura

$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2} = 0.79 + 2.4 + 4 + (0.5 \cdot 0.8) = 7.59 \text{ KN/m}^2$$

Vediamo che il carico massimo ottenuto è minore di 15 KN/m² indicato dalla tabella fornita da produttore, pertanto la lamiera grecata scelta risulta verificata.

Ora si può procedere al predimensionamento e successiva verifica delle travi.

4.4.3. Travi secondarie

Al fine di dimensionare le travi secondarie, in conformità con quanto stabilito dalle NTC.08 § 4.2, è necessario che vengano soddisfatte due verifiche differenti: una condotta allo stato limite ultimo SLU, ed una relativa allo stato limite di esercizio SLE. La verifica allo stato limite ultimo SLU prevede che il massimo momento flettente di progetto M_{Ed} sia minore o uguale al momento resistente $M_{c,Rd}$.

Il metodo di calcolo si articola sinteticamente nel modo seguente:

- Predimensionamento delle travi secondarie a S.L.E;
- Verifica delle travi a S.L.E (deformabilità): verifica che la freccia raggiunta dalla trave secondaria sia minore di 1/250.⁹
- Calcolo del massimo momento flettente di progetto M_{Ed} delle travi secondarie centrali e di bordo agli stati limite ultimi, con riferimento al profilo precedentemente dimensionato;
- Calcolo del momento resistente $M_{c,Rd}$;
- Verifica delle travi a S.L.U (resistenza);
- Verifica che il momento resistente di progetto M_{Ed} sia

⁹ T.U. §4.2.4.2. Tabella 4.2.X.

4.4.3.1. Schema strutturale

minore o uguale al momento resistente $M_{c,Rd}$.

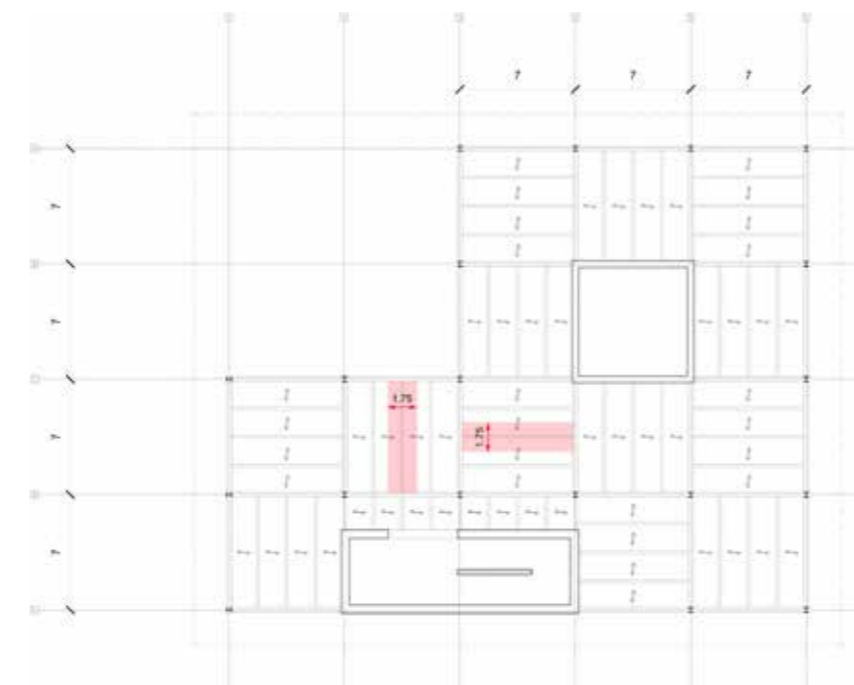


Fig. 4.07 Schema strutturale trave secondaria solaio interpiano

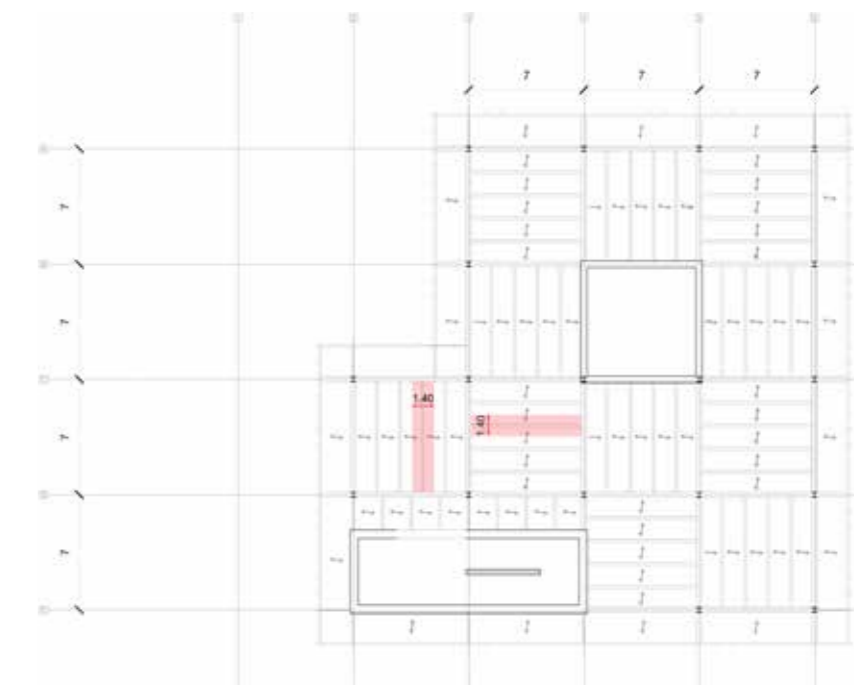


Fig. 4.08 Schema strutturale trave secondaria solaio della copertura

4.4.3.2. Analisi dei carichi

	Solaio piano tipo	Solaio copertura praticabile
G_1 (kN/m ²)	0.94	0.79
G_2 (kN/m ²)	1.27	2.40
Q_{k1} (kN/m ²)	3.00	4.00
Q_{k2} (kN/m ²)	-	0.80
Ψ_{02}	-	0.5
SLE (kN/m ²)	5.21	7.59
SLU (kN/m ²)	7.43	11.07

Tab. 4.13 Analisi dei carichi

Nel calcolo dei peso permanente strutturale G_1 si è escluso il peso proprio della trave che si sta per predimensionare.

4.4.3.3. Combinazione di carico – SLE RARA

$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2}$$

Nel caso in esame il carico variabile dominante, q_{k1} , è quello dovuto all'affollamento, pertanto q_{k1} è pari a 3 kN/m² per il solaio interpiano e 4 kN/m² per il solaio della copertura

Nel caso della copertura, dove agisce anche il carico variabile, dovuto all'effetto della neve, q_{k2} sarà moltiplicato per il coefficiente Ψ_{02} che dalla tabella 2.5.I delle NTC 2008, assume un valore pari a 0,5 quindi $q_{k2} = 0.4$.

L'azione del vento p , inoltre, risulta essere nulla in relazione all'elemento strutturale in esame, sia esso una trave di copertura, di interpiano.

Pertanto risulta:

- Solaio interpiano

$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2} = 0.94 + 1.27 + 3 = 5.21 \text{ KN/m}^2$$

- Solaio della copertura

$$C = G_1 + G_2 + q_{k1} + \Psi_{02} \cdot q_{k2} = 0.79 + 2.4 + 4 + (0.5 \cdot 0.8) = 7.59 \text{ KN/m}^2$$

4.4.3.4. Predimensionamento

Nella risposta meccanica di una struttura in acciaio, a causa del comportamento duttile del materiale, vincolante risulta essere la deformabilità; per questo motivo il predimensionamento viene effettuato a partire dalla freccia.¹⁰

10 NTC, § 4.2.4.2.1

Lo schema statico utilizzato per trovare il valore dello spostamento è il seguente:

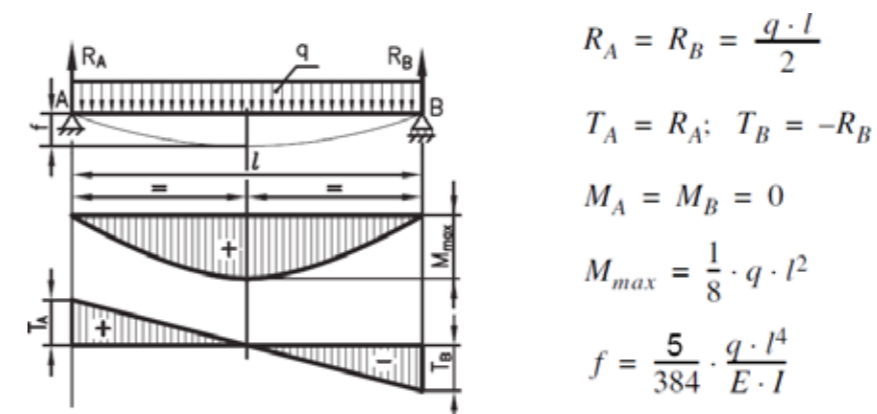


Fig. 4.09 Schema statico trave appoggio appoggio

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$T_A = R_A; \quad T_B = -R_B$$

$$M_A = M_B = 0$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Dallo schema statico risulta che la freccia massima è data dalla seguente relazione:

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{EI}$$

dove:

- δ è la freccia totale massima, lo spostamento nello stato finale. Essa si può ricavare facilmente, infatti da normativa la freccia limite è pari a $L/250$ per i solai e $L/200$ per la copertura praticabile¹¹
- P è la combinazione di carichi riferita allo stato limite di esercizio, comprensiva del peso proprio strutturale dell'elemento, e linearizzata sull'interasse;
- L è la luce massima che in questo caso è pari a 7m;

11 Norme tecniche per le costruzioni, Tab. 4.2.X, pag.31;

- E è il modulo elastico secante a compressione
- I è l'inerzia minima della sezione

La freccia massima ammissibili δ_{max} risulta essere:

- $\delta_{max} = 7/250 = 0.028 \text{ m}$ per il solaio interpiano;
- $\delta_{max} = 7/200 = 0.035 \text{ m}$ per il solaio della copertura.

Alla luce di ciò la relazione precedente si può riscrivere come segue:

$$I = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{E\delta_{max}}$$

Risulta quindi:

- Per il solaio interpiano si ottiene un'inerzia minima di $I_{min} = 5039 \text{ cm}^4$
- Per il solaio della copertura si ottiene un'inerzia minima di $I_{min} = 5783 \text{ cm}^4$

Con il valore ottenuto, posso ricavare dal profilario delle IPE, la trave con un'inerzia più prossima a quella attesa. Si è scelto

- Solaio interpiano una trave IPE 270:
 - $P_{trave} = 0.36 \text{ KN/m}$
 - $I = 5790 \text{ cm}^4$
- Solaio della copertura una trave IPE 300:
 - $P_{trave} = 0.42 \text{ KN/m}$
 - $I = 8536 \text{ cm}^4$

4.4.3.5. Verifica allo stato limite di esercizio

La verifica allo stato limite di esercizio pone dei vincoli sulla deformabilità dell'elemento strutturale, posto in normali condizioni di esercizio, ipotizzandosi lontani dalle condizioni di collasso della struttura. Per lo schema statico: trave in appoggio-appoggio uniformemente caricata, vale la relazione riportata anche precedentemente:

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{EI}$$

Dove δ è la freccia in mezzzeria, ovvero, lo spostamento massimo che, sotto l'azione di una carico uniforme, subisce una trave appoggiata.

Affinché l'elemento strutturale risulti verificato allo stato limite di esercizio, è necessario che sia verificata la seguente disuguaglianza, che considera, gli spostamenti elastici dovuti all'applicazione dei soli carichi variabili (Q_{ki}):

$$\delta \leq \delta_2$$

Dove:

- δ è la freccia in esercizio;
- δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili.

Da normativa è pari a $L/300$ sia per i solai e che per la copertura¹²

Per ricavare il valore di δ bisogna utilizzare la seguente combinazione di calcolo di Stato Limite di Esercizio (SLE), combinazione caratteristica (rara), in questo caso, però, si devono considerare solo i carichi variabili e il peso proprio della trave.

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} Q_{K2} + \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

Nella seguente tabella sono riassunti i dati utilizzati per il calcolo della combinazione SLE rara determinata attraverso i soli carichi variabili:

	Solaio piano tipo	Solaio copertura praticabile
G_1 (kN/m ²)	1.15	1.09
G_2 (kN/m ²)	1.27	2.40
Q_{K1} (kN/m ²)	3.00	4.00
Q_{K2} (kN/m ²)	-	0.80
ψ_{02}	-	0.5
SLE (RARA) (kN/m ²)	3.00	5.3

Tab. 4.14 Carichi variabili per il calcolo della SLE rara

Si può dunque procedere al calcolo della freccia ammissibili che risulta essere:

- per il solaio interpiano avente luce pari a 1.75m $\delta = 0.004$ m
- per la copertura, avente luce pari a 1.4 m $\delta = 0.004$ m

Entrambe le frecce risultano essere inferiori al limite massimo, imposto da normativa δ_2 :

- SOLAIO INTERPIANO: 0,004 m < 0.0233 m
- COPERTURA: 0,004 m < 0.0233m

La verifica è dunque soddisfatta.

4.4.3.6. Verifica allo stato limite ultimo

Affinché l'elemento strutturale risulti verificato a flessione, deve risultare valida la seguente disuguaglianza:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1$$

Dove:

- M_{ED} è il momento flettente di calcolo;
- $M_{C,RD}$ è il momento resistente della flessione.

La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione $M_{c,Rd}$ vale:

$$M_{C,Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

dove:

- W_{pl} è il modulo di resistenza plastica;
- f_{yk} è il valore della resistenza caratteristica;
- γ_{m0} è il coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità;

Il momento flettente di calcolo, M_{Ed} , si assume pari al momento massimo agente sull'elemento strutturale, che, per una trave in appoggio-appoggio uniformemente caricata, risulta essere agente sulla sezione di mezzzeria (vedi fig.4.09).

Per ricavare il valore di del carico agente, bisogna utilizzare la seguente combinazione di calcolo (Dal §2.5.3 delle NTC.08): Stato Limite Ultimo (SLU), combinazione fondamentale:

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{K3} + \dots$$

Che risulta essere:

- Solaio interpiano: 7.9 kN/m²;
- Per il solaio della copertura: 7.9 kN/m².

Nella pagina seguente si riporta la tabella con i valori utilizzati per il calcolo della verifica:

	Solaio piano tipo	Solaio copertura praticabile
W_{pl} (cm ³) da profilario	429	557
$M_{c,Ed}$ (kN*m)	8462	9961.6
P slu (kN/m ²)	13.81	16.26
L (m)	7	7
M_{Ed} (kN*m)	8462	9961.6
W_{pl} (cm ³) minimi	323.1	380.00

Tab. 4.15 Carichi variabili per il calcolo della verifica

Come si evince dai risultati il W_{pl} adottato è maggiore del W_{pl} minimo, pertanto il profilo scelto soddisfa la verifica allo stato limite ultimo.

4.4.4. Travi principali solaio interpiano

Al fine di dimensionare le travi secondarie, in conformità con quanto stabilito dalle NTC.08 § 4.2, è necessario che vengano soddisfatte due verifiche differenti: una condotta allo stato limite ultimo SLU, ed una relativa allo stato limite di esercizio SLE. La verifica allo stato limite ultimo SLU prevede che il massimo momento flettente di progetto M_{Ed} sia minore o uguale al momento resistente $M_{c,Rd}$.

Il metodo di calcolo si articola sinteticamente nel modo seguente:

- Predimensionamento delle travi secondarie a S.L.E;
- Verifica delle travi a S.L.E (deformabilità): verifica che la freccia raggiunta dalla trave secondaria sia minore di $1/250$ ¹³;
- Calcolo del massimo momento flettente di progetto M_{Ed} delle travi secondarie centrali e di bordo agli stati limite ultimi, con riferimento al profilo precedentemente dimensionato;
- Calcolo del momento resistente $M_{c,Rd}$;
- Verifica delle travi a S.L.U (resistenza):
- Verifica che il momento resistente di progetto M_{Ed} sia minore o uguale al momento resistente $M_{c,Rd}$ ¹⁴.

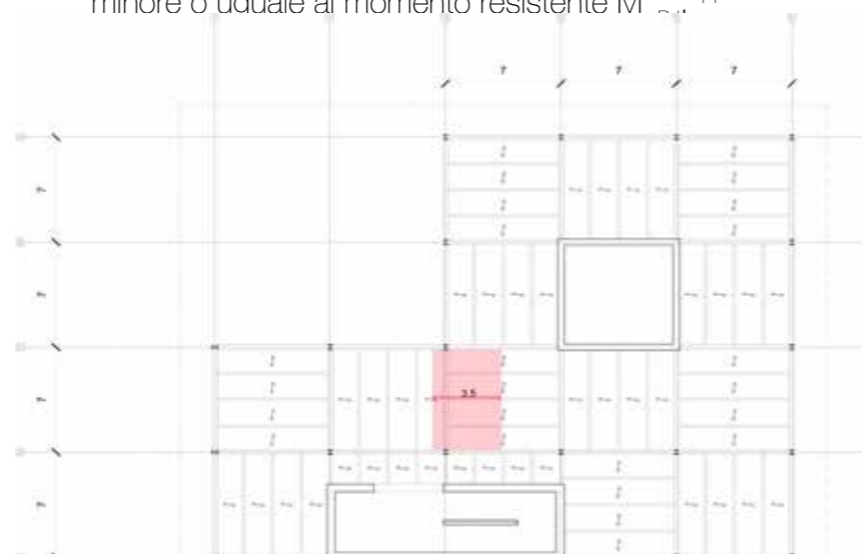


Fig. 4.10 Schema strutturale trave principale del solaio

13 T.U. §4.2.4.2. Tabella 4.2.X
14 T.U. § 4.2.12

4.4.4.2. Predimensionamento

Analogamente al caso delle travi secondarie il predimensionamento delle travi principali avviene basandosi sulla deformabilità, e quindi a partire dalla freccia.

Differentemente dalle travi secondarie il valore della freccia non è definito solo dalla formula, poiché lo schema statico non è più trave appoggio-appoggio caricata uniformemente ma sono presenti anche i tre carichi concentrati che rappresentano le reazioni vincolari delle travi secondarie.

Tale schema statico è rappresentato, quindi dalla combinazione dei due rappresentati qui di seguito:

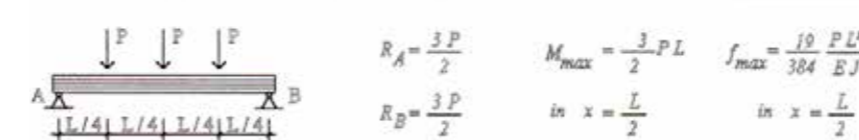


Fig. 4.11 Schema statico appoggio-appoggio carichi concentrati

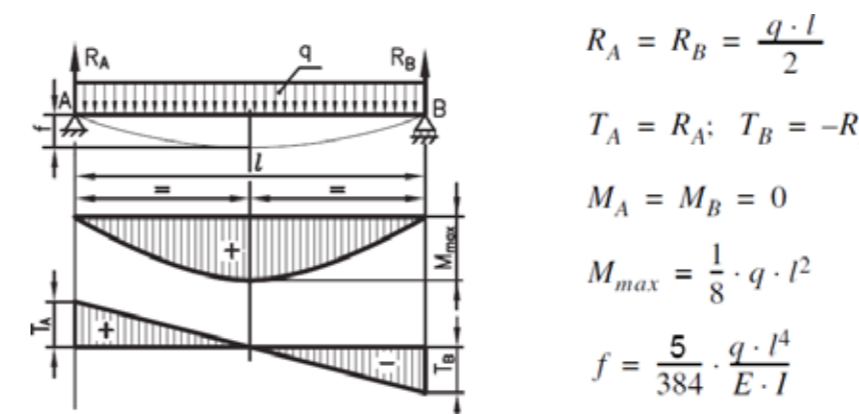


Fig. 4.12 Schema statico appoggio-appoggio carico distribuito

Il valore della freccia massima sarà quindi dato dalla somma delle seguenti formule:

$$f_{max} = \frac{19}{384} \frac{PL^3}{E\delta_{max}} \quad \delta = \frac{5}{384} \frac{pL^4}{EI}$$

Il predimensionamento è stato dunque effettuato esplicitando dall'espressione della freccia, l'inerzia che la trave deve possedere; tramite profilarlo, sono poi stati messi a confronto i valori di inerzia delle sezioni commerciali con quello ricavato, scegliendo, infine, un profilo caratterizzato dall'inerzia appena maggiore (vedi profilari allegati in appendice).

Si riporta di seguito una tabella con i valori utilizzati:

	Solaio piano tipo
Trave ipotizzata	HEA 340
P (kN/m) (peso trave)	0.3
P (kN) (peso concentrato)	33.17
L (m)	7.00
E (kN/cm ²)	21000

	Solaio piano tipo
δ	0.01
I_{min} (cm ⁴)	9733.7
I (cm ⁴) (adottato)	27690

Tab. 4.16 Valori utilizzati per il solaio tipo

Si assume quindi di adottare un profilo HEA 340 per la travatura principale centrale del solaio interpiano.

Questa scelta va, tuttavia, verificata, sia allo stato limite ultimo, che in condizioni di esercizio.

4.4.4.3. Verifica allo stato limite di esercizio

Affinché l'elemento strutturale risulti verificato allo stato limite di esercizio, è necessario che sia verificata la seguente disuguaglianza, che considera, gli spostamenti elastici dovuti all'applicazione dei soli carichi variabili (Q_k):

$$\delta \leq \delta_2$$

Dove:

- δ è la freccia in esercizio;
- δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili, da normativa è pari a $L/300$ per i solai¹⁵

Peri il calcolo della freccia massima si sono utilizzate le formule riportate nel paragrafo precedente. Di seguito una tabella riassuntiva dei valori utilizzati nella verifica:

	Solaio piano tipo
Trave ipotizzata	HEA 340
q (kN/m) (peso trave)	0.3
q (kN) (peso concentrato)	33.17
L (m)	7.00
E (kN/cm ²)	21000
I (cm ⁴) (adottato)	27690
δ	0.01
δ_2	0.023

Tab. 4.17 Valori utilizzati per la verifica del calcolo della freccia massima

Essendo $\delta_2 > \delta$ la trave risulta verificata allo stato limite di esercizio.

4.4.4.4. Verifica allo stato limite ultimo

Anche per la trave principale per risultare verificata a flessione, deve essere valida le seguenti disuguaglianze:

$$W_{pl} < W_{el, min}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C, Rd}} \leq 1$$

Si riporta di seguito la tabella finale di calcolo, usata per la verifica allo stato limite ultimo:

	Solaio piano tipo
W_{pl} (cm ³) da profilario	1678
$M_{C, Ed}$ (kN*m)	251
P slu (kN/m ²)	15.5
L (m)	7
M_{Ed} (kN*m)	251
W_{pl} (cm ³) minimi	958

Tab. 4.18 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo

Il profilo risulta verificato anche allo stato limite ultimo.

4.4.5. Travi principali solaio copertura

Le travi principali in copertura sono di due tipi: una avente sistema statico appoggio-appoggio e 4 carichi concentrati, l'altra appoggio- appoggio-estremo libero con 4 carichi concentrati e un carico distribuito nella parte a sbalzo.

Per il dimensionamento di entrambe le tipologie si è fatto ricorso al programma ftool, nel quale è stato inserito un profilo ipotizzato sui risultati ottenuti per il solaio interpiano, e poi sono stati confrontati i valori ottenuti con i valori minimi richiesti da normativa.

4.4.5.1. Schema strutturale



Fig. 4.13 Schema strutturale pianta della copertura

4.4.5.2. Trave appoggio-appoggio

Verifica stato limite di esercizio



Fig. 4.14 Schema statico trave principale copertura SLE



Fig. 4.15 Deformata trave appoggio appoggio copertura SLE



Fig. 4.16 Diagramma dei momenti trave principale appoggio-appoggio copertura SLE

Come nel caso delle travi principali del solaio, anche in questo caso la verifica allo stato limite di esercizio prevede che sia verificata la seguente disuguaglianza, che considera, gli spostamenti elastici dovuti all'applicazione dei soli carichi variabili (Q_k): Si è ipotizzato un profilo HEA 340.

$$\delta \leq \delta_2$$

La freccia massima, che coincide con il punto di mezzeria, è pari a $\delta = 0.015$ m, mentre la freccia massima $\delta_2 = L/300 = 7/300 = 0.233$, pertanto la verifica è soddisfatta.

Verifica stato limite ultimo



Fig. 4.17 Schema statico trave principale della copertura appoggio appoggio SLU



Fig. 4.18 Deformata trave principale della copertura appoggio appoggio SLU



Fig. 4.19 Grafico dei momenti trave princile della copertura appoggi appoggio SLU

Anche in questo caso a trave principale per risultare verificata a flessione, deve essere valida le seguenti disuguaglianze:

$$W_{pl} < W_{el, \min}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1$$

Si riporta di seguito la tabella finale di calcolo, usata per la verifica allo stato limite ultimo:

	Solaio piano tipo
W_{pl} (cm ³) da profilario	1678
$M_{C,Rd}$ (kN*m)	16390
P slu (kN)	59.92
L (m)	7
M_{Ed} (kN*m)	16390
W_{pl} (cm ³) minimi	625.8

Tab. 4.19 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo

La trave HEA 340 risulta quindi verificata anche allo stato limite ultimo.

4.4.5.3. Trave appoggio-appoggio

Verifica stato limite di esercizio



Fig. 4.20 Schema statico trave appoggio-appoggio-estremo libero SLE



Fig. 4.21 Deformata trave appoggio appoggio estremo libero SLE

Come nel caso delle travi principali del solaio, anche in questo caso la verifica allo stato limite di esercizio prevede che sia verificata la seguente disuguaglianza, che considera, gli spostamenti elastici dovuti all'applicazione dei soli carichi variabili (Q_k): Si è ipotizzato un profilo HEA 340.

$$\delta \leq \delta_2$$

La freccia massima che avviene nella parte compresa fra i due appoggi è pari a $\delta = 0.015$ m, mentre la freccia massima $\delta_2 = L/300 = 7/300 = 0.233$ m. Invece nella parte a sbalzo la freccia massima, che in questo caso è uno spostamento verso l'alto è pari a $\delta = 0.005$ m, mentre la freccia massima $\delta_2 = L/300 = 2/300 = 0.007$. Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

Verifica stato limite ultimo

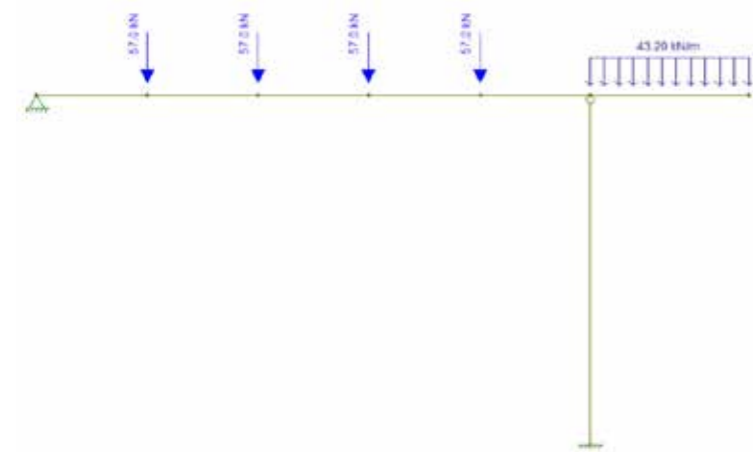
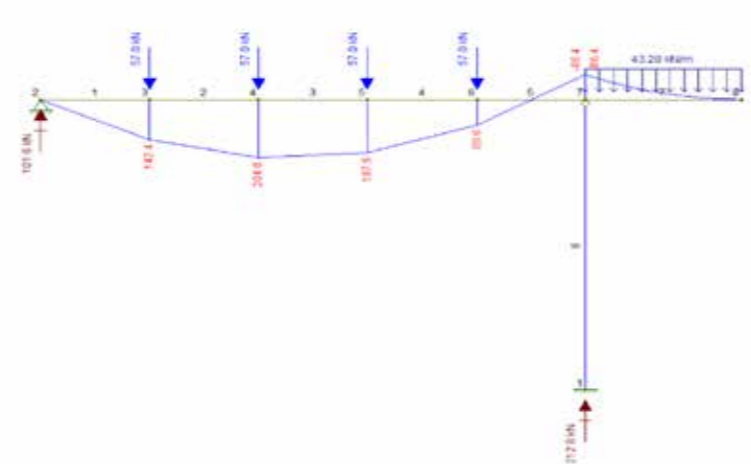


Fig. 4.22 Schema statico trave appoggio appoggio estremo libero SLU



Anche in questo caso, affinché la trave principale sia verificata a flessione, deve essere valida le seguenti disuguaglianze:

$$W_{pl} < W_{el, \min}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1$$

Si riporta di seguito la tabella finale di calcolo, usata per la verifica allo stato limite ultimo:

	Solaio piano tipo
W_{pl} (cm ³) da profilario	2408
$M_{C,ED}$ (kN*m)	16390
P slu (kN)	59.92
L (m)	7
M_{ED} (kN*m)	16390
W_{pl} (cm ³) minimi	625.8

Tab. 4.20 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo

La trave HEA 340 risulta quindi verificata anche allo stato limite ultimo.

4.4.6. Pilastro centrato

Di seguito viene riportato uno stralcio della pianta strutturale in cui si è evidenziato il pilastro da dimensionare. Si è deciso di effettuare il dimensionamento rispetto a un pilastro centrato in quanto è quello caricato maggiormente.¹⁶

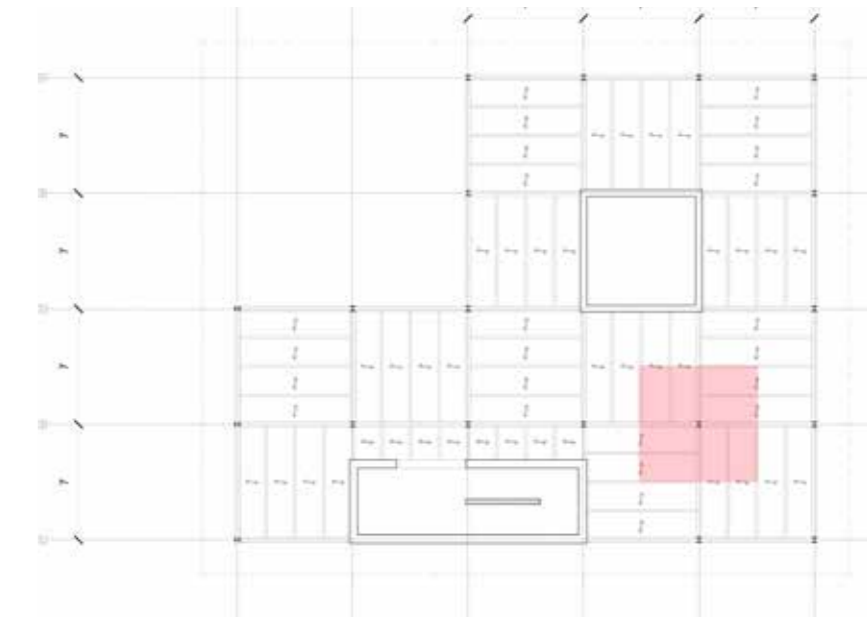


Fig. 4.23 Schema strutturale pilastro centrato

4.4.6.1. Analisi dei carichi

Per l'analisi dei carichi e per il predimensionamento del pilastro si è proceduto analizzando l'edificio dalla copertura al piano terra, dividendolo in singoli piani.

Sul pilastro in esame gravano 4 travi principali di profilo HEA 340.

Si è proceduto calcolando i tagli trasmessi di piano in piano.

Sul pilastro in copertura il taglio trasmesso da una singola trave vale 114 kN. Tale valore va moltiplicato per 4, ottenendo 456 kN

¹⁶ Il pilastro è stato dimensionato secondo . NTC, § 4.2.4.1.2, 4.4.4.1.3

in totale.

Si è proceduto quindi ad analizzare i tagli trasmessi negli impalcati 1-0:

- Taglio complessivo piano 1 = 667 kN
- Taglio complessivo piano 0 = 667 kN

4.4.6.2. Predimensionamento

Il primo pilastro che si è predimensionato è stato il pilastro in copertura. Successivamente sono state fatte tutte le verifiche anche per tutti i pilastri dei piani inferiori.

Inizialmente si è effettuato un predimensionamento a compressione in modo da avere un dato iniziale per la scelta del pilastro:

N _{ed} (kN)	456
y ₀	1.05
A _p (mm ²)	1741
A _{commerciale} (kN)	3410
f _{yk} (kN/mm ²)	275
Ipotesi pilastro	HEB 120

Tab. 4.21 Predimensionamento del pilastro

Il profilo scelto è quindi un HEB 120..

Tale profilo verrà scelto qualora soddisfacesse le due verifiche allo stato limite ultimo di resistenza e stabilità a compressione.

4.4.6.3. Verifica stato limite ultimo

Stabilità delle membrature – Aste compresse

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Dove:

- N_{Ed} è l'azione di compressione di calcolo;
- N_{b,Rd} è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa.

per il profilo scelto vale la seguente espressione:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

I coefficienti dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impegnato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale λ, dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$

Dove φ è il fattore di imperfezione, ricavato dalla Tab 4.2.VI, e la

snellezza adimensionale λ è pari a:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i}$$

Dalle misure caratteristiche del profilo ricavo che h/b = 0.95.

Il fattore di imperfezione è pari a α=0,49;

La snellezza adimensionale è pari a:

$$\lambda = 86.8$$

$$\lambda_1 = 132.97$$

Il valore della snellezza risulta essere maggiore di 60, valore consigliato dalla normativa, pertanto si è proceduto a scegliere un profilato con una sezione maggiore. Si è giunti in conclusione a scegliere un profilato HEB 300, che garantisce un valore di λ < 60.

$$\lambda = 86.8$$

$$\lambda_1 = 34.61$$

Il coefficiente è pari a:

$$\phi = 0.61$$

Il coefficiente χ è pari a:

$$\chi = 0.92$$

La resistenza all'instabilità dell'asta è quindi:

$$N_{brd} = 3640 \text{ kN}$$

La verifica ad instabilità della membratura compressa conferma la scelta del profilo HEB 300.

E' stato eseguito lo stesso procedimento per i pilastri di ogni impalcato, ed il pilastro HEB 300 è verificato per tutti gli impalcati.

4.5. UNIONI

4.5.1. Unioni bullonate

Per il calcolo della resistenza a taglio delle viti e per il rifollamento delle piastre collegate, si adottano i fattori parziali indicati in

Resistenza dei bulloni	γ _{M2} = 1.25
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	γ _{M3} = 1.10
Resistenza a scorrimento per SLU	
per SLE	
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	γ _{M3,ser} = 1.0
Prearico di bulloni ad alta resistenza	γ _{M3} = 1.10

Tab. 4.22 Estratto dalla tabella numero 4.2.XII della NTC 2008

La posizione dei fori per le unioni bullonate deve rispettare le limitazioni presentate nelle due figure sottostanti.

Tabella 4.2.XIII Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

Distanze e interassi (Fig. 4.2.3)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN10025-5)
e_1	$1,2 d_b$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t; 125\text{mm})$
e_2	$1,2 d_b$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t; 125\text{mm})$
p_1	$2,2 d_b$	$\min(14t; 200\text{mm})$	$\min(14t; 200\text{mm})$	$\min(14t; 175\text{mm})$
$p_{1,2}$	-	$\min(14t; 200\text{mm})$	-	-
$p_{1,3}$	-	$\min(28t; 400\text{mm})$	-	-
p_2	$2,4 d_b$	$\min(14t; 200\text{mm})$	$\min(14t; 200\text{mm})$	$\min(14t; 175\text{mm})$

L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se $(p_1/t) < [9(235/f_y)]^{0,5}$; in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a $0,6 p_1$.
t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

Fig. 4.24 Tabella 4.2 XXI della NTC 2008 sulle limitazioni per le unioni bullonate.

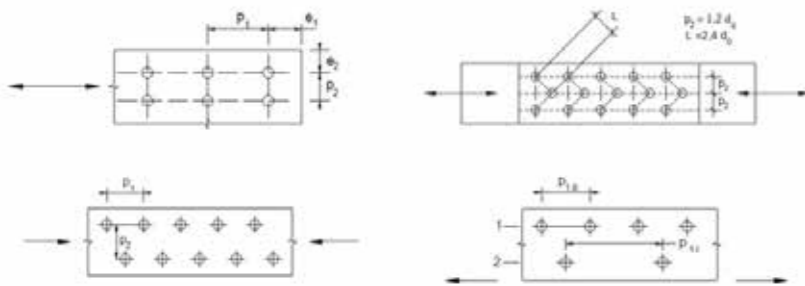


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

Fig. 4.25 Estratto della normativa NTC 2008 sulle limitazioni delle unioni bullonate.

Il taglio agente sulla singola sezione è pari a: $f_{v,Ed} = f_{T,bi} + f_{v,bi}$

Dove: $f_{v,bi} = \frac{V_{Ed}}{n_b \cdot \text{Aree di taglio}}$

mentre $f_{T,bi}$ dipende dalla geometria della bullonatura.

4.5.1.1. Resistenza a taglio

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni $F_{v,Rd}$, per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \quad \text{Per i bulloni di classe 4.6, 5.6, 8.8;}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} \quad \text{Per i bulloni di classe 6,8 e 10.9}$$

Dove:

- A_{res} Indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite;
- f_{tb} Indica la resistenza a rottura impiegato per realizzare il bullone del bullone.

La verifica di resistenza a taglio prevede: $f_{v,Rd} \geq f_{v,Ed}$

4.5.1.2. Resistenza a rifollamento

La resistenza di calcolo a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

Dove:

- d è il diametro nominale del gambo del bullone;
- t è lo spessore della piastra collegata;
- f_{tk} è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata;

La verifica di resistenza a rifollamento prevede:

$$f_{v,Ed} \leq f_{b,Rd}$$

Si rimanda agli elaborati grafici per i disegni in scala 1:10 delle unioni bullonate.

4.6. CALCOLO DELL' AZIONE SISMICA

4.6.1. Definizione del periodo del modo di vibrare principale mediante analisi lineare statica.

L'analisi statica lineare consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (T_1) non superi $2,5 T_C$ o T_D e che la costruzione sia regolare in altezza. Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T1 = C1 \cdot H^{3/4}$$

dove:

- H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione che nel caso in esame è 14 m
- C_1 è un coefficiente che vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio¹⁷.

Sostituendo i nostri dati nella formula sopra otteniamo un periodo del modo di vibrare principale pari a $T1 = 0.615$ s.

4.6.2. Individuazione della pericolosità del sito

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

I parametri per questo sito di riferimento li abbiamo ricavato tramite l'utilizzo del software di calcolo dell'azione sismica.

4.6.3. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in esame la vita nominale è di minimo 50 anni¹⁸.

4.6.4. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per

¹⁸ La vita nominale è nella Tab. 2.4.1 NTC, §2.4.3.

le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il caso in esame risulta essere una costruzione di classe II.

4.6.5. Periodo di riferimento per l'analisi sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Da cui si ricava che $V_R=50$ anni.

4.6.6. Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza

e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva immagine.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Fig. 4.27 Estratto della V NTC 2008 Sulle probabilità di superamento del P_{VR}

Volendo verificare la struttura allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), si passa al calcolo di periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, che si definisce con la seguente formula¹⁹:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1-P_{VR})} = \frac{-C_U \cdot V_N}{\ln(1-P_{VR})}$$

Usando la formula sopra trovo il valore di T_R come si vede in ta-

bella sottostante $T_R = 474.6$ anni.

Quindi per un tempo di ritorno di 475 anni considerato allo stato limite di salvaguardia della vita, trovo i parametri a_g, F_o, T_c^* .

- $T_R = 475$ anni
- $a_g = 0.35$ g
- $F_o = 2.366$
- $T_c = 1.3$ s

Di seguito si riportano i grafici dello spettro di risposta elastico ai vari stati limite.

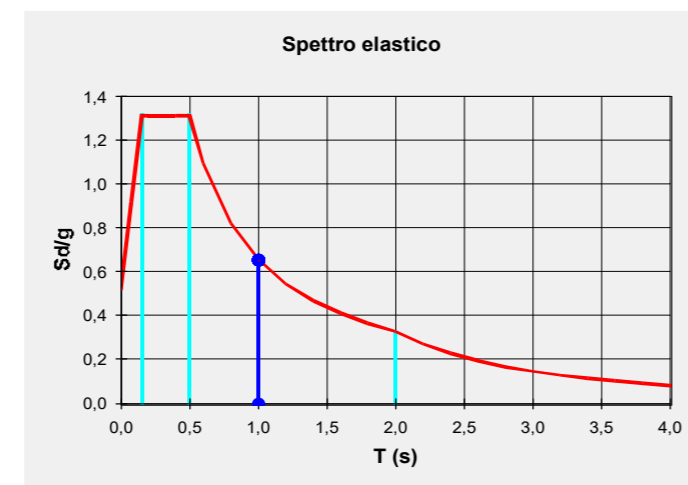


Fig. 4.26 Spettro di risposta elastico.

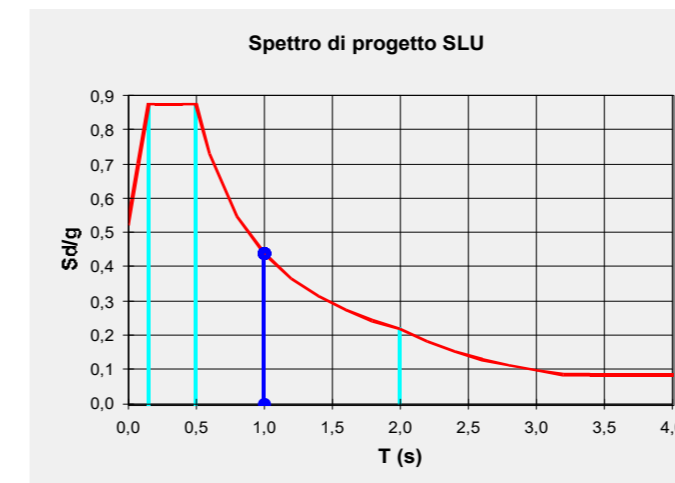


Fig. 4.28 Spettro di risposta SLU

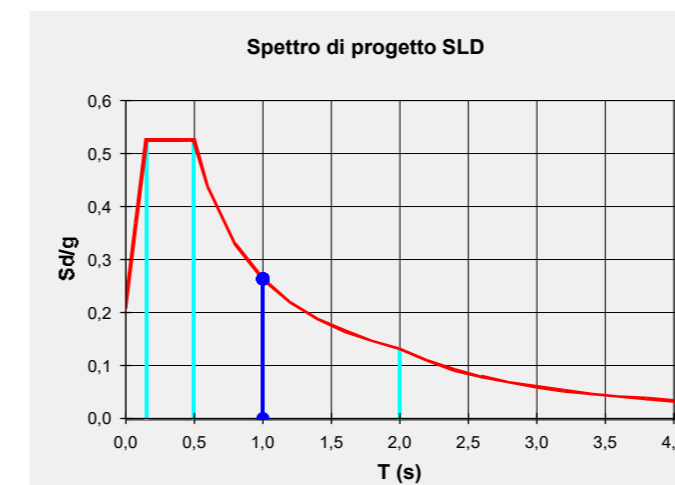


Fig. 4.29 Spettro di risposta SLD

4.7. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

4.7.1. Categoria del sottosuolo e topografica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.²⁰ Per questo caso di studio si è ipotizzata una categoria del sottosuolo pari alla C, ovvero depositi a grana grossa mediamente addensati.

Mentre per tener conto delle condizioni topografiche in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Nel caso di studio si è fatto riferimento a un categoria topografica T_1 .

4.7.2. Spettri di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Nelle quali T_E T_D sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale Orizzontale. Inoltre S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica.

Facendo la verifica allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) si ottiene:

- $S_s = 1.65$
- $S_t = 1$
- $S = 1.65$
- $T^*_c = 1.3$ s
- $C_s = 0.97$
- $T_c = 0.446$ s
- $T_b = 0.42$ s

- $T_c = 1.75$ s

Dove T^*_c è definito dal software relativo allo stato limite del salvaguardia e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo.

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, $T_B = T_C / 3$.

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi.

Si ha quindi un valore di T_1 compreso tra T_C e T_D , lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale $S_e(T)$ sarà quindi calcolato tramite la sua terza formulazione.

4.7.3. Spettri di progetto per gli stati limite ultimi

Ai fini del progetto o della verifica, le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovra resistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formulazione di $S_e(T)$ con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

4.7.4. Analisi lineare

L'analisi lineare può essere utilizzata per calcolare gli effetti delle azioni sismiche sia nel caso di sistemi dissipativi sia nel caso di sistemi non dissipativi.

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario.²¹

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi dissipativi, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q maggiore dell'unità.²²

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione $q = q_0 \times K_R$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto

a_u/a_1 ovvero tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.

Nel caso in esame questo coefficiente vale $q_0 = 3$

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel nostro caso questo coefficiente vale $K_R = 1$

Facendo i calcoli si ottiene che $S_d(T)$ vale 0.93.

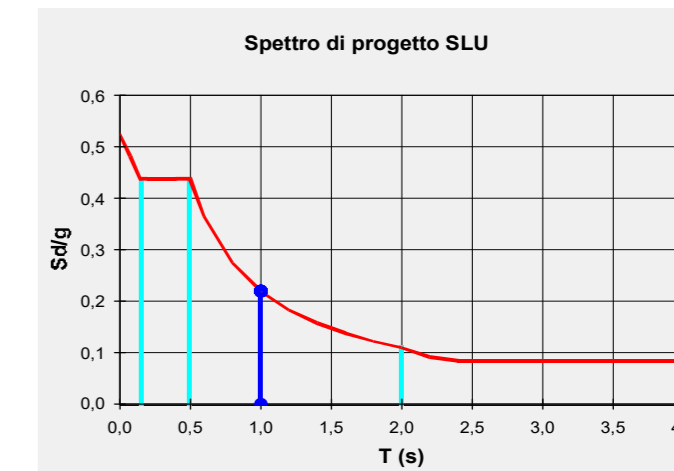


Fig. 4.30 Spettro di risposta SLU

21 §3.2.3.4 NTC 2008
22 § 3.2.3.5 NTC 2008

4.8. CALCOLO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI DEL SISMA

La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i \cdot / \sum_j z_j \cdot W_j$$

Dove :

- $F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$
- F_i è la forza da applicare alla massa i-esima;
- W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i-e della massa j;
- z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione (v. § 3.2.3.1), delle masse i e j;
- $S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto
- W è il peso complessivo della costruzione;
- λ è un coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se $T_1 < 2T_c$, pari a 1,0 in tutti gli altri casi;
- g è l'accelerazione di gravità.

Per calcolare le forze orizzontali della sisma che agisce ad ogni piano bisogna trovare la massa del ogni singolo piano e la massa complessiva del edificio. Queste masse sono stati calcolati in base alla combinazione sismica.²³

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} +$$

Tenendo conto degli opportuni coefficienti di sicurezza descritti dalla tabella 2.5.I delle NTC.

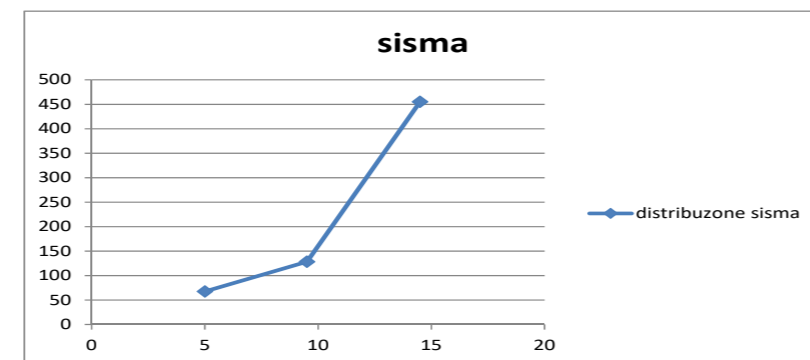
Nella tabella sottostante vi è la massa totale per singolo piano, dalla quale poi si è ricavata la componente orizzontale del sisma agente su ogni impalcato.

Piano	Altezza Zi[m]	Peso piano Wi [kN]	Fi [kN]
1	5	2244,555	67,40869971
2	9,5	2244,555	128,0765295
3	14,5	5226,56	455,1972571

Tab. 4.23 Componenti orizzontali del sisma per impalcato

Per una componente totale di 8155 kN/m².

Nel grafico sottostante è riportata la distribuzione delle forze, mentre nella pagina accanto le tabelle di calcolo utilizzate. Nuclei di controventi



Graf. 4.01 Distribuzione forze orizzontali del sisma.

Solaio tipo	Peso[N/m]	nr elementi	L elemento [m]	L tot (m)	Peso[kN/mq]	A [mq]	ψ2j	Peso [kN]
G1					0,94	784		736,96
G2					0,47	784		368,48
Q1					3	784	0,3	705,6
IPE 270	360	39	7	273				98,28
HEA 340	1050	32	7	224				235,2
Peso tot per piano								2144,52
numero dei piani								2
Peso tot del solaio interpiano								4289,04

Tab. 4.24 Calcolo del peso del solaio tipo

Solaio copertura	Peso[N/m]	nr elementi	L elemento[m]	L tot (m)	Peso[kN/mq]	A [mq]	ψ2j	Peso [kN]
G1					0,79	784		619,36
G2					2,4	784		1881,6
Q1					4	784	0,6	1881,6
Q2					0,8	784	0,6	376,32
IPE300	422	44	7	308				129,976
HEA340	1050	16	7	112				117,6
HEA340	1050	12	9	108				113,4
Peso tot della coertura								5119,856

Fig. 4.31 Calcolo della massa del solaio della copertura

Pilastr	Peso[N/m]	nr elementi	L elemento [m]	L tot (m)	Peso[kN/mq]	A [mq]	ψ2j	Peso [kN]
HEB300	1170	19	4,5	85,5				100,035
Peso tot per piano intermedio								100,035
numero dei piani intermedi								2
Peso tot dei pilastri per piani interme								200,07
HEB300	1170	19	4,8	91,2				106,704
peso dei pilastri TERRA								106,704
Peso totale del edificio (W)								9715,67

Fig. 4.32 Calcolo della massa dei pilastri

4.9. NUCLEI DI CONTROVENTO

4.9.1. Principi base della progettazione

I principi a cui si è fatto riferimento durante il corso della progettazione strutturale antisismica sono i seguenti:

- Semplicità strutturale, caratterizzata da percorsi diretti per la trasmissione delle forze sismiche;
- Uniformità, simmetria e iperstaticità: l'edificio possiede una distribuzione regolare degli elementi strutturali, che permette una trasmissione diretta delle forze di inerzia prodotte dalle masse distribuite dell'edificio;
- Rigidezza e resistenza bidirezionale: la struttura dell'edificio in esame è stata progettata in modo che possa resistere ad azioni orizzontali che agiscono in qualsiasi direzione, in quanto il moto sismico è un fenomeno bidirezionale;
- Resistenza e rigidezza torsionali: il principale elemento resistente all'azione sismica è stato progettato in prossimità del perimetro dell'edificio in modo da limitare moti di tipo torsionale che tendono a sottoporre i diversi elementi strutturali ad un regime di sforzo non uniforme.

L'edificio in esame risulta dunque essere un edificio controventato. Quindi lo schema strutturale per i carichi statici risulta essere così composto:

- Colonne: progettate per resistere ai carichi verticali;
- Vano scale/ascensore: progettato per resistere ai carichi orizzontali;
- Fondazioni; progettate per resistere a carichi sia oriz-

zontali che verticali.

Nel modello per azioni sismiche la rigidezza dei solai e delle colonne viene trascurata²⁴, mentre i setti e le pareti dei vano scale costituiscono gli elementi principali del modello per azioni sismiche. Si è scelta una tipologia strutturale a PARETI ACCOPPIATE. Gli elementi secondari devono unicamente resistere agli spostamenti imposti dagli elementi principali. Invece viene individuata all'interno degli elementi principali una zona critica che deve garantire duttilità. La parte dei setti e delle pareti che si trova al di sopra della zona critica possiede una sovra resistenza rispetto alla zona critica. Si rimanda al paragrafo precedente per il calcolo delle componenti orizzontali del sisma.

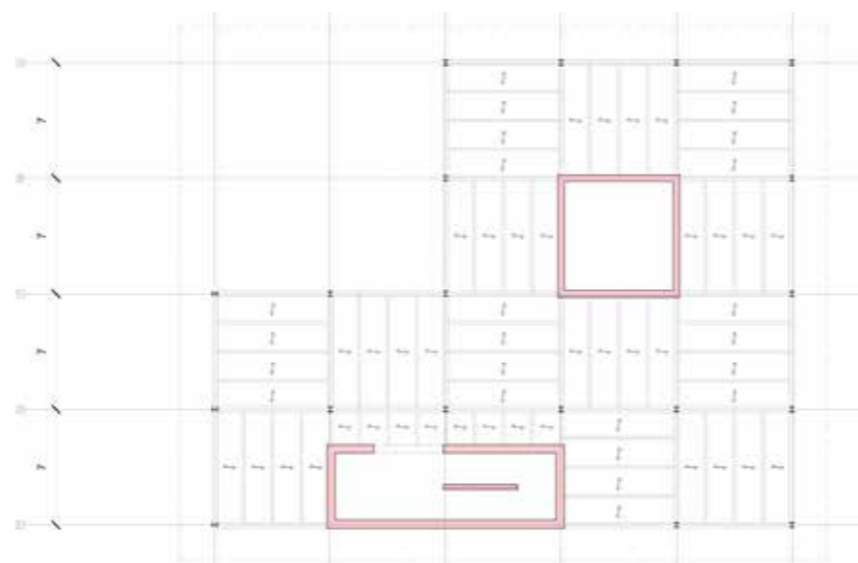


Fig. 4.33 Elementi di controvento

4.9.2. Ripartizione delle forze orizzontali sismiche orizzontali

Le strutture degli edifici sottoposti alle forze sismiche sono organismi spaziali più o meno complessi, il cui comportamento va analizzato attraverso modelli matematici in grado di interpretarne adeguatamente le loro caratteristiche elastiche.

Per l'edificio in esame si è scelto di utilizzare la modellazione di Grinter, di seguito illustrata, che consente di giungere ad un'analisi del comportamento della struttura.

L'approssimazione del modello consiste nell'ipotizzare che in una struttura a telaio sottoposta a forze orizzontali le estremità dei pilastri siano impediti di ruotare e, quindi, nell'ipotizzare i traversi infinitamente rigidi.

Da ciò ne consegue che tale modellazione interpreta il comportamento della struttura solo attraverso un unico parametro identificativo delle singole colonne, la "rigidezza a taglio", K , che può esprimersi, con l'ovvio significato dei simboli, come segue:

$$K = H^3/12EI$$

Al fine di illustrare il modello di Grinter è necessario preventivamente calcolare il "baricentro delle rigidezze", definito anche "centro elastico", dell'impalcato, e il baricentro delle masse.

4.9.2.1. Baricentro delle masse

E' noto che per la loro natura le forze sismiche sono applicate nei baricentri delle masse, che, possono essere considerati coincidenti con i baricentri geometrici degli impalcati. Quindi, ai vari piani dei fabbricati la posizione del baricentro delle masse dipende dalla forma geometrica dell'impalcato e viene determinata con i metodi forniti dalla geometria delle masse, attraverso le seguenti formule

$$X_G = \frac{\sum_i A_i \cdot X_i}{\sum_i A_i} \quad Y_G = \frac{\sum_i A_i \cdot Y_i}{\sum_i A_i}$$

Dove:

- A_i è l'area delle figure semplici (rettangoli, triangoli ecc.), in cui può scomporsi l'impalcato;
- X_i ed Y_i sono le coordinate dei baricentri delle aree A_i , rispetto ad un sistema di assi cartesiani, scelto sempre in modo da contenere, per semplicità di calcolo, l'impalcato tutto nel 1° quadrante;
- $\sum_i A_i$ è l'area totale dell'impalcato.

Si è dunque proceduto a dividere la pianta in figure geometriche più semplici e segue che il baricentro delle masse G ha coordinate pari a $G_x = 12.09$ m e $G_y = 20.18$ m.

Nella pagina seguente sono illustrati l'orientamento degli assi cartesiani, la suddivisione delle singole aree e la posizione del baricentro delle masse.

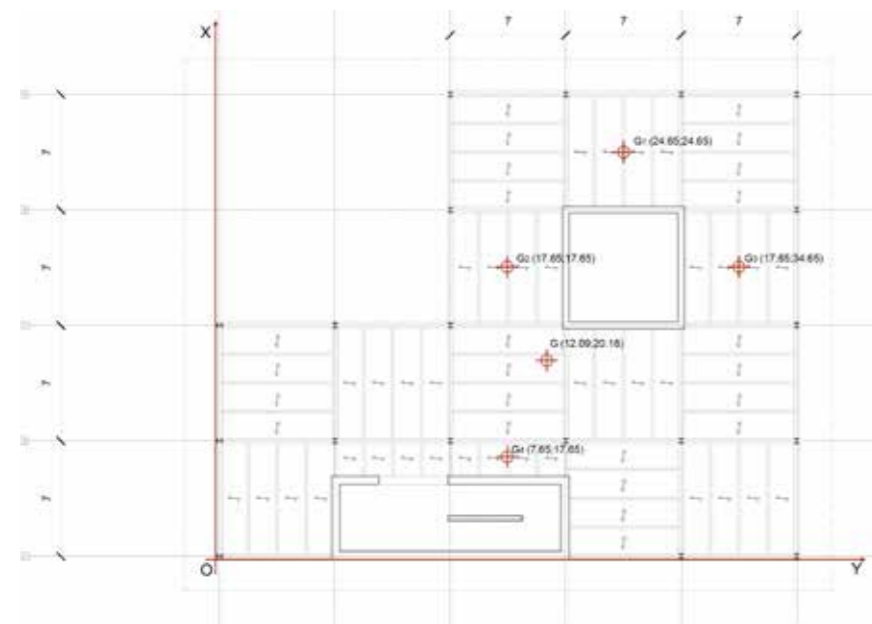


Fig. 4.34 Baricentro geometrico.

4.9.2.2. Baricentro delle rigidezze

Si definisce baricentro delle rigidezze, o centro elastico dell'impalcato, C, il punto d'applicazione della risultante R delle reazioni elastiche dei setti in calcestruzzo, ovvero il baricentro delle rigidezze delle stesse, e, quindi, il punto rispetto al quale il momento statico delle rigidezze secondo gli assi x (K_{xi}) ed y (K_{yi}), riguardate come vettori, è nullo.

Conseguentemente le coordinate di C varranno:

$$x_c = \frac{\sum_i K_{yi} \cdot x_i}{\sum K_{yi}}$$

$$y_c = \frac{\sum_i K_{xi} \cdot y_i}{\sum K_{xi}}$$

E' evidente che, in caso di distribuzione irregolare delle rigidezze, la posizione di C verrà a trovarsi dalla parte dove i setti dotati di più elevata rigidezza.

Poiché i setti sono realizzati con lo stesso materiale ed hanno la stessa altezze le coordinate di C possono calcolarsi sostituendo alle rigidezze i momenti d'inerzia degli stessi:

$$x_c = \frac{\sum_i I_{xi} \cdot x_i}{\sum_i I_{xi}}$$

$$y_c = \frac{\sum_i I_{yi} \cdot y_i}{\sum_i I_{yi}}$$

Si sono dunque calcolati i momenti di inerzia di tutti i setti, e la posizione dei loro baricentri (in questo caso quello di inerzia coincide con quello di massa). Si conclude quindi che le coordinate del baricentro di inerzia sono: $C_x=4.12m$ e $C_y=19.4m$.

Le distanze d rispetto al centro geometrico sono: $d_x = 7.98 m$ e $d_y = 0.8 m$. Nella figura della pagina a lato è riportato lo schema geometrico.

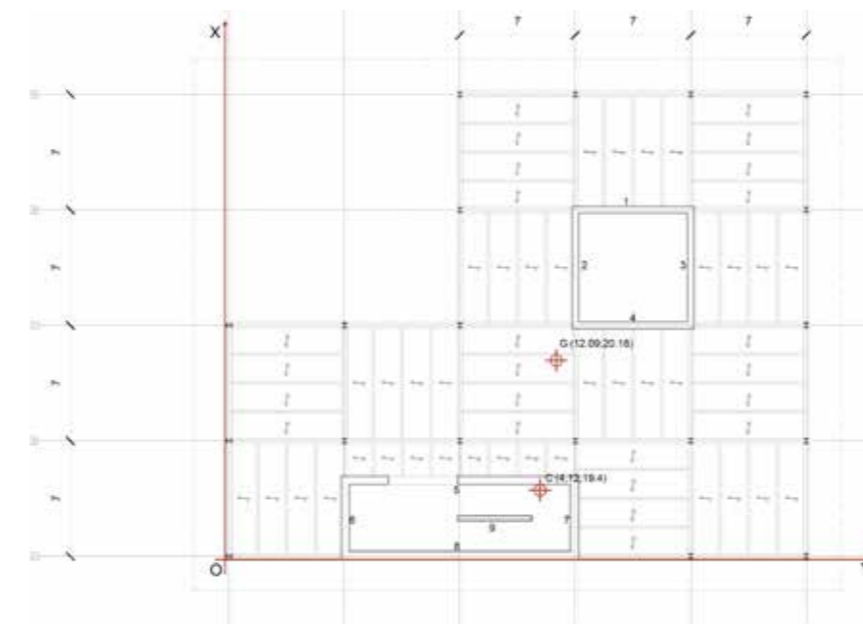


Fig. 4.35 Baricentro di inerzia.

4.9.2.3. Calcole delle azioni sui singoli elementi

Ciò premesso, sull'edificio, per effetto della forza sismica nelle due direzioni F_x e F_y applicate in G, si determinano nei setti delle reazioni di taglio che, per l'equilibrio alla traslazione secondo x e y, danno luogo ad una risultante R_x e R_y , uguali ed opposte ad F_x e F_y , applicata nel baricentro delle rigidezze C.

Poiché l'edificio non è simmetrico, le risultante delle reazioni dei setti non sarà quindi ubicata sulla stessa retta d'azione di F_x o F_y , risultando G e C eccentrici.

Ne consegue che, affinché F_x e F_y ed R risultino in equilibrio, sull'impalcato deve essere presente anche una coppia costituita dalle due forze, il cui momento vale rispettivamente: $M_t = F_x \cdot e_y$ e $M_t = F_y \cdot e_x$

Per effetto di tale momento l'impalcato subirà oltre che una traslazione anche una rotazione, dovuta appunto all'effetto torcente.

In presenza di momento torcente, dunque, le reazioni dei setti, in particolare di quelli più esterni, si modificheranno, per poter fronteggiare la presenza di M_t , e che gli incrementi dei tagli risulteranno di segno opposto, a seconda della posizione rispetto a C. Va però osservato che, con l'alternarsi del verso delle forze sismiche, anche i versi dei tagli si invertono e, quindi, la presenza della coppia torcente M_t comporterà sempre un aggravio per i setti più esterni.

Sulla scorta di quanto sopra si passa ad esaminare come valutare l'entità dei tagli nascenti nei pilastri per effetto della forza sismica.

Ciò è possibile utilizzando il principio di sovrapposizione degli effetti, valutando cioè i tagli nei pilastri come somma dell'aliquota derivante dalla sola traslazione dell'impalcato (T') e di quella derivante dalla sola rotazione (T'').

Per procedere in tal senso si procede trasladando la forza sismica da G a C, ed introducendo il relativo momento di trasporto M_t

L'effetto della traslazione (T') sarà valutato considerando la presenza della sola forza sismica F_x o F_y , mentre quello della

rotazione (T'') dipenderà dal solo momento torcente.

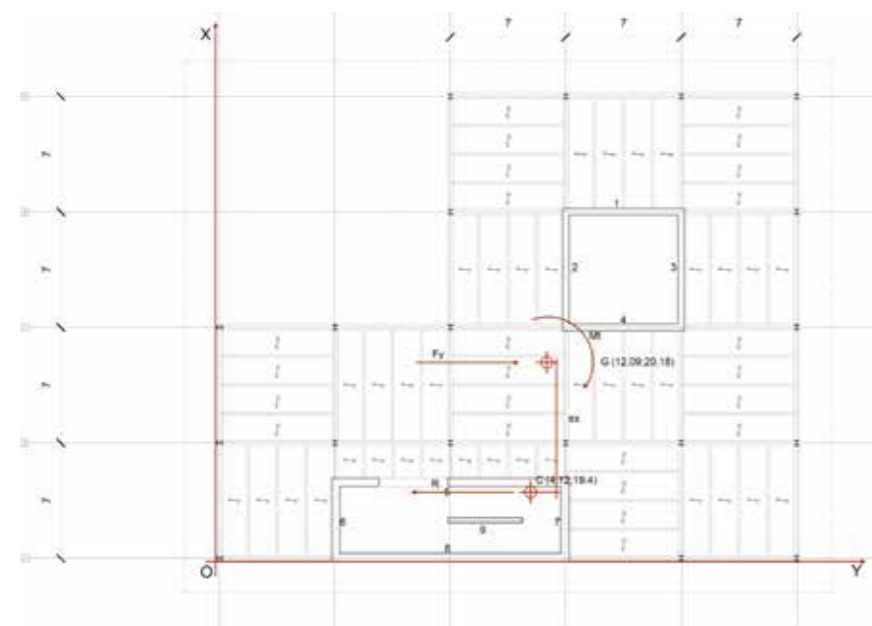


Fig. 4.36 Forza orizzontale e momento torcente applicati

Effetto della sola traslazione

Per poter calcolare la reazione su ogni singolo setto si ricorda che la condizione di congruenza (rigidezza dell'impalcato nel suo piano) impone che tutti i setti subiscano gli stessi spostamenti. Eguagliando: l'equazione di equilibrio e quella di congruenza si ottiene:

$$R_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} F_y$$

Dove R è la forza agente sul singolo elemento. Poiché siamo nel caso di un edificio a più piani la forza F_x e F_y andrà sostituita con i taglianti sismici di piano T_x e T_y .²⁵

Poiché il sisma agisce nelle due direzioni, si è tenuto conto rispettivamente dei controventi sollecitati o lungo x o lungo y.

Effetto della sola rotazione

Si consideri agente sull'impalcato solo il momento torcente $M_t = F_x \cdot e_y$.

Assumendo un sistema di riferimento x, y , con origine in C, per come indicato in Fig.4.37, è evidente che il generico setto i subirà per effetto di M_t uno spostamento $\delta_i^* = \varphi r_i$, in cui φ rappresenta la rotazione dell'impalcato, infinitamente rigido nel suo piano, ed r_i la distanza del setto da C. Le componenti di δ_i^* secondo x e y, varranno:

$$\delta_{xi}^* = \delta_i^* \sin \alpha; \quad \delta_{yi}^* = \delta_i^* \cos \alpha$$

Imponendo all'impalcato una condizione di congruenza ed una di equilibrio alla rotazione, si perviene, analogamente a quanto fatto precedentemente, alla determinazione dell'aliquota di taglio R'' che compete a ciascun pilastro per effetto della sola rotazione dell'impalcato stesso.

Uguagliando l'espressione di φ ricavata dalla condizione di congruenza con quella dedotta dall'equazione di equilibrio, si

²⁵ Per il calcolo dell'azione sismica sul singolo impalcato si rimanda al § 4.8



Fig. 4.37 Schema del momento torcente applicato

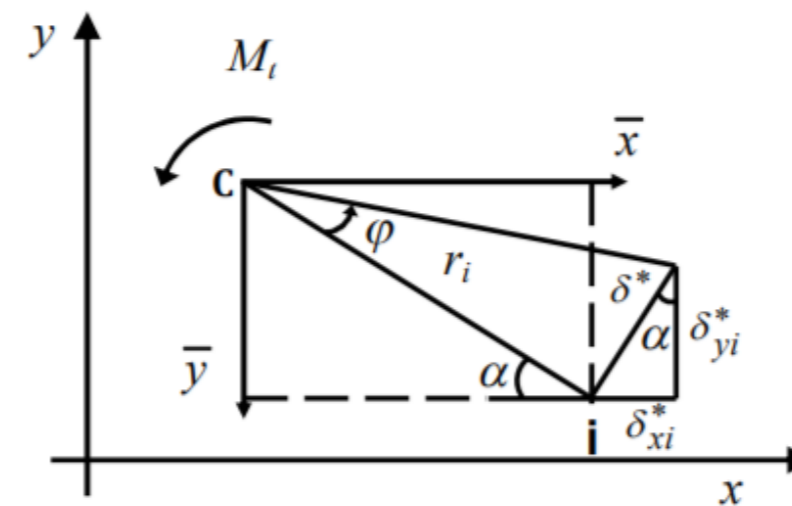


Fig. 4.38 Calcolo dello spostamento dovuto all'effetto del momento torcente applicato

avrà:

$$T_{xi}'' = M_t \frac{K_{xi} \bar{y}_i}{I_p}; \quad T_{yi}'' = M_t \frac{K_{yi} \bar{x}_i}{I_p}$$

Analogamente, se la forza sismica viene applicata parallelamente all'asse y, operando come fatto precedentemente, si avrà:

$$T_{xi}'' = M_t \frac{K_{xi} \bar{y}_i}{I_p}; \quad T_{yi}'' = M_t \frac{K_{yi} \bar{x}_i}{I_p}$$

Con I_p momento polare di inerzia calcolato tramite la seguente formula:

$$I_p = \sum_i (K_{xi} \bar{y}_i^2 + K_{yi} \cdot \bar{x}_i^2)$$

Anche in questo caso è stato calcolato il momento torcente per ogni singolo impalcato.

In conclusione quindi il taglio complessivo che nasce nei singoli setti per effetto dell'applicazione in G della forze F_x varrà:

$$R_{xi} = R'_{xi} + R''_{xi} \quad R_{yi} = R'_{yi}$$

Mentre il taglio dovuto all'applicazione in G della forza F_y vale:

$$R_{xi} = R''_{xi} \quad R_{yi} = R'_{yi} + R''_{yi}$$

Nelle pagine seguenti sono riportate le tabelle di calcolo, con i valori finali delle reazioni sui singoli setti per ogni singolo impalcato.

Baricentro geom.		Baricentro delle inerzie		Distanze tra baricentri		sollecitati rispetto fx sollecitati rispetto fy
XG	YG	XC	YG	dx	dy	
12,09395	20,18337	4,117742661	19,39426621	7,976203527	0,78910229	

N impalcato	fi sisma	h	tx, ty	Mt per Fy	mt per Fx	IP
1	370,768	4,5	2284,66	18222,95	1802,834	8,9E+08
2	634,014	4,5	1913,90	15265,63	1510,26	
Copertura	1279,88	5	1279,88	10208,61	1009,959	

Numero setto	b	h	lxx	lyy	x	y	ky	kx	Copertura		2		1	
									Ry traslazione	Rx traslazione	Ry traslazione	Rx traslazione	Rytraslazione	Rx traslazione
1	7	0,3	8,575	0,01575	21,15	24,65	1180343		70,0704072		104,7810744		125,0797101	
2	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	21,15		1180343		319,9707434		478,4741461		571,1661945
3	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	28,15		1180343		319,9707434		478,4741461		571,1661945
4	7	0,3	8,575	0,01575	14,15	24,65	1180343		70,0704072		104,7810744		125,0797101	
5	14	0,3	68,6	0,0315	4,75	14,15	9442743		560,5632576		838,2485949		1000,637681	
6	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	7,15		1180343		319,9707434		478,4741461		571,1661945
7	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	21,15		1180343		319,9707434		478,4741461		571,1661945
8	14	0,3	68,6	0,0315	0,15	14,15	9442743		560,5632576		838,2485949		1000,637681	
9	4,5	0,3	2,278125	0,010125	2,52	16,25	313582,3		18,61564389		27,83724607		33,22999587	

numero setto	b	h	lxx	lyy	x	y	Ky	kx	/X/	/Y/	AZIONE FY						
											Kx*/Y/^2+KY*	Copertura		2		1	
											/x/^2	R''x	R''Y	R''x	R''Y	R''x	R''Y
1	7	0,3	8,575	0,01575	21,15	24,65	1180343	2167,977	17,04	5,25	342786000,6	0,130492664	230,595036	0,195134609	344,8245	0,232937	411,6254
2	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	21,15	2167,977	1180343	13,54	1,75	4012258,694	2,969081951	0,042193857	35,4133179	0,503261	42,27374	0,600755
3	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	28,15	2167,977	1180343	13,54	8,75	90767460,01	14,84540976	0,042193857	177,0665895	0,503261	211,3687	0,600755
4	7	0,3	8,575	0,01575	14,15	24,65	1180343	2167,977	10,04	5,25	119040205,2	0,016360247	17,03404731	0,195134609	203,1713	0,232937	242,5305
5	14	0,3	68,6	0,0315	4,75	14,15	9442743	4335,953	0,64	5,25	3987257,249	0,032720495	8,686685481	0,390269218	103,6093	0,465874	123,6809
6	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	7,15	2167,977	1180343	1,58	12,25	177130614,8	20,78357366	0,004923655	247,8932253	0,058726	295,9162	0,070103
7	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	21,15	2167,977	1180343	1,58	1,75	3620212,192	2,969081951	0,004923655	35,4133179	0,058726	42,27374	0,070103
8	14	0,3	68,6	0,0315	0,15	14,15	9442743	4335,953	3,96	5,25	148196828,3	0,032720495	53,74886641	0,390269218	641,0822	0,465874	765,2754
9	4,5	0,3	2,278125	0,010125	2,52	16,25	313582,3	1393,699	1,66	3,15	877936,4925	0,006310381	0,748230911	0,075266206	8,924422	0,089847	10,6533

numero setto	b	h	lxx	lyy	x	y	Ky	kx	/X/	/Y/	AZIONE FX						
											Kx*/Y/^2+KY*/ /x/^2	Copertura		2		1	
											R"x	R"Y	R"x	R"Y	R"x	R"Y	
1	7	0,3	8,575	0,01575	21,15	24,65	1180343	2167,977	17,04	5,25	342786000,6	0,012909909	22,81324321	0,01930507	34,1142	0,023045	40,72295
2	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	21,15	2167,977	1180343	13,54	1,75	4012258,694	2,342909368	0,033295269	3,503512688	0,049789	4,182228	0,059434
3	0,3	7	0,01575	8,575	17,65	28,15	2167,977	1180343	13,54	8,75	90767460,01	11,71454684	0,033295269	17,51756344	0,049789	20,91114	0,059434
4	7	0,3	8,575	0,01575	14,15	24,65	1180343	2167,977	10,04	5,25	119040205,2	0,012909909	13,44160574	0,01930507	20,10015	0,023045	23,99404
5	14	0,3	68,6	0,0315	4,75	14,15	9442743	4335,953	0,64	5,25	3987257,249	0,025819818	6,854683407	0,03861014	10,25028	0,04609	12,236
6	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	7,15	2167,977	1180343	1,58	12,25	177130614,8	16,40036557	0,003885268	24,52458881	0,00581	29,2756	0,006935
7	0,3	7	0,01575	8,575	2,52	21,15	2167,977	1180343	1,58	1,75	3620212,192	2,342909368	0,003885268	3,503512688	0,00581	4,182228	0,006935
8	14	0,3	68,6	0,0315	0,15	14,15	9442743	4335,953	3,96	5,25	148196828,3	0,025819818	42,41335358	0,03861014	63,42359	0,04609	75,71028
9	4,5	0,3	2,278125	0,010125	2,52	16,25	313582,3	1393,699	1,66	3,15	877936,4925	0,004979536	0,590430725	0,007446241	0,882911	0,008889	1,053953

numero setto	Copertura		2		1	
	RX	RY	RX	Ry	RX	RY
1	0,130493	300,6654	0,195135	449,6056	0,232937	536,7051
2	322,3137	0,033295	481,9777	0,049789	575,3484	0,059434
3	331,6853	0,033295	495,9917	0,049789	592,0773	0,059434
4	0,01636	87,10445	0,195135	307,9523	0,232937	367,6102
5	0,03272	569,2499	0,390269	941,8578	0,465874	1124,319
6	336,3711	0,003885	502,9987	0,00581	600,4418	0,006935
7	322,3137	0,003885	481,9777	0,00581	575,3484	0,006935
8	0,03272	614,3121	0,390269	1479,331	0,465874	1765,913
9	0,00631	19,36387	0,075266	36,76167	0,089847	43,88329

4.10. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.

Si è visto, dunque, che ogni elemento che compone i nuclei di controvento contribuisce in maniera diversa ad assorbire le forze orizzontali, in base alla direzione della forza, alla posizione rispetto il baricentro di inerzia e quello delle masse, alla sua rigidezza e alle dimensioni della sezione. Dai calcoli eseguiti nei paragrafi precedenti, appare chiaro che la forza orizzontale agente lungo l'asse y produce un taglio alla base dell'incastro maggiore della stessa forza, ma diretta secondo la coordinata x poiché si produce un momento torcente non trascurabile. Inoltre il setto più sollecitato è quello che si trova più lontano dal baricentro delle inerzie, in quanto è applicato un momento torcente maggiore.

Si è scelto di riportare il dimensionamento del setto più sollecitato a taglio, ovvero il numero 8 nel caso di forze orizzontali dirette secondo l'asse y, dove l'azione di taglio agente alla base del setto è data dalla sovrapposizione della forza di traslazione e del momento torcente.

4.10.1. Pressoflessione

Le verifiche sono state condotte nel modo indicato per i pilastri nel paragrafo 7.4.4.2.2 della NTC08.

La sezione ipotizzata della parete è di 1400X30 cm, in accordo con i valori dell'area minima necessaria a soddisfare i carichi di compressione:²⁶

²⁶ Per l'analisi dei carichi si rimanda al § 4.2

$$A_{c_0} = N_{ed} / f_{cd} = 1414436,98 \text{ mm}^2 < 4200000 \text{ mm}^2,$$

Con A_{c_0} l'area minima e N_{ed} le forze assiali di compressione.

Nonostante la sezione ipotizzata sia maggiore della minima, si è deciso di non diminuire lo spessore della parete in modo da avere sufficiente spazio per posizionare i ferri dell'armatura interna longitudinale e trasversale.

Predimensionamento delle armature

Per predimensionare l'armatura, si è fatto riferimento alla normativa dove vengono indicati i valori minimi in base ai limiti geometrico, meccanico e tecnologico.

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad 1/10 dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato.

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza "confinata" l_c pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. l

In tale zona il rapporto geometrico ρ dell'armatura totale verticale e longitudinale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1\% < \rho < 4\%$$

Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due con un passo non superiore a 8 volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento ed attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra altezza ed larghezza della parete.

Nella rimanente parte della parete, in pianta ed in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,3%, per controllare la fessurazione da taglio.²⁷

²⁷ NTC 2008 Cap 7 § 7.4.6.2.4

Verifica allo stato limite di esercizio

Affinché il setto risulti verificato allo stato limite di esercizio si dovrà soddisfare la seguente relazione:

$$\sigma_c = N/A_{ie} \leq \sigma_{c,adm} = 0,6 \cdot f_{ck}$$

Dove:

- σ_c è la tensione nel calcestruzzo per la verifica della compressione in esercizio (per la combinazione caratteristica rara);
- A_{ie} è l'area ideale ragguagliata al calcestruzzo con il coefficiente convenzionale di omogeneizzazione $\alpha_e = 15$ per il calcolo elastico di esercizio.
- f_{ck} è la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo di valore 28 N/mm² per il calcestruzzo di tipo C28/35.

Si riporta la tabella di calcolo della verifica allo stato limite di esercizio:

Aie [mm ²]	N (kn)	σ_c [N/mm ²]	verifica SLE <0,6*fck
4554371,7	348,03	7,64171E-05	VERO
4305557,5	619,52	0,000143888	VERO
4406119,9	891,01	0,000202221	VERO

Tab. 4.25 Verifica allo stato limite di esercizio del setto numero 8

Inoltre una volta verificata la sezione allo stato di esercizio si è calcolato il rapporto fra compressione agente e compressione resistente:

$$v = N_{ed} / N_{rd} < 0.3$$

Ned [Kn]	Nrd [kn]	$\gamma = N_{rd}/n_{ed}$	$v = N_{ed}/N_{rd}$
487,86	70792,26	145,11	0,0069
896,67	70792,26	78,95	0,0127
1289,61	70792,26	54,89	0,0182

Tab. 4.26 Rapporto compressione agente e compressione resistente

Pertanto la verifica risulta soddisfatta

4.10.2. Taglio

Il diagramma dei momenti flettenti lungo l'altezza della parete è ottenuto per traslazione verso l'alto dell'involuppo del diagramma dei momenti derivante dall'analisi. L'involuppo è stato assunto lineare in quanto la struttura non presenta significative discontinuità in termini di massa, rigidità e resistenza lungo l'altezza. Si è proceduto, inoltre, al fine della verifica a calcolare l'altezza critica h_{cr} , come il valore più grande fra l'altezza utile della sezione di base della parete (l_w), un sesto dell'altezza della parete ($h_w/6$). Inoltre l'altezza critica non deve essere maggiore di due volte l'altezza del piano terra.

Quindi h_{cr} risulta essere pari a 2.30m

Il taglio alla base si ritiene soddisfatto se si incrementa del 50 % il taglio derivante dall'analisi.

Di seguito viene mostrato lo schema dell'involuppo delle forze di taglio agenti.

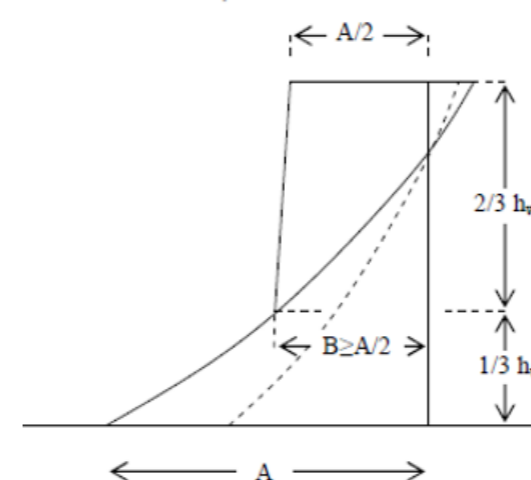


Fig. 4.39 Involuppo forze di taglio agenti

Per la struttura in esame la verifica è stata condotta nel modo indicato per i pilastri nel paragrafo 7.4.4.2.2 della NTC08.

Si riportano i valori del taglio incrementati del 50%:

	Tx	tx+50 %
copertura	614,31	921,47
2	1479,33	2219,00
1	1765,91	2648,87
0	1765,91	2648,87

Fig. 4.40 Valore del taglio incrementato del 50%

La verifica di resistenza (SLU) si pone con $V_{RD} > V_{ED}$, dove V_{RD} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

La resistenza al taglio della armatura si valuta con la formula seguente:

$$V_{rds} = 0,9 d \frac{A_{st}}{s} f_{yd} (\cotg \vartheta + \cotg \alpha) \sin \alpha$$

Dove si è posto:

- A_{sw} area dell'armatura trasversale;
- s interasse tra due armature trasversali consecutive;
- α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \times f_{cd}$);
- a_c coefficiente di accrescimento.

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\ctg \alpha + \ctg \theta) / (1 + \ctg^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite: $V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$.

Nel caso in esame è risultato minore V_{Rsd} e quindi si è usato tale valore per verificare la sezione. Essendo

V_{Rsd} pari a 6943,83 kN/m² nelle zone confinate e 6172,3 KN /mk² nelle zone non confinate, la sezione risulta ampiamente verificata.

4.10.3. Verifica della duttilità

Per la risoluzione della sezione si è impiegato il programma PARETI di cui si riportano i risultati.

Si Sono inseriti i dati come riporta l'immagine seguente:

Dati

Geometria

Altezza h_w [m]

Larghezza l_w [m]

Spessore b_w [m]

Parete con teste a martello

Spessore martello b_m [m]

Normativa di riferimento

Normativa

Duttilità

Classe di duttilità

Fattore di struttura adottato

Materiali

Calcestruzzo R_{ck} [MPa]

Acciaio

Copriferro c [cm]

Fig. 4.41 Dati di input per la verifica della sezione

Nelle immagini poste a lato si possono osservare lo schema della sezione avente solo armatura longitudinale e trasversale, la posizione dell'asse neutro, e il dominio di rottura.

Nella tabella sottostante invece sono riportati i risultati ottenuti, che come si può osservare risultano rispettare i limiti imposti dalla normativa NTC 2008.

Inoltre il punto risulta essere all'interno del dominio, pertanto la parete assume un comportamento duttile.

Risultati

Zona critica e snellezza parete

Altezza critica h_{cr} [m]

Lunghezza zona confinata l_c [m]

Snellezza parete h_w/l_w

Tipo di parete

Scorrimento al piede

Taglio sollecit. di progetto	V_{Ed} [kN]	<input type="text" value="14077"/>	A_{si} [cm ²]	<input type="text" value="5849"/>
Taglio resistente	$V_{Rd,S}$ [kN]	<input type="text" value="59361"/>	A_{si} [cm ²]	<input type="text" value="n.d."/>
- effetto spinotto	V_{dd} [kN]	<input type="text" value="56508"/>	ξ	<input type="text" value="0.17"/>
- armature inclinate	V_{id} [kN]	<input type="text" value="n.d."/>	z [m]	<input type="text" value="8.14"/>
- attrito alla base	V_{fd} [kN]	<input type="text" value="2852"/>	η	<input type="text" value="0.54"/>
Coefficiente di sicurezza	ψ	<input type="text" value="4.21"/>		

Fig. 4.42 Schermata dei risultati



Fig. 4.43 Diagrammi taglio, momento, e forza assiale della parete.

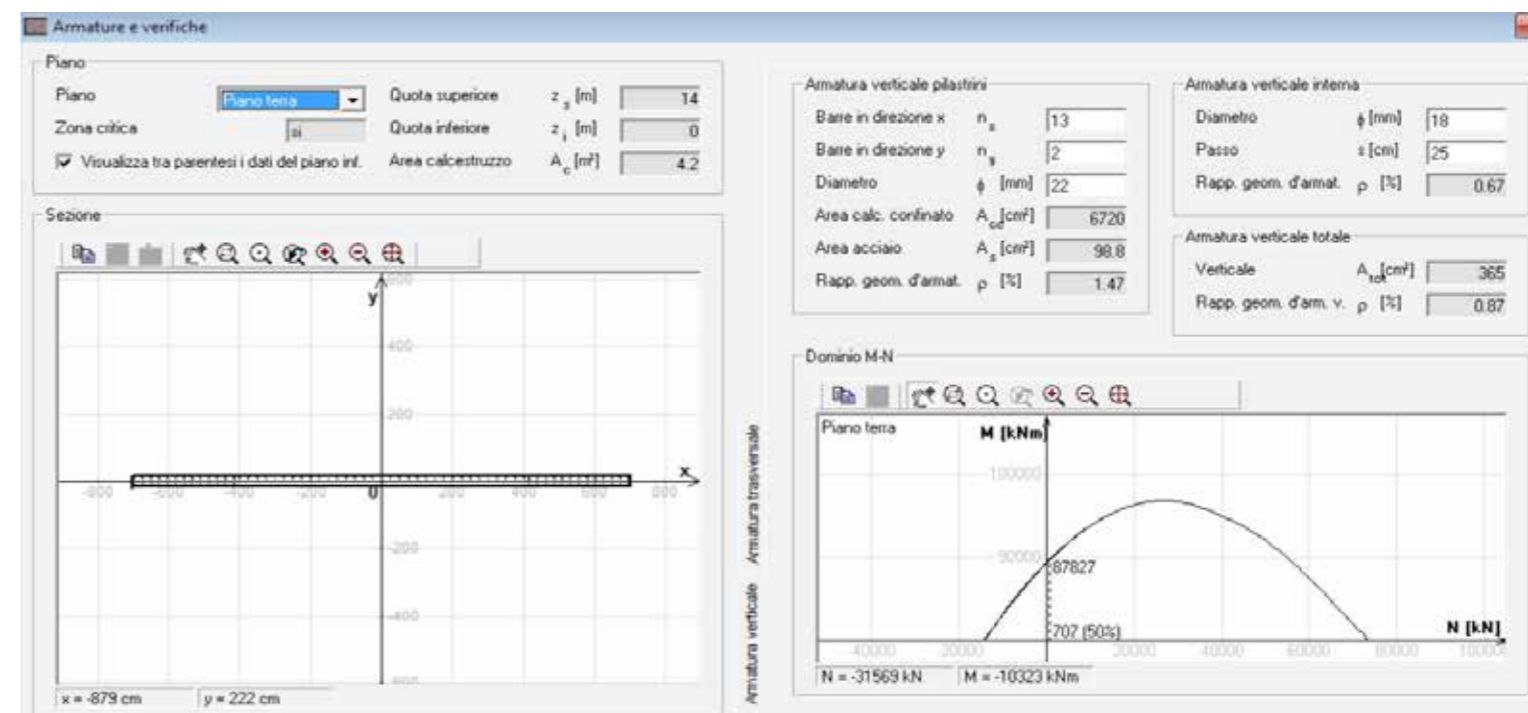
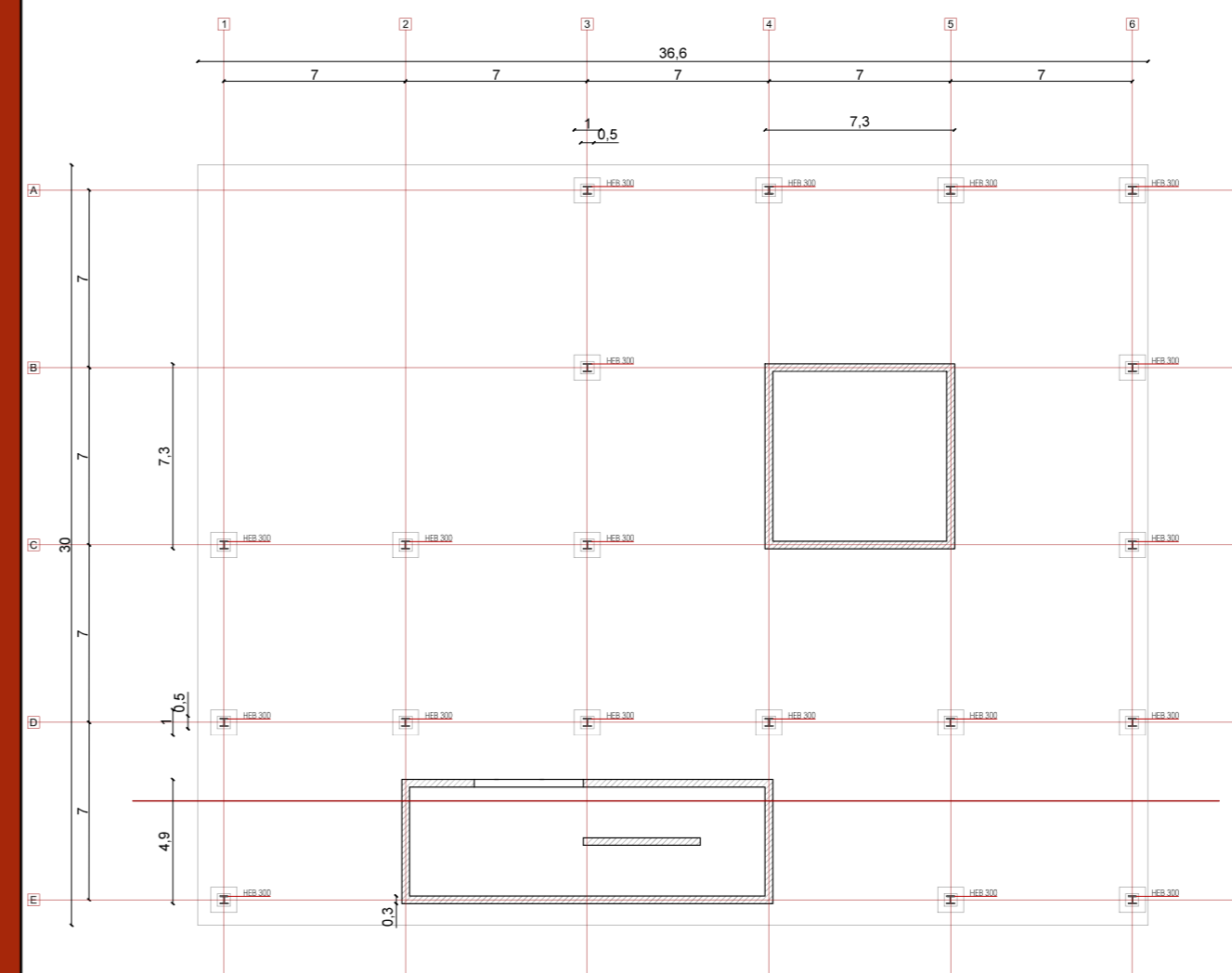


Fig. 4.44 Sezione orizzontale della parete a sinistra; dominio M-N a destra



IN ALTO:

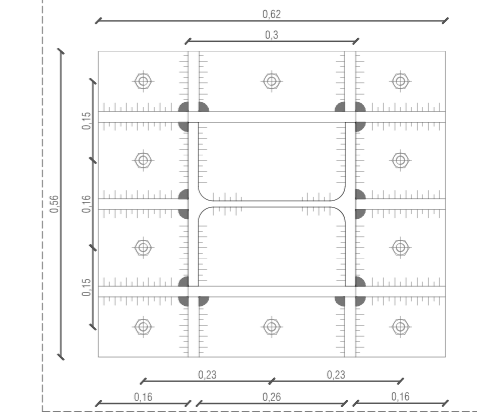
SEZIONE ORIZZONTALE PIASTRA FONDAZIONE - SCALA 1:200

A DESTRA:

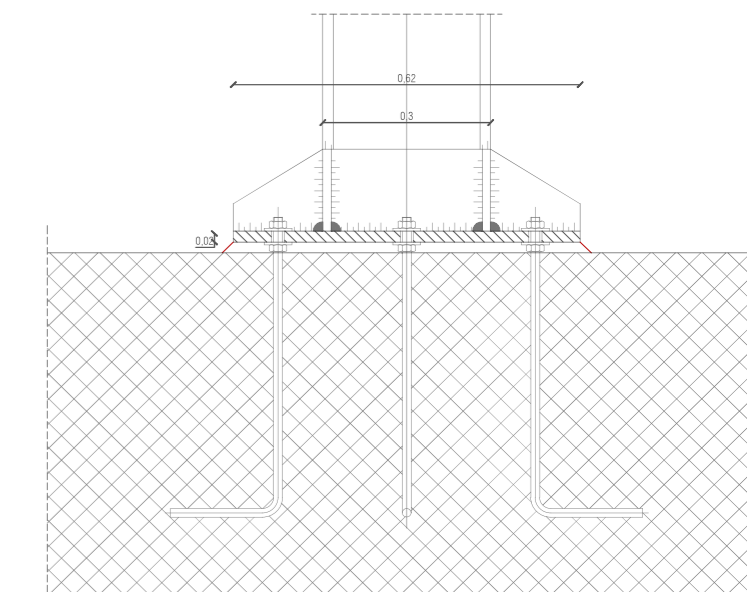
DETTAGLIO : SEZIONE ORIZZONTALE NODO PILASTRO IN ACCIAIO
PLINTO DI FONDAZIONE - SCALA 1:10

DETTAGLIO 2: SEZIONE VERTICALE NODO PILASTRO IN ACCIAIO
PLINTO DI FONDAZIONE - SCALA 1:10

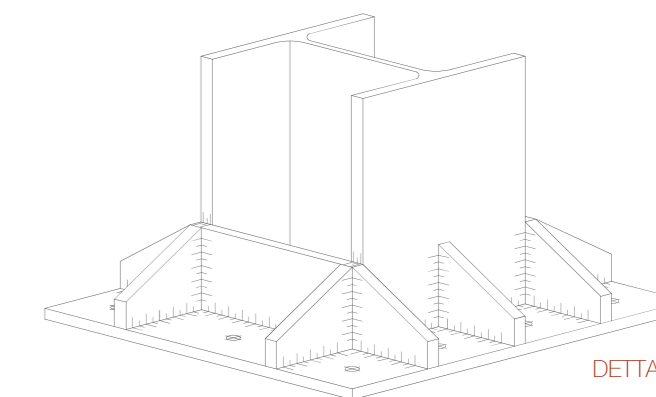
DETTAGLIO 3: ASSONOMETRIA NODO PILASTRO IN ACCIAIO PLINTO
DI FONDAZIONE - SCALA: NON DEFINITA



DETTAGLIO 1

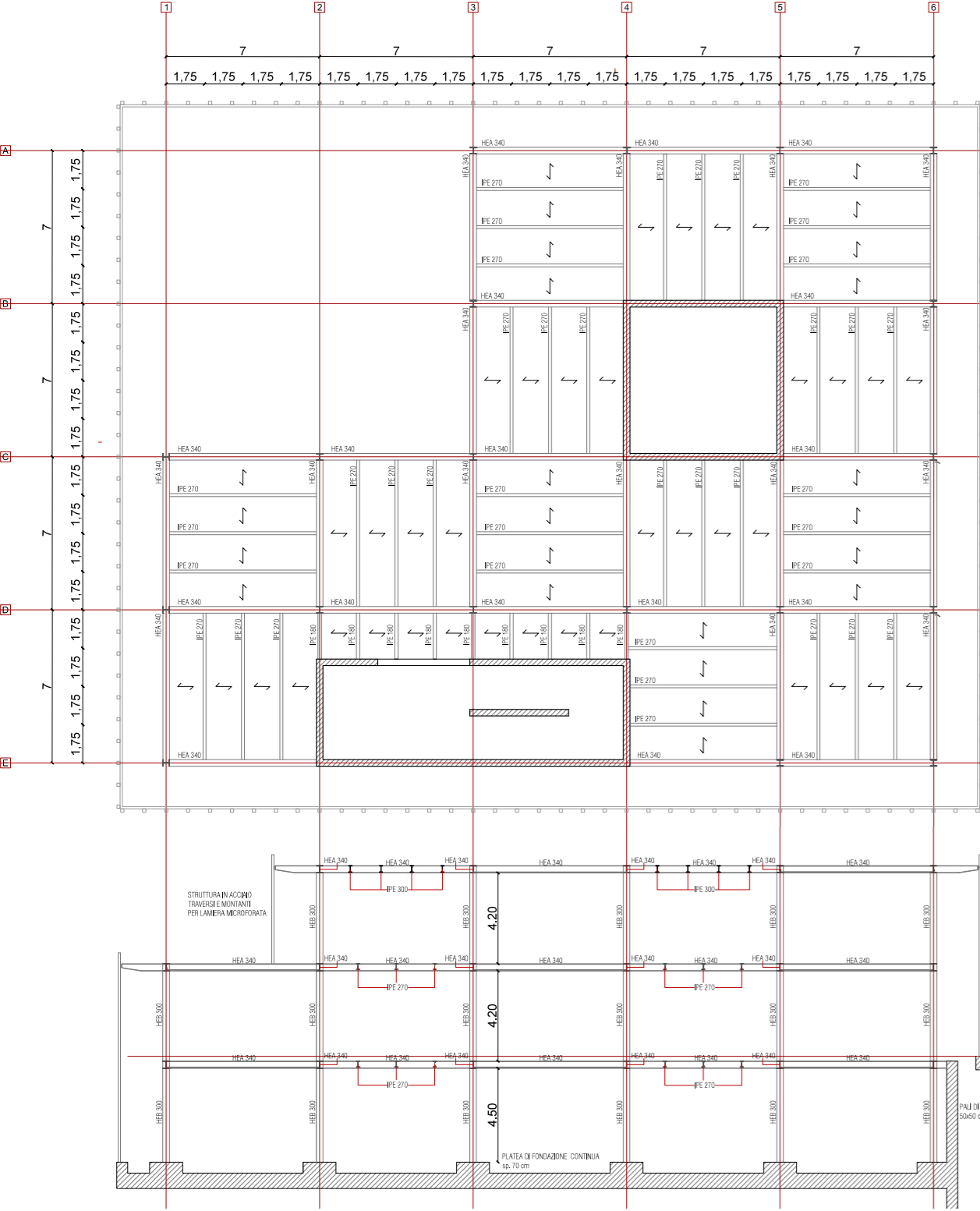


DETTAGLIO 2



DETTAGLIO 3

Fig. 4.45 Nelle pagine seguenti: tavole dettagli strutturali - Scala: Adattate



PRESCRIZIONE MATERIALI

ELEMENTI TELAIO	CLASSE	f_{yk} [MPa]	f_{uk} [MPa]
TRAVI E PILASTRI	S 275	275	430
BULLONI	8.8 M16	275	430
SALDATURE	UNI 5132	--	--

ELEMENTI CONTROVENTI IN C.A.		
ACCIAIO	Barre di aderenza migliorata	B450C
CALCESTRUZZO	Classe di calcestruzzo	C28/35
	Cemento	32.5N
	Consistenza	S4
	d max aggregati	30
	Esposizione	XC3
	Max rapporto a/c	0,55

IMPLACATI

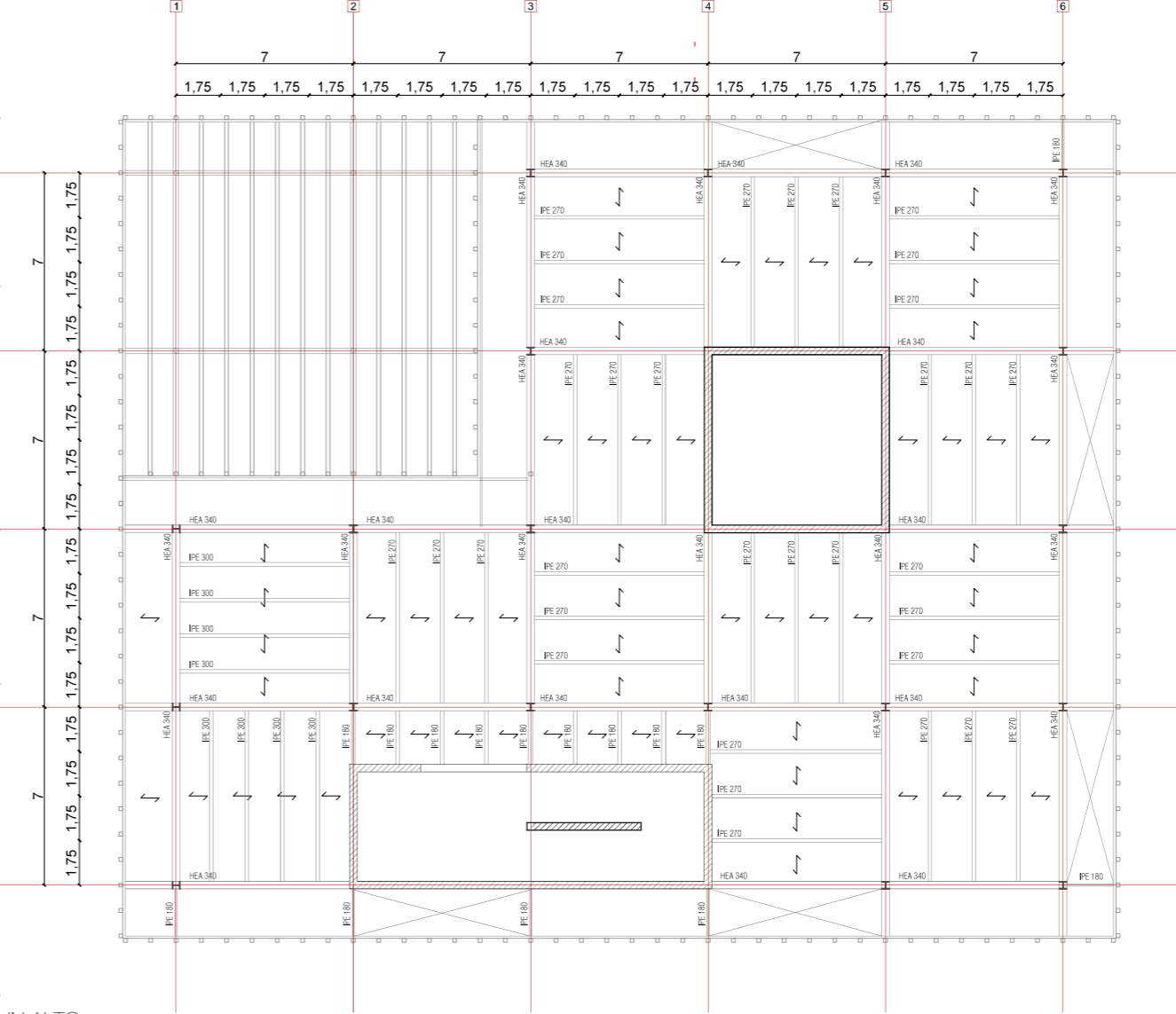
PIANO UNO E DUE H=80 mm	G_1	1,15 KN
	G_2	1,27 KN
	$G_1 + G_2$	2,42 KN
	Q_{K1}	3,00 KN
	Q_{TOT}	7,48 KN

STRATIGRAFIA A SECCO CON ALLEGGERIMENTO PAVILECA		
STRATO DI IRRIGIDIMENTO PAVILAstra		

COPERTURA H=90mm	G_1	0,79 KN
	G_2	2,40 KN
	$G_1 + G_2$	3,19 KN
	Q_{K1}	4,00 KN
	Q_{K2}	0,80 KN
	Q_{TOT}	11,18 KN

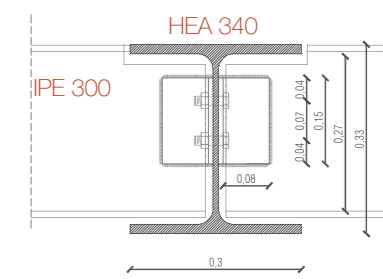
IN ALTO A SINISTRA
SEZIONE ORIZZONTALE IMPALCATO 1 - SCALA 1:200

IN BASSO A SINISTRA:
SEZIONE VERTICALE STRUTTURALE - SCLA:1:200

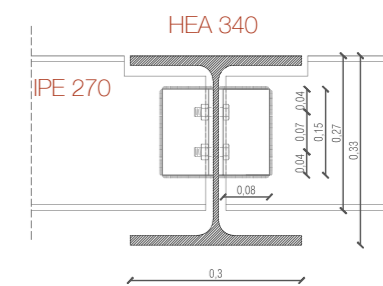
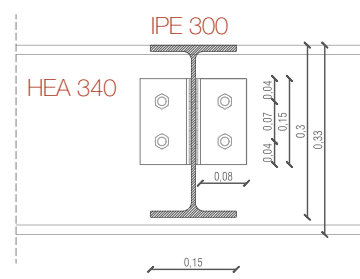


IN ALTO:
SEZIONE ORIZZONTALE IMPALCATO 2 - SCALA 1:200

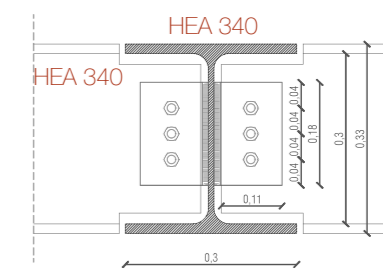
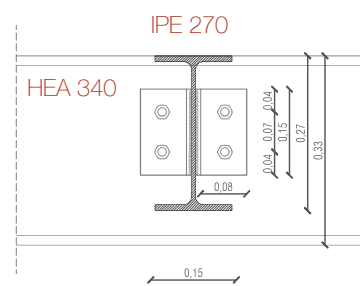
A DESTRA:
DETTAGLIO 1: SEZIONE VERTICALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE SECONDARIA IN COPERTURA - SCALA 1:10
DETTAGLIO 2: SEZIONE VERTICALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE SECONDARIA NEGLI IMPALCATI - SCALA 1:10
DETTAGLIO 3: SEZIONE VERTICALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE PRINCIPALE - SCALA 1:10



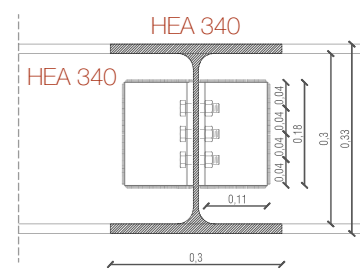
DETTAGLIO 1

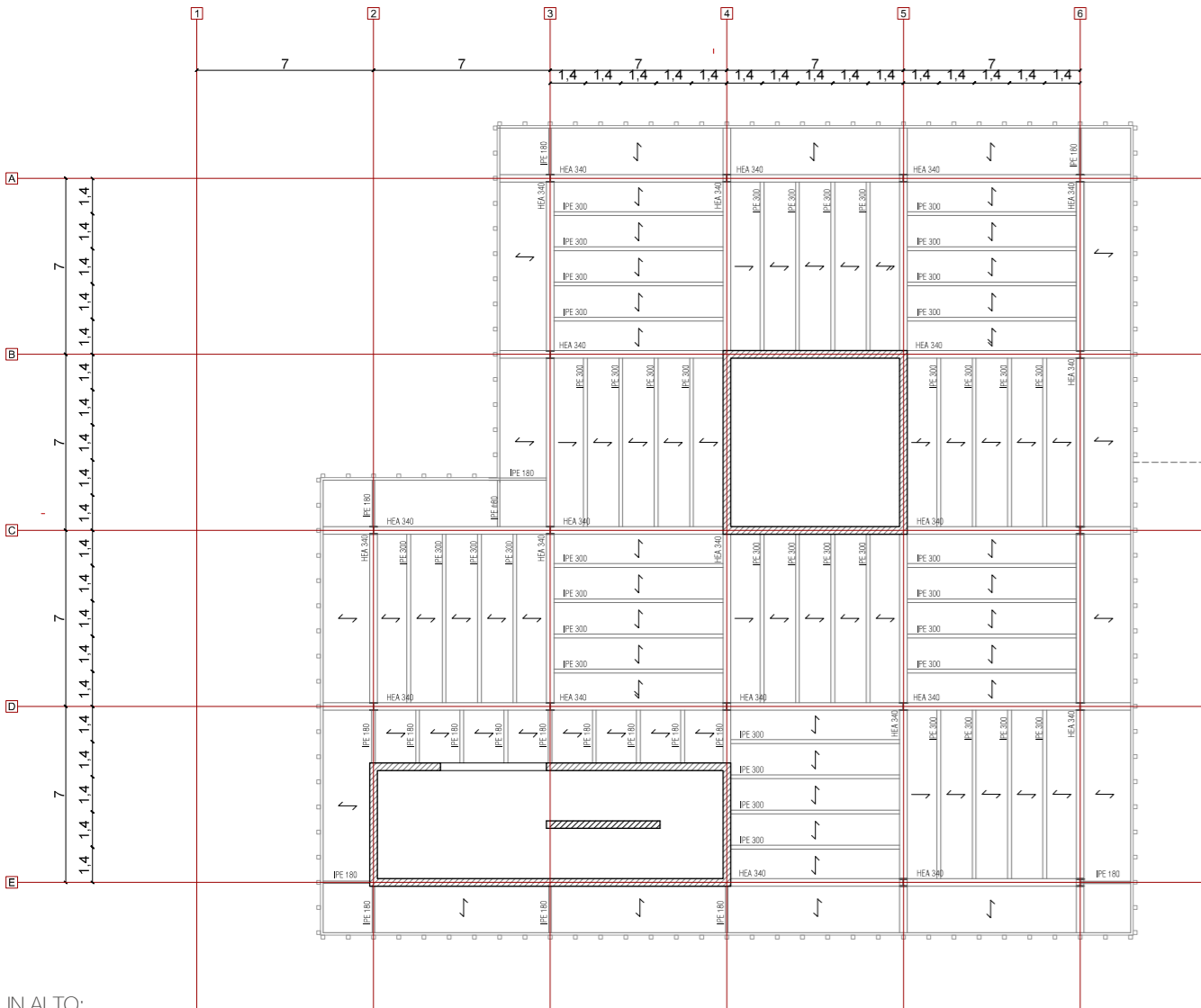


DETTAGLIO 2



DETTAGLIO 3



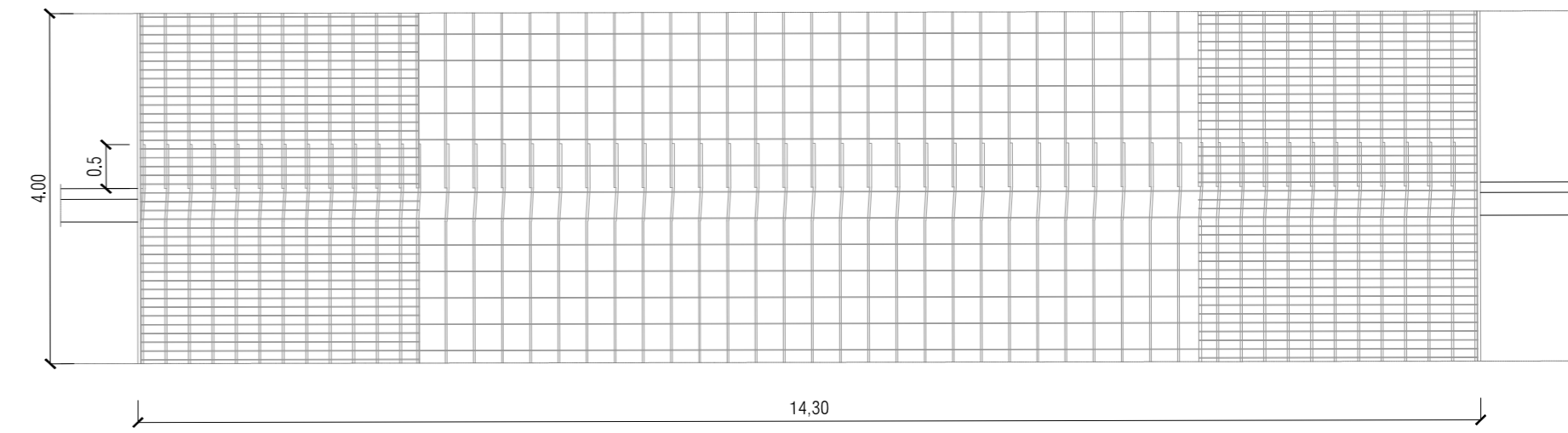
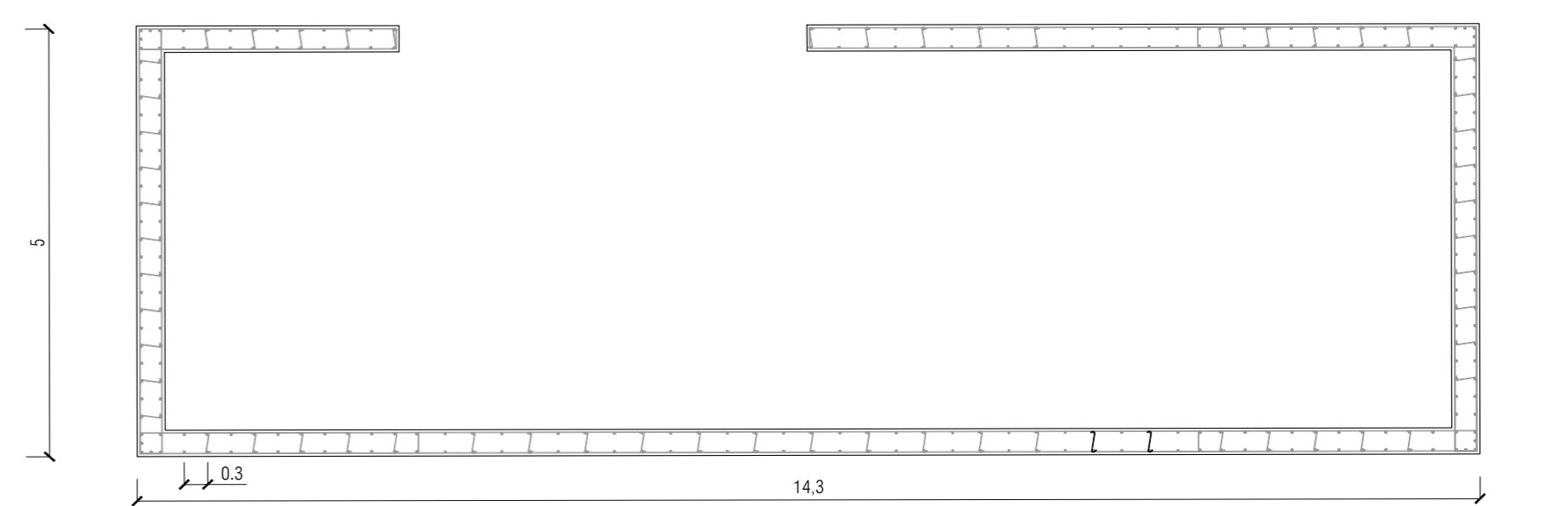
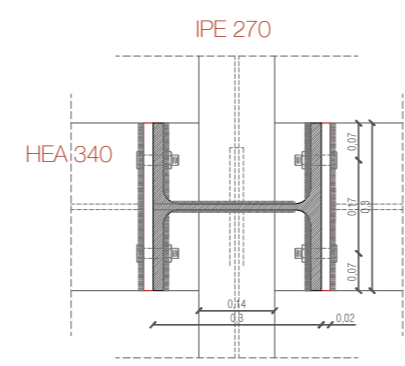
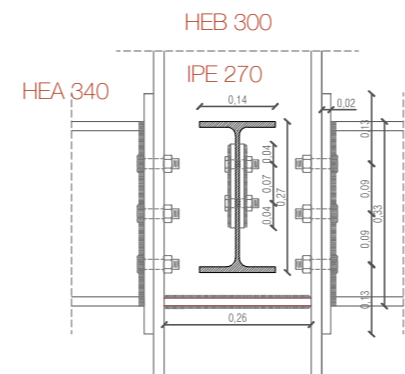
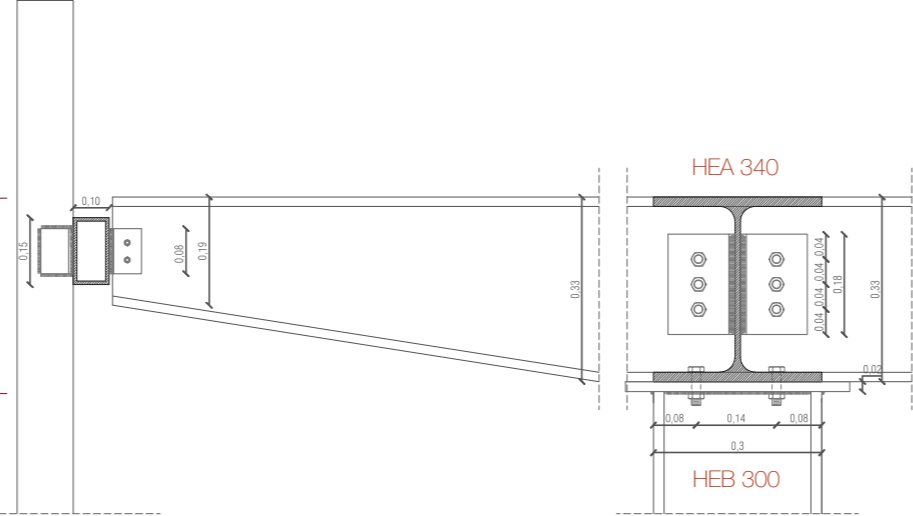


IN ALTO:
SEZIONE ORIZZONTALE IMPALCATO COPERTURA - SCALA 1:200

A DESTRA:
DETTAGLIO 1: SEZIONE VERTICALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE SECONDARIA PILASTRO IN COPERTURA - SCALA 1:10

DETTAGLIO 2: SEZIONE VERTICALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE SECONDARIA PILASTRO NEGLI IMPALCATI - SCALA 1:10

DETTAGLIO 3: SEZIONE ORIZZONTALE NODO TRAVE PRINCIPALE TRAVE SECONDARIA PILASTRO - SCALA 1:10



IN ALTO:
SEZIONE ORIZZONTALE VANO CONTROVENTO - SCALA 1:50
IN BASSO
SEZIONE TRASVERSALE VANO CONTROVENTO - SCALA 1:50

4.11. ANALISI FEM

Al fine di eseguire una valutazione più completa della struttura si è deciso di realizzare un'analisi ad elementi finiti utilizzando il software di calcolo sismicad.

Tramite una griglia geometrica definita mesh, il metodo FEM suddivide il modello geometrico in tanti piccoli elementi di facile calcolo. La soluzione finale viene trovata dal sistema "sommando" tutte le soluzioni parziali calcolate per ogni elemento.

A fronte delle condizioni al contorno applicate, un'analisi FEM permette di ricavare spostamenti, deformazioni e tensioni presenti in un sistema strutturale.

4.11.1. Descrizione del software

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

4.11.2. Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidezza finita. I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcati infinitamente rigidi. Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare

e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente. Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura. Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità: - travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidezza assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione.

- Le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito;
- Le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati;
- Le pareti in muratura possono essere schematizzate con elementi lastra-piastra con spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore della membrana.
- I plinti su suolo alla Winkler sono modellati con la introduzione di molle verticali elastoplastiche.
- La traslazione orizzontale a scelta dell'utente è bloccata o gestita da molle orizzontali di modulo di reazione propor-

zionale al verticale.

- I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente.
- Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti.
- I plinti su pali sono modellati attraverso aste di rigidezza elevata che collegano un punto della struttura in elevazione con le aste che simulano la presenza dei pali;
- Le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.
- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio.
- I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.
- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmettono una quota di ciò che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.
- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.- Il

calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica non lineare, in accordo alle varie normative adottate. Le masse, nel caso di impalcati dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

4.11.3. Verifiche delle membrature in cemento armato

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14-1-92) o agli stati limite in accordo al D.M. 09-01-96, al D.M. 14-01-08 o secondo Eurocodice 2. Le travi sono progettate e verificate a flessione retta e taglio; a richiesta è possibile la verifica per le sei componenti della sollecitazione. I pilastri ed i pali sono verificati per le sei componenti della sollecitazione. Per gli elementi bidimensionali giacenti in un medesimo piano è disponibile la modalità di verifica che consente di analizzare lo stato di verifica nei singoli nodi degli elementi. Nelle verifiche (a presso flessione e punzonamento) è ammessa la introduzione dei momenti di calcolo modificati in base alle direttive dell'EC2, Appendice A.2.8. I plinti superficiali sono verificati assumendo lo schema statico di mensole con incastri posti a filo o in asse pilastro. Gli ancoraggi delle armature delle membrature in c.a. sono calcolati sulla base della effettiva tensione normale che ogni barra assume nella sezione di verifica distinguendo le zone di ancoraggio in zone di buona o cattiva aderenza. In particolare il programma valuta la tensione normale che ciascuna barra può assumere in una sezione

sviluppando l'aderenza sulla superficie cilindrica posta a sinistra o a destra della sezione considerata; se in una sezione una barra assume per effetto dell'aderenza una tensione normale minore di quella ammissibile, il suo contributo all'area complessiva viene ridotto dal programma nel rapporto tra la tensione normale che la barra può assumere per effetto dell'aderenza e quella ammissibile. Le verifiche sono effettuate a partire dalle aree di acciaio equivalenti così calcolate che vengono evidenziate in relazione. A seguito di analisi inelastiche eseguite in accordo a OPCM 3431 o D.M. 14-01-08 vengono condotte verifiche di resistenza per i meccanismi fragili (nodi e taglio) e verifiche di deformabilità per i meccanismi duttili.

4.11.4. Verifiche delle membrature in acciaio

Le verifiche delle membrature in acciaio possono essere condotte secondo CNR 10011 (stato limite o tensioni ammissibili), CNR 10022, D.M. 14-01-08 o Eurocodice 3. Sono previste verifiche di resistenza e di instabilità. Queste ultime possono interessare superelementi cioè membrature composte di più aste. Le verifiche tengono conto, ove richiesto, della distinzione delle condizioni di carico in normali o eccezionali (I e II) previste dalle normative adottate.

4.11.5. Preferenze di analisi

Metodo di analisi	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Tipo di costruzione	2
Vn	50
Classe d'uso	II
Vr	50
Tipo di analisi	Lineare dinamica
Località	Izmit, kocaeli, Turchia 44'
Zona sismica	paragonabile alla Zona 1
Categoria del suolo	C - sabbie ed argille medie
Categoria topografica	T1
Ss orizzontale SLD	1.5
Tb orizzontale SLD	0.162 [s]
Tc orizzontale SLD	0.485 [s]
Td orizzontale SLD	1.828 [s]
Ss orizzontale SLV	1.48
Tb orizzontale SLV	0.172 [s]
Tc orizzontale SLV	0.517 [s]
Td orizzontale SLV	2.224 [s]
Ss verticale	1
Tb verticale	0.05 [s]
Tc verticale	0.15 [s]
Td verticale	1 [s]
St	1
PVr SLD (%)	63
Tr SLD	50
Ag/g SLD	0.057
Fo SLD	2.342
Tc* SLD	0.316

PVr SLV (%)	10
Tr SLV	475
Ag/g SLV	0.1559
Fo SLV	2.391
Tc* SLV	0.347
Smorzamento viscoso (%)	5
Classe di duttilità	CD"B"
Rotazione del sisma	0[deg]
Quota dello '0' sismico	0[cm]
Regolarità in pianta	Si
Regolarità in elevazione	Si
Edificio acciaio	Si
Tipologia acciaio	q ₀ =4.0
Edificio esistente	No
Altezza costruzione	1040 [cm]
C1	0.085
T1	0.425 [s]
Lambda	SLD 0.85
Lambda	SLV 0.85
Lambda verticale	1
Torsione accidentale semplificata	No
Torsione accidentale per piani (livelli e falde) flessibili	No
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Fondazione"	0 [cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Fondazione"	0 [cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "1 Impalcato"	175 [cm]

Eccentricità Y (per sisma X) livello "1 Impalcato"	140	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "2 impalcato"	185	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "2 impalcato"	140	[cm]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "3 impalcato"	161	[cm]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "3 impalcato"	161	[cm]
Limite spostamenti interpiano	0.005	
Moltiplicatore sisma X per combinazioni di default	1	
Moltiplicatore sisma Y per combinazioni di default	1	
Fattore di struttura per sisma X	4	
Fattore di struttura per sisma Y	4	
Fattore di struttura per sisma Z	1.5	
Coefficiente di sicurezza portanza fondazioni superficiali	2.3	
Coefficiente di sicurezza scorrimento fondazioni superficiali	1.1	

4.11.6. Preferenze di verifica

4.11.6.1. Normative di verifiche in uso

Norma di verifica	D.M. 14-01-08 (N.T.C.)
Cemento armato	Preferenze analisi di verifica allo stato limite
Acciaio	Preferenze di verifica acciaio EC3
Alluminio	Preferenze di verifica alluminio EC3

4.11.6.2. Normative verifiche ca

Coefficiente di omogeneizzazione	15
γ_s (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15
γ_c (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione rara	0.6
Limite σ_c/f_{ck} in combinazione quasi permanente	0.45
Limite σ_f/f_{yk} in combinazione rara	0.8
Coefficiente di riduzione della τ per cattiva aderenza	0.7
Dimensione limite fessure w1 §4.1.2.2.4.1	0.02[cm]
Dimensione limite fessure w2 §4.1.2.2.4.1	0.03[cm]
Dimensione limite fessure w3 §4.1.2.2.4.1	0.04[cm]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	No
Copriferro secondo EC2	No

4.11.6.3. Normative verifiche acciaio

γ_{m0}	1.05
γ_{m1}	1.05
γ_{m2}	1.25
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7
Calcolo coefficienti C1, C2, C3 per M _{cr}	automatico
Coefficienti α , β per flessione deviata	unitari
Verifica semplificata conservativa	si
L/e0 iniziale per profili accoppiati compressi	500
Metodo semplificato formula (4.2.76)	si
Escludi 6.2.6.7 e 6.2.6.8 in 7.5.4.4 e 7.5.4.6	si
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si
Riduzione f _y per sezioni di classe 4	no
Effettua la verifica secondo 6.2.8 con irrigidimenti superiori (piastra di base).	si
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002

4.11.6.4. Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	80 [cm]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	80[cm]
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli

Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento non utilizzato
Metodo P-Delta	non utilizzata
Analisi buckling	4.99 [deg]
Tolleranza di parallelismo	10 [cm]
Tolleranza di unicità punti	1 [cm]
Tolleranza generazione nodi di aste	4.99 [deg]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4 [cm]
Tolleranza generazione nodi di gusci	100 [cm]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	No
Considera deformazione a taglio delle piastre	Gusci
Modello elastico pareti in muratura	No
Concentra masse pareti nei vertici	Analisi statica
Segno risultati analisi spettrale	

4.11.6.5. Preferenze analisi carichi superficiali

Detrazione peso proprio solai nelle zone di sovrapposizione	non applicata
Metodo di ripartizione	zone d'influenza
Percentuale carico calcolato a trave continua	0
Esegui smoothing diagrammi di carico	applicata
Tolleranza smoothing altezza trapezi	0.00001 [kN/cm]
Tolleranza smoothing altezza media trapezi	0.00001 [kN/cm]

4.11.6.6. Preferenze del suolo

Fondazioni non modellate e struttura bloccata alla base	no	
Fondazioni bloccate orizzontalmente	si	
Considera peso sismico delle fondazioni	no	
Fondazioni superficiali e profonde su suolo elastoplastico	no	
Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)	0.01 [kN/cm ³]	
Rapporto di coefficiente sottofondo orizzontale/verticale	0.5	
Pressione verticale limite sul terreno per abbassamento (default)	0.1 [kN/cm ²]	
Pressione verticale limite sul terreno per innalzamento (default)	0.00001 [kN/cm ²]	
Metodo di calcolo della K verticale	Vesic	
Metodo di calcolo della portanza e della pressione limite	Vesic	
Terreno laterale di riporto da piano posa fondazioni (default)	Terreno sabbioso	
Pressione per verifica schiacciamento fondazioni superficiali	0.06 [kN/cm ²]	
Calcola cedimenti fondazioni superficiali	no	
Spessore massimo strato	300 [cm]	
Profondità massima	1500 [cm]	
Cedimento assoluto ammissibile	5 [cm]	
Cedimento differenziale ammissibile	5 [cm]	
Cedimento relativo ammissibile	5 [cm]	
Rapporto di inflessione F/L ammissibile	0.003333	
Rotazione rigida ammissibile	0.191 [deg]	

Rotazione assoluta ammissibile	0.191 [deg]
Distorsione positiva ammissibile	0.191 [deg]
Distorsione negativa ammissibile	0.095 [deg]
Condizione per la valutazione della spinta su pareti	Lungo termine
Considera l'azione sismica del terreno anche su pareti sotto lo zero sismico	no
Trascura la coesione efficace in verifica allo scorrimento	si

4.11.6.7. Combinazioni di carico

Di seguito sono riportate le tabelle delle combinazioni di carico adottate.

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt
1	SLU 1	1	0	0	0	0	0
2	SLU 2	1	0	0	0	1.5	0
3	SLU 3	1	0	0	1.5	0	0
4	SLU 4	1	0	0	1.5	0.75	0
5	SLU 5	1	0	1.05	0	1.5	0
6	SLU 6	1	0	1.05	1.5	0	0
7	SLU 7	1	0	1.05	1.5	0.75	0
8	SLU 8	1	0	1.5	0	0	0
9	SLU 9	1	0	1.5	0	0.75	0
10	SLU 10	1	1.5	0	0	0	0
11	SLU 11	1	1.5	0	0	1.5	0
12	SLU 12	1	1.5	0	1.5	0	0
13	SLU 13	1	1.5	0	1.5	0.75	0
14	SLU 14	1	1.5	1.05	0	1.5	0
15	SLU 15	1	1.5	1.05	1.5	0	0
16	SLU 16	1	1.5	1.05	1.5	0.75	0
17	SLU 17	1	1.5	1.5	0	0	0
18	SLU 18	1	1.5	1.5	0	0.75	0
19	SLU 19	1.3	0	0	0	0	0
20	SLU 20	1.3	0	0	0	1.5	0
21	SLU 21	1.3	0	0	1.5	0	0
22	SLU 22	1.3	0	0	1.5	0.75	0
23	SLU 23	1.3	0	1.05	0	1.5	0
24	SLU 24	1.3	0	1.05	1.5	0	0
25	SLU 25	1.3	0	1.05	1.5	0.75	0
26	SLU 26	1.3	0	1.5	0	0	0
27	SLU 27	1.3	0	1.5	0	0.75	0
28	SLU 28	1.3	1.5	0	0	0	0
29	SLU 29	1.3	1.5	0	0	1.5	0
30	SLU 30	1.3	1.5	0	1.5	0	0
31	SLU 31	1.3	1.5	0	1.5	0.75	0
32	SLU 32	1.3	1.5	1.05	0	1.5	0
33	SLU 33	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0
34	SLU 34	1.3	1.5	1.05	1.5	0.75	0
35	SLU 35	1.3	1.5	1.5	0	0	0
36	SLU 36	1.3	1.5	1.5	0	0.75	0

Tab. 4.27 Combinazione di carico SLU

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	1	0
3	SLE RA 3	1	1	0	1	0	0
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0.5	0
5	SLE RA 5	1	1	0.7	0	1	0
6	SLE RA 6	1	1	0.7	1	0	0
7	SLE RA 7	1	1	0.7	1	0.5	0
8	SLE RA 8	1	1	1	0	0	0
9	SLE RA 9	1	1	1	0	0.5	0

Tab. 4.28 Combinazione di carico SLE RARA

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0.6	0	0	0

Tab. 4.29 Combinazione di carico SLE QUASI PERMANENTE

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0.2	0
3	SLE FR 3	1	1	0.6	0	0.2	0
4	SLE FR 4	1	1	0.7	0	0	0

Tab. 4.30 Combinazione di carico SLE FREQUENTE

Nome	Nome breve	R Ux	R Uy	R Rz
Rig. Ux+	CRTFP Ux+	1	0	0
Rig. Ux-	CRTFP Ux-	-1	0	0
Rig. Uy+	CRTFP Uy+	0	1	0
Rig. Uy-	CRTFP Uy-	0	-1	0
Rig. Rz+	CRTFP Rz+	0	0	1
Rig. Rz-	CRTFP Rz-	0	0	-1

Fig. 4.46 Calcolo rigidità torsionale

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt	X SLD
1	SLD 1	1	1	0.6	0	0	0	-1
2	SLD 2	1	1	0.6	0	0	0	-1
3	SLD 3	1	1	0.6	0	0	0	-1
4	SLD 4	1	1	0.6	0	0	0	-1
5	SLD 5	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
6	SLD 6	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
7	SLD 7	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
8	SLD 8	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
9	SLD 9	1	1	0.6	0	0	0	0.3
10	SLD 10	1	1	0.6	0	0	0	0.3
11	SLD 11	1	1	0.6	0	0	0	0.3
12	SLD 12	1	1	0.6	0	0	0	0.3
13	SLD 13	1	1	0.6	0	0	0	1
14	SLD 14	1	1	0.6	0	0	0	1
15	SLD 15	1	1	0.6	0	0	0	1
16	SLD 16	1	1	0.6	0	0	0	1

Nome	Nome breve	Y SLD	Z SLD	EY SLD	EX SLD	Tr x SLD	Tr y SLD	Tr z SLD
1	SLD 1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLD 2	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLD 3	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLD 4	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLD 5	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLD 6	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLD 7	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLD 8	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLD 9	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLD 10	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLD 11	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLD 12	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLD 13	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLD 14	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLD 15	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLD 16	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

Tab. 4.31 Combinazione di carico SLU ECCEZIONALE

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt	X SLV
1	SLV 1	1	1	0.6	0	0	0	-1
2	SLV 2	1	1	0.6	0	0	0	-1
3	SLV 3	1	1	0.6	0	0	0	-1
4	SLV 4	1	1	0.6	0	0	0	-1
5	SLV 5	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
6	SLV 6	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
7	SLV 7	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
8	SLV 8	1	1	0.6	0	0	0	-0.3
9	SLV 9	1	1	0.6	0	0	0	0.3
10	SLV 10	1	1	0.6	0	0	0	0.3
11	SLV 11	1	1	0.6	0	0	0	0.3
12	SLV 12	1	1	0.6	0	0	0	0.3
13	SLV 13	1	1	0.6	0	0	0	1
14	SLV 14	1	1	0.6	0	0	0	1
15	SLV 15	1	1	0.6	0	0	0	1
16	SLV 16	1	1	0.6	0	0	0	1

Nome	Nome breve	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Tr y SLV	Tr z SLV
1	SLV 1	-0.3	0	-1	0.3	-1	-0.3	0
2	SLV 2	-0.3	0	1	-0.3	-1	-0.3	0
3	SLV 3	0.3	0	-1	0.3	-1	0.3	0
4	SLV 4	0.3	0	1	-0.3	-1	0.3	0
5	SLV 5	-1	0	-0.3	1	-0.3	-1	0
6	SLV 6	-1	0	0.3	-1	-0.3	-1	0
7	SLV 7	1	0	-0.3	1	-0.3	1	0
8	SLV 8	1	0	0.3	-1	-0.3	1	0
9	SLV 9	-1	0	-0.3	1	0.3	-1	0
10	SLV 10	-1	0	0.3	-1	0.3	-1	0
11	SLV 11	1	0	-0.3	1	0.3	1	0
12	SLV 12	1	0	0.3	-1	0.3	1	0
13	SLV 13	-0.3	0	-1	0.3	1	-0.3	0
14	SLV 14	-0.3	0	1	-0.3	1	-0.3	0
15	SLV 15	0.3	0	-1	0.3	1	0.3	0
16	SLV 16	0.3	0	1	-0.3	1	0.3	0

Tab. 4.32 Combinazione di carico SLV

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile C	Variabile H	Neve	Dt	X SLV
1	SLV FO 1	1	1	0.6	0	0	0	-1.1
2	SLV FO 2	1	1	0.6	0	0	0	-1.1
3	SLV FO 3	1	1	0.6	0	0	0	-1.1
4	SLV FO 4	1	1	0.6	0	0	0	-1.1
5	SLV FO 5	1	1	0.6	0	0	0	-0.33
6	SLV FO 6	1	1	0.6	0	0	0	-0.33
7	SLV FO 7	1	1	0.6	0	0	0	-0.33
8	SLV FO 8	1	1	0.6	0	0	0	-0.33
9	SLV FO 9	1	1	0.6	0	0	0	0.33
10	SLV FO 10	1	1	0.6	0	0	0	0.33
11	SLV FO 11	1	1	0.6	0	0	0	0.33
12	SLV FO 12	1	1	0.6	0	0	0	0.33
13	SLV FO 13	1	1	0.6	0	0	0	1.1
14	SLV FO 14	1	1	0.6	0	0	0	1.1
15	SLV FO 15	1	1	0.6	0	0	0	1.1
16	SLV FO 16	1	1	0.6	0	0	0	1.1

Nome	Nome breve	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV	Tr x SLV	Tr y SLV	Tr z SLV
1	SLV FO 1	-0.33	0	-1.1	0.33	-1.1	-0.33	0
2	SLV FO 2	-0.33	0	1.1	-0.33	-1.1	-0.33	0
3	SLV FO 3	0.33	0	-1.1	0.33	-1.1	0.33	0
4	SLV FO 4	0.33	0	1.1	-0.33	-1.1	0.33	0
5	SLV FO 5	-1.1	0	-0.33	1.1	-0.33	-1.1	0
6	SLV FO 6	-1.1	0	0.33	-1.1	-0.33	-1.1	0
7	SLV FO 7	1.1	0	-0.33	1.1	-0.33	1.1	0
8	SLV FO 8	1.1	0	0.33	-1.1	-0.33	1.1	0
9	SLV FO 9	-1.1	0	-0.33	1.1	0.33	-1.1	0
10	SLV FO 10	-1.1	0	0.33	-1.1	0.33	-1.1	0
11	SLV FO 11	1.1	0	-0.33	1.1	0.33	1.1	0
12	SLV FO 12	1.1	0	0.33	-1.1	0.33	1.1	0
13	SLV FO 13	-0.33	0	-1.1	0.33	1.1	-0.33	0
14	SLV FO 14	-0.33	0	1.1	-0.33	1.1	-0.33	0
15	SLV FO 15	0.33	0	-1.1	0.33	1.1	0.33	0
16	SLV FO 16	0.33	0	1.1	-0.33	1.1	0.33	0

Fig. 4.47 Combinazione di carico SLV FONDAZIONI

4.11.7. Elementi di input e output

Di seguito verranno riassunti in tabelle i valori di input inseriti nel programma che si riferiscono alle geometrie e ai carichi, e nelle pagine seguenti mostrato il modello sollecitato dalle diverse forze.

Nome	Valori		Applicazione
	Condizione Descrizione	Valore	
Solaio interpiano	Pesi strutturali	0.0002	Verticale
	Permanenti portati	0.00015	Verticale
	Variabile C	0.0003	Verticale
	Variabile H	0	Verticale
Copertura praticabile	Neve	0	Verticale
	Pesi strutturali	0.0002	Verticale
	Permanenti portati	0.00024	Verticale
	Variabile C	0.0004	Verticale
Copertura non praticabile	Variabile H	0	Verticale
	Neve	0.00008	Verticale
	Pesi strutturali	0.0002	Verticale
	Permanenti portati	0.000325	Verticale
Scala	Variabile C	0	Verticale
	Variabile H	0.00005	Verticale
	Neve	0.00008	Verticale
	Pesi strutturali	0	Verticale
	Permanenti portati	0.0004	Verticale in proiezione
	Variabile C	0.0004	Verticale in proiezione
	Variabile H	0	Verticale
	Neve	0	Verticale

Tab. 4.33 Analisi dei carichi superficiali

Descrizione breve	Descrizione	Quota	Spessore
L1	Fondazione	-420	70
L2	1 Impalcato	114	27
L3	2 impalcato	423	27
L4	3 impalcato	871	30

Tab. 4.34 Livelli degli impalcati

Descrizione breve	Descrizione	Quota 1	Quota 2
T1	Fondazione - 1 Impalcato	Fondazione	1 Impalcato
T2	1 Impalcato - 2 impalcato	1 Impalcato	2 impalcato
T3	2 impalcato - 3 impalcato	2 impalcato	3 impalcato
T4	Fondazione - 2 impalcato	Fondazione	2 impalcato

Tab. 4.35 Divisione in tronchi dell'edificio

Livello	Punto		Estradosso	Angolo	Tipo	T.c.	Livello	Punto		Estradosso	Angolo	Tipo	T.c.
	X	Y						X	Y				
L1	-0.6	1400	0	0	Croce	C10	L1	-0.5	2800	0	0	Croce	C26
L1	699.5	2800	0	0	Croce	C27	L1	2099.5	465	0	0	Croce	S2
L1	1834.5	230	0	0	Croce	S6	L1	1384.5	230	0	0	Croce	S5
L1	699.5	0	0	0	Croce	S4	L1	2099.5	0	0	0	Croce	S3
L1	699.5	465	0	0	Croce	S1	L1	3499.5	2800	0	0	Croce	C23
L1	2099.5	2800	0	0	Croce	C21	L1	2799.5	2800	0	0	Croce	C22
L1	3499.5	0	0	0	Croce	C3	L1	-0.6	700	0	0	Croce	C4
L1	-0.5	0	0	0	Croce	C1	L1	699.5	2100	0	0	Croce	C25
L1	2799.5	0	0	0	Croce	C2	L1	1399.5	2100	0	0	Croce	C16
L1	2099.5	1400	0	0	Croce	C13	L1	2799.5	1400	0	0	Croce	C14
L1	3499.5	2100	0	0	Croce	C19	L1	1399.5	2800	0	0	Croce	C20
L1	2099.5	2100	0	0	Croce	C17	L1	2799.5	2100	0	0	Croce	C18
L1	2099.5	700	0	0	Croce	C7	L1	2799.5	700	0	0	Croce	C8
L1	699.5	700	0	0	Croce	C5	L1	1399.5	700	0	0	Croce	C6
L1	699.5	1400	0	0	Croce	C11	L1	1399.5	1400	0	0	Croce	C12
L1	3499.5	700	0	0	Croce	C9	L1	3499.5	1400	0	0	Croce	C15
L1	-0.6	2100	0	0	Croce	C24							

Fig. 4.48 Fili fissi degli impalcati

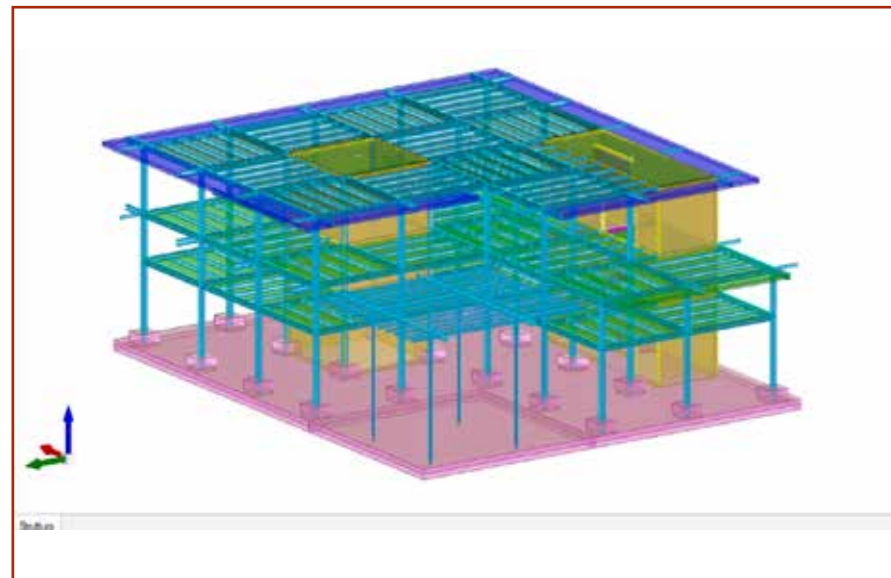


Fig. 4.50 Rappresentazione generale della struttura - vista 1.png

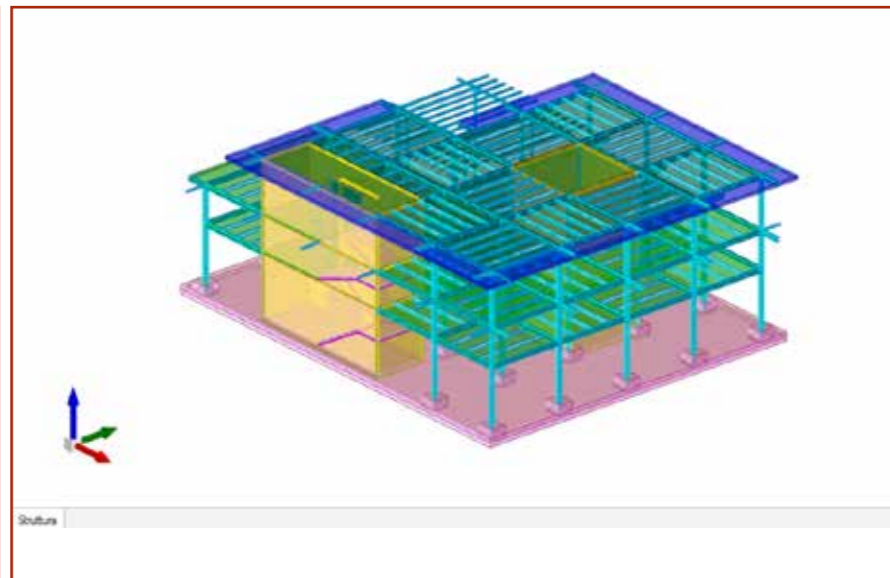


Fig. 4.51 Rappresentazione generale della struttura - vista 3.png

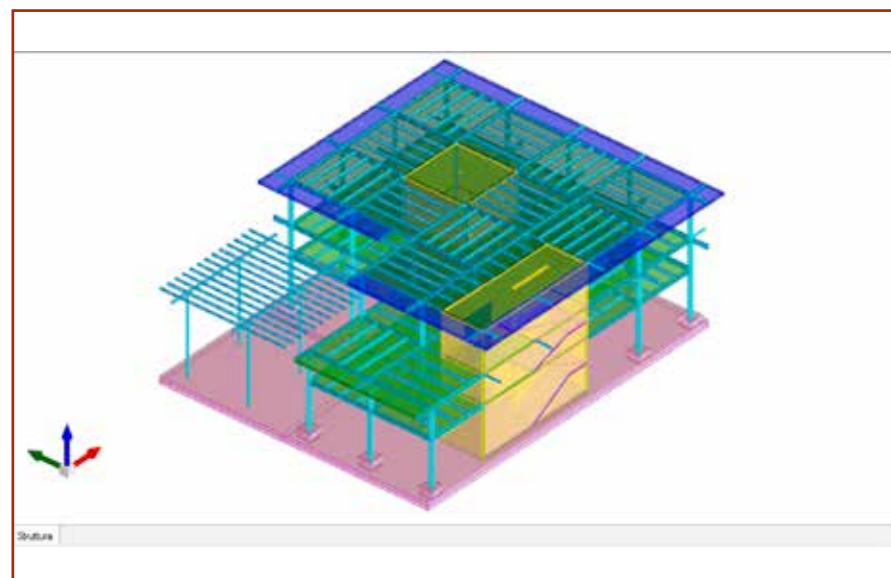


Fig. 4.49 Rappresentazione generale della struttura - vista 2.png

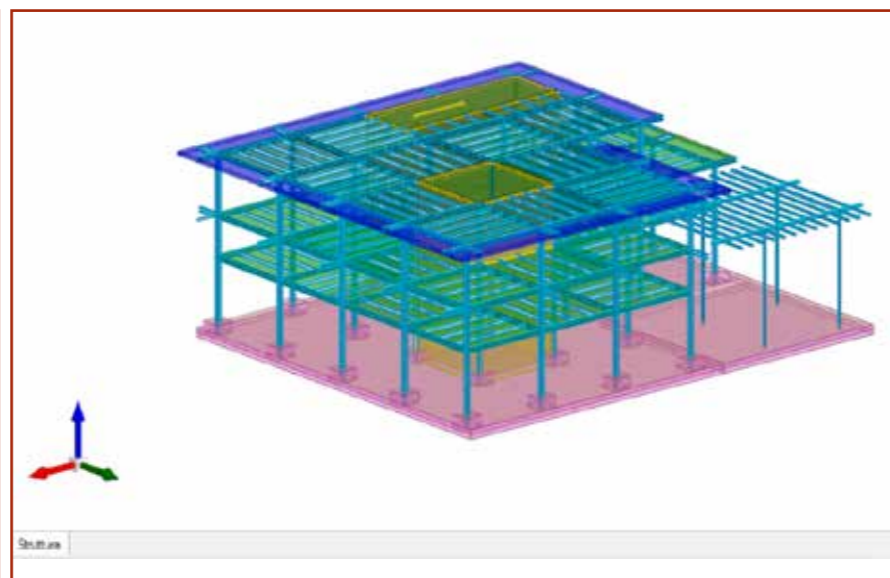


Fig. 4.52 Rappresentazione generale della struttura - vista 4.png

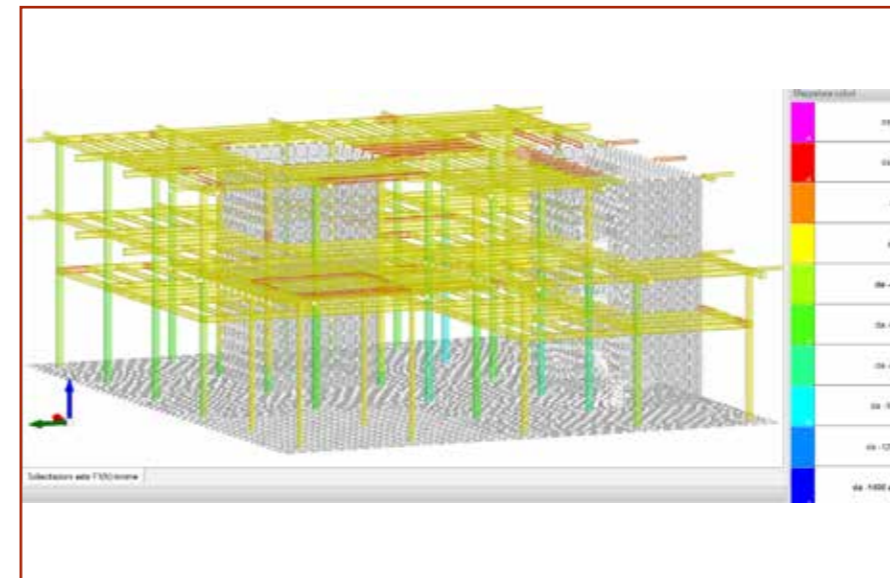


Fig. 4.53 Sollecitazione aste in acciaio - Sforzo normale F1 (KN).png

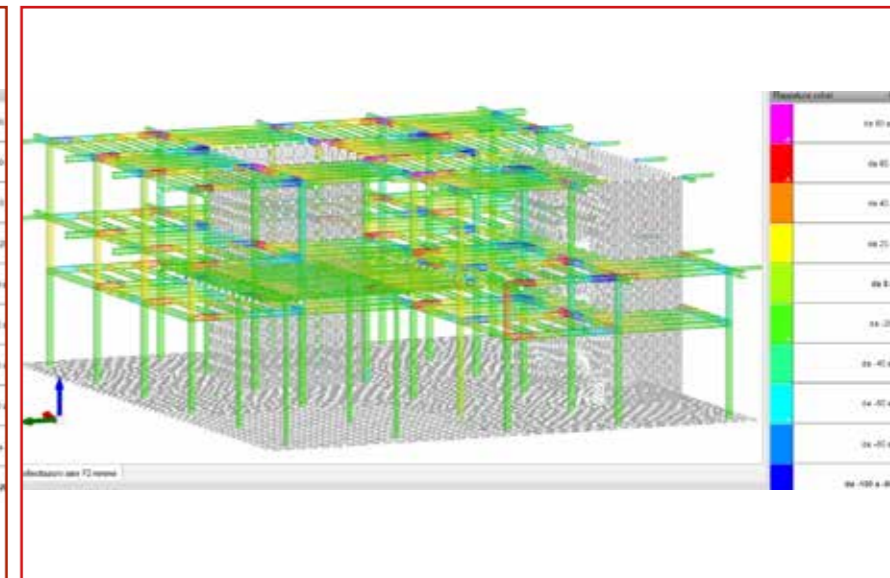


Fig. 4.54 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F2 minimo (KN).png

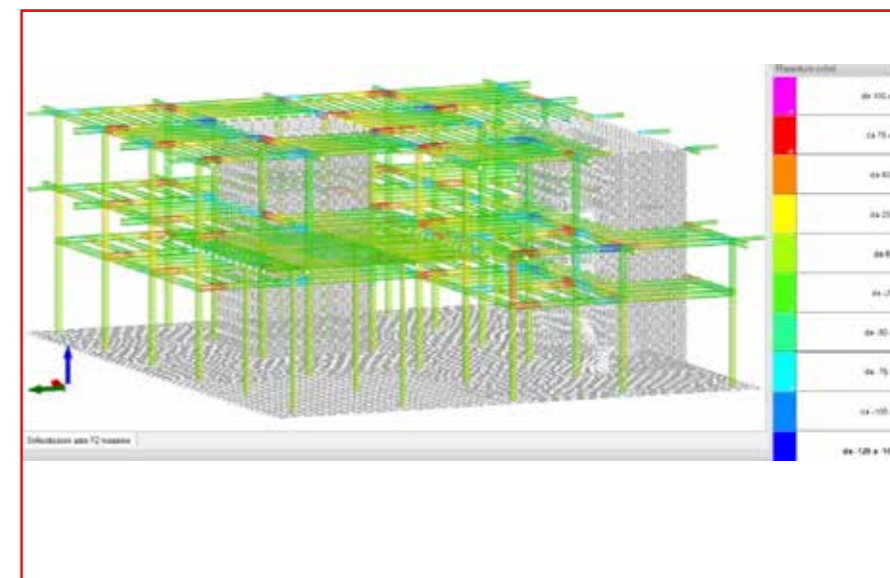


Fig. 4.55 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F2 massimo (KN).png

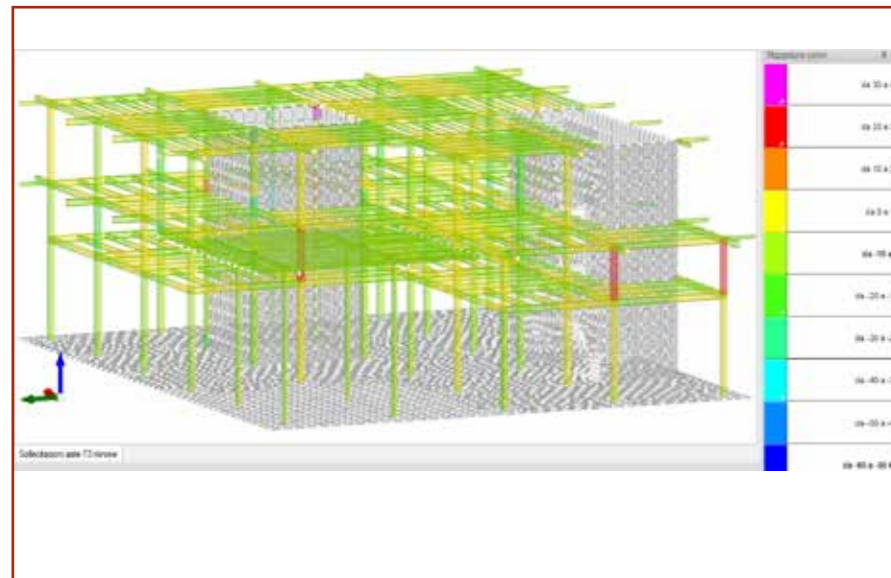


Fig. 4.57 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F3 minimo (KN).png

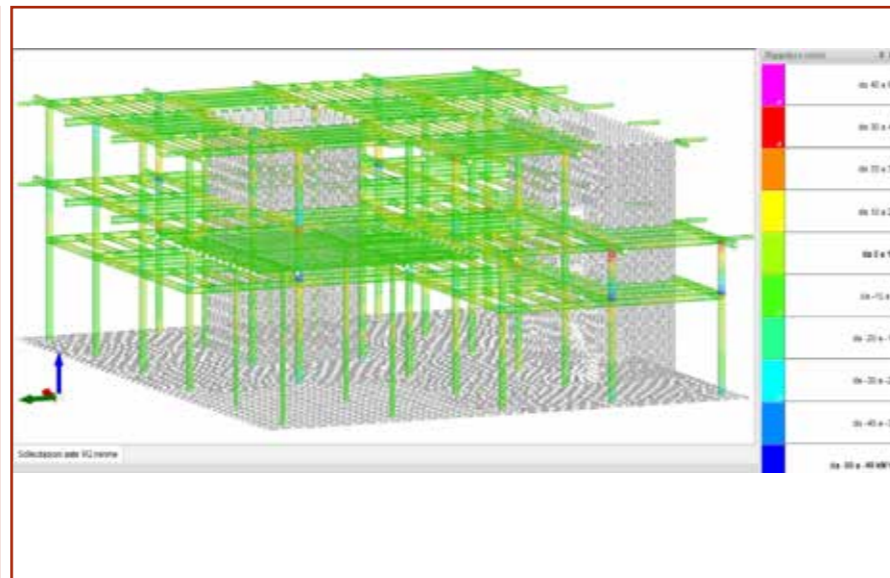


Fig. 4.58 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M2 minimo (KN).png

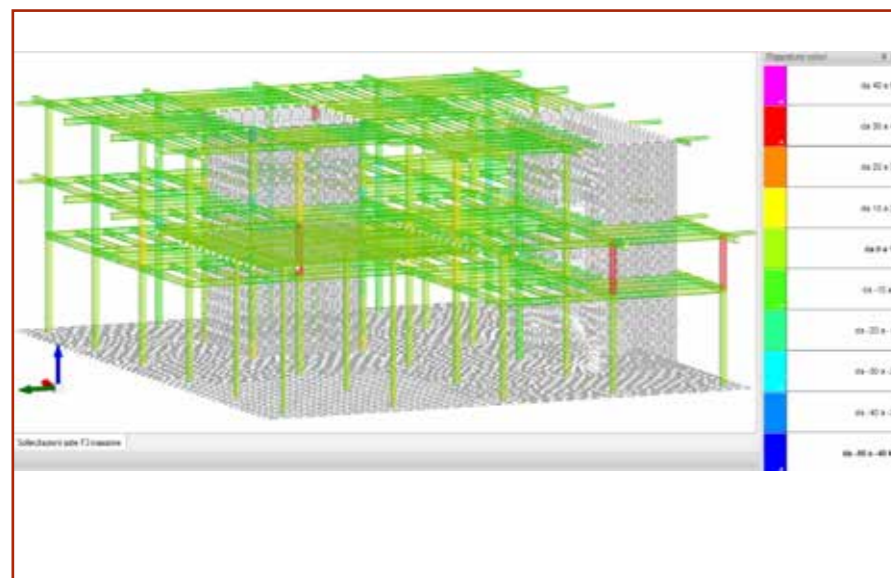


Fig. 4.56 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F3 massimo (KN).png

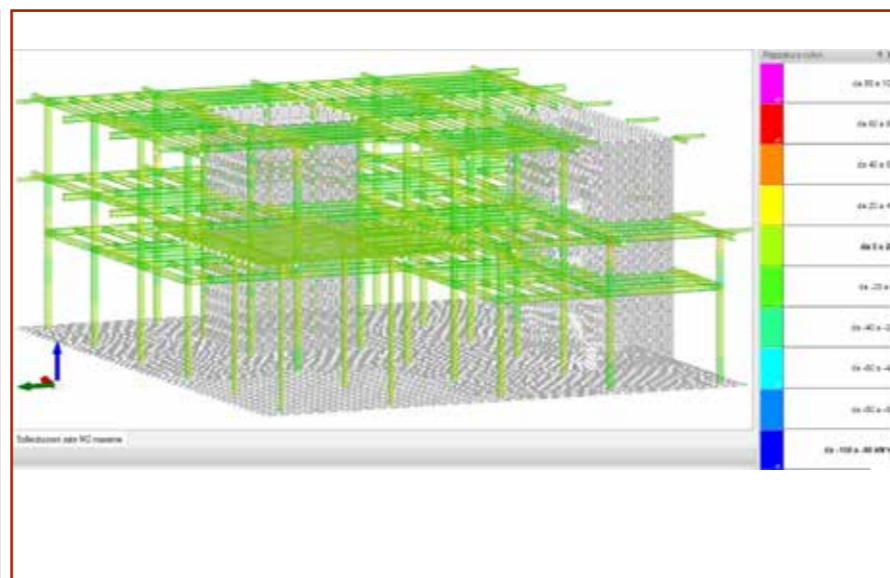


Fig. 4.59 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M2 massimo (KN).png

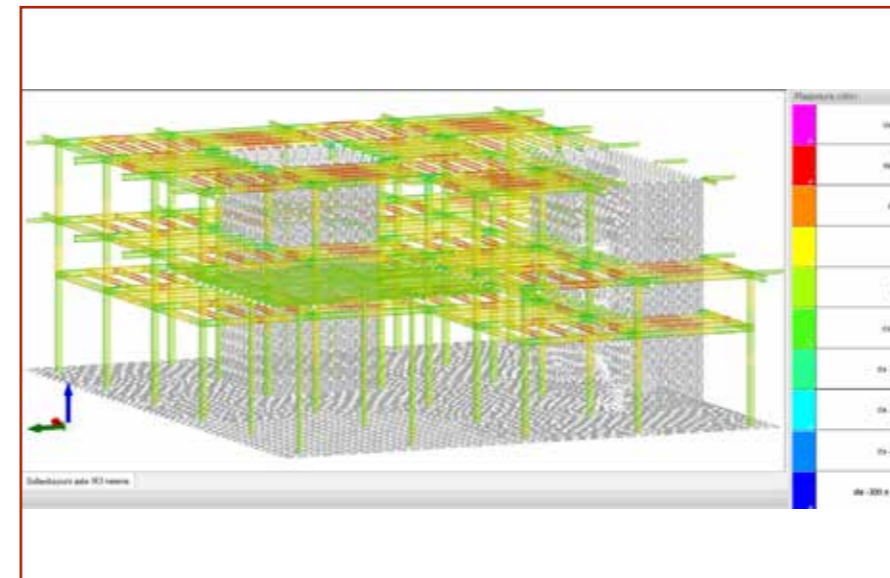


Fig. 4.60 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M3 minimo (KN).png

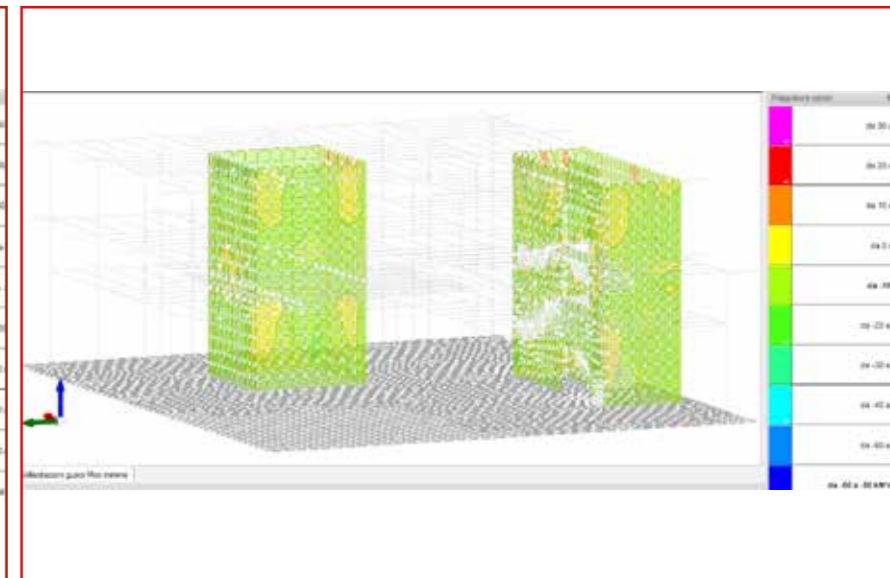


Fig. 4.61 sollecitazione gusci (setti in ca) - M00 minimo (KNmm).png

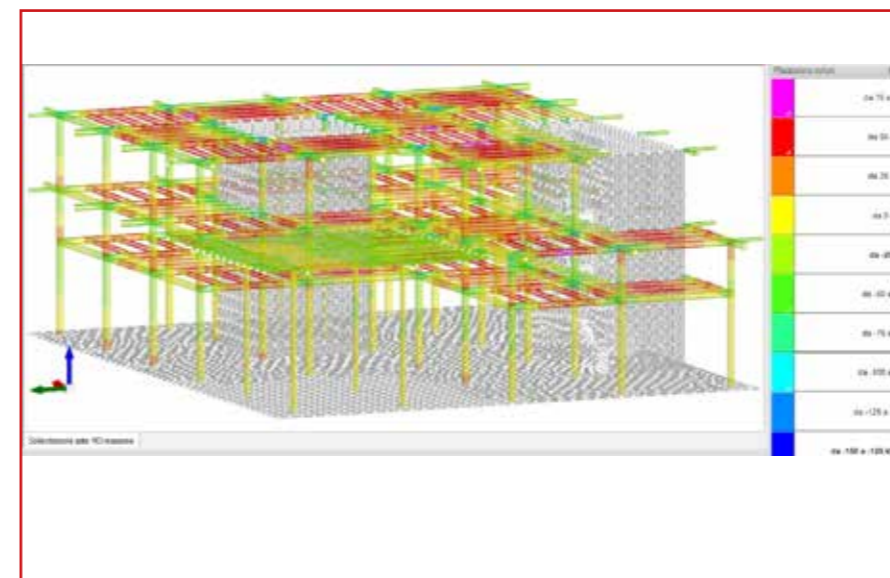


Fig. 4.63 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M3 massimo (KN).png

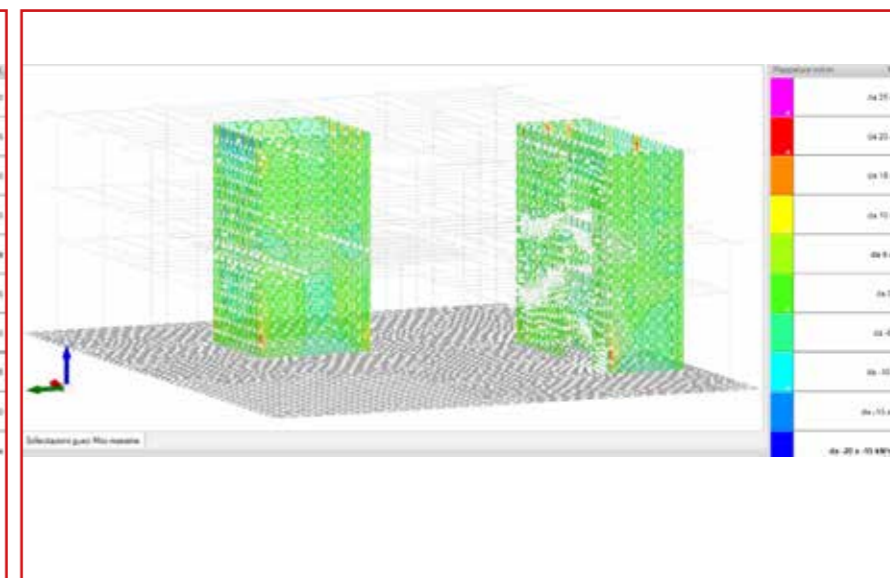


Fig. 4.62 sollecitazione gusci (setti in ca) - M00 massimo (KNmm).png

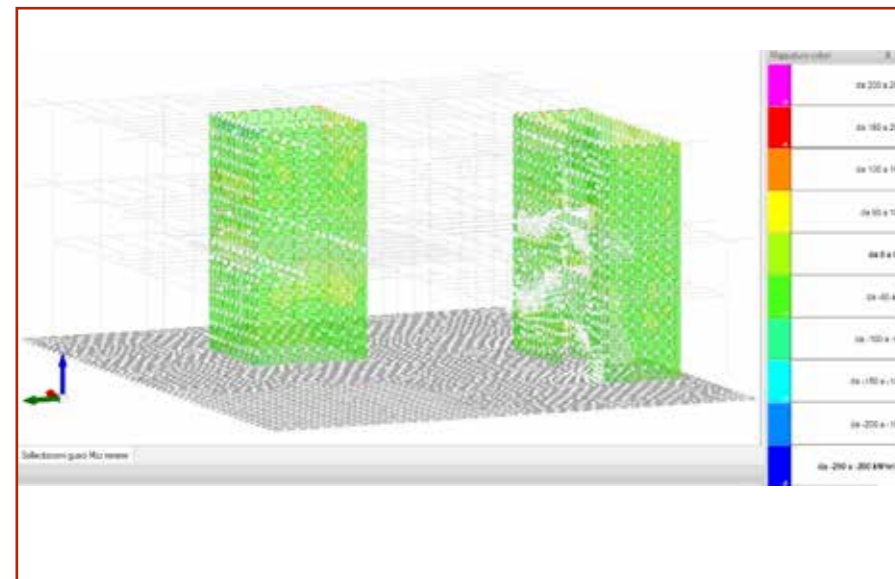


Fig. 4.65 sollecitazione gusci (setti in ca) - Mzz minimo (KNmm).png

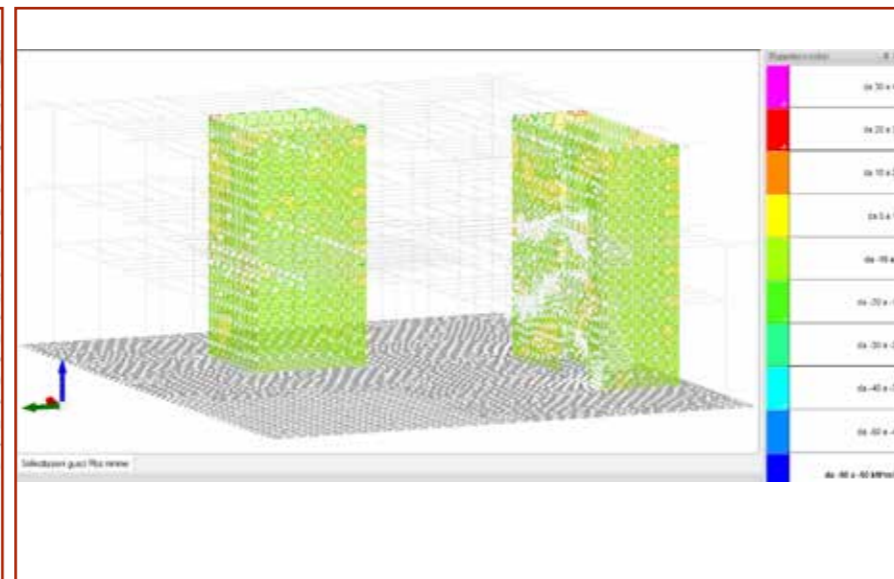


Fig. 4.66 sollecitazione gusci (setti in ca) - Moz minimo (KNmm).png

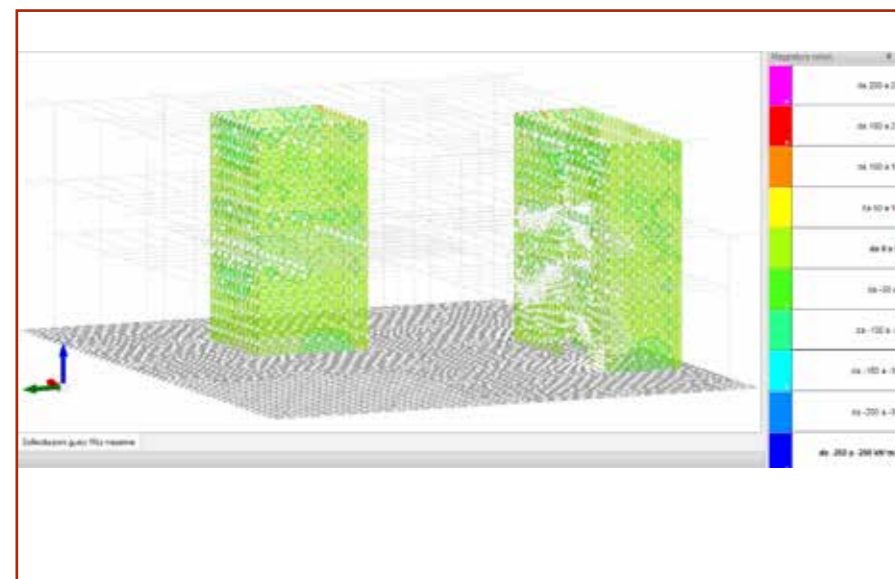


Fig. 4.64 sollecitazione gusci (setti in ca) - Mzz massimo (KNmm).png

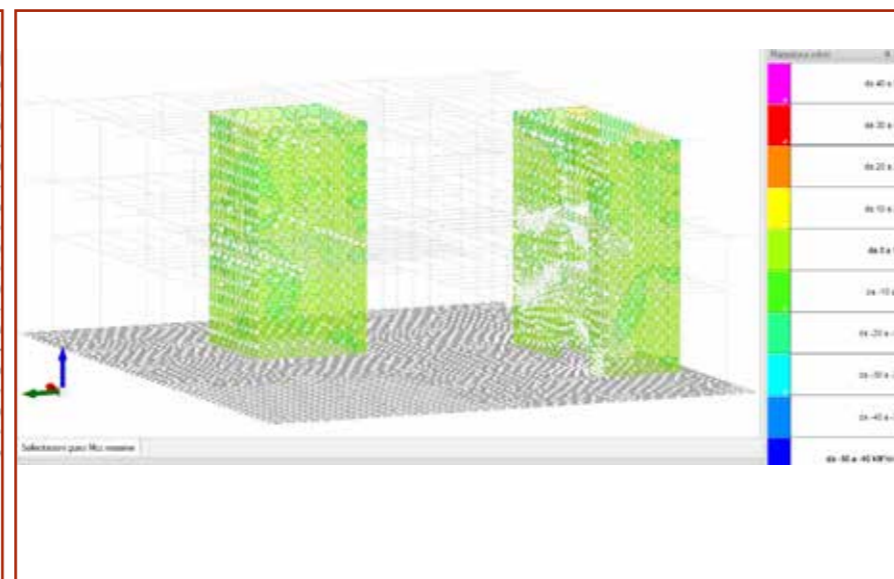


Fig. 4.67 sollecitazione gusci (setti in ca) - Moz massimo (KNmm).png

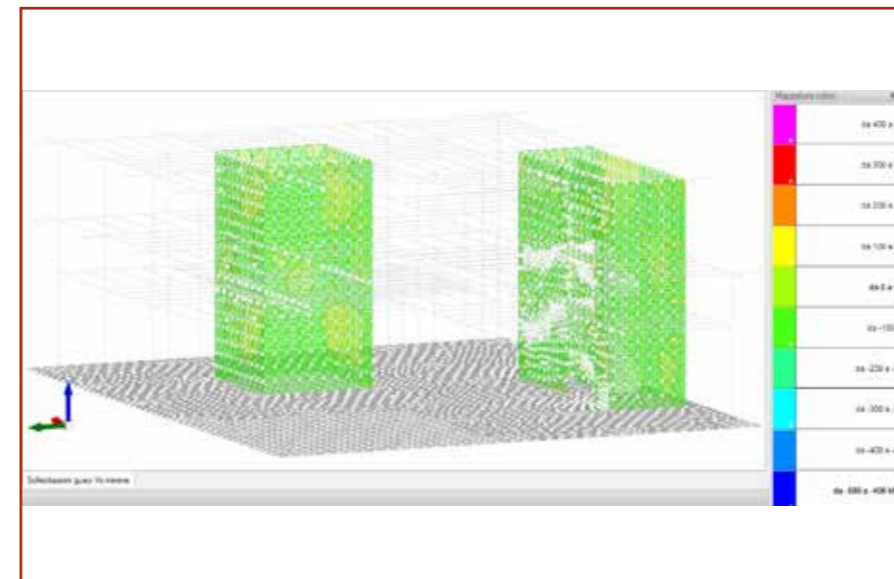


Fig. 4.68 sollecitazione gusci (setti in ca) - Vo minimo (KNmm).png

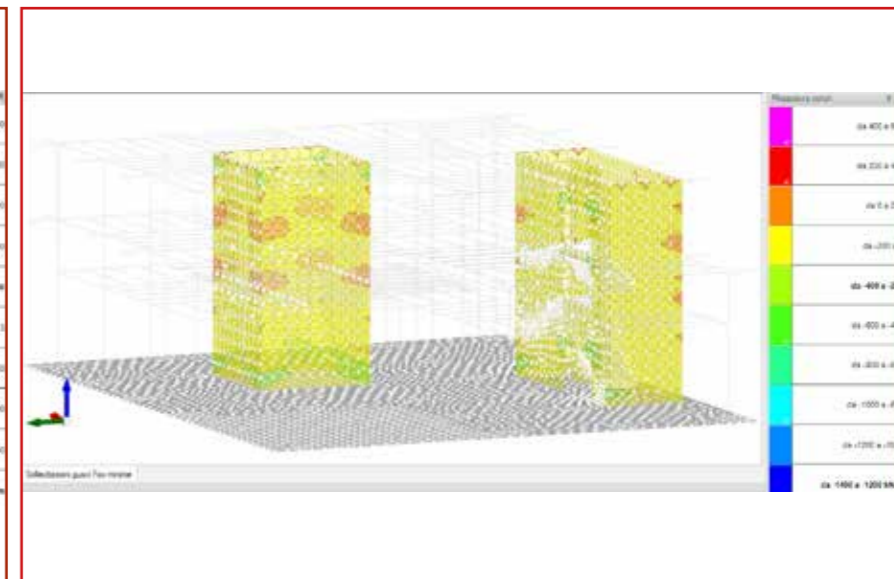


Fig. 4.69 sollecitazione gusci (setti in ca) - Foo minimo (KNmm).png

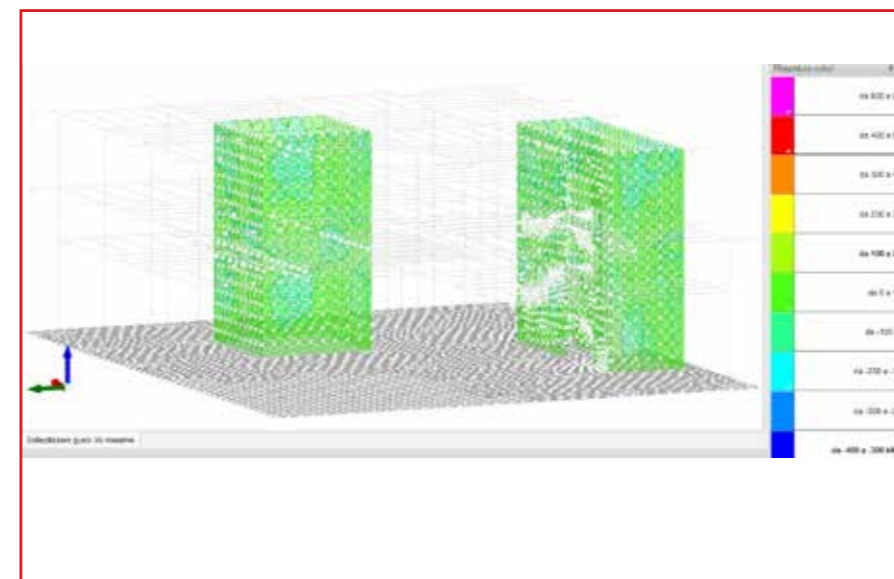


Fig. 4.70 sollecitazione gusci (setti in ca) - Vo massimo (KNmm).png

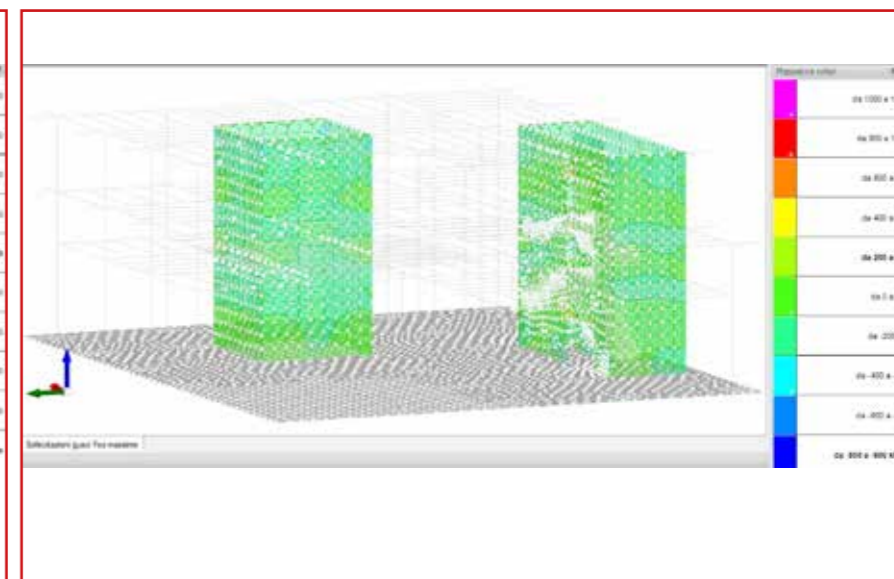


Fig. 4.71 sollecitazione gusci (setti in ca) - Foo massimo (KNmm).png

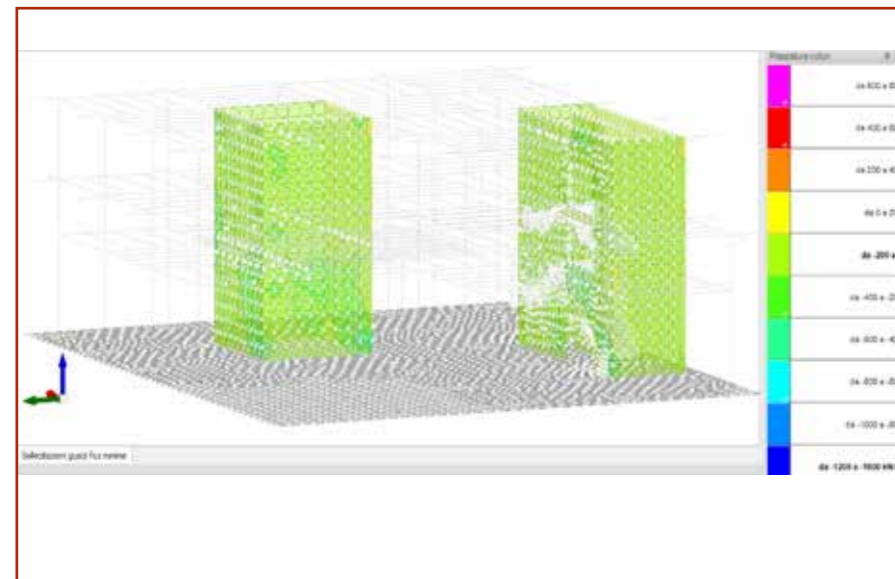


Fig. 4.73 sollecitazione gusci (setti in ca) - Foz minimo (KNmm).png

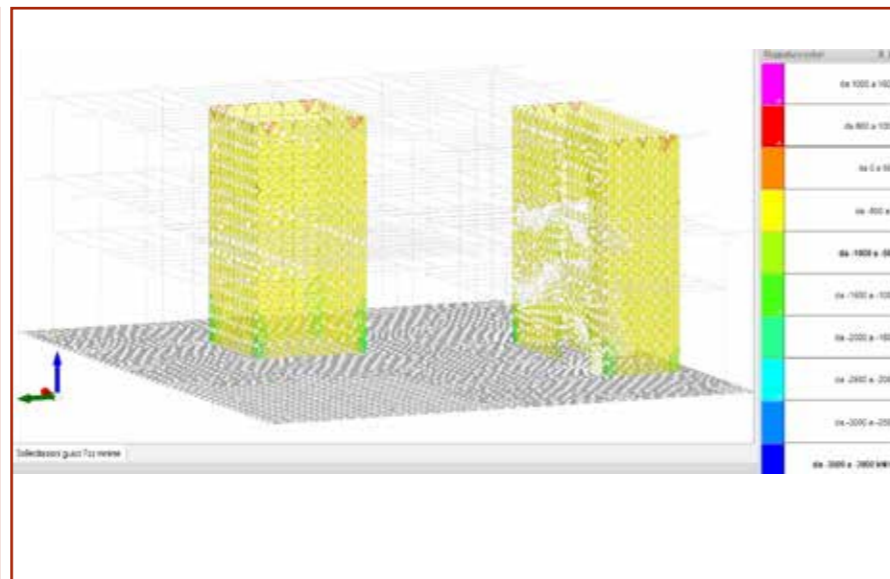


Fig. 4.74 sollecitazione gusci (setti in ca) - Fz minimo (KNmm).png

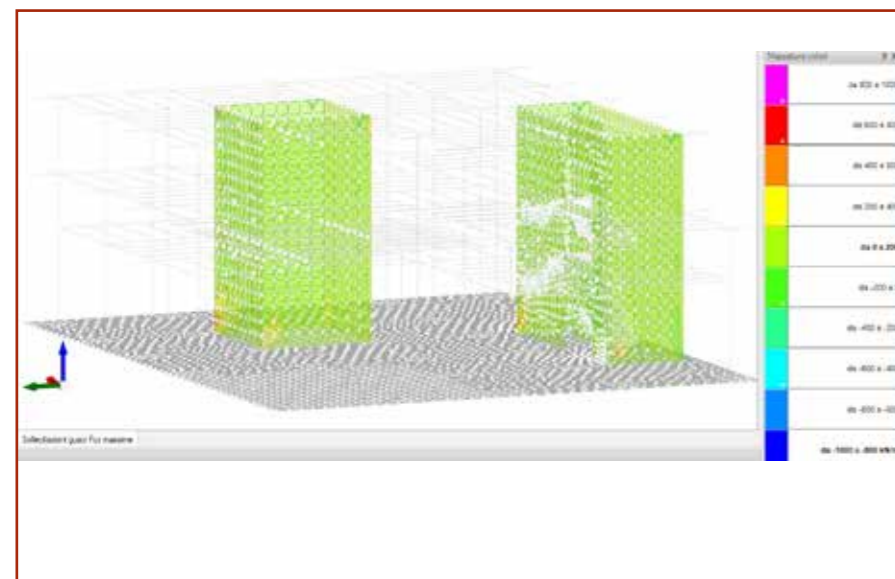


Fig. 4.72 sollecitazione gusci (setti in ca) - Foz massimo (KNmm).png

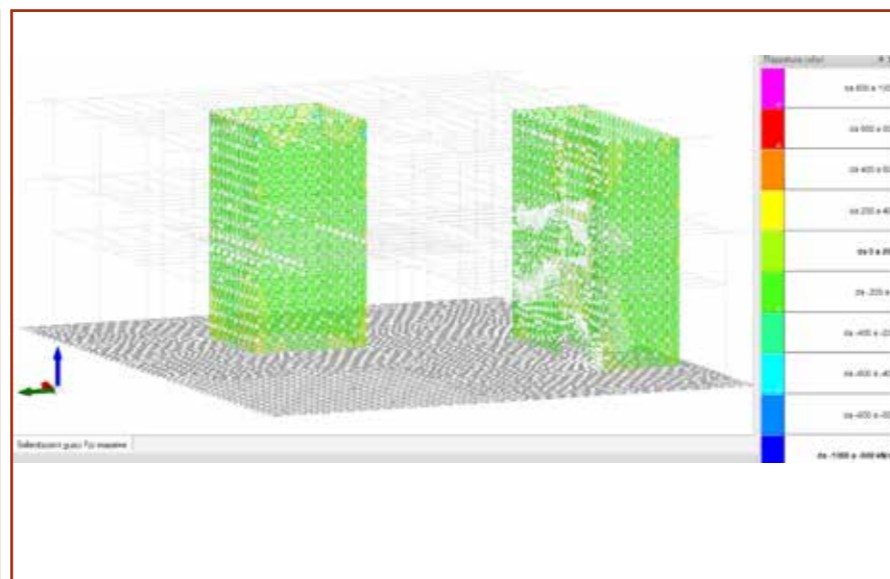


Fig. 4.75 sollecitazione gusci (setti in ca) - Fz massimo (KNmm).png

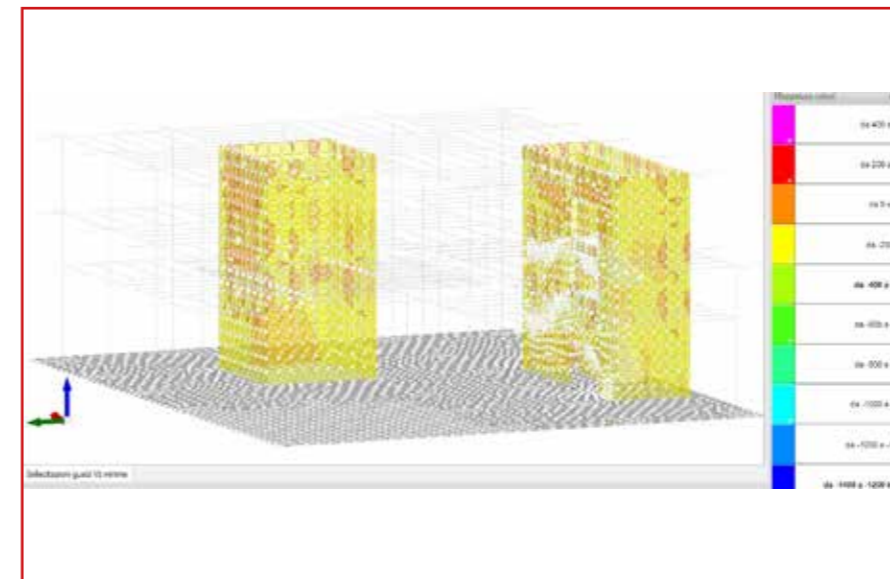


Fig. 4.76 sollecitazione gusci (setti in ca) - Vz minimo (KNmm).png

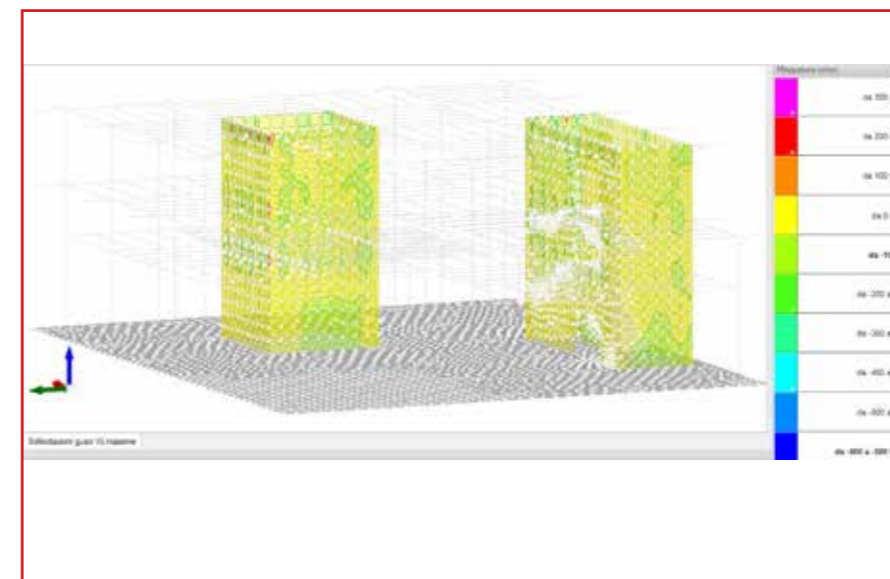


Fig. 4.77 sollecitazione gusci (setti in ca) - Vz massimo (KNmm).png

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni con indicazione dei valori riferiti al telaio evidenziato nella figura seguente

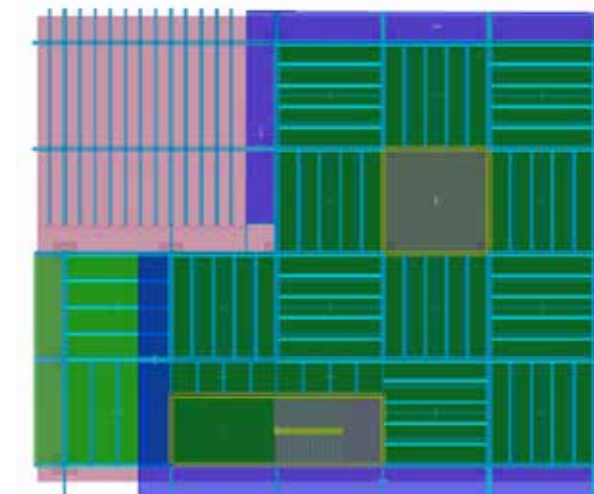


Fig. 4.78 involuipi di sollecitazione - sforzo norme F1 (KN).png

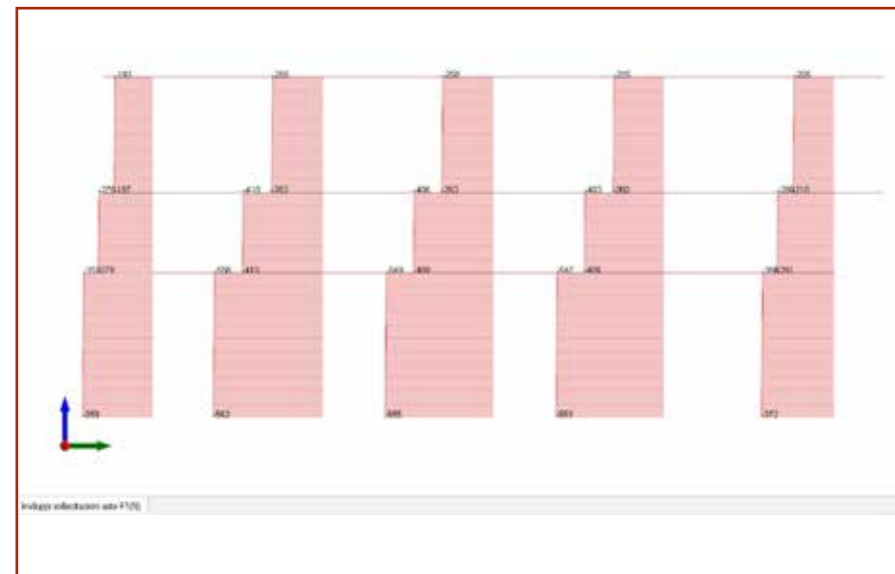


Fig. 4.80 involucri di sollecitazione - sforzo normale F1 (KN) - diagrammi.png

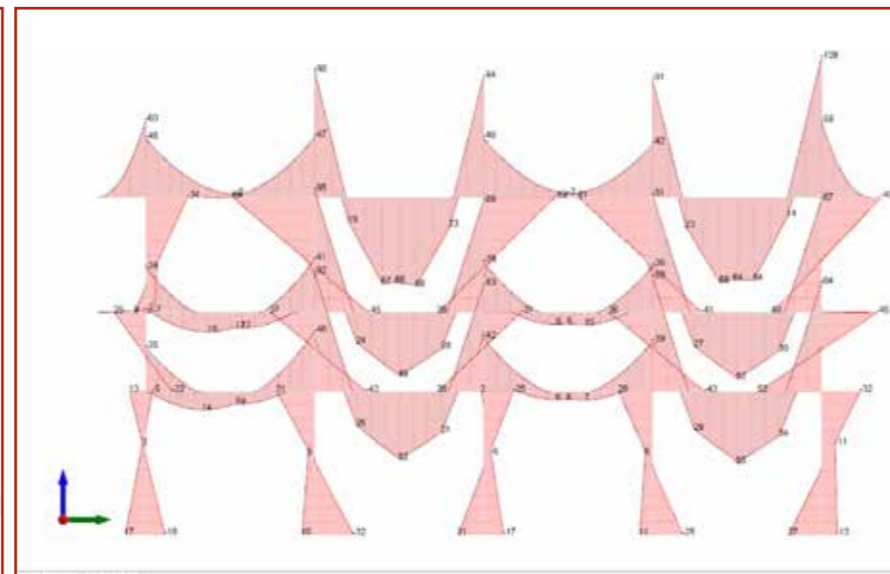


Fig. 4.81 involucri di sollecitazione - momento flettente F3 (KN) - diagrammi.png

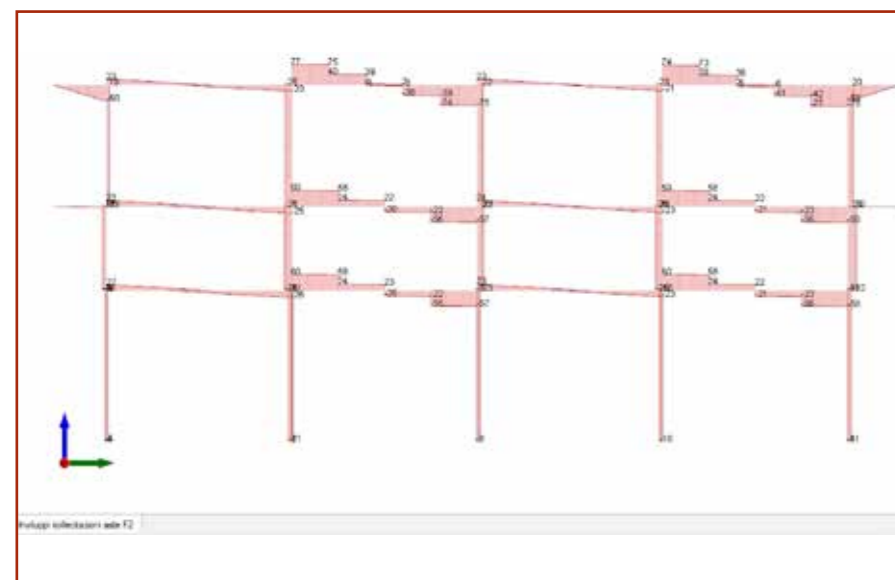


Fig. 4.79 involucri di sollecitazione - sforzo taglio F2 (KN) - diagrammi.png



Fig. 4.82 PRESSIONI SUL TERRENO F3.png

4.11.71. Spostamenti e deformazioni

Di seguito si mostrano le deformate relative ai modi principali di vibrare della struttura ; nella tabella si riportano per ciascun modo di vibrare, il periodo di vibrazione e la percentuale di massa partecipante.

Totale masse partecipanti:

- Traslazione X: 0.981373
- Traslazione Y: 0.996471
- Traslazione Z: 0
- Rotazione X: 0.997995
- Rotazione Y: 0.988188
- Rotazione Z: 0.991344

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot X	Massa rot Y	Massa rot Z
1	1.006659214	0.00076067	0.000623272	0	0.000317256	0.000446445	0.000169125
2	0.0021975	0.001000562	0.001159074	0	0.000590651	0.000921916	0.00211536
3	0.716290823	0.000389276	0.001289737	0	0.000463138	0.000198337	0.000377679
4	0.258884344	0.000198883	0.000471735	0	0.000272409	0.000342747	0.000271373
5	0.276405595	0.000194648	0.000493668	0	0.00011336	0.000903567	0.24769872
6	0.200885673	0.000000729	0.000000337	0	0.000000002	0.000002229	0.000007524
7	0.155546056	0.059912147	0.000230644	0	0.001252272	0.050202901	0.102139215
8	0.083831251	0.000018055	0.000010403	0	0.00000595	0.000001383	0.000325189
9	0.025663771	0.000249658	0.000000017	0	0.002988878	0.001409568	0.00044144
10	0.037204399	0.000183888	0.000243157	0	0.001871646	0.044982739	0.046967481

Fig. 4.85 identificativo del modo di vibrare.PNG

Come si evince dalla tabella precedente, i modi di vibrare che eccitano le maggiori percentuali di massa sono il 4° ed il 5° modo; di seguito se ne riportano le deformate.

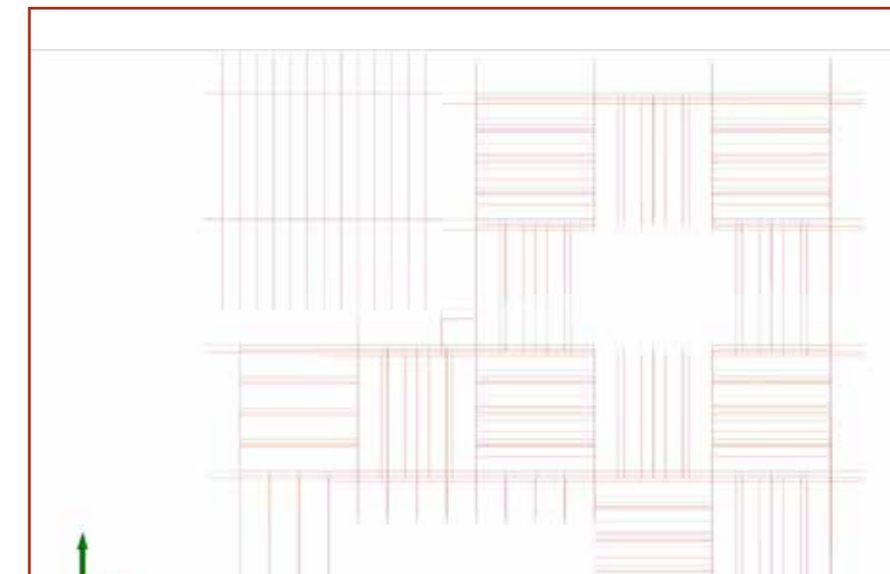


Fig. 4.83 deformate 4° modo di vibrare.png

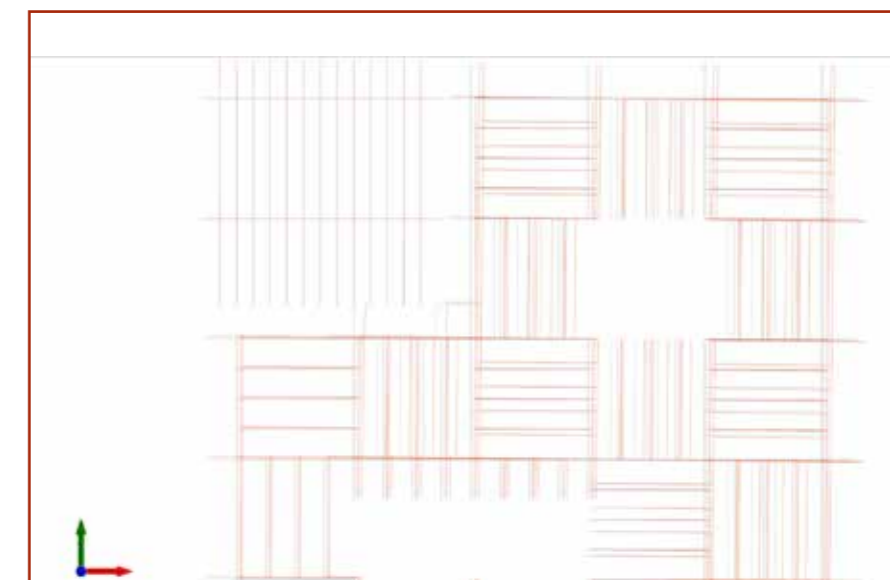


Fig. 4.84 deformate 5° modo di vibrare.png

Per quanto riguarda gli spostamenti, la deformazione della struttura in condizioni sismiche assume valori accettabili in quanto lo spostamento relativo è inferiore al valore limite $SLD = 0,005h$.

A titolo di esempio si verifica lo spostamento interpiano tra un nodo dell'impalcato di copertura ed il corrispondente del secondo impalcato nella combinazione SLD1: dalle didascalie dei grafici seguenti si evince che lo spostamento relativo è pari a:

$$\Delta U = 0.26 - 0.17 \text{ cm} = 0.09 \text{ cm} < 0.005 \cdot 448 \text{ cm} = 2.24 \text{ cm}$$

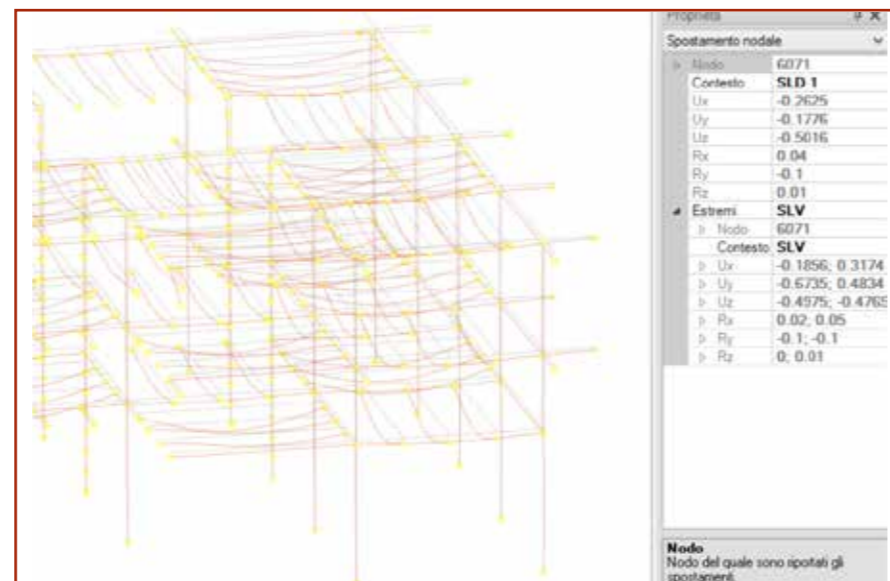


Fig. 4.86 Spostamenti in SLD 1- (3° impalcato) nodo di copertura (cm).png

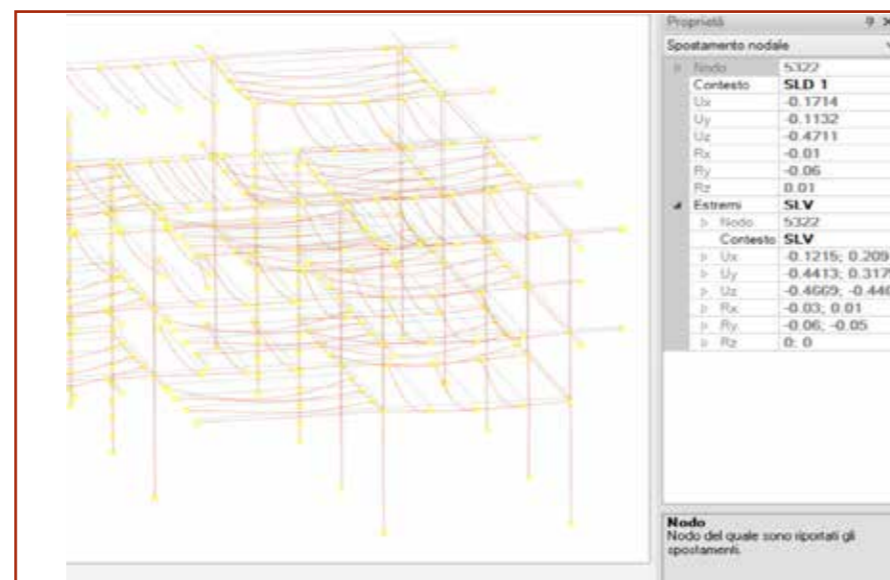


Fig. 4.87 Spostamenti in SLD 1- 2° impalcato (cm).png

Tutti gli spostamenti risultano entro i limiti come si evince dalle note di calcolo del modello analizzato.

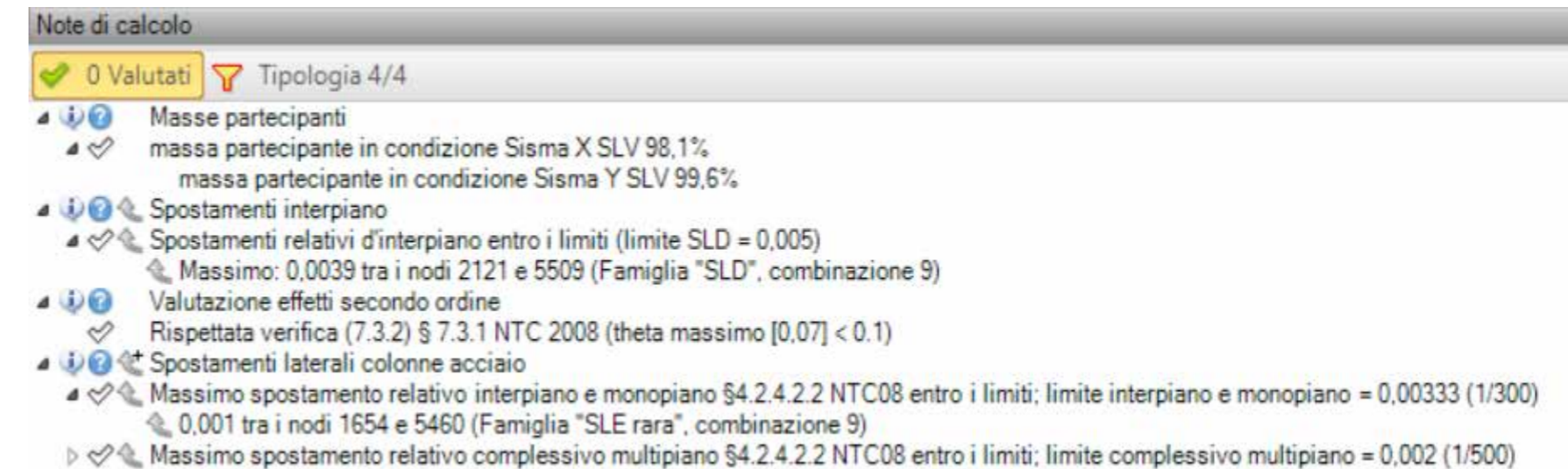


Fig. 4.88 note di calcolo del modello FEM.png

05

PROGETTO TECNOLOGICO

5.1. La scelta dei materiali

5.1.1. Gli isolanti

5.1.2. Il cartongesso

5.1.3. La pavimentazione

5.1.4. Il rivestimento esterno

5.1.5. La lamiera forata

5.1.6. Le piastrelle di Iznik

5.1.7. La pavimentazione della piazza esterna

5.2. Unità tecnologiche: gli abachi di Progetto

5.2.1. Normativa di riferimento

5.2.2. Le schede delle prestazioni termiche, acustiche e igrometriche

5.3. Chiusure verticali

5.3.1. Chiusura verticale a secco

5.3.2. Chiusura Verticale in cemento armato

5.3.3. Chiusura Verticale controterra

5.4. Chiusure orizzontali

5.4.1. Il chiostro interno

5.4.2. Chiusura Orizzontale tetto giardino

5.4.3. Chiusura Orizzontale praticabile

5.4.4. Chiusura Orizzontale controterra

5.5. Partizioni verticali

5.5.1. Partizione Verticale a secco

5.5.2. Partizione Verticale a secco con vano impianti

5.5.3. Partizione Verticale vano scala

5.6. Partizioni orizzontali

5.6.1. Partizione orizzontale leggera

5.6.2. Partizione orizzontale in cemento armato

5.7. Dettagli tecnologici

5.7.1. La palificazione

5.7.2. La copertura a sbalzo

Nel presente capitolo, in ottica di sostenibilità si introducono le scelte tecnologiche adottate all'interno del progetto.

In particolare saranno descritti con maggiore dettaglio le unità tecnologiche degli edifici attraverso gli abachi di progetto, specificandone le prestazioni di isolamento termico, acustico e igrometrico che rispondono ai requisiti imposti da normativa vigente.

Se ne descrive inoltre l'applicazione dei concetti di alte prestazioni energetiche e costruttive al fine della risoluzione dei nodi tecnologici.

5.1. LA SCELTA DEI MATERIALI

Il mercato offre oggi innumerevoli materiali da costruzione, ed ogni materiale presenta propri pregi e propri difetti. La scelta dei materiali da utilizzare nelle costruzioni dipende da molti aspetti. La resistenza e la flessibilità sono caratteristiche molto importanti nel settore dei materiali da costruzione. Resistenza al fuoco, isolamento termico, capacità di accumulazione e diffusione termica, reazione all'assorbimento di agenti esterni, sono aspetti altrettanto importanti.

Sul microclima e sulla comodità di una edificio incidono:

- L'isolamento termico;
- L'accumulazione di calore;
- La dispersione di calore;
- L'isolamento acustico;
- La resistenza al fuoco;
- La capacità traspirante;
- La piacevolezza dei materiali.

Si può dire che la scelta dei materiali contribuisce a definire il comfort interno dell'utenza.

La sensazione di benessere dipende dalle condizioni ambientali interne, e queste sono in gran parte prevedibili e pianificabili. Parallelamente alla ricerca del comfort, la progettazione deve essere guidata dalla sostenibilità e quindi dall'uso di materiali 'verdi', ovvero caratterizzati da un basso impatto ambientale durante tutto il loro ciclo di vita.

Allo scopo di controllare i flussi di scambio tra l'ambiente esterno ed interno, è necessario progettare il mezzo attraverso i quali essi avvengono. La tecnologia stratificata a secco affrontata nelle successive pagine, consente di trarre il massimo vantaggio dal metodo prestazionale. Concentrandosi sulle specifiche caratteristiche di ogni singolo strato che compone gli elementi tecnici, è possibile raggiungere dei valori dei flussi mirati ed allo stesso tempo, mantenere la flessibilità necessaria alla scelta di materiali eco-sostenibili.

5.1.1. Gli isolanti

Per materiali isolanti si intendono tutti i materiali che hanno come scopo il ritardo, la riduzione o l'annullamento dei flussi di scambio sia in rapporto con l'ambiente esterno che tra gli spazi interni.

I materiali isolanti si dividono in:

- Isolanti termici: impediscono o minimizzano il trasferimento di energia termica (calore) attraverso una parete che separa due ambienti a temperature diverse (isolamento termico)
- Isolanti acustici: impediscono o minimizzano il trasferimento di energia sonora attraverso una parete tra due ambienti distinti (isolanti acustici)

Per ognuno di questi scopi esistono materiali più o meno idonei in funzione delle loro caratteristiche di conducibilità, calore specifico, resistenza a compressione, massa, permeabilità al vapore, grado di tossicità, costo di mercato e ambientale.



Fig. 5.01 Pannello in lana di roccia



Fig. 5.02 Pannello in lana di vetro



Fig. 5.03 Lastra di vetro cellulare



Fig. 5.04 Argilla espansa

Lana di roccia

La lana di roccia è un silicato amorfo ricavato dalla roccia ed è un materiale molto versatile. Questo ha la caratteristica di essere un buon isolante termico ed acustico, altamente drenante ed ignifugo. Queste proprietà sono dovute alla struttura macroscopica lanuginosa che attenua i rumori, e che, inglobando grandi quantità d'aria, isola dal calore. La lana di roccia riesce inoltre a resistere a temperature molto alte. L'elemento desolidarizzante in lana di roccia è caratterizzato da un alto valore di comprimibilità ai carichi, ottenuto attraverso l'ideale orientamento delle fibre nella struttura del pannello. La rigidità dinamica è la proprietà

che determina le caratteristiche smorzanti. La posa in opera deve essere eseguita ponendo particolare attenzione all'accostamento delle pannellature stesse, evitando la presenza di zone non coperte dal materiale isolante. La lana di roccia viene inoltre fornita anche sotto forma di isolante morbido, garantendo continuità nelle zone più anguste della struttura, come controsoffitti, pavimenti galleggianti e pareti a secco.

Lana di vetro

La lana di vetro viene prodotta portando a fusione ad una temperatura compresa tra i 1.300-1.500 °C una miscela di vetro e sabbia che successivamente viene convertita in fibre, con l'aggiunta di un legante che aumenta la coesione delle fibre stesse ottenute. Questa fibra viene quindi riscaldata a circa 200 °C e sottoposta a calandratura per conferirle ulteriore resistenza meccanica e stabilità. Infine la lana di vetro viene tagliata ricavandone rotoli o pannelli per azione di pressioni elevate. La lana di vetro coniuga prestazioni, eco-sostenibilità e comfort, ed è destinata all'uso per applicazioni in esterno (cappotti, facciate ventilate e coperture), raggiunge il massimo livello di prestazioni tecniche in termini di isolamento termico, acustico e protezione dal fuoco, raggiungendo elevati standard di ecosostenibilità grazie alle materie prime riciclabili di cui è composto (sabbia e vetro riciclato).

Vetro-cellulare

Il vetro cellulare è un materiale isolante e leggero destinato all'edilizia, settore nel quale favorisce in modo determinante un notevole risparmio delle risorse energetiche. È un materiale ecologico, infatti

il vetro riciclato macinato viene miscelato con attivatori ecologicamente innocui e poi espanso in un forno continuo. Nel successivo raffreddamento si possono scegliere due strade diverse e realizzare, a seconda dei casi, due prodotti differenti: il granulato in vetro cellulare e le lastre in vetro cellulare. Si distingue per la capacità di isolamento termico e per la resistenza alla compressione. Inoltre è impermeabile, indeformabile ed ignifugo.

Argilla espansa

Leca è l'argilla espansa adatta per sottofondi, coperture, riempimenti, alleggerimenti, isolamenti e confezionamento di calcestruzzi. È un aggregato leggero che, grazie alla sua struttura cellulare racchiusa in una scorza clinkerizzata, ottimizza il rapporto tra peso e resistenza. Il suo impiego è estremamente interessante nella realizzazione di isolamenti termici grazie al basso valore di conducibilità termica certificato ($\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$). Leca è un aggregato leggero che non contiene materiali organici né loro derivati. Non marcisce, non si degrada nel tempo, resiste bene ad acidi, basi e solventi conservando inalterate le sue caratteristiche. Sottoposto al gelo, non si rompe né si imbibisce. È incombustibile (Euroclasse A1). L'origine del prodotto, unitamente ad un processo produttivo rispettoso dell'ambiente, permette all'aggregato leggero argilla espansa Leca di essere un prodotto ecobiocompatibile e certificato ANAB-ICEA per la applicazioni in Bioedilizia.

5.1.2. Il cartongesso



Fig. 5.05 Montaggio contropareti

Fig. 5.06 Montaggio controsoffitto

Il cartongesso risulta essere uno dei materiali da costruzione attualmente più usati nell'edilizia leggera stratificata a secco. Ragione di ciò è da ricercare nella sua velocità di applicazione e nelle sue particolari doti termoacustiche. Oltre alle proprietà termoacustiche, ricordiamo anche quelle ignifughe (classe 1). Le lastre in gesso rivestito, prodotte in varie versioni, spessori e dimensioni, per la costruzione di pareti, contropareti e soffitti, utilizzabili in tutte le tipologie edilizie per le finiture d'interni. Il nucleo di gesso viene rivestito da entrambi i lati con fogli di speciale cartone, ricavato da carta riciclata. La microporosità della lastra favorisce un'eccellente permeabilità al vapore acqueo, consentendo un'elevata traspirazione delle superfici, che fungono da regolatrici naturali dell'umidità interna, generando condizioni micro-ambientali di particolare comfort, gradevolezza e salubrità.

Le contropareti

Per l'edificio si è quindi ipotizzato l'utilizzo di pareti in cartongesso sostenute da un'orditura di acciaio rivestita in zinco tipo knauf.

Questo sistema prevede il fissaggio tramite viti delle lastre in gesso rivestito su orditura metallica. Si utilizzano di norma lastre in gesso rivestito di spessore 12,5 mm su struttura metallica posta ad interasse non superiore a 600 mm. Quando è prevista la posa in opera di un isolante nell'intercapedine, è indispensabile per evitare fenomeni di condensa disporre una barriera al vapore tra le lastre e l'isolante.

Il controsoffitto

Anche per i controsoffitti è stato scelto il modello proposto dalla Knauf, questi sono stati progettati per essere eseguiti semplicemente realizzando prima un'adeguata struttura metallica pendinata alla soletta esistente e poi fissando le lastre all'orditura, inserendo prima nell'intercapedine del materiale isolante. Si utilizzano di norma lastre in gesso rivestito di spessore 12,5 mm e 15 mm fissate con viti sull'orditura metallica pendinata. Il controsoffitto permette inoltre di adeguare la resistenza al fuoco di una soletta.

5.1.3. La pavimentazione



Fig. 5.07 Pavimentazione galleggiante



Fig. 5.08 Linoleum

La pavimentazione sopra-elevata

Per la pavimentazione interna si è voluto utilizzare un sistema a pavimento galleggiante, in modo tale da consentire il passaggio per gli impianti. In particolare è stato utilizzato il pavimento sopraelevato knauf grazie alle sue proprietà e alla facilità di posa. I pannelli sono in materiale di gesso-fibra rinforzato dello spessore di 25, 28, 32 o 38 mm. La dimensione degli elementi è di 600 x 600 e 1200 x 600 mm con bordi maschio/femmina. I pannelli vengono posati su supporti d'acciaio regolabili in altezza.

Anche per la terrazza è stato utilizzato un sistema di pavimentazione galleggiante in lastre di pietra su sistemi di fissaggio ad incastro. L'acqua piovana scorre sotto la pavimentazione fino a defluire nel canale di gronda.

Il linoleum

I pavimenti in linoleum sono composti da materie prime di sola origine naturale, quali la farina di sughero, la farina di legno e l'olio di lino e da questo ingrediente si spiega anche il nome "linoleum". Il linoleum ha proprietà battericida che favorisce la riduzione di acari e batteri e grazie alla sua antistaticità naturale riduce la presenza di polvere e di sporcizia, ma anche nel caso di macchie e facilmente pulibile con uno straccio bagnato. Il pavimento in linoleum è disponibile in diversi colori e ha la caratteristica di rigenerarsi nel tempo. È inoltre un materiale resistente al fuoco (Cfl s1) senza aggiunta di ritardanti di fiamma.

5.1.4. Il rivestimento esterno



Fig. 5.09 Lastra di GRC

Fig. 5.10 Fissaggio invisibile

Come già visto in precedenza la maggior parte della facciata estera è stata realizzata con un curtain wall, mentre per le parti opache è stato pensato l'utilizzo del GRC. Il GRC è un materiale composito a matrice cementizia, essenzialmente costituito da calcestruzzo con inerti a granulometria molto fine, rinforzato con fibre di vetro allo zirconio alcali-resistenti, dato l'ambiente alcalino della matrice cementizia. L'aggiunta di copolimeri acrilici conferisce al GRC adeguata impermeabilità all'acqua e ne incrementa la durabilità. Le caratteristiche principali di questo materiale sono:

- Leggerezza: dovuta allo spessore ridotto. Il GRC è particolarmente adatto alla riqualificazione di edifici e con impiego su telai leggeri (risparmi nei trasporti e montaggi).
- Resistenza: elevata all'impatto ed alla flessione grazie alla diffusione capillare dell'armatura con fibre di vetro legati alla base cementizia che conferisce una notevole resistenza ai carichi dinamici anche su pannelli di notevoli dimensioni.
- Durabilità all'usura e abrasione nel tempo; il grc è inalterabile rispetto alla corrosione e ossidazione riducendo al minimo i costi di manutenzione del rivestimento.

- Resistenza al fuoco: è classificato materiale inerte di classe "0": nessuna propagazione, produzione di fumo inesistente.
- Sostenibilità: essendo composto da sostanze organiche e non nocive, risulta essere un materiale riciclabile; le materie prime sono eco-compatibili e prodotte nel rispetto ed a vantaggio dell'ambiente risultando ottimizzate grazie al minimo consumo di risorse negli spessori contenuti.

Per il fissaggio delle lastre si è voluto utilizzare un sistema detto "fissaggio invisibile". Come è possibile vedere in figura questo sistema è formato da profili in alluminio, detti profili guida, e da appositi agganci. I profili guida sono montati orizzontali, sovrapposti alla struttura sottostante primaria in alluminio. Per il fissaggio del profilo guida alla struttura sottostante si usano viti autofilettanti in acciaio inox. Gli agganci sono pezzi in alluminio che si fissano al dorso dei pannelli tramite le apposite viti per pannello. Occorre perforare parzialmente il pannello prima di avvitare questa vite. Il foro deve avere un diametro di 5 – 5, 1 mm e deve essere 1,5 più profondo della vite una volta inserita. Le distanze tra queste viti devono essere misurate con precisione e devono essere posizionate ad un'altezza determinata dal bordo del pannello. La principale difficoltà nella posa in opera dei pannelli con profili da aggancio consiste nell'allineamento del pannello in altezza. Gli agganci sono però forniti di una vite di regolazione che consente di livellare facilmente il pannello in altezza, una volta fissato alla facciata.

5.1.5. La lamiera forata



Fig. 5.11 Trama della lamiera

Fig. 5.12 Effetto gioco di luci e ombre

Dato l'utilizzo di facciate vetrate si è voluto creare una "doppia pelle" all'edificio, che, in parte schermasse la luce del sole, e, in parte, creasse giochi di luce e ombre, effetto molto sfruttato nell'architettura ottomana. Per creare questo gioco di luci è stata utilizzata una lamiera forata. Le lamiere forate sono un materiale leggero e resistente, infatti con la perforazione si perde peso del materiale, mentre si mantiene la resistenza.

La trama dei fori, visibili in figura, sono stati realizzati con forme squadrate, riprendendo quindi le stesse geometrie tipiche dell'architettura turca, e di conseguenza quei giochi di luce che caratterizzano le moschee e gli edifici di maggior importanza.

La lamiera ha uno spessore di 5 mm, ed è prodotta in alluminio. Questa è formata da moduli quadrati, ognuno dei quali misura 1x1 m.

Alcuni moduli della lamiera sono stati tolti con due metodologie differenti:

- singolarmente, in modo da permettere un maggior passaggio della luce, se necessario, per dare la possibilità di creare visuali particolari del resto del complesso;
- in blocco, per creare ampie aperture per il passaggio delle persone.

La struttura della lamiera è formata da montanti (7x12 cm) e traversi (7x12 cm)¹, i montanti si agganciano alla copertura, alla soletta interpiano fino a fissarsi al terreno, mentre la lamiera rimane staccata di 10 cm rispetto al suolo per evitare fenomeni di degrado.

In questo modo si forma uno spazio percorribile tra la lamiera e la facciata che permette ai visitatori di aggirare tutto il complesso

A seconda dell'altezza dell'edificio considerato, la lamiera è stata divisa in blocchi da 4 o 5 moduli, così da formare delle fasce regolari e facilitarne la fase di montaggio. I moduli proseguono un poco oltre la fine della copertura dell'edificio, in modo da creare una sorta di coronamento. Nelle pagine segue

¹ Si rimanda al §4.7 per il dimensionamento della struttura portante della lamiera forata

5.1.6. Le piastrelle di Iznik



Fig. 5.14 Utilizzo piastrella in architettura turca Fig. 5.13 Piastrella di Iznik

L'utilizzo della ceramica in architettura affonda le sue radici nell'Oriente antico, ma è soprattutto il mondo islamico a rivestire con mattonelle decorate le pareti di moschee, mausolei, scuole coraniche e palazzi. Per questo motivo si è deciso di mantenere l'utilizzo della piastrella decorata.

Questo elemento si può ritrovare in alcuni particolari del nostro progetto, come il rivestimento del patio interno della Fabbrica della Moschea, il fondo della fontana, al centro della piazza, e il rivestimento delle pareti dei bagni.

Sono state usate delle piastrelle di ceramica di Iznik, una città a meno di 100 km da Izmit, famosa per questo genere di prodotti.

5.1.7. La pavimentazione della piazza esterna



Fig. 5.15 Cava di Limara

Fig. 5.16 pietra di Limara

Anche per la pavimentazione esterna si è voluto ricercare un materiale locale. Si è quindi deciso di utilizzare la pietra di Limra, un tipo di calcare bianco estratto in Turchia.

La pavimentazione sarà composta da grandi lastre, 50X50 cm, di forma quadrata.

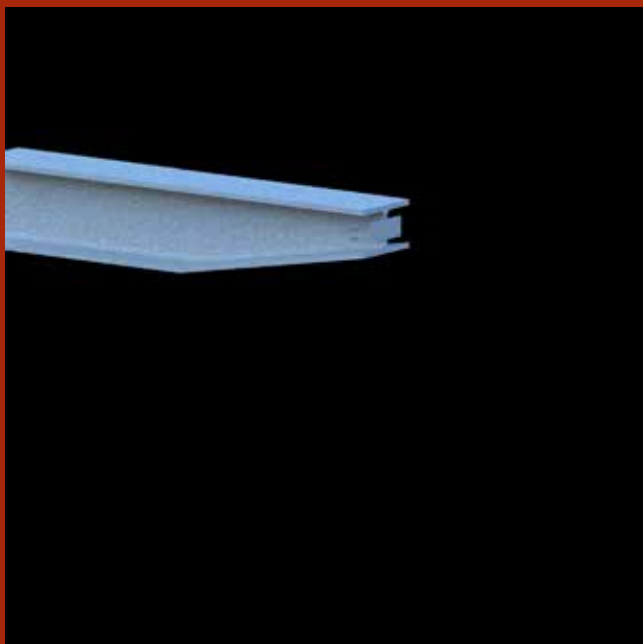


Fig. 5.17 Fase montaggio 1
Bullonatura della piastra alla trave rastremata a sbalzo della copertura.

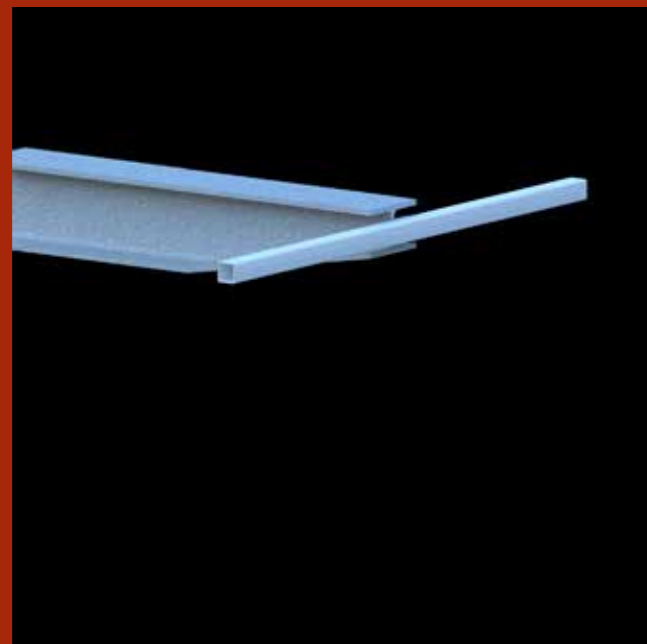


Fig. 5.18 Fase montaggio 2
Saldatura del traverso (15X20cm) alla piastra



Fig. 5.19 Fase montaggio 3
Saldatura delle piastre di ancoraggio per i montanti verticali 1 ogni metro

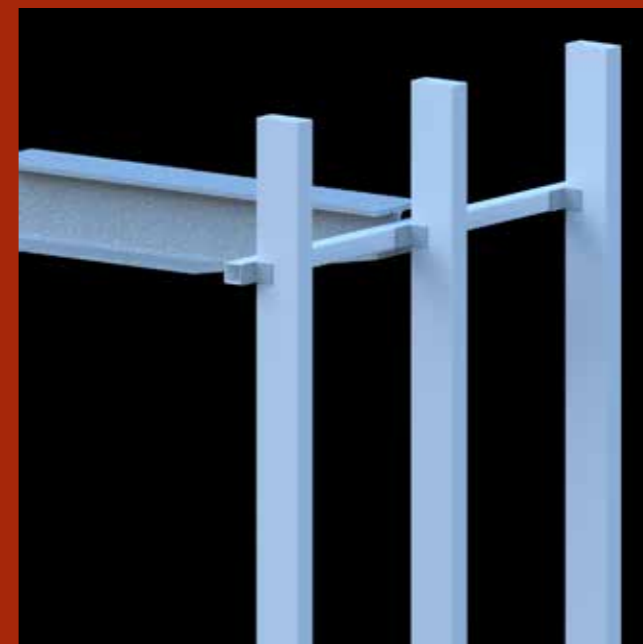


Fig. 5.20 Fase montaggio 4
Saldatura dei montanti verticali (15X20) alle piastre.

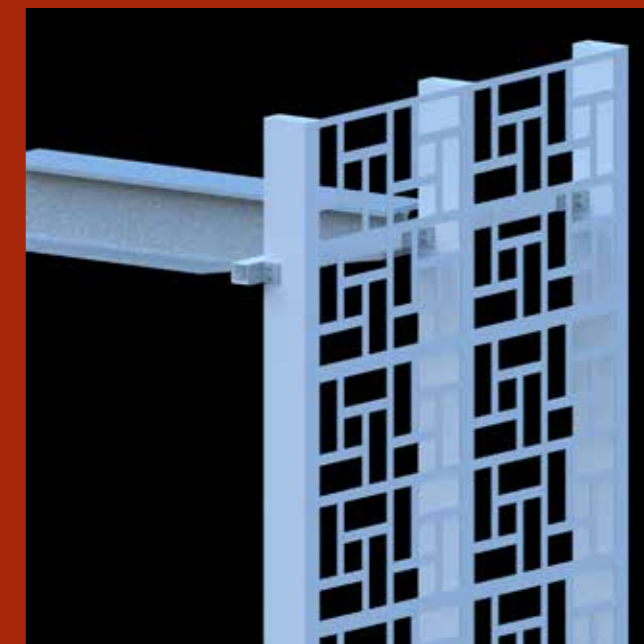


Fig. 5.21 Fase montaggio 5
Aggancio dei pannelli forati (100X500 cm) tramite viti autofilettanti.

5.2. UNITÀ TECNOLOGICHE: GLI ABACHI DI PROGETTO

Nella presente sezione saranno presentate le unità tecnologiche delle diverse parti della Fabbrica della Moschea. Di ogni tipologia sarà presentata la stratigrafia, le caratteristiche geometriche: isolamento termico, isolamento acustico ed eventuale condensa interstiziale.

Gli abachi del progetto sono stati classificati secondo la terminologia tradizionale a seconda della funzione edilizia svolta. Le unità tecnologiche sono quindi state ripartite a seconda delle seguenti categorie:

- Chiusura Verticale (C.V.): elemento di separazione tra ambiente interno ed esterno, involucro perimetrale
- Chiusura Orizzontale (C.O.): elemento di separazione tra ambiente interno ed esterno, involucro di copertura o solaio contro terra
- Partizione Intera Verticale (P.I.V.): elemento divisorio interno, parete
- Partizione Interna Orizzontale (P.I.O.): elemento divisorio interno, solaio

Relativamente alle stratigrafie generali, si distinguono di seguito solo le parti principali degli abachi, composte da:

- un nucleo strutturale;
- uno strato di isolamento (termico e/o acustico);
- uno strato per il passaggio degli impianti;
- la finitura interna;
- la finitura esterna.

Il nucleo strutturale è formato da una struttura a secco in lamiera grecata collaborante con argilla espansa. Mentre per le chiusure contro-terra viene utilizzata una parete in cemento armato.

5.2.1. Normativa di riferimento

Dopo aver illustrato la tipologia dei diversi elementi, si riporta un breve quadro riassuntivo dei riferimenti normativi cui si è fatto riferimento per determinare le caratteristiche tecniche dei singoli strati. Questa parte della presentazione viene fornita successivamente alla descrizione degli elementi per una semplice ragione di ordine dell'esposizione; tuttavia appare ovvio che la fase di ricerca delle prestazioni fisiche dei singoli materiali è stata condotta contemporaneamente a quella della loro scelta.

Il riferimento alla legislazione si è reso necessario per conoscere in maniera certa i parametri utili alla definizione delle prestazioni degli elementi laddove questi mancassero o risultassero esposti in maniera poco chiara all'interno delle schede tecniche. I parametri principali da considerare sono legati alle prestazioni termiche, acustiche, igrometriche e di resistenza al fuoco dei materiali, e dunque sono stati:

- lo spessore degli strati (sp);
- la massa superficiale (Ms)
- il potere fono-isolante (Rw)
- l'isolamento al calpestio (Lnw)
- la resistenza termica del materiale (R);
- la trasmittanza termica totale (U)
- il fattore di resistenza igroscopica (μ);
- protezione al fuoco

Pertanto, le norme cui si è fatto riferimento sono le norme europee:

- Requisito isolamento acustico: i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera sono definiti dal decreto DPCM 05/12/1997 in relazione alla destinazione d'uso dell'edificio. Il potere fonoisolante di ogni pacchetto tecnologico è stato calcolato in relazione alla massa superficiale dello stesso;
- Requisiti termotrasmissione: I pacchetti tecnologici dovranno garantire i limiti di trasmissione secondo quanto espresso nel D.Lgs. 29 dicembre 2006 n. 311;
- Requisiti isolamento termico: per il calcolo della trasmissione termica si fa riferimento alla norma UNI 6946. Tale norma prevede che il calcolo di U sia eseguito mediante la formula: $U=1/R_T$. Dove R_T è la resistenza termica complessiva della chiusura;
- Requisiti inerzia termica: per il calcolo del fattore di attenuazione, dello sfasamento, della capacità termica periodica, della trasmissione termica periodica e della capacità si è fatto riferimento alla norma UNI EN ISO 13786. Dapprima si è calcolata la matrice di trasferimento termico. A partire dalla matrice di trasferimento termico è possibile calcolare la trasmissione termica periodica, il fattore di decremento (attenuazione) e la variazione temporale della trasmissione termica periodica (sfasamento);
- Verifica di condensa interstiziale: si deve verificare che all'interno della parete non si presentino fenomeni

di condensa interstiziale o superficiale secondo quanto riportato dalla norma UNI EN ISO 13788. Il metodo di Glaser permette di dimensionare la parete sia per quanto riguarda gli spessori degli strati, sia per quello che riguarda la scelta dei materiali che la compongono. Si verifica la condensa interstiziale quando, in una o più interfacce, la pressione di vapore è superiore alla rispettiva pressione di saturazione. Si ipotizzano le seguenti valori di temperatura mensile:

Condizioni esterne e interne

Mese	Temperatura esterna [°C]	Pressione esterna [Pa]	Umidità relativa esterna [%]	Temperatura interna [°C]	Pressione interna [Pa]	Umidità relativa interna [%]
ottobre	16,0	1281	70,7	18,0	1525	73,9
novembre	13,6	1227	79,1	20,0	1556	66,6
dicembre	9,7	915	76,2	20,0	1382	59,1
gennaio	9,1	877	75,8	20,0	1363	58,3
febbraio	8,2	798	73,2	20,0	1316	56,3
marzo	11,2	907	68,5	20,0	1322	56,6
aprile	14,5	968	58,6	18,0	1263	61,2
maggio	19,7	1252	54,6	19,7	1363	59,4
giugno	23,8	1618	54,8	23,8	1718	58,2
luglio	26,8	1759	50,0	26,8	1859	52,8
agosto	26,4	1750	50,8	26,4	1850	53,7
settembre	22,1	1810	68,0	22,1	1910	71,7

Tab. 5.01 Temperature mensili

5.2.2. Le schede delle prestazioni termiche, acustiche e igrometriche

Stabiliti i riferimenti da adottare, si sono verificate le prestazioni termiche offerte dalle diverse unità tecnologiche dell'edificio.

Il calcolo di queste prestazioni è teso a soddisfare i requisiti imposti in termini di efficienza energetica dalla normativa Italiana.

Si ricorda che il sito di progetto non è in Italia, tuttavia si utilizza il riferimento legislativo italiano paragonando la zona climatica di Izmit, a una zona climatica italiana, considerando le temperature e l'umidità relativa del luogo. La città che corrispondeva maggiormente alle esigenze di progetto è Bari, che è stata presa come riferimento per effettuare i calcoli prestazionali.

In particolare, all'interno delle schede sono quindi contenuti:

- I dati relativi all'identificazione dell'elemento tecnico;
- La denominazione del comune, del mese e della temperatura esterna di riferimento;
- Una figura illustrativa dell'elemento;
- La stratigrafia completa delle caratteristiche necessarie per la determinazione delle resistenze termiche e acustiche;
- I valori di Resistenza (R) e Trasmissione termica (U) garantiti dall'unità tecnologica;
- I valori di Resistenza acustica R_w e L_w ;
- Un grafico illustrante l'andamento della temperatura interna all'interfaccia di ogni strato.

I vari pacchetti sono stati verificati mediante l'utilizzo dei software pan 7.0.

5.3. CHIUSURE VERTICALI

Le chiusure verticali esterne sono volte alla separazione tra l'ambiente interno e quello esterno allo scopo di ottenere le condizioni necessarie allo svolgimento delle attività umane all'interno dell'edificio attraverso la regolazione dei flussi di materia e di energia.

Le pareti perimetrali di un edificio sono rappresentate dall'unità tecnologica che separa verticalmente lo spazio interno da quello esterno denominata chiusura.

Le chiusure verticali possono essere classificate secondo due classi di elementi tecnici:

- Pareti perimetrali verticali.
Classe di elemento tecnico che impedisce il passaggio di persone, animali e oggetti, anche nei casi di choc meccanico. Controlla il passaggio di sostanze liquide e gassose e il passaggio di energia tra l'interno e l'esterno;
- Infissi verticali.
Classe di elemento tecnico che controlla il passaggio di persone animali, oggetti, sostanze liquide e gassose e il passaggio di energia fra l'interno e l'esterno.

Sono state considerati tre tipi di chiusure verticali: la chiusura verticale a secco, la chiusura verticale in cemento armato, per i controventi, e la chiusura verticale controterra che è stata realizzata creando una palificazione per contrastare la spinta del terreno e per agevolare la procedura degli scavi.

5.3.1. Chiusura verticale a secco

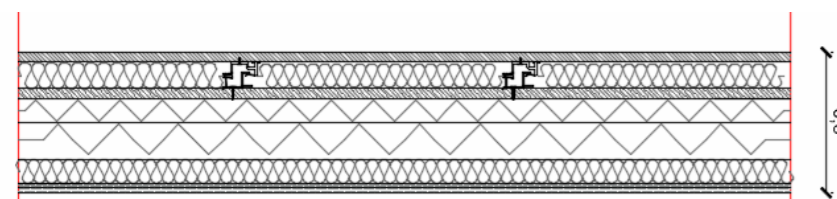


Fig. 5.22 Abaco - C.V. 01 - Stratigrafia a secco

- 1.lastra di grc
- 2.pannello in lana di roccia bassa densità
- 3.lastra di fibrocemento
- 4.pannello in lana di roccia alta densità
- 5.pannello in lana di vetro
- 6.foglio protettivo in polietilene
- 7.cartongesso in lastre
- 8.cartongesso in lastre

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S₀) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S ₀ [m]	a [m²/Js]
							0,04		
1	0,020	2000,0	1,313	878,6	70,0	40,0	0,02	1,40	0,747
2	0,060	40,0	0,035	1046,0	1,0	2,4	1,71	0,06	0,837
3	0,020	900,0	0,580	1000,0	1,0	18,0	0,03	0,02	0,644
4	0,130	110,0	0,036	1046,0	1,0	14,3	3,61	0,13	0,313
5	0,050	20,0	0,035	1046,0	1,0	1,0	1,43	0,05	1,673
6	0,001	950,0	0,350	2092,0	100000,0	1,0	0,00	100,00	0,176
7	0,010	900,0	0,210	836,8	8,0	9,0	0,05	0,08	0,279
8	0,010	900,0	0,210	836,8	8,0	9,0	0,05	0,08	0,279
							0,13		

Tab. 5.02 Stratigrafia con valori C.V: 01

Parametri stazionari

- Spessore: 0.301 m
- Massa superficiale: 94.65 kg/m²
- Potere fono-isolante: 53 dB
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 7.07 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.14 W/m²K

Parametri dinamici (invernali)

- Trasmittanza termica periodica: 0.04 W/m²K
- Attenuazione: 0.29
- Sfasamento: 9h 25'
- Capacità termica periodica lato interno: 18.8 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato esterno: 38.00 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi)

- Trasmittanza termica periodica: 0.04 W/m²K
- Attenuazione: 0.28
- Sfasamento: 9h 51'
- Capacità termica periodica lato interno: 18.8 kJ/m²K

Capacità termica periodica lato esterno: 36.80 kJ/m²K
Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	13,6	0,006	17,1	0,545
dicembre	11,8	0,204	15,2	0,536
gennaio	11,6	0,225	15,0	0,539
febbraio	11,0	0,239	14,4	0,528
marzo	11,1	-0,005	14,5	0,380

Tab. 5.03 Fattori di temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe

- Mese critico formazione muffe: Novembre
- Fattore di temperatura: 0.545
- Resistenza minima accettabile: 0.55 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura: 0.239
- Resistenza minima accettabile: 0.33 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 7.07

A lato i grafici dei mesi più critici riportanti la temperatura, la pressione di saturazione, la pressione nell'interfaccia e l'umidità relativa che si creano nel pacchetto.

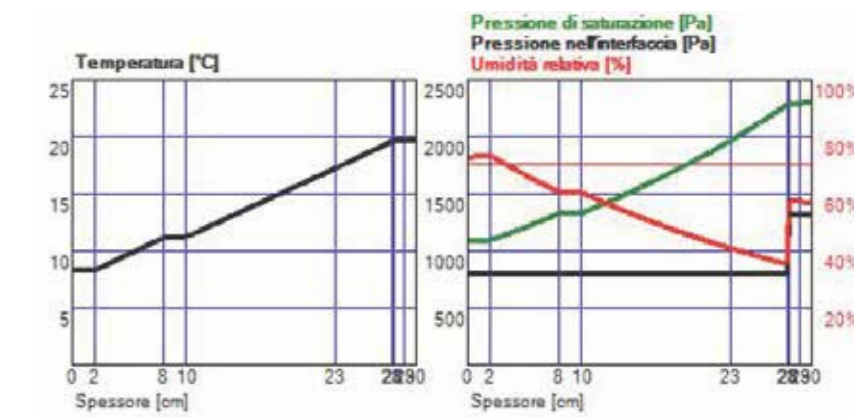


Fig. 5.23 Mese di Febbraio

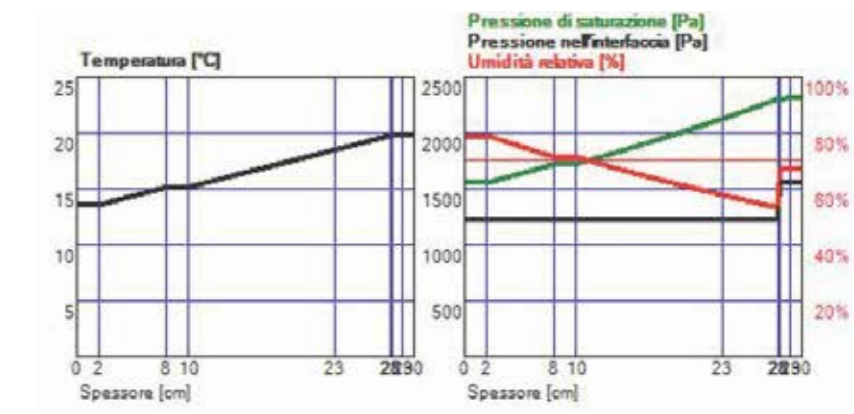


Fig. 5.24 Mese di Novembre

5.3.2. Chiusura Verticale in cemento armato

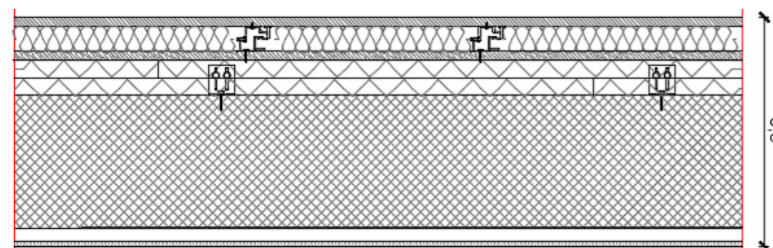


Fig. 5.25 Abaco - C.V. 02 - Muratura in cemento armato

- 1.lastra di grc
- 2.pannello in alna di roccia, bassa densità
- 3.lastra di fibrocemento
- 4-5.isolante minerale
- 6.cemento armato
- 7.camera non ventilata
- 8.barriera protettiva in polistirene
- 9.lastra di cartongesso

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Js]
							0,04		
1	0,020	2200,0	1,677	878,6	100,0	44,0	0,01	2,00	0,869
2	0,060	70,0	0,035	1046,0	1,0	4,2	1,71	0,06	0,478
3	0,020	900,0	0,580	1000,0	1,0	18,0	0,03	0,02	0,644
4	0,040	55,0	0,040	836,8	1,0	2,2	1,00	0,04	0,869
5	0,040	55,0	0,040	836,8	1,0	2,2	1,00	0,04	0,869
6	0,300	2400,0	1,910	1000,0	1,0	720,0	0,16	0,30	0,796
7	0,030	1,0	0,164	1004,2	1,0	0,0	0,18	0,03	0,000
8	0,002	1050,0	0,160	1301,2	100000,0	2,1	0,01	200,00	0,117
9	0,020	900,0	0,210	836,8	8,0	18,0	0,10	0,16	0,279

Tab. 5.04 Valori C.V. 02

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.532 m
- Massa superficiale: 810.7 kg/m²
- Potere fono-isolante: 55 dB
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 4.38 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.23 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.00 W/m²K
- Attenuazione: 0.2
- Sfasamento: 15h 45'
- Capacità termica periodica lato interno: 32.3 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato esterno: 41.5 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.00 W/m²K
- Attenuazione: 0.2
- Sfasamento: 16h 4'
- Capacità termica periodica lato interno: 34.1 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato esterno: 40.1 kJ/m²K

Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	13,6	0,006	17,1	0,545
dicembre	11,8	0,204	15,2	0,536
gennaio	11,6	0,225	15,0	0,539
febbraio	11,0	0,239	14,4	0,528
marzo	11,1	-0,005	14,5	0,380

Fig. 5.28 Fattore di temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe

- Mese critico condensa: Novembre
- Fattore di temperatura: 0.545
- Resistenza minima accettabile: 0.55 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura: 0.239
- Resistenza minima accettabile: 0.33 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 4.38 m²K/W

A lato i grafici dei mesi più critici riportanti la temperatura, la pressione di saturazione, la pressione nell'interfaccia e l'umidità relativa che si creano nel pacchetto.

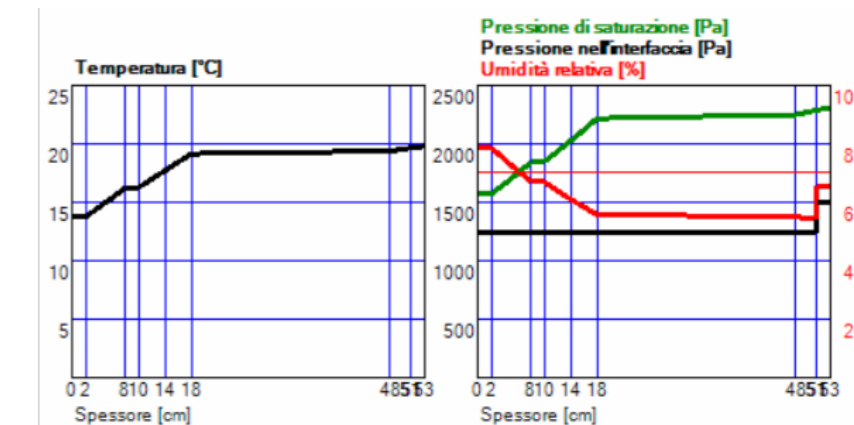


Fig. 5.26 Mese di Novembre

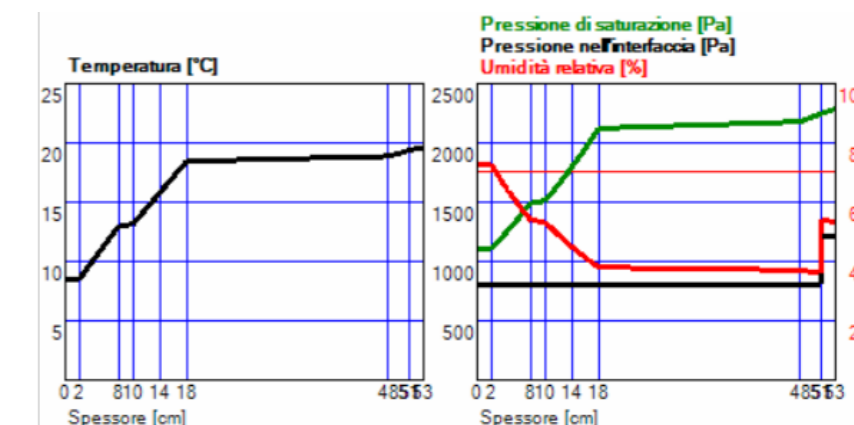


Fig. 5.27 Mese di Febbraio

5.3.3. Chiusura Verticale controterra

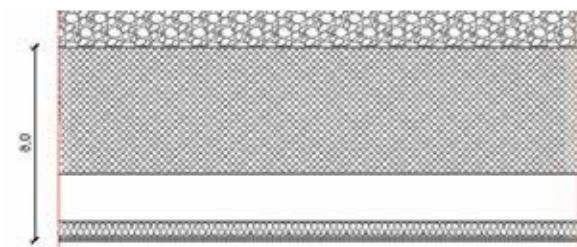


Fig. 5.29 Abaco - C.V. 03 - Muro controterra in cemento armato

- 1.idrolastra in cartongesso
- 2.foglio in alluminio
- 3.pannello in lana di roccia
- 4.membrana bituminosa
- 5.vano per la palificazione
- 6.calcestruzzo armato
- 7.polietilene ad alta densità

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S₀) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S ₀ [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,125	700,0	0,200	100,0	5,0	87,5	0,63	0,63	2,857
2	0,000	2700,0	220,000	962,3	700000,0	0,1	0,00	17,50	84,672
3	0,050	40,0	0,035	1046,0	1,0	2,0	1,43	0,05	0,837
4	0,003	1000,0	0,200	920,5	50000,0	2,8	0,01	140,00	0,217
5	0,150	1,0	0,818	1004,2	1,0	0,2	0,18	0,15	0,000
6	0,400	2300,0	2,300	1000,0	80,0	920,0	0,17	32,00	1,000
7	0,005	980,0	0,500	1799,1	100000,0	4,9	0,01	500,00	0,284
							0,13		

Tab. 5.05 Valori C.V. controterra

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.733 m
- Massa superficiale: 1017.4 kg/m²
- Potere fono-isolante: -
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 2.60 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.38 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.02 W/m²K
- Attenuazione: 0.05
- Sfasamento: 12h 35'
- Capacità termica periodica lato interno: 77.3 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato esterno: 9.8 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.02 W/m²K
- Attenuazione: 0.06
- Sfasamento: 12h 36'
- Capacità termica periodica lato interno: 79.5 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato esterno: 9.7 kJ/m²K

Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa:

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	13,6	-0,003	17,1	0,545
dicembre	11,8	0,199	15,2	0,534
gennaio	11,6	0,220	15,0	0,538
febbraio	11,1	0,234	14,5	0,526
marzo	11,1	-0,013	14,5	0,376

Tab. 5.06 Fattori di temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe

- Mese critico condensa: Novembre
- Fattore di temperatura: 0.545
- Resistenza minima accettabile: 0.55 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura: 0.234
- Resistenza minima accettabile: 0.33 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 2.60

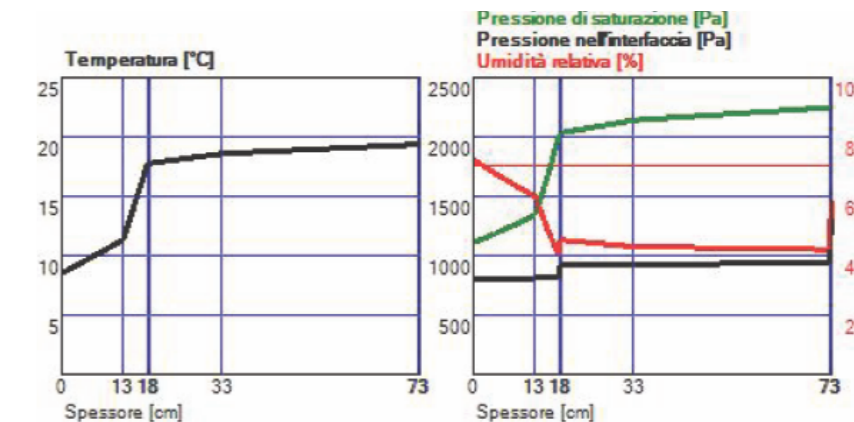


Fig. 5.30 Mese di Febbraio

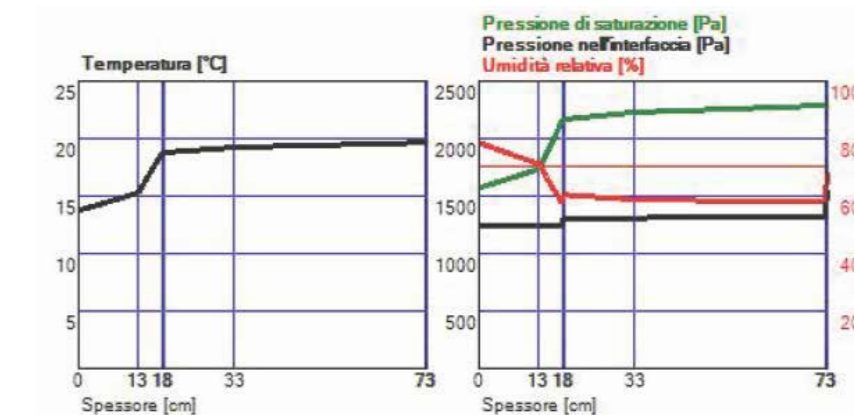


Fig. 5.31 Mese di Novembre

A lato i grafici dei mesi più critici riportanti la temperatura, la pressione di saturazione, la pressione nell'interfaccia e l'umidità relativa che si creano nel pacchetto.

5.4. CHIUSURE ORIZZONTALI

Le coperture sono unità tecnologiche costituite dall'insieme degli elementi tecnici orizzontali e sub-orizzontali aventi la funzione di individuare e delimitare spazi interni all'organismo edilizio, posti su differenti livelli.

Caratteristica di una chiusura orizzontale deve essere quella di mediare il microclima interno regolando:

- lo scambio termico;
- i flussi di umidità;
- i flussi luminosi e quelli sonori.

Deve inoltre garantire condizioni di sicurezza, proteggendo l'ambiente interno dagli agenti esterni.

Le due classi di elementi tecnici previste sono:

- coperture opache;
- infissi esterni orizzontali.

Le chiusure orizzontali principali da noi considerate sono lo sbalzo della copertura, due chiusure orizzontali praticabili e la chiusura orizzontale su vespaio areato.

Le due coperture analizzate sono: il tetto giardino e la copertura praticabile. Entrambi i casi sono stati ben isolati e impermeabilizzati per evitare le possibili infiltrazioni d'acqua. Le coperture presentano una pendenza circa del 2% così da consentire il deflusso dell'acqua. La pendenza minima ammissibile è funzione del materiale impiegato e delle condizioni ambientali. Inoltre è

stata considerata la posa di un controsoffitto all'interno, questo non solo ha la funzione di coprire la trave e di creare un vano per un eventuale passaggio degli impianti, ma serve anche per una migliore resistenza acustica, termica e al fuoco.

Lo sbalzo della copertura, è stato analizzato in maniera particolarmente accurata, dato che in prossimità di questo si sarebbe potuto formare un ponte termico, e quindi diventare un punto critico dell'edificio. Come si può vedere in seguito la situazione è stata risolta senza la formazione di ponti termici.

Infine sono state analizzate le chiusure orizzontali controterra, queste sono poste su una platea di fondazione. La chiusura che caratterizza la maggior parte dei solai controterra è costituita da un vespaio areato, al fine di separare la superficie di sedime dalla soletta abitabile inferiore così che non sia attinta da esalazioni, efflorescenze o altre contaminazioni. Inoltre è stato analizzato la chiusura controterra del chiostro interno alla Fabbrica della Moschea.

5.4.1. Il chiostro interno

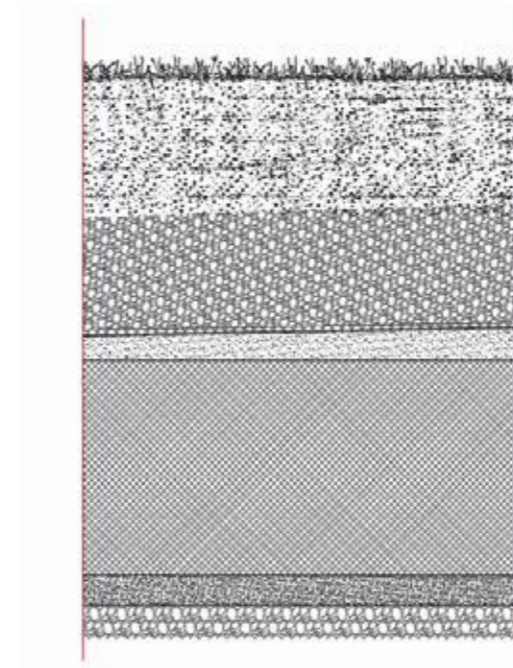


Fig. 5.32 Abaco C.O. - Chiostro interno

- 1. terreno saturo
- 2. strato di ghiaia drenante
- 3. tessuto non tessuto
- 4. guaina bituminosa antiradice
- 5. membrana impermeabilizzante in pvc
- 6 magrone di pendenza
- 7. platea di fondazione
- 8. magrone

All'interno della Fabbrica della Moschea, per portare luce e aria nella parte più centrale dell'edificio, è stato creato un chiostro dentro al quale si trova un piccolo giardino, dove le persone possono andare a rilassarsi. Oltre ad aumentare l'apporto luminoso nelle aule che sarebbero risultate più buie permette anche un miglior ricircolo dell'aria.

Il chiostro poggia sulla platea di fondazione, facendo quindi parte dell'edificio è stato trattato in maniera accurata per evitare problemi di umidità all'interno. È infatti stata fatta risvoltare per tutta la chiusura la guaina impermeabilizzata e la membrana antiradice. Il terreno ha una leggera pendenza verso il centro del chiostro, dove è presente un sistema di drenaggio.

È stato inoltre considerato un livello sufficiente di terreno al fine di avere un paio di piante all'interno del chiostro che creino ombreggiamento e rinfreschino l'ambiente.

5.4.2. Chiusura Orizzontale tetto giardino

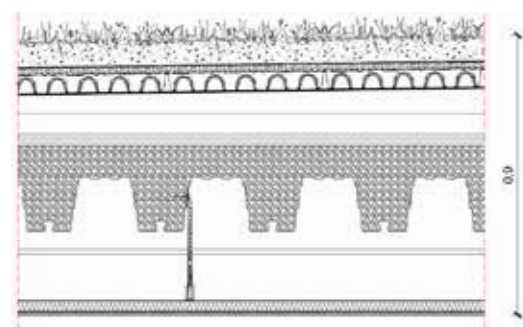


Fig. 5.33 Abaco - C.O. 02 - Copertura Praticabile verde

- 1.terreno saturo
- 2.tessuto non tessuto
- 3.drenaggio alveolare
- 4.guaina bituminosa antiradice
- 5.membrana impermeabilizzante in pvc
- 6 isolante vetrocellulare
- 7.pavilastra in gesso
- 8.barriera al vapore in polietilene
- 9.pavilastra in gesso
- 10.argilla espansa in granuli
- 11.lamiera grecata
- 12.camera d'aria non ventilata
- 13.pannello isolante in lana di roccia
- 14.lastra in cartongesso

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,100	1300,0	2,000	1842,0	2,0	130,0	0,05	0,20	0,835
2	0,000	946,0	0,240	2600,0	150000,0	0,1	0,00	15,00	0,098
3	0,001	946,0	0,240	2600,0	50000,0	0,9	0,00	50,00	0,098
4	0,005	950,0	0,150	1800,0	100000,0	4,8	0,03	500,00	0,088
5	0,002	1400,0	0,150	1255,2	10000,0	2,1	0,01	15,00	0,085
6	0,150	100,0	0,036	4184,0	1000000,0	15,0	4,17	150000,00	0,086
7	0,010	1200,0	0,430	1000,0	4,0	12,0	0,02	0,04	0,358
8	0,005	920,0	0,330	2200,8	100000,0	4,6	0,02	500,00	0,163
9	0,023	1200,0	0,430	1000,0	4,0	27,6	0,05	0,09	0,358
10	0,220	450,0	0,115	920,5	1,0	99,0	1,91	0,22	0,278
11	0,010	7800,0	50,000	451,9	1000000,0	78,0	0,00	10000,00	14,186
12	0,300	1,0	1,847	1004,2	1,0	0,3	0,16	0,30	0,000
13	0,040	70,0	0,035	1046,0	1,0	2,8	1,14	0,04	0,478
14	0,010	900,0	0,250	1000,0	4,0	9,0	0,04	0,04	0,278
							0,10		

Tab. 5.07 Valori C.O. Tetto giardino

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.9 m
- Massa superficiale: 386.2 kg/m²
- Potere fono-isolante: 49 dB
- Isolamento al calpestio: 78 dB
- Resistenza termica totale: 7.76 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.13 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.00 W/m²K
- Attenuazione: 0.00
- Sfasamento: 5h 6'
- Capacità termica periodica lato interno: 14 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 169 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.00 W/m²K
- Attenuazione: 0.00
- Sfasamento: 6h 5'

- Capacità termica periodica lato interno: 13.3 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 126.6 kJ/m²K

Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa:

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	12,1	0,050	15,5	0,462
dicembre	10,1	0,190	13,5	0,466
gennaio	9,9	0,206	13,2	0,470
febbraio	9,3	0,216	12,6	0,461
marzo	9,5	0,026	12,9	0,339

Tab. 5.08 Fattori temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe

- Mese critico condensa: Gennaio
- Fattore di temperatura: 0.470
- Resistenza minima accettabile: 0.47 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura: 0.216
- Resistenza minima accettabile: 0.32 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 7.76

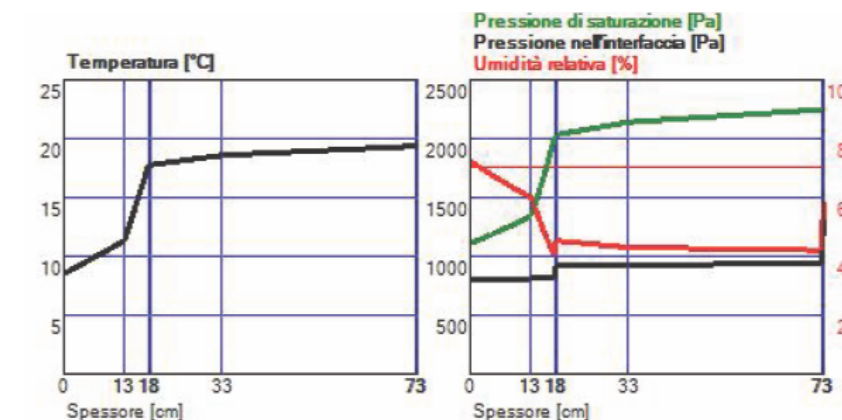


Fig. 5.34 Mese di febbraio

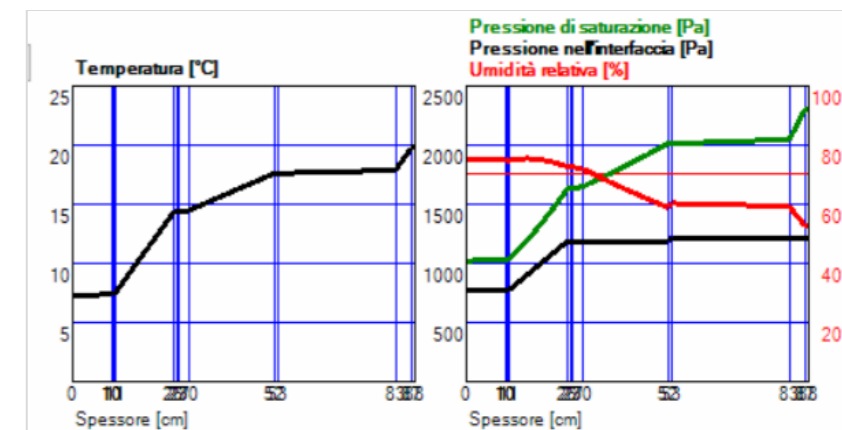


Fig. 5.35 Mese di Gennaio

5.4.3. Chiusura Orizzontale praticabile

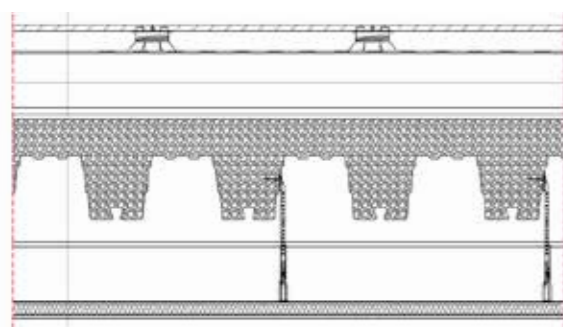


Fig. 5.36 Abaco - C.O. 03 - Copertura praticabile

- 1.pavimento galleggiante in pietra
- 2.membrana impermeabilizzante in pvc
- 3 isolante vetrocellulare
- 4.pavilastra in gesso
- 5.barriera al vapore in polietilene
- 6.pavilastra in gesso
- 7.argilla espansa in granuli
- 8.lamiera grecata
- 9.camera d'aria non ventilata
- 10.pannello isolante in lana di roccia
- 11..lastra in cartongesso

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Ms]
1	0,015	2300,0	1,700	1255,2	20,0	34,5	0,01	0,30	0,589
2	0,002	1400,0	0,150	1255,2	10000,0	2,1	0,01	15,00	0,085
3	0,010	1200,0	0,430	1000,0	4,0	12,0	0,02	0,04	0,358
4	0,005	920,0	0,330	2200,8	100000,0	4,6	0,02	500,00	0,163
5	0,023	1200,0	0,430	1000,0	4,0	27,6	0,05	0,09	0,358
6	0,220	330,0	0,104	920,5	1,0	72,6	2,12	0,22	0,342
7	0,010	7800,0	50,000	451,9	1000000,0	78,0	0,00	10000,00	14,186
8	0,300	1,0	1,847	1004,2	1,0	0,3	0,16	0,30	0,000
9	0,040	100,0	0,035	1046,0	1,0	4,0	1,14	0,04	0,335
10	0,010	700,0	0,210	1000,0	4,0	7,0	0,05	0,04	0,300

Tab. 5.09 Valori C.O. 02

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.64 m
- Massa superficiale: 242.7 kg/m²
- Potere fono-isolante: 48 dB
- Isolamento al calpestio: 76 dB
- Resistenza termica totale: 3.72 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.27 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.04 W/m²K
- Attenuazione: 0.15
- Sfasamento: 13h 35'
- Capacità termica periodica lato interno: 13.4 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 90.9 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.03 W/m²K
- Attenuazione: 0.12
- Sfasamento: 13h 35'
- Capacità termica periodica lato interno: 12.6 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 80.3 kJ/m²K

Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa:

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	12,8	0,140	16,3	0,554
dicembre	11,3	0,289	14,7	0,568
gennaio	11,1	0,306	14,5	0,573
febbraio	10,7	0,319	14,1	0,567
marzo	10,6	0,129	14,0	0,445

Fig. 5.39 Fattore di temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe:

- Mese critico condensa: Gennaio
- Fattore di temperatura: 0.573
- Resistenza minima accettabile: 0.59 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura:0.319
- Resistenza minima accettabile: 0.37 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 3.72

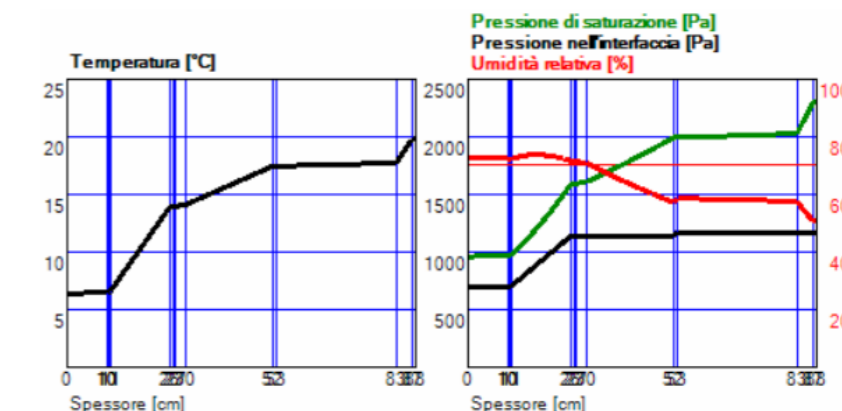


Fig. 5.37 Mese di Febbraio

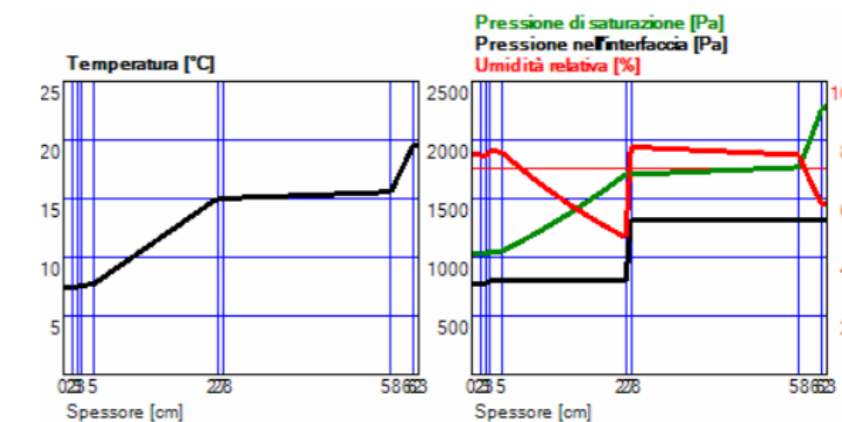


Fig. 5.38 Mese di Gennaio

5.4.4. Chiusura Orizzontale controterra

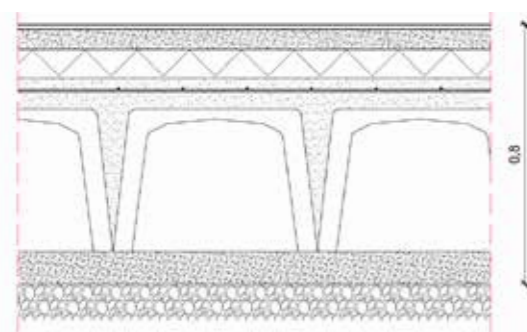


Fig. 5.40 Abaco - C.O. 04 - Solaio controterra

- Vespajo areato posato sopra un magrone
- 1.calcestruzzo armato
- 2.Isolante vetrocellulare
- 3. Barriera al vapore in polietilene
- 4.massetto in cls alleggerito
- 5.pavilatr in gesso
- 6.linoleum

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S₀) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S ₀ [m]	a [m²/Ms]
							0,17		
1	0,100	2400,0	2,000	1000,0	1,0	240,0	0,05	0,10	0,833
2	0,080	100,0	0,038	840,0	0,0	8,0	2,11	0,00	0,452
3	0,001	950,0	0,350	2092,0	100000,0	1,0	0,00	100,00	0,176
4	0,060	900,0	0,580	1000,0	1,0	54,0	0,10	0,06	0,644
5	0,010	900,0	0,300	1000,0	4,0	9,0	0,03	0,04	0,333
6	0,003	1200,0	0,170	1401,6	800,0	3,0	0,01	2,00	0,101

Tab. 5.10 Tabella valori - C.O. 04

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.254 m
- Massa superficiale: 315 kg/m²
- Potere fono-isolante: -
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 2.65 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.38 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.08 W/m²K
- Attenuazione: 0.21
- Sfasamento: 9h 33'
- Capacità termica periodica lato interno: 44.1 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 70.8 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.15 W/m²K
- Attenuazione: 0.39
- Sfasamento: 8h 13'
- Capacità termica periodica lato interno: 53.9 kJ/m²K
- Capacità termica periodica lato interno: 109.9 kJ/m²K

Verifica del rischio di formazione di muffe e di condensa:

Mese	Rischio condensa		Rischio formazione muffe	
	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura	Temperatura minima superficiale [°C]	Fattore di temperatura
novembre	13,6	-0,003	17,1	0,545
dicembre	11,8	0,199	15,2	0,534
gennaio	11,6	0,220	15,0	0,538
febbraio	11,1	0,234	14,5	0,526
marzo	11,1	-0,013	14,5	0,376

Tab. 5.11 Fattore di temperatura

Verifica del rischio di formazione delle muffe

- Mese critico condensa: Novembre
- Fattore di temperatura: 0.545
- Resistenza minima accettabile: 0.55 m²K/W

Verifica del rischio di condensa interstiziale

- Mese critico condensa: Febbraio
- Fattore di temperatura:0.234
- Resistenza minima accettabile: 0.33 m²K/W
- Resistenza dell'elemento: 2.65

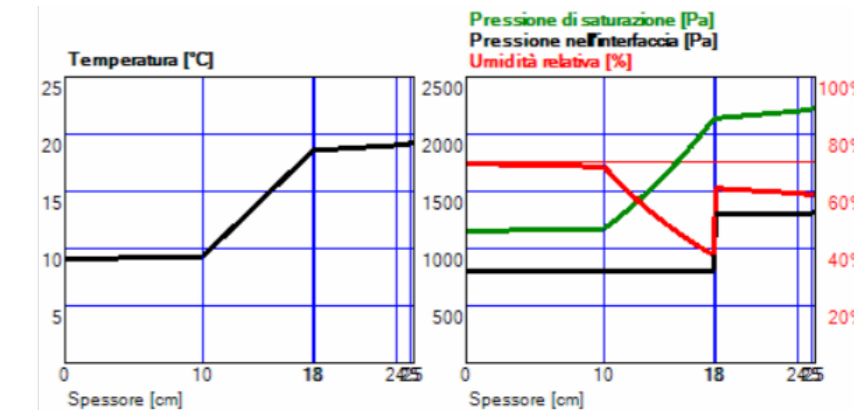


Fig. 5.41 Mese di Febbraio

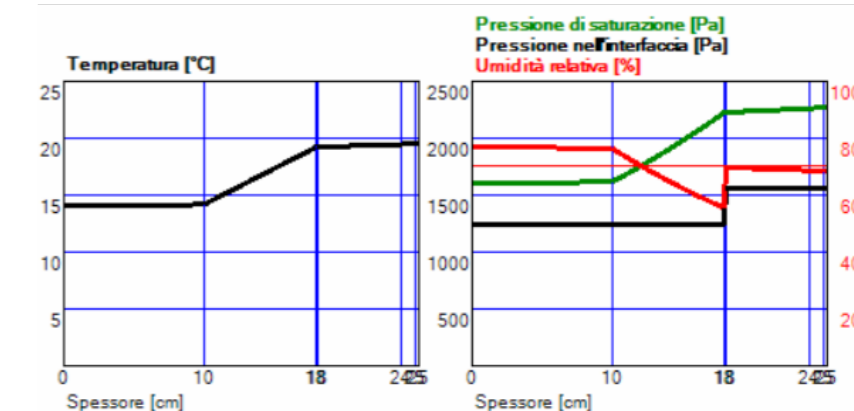


Fig. 5.42 Mese di Novembre

5.5. PARTIZIONI VERTICALI

Le pareti interne hanno come funzione principale quella di delimitare gli spazi in relazione alle attività previste.

Le partizioni possono avere più gradi di flessibilità in funzione della tecnica costruttiva adottata per la loro realizzazione.

Queste devono controllare diversi fenomeni, tra cui: fenomeni acustici (isolamento e riverberazione), ottici (visibilità e riflessione luminosa), termici (isolamento e inerzia termica), igrotermici (condensazione), idrodinamici (tenuta all'acqua, capillarità), gassosi (odori), elettromagnetici (raggi X e altre radiazioni), chimici (emanazione sostanze chimiche) e pirici (tenuta e isolamento al fuoco).

Nel caso in oggetto, la necessità ed esigenza di realizzare ambienti con elevate prestazioni di isolamento acustico, soprattutto al fine di eliminare gli effetti di riverbero e eco all'interno di aule e laboratori, ha portato alla scelta di pareti leggere.

Queste sono caratterizzate da un comportamento smorzante massa-molla-massa, differente rispetto ai tradizionali tamponamenti in laterizio.

Altro vantaggio offerto dalle pareti leggere è l'attrezzabilità, esse infatti possono essere facilmente bucate attraverso l'ausilio di seghe a tazza ed attrezzate mediante il passaggio di cavi o tubi.

Criteri operativi ed economici

- **Costruibilità.** Le pareti intelaiate sono realizzate da montatori specializzati con la seguente sequenza operativa: montaggio del telaio e di una lastra, predisposizione impianti, isolamento, seconde lastre, realizzazione giunti e finitura a giunti asciutti.
- **Tempi.** i tempi vanno considerati tenendo conto degli intervalli necessari fra le diverse lavorazioni e vede, per una coppia di addetti, realizzare 16 mq al giorno per pareti leggere.
- **Manutenibilità.** le soluzioni intelaiate hanno durabilità gerarchizzata per finitura e lastre.
- **Costi.** il criterio di calcolo dei costi è molto complesso ma sinteticamente si può affermare che il costo globale (ovvero quello che comprende anche la manutenzione) è approssimativamente uguale ai sistemi in muratura.

Isolamento acustico di una parete

L'organismo edilizio progettato presuppone la necessità di garantire un determinato benessere acustico ai fruitori.

Importante quindi controllare le sorgenti di rumore sia interne che esterne in modo da determinare situazioni acustiche ambientali favorevoli allo svolgimento delle attività per le quali l'opera è stata pensata.

Si parla di assorbimento acustico quando ci si pone ad operare al fine di attenuare i rumori aerei prodotti nel locale stesso.

Data l'impossibilità di intervenire sul rumore diretto, per diminuire il livello sonoro totale è importante ridurre l'energia riflessa delle pareti di confine. E' possibile ottenere questo risultato aumentando l'aria equivalente di assorbimento acustico. Ciò risulta possibile questo utilizzando materiale fonoassorbente sulle pareti.

Importante notare come, poiché il coefficiente di assorbimento acustico apparente del materiale fonoassorbente varia con la frequenza del suono incidente, anche il valore della attenuazione sarà in funzione della frequenza. Nelle situazioni normali si possono ottenere attenuazioni massime di 7-8 dB.

Si parla, invece, di potere fonoisolante ed isolamento acustico nel caso di isolamento dai rumori aerei provenienti dall'esterno degli ambienti disturbati.

5.5.1. Partizione Verticale a secco

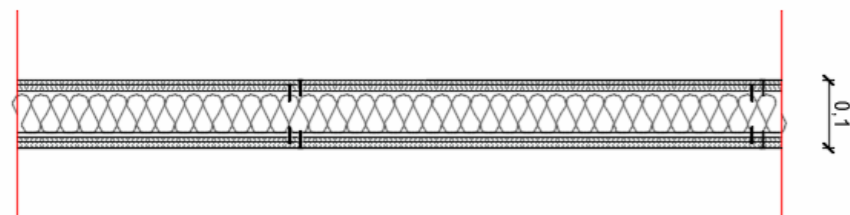


Fig. 5.43 Abaco - P.V. 01 - stratigrafia a secco

- 1.strato di rasatura in stucco
- 2.sistema di rivestimento doppio con lastre di cartongesso
- 3.pannello isolante in lana di roccia
- 4.sistema di rivestimento doppio con lastre di cartongesso
- 5.strato di rasatura in stucco

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m ²]	R [m ² K/W]	S _p [m]	a [m ² /Ms]
							0,13		
1	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
2	0,005	950,0	0,350	2092,0	100000,0	4,8	0,01	500,00	0,176
3	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
4	0,050	70,0	0,035	1046,0	1,0	3,5	1,43	0,05	0,478
5	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
6	0,005	950,0	0,350	2092,0	100000,0	4,8	0,01	500,00	0,176
7	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
							0,13		

Tab. 5.12 Tabella valori P.V. 01

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.1 m
- Massa superficiale: 54.4 kg/m²
- Potere fono-isolante: 47 dB
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 1.94 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.52 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

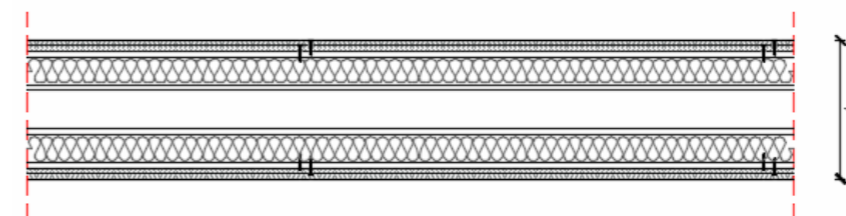
- Trasmittanza termica periodica: 0.46W/m²K
- Attenuazione: 0.9
- Sfasamento: 9h 33'
- Capacità termica periodica lato interno: 27.2 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.47 W/m²K
- Attenuazione: 0.9
- Sfasamento: 8h 13'
- Capacità termica periodica lato interno: 27.3 kJ/m²K

Non sono presenti fenomeni mufte ne di condensa interstiziale.

5.5.2. Partizione Verticale a secco con vano impianti



Tab. 5.13 Abaco - P.V. 02 - stratigrafia a secco

- strato di rasatura in stucco
- sistema di rivestimento doppio con lastre di cartongesso
- pannello isolante in lana di roccia
- camera d'aria non ventilata
- pannello isolante in lana di roccia
- sistema di rivestimento doppio con lastre di cartongesso
- strato di rasatura in stucco

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m ²]	R [m ² K/W]	S _p [m]	a [m ² /Ms]
							0,13		
1	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
2	0,005	950,0	0,350	2092,0	100000,0	4,8	0,01	500,00	0,176
3	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
4	0,060	70,0	0,035	1046,0	1,0	4,2	1,71	0,06	0,478
5	0,100	1,0	0,546	1004,2	1,0	0,1	0,18	0,10	0,000
6	0,060	70,0	0,035	1046,0	1,0	4,2	1,71	0,06	0,478
7	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279
8	0,005	950,0	0,350	2092,0	100000,0	4,8	0,01	500,00	0,176
9	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,4	0,05	0,09	0,279

Tab. 5.14 Tabella valori P.V. 02

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.3 m
- Massa superficiale: 59.4 kg/m²
- Potere fono-isolante: 58 dB
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 4.12 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.24 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.20W/m²K
- Attenuazione: 0.84
- Sfasamento: 4h 26'
- Capacità termica periodica lato interno: 28.8 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.21 W/m²K
- Attenuazione: 0.85
- Sfasamento: 4h 21'
- Capacità termica periodica lato interno: 28.9 kJ/m²K

Non sono presenti fenomeni mufte ne di condensa interstiziale.

5.5.3. Partizione Verticale vano scala

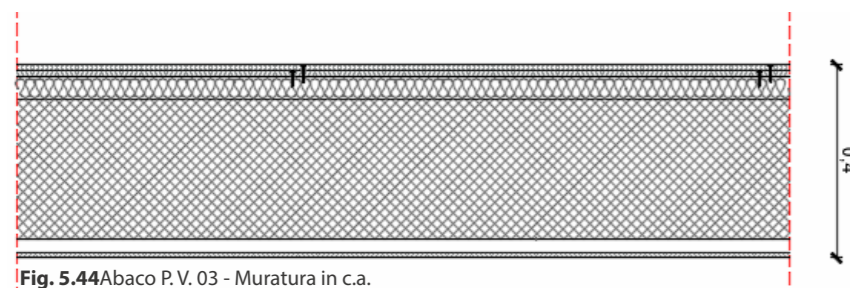


Fig. 5.44 Abaco P.V. 03 - Muratura in c.a.

- 1.cartongesso in lastre
- 2.polietilene
- 3.cartongesso in lastre
- 4.isolante in lana di roccia
- 5.cemento armato
- 6.camera non ventilata
- 7.lastra di cartongesso

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ),conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a).

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Js]
							0,13		
1	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,8	0,06	0,10	0,279
2	0,005	950,0	0,350	2092,0	100000,0	4,8	0,01	500,00	0,176
3	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,8	0,06	0,10	0,279
4	0,050	150,0	0,038	1046,0	1,0	7,5	1,32	0,05	0,242
5	0,300	2400,0	2,000	1000,0	1,0	720,0	0,15	0,30	0,833
6	0,030	1,0	0,164	1004,2	1,0	0,0	0,18	0,03	0,000
7	0,012	900,0	0,210	836,8	8,0	10,8	0,06	0,10	0,279

Tab. 5.15 Tabella valori P.V. 03

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.42 m
- Massa superficiale: 764.7 kg/m²
- Potere fono-isolante: 62 dB
- Isolamento al calpestio: -
- Resistenza termica totale: 2.09 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.48 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.02 W/m²K
- Attenuazione: 0.04
- Sfasamento: 12h 16'
- Capacità termica periodica lato interno: 34.8 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.2 W/m²K
- Attenuazione: 0.05
- Sfasamento: 12h 12'
- Capacità termica periodica lato interno: 37.4 kJ/m²K

Non sono presenti fenomeni mufte ne di condensa interstiziale.

5.6. PARTIZIONI ORIZZONTALI

La tecnologia utilizzata per questo tipo di partizioni, come per quelle verticali è di tipo stratificata a secco.

Obiettivo è quello di garantire condizioni di comfort ed igiene costanti per tutti gli spazi funzionali e di servizio.

Nella realizzazione delle partizioni orizzontali (come il solaio tipo che a seguito analizzeremo PO1), si è posta l'attenzione verso l'utilizzo di materiali innovativi, basti pensare all'argilla espansa Leca.

La lamiera grecata collaborante contiene argilla espansa. Leca che è un aggregato leggero non contenente materiali organici né loro derivata, non marcisce, non si degrada nel tempo, resiste bene ad acidi, basi e solventi conservando inalterate le sue caratteristiche, sottoposto al gelo, non si rompe né si imbibisce. E' incombustibile (Euroclasse A1).

L'origine del prodotto, unitamente ad un processo produttivo rispettoso dell'ambiente, permette all'aggregato leggero argilla espansa Leca di essere un prodotto ecobiocompatibile e certificato ANAB-ICEA per la applicazioni in Bioedilizia.

Poi, posando un pavilastra sopra lo strato di argilla espansa, si può ottenere la base per posare la pavimentazione più adatta. Abbiamo ipotizzato di avere nella maggior parte degli ambienti un pavimento sopraelevato, per agevolare il passaggio degli impianti, sopra il quale posare uno strato di linoleum. I Pavimenti

in linoleum, oltre ad avere le stesse caratteristiche dei pavimenti in PVC e gomma, si differenziano da loro per la naturalezza dei propri componenti, infatti è un materiale organico e molto resistente. Mentre nei bagni verranno posate delle piastrelle sopra un strato di massetto di cls alleggerito.

Per soddisfare invece la realizzazione del vano scala, che rappresenta uno dei due controventi dell'edificio, e si è ritenuto opportuno l'utilizzo di una tecnologia più classica.

Nel caso della P.O. 2 si propone infatti una soletta in cls armato che corre lungo tutto il perimetro del vano scale.

5.6.1. Partizione orizzontale leggera

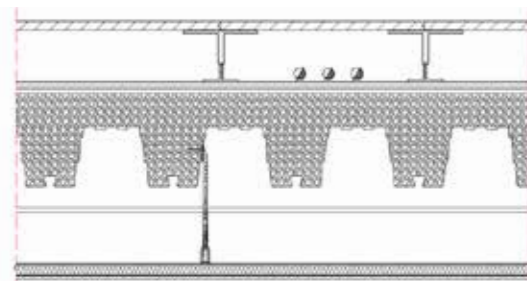


Fig. 5.45 Abaco - P.O. 01 - Stratigrafia a secco

- 1.Lionoleum
- 2.Pavilastra in silicato di calcio
- 3.Camera non ventilata
- 4.Lastra in gesso
- 5.Foglio di alluminio
- 6.Lastra in gesso
- 7.Argilla espansa in granuli
- 8.Lamiera grecata
- 9.Camera non ventilata
- 10.Pannello in lana di roccia
- 11.Lastra in cartongesso

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ), conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a)

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Ms]
							0,17		
1	0,050	1200,0	0,170	1401,6	800,0	60,0	0,29	40,00	0,101
2	0,025	1,0	0,440	1000,0	1,0	0,0	0,06	0,03	440,000
3	0,150	1,0	0,656	1004,2	1,0	0,2	0,23	0,15	0,000
4	0,010	900,0	0,300	1000,0	4,0	9,0	0,03	0,04	0,333
5	0,000	2700,0	220,000	962,3	1700000,0	0,1	0,00	85,00	84,672
6	0,025	900,0	0,300	1000,0	4,0	22,5	0,08	0,10	0,333
7	0,020	450,0	0,115	920,5	1,0	9,0	0,17	0,02	0,278
8	0,050	8000,0	17,000	502,1	2000000,0	400,0	0,00	100000,00	4,232
9	0,030	1,0	0,151	1004,2	1,0	0,0	0,20	0,03	0,000
10	0,035	40,0	0,035	1046,0	1,0	1,4	1,00	0,04	0,837
11	0,010	900,0	0,210	836,8	8,0	9,0	0,05	0,08	0,279

Tab. 5.16 Tabella valori P.O. 01

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.405 m
- Massa superficiale: 511.2 kg/m²
- Potere fono-isolante: 43 dB
- Isolamento al calpestio: 68 dB
- Resistenza termica totale: 2.39 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.42 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.03 W/m²K
- Attenuazione: 0.06
- Sfasamento: 11h 19'
- Capacità termica periodica lato interno: 13.1 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.3 W/m²K
- Attenuazione: 0.08
- Sfasamento: 10h 46'
- Capacità termica periodica lato interno: 12.9 kJ/m²K

Non sono presenti fenomeni mufte ne di condensa interstiziale.

5.6.2. Partizione orizzontale in cemento armato

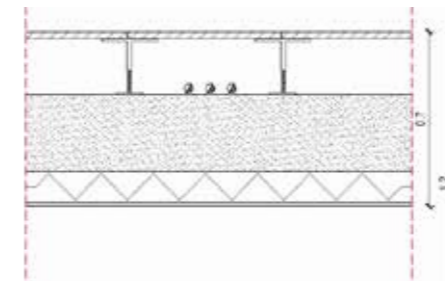


Fig. 5.46 Abaco - P.O. 02 - Soletta in c.a.

- 1.Lionoleum
- 2.Lastra in silicato di calcio
- 3.Camera non ventilata
- 4.Calcestruzzo armato
- 5.Pannello in lana di roccia
- 6.Cartongesso in lastre

Nella seguente tabella sono riportati i valori di spessore (s), densità (ρ), conduttività(λ), calore specifico (c), fattore di resistenza al vapore(μ), massa superficiale(M_s), resistenza termica (R), spessore equivalente d'aria (S_p) e diffusività (a)

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	μ [-]	M _s [kg/m²]	R [m²K/W]	S _p [m]	a [m²/Ms]
							0,17		
1	0,005	1200,0	0,170	1401,6	800,0	6,0	0,03	4,00	0,101
2	0,025	1,0	0,440	1000,0	1,0	0,0	0,06	0,03	440,000
3	0,230	1,0	0,992	1004,2	1,0	0,2	0,23	0,23	0,000
4	0,300	2400,0	2,000	1000,0	1,0	720,0	0,15	0,30	0,833
5	0,120	100,0	0,035	1046,0	1,0	12,0	3,43	0,12	0,335
6	0,015	900,0	0,210	836,8	8,0	13,5	0,07	0,12	0,279
							0,10		

Tab. 5.17 Tabella valori P.O. 02

Parametri stazionari:

- Spessore: 0.695 m
- Massa superficiale: 751.8 kg/m²
- Potere fono-isolante: 62 dB
- Isolamento al calpestio: 65 dB
- Resistenza termica totale: 4.24 m²K/W
- Trasmittanza termica totale: 0.24 W/m²K

Parametri dinamici (invernali):

- Trasmittanza termica periodica: 0.01 W/m²K
- Attenuazione: 0.03
- Sfasamento: 13h 4'
- Capacità termica periodica lato interno: 27.1 kJ/m²K

Parametri dinamici (estivi):

- Trasmittanza termica periodica: 0.01 W/m²K
- Attenuazione: 0.04
- Sfasamento: 13h 6'
- Capacità termica periodica lato interno: 37.4 kJ/m²K

Non sono presenti fenomeni mufte ne di condensa interstiziale.

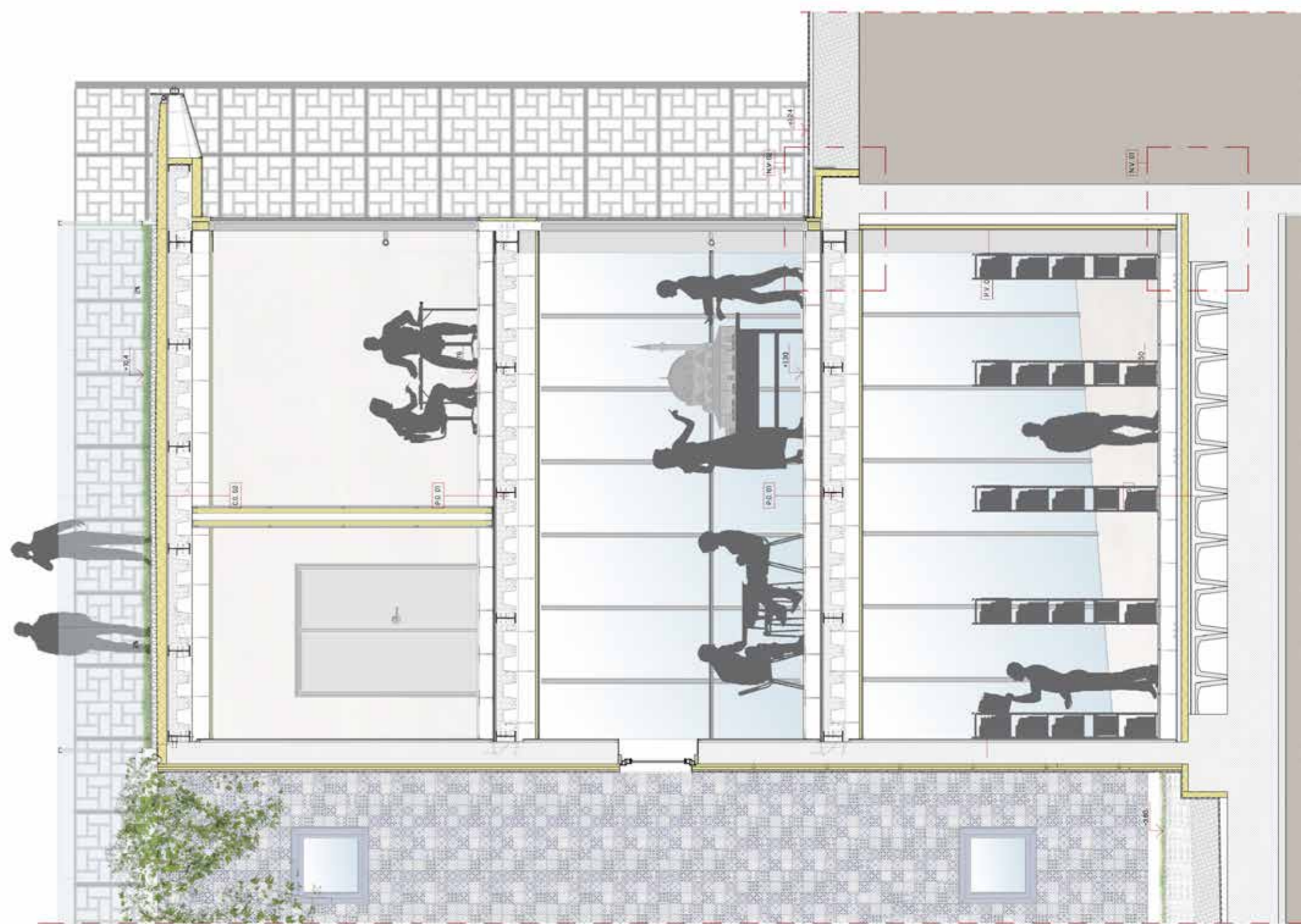


Fig. 5.47 A lato: Sezione tecnologica - Scala: adattata

5.7. DETTAGLI TECNOLOGICI

5.7.1. La palificazione

Si è proposto l'utilizzo di una palificata per realizzare lo scavo di fondazione, poiché il complesso di edifici è un livello ipogeo (-3.50m circa sotto al livello della strada), l'area di progetto è molto ampia lo spazio utile ridotto. Questo sistema, oltre ad essere più conveniente dal punto di vista ergotecnico, permette di non risentire della spinta che il terreno esercita sulla muratura.

Nei nodi riportati in seguito si può notare che l'interfaccia con il terreno la palificazione sostiene la spinta del stesso. I pali raggiungono la profondità di circa -7.00m.

Pertanto nel locale semi-interrato è stato possibile utilizzare una parete autoportante con due lastre di cartongesso sostenute da un'orditura metallica e racchiudenti uno strato di isolante in lana di roccia; la parete è separata dalla palificazione tramite un'intercapedine d'aria di 15cm.

Il collegamento tra la palificazione e il solaio avviene attraverso la così detta testa del palo: questa è stata adeguatamente isolata e impermeabilizzata per evitare ponti termici ed eventuali infiltrazioni d'acqua. Infatti è stata protetta dalla membrana antiradice e da una doppia membrana impermeabilizzante.

Alla testa del palo viene fissato mediante tirafondi il controtelaio a cui è fissato il serramento. Il trattamento basso-emissivo conferisce al triplo-vetro qualità tali da mantenere ottime proprietà di

isolamento termico nei mesi invernali, ed in estate mantiene il fresco.

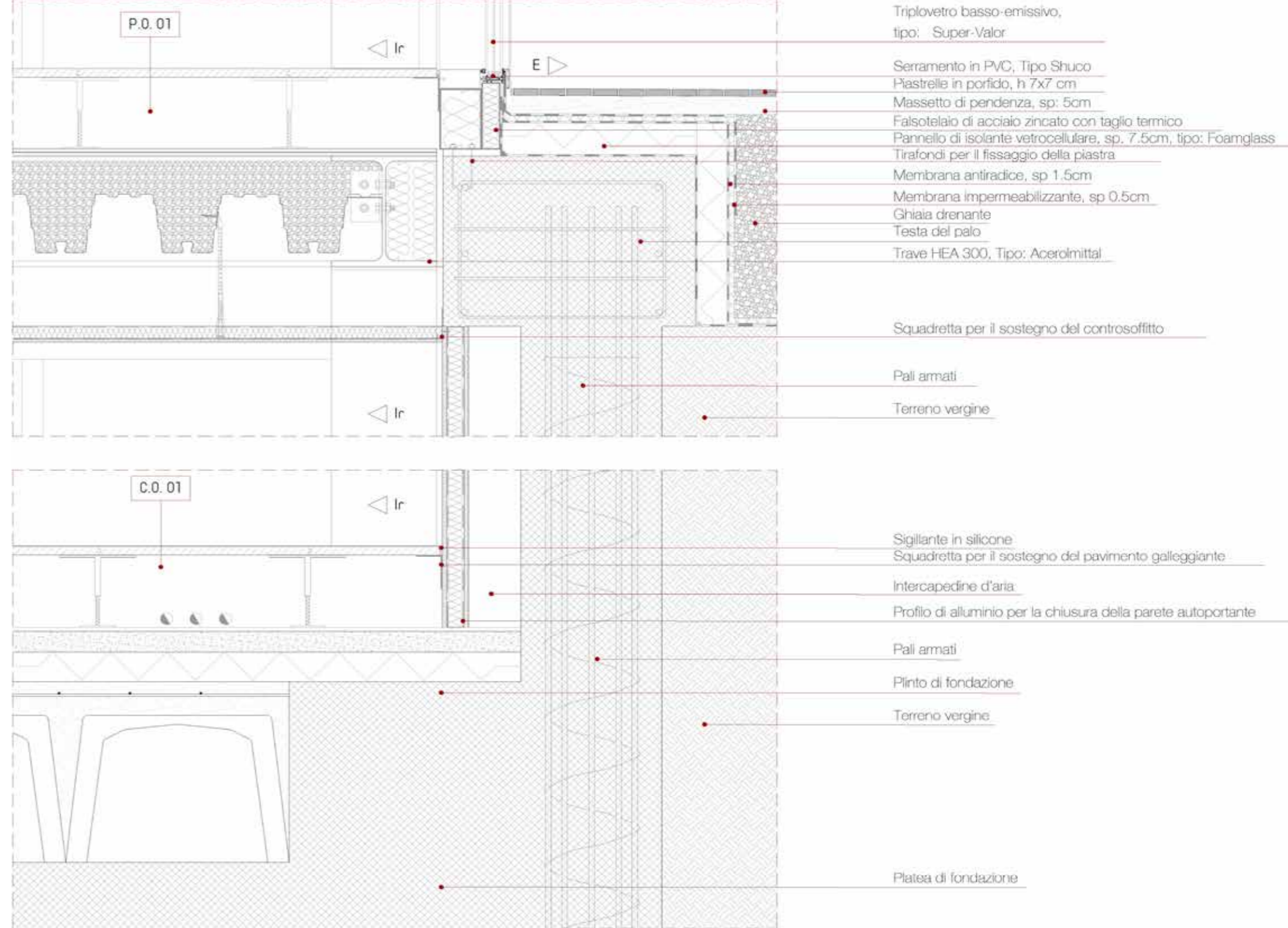


Fig. 5.48 A Lato: Dettagli tecnologici - nodi - Scala: adattata

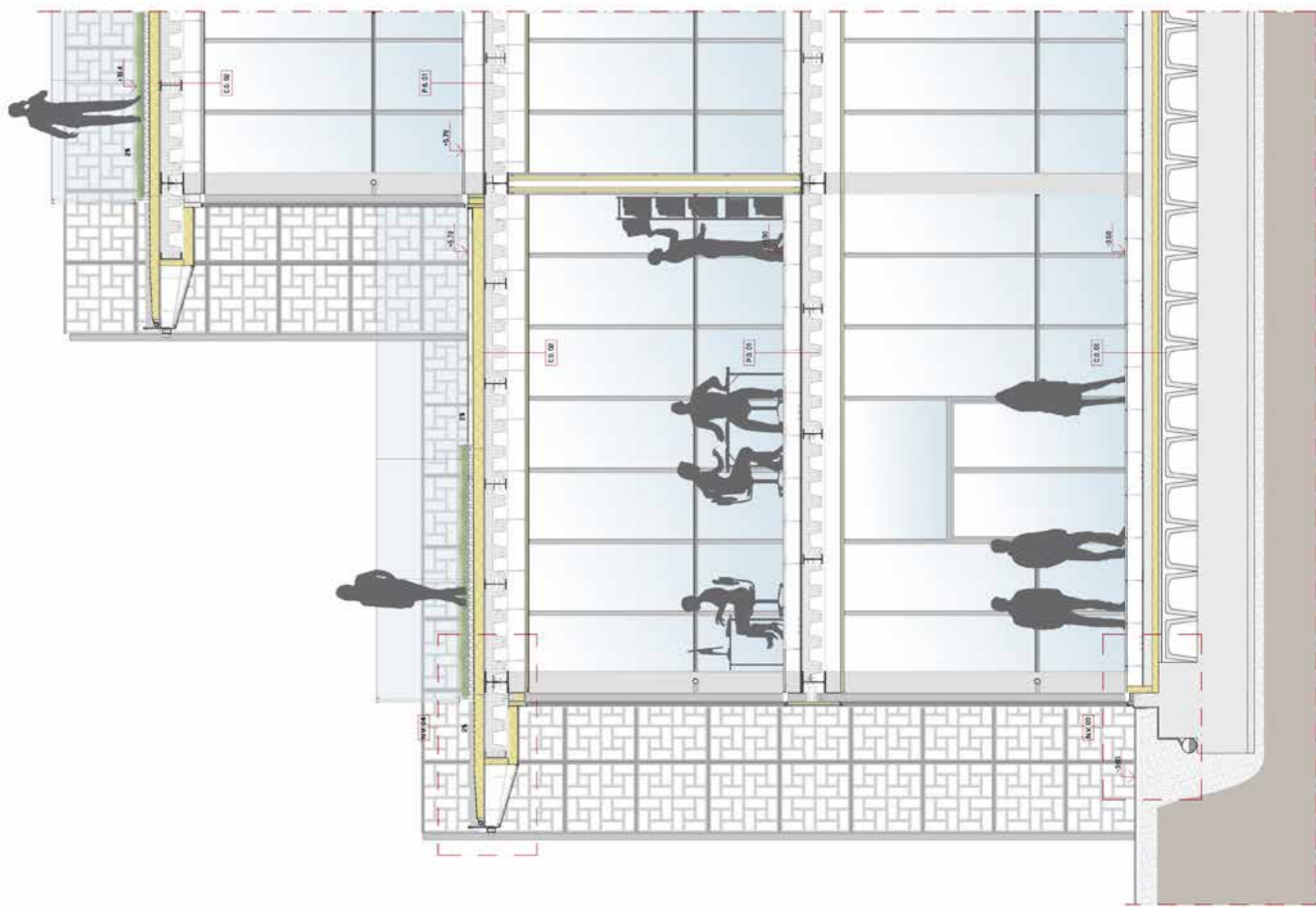


Fig. 5.49 A lato: Sezione tecnologica - Scala: adattata

5.7.2. La copertura a sbalzo

Nei nodi riportati in seguito è stato analizzato l'attacco della copertura a sbalzo dell'edificio e la chiusura controterra.

Tutti gli edifici del complesso sono caratterizzati da una copertura verde parzialmente praticabile. La copertura termina con 1.50m di sbalzo, non praticabile ricoperto da uno strato di ghiaia drenante dove l'acqua viene incanalata in appositi tubi di drenaggio. La parte a sbalzo è separata dalla zona praticabile mediante un parapetto in vetro, fissato direttamente alla trave.

La trave secondaria (IPE 330) della copertura viene rastremata fino a raggiungere un'altezza di 18 cm, dove viene fissata puntualmente la struttura della lamiera forata. La lamiera forata ha uno spessore di 0.4cm ed è corredata da un'orditura di due profili, montanti e traversi, tubolari (15x10cm).

Alla trave vengono inoltre fissati una serie di pendini da esterni che servono per il sostegno delle lastre di GRC tramite delle viti autofilettanti.

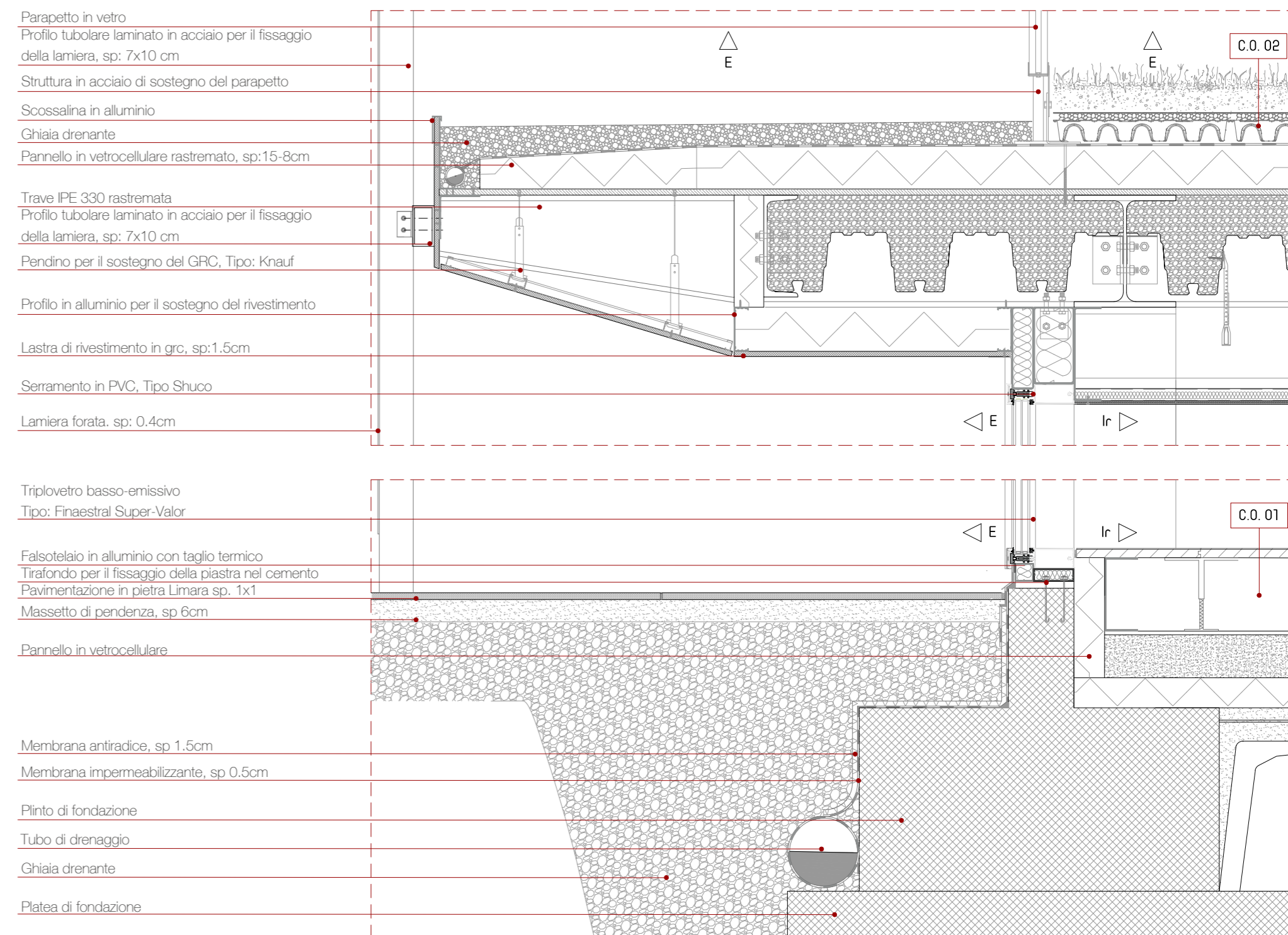
Il tutto è rivestito da uno strato di isolante rigido in lana di vetro per evitare ponti termici, che incrementa l'isolamento termico dell'argilla espansa contenuta nella lamiera grecata.

Nella chiusura controterra si crea un cordolo di collegamento in cemento armato dove fissare il serramento e la chiusura verticale al fine di evitare il contatto fra la stratigrafia a secco e il terreno. Il getto di cemento è stato adeguatamente protetto

tramite membrana antiradice e guaina impermeabilizzante. Anche in questo caso il serramento è stato fissato nel cemento mediante l'utilizzo di tirafondi.

Inoltre il pannello in isolante vetrocellulare della partizione controterra risolta all'interno del pavimento galleggiante in modo da evitare possibili ponti termici.

Fig. 5.50 A Lato: Dettagli tecnologici - nodi - Scala: adattata



06

PROGETTO ENERGETICO
IMPIANTISTICO

6.1. La strategia ambientale e tecnologica, gli impianti

6.1.1. Prestazioni energetiche

6.1.2. Il comportamento invernale

6.1.3. Comportamento estivo

6.1.4. Irraggiamento attraverso superfici trasparenti

6.1.5. Radiazione e trasmissione attraverso superfici opache

6.1.6. Trasmissioni-superfici vetrate

6.1.7. Carichi interni

6.1.8. Dimensionamento della rete di distribuzione

6.1.9. I radiatori

6.1.10. La ventilazione

6.1.11. Calcolo della portata d'aria

6.1.12. I trattamenti dell'aria

6.1.13. Dimensionamento componenti UTA

6.1.14. Il riciclo delle acque

6.1.15. Le aree verdi

6.2. La radiazione solare

6.3. I parametri da calcolare

6.4. La luce naturale

6.5. La scelta dei vetri

6.5.1. Le proprietà del vetro

6.5.2. Le caratteristiche energetiche del vetro

6.6. Analisi illuminotecnica

6.6.1. Calcolo illuminamento

6.6.2. Calcolo del FATTORE DI LUCE DIURNA

In questa fase dell'ingegnerizzazione del progetto si valuta l'impatto del sistema impiantistico ed energetico sull'edificio e sull'ambiente che lo circonda.

Un'analisi generale degli impianti di riscaldamento e raffreddamento verrà seguita da un dimensionamento più specifico delle aule dei laboratori di ricerca.

L'ultima analisi condotta è invece quella illuminotecnica, che ha permesso di analizzare la quantità di luce naturale necessaria ad illuminare gli ambienti interni, dimensionando la schermatura esterna.

6.1. LA STRATEGIA AMBIENTALE E TECNOLOGICA, GLI IMPIANTI

6.1.1. Prestazioni energetiche

Prima di procedere con il dimensionamento dell'impianto di controllo termico dell'edificio è stata effettuata un'analisi precisa sulle dispersioni invernali e sui carichi termici estivi riguardanti l'edificio. Di seguito viene illustrato brevemente il procedimento seguito in entrambi i casi per la determinazione dei fabbisogni invernali di riscaldamento ed estivi di raffrescamento, riportando tutti i parametri e le variabili considerate e le considerazioni che, in entrambi i casi, ne sono derivate. Questo si è rivelato un punto di grande importanza, da cui poter partire per eseguire tutti i ragionamenti di natura impiantistica.

6.1.2. Il comportamento invernale

Il calcolo delle dispersioni termiche viene di norma eseguito considerando condizioni di regime stazionario, cioè con temperature costanti sia degli ambienti da riscaldare sia dell'aria esterna, visto che l'escursione termica giornaliera in inverno è piuttosto contenuta. Da tenere in considerazione che il dimensionamento degli impianti viene fatto in corrispondenza del massimo fabbisogno prevedibile, quindi per condizioni di temperatura esterna minima. In tale calcolo si possono inoltre ritenere trascurabili gli apporti del sole dovuti all'irraggiamento, nonché il ritardo con cui il flusso termico si propaga nella struttura. Infine nella determinazione del fabbisogno termico per il periodo invernale non sono state considerate le dispersioni per ventilazione, ma ci si è

limitati a considerare solo quelle per trasmissione. Infine non sono nemmeno state prese in considerazione le eventuali sorgenti di calore saltuario o non determinanti (tipo illuminazione, presenza di persone ecc). Si tratta in ogni caso di approssimazioni volte a favore di sicurezza.

Prendendo come riferimento le norme italiane D.P.R. 28/06/1977 n.1052 e dal D.M. 10/03/1977, si è presa come temperatura come in altri casi affrontati in precedenza quella di Bari dell'aria esterna 0°C, mentre la temperatura interna da mantenere è stata considerata pari 20°C per destinazione d'uso quali uffici, scuole ecc. in accordo alle prescrizioni sul comfort. Prima di procedere con il calcolo del fabbisogno termico è necessario individuare tutte le stratigrafie presenti nell'unità in studio e calcolarne la trasmittanza termica. Di seguito viene mostrato un esempio di calcolo del fabbisogno nel periodo invernale nel caso di un'aula di laboratorio singolo. Il procedimento deve essere poi ripetuto per ogni singolo locale.

Conoscendo la conduttività λ di ogni materiale (tabulata da normativa o schede tecniche) e lo spessore si procede con il calcolo della resistenza termica di ogni singolo strato, utilizzando la seguente formula: $R = sp / \lambda$

L'unità di misura di λ è W/mK, lo spessore è espresso in metri, ne risulta la resistenza in m²K/W.

Gli strati di aria ferma in prossimità di pareti, pavimento e soffitto aumentano la resistenza termica di un fattore $R=1/C$, con C coefficiente liminare (espresso in W/m²°K), tabulato da normativa.

Le resistenze dei singoli strati e le resistenze degli strati di aria ferma si possono sommare per ottenere la resistenza totale del pacchetto. Si calcola quindi la trasmittanza di ogni pacchetto facendo il reciproco della resistenza totale: $U = 1/R$ [W/m²K]¹

Si prende ora in esame un'aula teoria al piano secondo.



Fig. 6.01 Estratto pianta: aula teorica

Una volta calcolata la trasmittanza, si procede misurando le superfici di ogni locale espresse in m², considerando sia quelle che danno sull'esterno sia quelle che danno su spazi intermedi, distinguendo inoltre tra superfici opache e trasparenti. Per quanto riguarda le temperature, l'aula presa in esame si trova al piano secondo, Le vetrate esposte a Est e Nord confinano con l'esterno, dove si considera una temperatura di -5°C; lo stesso vale per il soffitto il quale è esposto alle temperature esterne invernali.

Nella tabella sottostante sono riportati i risultati dei calcoli fin'ora elencati, facendo riferimento all'aula teorica del secondo piano. In

particolare:

$$\Phi = S \times \Delta T \times U \times \text{coeff. esp.} \times \text{intermittenza}$$

Dove:

S=superficie [m²]

ΔT= 25°C

U= trasmittanza termica [W/m²°K]

numero	tipologia	orientamento	U	ΔT	superficie	coeff. Esposizione	intermittenza	Φ
1	vetro	N	0,9	25	52,00	1,15	1,1	887,8385
2	vetro	N	0,9	25	25,46	1,2	1,1	504,108
3	parete	O	0,26	24	25,46	1,1	1,1	192,253184
4	tetto giardino	-	0,13	25	43	1	1,1	153,725

Tab. 6.01 Caratteristiche aula teorica

Bisogna evidenziare il fatto che ogni tipo di superficie esposta deve tener conto di un coefficiente correttivo in base all'orientamento di essa, nello specifico caso all'orientamento Est corrisponde un valore pari a 1.15; Nord 1.2; Ovest 1.1. Mentre alla superficie orizzontale corrisponde un valore pari ad 1.

Si rammenta inoltre che ai fini di questa trattazione risulta di maggiore rilevanza considerare la potenza dispersa per trasmissione piuttosto che il calore disperso in un dato periodo di tempo, dovendo correlare tale valore al dimensionamento di un preciso impianto; si parlerà quindi più propriamente di potenze piuttosto che energie, pertanto l'unità di misura utilizzata per esprimere il fabbisogno termico invernale sarà il Watt.

6.1.3. Comportamento estivo

Nel periodo estivo, per mantenere internamente agli ambienti condizionati i valori di umidità relativa e temperatura richiesti, si dovrà sottrarre il calore sensibile e il calore latente che, per trasmissione, infiltrazione ed irraggiamento si trasmettono all'interno dei locali, oltre a considerare il calore sensibile ed il calore latente che vengono prodotti dall'utenza e dai macchinari nei locali stessi. Il calcolo delle rientrate di calore estive, rispetto a quello delle dispersioni invernali, richiede una più difficile valutazione vista la molteplicità dei fattori da considerare per la stima dei carichi ambiente. In particolare, mentre per il calcolo delle dispersioni invernali si fa riferimento a condizioni stazionarie (si assume cioè che la temperatura dell'aria esterna rimanga costante nel corso della giornata e pari al valore di progetto) nel caso delle rientrate estive tale discorso viene a mancare a seguito dell'estrema variabilità dei flussi termici legata in primo luogo alla radiazione solare. La stima dei carichi dell'ambiente prevede un'attenta valutazione di tutte le componenti che contribuiscono alla definizione dei carichi sensibili e latenti; è quindi possibile, a tale proposito, diversificare i contributi classificandoli in:

- Contributi calore sensibile: radiazione solare attraverso vetri, muri, tetti; trasmissione attraverso vetri, muri e tetti; infiltrazione di aria esterna; apporto interno all'ambiente dovuto a persone, luci, apparecchiature elettriche.
- Contributi di calore latente: apporto di vapore dovuto a persone presenti in ambiente; infiltrazione di aria esterna, avente in genere un'umidità specifica superiore a quella dell'aria ambiente; vapore prodotto in ambiente da eventuali processi o apparecchiature presenti.

Questi contributi andranno entrambi considerati e valutati ai fini del calcolo del fabbisogno totale. Come per il riscaldamento invernale, anche per il condizionamento estivo l'impianto verrà dimensionato facendo riferimento a ben precise condizioni. I dati esterni presi come riferimento riguardano le temperature di picco del mese più caldo. Si è preso come riferimento per la temperatura critica di progetto il mese di luglio alle ore 14.00; in tale periodo si verificano le seguenti condizioni di temperatura dell'aria esterna:

- Temperatura a bulbo secco: 32
- Temperatura a bulbo umido: 23
- Escursione termica giornaliera: 8
- Umidità Relativa: 49%

Per le condizioni interne, invece si considera di garantire valori attorno ai 26-27 °C con U.R. del 50 %.

Va però sottolineato che nel caso dell'estivo, a differenza dell'invernale, è di fondamentale importanza considerare le variazioni di temperatura esterna in funzione innanzitutto del mese considerati ma anche delle varie ore del giorno, non avendo più a che fare con una situazione stazionaria, ma con fenomeni di sfasamento termico. Per questo motivo, nella determinazione del carico termico si dovranno considerare le quantità di calore che si trasmettono all'interno degli ambienti ora per ora e l'impianto sarà dimensionato per far fronte alle condizioni più gravose che si possono riscontrare nel periodo estivo. Il carico termico estivo è stato determinato sommando più contributi, ognuno dei quali è stato calcolato separatamente seguendo precise procedure e

¹ Per i valori di resistenza e trasmittanza fare riferimento al capitolo 6 riguardante la parte tecnologia del progetto

calcoli:

$$Q=Q_i+Q_{top}+Q_{tv}+Q_c$$

Dove:

- Q =carico termico totale dell'ambiente (contributo sensibile e latente);
- Q_i =carico termico per irraggiamento attraverso superfici trasparenti (contributo solo sensibile);
- Q_{top} =carico termico per trasmissione, attraverso superfici opache (contributo solo sensibile);
- Q_{tv} =carico termico per trasmissione, attraverso superfici trasparenti (contributo solo sensibile);
- Q_c = carico termico interno (contributo sensibile e latente);

La somma di questi termini deve essere valutata nelle condizioni statisticamente più sfavorevoli. Si analizzano ora le singole voci illustrando brevemente il modo in cui si è proceduto al loro calcolo prendendo come riferimento l'aula di cui si è calcolato il fabbisogno termico invernale, nel capitolo precedente.

6.1.4. Irraggiamento attraverso superfici trasparenti

La valutazione del calore trasmesso per irraggiamento è complessa e richiede uno studio dettagliato e laborioso in quanto la radiazione solare che incide sulla superficie varia con il variare dell'inclinazione della stessa e dell'ora del giorno (nonché ovviamente anche con la latitudine del luogo). Le superfici trasparenti hanno un comportamento all'irraggiamento notevolmente diverso

dalle pareti opache, per questo motivo i due fenomeni vengono trattati separatamente. Tali superfici trasmettono all'interno dei locali la maggior parte dell'energia solare su di esse incidente. La formula seguente è quella utilizzata per il calcolo del carico termico entrante attraverso le superfici trasparenti (carico sensibile):

$$Q_i=S_v \times I \times C$$

Dove:

- S_v = area della superficie vetrata in mq;
- I = potenza massima incidente sull'entità di superficie, dipendente dall'esposizione e dal giorno;
- C = fattore di correzione legato alla natura del vetro e delle protezioni eventuali;

Nel caso dell'aula presa in considerazione sono stati riscontrati i seguenti valori:

- Finestra a Est; Superficie: 52m²; Radiazione: 386; C:0.3;
- Finestra Nord; Superficie:25m²; Radiazione: 38; C:0.3;
- Finestra Ovest; Superficie:4m²; Radiazione: 443; C:0.3;

Risulta un carico termico per irraggiamento (Q_i) pari a 6850.392

Si è assunto un valore del fattore di correzione C legato alla natura del vetro e delle protezioni eventuali pari a 0,3 considerando un vetro triplo ordinario con lamiera forata esterna di schermatura.

6.1.5. Radiazione e trasmissione attraverso superfici opache

Il calcolo delle rientrate di calore per trasmissione attraverso le superfici opache quali pareti esterne e tetto, richiede un'attenta analisi dei contributi di carico legati all'effetto congiunto di:

- Differenza di temperatura tra aria esterna ed aria interna;
- L'effetto, di cui in estate non si può prescindere, dell'apporto di calore causato dalla radiazione solare: questa infatti surriscalda molto le parti opache irradiate sia esterne che interne.

La radiazione solare è di fatto responsabile di un'azione amplificatrice dello scambio termico convettivo – conduttivo - convettivo legato al salto termico esistente fra aria esterna ed aria interna. Tale radiazione, assorbita dalle superfici esterne, produce un effetto riscaldante che occorre computare ai fini di una corretta valutazione delle rientrate estive relativamente ai componenti in oggetto. La relazione utilizzata per il calcolo di tale tipologia di carichi è la seguente:

$$Q_{top} = U \times S \times I$$

Dove:

- U è la trasmittanza della parete;
- S è la superficie della parete;
- I è la radiazione incidente sulla parete;

Nel caso dell'aula presa in considerazione sono stati riscontrati i

seguenti valori:

- Tetto giardino; Superficie: 98m²; Trasmittanza: 0.13 W/m²K; Radiazione: -1.4;
- Parete Ovest; Superficie:25.46m²; Trasmittanza: 0.26 W/m²K; Radiazione: 21.9;

Risulta un carico termico $Q_{top} = 127.133W$

6.1.6. Trasmissioni-superfici vetrate

Il calcolo delle rientrate di calore per trasmissione attraverso le superfici vetrate si effettua in maniera analoga a quanto si fa per il calcolo delle dispersioni invernali. La formula da utilizzare è infatti:

$$Q_{tv} = U \times S \times \Delta T$$

Dove:

- U è la trasmittanza della superficie finestrata
- S è la superficie finestrata;
- ΔT è la differenza di temperatura tra interno ed esterno.

Si riportano in seguito i dati di calcolo per il caso dell'aula presa in considerazione:

- Finestra Est; Superficie: 52m²; Trasmittanza: 0.6 W/m² °C; ΔT :0;
- Finestra Nord; Superficie: 25m²; Trasmittanza: 0.6 W/m² °C; ΔT :6.5;
- Finestra Ovest; Superficie: 4m²; Trasmittanza: 0.6 W/m² °C; ΔT :6.5;

Risulta un carico termico $Q_{tv} = 99.294W$

6.1.7. Carichi interni

Un contributo non trascurabile per la definizione del carico termico totale a carico dell'impianto di raffreddamento è rappresentato inoltre dai contributi di calore sensibile e latente, generato all'interno dell'ambiente. Le fonti più comuni sono:

- Le persone soggiornanti dell'ambiente;
- L'illuminazione;
- Eventuali macchine funzionanti;
- L'introduzione di materiali o prodotti a temperatura superiore a quella ambiente

Per quanto riguarda i carichi dovuti alle persone, nella tabella sottostante, sono riportati, in funzione del tipo di attività svolta, i valori relativi alle quantità di calore emesse, suddivise nelle due componenti, calore sensibile e calore latente. Considerando la destinazione d'uso espositiva, didattica e di laboratorio, abbiamo

Grado di attività	Tipo di applicazione	Metodo Stima uomo adulto W	Metodo Stima media W	Temperatura a bulbo secco del locale (°C)									
				26		27		28		29		31	
				Sensibile	Latente	Sensibile	Latente	Sensibile	Latente	Sensibile	Latente	Sensibile	Latente
Settore a in classe	Tettoio a scuola infan.	114	102	21	21	27	45	21	41	27	28	78	28
Settore, lavoro leggero	Banca	122	117	25	44	27	45	22	34	28	47	80	27
Insegna d'ufficio	Uffici - Alloggi - Appartamenti - College	138	122	23	75	28	71	23	28	22	25	64	42
In aula leggere movimento	Impianti - Insieme vendita al dettaglio	161	152	23	75	28	71	23	28	22	25	64	42
Settore a in leggere movimento	Farmacia	161	147	23	34	28	28	22	22	22	22	22	22
In aula, leggere movimento	Banca	161	147	23	34	28	28	22	22	22	22	22	22
Lavoro sedentario	Ristorante	147	161	28	125	24	27	22	21	22	28	24	27
Lav. leggero al banco	Officina, assemblaggio	234	230	28	124	24	126	22	142	27	122	127	112
Ballo moderato	Sala da ballo	264	242	24	122	22	127	21	126	22	124	117	122
In movimento L.A. ma	Officina, lavoro pes.	282	282	28	214	22	222	27	126	111	122	122	122
Lavoro pesante	Boring - , fabbrica	442	425	122	222	126	222	142	222	124	221	127	212

Fig. 6.02 Carichi termici dovuti alle persone

utilizzato i valori evidenziati in tabella per eseguire il calcolo del contributo dei carichi interni.

Ipotizzando la presenza di 41 persone nell'aula si ottengono i seguenti valori di calore sensibile e latente:

- Sensibile = 63*41= 2583 W
- Latente = 69*41= 2829 W

Invece per quanto riguarda al calore sensibile dovuto all'illuminamento si è considerato un carico di 12 W/m²

Nel caso dell'aula precedente, si ha il seguente valore:

Superficie dell'aula = 42.7 m²

Ne consegue quindi che il calore sensibile dovuto all'illuminamento è pari a 512.4 W

	Calore sensibile	Calore latente	Calore totale (W)
Piano terra	13200	4830	18030
Primo piano	14082	5796	19878
Secondo piano	17745	11385	29130

Tab. 6.02 Calore sensibile

Calcolando i carichi interni per ciascun piano avremo

I pannelli radianti

Per soddisfare il fabbisogno termico durante i periodi estivo ed invernale si è scelto di procedere utilizzando un sistema di pannelli radianti a controsoffitto.

I pannelli radianti sono un sistema di tubazioni a serpentina in rame passanti in ogni modulo, dotato di 4 diffusori termici in alluminio anodizzato, incollati sui pannelli in fabbrica, entro cui scorre acqua glicolata a bassa temperatura (30-40 °C). I pannelli possono essere coperti con isolante termoacustico costituito da fibra di poliestere, di dimensioni uguali a quelle del pannello. In particolare sono stati adottati pannelli di 60 x 60 cm di resa 135 W (DT 8 °K) ognuno per il raffreddamento e 135 W (DT 10°K) per il riscaldamento.

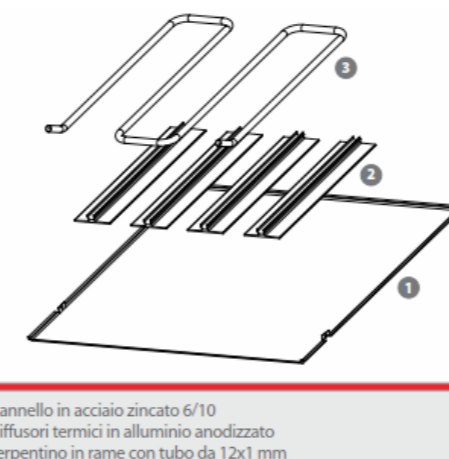


Fig. 6.03 Pannello radiante

L'uso di un impianto di climatizzazione di questo tipo garantisce una serie di vantaggi tra i quali il benessere termico dall'ambiente, la qualità dell'aria, le condizioni igieniche e il calore utilizzabile a bassa temperatura. Con il sistema a soffitto radiante non vi sono movimenti d'aria apprezzabili, non si verifica stratificazione d'aria calda e la differenza di temperatura sia in verticale che in orizzontale rimane sempre molto contenuta; il profilo di distribuzione verticale della temperatura è il più vicino in assoluto a quello ideale, assicurando condizioni di comfort molto elevate non ottenibile con i tradizionali sistemi. Il limitato impatto energetico, grazie al funzionamento con acque a temperature meno estreme, rende l'impiego del soffitto radiante ideale in combinazione con generatori ad alta efficienza e permette l'impiego di fonti rinnovabili come geotermico e solare. Inoltre grazie ai buoni valori di conducibilità termica dei materiali impiegati, i soffitti radianti presentano un'inerzia termica limitata ed assicurano una rapida reazione alla richiesta di riscaldamento e raffreddamento. I diffusori termici applicati sul lato superiore garantiscono una resa elevata e permettono di impiegare un solo sistema per il riscaldamento ed il raffreddamento dell'edificio garantendo una facile manutenzione. Un sistema a soffitto radiante consente di integrare facilmente nel soffitto apparecchi di illuminazione, diffusori aria, altoparlanti o sensori per impianti di sicurezza come antincendio o rilevazione fumi, garantendo la resa estetica.

Per lo scambio termico con l'ambiente il soffitto radiante sfrutta la trasmissione per irraggiamento; porta pertanto in temperatura l'involucro anziché l'aria ambiente e l'unico effetto convettivo presente è quello naturale. In questo modo, non vi sono correnti d'aria avvertibili e non c'è circolazione di polvere. Si è scelto di

trattare tutti i locali dell'edificio con questa soluzione ad eccezione dei servizi igienici.

6.1.8. Dimensionamento della rete di distribuzione

Dopo aver determinato il calore residuo da estrarre per ogni locale, si è potuto determinare il numero di pannelli necessari per ogni locale. Laddove non si riuscisse a soddisfare il fabbisogno di raffreddamento estivo a causa della mancanza di metratura utile per la collocazione dei pannelli radianti, si incrementerà la portata d'aria delle UTA fino a pareggiare la carenza riscontrata.

Determinando la portata d'acqua attraverso la formula sotto riportata è possibile calcolare quale deve essere il diametro delle tubazioni di mandata e ritorno per ciascun montante nonché della tubazione che le riunisce per arrivare nella centrale termofrigorifera.

$$Q = (P \times 0.86) / \Delta T$$

Dove:

- Q= portata d'acqua [l/h]
- P= potenza [W]
- ΔT = differenza di temperatura (10°K per l'invernale e 8°K per l'estivo)

Il metodo utilizzato per la determinazione dei diametri è quello delle perdite di carico lineari costanti, effettuato considerando come valore guida compresi tra 20 e 30 mm c.a./m e utilizzando la tabella per il dimensionamento dei tubi in acciaio fornita dalla ditta.

La nostra acqua di mandata nel periodo estivo ha una temperatura di circa 16° C, temperatura scelta in base all'energia disponibile e alla massima temperatura di esercizio dei vari pannelli. Perdite di carico continue per tubi in acciaio, temperatura acqua 10°C.

Si procede con il dimensionamento della rete di distribuzione, considerando che nel tratto finale la portata sarà data dalla sommatoria delle singole portate di ogni collettore, che confluiscono attraverso un apposito collegamento alla rete.

I pannelli vengono collegati in serie fino a un massimo di 5 pannelli consecutivi per ovviare alle perdite di carico, tramite kit preassemblati, composti da tubazione flessibile con barriera antiossigeno e guaina in maglia di acciaio inossidabile e due raccordi rapidi. Per il collegamento fra il collettore di distribuzione e la serie di pannelli si ricorre a kit preassemblati, composti da tubazione flessibile con barriera antiossigeno e guaina in maglia di acciaio inossidabile e un raccordo da 12 mm da un lato e un raccordo da 16 mm dall'altro. Volendo realizzare la massima flessibilità della distribuzione interna dei locali, si è rivelato opportuno installare valvole di regolazione locale per locale. Esse consentono di rendere l'impianto del singolo locale indipendente dall'impianto di distribuzione principale.

Considerando l'esempio della singola aula, sono necessari 41 pannelli per soddisfare il fabbisogno. Il dimensionamento si è basato sulla condizione più critica, ossia, il raffreddamento estivo e l'invernale è stato solamente verificato.

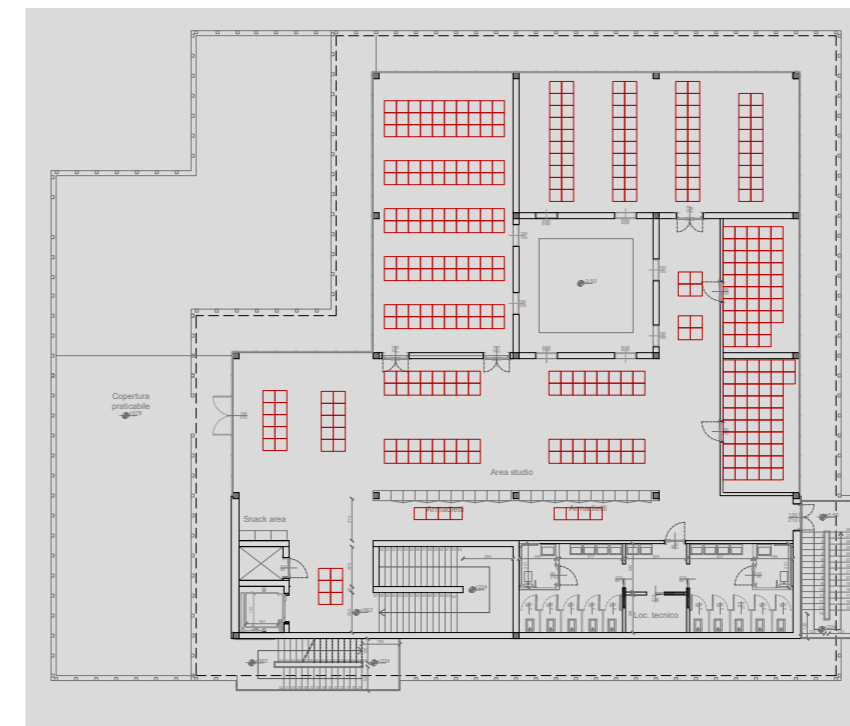


Fig. 6.04 Esempio distribuzione pannelli radianti secondo piano

Per quanto riguarda gli altri edifici del complesso si può sintetizzare dicendo che:

Per l'edificio adibito a bar, verranno sempre usati i pannelli radianti. Per il mercato e l'auditorium, essendo a doppia altezza, i pannelli radianti sarebbero poco efficaci, quindi in entrambi i casi verrà utilizzato solamente un impianto a ventilazione meccanica UTA.

6.1.9. I radiatori

I locali adibiti a servizi igienici necessitano di essere riscaldati nei mesi invernali, ma non raffreddati nei mesi estivi. Si è scelto, quindi, di soddisfare il fabbisogno invernale con i radiatori, che si sono rivelati la scelta più economica e meno problematica. In particolare, si è deciso di installare il modello Oscar1400 in alluminio della Global Radiatori. Avendo principalmente un sistema di riscaldamento a pannelli radianti a basso ΔT , anche radiatori dovranno funzionare allo stesso modo. Scegliendo un funzionamento a $\Delta T=30$ °C otteniamo una potenza a radiatore di 123W.

6.1.10. La ventilazione

Per garantire un corretto ricambio d'aria all'interno dell'edificio e per integrare il soffitto radiante laddove non riesca a soddisfare pienamente il fabbisogno di determinati locali, si è deciso di installare tre unità di trattamento aria. Con i successivi calcoli si è giunti a definire tre UTA in modo da limitarne le dimensioni dei componenti e per avere una distribuzione uniforme dei condotti e una sezione ridotta. Le tre unità di trattamento aria verranno collocate sulla copertura dell'edificio per poter aspirare direttamente l'aria esterna senza la necessità di alzarsi di 3m dal livello della strada. Inoltre la connessione verticale è garantita collocando i condotti principali a fianco dei vani scale. Le UTA servono tutti i locali dell'edificio ad eccezione dei servizi igienici per quanto riguarda la mandata: essi infatti non necessitano di climatizzazione e il riscaldamento invernale è garantito dai più economici radiatori. Verrà, quindi, solamente estratta aria (9 m³/h) per ogni servizio igienico.

6.1.11. Calcolo della portata d'aria

Secondo la normativa ed il regolamento d'igiene, per garantire la salubrità dell'aria, negli spazi pubblici bisogna garantire un ricambio d'aria in funzione del numero di persone presenti e/o in funzione delle superfici degli spazi interni. L'aria da immettere, definita aria esterna minima (AE), deve essere presa dall'esterno, e si può calcolare con delle tabelle che indicano, secondo la destinazione d'uso, i volumi/h da garantire per ogni locale. Si definirà quindi il valore di aria esterna minima con la formula:

$$AE = k * n$$

Dove k rappresenta il coefficiente tabulato a seconda delle destinazioni d'uso e n il numero di persone; il risultato sarà espresso in volumi/h.

Si ricava un valore minimo di portata d'aria pari a 39.6 m3/h per ogni persona. In seguito, occorre aggiungere alla portata d'aria minima, la portata d'aria per il raffrescamento/riscaldamento tenendo conto del calore che verrà già asportato dall'UTA durante il ricambio d'aria:

$$Q = C / (DT * p_a * c_a)$$

Dove:

- C= calore residuo/fabbisogno invernale[W/h];
- Q_{min}= portata d'aria per il raffrescamento/riscaldamento[m³/h];

- ΔT= differenza tra temperatura dell'ambiente e temperatura di immissione dell'aria: 10 °C per l'estivo e 2°C per l'invernale ;
- p_ac_a=capacità termica volumica dell'aria:0.34 Wh/(m³K);

I calcoli di seguito riportati sono riguardano il calcolo portata totale necessaria per il secondo piano, il più sfavorevole, questi sono stati eseguiti per ogni locale dell'edificio e in seguito sommati per poter determinare il numero di UTA necessarie per il trattamento dell'aria e la loro zona di competenza. Vengono riportati solamente i valori di portate per raffrescamento e non di riscaldamento in quanto sono sempre risultati più vincolanti al fine del dimensionamento delle UTA.

Piano	cod. locale	n° persone	portata min	calore residuo	portata per estrazione calore	PORTATA TOT.
C	1	41	1624	8897	0	1624
	2	40	1476	6326	0	1476
	3	4	148	3861	0	148
	5	80	2952	8590	0	2952
	6	20	738	5389	0	738
	TOTALE	185	6937	33063	0	6937

Tab. 6.03 Portata aria per il raffrescamento

6.1.12. I trattamenti dell'aria

Attraverso un'analisi delle condizioni climatiche in cui si trova l'edificio in progetto e delle varie possibilità impiantistiche a disposizione, abbiamo dimensionato i vari impianti UTA.

Abbiamo stabilito le temperature e umidità critiche di progetto e gli obiettivi da garantire mantenendoci entro i limiti normativi:

	T critica estate	T critica inverno	U % estate	U % inverno
esterno	35	0	50	70
interno	26	20	50	50

Tab. 6.04 Temperature limite di progetto

Si è passati, in seguito, a scegliere scambiatori di calore con efficienza del 70% portando le temperature di aspirazione dell'aria a 28°C in estate e 13°C in inverno. A seconda del periodo dell'anno in cui ci si trova, l'aria potrà ricevere 2 diversi trattamenti:

Trattamento estivo (raffrescamento)

Avendo determinato in precedenza la portata d'aria e il calore latente, attraverso la seguente formula ricaviamo la differenza di umidità tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno.

$$\Delta X = Q_{lat} / (P * C_c)$$

Dove:

- Q_{lat}= calore latente (W)
- P= portata d'aria (l/s)
- Cc= calore latente aria (Wh/g)

Si procede determinando il DH, ossia, la differenza entalpica tra la temperatura di aspirazione dell'aria e la temperatura a fine della d'umidificazione leggendo i valori ottenuti sul diagramma psicrometrico.

Infine si determina la potenza della batteria refrigerante secondo la formula:

$$P_f = P * \Delta H * \delta$$

Dove:

- P_f= Potenza frigorifera (W)
- P= portata d'aria (l/s)
- ΔH=differenza entalpica (kcal/kg)
- δ= volume specifico dell'aria

Sinteticamente i passaggi dell'aria attraverso l'U.T.A. nel periodo estivo sono:

1. Presa aria esterna e passaggio attraverso il primo filtro;
2. Recuperatore di calore a piastra, l'aria cede il 70% dell'energia all'aria espulse si raffredda.
3. Batteria di raffrescamento attiva dove l'aria viene raffreddata e deumidificata fino al punto richiesto;
4. Batteria di riscaldamento che si attiva qualora l'aria, dopo la deumidificazione, si ritrovi ad una temperatura inferiore a quella richiesta;
5. Una condotta porta l'aria nei locali dell'edificio attraverso un ventilatore di mandata.

Trattamento invernale (riscaldamento)

La potenza delle batterie di riscaldamento sono state ottenute attraverso la seguente formula:

$$Pr = P * 0.34 * \Delta T (W)$$

Dove:

- P_r =potenza batterie riscaldamento (W)
- P = portata d'aria (l/s)
- ΔT = differenza di temperatura dopo il recuperatore e la temperatura di immissione (°C)
- C = calore specifico pari a 0,34 Wh/m³°C,

Durante la fase di riscaldamento l'aria subisce solo un riscaldamento fino alla temperatura desiderata (22°C) e in seguito l'umidificazione a vapore, secondo il seguente schema:

- 1. Presa aria esterna e passaggio attraverso il primo filtro;
- 2. Recuperatore di calore a piastra, l'aria recupera il 70% dell'energia dall'aria espulsa e si scalda;
- 3. Dopo il secondo filtro, l'aria passa nella batteria di riscaldamento, dove viene scaldata;
- 4. Passaggio nella batteria di umidificazione, aumenta l'umidità fino a trovarsi a 22°C con il 50% di UR;
- 5. Una condotta porta l'aria nei locali dell'edificio.

6.1.13. Dimensionamento componenti UTA

Dopo aver determinato le portate d'aria da trattare di ogni impianto determiniamo la dimensione delle batterie di riscaldamento. Imponendo una velocità di attraversamento delle batterie di 2.8 m/s otteniamo batterie di riscaldamento di 1340 x 970 mm, ossia CTA 064.

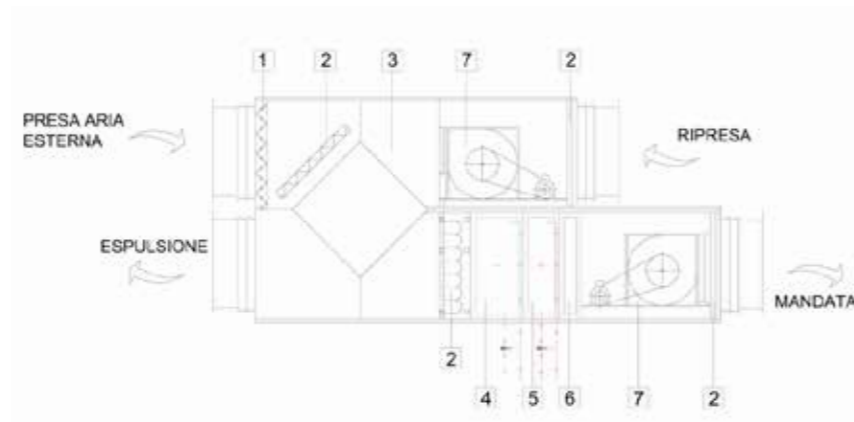


Fig. 6.05 Dimensionamento componenti UTA

Utilizzando una batteria di umidificazione senza pompa, ne determiniamo le dimensioni: 1314 x 944 mm. Per la tipologia di destinazione d'uso saranno necessari filtri di efficienza F5- F9. Per migliorare l'efficienza dell'impianto di trattamento aria si è utilizzato un recuperatore di calore a piastra con 70% di efficienza. Si è scelta una batteria di raffreddamento a 7 ranghi con separatore di gocce².

6.1.13.1. Dimensionamento condotti UTA

Avendo calcolato la porta d'aria necessaria ad ogni singolo locale dell'edificio si può procedere con il dimensionamento dei canali di distribuzione della stessa.

² I dimensionamenti sono stati fatti attraverso l'utilizzo della tabella: Dimensioni esterne CTA e portata d'aria trattata

I condotti principali sono stati disposti in cavedi affiancati ai vani scale che permettono la distribuzione verticale. Da essi, ad ogni piano si diramano i condotti principali orizzontali e quindi quelli secondari che serviranno locale per locale.

Nella sottostante tabella riportiamo i valori limite di velocità dell'aria

Elemento	Velocità massima (m/s)
Condotti verticali principali	6
Condotti orizzontali principali	5
Condotti orizzontali secondari	3

Tab. 6.05 Limiti velocità aria (m/s) nelle condotte.

Inoltre si è tenuto un range di perdite di carico compreso tra 0.1 e 0.07 mm/m. L'angolo massimo di curvatura utilizzato è di 90° con un raggio interno di curvatura pari all'altezza del canale.

Tutti i canali di mandata sono stati posizionati nel controsoffitto. La ripresa dell'aria è eseguita mediante condotti collocati sotto al pavimento galleggiante. Come bocchette di aspirazione sono state scelte griglie a pavimento calpestabili di dimensione 300x100 mm. Esse sono distribuite lungo i corridoi di distribuzione interna in modo da poter estrarre l'aria dagli uffici tramite la fessura sotto la porta.

6.1.14. Il riciclo delle acque

L'acqua è definita come un bene primario, e dato il largo spreco di acqua potabile che si commette più o meno consapevolmente tutti i giorni, negli ultimi anni sono state riviste le leggi che regolano l'uso delle acque³, in particolare per quanto riguarda il recupero ed il riutilizzo delle acque. Si è cercato così di applicare una corretta gestione dell'uso delle risorse idriche.

Tramite un corretto riciclo delle acque meteoriche e degli impianti idrici interni sarà possibile ridurre il consumo di acqua potabile ed ottenere così un minore impatto sull'ambiente e sui consumi. Tra i numerosi vantaggi provocati dal riciclo delle acque idriche e meteoriche vi è infatti quello di poter ridurre fino al 30% i consumi dell'acqua potabile, utilizzando l'acqua di raccolta per tutti gli altri usi.

Quindi l'acqua raccolta nel caso di progetto analizzato verrà riutilizzata per:

- L'uso di tetti verdi estensivi sulle coperture;
- Il riciclo dell'acqua piovana eccedente dalle coperture;
- Il riciclo dell'acqua di circolazione degli impianti interni;
- Il riciclo dell'acqua piovana della vasca esterna del giardino;
- L'eventuale pulizia dell'edificio;

Si è ipotizzato quindi ad un riciclo delle acque meteoriche. L'impianto di recupero e riutilizzo delle acque piovane è composto da una parte che effettua la captazione, la filtrazione e l'accumulo

³ Alcuni riferimenti normativi sono: D.Lgs. 152/1999, e Decreto Ministeriale 12 Giugno 2003 n. 185

delle acque e dall'altra parte permette il riutilizzo vero e proprio. L'impianto di captazione si collega al sistema di smaltimento delle acque piovane, acquisendo le acque convogliate dalle grondaie delle coperture e dei terrazzi, e facendole confluire verso il sistema di filtrazione, che effettua una separazione dei principali materiali di dilavamento ed altri elementi estranei, e dopo trasportandola verso i serbatoi di accumulo. Essendo l'area di progetto molto estesa, ed essendoci più edifici, sono stati previsti due serbatoi d'accumulo. Dal serbatoio di accumulo, un sistema di distribuzione che si serve di una pompa di mandata, provvede poi a distribuire l'acqua agli scarichi dei servizi sanitari, all'irrigazione e alla fontana nella piazza centrale.

Non potendo però sapere in anticipo né i consumi degli utenti né la quantità di pioggia che potrà essere accumulata, il sistema deve prevedere una quota di integrazione di acqua proveniente dalla rete di adduzione idrica potabile, situazione gestita dalla centralina elettronica quando necessario.

Il dimensionamento della capienza delle cisterne è fatto, quindi, sulla base dei valori medi di precipitazioni annue riscontrate nelle zone di competenza e del consumo presunto dell'impianto, in relazione al numero di utilizzatori. I benefici di tali impianti sono notevoli: a livello comunitario sono un risparmio generale della risorsa idrica potabile e per gli utenti finali rappresentano anche un risparmio economico sulle bollette dell'acqua.

6.1.15. Le aree verdi

La sostenibilità ambientale del nuovo progetto, oltre a sistemi energetici mirati alla riduzione dei consumi, sarà favorita anche dall'ampio spazio lasciato alle aree verdi.

La superficie naturale rappresenta infatti una porzione molto significativa all'intero del lotto, creando uno spazio tranquillo e naturalistico in una città molto densa di edificato.

Infatti più di 5000 m² area verde circondano il complesso, e altri 1500 m² sono stati destinati alle coperture verdi.

La presenza di un'ampia area verde contribuirà inoltre al raffrescamento naturale del lotto e favorirà la biodiversità e la qualità dell'aria e del paesaggio. Essa garantirà anche il naturale assorbimento delle acque meteoriche.

È inoltre importante sottolineare che gli alberi già presenti sul territorio sono stati trapiantati nei dintorni del nuovo edificio, e ne sono stati aggiunti di nuovi; questi formano una sorta di schermatura dal resto della città.

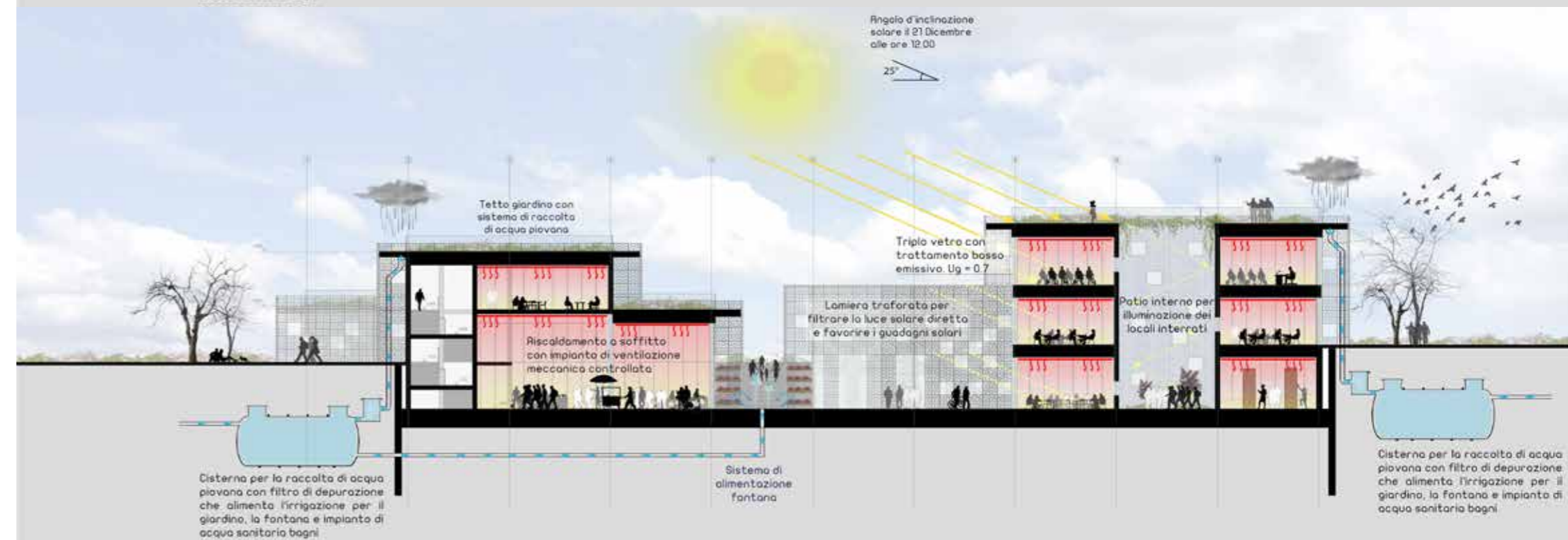
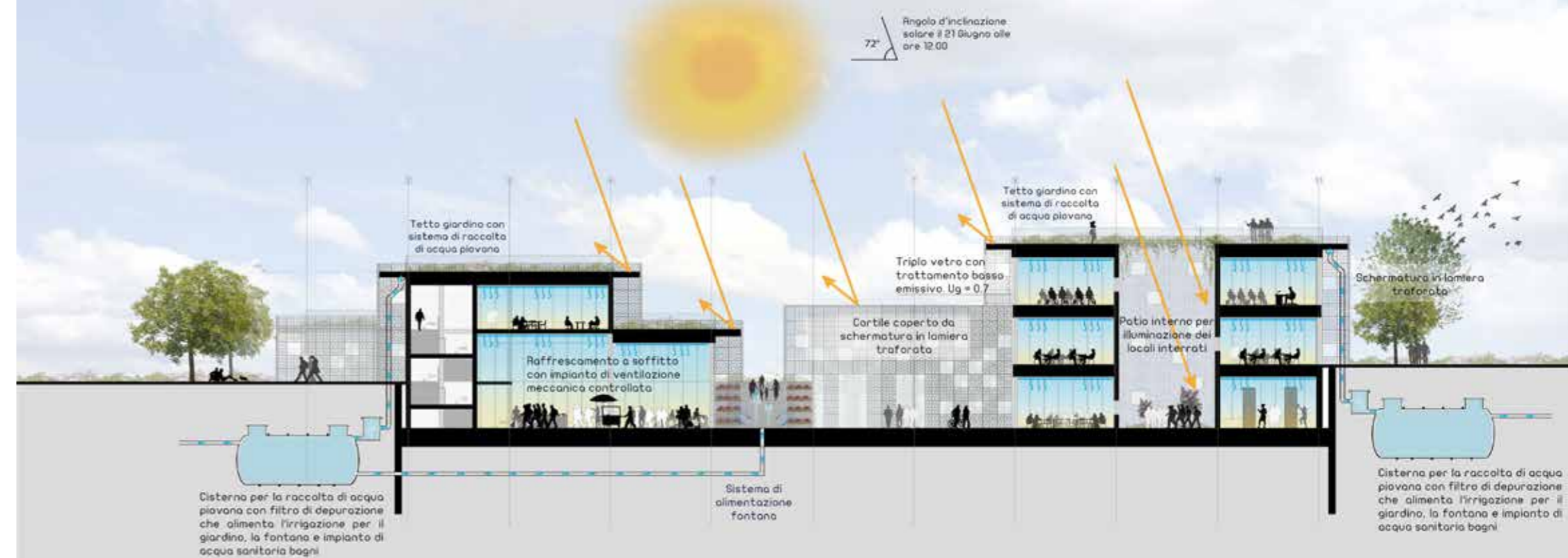




Fig. 6.06 A lato: Render - vista interna

6.2. LA RADIAZIONE SOLARE

La radiazione solare è l'energia elettromagnetica emessa dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole; tale energia non raggiunge la superficie terrestre in maniera costante, la sua quantità varia durante il giorno, da stagione a stagione e dipende dalla nuvolosità, dall'angolo d'incidenza e dalla riflettanza delle superfici.

L'intensità della radiazione solare viene misurata tramite due grandezze fisiche:

- Insolazione: Energia media giornaliera (kWh/m^2 giorno)
- Irraggiamento: Potenza istantanea su superficie orizzontale (kW/m^2)

E' possibile suddividere la radiazione solare in diverse componenti:

- La radiazione globale viene definita come la somma della radiazione misurata a terra su un piano orizzontale proveniente direttamente dal Sole e quella diffusa dal cielo (atmosfera). I rapporti tra le due componenti sono in relazione alle condizioni atmosferiche. Lo spettro di lunghezze d'onda interessato è compreso tra 0.3 e 3 μm .
- La radiazione diffusa è la componente, misurata su un piano orizzontale, della radiazione solare che arriva a terra non direttamente dal Sole ma per effetto dell'atmosfera (gas, nubi, ecc.); lo spettro di lunghezze d'onda interessato è compreso tra 0.3 e 3 μm .
- La radiazione diretta è la radiazione proveniente solo direttamente dal Sole tra 0.3 e 3 μm .

- La radiazione riflessa è la radiazione solare riflessa da una superficie entro la banda 0.3 - 3 μm . Il rapporto tra la radiazione riflessa e la radiazione globale dà l'albedo.
- La radiazione netta è la differenza tra la radiazione proveniente dal cielo e quella in arrivo dalla superficie in esame nella banda 0.3 – 60 μm .

Quando la radiazione solare incide su un materiale trasparente è scomposta in tre componenti:

- Trasmittanza o coefficiente di trasmissione: rapporto tra radiazione che attraversa il materiale e radiazione incidente.
- Riflettanza o coefficiente di riflessione: rapporto tra radiazione riflessa dal materiale e radiazione incidente.
- Assorbenza o coefficiente di assorbimento: rapporto tra radiazione assorbita dal materiale e radiazione incidente.

Il fattore solare g rappresenta la somma dell'energia solare trasmessa direttamente attraverso il materiale più la quota parte di energia assorbita ed emessa verso l'interno. Questa grandezza permette di valutare globalmente gli apporti solari attraverso i materiali trasparenti, ed entra nel bilancio termico dell'edificio. Esso consente di valutare la quantità di energia da erogare affinché la temperatura all'interno dell'edificio sia in condizioni di comfort, tipicamente 20°C in inverno e 26°C in estate, con eventuale controllo sull'umidità relativa. Come peraltro già calcolato al capitolo 6 relativo al progetto tecnologico.

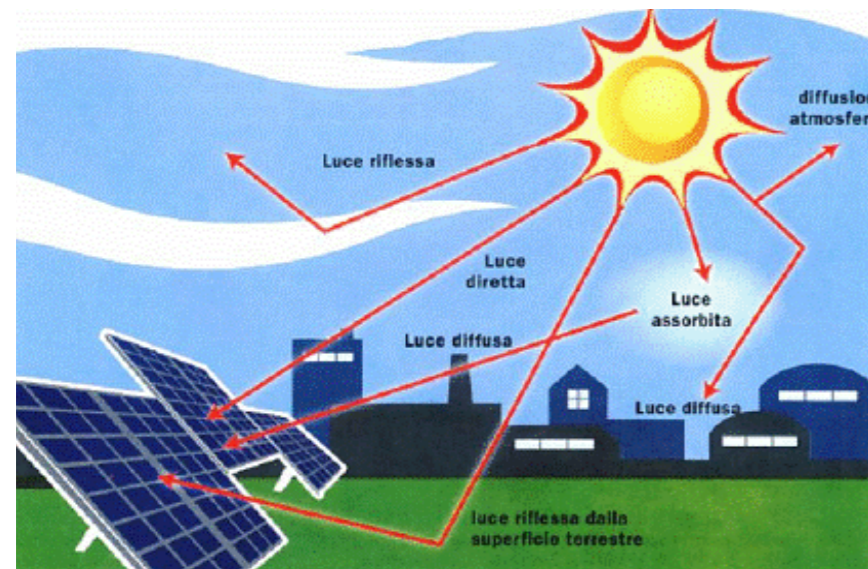


Fig. 6.08 Scomposizione della radiazione solare

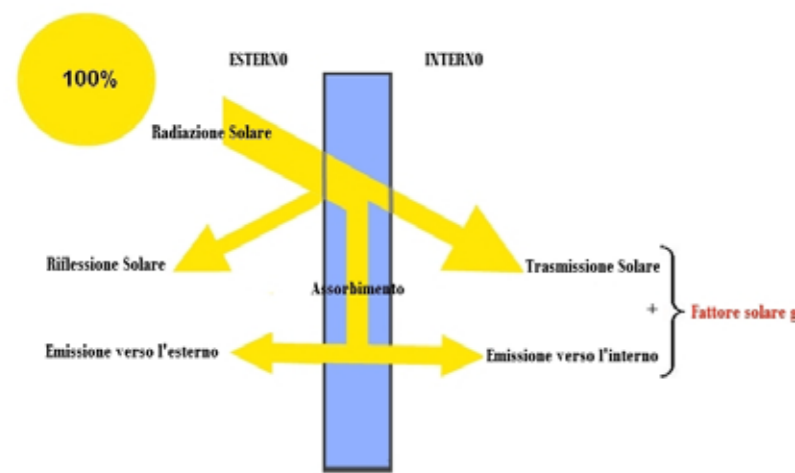


Fig. 6.07 Interazione tra radiazione e vetro

6.3. I PARAMETRI DA CALCOLARE

Illuminamento

L'illuminamento è una grandezza oggettiva indipendente dalla posizione della superficie rispetto all'osservatore, che misura la quantità di flusso luminoso intercettato da una superficie. L'illuminamento (E) medio su una superficie è dato quindi dal rapporto tra il flusso luminoso (Φ) emesso da una determinata sorgente e la superficie ricevente (A).

$$E = \Phi / A = \text{lm} / \text{m}^2 = \text{lux (lx)}$$

Un lux è quindi l'illuminamento prodotto da un flusso di un lumen distribuito in modo uniforme su una superficie di 1m².

Luminanza

La luminanza (L) di una superficie infinitesima in una data direzione è definita come rapporto tra l'intensità luminosa (I) emessa in tale direzione e l'area apparente⁴ della superficie verso l'osservatore

Fattore di luce diurna (FLD)

Il fattore di luce diurna è un parametro introdotto per valutare l'illuminazione naturale all'interno di un ambiente confinato. Esso è attualmente riconosciuto dalla normativa italiana in ambito di edilizia residenziale, scolastica ed ospedaliera⁵ ed è prioritario per

⁴ Per area apparente si intende la proiezione della superficie nella direzione dell'osservatore
⁵ Decreto Min. Sanità 5/7/75, Decreto Min. 18/12/75, Circ. Min. Lavori Pubblici n.13011, 22/11/74

garantire un'illuminazione diurna ottimale nei locali.

All'interno di un ambiente chiuso, l'illuminamento naturale nei diversi punti di uno spazio interno è costituito da tre componenti:

- Apporto di luce proveniente dalle sorgenti primarie esterne (la volta celeste, il sole);
- Apporto di luce dovuto alle riflessioni delle superfici di eventuali ostruzioni urbane esterne;
- Apporto di luce dovuto alle riflessioni multiple che si verificano all'interno dell'ambiente.

Nella valutazione delle condizioni di illuminazione naturale interna si considera il caso più sfavorevole che si verifica in assenza di radiazione solare diretta, caratterizzata invece da una forte direzionalità in funzione della posizione del sole. Posto il cielo coperto come condizione ottimale di valutazione, il rapporto tra illuminamento interno ed esterno deve essere costante, si introduce quindi il fattore di luce diurna [FLD], grandezza sintetica e adimensionale espressa in percentuale, definita come il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato all'esterno su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni in condizioni di cielo coperto.

Per non limitare il calcolo su un unico punto viene utilizzato il fattore medio di luce diurna [FLDm], dove per medio si intende mediato su più punti di misura dell'ambiente interno in rapporto con l'esterno, valutando l'illuminazione globale nel locale confinato.

I valori richiesti dalle normative possono variare in funzione delle varie destinazioni d'uso dei locali: vi sono tuttavia dei valori di soglia al di sotto dei quali non sono verificate le condizioni di illuminazione naturale sufficienti alle specifiche esigenze. L'illuminamento naturale in un punto di un ambiente deve ritenersi:

- Insufficiente se il valore di η risulta < 0,3 %;
- Discreto se il valore di η è compreso tra 0,5 e 1%;
- Buono se il valore di η risulta > 1%;
- Ottimo se il valore di η risulta > 4%.

Limitarsi a considerare solo le superfici finestrate per i rapporti aeroilluminanti non soddisfa i requisiti igienico-sanitari nei locali: rispettare il fattore medio di luce diurna significa distribuire correttamente le finestre e valutarne la capacità di garantire condizioni di illuminazione naturale confortevoli nell'ambiente confinato.

6.4. LA LUCE NATURALE

Per permettere l'ingresso della luce solare all'interno dell'involucro edilizio è necessario progettare delle superfici trasparenti, tuttavia non ci si deve limitare alla sola progettazione delle aperture, ma anche ad uno studio dei materiali da utilizzare e dei componenti di protezione come schermature, elementi di captazione e soluzioni per il trasporto della luce da installare.

Il progetto prevede una superficie quasi completamente vetrata, questa caratteristica permette, a chi è all'esterno, di vedere ciò che accade nell'ambiente interno, e permette di far entrare la maggior quantità di luce naturale possibile. Tuttavia bisogna considerare che troppa luce crea una situazione di non comfort per gli utenti. Pertanto nel caso specifico si è progettata un'apposita schermatura al fine di filtrare la quantità di luce necessaria per svolgere le attività negli ambienti interni, senza sforzare gli occhi, senza creare abbagliamento e limitando al minimo l'utilizzo dell'illuminazione artificiale.

Anche la scelta dei materiali trasparenti ha assunto un ruolo fondamentale perché a Nord si aveva bisogno di vetri performanti nel periodo invernale, quando la luce naturale è limitata ed il clima è freddo; al contrario a Sud, Est e Ovest, si necessitava di elevate prestazioni soprattutto nel periodo estivo quando i valori di radiazione solare sono elevati ed il clima caldo contribuiscono in modo sostanziale alla trasmissione del calore attraverso le superfici.

A tal fine sono stati analizzati i vari vetri attualmente presenti sul mercato, confrontandone le caratteristiche e scegliendo il prodotto che si adatta meglio ai requisiti di progetto.

6.5. LA SCELTA DEI VETRI

Il vetro è una sostanza minerale composta interamente da materie prime naturali: sabbia di quarzo, calce e carbonato di sodio le più importanti, disponibili in natura in quantità sufficienti. A partire dagli anni Sessanta il vetro per finestre e specchi viene prevalentemente prodotto sfruttando i principi del processo di flottazione: il materiale fuso galleggia al di sopra di un bagno di stagno liquido; le reazioni chimiche che regolano le interazioni fra le diverse sostanze garantiscono l'assoluta planarità del vetro, che si trova a galleggiare in modo perfettamente orizzontale rispetto allo stagno sottostante. Il materiale fuso si muove poi a nastro continuo sul bagno di stagno in modo da favorire la formazione delle lastre di vetro, che dopo il raffreddamento vengono tagliate secondo misure standard e impilate una sull'altra. Il peso del vetro float è di 2,5 kg per millimetro di vetro per metro quadro.

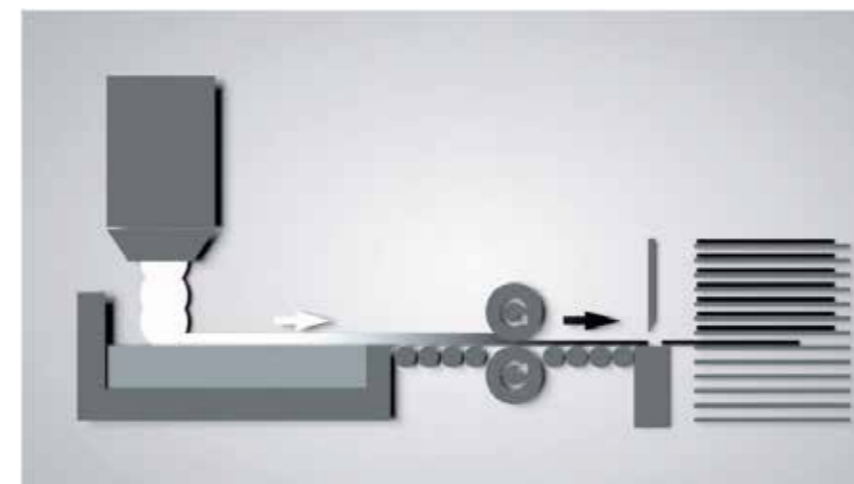


Fig. 6.09 Processo di produzione del vetro flottante

6.5.1. Le proprietà del vetro

Prestazioni meccaniche

Il vetro è un materiale che non presenta fenomeni di plasticizzazione, di conseguenza la sua resistenza è determinata dalla meccanica della frattura poiché è proprio la sua propagazione che ne determina il collasso. Sottoponendo una lastra a flessione essa si comporta in modo elastico non manifestando deformazioni residue, di conseguenza la tensione di rottura coincide con il limite del proprio campo elastico. Proprio per questo il vetro è considerato pericoloso, infatti quando si rompe non dà segnali di preavviso passando dal limite del campo elastico alla rottura catastrofica. La resistenza meccanica è fortemente influenzata dal numero e dalla dimensione dei difetti superficiali, quali le cricche, nelle quali si concentrano gli sforzi che potrebbero facilmente raggiungere valori tali da rompere i legami tra gli atomi, senza avere redistribuzione delle tensioni. Il vetro è un solido amorfo quindi non possiede nessun mezzo per contrastare l'eventuale propagazione della frattura, come accade al contrario, nei conglomerati dove si ha la modifica del reticolo cristallino permettendo quindi la formazione di microfessure, con redistribuzione degli sforzi.

Comportamento termico

Data la scarsa conduttività termica del vetro, il riscaldamento o il raffreddamento parziale di una vetrata determina in questa delle sollecitazioni che possono provocare rotture cosiddette termiche. Nei casi in cui le condizioni di utilizzo o di posa in opera rischiano di determinare in un vetro considerevoli differenze di temperatura,

sarà necessario adottare delle precauzioni in fase di posa o di lavorazione. Con un trattamento termico complementare, come la tempra, si consente al vetro di sopportare delle differenze di temperatura sino ai 200°C.

Prestazioni acustiche

Il vetro viene applicato nelle costruzioni incorporato in un telaio. La vetrata e il telaio formano insieme l'elemento che determina l'isolamento acustico di tutta la finestra e, in alcuni casi, della facciata. Non è possibile definire le caratteristiche della finestra partendo solo dalle prestazioni del vetro. L'indice di attenuazione acustica può essere quindi calcolato solo dopo aver effettuato le misure opportune sulla finestra finita.

Reazione al fuoco

Per la classificazione anche i vetri vengono testati in laboratori di prova certificati, per determinare le caratteristiche, su apparecchi omologati e nelle condizioni specificate, attraverso la simulazione in laboratorio della situazione di sollecitazione che si produrrebbe nella fase iniziale di un incendio.

6.5.2. Le caratteristiche energetiche del vetro

Per il progetto è stato utilizzato un vetro Finstral Super-Valor. Caratterizzato da un triplo-vetro con trattamento basso-emissivo che consente di avere ottime prestazioni di isolamento termico in inverno e permette di mantener il fresco in estate.

La composizione

Il triplo vetro isolante è composto da due lastre basso-emissive e da una lastra centrale in vetro float.

Tra le lastre dei vetri isolanti Finstral viene inserito un distanziatore ad elevato isolamento termico per minimizzare il rischio di formazione di condensa lungo i bordi del vetro. Al suo interno, il distanziale è riempito con un composto idrofilo dalle elevate proprietà assorbenti per un efficace controllo locale dell'umidità: le molecole di vapore acqueo eventualmente presenti si legano direttamente al composto, senza arrivare quindi a bagnare il vetro. Lo spazio tra le lastre è saturato inoltre con argon, un gas nobile che consente un ulteriore accrescimento delle prestazioni di isolamento termico. In base alle direttive RAL⁶ il grado di saturazione deve essere almeno del 90%.

La sigillatura del perimetro del vetro viene eseguita in due fasi: un cordone di butile viene inizialmente estruso su entrambi i lati del distanziale, al quale vengono poi fatte aderire le lastre. Successi-

⁶ In origine acronimo di Reichsausschuss für Lieferbedingungen (Comitato del Reich Tedesco per termini e condizioni di vendita, istituito nel 1925 dalla Repubblica di Weimar), è un termine oggi usato quasi esclusivamente per definire una scala di colori normalizzata usata principalmente nell'ambito delle vernici e dei rivestimenti.

vamente si applica un sigillante, il Thiokol, lungo la base del vetro. Queste caratteristiche costruttive consentono di determinare il punto di rugiada nello spazio fra le lastre ad una temperatura di 40°C.

Vengono inoltre sfilettati gli spigoli delle lastre, in modo da eliminare le micro-filature e le imperfezioni talvolta presenti sul materiale. In seguito alle operazioni di taglio. In questo modo il vetro diventa anche più resistente alle tensioni interne che potrebbero causare eventualmente rotture spontanee. La filettatura degli spigoli rende inoltre più maneggevoli le lastre, riducendo il rischio di ferimento nella loro movimentazione.



Fig. 6.10 Composizione del vetro

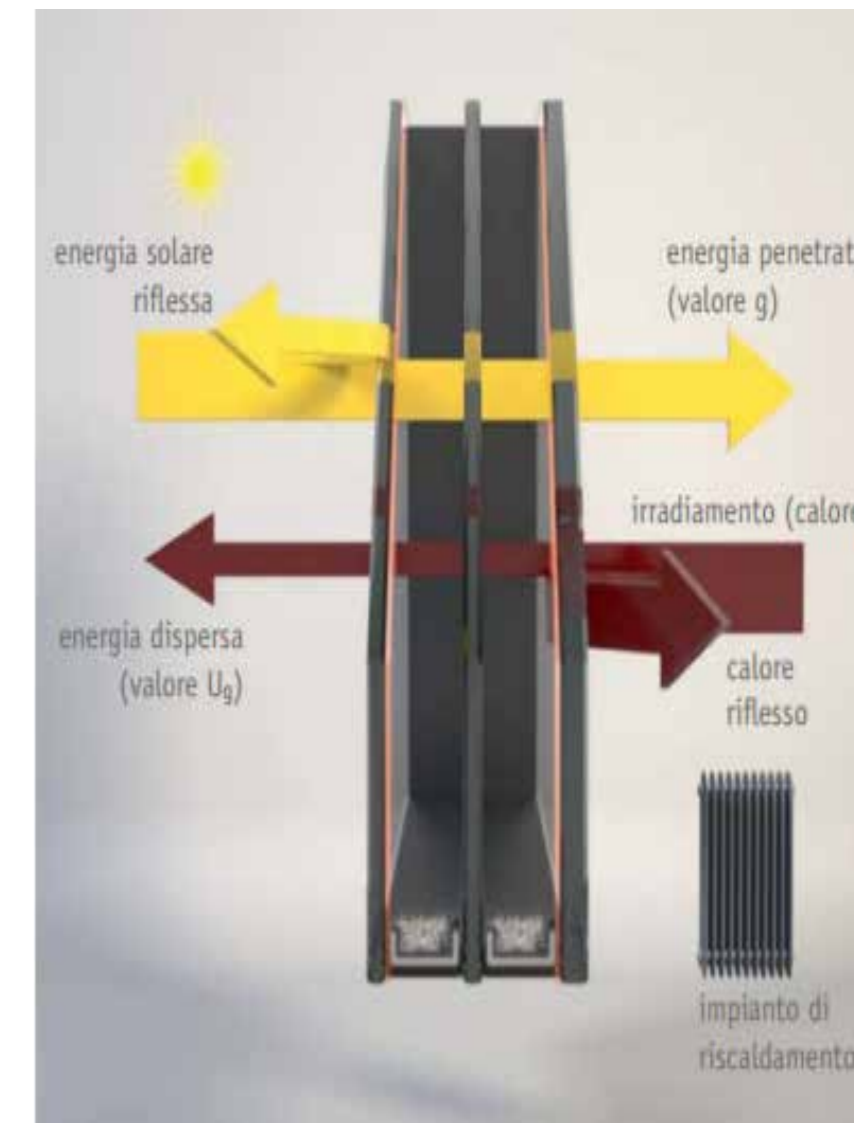


Fig. 6.11 Vetro Finstral Super-Valor



Fig. 6.12 Render Interno

6.6. ANALISI ILLUMINOTECNICA

Mediante l'utilizzo del software VELUX Daylight Visualizer 2 si è simulato l'apporto della luce naturale all'interno della Fabbrica della Moschea. Per tutti e tre i piani è stato calcolato il fattore di luce diurna e l'illuminamento, mentre per una stanza di ogni singolo piano l'illuminamento sulle pareti verticali.

6.6.1. Calcolo illuminamento

Ai sensi della norma UNI EN 12464 i valori di illuminamento medio possono essere così definiti:

Rifer.	Zona o attività	illuminamento medio Em (lx)
1.1.1	Zone di circolazione o corrioi	100
1.1.2	Scale, ascensori	150
3.6	Zona Reception	300
3.7	Archivi	200
5.1.2	Bagni	200
5.4.1	Sale espositive	300
5.6.2	Aree di lettura	500
6.2.1	Aule	300
6.2.9	Stanze di pratica e laboratori	500

Nel calcolo si sono considerati i mesi dove la radiazione solare è più critica: Giugno e Gennaio alle ore 12.00.

Secondo piano

Il secondo piano è composto da aule didattiche, un'area studio e 3 uffici.

In primo luogo si è analizzato l'apporto luminoso in assenza di un'apposita schermatura. Il calcolo è stato effettuato per il secondo piano, poiché più sfavorevole.

Come si evince dai grafici a pagina successiva, l'illuminamento nei mesi invernali è sufficientemente discreto, ma nei mesi estivi troppo elevato (maggiore di 500 lux), causando eccessivo abbagliamento e diminuendo il comfort dell'utenza.

Pertanto si sono ricondotte le stesse simulazioni ipotizzando la presenza di una lamiera microforata all'esterno e in seguito confrontate con le precedenti.

Dal confronto risulta che la presenza della schermatura riduce il fattore illuminante sia nei mesi estivi che in quelli invernali. Nonostante comporti un incremento dell'uso della luce artificiale nel periodo invernale, migliora il comfort estivo, riducendo l'eccessivo abbagliamento e diminuendo l'utilizzo del sistema di raffrescamento.

Pertanto le successive simulazioni di illuminamento e fattore di luce diurna sono state condotte ipotizzando la presenza dall'apposita schermatura, dimensionando i fori in base alla quantità di luce necessaria.

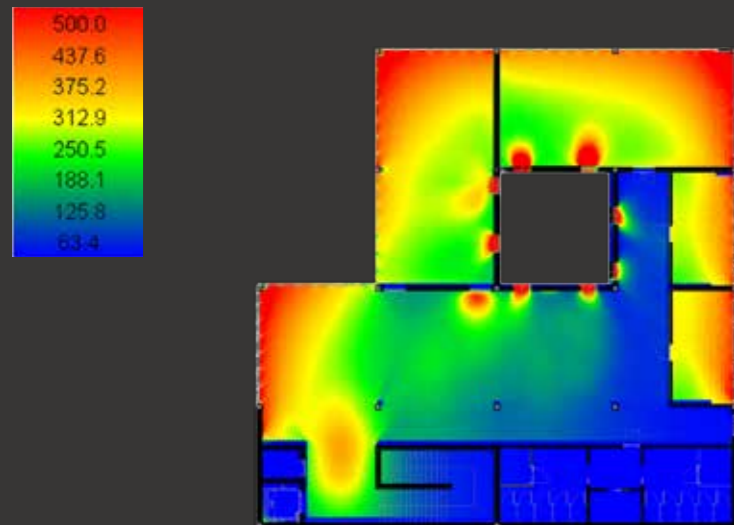


Fig. 6.13 Pianta 2° piano_inverno_senza schermatura

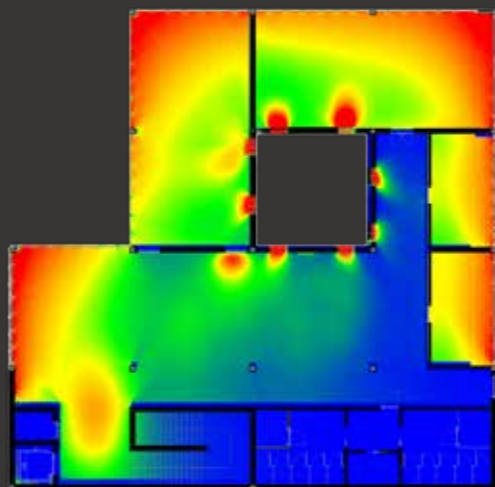


Fig. 6.14 Pianta 2° piano_inverno_con schermatura

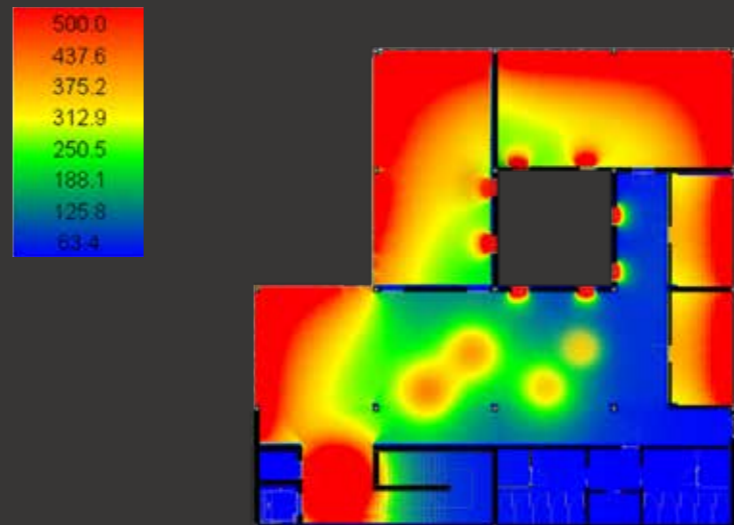


Fig. 6.17 Pianta 2° piano_estate_senza schermatura

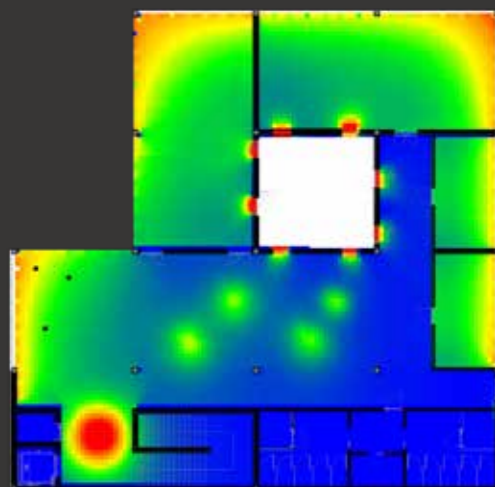


Fig. 6.18 Pianta 2° piano_estate_con schermatura

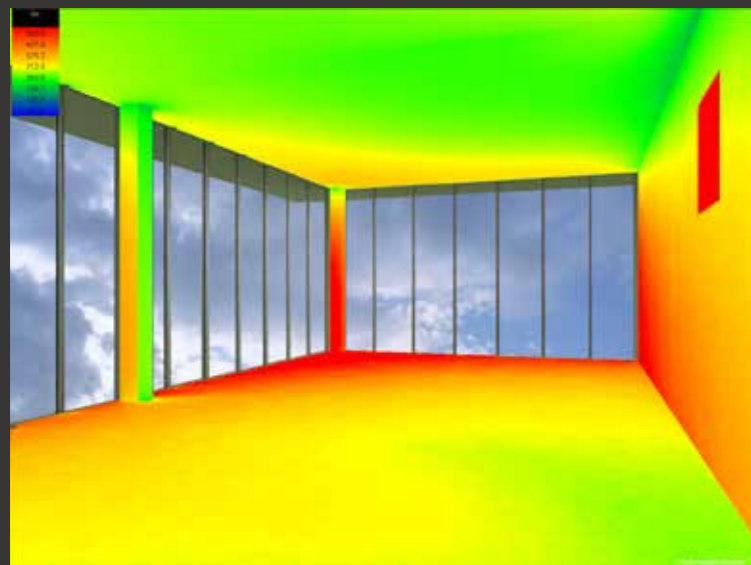


Fig. 6.15 Aula didattica 2° piano_inverno_senza schermatura

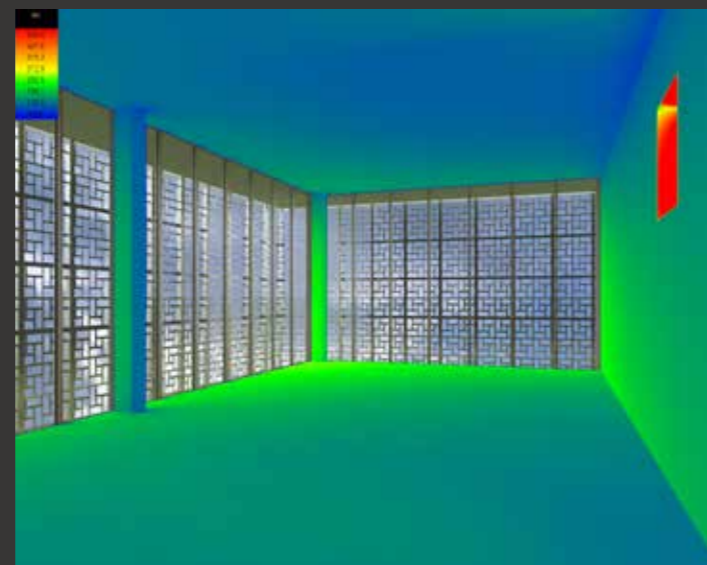


Fig. 6.16 Aula didattica 2° piano_inverno_con schermatura

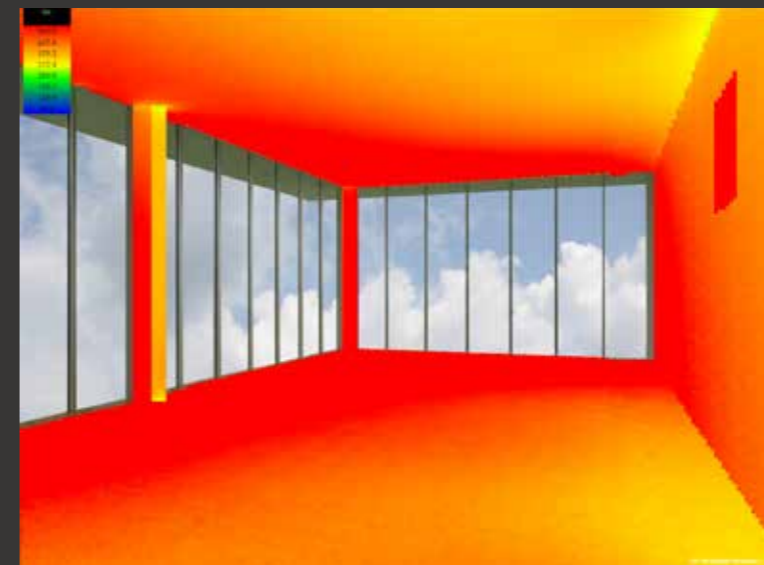


Fig. 6.19 Aula didattica 2° piano_estate_senza schermatura

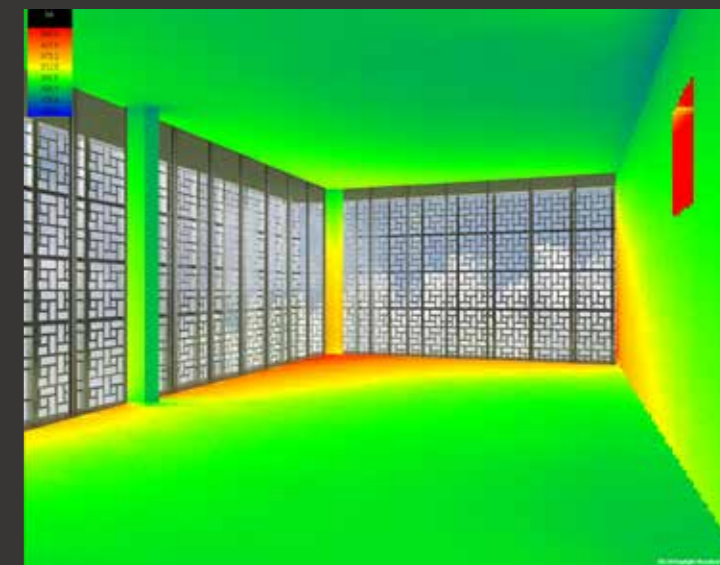


Fig. 6.20 Aula didattica 2° piano_estate_con schermatura

Primo piano

Il primo piano ospita i laboratori di restauro volti alla ricerca sperimentale, un'aula multimediale e uno spazio espositivo, fruibile al pubblico, al quale si può accedere direttamente dal livello della strada.

Analizzando i grafici ricavati con l'utilizzo del software, si nota che nei mesi invernali le varie aule sono illuminate da una luce diffusa (tra i 150 e i 300 lux), mentre rimane generalmente più buia la zona centrale, ossia l'area espositiva. Al piano superiore è stato possibile illuminare la suddetta tramite l'installazione di lucernari.

Nei mesi estivi, la condizione nelle aule risulta ottimale (tra i 500 e i 250 lux), mentre, anche in questo caso, la luce diretta non riesce ad illuminare completamente l'area espositiva, a causa della profondità dell'edificio.

Pertanto si prevede, oltre l'installazione dell'illuminazione artificiale, che sarà presente in tutti i locali per coprire il fabbisogno luminoso nelle ore più buie, l'inserimento di faretti appositi, volti all'esaltazione della luce sui pannelli espositivi.

Nel grafico prospettico nella pagina seguente è rappresentata la vetrata dell'area espositiva e si osserva che la luce proveniente da Nord si diffonde in maniera omogenea.

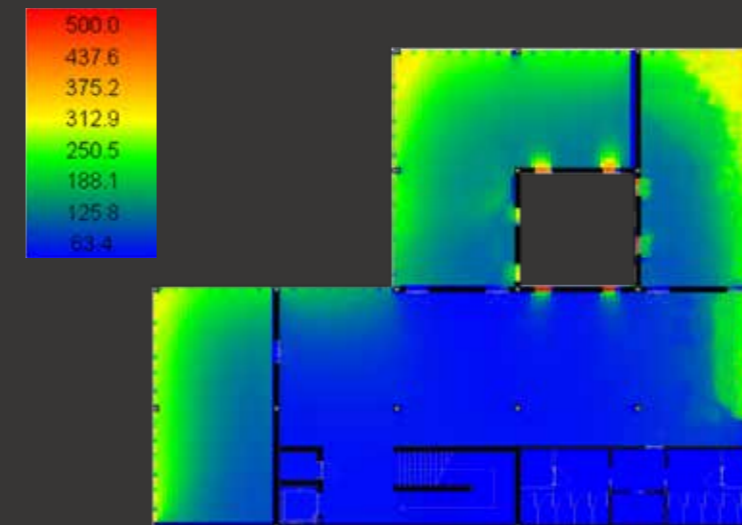


Fig. 6.21 Pianta 1° piano_inverno

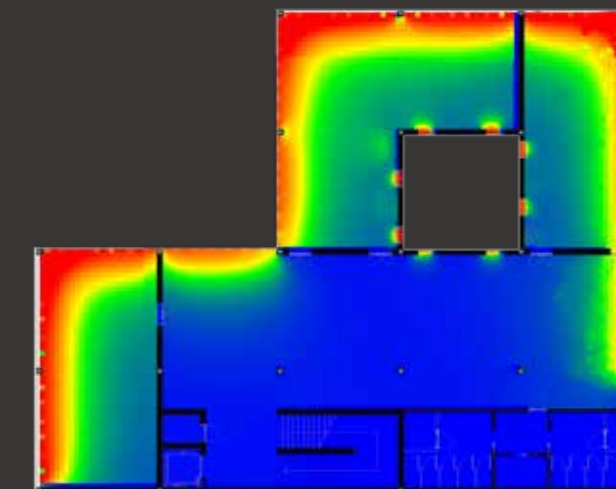


Fig. 6.22 Pianta 1° piano_estate

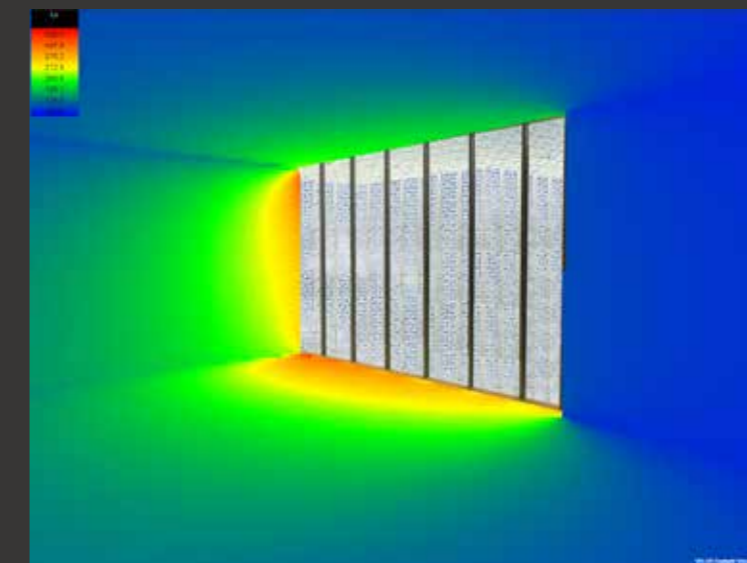


Fig. 6.23 Area espositiva 1° piano_inverno

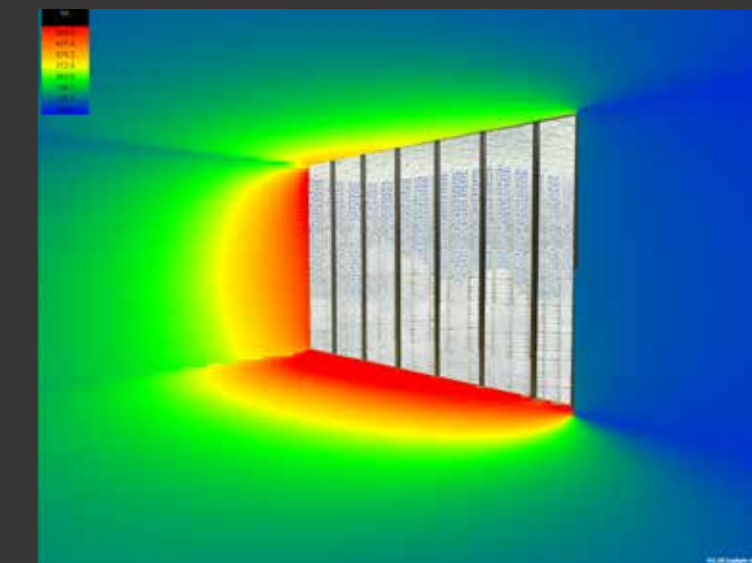


Fig. 6.24 Area espositiva 1° piano_estate

Piano seminterrato

Al piano terra si trova l'ingresso principale dell'edificio. Oltre al punto di accoglienza, è presente una sala espositiva nella zona centrale, una sala lettura comunicante con la sala di archiviazione e l'ufficio amministrativo.

Il piano è meno illuminato dalla luce naturale diretta poiché è parzialmente seminterrato sul lato Est e sul lato Sud.

Pertanto si è deciso di ubicare la sala lettura e, l'ingresso principale e l'ufficio amministrativo sul lato Nord-Ovest, in modo da ricevere la quantità minima di luce naturale sia in inverno e in estate. Nelle parti più buie, invece, sono ubicati i servizi igienici, l'impianto di risalita verticale, lo spazio destinato agli archivi e la sala espositiva, munita di illuminazione artificiale.

Per la sala espositiva, come al piano superiore, si è ritenuto necessario l'installazione di faretti per l'illuminazione dei pannelli, mentre la sala di archiviazione sarà dotata di un'apposita illuminazione artificiale.

Il grafico prospettico rappresenta la sala lettura che risulta essere illuminata in maniera ottimale in rispetto della norma UNI EN 12464.

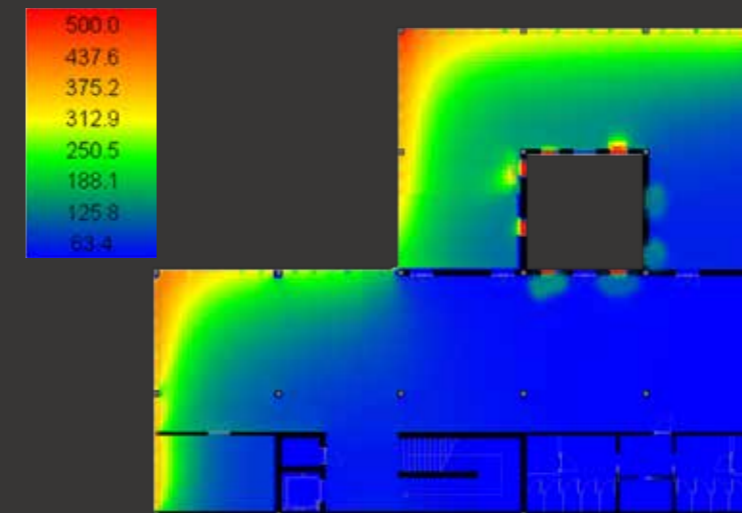


Fig. 6.25 Pianta piano terra_inverno

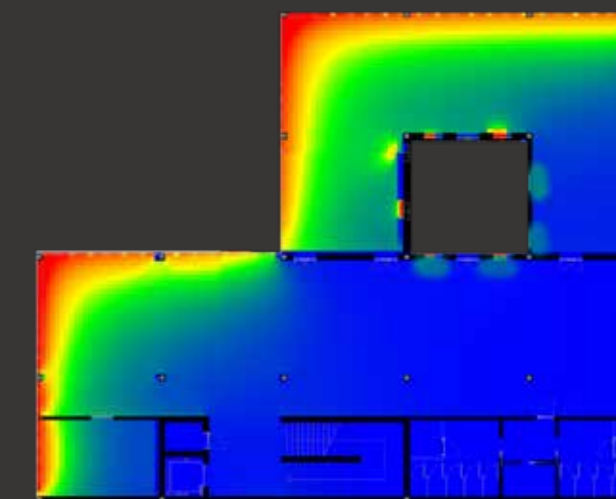


Fig. 6.26 Pianta piano terra_estate

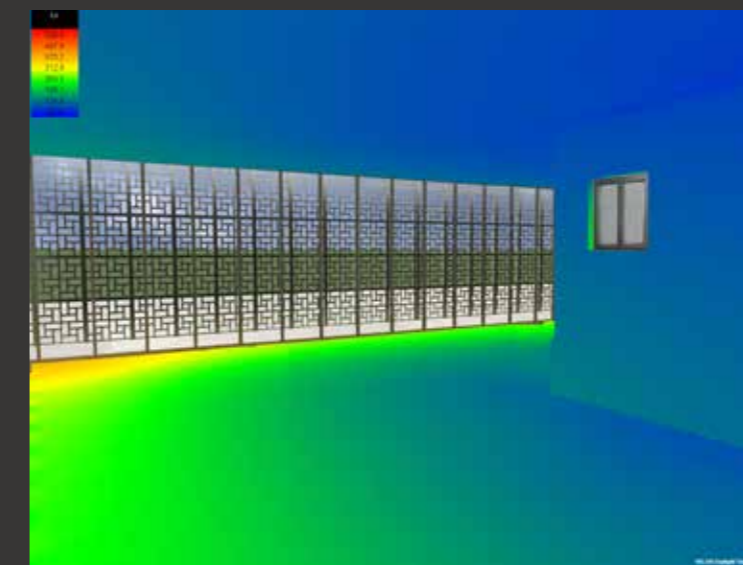


Fig. 6.27 Sala lettura piano terra_inverno

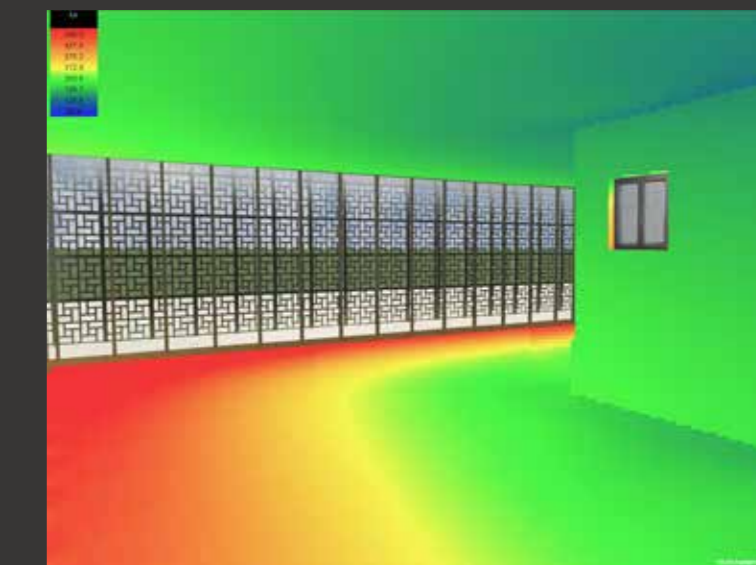


Fig. 6.28 Sala lettura piano terra_inverno

6.6.2. Calcolo del FATTORE DI LUCE DIURNA

Secondo piano

Come rappresentato nel grafico, il Fattore di Luce Diurna viene genericamente rispettato negli spazi di lavoro e di studio.

Mentre i locali igienici sanitari e l'impianto di risalita risultano non essere illuminati naturalmente, ma bisogna tenere in considerazione che si tratta di una zona del locale dove non vi è permanenza di persone e sarà predisposta di un impianto di luci artificiali.

Primo piano

Il grafico del Fattore di luce diurna della del primo piano è molto simile al precedente. I laboratori di restauro sono illuminati da una luce diffusa che diminuisce verso l'interno. Pertanto ogni postazione sarà fornita di una personale fonte luminosa artificiale per rispondere alle esigenze tecniche richieste dal lavoro di restauro. Nella zona centrale dell'edificio, invece, si formano delle zone buie, dovute all'impossibilità di utilizzare la luce zenitale come al piano superiore.

Piano terra

Coerentemente con le simulazioni dell'illuminamento il livello semiinterrato risulta avere, in alcune zone, un valore di FLDm pari all'1% , insufficiente secondo normativa, pertanto si procede all'installazione di un apposito sistema di illuminazione artificiale.

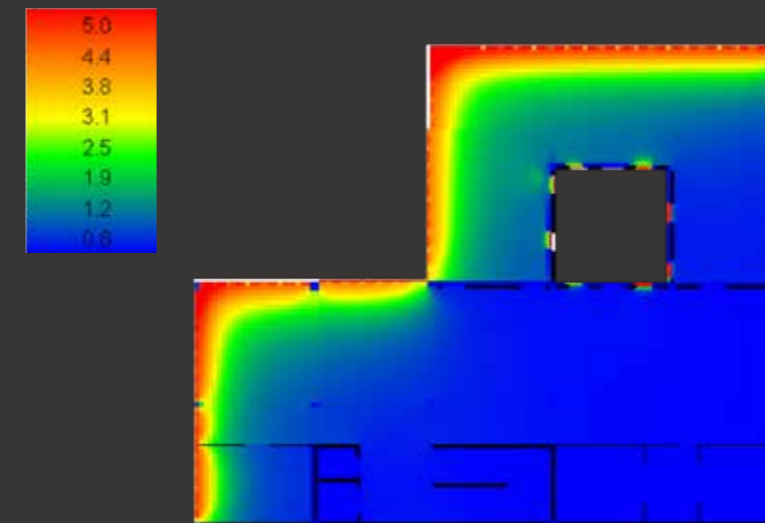


Fig. 6.31 Piano semiinterrato_Fattore di luce diurna

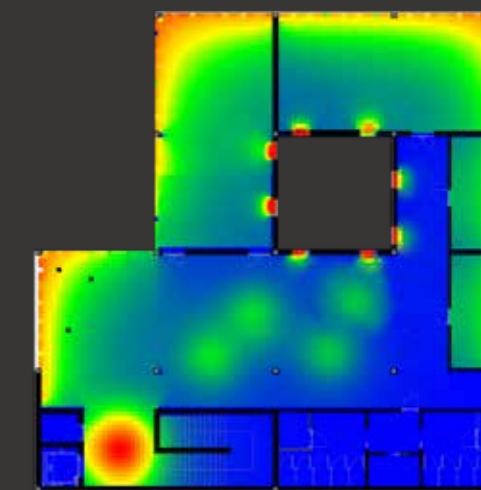


Fig. 6.29 Piano 2°_Fattore di luce diurna

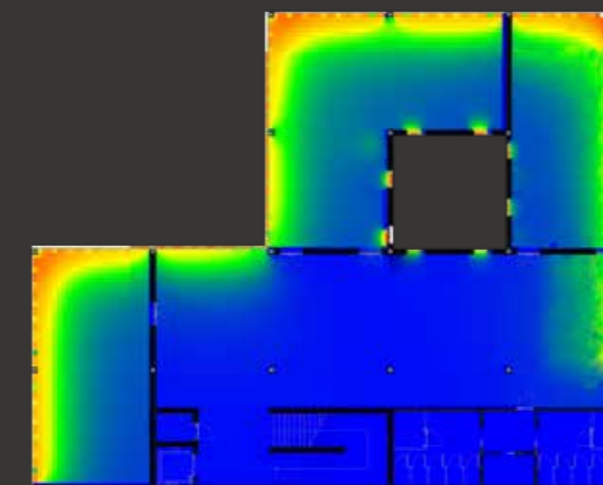


Fig. 6.30 Piano 1°_Fattore di luce diurna

SEZ. D

Il restauro conservativo della
Moshea Pertev Pasha

07

LA FASE DI RILIEVO

7.1. Descrizione dell'edificio

7.1.1. Il cortile esterno

7.1.2. Le mura

7.1.3. Facciata Nord-Ovest

7.1.4. Facciata Nord-Est

7.1.5. Facciata Sud-Ovest e il minareto

7.1.6. Facciata Sud-Est

7.1.7. Gli ambienti interni

7.2. Mimar Sinan

7.2.1. La vita

7.2.2. Le opere

7.3. Evoluzione storica della Moschea

7.4. Il rilievo della Moschea

7.4.1. Il rilievo fotografico

7.4.2. Il rilievo geometrico

7.4.3. Il rilievo materico

7.4.4. Rilievo del degrado

7.5. Il piano delle indagini

7.5.1. Analisi con termocamera

7.5.2. Analisi attraverso l'utilizzo delle sonde temperatura-umidità datalogger

7.6. Indagini statiche

7.6.1. Prove invasive

7.6.2. Prove ultrasoniche

7.6.3. Ground penetrating Radar

7.6.4. Carotaggi

7.6.5. Modellazione con sap 2000

1.7. Analisi dello stato di conservazione e delle priorità di intervento

Dopo aver introdotto nel capitolo 1 il contesto storico e geografico del sito in cui si colloca l'ipotesi progettuale della tesi i, in questo capitolo verrà descritto tutto il processo di conoscenza della Moschea Pertev Pasha, attraverso indagini storico artistiche oltre dettagliate analisi scientifiche.

Il complesso Monumentale sarà analizzato dal punto di vista geometrico e materico al fine di comprenderne le tecniche costruttive e poterle confrontare con le maestranze dell'epoca. In seguito saranno dettagliate tutte le patologie di degrado e i dissesti strutturali riscontrati nel corso della campagna diagnostica, e le tecniche di indagine.

Attraverso la conoscenza ottenuta, sarà possibile determinare tutti i fattori che minano la sopravvivenza del bene pervenendo così all'elaborazione di un piano di restauro finalizzato alla salvaguardia del bene.

7.1. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Il complesso Pertev Mehmet Pasha viene completato nel 1579. Sorge nel centro commerciale di Izmit, nel quartiere di Kocaeli Yeni Cuma, vicino alla vecchia Strada che collega Istanbul e Ankara. La Moschea Pertev Pasha è quindi conosciuta tra le persone locali anche come la Moschea di Yeni Cuma. Questo era un importante complesso sociale, di cui solo la Moschea, la fontana, l'"ad rvan" (serbatoio con una fontana) e l'edificio adibito a scuola primaria, sono parzialmente sopravvissute fino ad oggi.

Esso ha infatti subito varie modifiche nel corso degli anni, a causa degli interventi di restauro dei danni prodotti dai frequenti terremoti.. Inizieremo ad analizzare il complesso nel suo stato attuale per poi risalire alla sua storia.

Il cortile del complesso è costituito da due sezioni: una si trova davanti al nartece mentre l'altra in direzione del "mihrab" (nicchia che, all'interno di una moschea o di un edificio, indica la direzione, detta "qibla", della Mecca). I cortili sono separati l'uno dall'altro con un muro in pietra. La moschea, al centro del gruppo di strutture, ha una pianta quadrata sormontata da una cupola centrale rinforzata da semicupele laterali..

Le 24 finestre ad arco che circondano il tamburo della cupola da tutti i lati, le 12 finestre sulla parete principale, e le 14 finestre alle pareti laterali, creando giochi di ombra e luce, tipici dell'architettura ottomana, illuminano lo spazio interno destinato alla preghiera.



Fig. 7.01 Moschea Pertev Pasha, vista dalla passerella del ponte



Fig. 7.02 Moschea Pertev Pasha - vista dalla dal Tea Garden

7.1.1. Il cortile esterno

Come spesso accade nelle moschee, anche la Moschea Pertev Pasha è circondata da un cortile esterno. La presenza di prati, alberi e fontane, rende questo parco come un'oasi riparata dal traffico quotidiano della città. Nel parco è stato installato un tea garden, tipico bar della cultura turca, per contribuire all'interazione sociale. All'interno del parco sorgono le mura che circondano la Moschea.

Nel 2011 il parco è stato ristrutturato dal Comune di Izmit tramite l'installazione di illuminazione artificiale e di barriere che separarono il parco dalla città.



Fig. 7.03 Parco Yeni Cuma

7.1.2. Le mura

Una cinta muraria costituita da pietra a vista e fornita di piccole finestre, alta tra 1.00 e 3.00 m, separa la Moschea dalla città, delimitando così una zona considerata sacra.

La cinta muraria presenta 3 ingressi, quello principale, che affaccia sul parco, è situato sul lato Nord-Ovest, gli altri due sono rispettivamente a Nord-Est e Sud-Ovest. Delle tre porte, quella in direzione Sud-Ovest, reca un'iscrizione: "Cami-i fierifi Pertev Pasa year 987 (1579)".

Varcando l'ingresso principale ci si trova davanti ad una fontana a pianta circolare coperta da un'edicola sostenuta da dodici colonne in cemento più esterne, e altre dodici colonne in marmo più interne che sostengono una copertura piramidale in piombo. Sono presenti dodici postazioni, situate ciascuna davanti ad un lavandino in ottone, dove il praticante inizierà un rito chiamato abduzione.

L'abduzione è un'operazione che deve essere fatta prima dell'inizio della preghiera, è considerata come una purificazione, questa può essere totale oppure parziale e generalmente consiste nel lavare quelle parti del corpo che sono esposte allo sporco e alla polvere, tipo i piedi, la faccia e le mani.

Alle spalle della fontana si trova l'ingresso alla Moschea a cui si accede attraverso un ampio nartece.

Procedendo verso il lato Sud-Ovest della moschea si trovano due

altaroni funebri in marmo proveniente da Mar di Marmara.

Nel lato Sud-Est ci sono panchine e un gazebo dove poter meditare immersi nella tranquillità. Purtroppo guardando al di là della cinta muraria, la sacralità del luogo viene interrotta dalla modernità del ponte che incombe sul giardino esterno della moschea. Su questo lato si trova anche una piccola fontana risalente alla data di costruzione della Moschea.

Infine sul lato Nord-Est si trova l'ingresso alla Moschea per le donne con relativo spogliatoio, ed un'ulteriore postazione per compiere il rito di purificazione. In questa parte del cortile vi è anche il cimitero destinato ai "muezzin" della moschea, ossia coloro che sono incaricati di richiamare i fedeli alla preghiera.



Fig. 7.04 Fontana principale della moschea

altaroni funebri in marmo proveniente da Mar di Marmara.

Nel lato Sud-Est ci sono panchine e un gazebo dove poter meditare immersi nella tranquillità. Purtroppo guardando al di là della cinta muraria, la sacralità del luogo viene interrotta dalla modernità del ponte che incombe sul giardino esterno della moschea. Su questo lato si trova anche una piccola fontana risalente alla data di costruzione della Moschea.

Infine sul lato Nord-Est si trova l'ingresso alla Moschea per le donne con relativo spogliatoio, ed un'ulteriore postazione per compiere il rito di purificazione. In questa parte del cortile vi è anche il cimitero destinato ai "muezzin" della moschea, ossia coloro che sono incaricati di richiamare i fedeli alla preghiera.



Fig. 7.05 Vista del ponte dall'interno del cortile della moschea



Fig. 7.06 Cimitero della Moschea

7.1.3. Facciata Nord-Ovest

Si è deciso di iniziare la descrizione della Moschea partendo dalla facciata esterna Nord-Ovest, dalla quale si accede agli ambienti interni.

La facciata Nord Ovest risulta più articolata delle altre dal punto di vista architettonico grazie alla presenza del nartece. Esso è rivestito in cemento intonacato ed è costituito da sette arcate in pietra di tufo sostenute da colonne in marmo. Sotto questo porticato si trovano diversi armadietti nei quali vengono lasciate le scarpe, come previsto dal rito musulmano, così da poter iniziare la fase di preghiera. L'ingresso alla sala della preghiera avviene attraverso un imponente portone in legno decorato a mano. Tutta la parte restante della facciata è costituita da blocchi di pietra in tufo, tipici del luogo, provenienti da una cava nelle vicinanze; mentre la cupola, il tamburo e le semi cupole di rinforzo sono costituiti da mattoni in cotto ricoperti in piombo.



Fig. 7.07 Facciata Nord-Ovest

7.1.4. Facciata Nord-Est

Uno degli elementi principali di questa facciata è il collegamento con il portico, dove è situato l'ingresso femminile con relativo spogliatoio.

Inoltre, su questa lato della Moschea, ripetendosi poi con lo stesso schema in quello Sud-Est e in quello Sud-Ovest, si possono distinguere tre livelli di aperture.

Il primo è formato da quattro finestre rettangolari con una schermatura a trama quadrata, poste ad un'altezza di 0.5m dal livello del terreno. Queste sono contornate da una lastra di marmo proveniente da cave locali. Sopra ogni apertura si trovano delle altre a semicerchio.

Il secondo livello di finestre, posto ad altezza di circa 6m, è composto da quattro finestre ad arco. L'arco superiore è composto da conci di tufo.

Poste a circa 11 metri dal livello del terreno, vi sono altre tre finestre dello stesso tipo delle precedenti, ma la finestra centrale è più grande delle laterali.

Inoltre tutta la circonferenza del tamburo che sorregge l'imponente cupola è scandito da ulteriori finestre, 12 in totale. Esse sono ad arco e sono protette da una schermatura in cemento forata a che filtra la luce verso l'interno, regalando meravigliosi giochi di luce .



Fig. 7.08 Facciata Nord-Est, ingresso femminile



Fig. 7.09 Prospetto Nord Est

7.1.5. Facciata Sud-Ovest e il minareto

Questa facciata ha la stessa struttura della precedente, ma come si nota in Fig. 2.10 è segnata dalla presenza del minareto, anch'esso realizzato in pietre di tufo.

Il minareto della Moschea Pertev Pasha è a pianta quadrata e presenta, presso la sua sommità, una terrazza sporgente chiamata "al-azàn" (chiamata al rito), da cui il "muezzin" (convocatore al rito) invita i fedeli alla preghiera. Anche la copertura del minareto è in piombo, sorretta da una struttura lignea, con al culmine un pennacchio in ottone.



Fig. 7.10 Vista del minareto

7.1.6. Facciata Sud-Est

La facciata Sud Est è il retro della moschea, ed è orientata verso l'interno del chiostro più intimo, riservato esclusivamente ai fedeli e alle cerimonie funebri.

La scansione delle aperture è la medesima delle altre facciate fatta eccezione per una finestra circolare posta al centro che illumina "mhirab". La posizione del mihrab è segnata all'esterno da una sporgenza, corrispondente alla nicchia interna, realizzata in tufo e rivestita in piombo.



Fig. 7.11 Facciata Sud-Est

7.1.7. Gli ambienti interni

L'interno è caratterizzato da un ambiente unico di forma quadrata, privo di elementi divisori e sormontato dalla cupola, retta interamente dalle pareti perimetrali. Sul lato sud vi è ballatoio interno, da cui è possibile affacciarsi sulla sala di preghiera.

Sia il pavimento che le scale che conducono al pianerottolo superiore, sono ricoperte da moquette rossa e ocre a tema floreale.

Le pareti e l'interno della cupola sono rivestiti con intonaco a base cementizia. Inoltre sono riccamente decorati a mano con motivi geometrici e floreali che utilizzano diversi colori, rosso, blu, verde, oro. Inoltre tra il primo e il secondo livello di finestre vi è una fascia, che corre lungo tutto il perimetro interno, che riporta frasi del Corano.

Si può osservare che all'interno della Moschea non si è fatto uso di piastrelle in ceramica. Caratteristica che la differenzia dalle moschee contemporanee, dove l'uso delle maioliche ai fini decorativi era ampiamente diffuso.

Il "mirhab" è di piccole dimensioni, ed è sormontato da una semi-cupola, insieme alla quale forma il "sancta sanctorum" della moschea. Il "minbar" è invece il pulpito della Moschea, che è collocato sul lato Ovest della Sala di Preghiera. Entrambi gli elementi sono realizzati in marmo e arricchiti da decorazioni geometriche.



Fig. 7.12 Interno della Moschea, mirhab e minbar



Fig. 7.14 Minbar in marmo



Fig. 7.13 Dettaglio affreschi della Moschea



Fig. 7.15 Dettaglio cupola

7.2. MIMAR SINAN

L'architettura islamica, che mai smette di sorprendere e affascinare la sensibilità artistica occidentale, rimane nella maggioranza dei casi 'opera anonima', o la si lega al nome del committente con cui solitamente si tramanda il nome.

Sono rari i casi in cui l'architetto o l'artista si sovrappone all'ombra di colui che ne ha ordinato il progetto, e il caso più significativo resta quello di Mimar Sinan (1494/1499-1588), mimarba, ossia architetto capo dell'impero Ottomano dal 1538 alla morte, la cui attività si svolse continuamente durante il regno di ben tre sultani: Solimano il Magnifico (1494-1566, sultano dal 1520), Selim II (1524-1574, sultano dal 1566) e Murad III (1546-1595, sultano dal 1574).¹

7.2.1. La vita

Koca Mimar Sinan è considerato il più grande architetto del patrimonio architettonico dell'impero ottomano.

Nato intorno al 1490 da genitori cristiani trascorre la sua giovinezza nel villaggio di Agirnas vicino a Kayseri fino alla iscrizione (devsirme) ai "masters of carpenters".

All'età di 22 anni Sinan viene reclutato nel Corpo delle truppe armate ottomane (Janissary). Durante questo itinerario militare viaggia ampiamente in tutto l'impero, fino a Baghdad, Damasco, Persia e Egitto.

¹ La vita e le opere di Mimar Sinan, Paolo De Silvestri

Egli stesso commenterà questo periodo dicendo che da ogni rovina e da ogni monumento che ha visto ha assorbito e imparato qualcosa.

Durante le campagne militari, Sinan si afferma come valoroso ingegnere militare e molto presto, nel 1537, viene nominato dal Sultano Suleyman (1520-66) capo dell'ufficio degli architetti reali. Il sultano, dopo la morte del suo figlio prediletto, il principe Mehmet, ordina a Sinan di progettare e costruire una moschea in suo onore. Sinan realizza così il suo primo complesso monumentale, la Moschea di Sehzade, attualmente visitabile e importante testimonianza architettonica del periodo ottomano..

Grazie alla sua crescente fama il numero dei clienti che si rivolgono a Sinan aumenta, e l'architetto realizza una quantità di edifici senza precedenti, che tutt'ora segnano lo skyline di Istanbul.

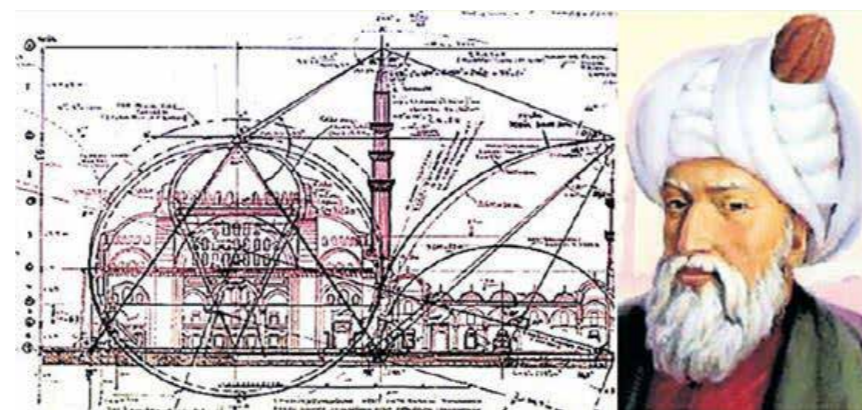


Fig. 7.16 Progetto di Sinan di una moschea

7.2.2. Le opere

Diverse fonti affermano che Sinan è stato l'architetto progettista di circa 360 strutture che comprendevano 84 moschee, 51 piccole moschee (mescit), 57 scuole di teologia ("medrese"), 7 scuole per i recitatori coranici ("darülkurra"), 22 mausolei ("Türbe"), 17 case Alm ("imaret"), 3 ospedali ("darüssifa"), 7 acquedotti e archi, 48 locande ("Caravansarai"), 35 palazzi e palazzi, 8 volte e 46 bagni.

L'evoluzione del pensiero architettonico di Sinan è scandita dalla realizzazione di tre opere principali.

La Moschea di Sehzade, con la quale acquisisce la fama di grande architetto ottomano, è la prima moschea sultanale² e presenta aspetti fortemente innovativi. La cupola centrale è rinforzata dalle semi-cupole sui quattro lati. L'interno della sala, quasi quadrata, è particolarmente luminoso, grazie alle molteplici aperture (dalle finestre alla base delle cupole - 24 nella cupola centrale e 9 per ogni semicupola - a quelle nelle pareti) che lasciano entrare la luce. L'altra innovazione fu la costruzione delle gallerie lungo le facciate laterali per nascondere i contrafforti. La moschea è preceduta da un grande cortile fiancheggiato da un porticato con cinque piccole cupole per lato, con al centro la fontana per le abluzioni, coperta da un'edicola sostenuta da otto colonne. Due minareti sono posti alle estremità del lato sul cortile.

La Moschea di Süleymaniye fu completata quando Sinan

² Le moschee sultanali (selatin camileri), cioè fatte costruire dai sultani, si riconoscono esternamente per la presenza di più minareti, che è una loro prerogativa.

raggiunse l'età di 70 anni. Le grandi novità introdotte dall'architetto furono l'impiego di tecniche innovative per la realizzazione delle grandi copole, e la creazione di un grande complesso monumentale, che non ospitava solo la Moschea ma anche la scuola, il cimitero, diversi mausolei e la mensa. La Moschea di Süleymaniye si trova su una delle colline di Istanbul e ne caratterizza il paesaggio urbano.

L'ultima moschea realizzata da Sinan quando aveva 80 anni, espressione della piena acquisizione delle tecniche costruttive da parte dell'architetto, è la moschea di Selimiye a Edirne. Egli stesso la definisce come il suo più grande capolavoro. Difatti, la cupola con un diametro superiore ai 31 metri, è imponente. Tutta la moschea è riccamente decorata con piastrelle in ceramica dai colori azzurro blu.

Tra le altre Moschea progettate da Sinan si citano la Rüstem Paşa Camii (1560-64), edificata per il gran visir Rüstem Pascià, marito della figlia prediletta di Solimano, Mihrimah; la Sokollu Mehmet Paşa Camii ad Istanbul (1571-72).per Solimano, Selim II e Murad III.; la Azap Kap Camii ad Istanbul (Galata), completata nel 1577.

Sinan realizzò anche diversi mausolei, tra cui si cita il mausoleo di Sehzade Mehmed, il mausoleo di Rüstem Pasha, in stile classico e il mausoleo di Süleyman il Magnifico. Quest'ultimo si differenzia dagli altri per l'uso di una pianta ottagonale e di una copertura piana. Il mausoleo fa parte del grande complesso di Süleymaniye, e si trova nel lato Nord-Est.

In quanto capo degli architetti della guardia reale, Sinan realizzò

anche diverse opere civili, come ponti e acquedotti.

Il più grande dei suoi lavori è il ponte Büyükçekmece a Istanbul, lungo quasi 635 m. Altri esempi significativi sono il ponte di Silivri fuori da Istanbul, il ponte di Lüleburgaz (Sokullu Mehmet Pasha) sul fiume Lüleburgaz, il ponte di Sinanlı sul fiume Ergene e il ponte di Drina che è diventato il titolo del famoso romanzo dell'autore jugoslavo Ivo Andrić.

Sinan si occupò di migliorare l'apporto idrico di Istanbul, attraverso la costruzione di diversi acquedotti ad arco nella città. L'acquedotto di Maglova lungo il fiume Alibey, lungo 257 metri, alto 35 metri presenta due livelli di arcate ed è uno degli esempi meglio conservati attualmente.

In conclusione si può affermare che durante la sua carriera ha modificato la tradizionale geometria a cupola della moschea islamica. La sua formazione come ingegnere dell'esercito lo ha portato ad affrontare l'architettura da un punto di vista empirico, piuttosto che da quello teorico. Ha iniziato a sperimentare la progettazione e l'ingegnerizzazione di strutture monolitiche e multistrato. Ha cercato di ottenere una nuova purezza geometrica, una razionalità e un'integrità spaziale nelle sue strutture e nei suoi disegni di moschea dimostrando il suo desiderio di creare uno spazio chiaro e unificato. Ha iniziato a sviluppare una serie di varianti sulle cupole, che li circondano in modi diversi con semi-cupole, pilastri, pareti a schermo e diversi tipi di gallerie. Le cupole e gli archi sono curvi, ma evitava elementi curvilinei nel resto del suo disegno, trasformando il cerchio della cupola in un sistema rettangolare, esagonale o ottagonale. Ha cercato di ottenere un'armonia

razionale tra la composizione piramidale esterna di semi-cupole, che culmina in una sola cupola senza tamburi e lo spazio interno in cui questa cupola centrale integra verticalmente lo spazio in un insieme unificato. Il suo genio sta nell'organizzazione di questo spazio e nella risoluzione delle tensioni create dal disegno. Era un innovatore nell'uso di decorazioni e motivi, riunendoli nelle forme architettoniche nel suo insieme. Accentuò il centro sotto la cupola centrale inondandola con la luce dalle numerose finestre. Ha incorporato le sue moschee in modo efficiente in un complesso (külliye), che serve i bisogni della comunità come centro intellettuale, un centro di comunità e che serve i bisogni sociali e problemi sanitari dei fedeli.

Quando Sinan morì, l'architettura classica ottomana aveva raggiunto il suo climax. Tutti gli architetti postumi si riferiranno ai modelli di Sinan.



Fig. 7.17 Moschea di Solimano, Istanbul



Fig. 7.18 Selim Camii, Edirne



Fig. 7.20 Moschea Selimiye a Edirne.



Fig. 7.21 Ponte Buyukcekmece



Fig. 7.19 Moschea di Selimiye a Edirne, interno

7.3. EVOLUZIONE STORICA DELLA MOSCHEA

Le fondazioni della moschea furono posate nel 1572, ma il complesso venne completato solo nel 1579.

Ai tempi della costruzione della moschea Izmit era una delle tappe lungo la strada commerciale percorsa dalle carovane che collegava l'Anatolia alla capitale ottomana, nota con il nome di via della seta. La moschea, data la sua funzione socio-religiosa, sorge nel centro cittadino lungo la via commerciale, ai tempi costeggiata dal mare. Infatti nelle foto storiche a lato le mura della Moschea affacciano direttamente sul mare. La moschea non doveva svolgere solo la funzione di luogo di preghiera, ma anche quella sociale, e infatti il complesso fu allargato e comprendeva un bagno turco, una fontana, un caravanserraglio, una scuola elementare e una mensa per i viandanti e i poco abbienti

Il bagno turco, di cui oggi sono visibili alcuni resti, era situato nella parte nord-ovest della moschea, la scuola ad est e il caravanserraglio andato completamente perso durante i terremoti nella parte sud-ovest.

Nel periodo repubblicano, durante il riarrangiamento di Kocaeli, con i piani di costruzione del primo Hermann Yansen, e successivamente sotto il Prof. Kemal Ahmet Aru, si restaurarono i dintorni del complesso sociale, e il gruppo di strutture riguadagnò il suo magnifico aspetto.

La scuola invece è stata più volte ricostruita, seguendo lo stesso

schema costruttivo, ma costituendo così un falso storico.

Sebbene il complesso non si sia conservato nella sua interezza la Moschea costituisce una delle testimonianze dell'architettura ottomana, nella quale si ritrovano tutte le innovazioni e le sperimentazioni dell'Architetto Sinan. Inoltre, nonostante siano trascorsi numerosi secoli dalla sua costruzione, svolge perfettamente le sue funzioni religiose e sociali, ed è il punto di riferimento per i fedeli di Izmit.



Fig. 7.22 Golfo di Izmit prima dell'indietreggiamento del mare

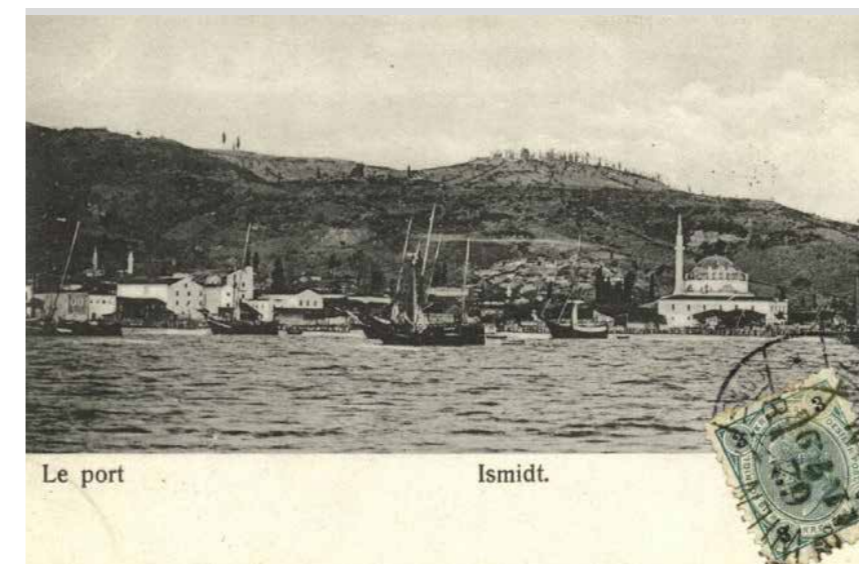


Fig. 7.23 Foto storica dell'antico porto di Izmit



Fig. 7.24 Foto storica della Moschea Pertev Pasha

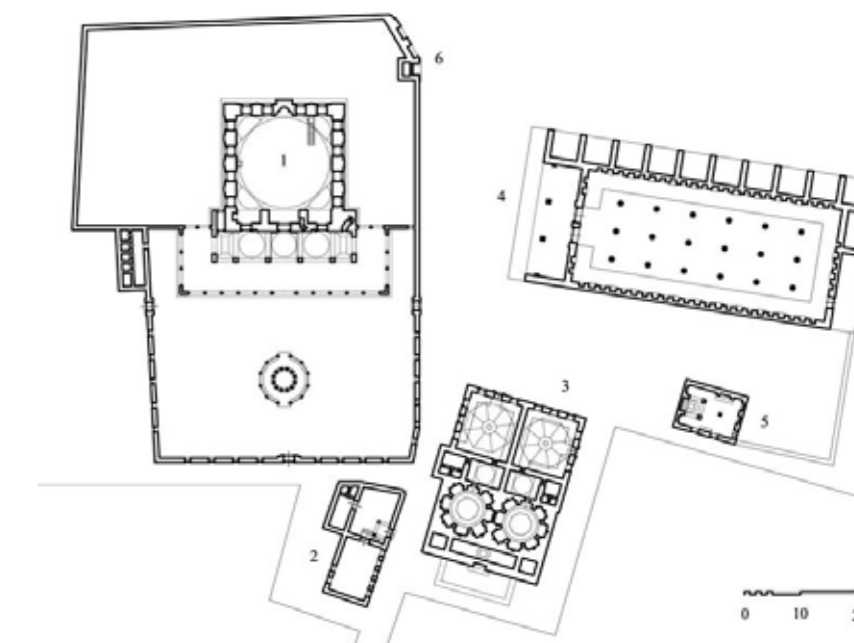


Fig. 7.25 Complesso monumentale Pertev Mehmet Pasha

- 1 Moschea Pertev Pasha
- 2 Scuola Elementare
- 3 Bagno Turco
- 4 Caravanserraglio
- 5 Mensa
- 6 Fontana



Fig. 7.26 Moschea Pertev Pasha foto notturna - fonte: google

7.4. IL RILIEVO DELLA MOSCHEA

Al termine delle indagini storiche si è proceduto al rilievo diretto e indiretto del bene, che ha come obiettivo la conoscenza completa del manufatto. Il rilievo si è suddiviso in due parti: la fase di acquisizione, durante la settimana del workshop, che ha fornito i dati geometrici, materici, strutturali e funzionali del bene e la fase di restituzione grafica di tutte le informazioni in possesso.

Il rilievo della Moschea costituisce la base del progetto della tesi. In particolare ha consentito l'approfondimento dei materiali, delle tecniche costruttive, ed ha consentito di comprendere e valutare la statica dell'edificio e l'eventuale presenza di dissesti strutturali, nonché di eventuali patologie di degrado superficiale in atto.

Nei seguenti paragrafi sarà descritto il metodo di lavoro impiegato, mettendo in evidenza sia le tecniche e gli strumenti adottati per la produzione delle analisi di tipo fotografico, geometrico e tematico (materico, degrado), sia le eventuali criticità e problematiche riscontrate durante la campagna di rilievo.

Inoltre l'attuale situazione politica della Turchia non ha consentito di programmare ulteriori campagne di rilievo in loco,. Pertanto il rilievo fotografico, condotto durante il workshop, ha assunto un ruolo centrale nella stesura della tesi.

7.4.1. Il rilievo fotografico

La fotografia, oltre ad essere uno dei principali strumenti per l'acquisizione dei dati, costituisce un supporto fondamentale per tutte le operazioni di rilievo, fornendo un'ambientazione generale dell'opera e un aspetto complessivo del bene.

Una delle principali utilità di questo tipo di rilievo è quella di poter impiegare la fotografia come base da cui dedurre alcune informazioni per la determinazione metrica degli elementi. A tal fine bisogna fare in modo che il piano della pellicola rimanga parallelo all'elemento di interesse durante lo scatto, mantenendo dunque l'asse della macchina fotografica orizzontale. Così facendo si conserva la proporzionalità tra le varie misure ed è possibile, avvalendosi eventualmente di un'asta telescopica da affiancare all'elemento da rilevare, ricavare alcune misure indirettamente. Nei casi in cui non è stato possibile mantenere l'orizzontalità della macchina fotografica ci siamo avvalsi di alcuni software per il raddrizzamento fotografico.

Il supporto fotografico è stato utilizzato come elemento di verifica per i rilievi materici, e per riconoscere le varie patologie di degrado in atto sulle superficie esterne durante la loro elaborazione grafiche.

Gli alberi presenti nel parco hanno costituito un ostacolo visivo nella realizzazione del rilievo fotografico. Data la loro altezza e le loro ampie fronde, parte degli esterni risultava spesso coperta e non ben visibile.

Inoltre la vicinanza del muro alla Moschea non ha permesso di arretrare a sufficienza per riuscire a fotografare la facciata intera ortogonalmente. Per ovviare a questo inconveniente si è proceduto per parti, realizzando un collage di foto. Si sono dunque scattate numerose foto di dettaglio in sequenza tra loro per poi unirle insieme. Grazie a questa tecnica si è riusciti, a ricostruire tutti i prospetti così da avere un riscontro oggettivo nella fase di restituzione grafica.

Infine l'eccessiva distorsione prospettica delle foto riguardanti le parti alte dell'edificio non ha consentito di avere un riscontro oggettivo delle dimensioni delle patologie di degrado sulla cupola e sul tamburo.

Un altro aspetto importante da sottolineare del rilievo fotografico è quello di essere un supporto, essenziale e senza pari, nella costruzione grafica di elementi architettonici ma soprattutto nella costruzione dei dettagli. Questi infatti, nella maggior parte delle volte, non possono essere raccolti per via strumentale ma solo per via indiretta. Come per esempio la rappresentazione delle dimensioni e delle forme dei materiali lapidei o come per la rappresentazione delle diverse patologie di degrado o nel caso in esame per la rappresentazione di tutte le decorazioni interne alla Moschea.

Il rilievo fotografico non ha interessato solo la Moschea, ma anche tutto il contesto urbano in cui è inserita, in modo da comprendere quali siano gli elementi di disturbo, e quali invece quelli di valorizzazione.

Grazie all'applicazione del metodo d'indagine sopra descritto, abbiamo potuto trarre una struttura di informazioni complessivamente esaustiva e dettagliata. Da suddetto quadro vanno, purtroppo sottratti alcuni dettagli per i quali sarebbero stati necessari ulteriori accertamenti in loco. La pianificazione delle visite e delle parti da rilevare si è comunque rivelata di fondamentale importanza ai fini della buona riuscita dell'intera operazione conoscitiva.

Tutte le informazioni riguardanti il rilievo fotografico sono riportate sulle schede fotografiche: Allegato I, di cui ne riportiamo una di esempio nella pagina seguente.

Gli strumenti utilizzati sono due macchine fotografiche: una reflex Canon Eos 600D con obiettivo 18-55 e una macchina digitale Leica C-LUX3 dotate di una buona qualità complessiva delle fotografie.

SCHEDA FOTOGRAFICA

SF 16



NUMERO SCHEDA:
31

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

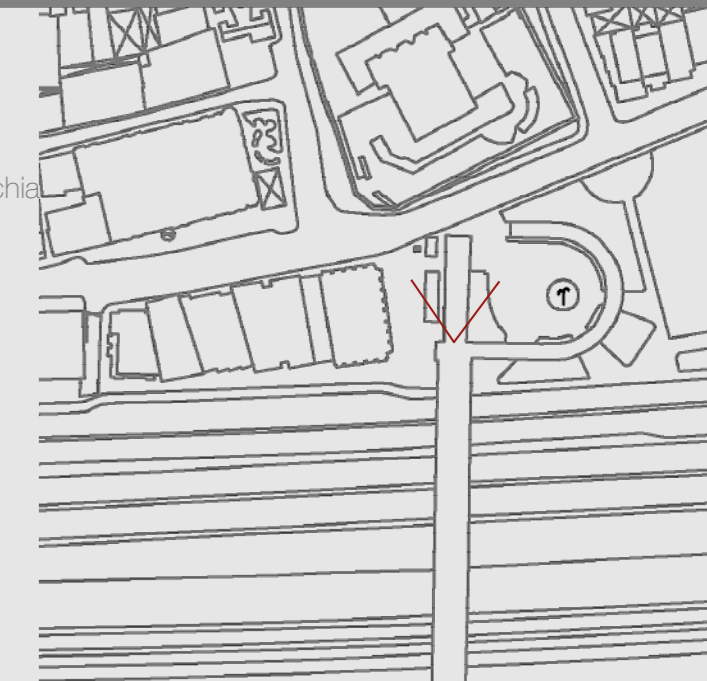
OGGETTO:
Scale mobili del ponte

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
32

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Foto dalla fine del ponte



7.4.2. Il rilievo geometrico

L'obiettivo del rilievo geometrico è la rappresentazione in scala dell'edificio oggetto di studio nella sua complessità, in modo da rilevare la geometria dell'edificio e delle sue parti, nonché eventuali dissimmetrie, irregolarità e dislivelli presenti, avanzando delle ipotesi per motivare eventuali anomalie di forma.

Prima della fase di rilievo sono stati forniti dal Prof. Emre Kishali, correlatore della presente tesi, gli elaborati grafici esistenti, risalenti al restauro successivo al terremoto del 1999.

Sulla base delle informazioni pervenute, si è proceduto alla verifica delle misure geometriche e all'integrazione delle informazioni mancanti o non sufficienti.

Purtroppo non è stato possibile accedere ad alcune zone della Moschea, riservate esclusivamente all'Imam.

Al fine di tradurre la geometria del manufatto in segni convenzionali si è adottata una scala di rappresentazione pari a 1:50 e si sono adottate le norme ISO relative al disegno.

Al termine del rilievo geometrico si sono definite le misure geometriche della moschea. La pianta è quasi un quadrato perfetto, lo scarto fra le due pareti è inferiore a 1m su 22 metri di lunghezza.. La pianta è simmetrica rispetto l'asse Est-Ovest, mentre asimmetrica Rispetto l'asse Nord-Sud, poiché è presente il nartece. La cupola ha un diametro di 20 metri e poggia sulle pareti

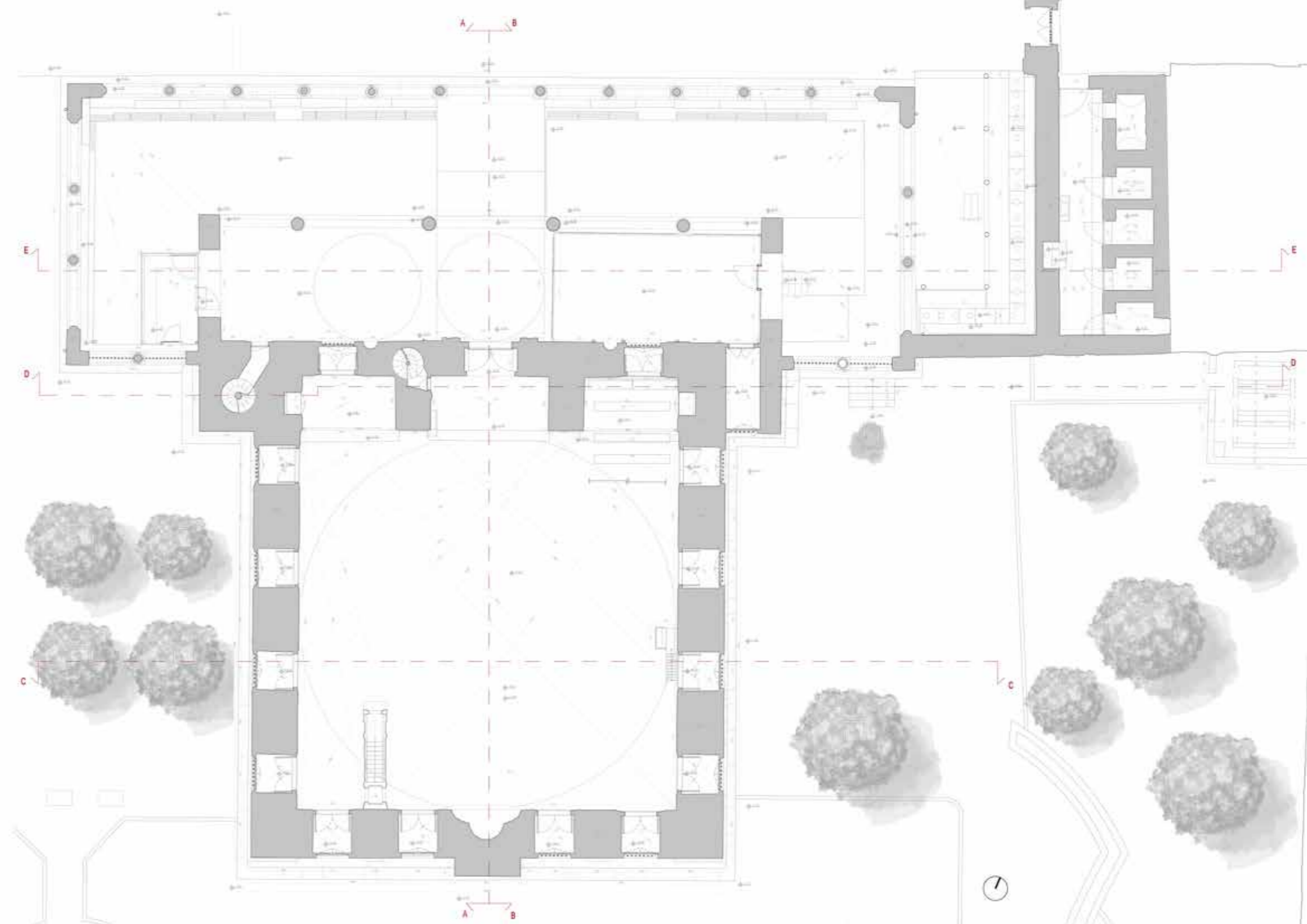
lateralmente aventi spessore di 1.8m e altezza 12. L'intera moschea, compreso il tamburo e la cupola, è alta 28 m, mentre il minareto di pianta quadrata raggiunge i 38m. Le pareti che chiudono la sala di preghiera presentano otto aperture su ogni lato, mentre sul tamburo ve ne sono 12 lungo tutta la circonferenza.

Inoltre non vi sono significativi dislivelli in pianta e non si è rilevata la presenza di barriere architettoniche che impediscono l'accesso alla sala principale.

Di seguito è riportato l'elenco degli elaborati grafici del rilievo geometrico, di cui è mostrato un esempio fuori scala nella pagina seguente.

Elaborati Rilievo Geometrico:

- Tav 01 Pianta piano terra
- Tav 02 Pianta sezionata a 6m di altezza
- Tav 03 Pianta sezionata a 8.5m di altezza
- Tav 04 Pianta delle coperture
- Tav 05 Prospetto Nord-Ovest
- Tav 06 Prospetto Nord-Est
- Tav 07 Prospetto Sud-Ovest
- Tav 07 Prospetto Sud-Est
- Tav 09 Sezione A-A
- Tav 10 Sezione B-B
- Tav 11 Sezione C-C
- Tav 12 Sezione D-D
- Tav 13 Sezione E-E con lavatoio (pianta sezione e prospetto).



7.4.3. Il rilievo materico

Gli obiettivi del rilievo materico sono il riconoscimento delle diverse tipologie di materiali costituenti tutti gli elementi tecnologici dell'edificio: chiusure verticali e orizzontali, partizioni verticali e orizzontali; successiva mappatura grafica, fondamentale insieme a quella relativa al degrado, per individuare con precisione le aree da sottoporre all'intervento di conservazione e per scegliere le tecniche d'intervento più appropriati. Inoltre un'attenta indagine circa la provenienza dei materiali e le tecniche costruttive impiegate facilita la ricostruzione delle fasi di costruzione dell'edificio e di tutte le modifiche che lo hanno interessato nel corso della sua vita.

7.4.3.1. Metodi, strumenti e difficoltà

L'indagine visiva, affiancata dal rilievo fotografico e dalle indagini storiche, ha costituito la base del metodo di lavoro adottato.

Individuati i materiali si è proceduto alla graficizzazione di tutte le informazioni raccolte, elaborando una mappatura in falsi colori dell'edificio in cui ad ogni materiale individuato è stata associata una differente campitura. La base degli elaborati grafici è il rilievo geometrico.

Anche durante il rilievo materico non sono mancate piccole difficoltà pratiche:

- Punti non raggiungibili, si pensi alle porzioni più in alto delle facciate esterne della Moschea o dei prospetti interni per i quali è stata possibile solo un'osservazione da lontano

o l'ingrandimento di immagini fotografiche

- Difficoltà nella distinzione dei materiali a causa di stratificazioni successive di materiale dovute a tentativi di manutenzione e miglioramento della condizione di degrado;
- Pulitura delle pietre e del legno dai depositi superficiali per il successivo confronto con le immagini da catalogo valutando colore, venatura, durezza, scalfittura e tenendo in conto che umidità, agenti atmosferici e altre patologie di degrado tendono ad alterare le suddette caratteristiche.

7.4.3.2. Risultati raggiunti

La moschea è quasi interamente composta in blocchi di tufo,. Le coperture sono rivestite in piombo e i serramenti sono in legno.

Si osserva che l'uso della tufo e del marmo, come materiali da costruzione, è ampiamente diffuso nelle area geografiche vicino al Mar di Marmara,. Infatti vi sono numerose cave locali, ocho distanti da Izmit. Invece è atipico l'uso degli intonaci come decorazione, spesso realizzate con piastrelle in ceramica.

Anche in questo caso per la rappresentazione grafica si è adottata una scala 1:50 e si sono applicate le norme ISO del disegno.

Di seguito si riporta l'elenco di tutti gli elaborati del rilievo materico, e nella pagina seguente riportiamo un esempio adattato della sezione A-A.

Elaborati rilievo materico:

- Tav 14 Pianta piano terra
- Tav 15 Pianta sezionata a 6m di altezza
- Tav 16 Pianta sezionata a 8.5m di altezza
- Tav 17 Pianta delle coperture
- Tav 18 Sezione A-A
- Tav 19 Sezione B-B
- Tav 20 Sezione C-C
- Tav 21 Sezione D-D
- Tav 22 Sezione E-E con lavatoio (pianta sezione e prospetto)
- Tav 23 Prospetto Nord-Ovest
- Tav 24 Prospetto Nord-Est
- Tav 25 Prospetto Sud-Ovest
- Tav 26 Prospetto Sud-Est
- Tav 26 Prospetto Sud-Est

Fig. 7.27 A lato Rilievo materico sezione A_A





7.4.4. Rilievo del degrado

Il rilievo del degrado consta di una serie di fasi che non possono in alcun modo prescindere le une dalle altre, né dalle precedenti osservazioni desunte dai rilievi materico, fotografico e geometrico.

E' stato effettuato secondo una procedura che si articola nelle seguenti fasi:

- Un primo passo è stato quello di approfondire, a livello teorico, le nozioni principali riguardanti le varie patologie, così da poter svolgere sul campo un'analisi del degrado il più preciso possibile. In tal senso è risultato essenziale prendere atto della procedura di catalogazione delle patologie (Normal 1/88), che fornisce un lessico generalmente accettato in ambito operativo anche in Turchia.

- La fase immediatamente successiva ha riguardato l'esperienza in loco durante la quale si è proceduto ad un'ispezione visiva della Moschea. Durante l'indagine sono stati sviluppati su supporto cartaceo disegni ed eidotipi al fine di creare una prima resa grafica dei prospetti e un'individuazione approssimativa delle principali aree interessate dalle singole patologie. Il supporto cartaceo così elaborato, e il rilievo fotografico hanno così costituito il fondamentale strumento di lavoro delle fasi successive..

- Infine è stata operata una restituzione grafica dell'osservazione svolta, utilizzando come base il materiale rielaborato ad AutoCAD al termine del rilievo metrico, nella quale si sono evidenziate le principali aree interessate dalle singole

patologie.

7.4.4.1. Obiettivi

L'attività sul campo è stata svolta al fine di ottenere una valutazione generale sia del degrado superficiale che dell'eventuale presenza di fessure o dissesti strutturali che potessero compromettere la vita futura della Moschea. Tale studio si è reso necessario per pianificare il progetto di restauro, individuando gli interventi necessari e prioritari per procedere al restauro conservativo della Moschea, cercando in ogni momento ed in maniera coerente di coniugare lo studio teorico delle differenti patologie con l'analisi svolta sul campo.

7.4.4.2. Criticità riscontrate e soluzioni adottate

L'indagine ha coinvolto gli ambienti esterni della Moschea, poiché gli spazi interni erano stati oggetto da poco di un recente intervento di restauro e manutenzione.

Nell'analisi del degrado delle superfici esterne sono state riscontrate le seguenti difficoltà:

- Riconoscimento delle diverse patologie di degrado per lo più riconducibili sia alle caratteristiche intrinseche della pietra che costituisce la muratura e al suo naturale invecchiamento, sia causate da un forte inquinamento atmosferico, alla vicinanza con il mare e alla presenza di umidità.
- Riconoscimento delle patologie di degrado interessanti le porzioni più in alto dei prospetti esterni, come la grande

cupola che sovrasta la Moschea, in virtù di un'osservazione condotta solo da lontano, impedendo così il riconoscimento della consistenza al tatto.

Le criticità riscontrate sono state affrontate ricorrendo alle seguenti soluzioni:

- Osservazione diretta e consistenza al tatto circa la consistenza, la colorazione e soprattutto la posizione del degrado;
- Confronto con il materiale elaborato a seguito del rilievo fotografico, sovrapponendo con foto ortogonali per una rappresentazione il più veritiera possibile con la realtà;
- La scelta di operare un confronto tra le diverse parti, così da paragonare porzioni di edificio più o meno soggette al dilavamento superficiale.

7.4.4.3. Conclusioni

L'esame da svolto ha portato alla luce fenomeni di dissesto strutturale, non particolarmente significativi e non attualmente in atto, e fenomeni di degrado diffuso che interessano maggiormente la muratura esterna in tufo.

Quadro fessurativo

Per quanto riguarda i dissesti strutturali, ad una prima analisi visiva, non sono emerse situazioni di pericolo per la struttura. In ogni caso, è importante segnalare la presenza di microlesioni, soprattutto in corrispondenza dei giunti fra le varie pietre sui prospetti Nord-Est e Nord-Ovest, e una fessura più profonda sul prospetto Sud-Est, creatasi in seguito al terremoto del 1999.

Nelle immagini a lato sono evidenziate i due tipi di fessure, in arancione le microlesioni che interessano la superficie del tufo, e in rosso la fessura più profonda.

Ad una prima ispezione visiva si può ipotizzare che la fessura sul prospetto Sud-Est sia dovuta alla spinta esercitata dalla cupola, sottoposta a forze orizzontali. La posizione centrale della fessura rispetto alla facciata è dovuta alla struttura della muratura, che risulta molto rinforzata sugli angoli dell'edificio.

La fessura appare plasticizzata, e non vi sono segni evidenti che di cinematismi in atto.



Fig. 7.28quadro fessurativo prospetto Nord-Est.pdf

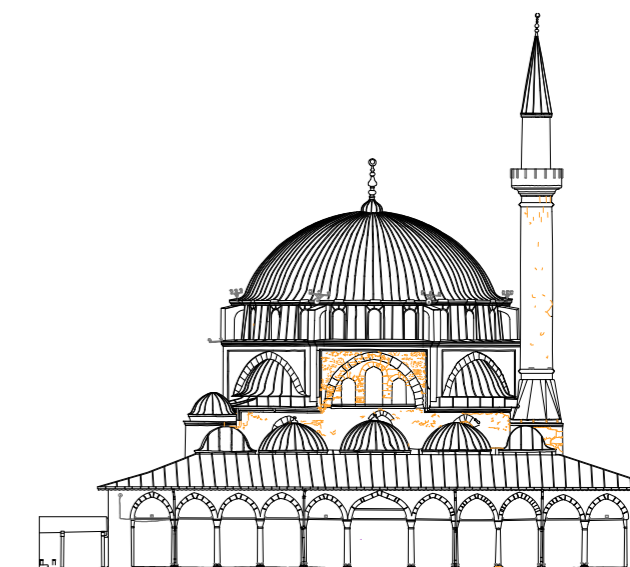


Fig. 7.29quadro fessurativo prospetto Nord-Ovest.pdf

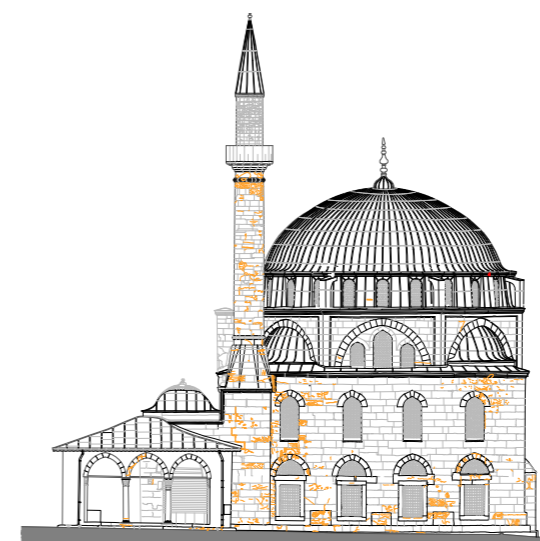


Fig. 7.30quadro fessurativo prospetto Sud Ovest.pdf

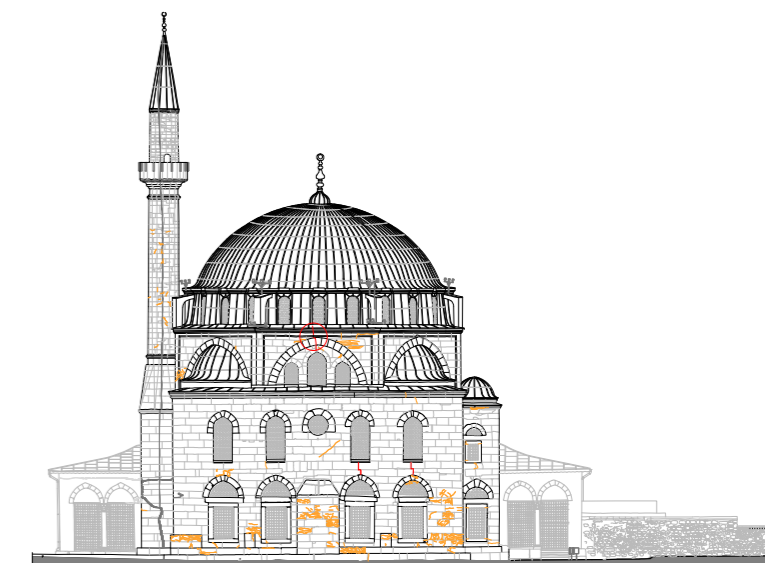


Fig. 7.31quadro fessurativo prospetto Sud est.pdf

Strutture verticali

Le murature sono prevalentemente interessate dalla presenza di sali solubili sia all'esterno che all'interno di essa. Ciò è dovuto alla composizione mineralogica del tufo e alla sua elevata porosità che lo rende una pietra particolarmente sensibile all'acqua.

Si riportano in breve le patologie più diffuse dei prospetti, che risultano anche quelle più pericolose per lo stato di integrità strutturale e visivo della muratura.

Questa è spesso interessata da un'alterazione cromatica, sia ampia e diffusa, che puntuale. Osservando attentamente la superficie si può riscontrare un diverso tipo di alterazione cromatica: nelle parti inferiori della Moschea si ha un maggiore annerimento dovuto alla combinazione di gas di scarico disciolti nell'aria con gli agenti meteorici; nelle parti superiori, invece, agiscono quasi esclusivamente le azioni degradanti degli agenti atmosferici.

Inoltre la muratura esterna è indebolita dalla presenza di cavità di forma circolare. Tali cavità sono, a volte anche abbastanza profonde e sembrano essere interconnesse fra loro; hanno andamento irregolare sulla superficie e sono più presenti nelle parti più esposte all'azione del vento. In alcuni punti il fenomeno è degenerato fino alla disgregazione e alla polverizzazione della pietra in alcune parti dell'elemento murario.

Su tutti i prospetti è facile notare la presenza di fioritura bianca, che può raggiungere anche alcuni cm. E' molto probabile che i cristalli siano anche all'interno del parametro murario. La sub-ef-

florescenza salina è molto pericolosa in quanto la migrazione dei cristalli interni verso l'esterno, durante i cicli di gelo e disgelo, causa la comparsa di alveoli sulla pietra, alterando la superficie del manufatto. Essi si possono formare o dentro il parametro murario (sub-efflorescenza) o sulla sua superficie a seconda del ritmo di fuoriuscita della soluzione salina rispetto al ritmo di evaporazione in ogni momento e in ogni punto.

Nelle zone protette dal dilavamento dell'acqua e dalla pioggia battente si è osservata la presenza di croste nere. La patina che ricopre la pietra appare di colore scuro, di spessore variabile, di forma irregolare, compatta ed ancorata al substrato. La presenza di questo tipo di degrado altera la superficie della Moschea, ed aumenta il rischio di eventuali danni dovuti all'effetto di variazioni termiche fino a provocare fenomeni di disgregazione, erosione ed alveolizzazione. Infatti nelle parti dove i depositi si sono staccati per effetto della diversa dilatazione termica si nota una superficie lapidea disgregata e deteriorata.

Nelle parti della superficie esposte all'azione dell'acqua e del vento si nota la perdita di uno strato superficiale di materiale. La pietra risulta erosa e visibilmente danneggiata, e la superficie non omogenea. Nell'intorno della superficie erosa si notano altri tipi di degrado, quali disgregazione e scagliatura. L'erosione è più estesa in corrispondenza di croste di colore scuro a causa della differente dilatazione termica.

Infine all'altezza del basamento si riscontra la presenza di funghi e muffe e di vegetazione infestante.



Fig. 7.32 Prosp. Nord-Est; patologie in atto: alveolizzazione; dilavamento; alterazione cromatica.



Fig. 7.33 Prosp. Nord-Ovest; patologie in atto: efflorescenza salina e alterazione cromatica



Fig. 7.34 Prospetto Sud-Est

Strutture orizzontali

Il rilievo delle patologie di degrado sulle cupole è stato molto critico, in quanto le coperture non erano accessibili e spesso anche da lontano la vegetazione copriva la visita. Le varie cupole sono rivestite in piombo. La maggior parte delle superfici è interessata da un deposito di polveri e aggregati atmosferici. Spesso si notano variazioni di colore causate dal dilavamento meteorico delle acque piovane.

Pavimentazione esterna

Nel cortile d'ingresso, parte nord, il rivestimento è costituito da lastre in pietra di origine vulcanica, afflitto da vegetazione (muschi) in alcune aree limitate, nello specifico a ridosso del perimetro dell'edificio; si individuano inoltre aree caratterizzate dall'esistenza di malta cementizia localizzata.

Si rimanda agli elaborati grafici, di cui segue un esempio esplicativo, per uno studio più approfondito di tutte le patologie di degrado riscontrate:

- Tav 23 Prospetto Nord-Ovest
- Tav 24 Prospetto Nord-Est
- Tav 25 Prospetto Sud-Ovest
- Tav 26 Prospetto Sud-Est



Fig. 7.35 Prospetto Sud-Est; fessura strutturale



Fig. 7.37 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: presenza di muschi e licheni

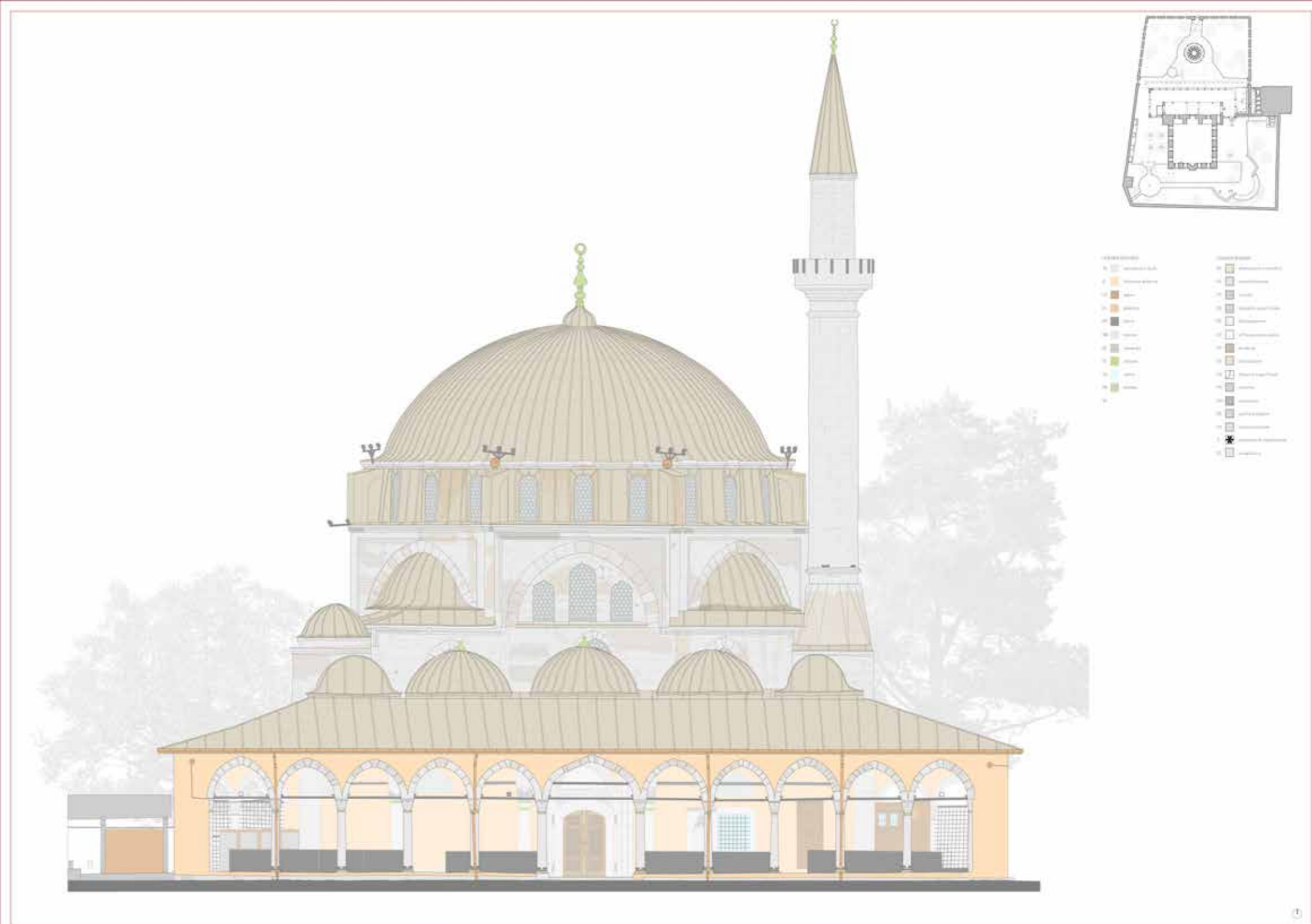


Fig. 7.36 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: Erosione



Fig. 7.38 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: deposito superficiale; alterazione cromatica.

Fig. 7.39 Rilievo del degrado; prospetto Nord-Ovest; Scala adattata



7.5. IL PIANO DELLE INDAGINI

Durante la settimana di workshop siamo riusciti a condurre anche una campagna diagnostica eseguendo diverse tipi di indagini diagnostiche non distruttive in quanto non alterano e non comportano prelievi di campioni dall'oggetto indagato.

Inoltre ci sono stati forniti numerosi dati degli studi eseguiti in precedenza circa la struttura della muratura e la sua resistenza meccanica. Tali dati sono stati ottenuti tramite prove distruttive (carotaggio) e prove non distruttive (prove soniche).

Tutti i dati raccolti durante la settimana sono stati di fondamentale importanza per comprendere a fondo le cause delle diverse patologie e per lo sviluppo del progetto di conservazione.

I vari tipi di degrado che si sono riscontrati nell'edificio sono: fessurazione, condensa; dilavamento; efflorescenza salina; macchia; lacuna; patina biologica; mancanza; scagliatura; disgregazione; polverizzazione; erosione; alveolizzazione; crosta nera; alterazione cromatica; distacchi; deposito superficiale; rattoppi di malta cementizia presenza di vegetazione.

Gli strumenti e le tecniche utilizzate durante le varie fasi di diagnostica sono i seguenti:

- Termocamera ad infrarossi
- Drilling
- Psicrometro
- Sonde temperatura-umidità datalogger
- Sonde ultrasoniche

- Geo-radar
- Carotaggi

L'obbiettivo dell'indagine ha la finalità di:

- Accertare il regime termoigrometrico dell'edificio in oggetto
- Stabilire le cause del degrado delle superfici esterne
- Identificare i precedenti lavori di restauro avvenuti all'interno dell'edificio
- Identificare le migliori condizioni per la conservazione
- Verificare eventuali anomalie termiche e igrometriche nelle murature e in prossimità di gronde e pluviali
- Verificare la presenza di fessurazioni nella muratura che possano danneggiare la statica della Moschea.

Infine, si può affermare che durante il processo di conoscenza del manufatto si è sempre cercato di integrare l'analisi storica ed artistica con una analisi scientifica approfondita ai fini di avere un quadro completo e preciso del manufatto diretto alla salvaguardia dello stesso.

7.5.1. Analisi con termocamera

L'analisi termografica si basa sulla capacità di ogni corpo di emettere radiazioni termiche specificamente nel campo di frequenza dell'infrarosso.

Attraverso una particolare elaborazione e studio delle immagini ottenibili da una termo camera sensibile a tale lunghezza d'onda, siamo stati in grado di associare ai livelli termici ottenuti, eventuali

stati di degrado del manufatto ispezionato.

Il calore rilevato dalla termocamera può essere quantificato in modo estremamente preciso, permettendo non solo di monitorare l'andamento termico, ma anche di identificare e valutare la gravità relativa ai problemi legati al calore.

Per rientrare nei tempi del workshop le indagini sono state mirate ai punti dove era visibile un degrado superficiale, o dove si sospettasse incoerenza di materiali o eventuali dissesti strutturali. Inoltre la fitta vegetazione intorno alla Moschea ha complicato le indagini, creando delle zone ceche.

Le analisi si sono concentrate sul prospetto Nord-Est e Sud-Est, che mostravano una maggiore presenza di sali sulla superficie. L'analisi poi è proseguita all'interno della Moschea, oggetto di un precedente intervento di restauro che si sospettava avesse modificato la statica manufatto.

Nonostante le difficoltà climatiche e ambientali e i tempi ristretti la termografia ha trovato largo impiego fornendo un'analisi utile a diagnosticare i problemi attuali e futuri a cui l'edificio potrebbe essere soggetto e per guidarci nelle opere di consolidamento e di recupero.

Come si è descritto nel paragrafo precedente, si assiste, in varie zone, alla comparsa di sali in forma cristallina e di croste nere, che si concentrano soprattutto in prossimità degli spigoli più alti del prospetto

Pertanto è stato approntato il progetto delle indagini termoigrometriche, allo scopo di studiare sistematicamente il regime termico delle murature, nonché di verificare la presenza di zone più fredde delle pareti (dal momento che queste ultime costituiscono possibili aree di formazione di condensazione e/o denunciano la presenza di infiltrazioni d'acqua attive) e di eventuali contenuti d'acqua anomali, sia in superficie sia in profondità.

Le immagini all'infrarosso termico risultano particolarmente interessanti ed esaustive per chiarire i fenomeni termici in atto.

La muratura dei prospetti indagati con grande inerzia termica consente di osservare la tessitura: a conci grossi e regolari, rafforzata negli angoli con conci di dimensioni più grandi. Si notano, inoltre, i differenti materiali impiegati per schermare la finestra (cemento), le cornici delle aperture in marmo, e il piombo usato come rivestimento del tamburo e delle cupole.

Si notano le risarciture di malta per ripristinare la coesione della muratura nei giunti degli interventi precedenti.

La muratura, per conformazione orografica del terreno e per caratteristiche costruttive e morfologiche, non è soggetta a umidità di risalita.

Vi è un'infiltrazione localizzata in corrispondenza del pluviale a sinistra del prospetto Nord-Est.

La pietre, di sua natura porosa, appare asciutta e in buono stato di conservazione per la quasi tutta la superficie, ma si notano

macchie di colore scuro che indicano la presenza di sali per effetto della formazione di condensa superficiale.

Inoltre la termografia ha evidenziato la presenza dei danni strutturali alla facciata Sud-Est. .

In conclusione, per quanto riguarda i prospetti in esame, la termografia ha confermato quelle che erano le ipotesi a seguito del rilievo del degrado condotto con un'analisi visiva, ma ha anche mostrato che vi sono alcuni processi in atto che richiedono priorità di intervento.

Per quanto riguarda l'analisi condotta negli spazi interni l'intonaco appare ben aderente alla muratura anche se presenta qualche distacco localizzato.

Al di sotto delle volte del mezzanino, in pietra e con conci squadri e regolari, si rilevano differenti temperature, che può essere il manifestarsi della presenza di umidità e di condensa interstiziale.

E' stato molto interessante vedere, grazie alla differente temperatura, la differenza di materiale usata per la decorazione in alto alla cupola.

In laboratorio l'analisi dei gradienti termici si è svolta con la doppia lettura dei livelli di colore corrispondenti ai valori di temperatura registrati dalla termocamera e con l'identificazione delle aree interessate dagli stessi valori (isoterme)

Per rendere più evidenti queste aree si è utilizzata una palette di

colori opportunamente determinata in funzione delle differenze di temperatura.

Di seguito si riportano le immagini secondo noi più significative che hanno consentito di giungere a tali conclusioni.



Fig. 7.40 Muratura angolo volta mezzanino



Fig. 7.41 Muratura volta interna

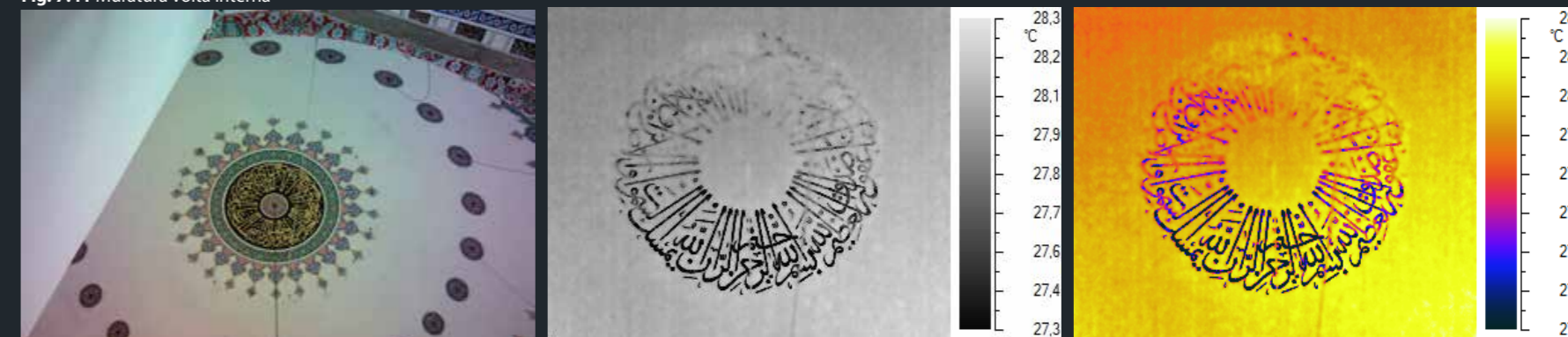


Fig. 7.42 Cupola principale vista dal basso

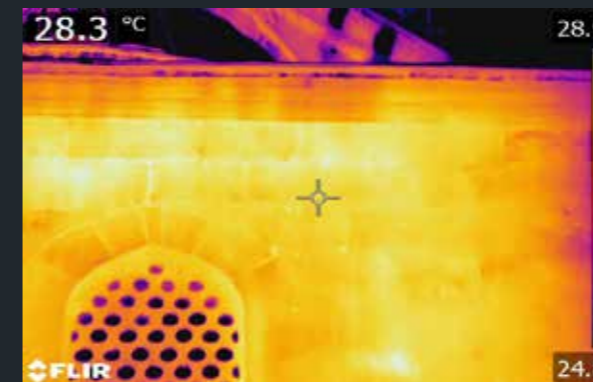


Fig. 7.43 Termofoto 1

Questa foto inquadra l'angolo in alto a destra del prospetto. Le parti più scure, localizzate sul cornicione, sono le croste nere, mentre le linee più chiare mostrano la poca coesione dei giunti fra i blocchi di pietra sopra la finestra. La macchia di colore più chiaro, quasi bianco a destra della finestra individua un'efflorescenza salina.

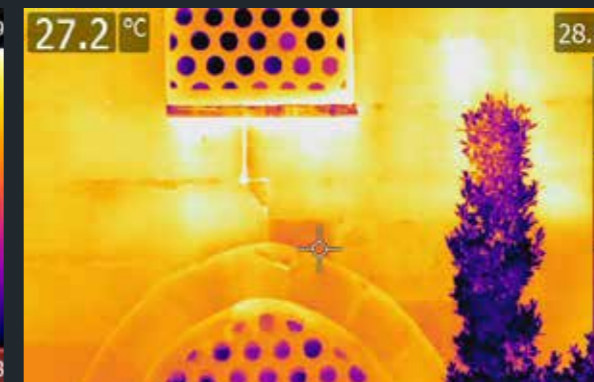


Fig. 7.44 Termofoto 2

L'immagine superiore mostra la fessura fra due finestre. L'interno della fessura risulta più chiaro rispetto all'esterno della superficie perché l'irraggiamento solare penetra anche all'interno. Al di sotto del davanzale della finestra vi è una zona umida segnalata dal colore quasi bianco della termofoto.

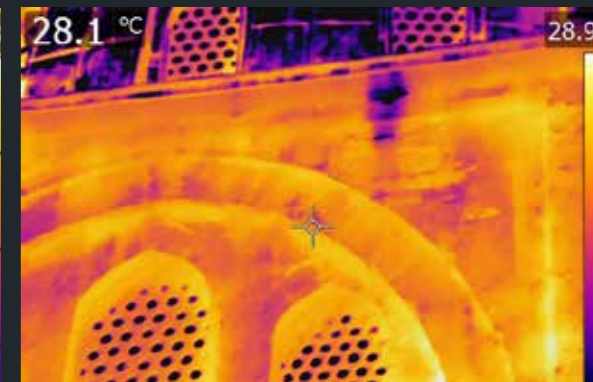


Fig. 7.45 Termofoto 3

Le parti di colore scuro sotto il cornicione indicano la presenza di sali e di croste sulla superficie. Si nota anche l'erosione della pietra nell'angolo in alto a destra.

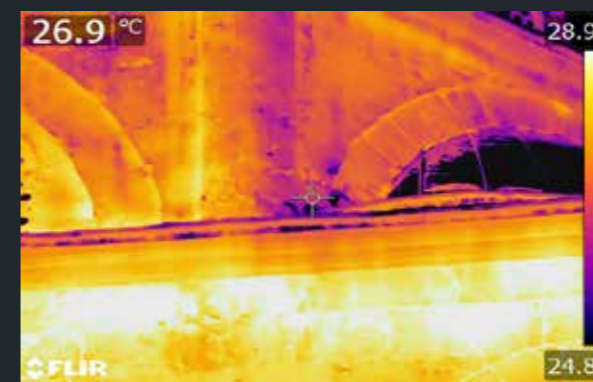


Fig. 7.46 Termofoto 4

Da questa foto è possibile notare i materiali differenti impiegati sulle cupole laterali, grazie al diverso fattore di emissività. Inoltre ancora una volta appare evidente la presenza di sali al di sotto del cornicione.



Fig. 7.47 Termofoto 5

La termofoto riprende la nicchia del Mihrab dal lato esterno. si nota la copertura in piombo, molto più scuro del tufo, mentre nelle zone di innesto, si ipotizza la presenza di acqua e umidità all'interno.

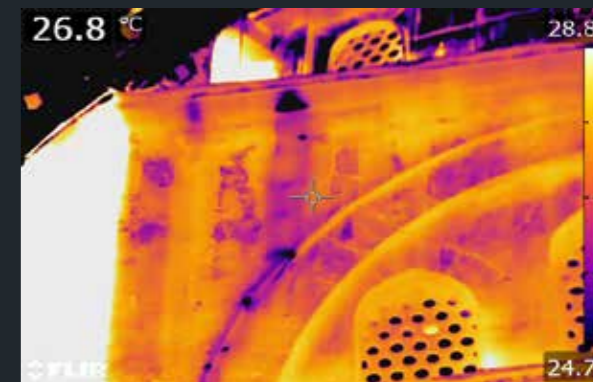


Fig. 7.48 Termofoto 7

Angolo sinistro del prospetto Sud-Est. Anche qui si vede in scuro l'alterazione cromatica e le croste dalla forma circolare. Vi è una grande zona diffusa di presenza di acqua nella muratura.

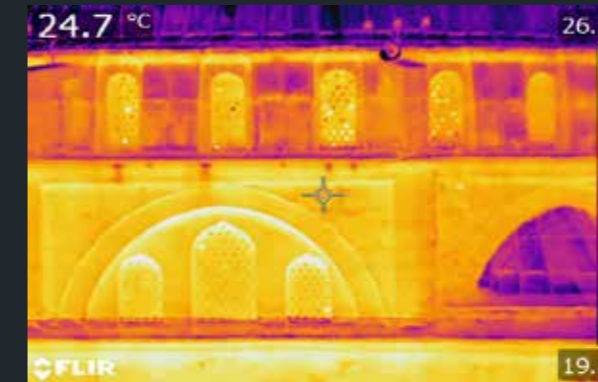
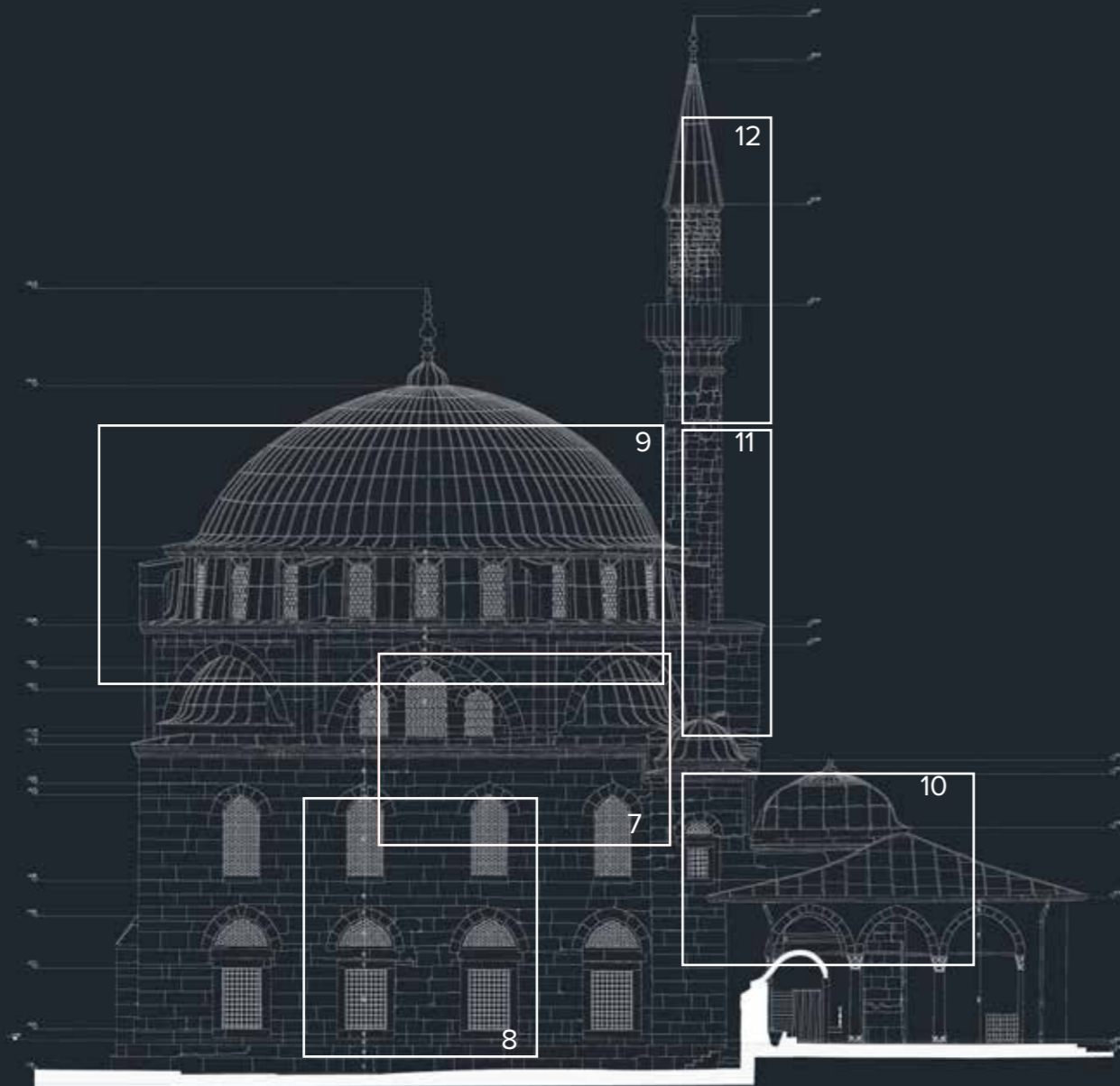


Fig. 7.49 Termofoto 7

Dalla presente termofoto si individuano, grazie al differente coefficiente di esposizione, i diversi materiali impiegati, piombo per le cupole e tufo per la muratura.

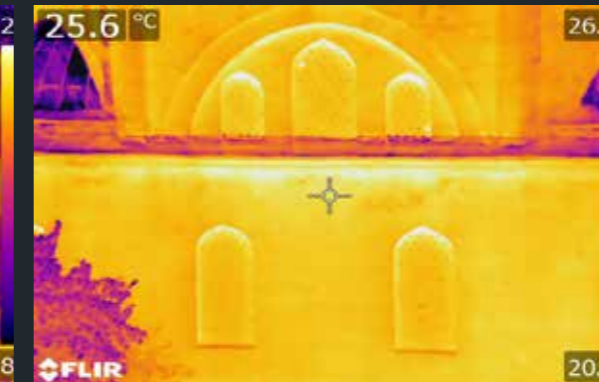


Fig. 7.50 Termofoto 8

La termofoto inquadra il prospetto Nord-Est che appare meno degradato del prospetto Sud-Est. La superficie è omogenea e non si trovano particolari segni di infiltrazione di acqua o presenza di sali su di essa. Le zone più degradate si trovano sotto il cornicione.

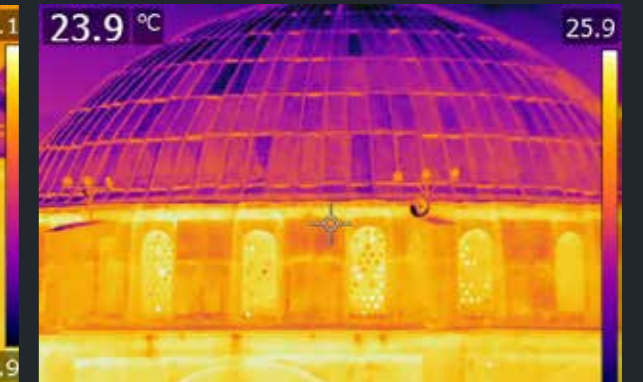


Fig. 7.51 Termofoto 9

La termofoto della cupola è stata scattata da molto lontano, pertanto i risultarti ottenuto devono essere appositamente valutati. Nella parte sottostante i cornicioni, vi è presenza di croste nere (macchie puntuali scure) mentre le aree più chiare e diffuse individuano le zone soggette a efflorescenza salina.

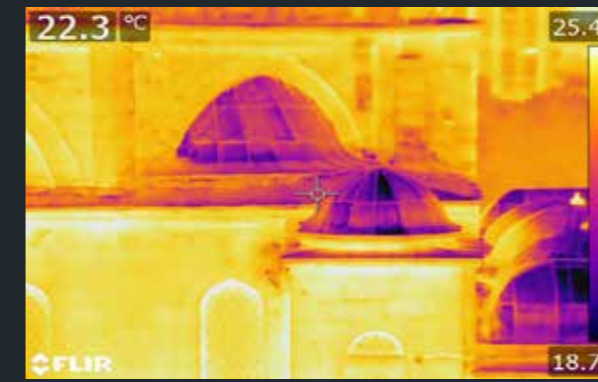


Fig. 7.52 Termofoto 4

Anche la presente foto è stata scattata da lontano, ma si riesce a vedere una macchia scura nel punto di giunzione dei due blocchi, che indica il punto di infiltrazione di acqua dovuto alla causata dal malfunzionamento degli impianti di allontanamento delle acque pluviali.



Fig. 7.53 Termofoto 5

La termofoto del minareto risulta poco significativa a causa della vegetazione, della distanza e dell'impossibilità di raggiungere un punto più alto.



Fig. 7.54 Termofoto 126

Il minareto. La termofoto, purtroppo non è molto significativa data l'eccessiva distanza e la distorsione prospettica.

7.5.2. ANALISI ATTRAVERSO L'UTILIZZO DELLE SONDE TEMPERATURA-UMIDITÀ DATALOGGER

Per rilevare il microclima all'interno della moschea sono state installate delle sonde temperatura-umidità data logger, che sono in grado di misurare temperatura, umidità e dew point dell'aria con il trascorrere dei giorni. Le sonde sono state posta una sul lato Sud e una sul lato Nord. Infine ne è stata posta una terza al fine di misurare la differenza di temperatura e umidità fra interno e esterno della Moschea.

Grazie agli studi condotti dal prof. Emre Kishali dell'università di Kocaeli e ai suoi studenti, le sonde sono state posate in loco nel periodo che va dal giorno 06 Febbraio 2015 alle ore 9:21, al giorno 14 Marzo 2015 alle ore 10.30, sono inoltre state programmate in modo da rilevare i dati con un tempo di trenta minuti di distanza tra una misurazione e l'altra.

Di seguito si inserisce il relativo grafico e i dati delle sonde posizionate all'interno della Moschea.

Il primo grafico sulla sinistra rappresenta la differenza di temperatura fra le tre sonde. Dal grafico si può osservare che la zona sud è più calda di quella nord, e che durante le ore diurne la temperatura esterna è molto più alta di quella interna.

Il secondo, invece rappresenta la differenza di umidità fra interno ed esterno. In questo caso, invece, l'umidità interna alla Moschea è più alta, in alcune giornate molto calde anche del doppio,

rispetto quella esterna.

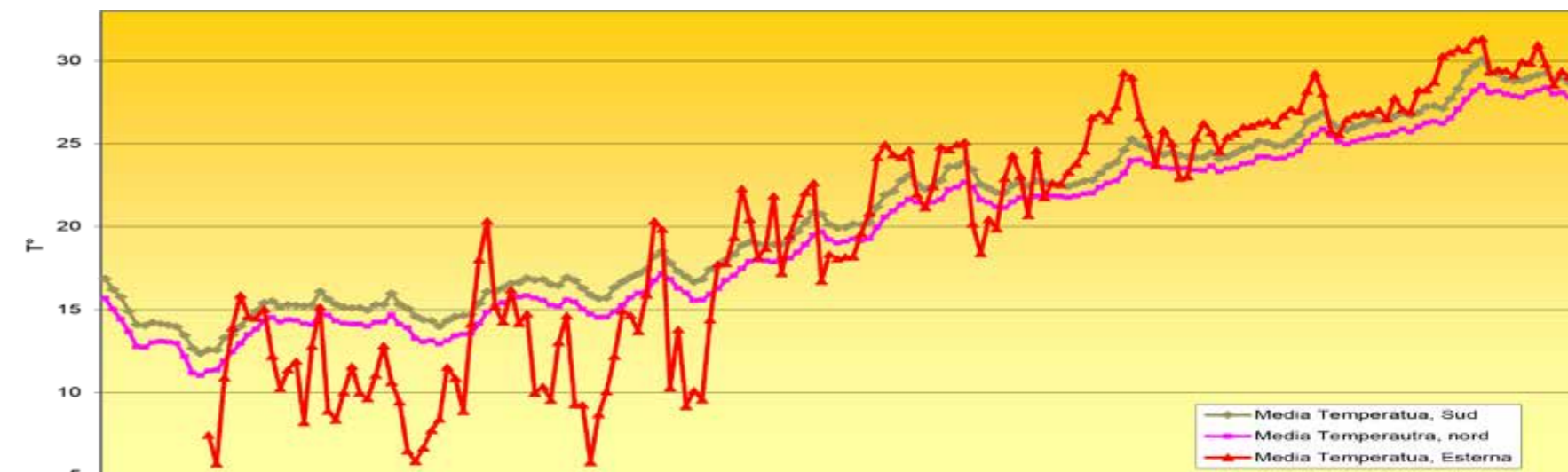
In conclusione a questa analisi è possibile affermare che le sonde hanno rilevato una notevole umidità all'interno dell'ambiente quindi le cause del degrado che interessano tali ambienti sono imputabili all'umidità, alla mancanza di controllo del microclima per mezzo di impianti di riscaldamento, deumidificazione e refrigerazione.

Hanno inoltre rilevato una forte escursione termica che facilita la rapida evaporazione dell'acqua presente a causa di infiltrazioni e questo causa la comparsa dei sali solubili. La zona che risulta essere la più calda, e quindi che richiede maggiore manutenzione e controllo, è la cupola.

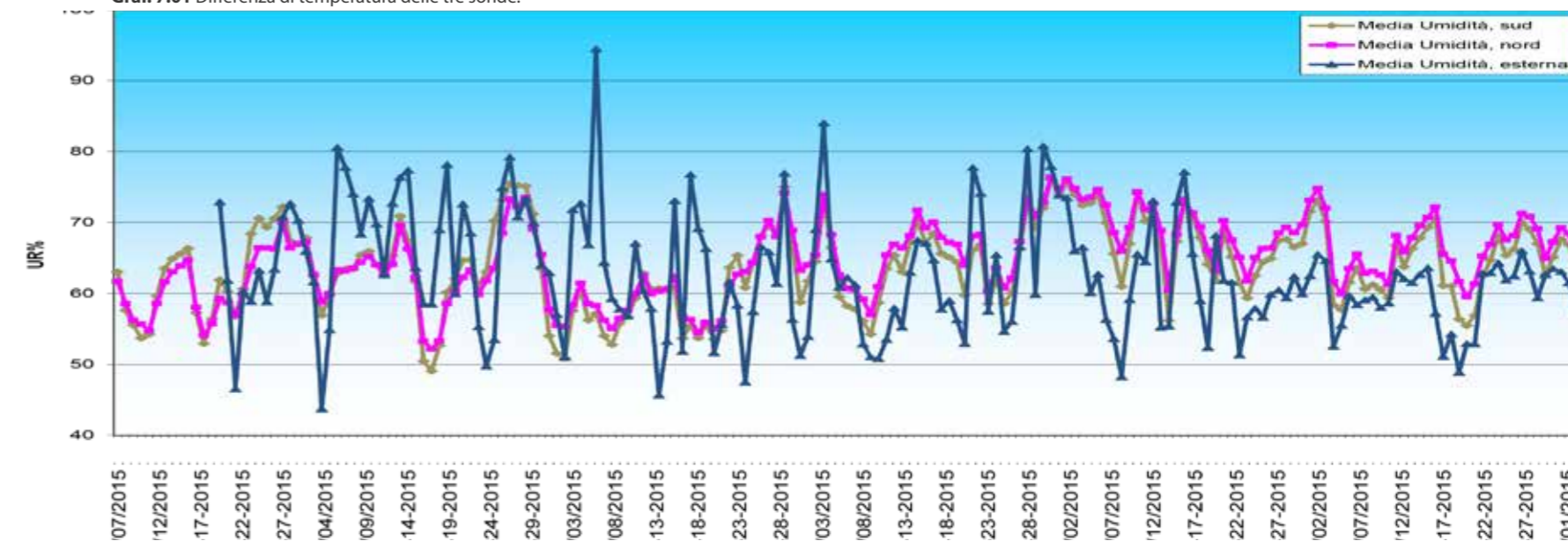
7.6. INDAGINI STATICHE

Durante la settimana del workshop abbiamo avuto la possibilità di incontrare l'Ing. Mehmet Selim Ökten che ha effettuato una serie di indagini statiche volte alla ricerca delle strutture originali e di eventuali dissesti strutturali.

I dati che ci sono stati forniti sono stati fondamentali per comprendere la struttura della Moschea, dalle fondazioni alle capacità meccaniche attuali della pietra in tufo della muratura. Inoltre tali dati sono stati la base per la modellazione ad elementi finiti in Sap 2000 utilizzata per valutare il comportamento sia statico che dinamico della Moschea.



Graf. 7.01 Differenza di temperatura delle tre sonde.



Graf. 7.02 Differenza umidità delle tre sonde.

7.6.1. Prove invasive

Le prime prove che l'Ing. Mehmet Selim Ökten ha effettuato sono state di origine invasiva. Infatti si sono realizzati due scavi fino alla profondità del mare per verificare la struttura e la staticità delle fondazioni. Uno sul lato Sud-Est e l'altro sul lato Sud-Ovest.

Si è rilevato, come si vede dai disegni riportati, che la fondazione è unica e si allarga aumentando la profondità. Si giunge ad una profondità massima di 2.80 m.

La parte superiore è realizzata in blocchi di pietra regolari e squadri, con dimensioni consistenti, mentre quella inferiore è in mortaio in muratura. Questi dati sono stati utili a capire il comportamento della Moschea ai fini di una sollecitazione sismica. Sicuramente la presenza di questa grande e solida fondazione, ha fatto sì che non subisse gravi o irreversibili danni durante il terremoto del 1999, che rase al suolo la maggior parte degli edifici di izmit.

Le analisi sono poi continuate negli ambienti interni ed hanno interessato la sala Harim, ovvero la sala della preghiera.

Anche in questa fase le indagini sono state di tipo invasivo, ma i risultati raggiunti hanno portato alla scoperta dei pavimenti e dei muri originali della Moschea.

Infatti il team di ingegneri ha rimosso la pavimentazione, che ricordiamo essere in cotto ricoperto da uno strato di moquet, e ha continuato a scavare fino alla profondità del pavimento originale. Come si vede dalle immagini a pagina seguente la profondità

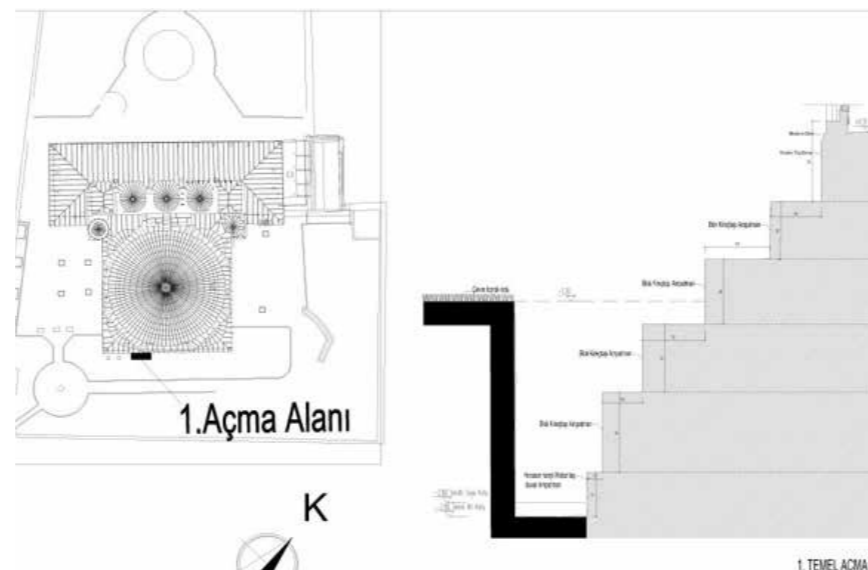


Fig. 7.55 Rilievo geometrico indagine fondazione lato sud



Fig. 7.56 Rilievo fotografico Indagine fondazione lato Sud

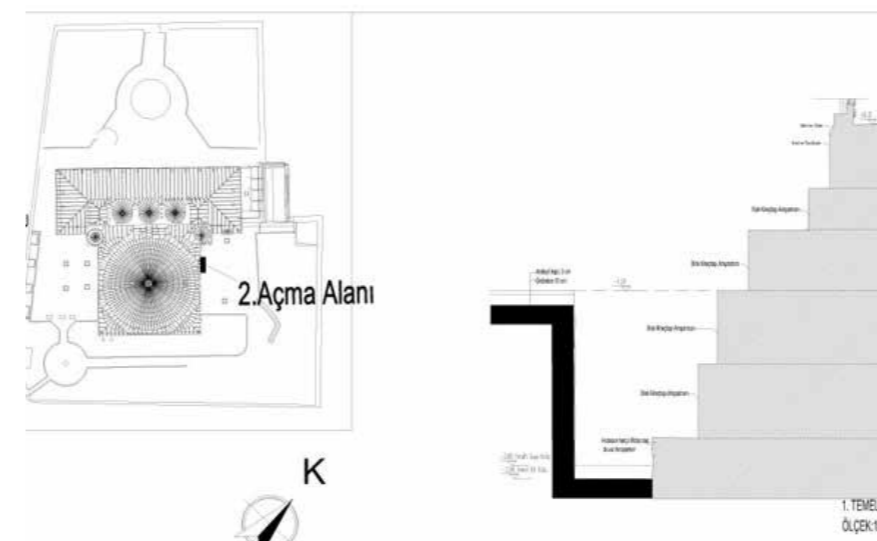


Fig. 7.57 Rilievo geometrico indagine fondazione lato Nord-Est



Fig. 7.58 Rilievo fotografico indagini fondazioni lato Nord-Ovest

raggiunta in questi scavi è di circa 40 cm, trovando un pavimento in mattoni e malta. Inoltre questa indagine ha permesso di ricostruire le tracce impiantistiche della Moschea.

Per quanto riguarda le pareti si sono raschiate piccole parti degli intonaci a base di malta cementizia risalenti al 2004. E' stato dunque possibile studiare la tessitura muraria del muro originale in pietra di Ashlar. Le porzioni raschiate hanno dimensione rettangolare (30X30 cm) e hanno profondità di un paio di cm. I raschiamenti sono stati effettuati nella parte alta sul lato sud della sala Harim,

Come si può osservare dalle immagini che seguono, nelle zone in prossimità della cupola si è scoperto che la muratura prevede uno strato in mattoni e terracotta. Questo strato migliora le condizioni acustiche della sala della preghiera.



Fig. 7.59 Raschiamento di intonaco a base di malta cementizia nella parte alta dell'Harim



Fig. 7.60 Rilievo fotografico delle indagini per la ricerca del pavimento originale.



Fig. 7.61 Rimozione degli intonaci vicino la cupola

7.6.2. Prove ultrasoniche

Successivamente le indagini sono state finalizzate all'ottenimento dei parametri meccanici e fisici del terreno e della muratura. In questa fase si sono utilizzate prove di carotaggio, prove ultrasoniche e georadar, di cui si riportano brevemente i risultati ottenuti.

Le prime prove effettuate sono quelle ultrasoniche che rientrano nell'ambito dei controlli non distruttivi per la determinazione delle caratteristiche elastiche e meccaniche.

Queste indagini consistono nel misurare ed analizzare le caratteristiche di propagazione delle onde elastiche all'interno dei solidi murari. Scopo delle prove è:

- Verificare l'omogeneità di un elemento strutturale;
- Valutare qualsiasi mutamento delle proprietà dei materiali a causa di fenomeni di degrado;
- Esaminare i difetti in elementi strutturali (cavità, fessurazioni, strati superficiali danneggiati, ...).
- Stimare l'ordine di grandezza della resistenza dei materiali utilizzati.

La strumentazione di prova è costituita da:

- Una sorgente di emissione di onde elastiche (martello strumentato, vibrodina elettromagnetica o ad aria compressa);
- Un captatore dell'energia sonora (velocimetro, accelerometro);
- Un'apparecchiatura di rilevazione e registrazione dei segnali.

Le prove soniche sono basate sulla misura del tempo di propagazione di un impulso meccanico tra la sonda trasmittente e la sonda ricevente. Tale velocità dipende dall'elasticità e dalla resistenza del materiale: maggiore è la velocità, maggiore sarà il modulo elastico e quindi la resistenza, essendo infatti causa di un ritardo del segnale la presenza di vuoti o eterogeneità del materiale in esame.

La velocità delle onde elastiche in un mezzo omogeneo, isotropo e perfettamente elastico, è legata al modulo elastico dinamico E_d , dalla seguente relazione:

$$E_d = v^2 \cdot d \cdot \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}$$

dove:

- E_d = modulo di elasticità dinamico in Pa (N/m²)
- v = velocità dell'onda in m/s
- ν = modulo dinamico di Poisson
- d = densità del mezzo in kg/m³

Nel suo propagarsi l'onda elastica perde energia, e ciò è dovuto ad una diminuzione dell'intensità legata alla legge di propagazione dell'onda di tipo sferico, mentre un'altra diminuzione avviene alle interfaccia tra discontinuità, dove l'energia viene in parte riflessa ed in parte rifratta.

E' così possibile misurare il tempo di propagazione dell'onda (e nel contempo verificare frequenze ed attenuazioni), calcolare la velocità conoscendo la distanza reciproca tra la sonda trasmittente e la sonda ricevente, e risalire quindi al modulo elastico

dinamico.

Sperimentazioni condotte su edifici in pietra hanno fornito valori della velocità variabili entro ampi limiti: da 1200 m/s per l'inferiore a 2500 m/s per il superiore, con medie intorno ai 1700 m/s. Il valore di 1400 m/s viene poi considerato come soglia al di sotto della quale si è in presenza di un fenomeno di degrado delle murature.

Queste misure vengono solitamente eseguite per trasparenza (ossia con emettitore e captatore posizionati su due punti speculari delle facce della muratura), secondo una maglia regolare.

I moduli elastici dinamici che si ricavano da questa relazione sono di valore superiore a quelli ottenibili con prove statiche, e si discostano sempre più man mano che si passa da un mezzo perfettamente omogeneo ed isotropo, ad uno disomogeneo ed anisotropo.

I migliori risultati sono stati ottenuti quando la distanza fra le sonde era di 40 cm. Si è ottenuto che la forza di compressione della parete è di circa 221,89 kgf/cm² pari a 22,1 mP.

Di seguito sono riportate le immagini della strumentazione e della campagna diagnostica e una tabella con i valori delle varie misurazioni effettuate.



Fig. 7.62 Strumentazione utilizzata nella campagna diagnostica.



Fig. 7.63 Prove ultrasoniche.

ULTRASONİK TAS DUVAR TESTİ DENEY RAPORU						
PROJE		PERTEV MEHMET PASA CAMII				
PAFTA/ADA/PARSEL		15PAFTA 667 ADA 1 PARSE				
YÜKLENİCİ		Laboratuvar No : 2008/01-KRT-1501				
DENETİCİ						
İLGİLİ İDARE						
CİHAZ TİPİ		Qust - 120+				
DENEY NO	DENENEN YAPI ELEMANI ADI	UYGULANAN YER / NOKTA	PROBLAR ARASI UZUNLUK(cm.)	ULTRASONİK DALGA GEÇİŞ ZAMANI(μ/s)	ULTRASONİK DALGA GEÇİŞ HIZI (m/s)	BASINÇ DAYANIMI (Kgf/cm ²)
1	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	10	70,0	1428,57	15,00
2	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	20	80,0	2500,00	88,50
3	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	30	84,0	3571,43	162,00
4	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	40	90,0	4444,44	221,89
5	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	50	111,4	4488,33	224,90
6	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	60	190,3	3152,42	133,26
7	Kuzeydogu cephesi	1.70 kotu	70	240,4	2911,81	116,75
8						

Tab. 7.01 Tabella prove soniche

7.6.3. Gruoud penetrating Radar

Anche la seconda prova è di carattere non invasivo e si è avvalsa dell'uso del Ground Penetrating Radar.

La tecnica GPR si basa sulla misura delle proprietà fisiche (resistività elettrica, permittività dielettrica, polarizzabilità indotta, etc) dei materiali mediante l'utilizzo di onde elettromagnetiche che vengono immesse, riflesse e ricevute da un antenna che viene trascinata sulla superficie del materiale da investigare. Le modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche sono strettamente legate alle costanti dielettriche dei materiali, che derivano a loro volta dallo stato fisico degli stessi (densità, porosità, permeabilità, conducibilità, etc.), pertanto tutte le interfacce separanti mezzi con caratteristiche diverse possono essere individuate in modo tanto più certo quanto più alto è il contrasto fisico.

In pratica, attraverso l'antenna, dispositivo trasmittente-ricevente, collegata ad un registratore grafico, viene inviata nel mezzo di indagine una serie continua di impulsi elettromagnetici, in corrispondenza delle superfici di discontinuità una parte dell'energia trasmessa viene riflessa e captata dalla sezione ricevente dell'antenna mentre un'altra parte penetra ulteriormente per essere riflessa da una superficie sottostante. Contemporaneamente al movimento dell'antenna il registratore grafico produce una sezione continua spazio-tempo nella quale si osservano le tracce delle diverse riflessioni o, comunque, delle anomalie nella risposta .

Il dato ottenuto dalla prova è denominato sezione radarstratigrafica o radagramma. Quest'ultima ha carattere qualitativo in quanto

consente l'interpretazione delle caratteristiche delle diverse "riflessioni" sotto forma di geometria e di intensità del segnale ricevuto.

La sezione radarstratigrafica riporta in ascissa i valori delle distanze misurate e in ordinata il tempo di riflessione degli impulsi che viene trasformato in profondità, nota la costante dielettrica, e quindi la velocità dell'onda. Acquisendo le sezioni su una maglia impostata ad intervalli regolari lungo i due assi cartesiani x ed y, in fase di elaborazione, è poi possibile ricostruire un modello tridimensionale che importa i radagrammi secondo la regolarità di acquisizione lungo i tre assi cartesiani x, y e z..

Durante la campagna diagnostica si è utilizzata un'antenna mobile da 75 Mh. Le prove sono state effettuate sul lato Nord-est della Moschea. Di seguito riportiamo le foto della campagna e i radagramma ottenuti.

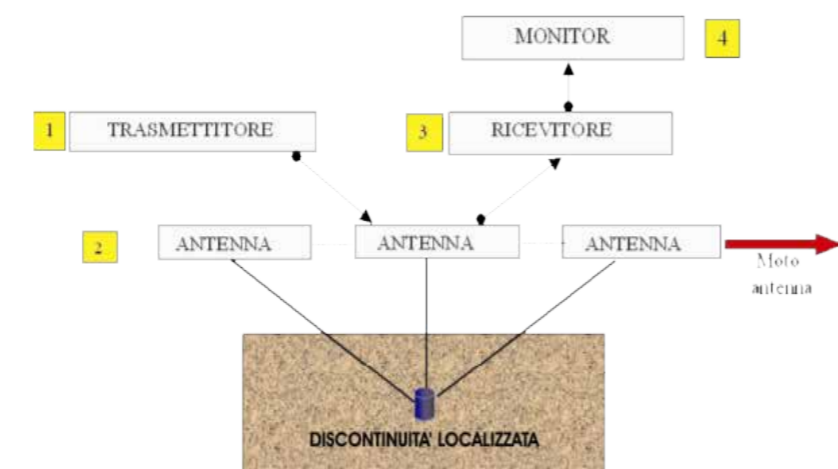


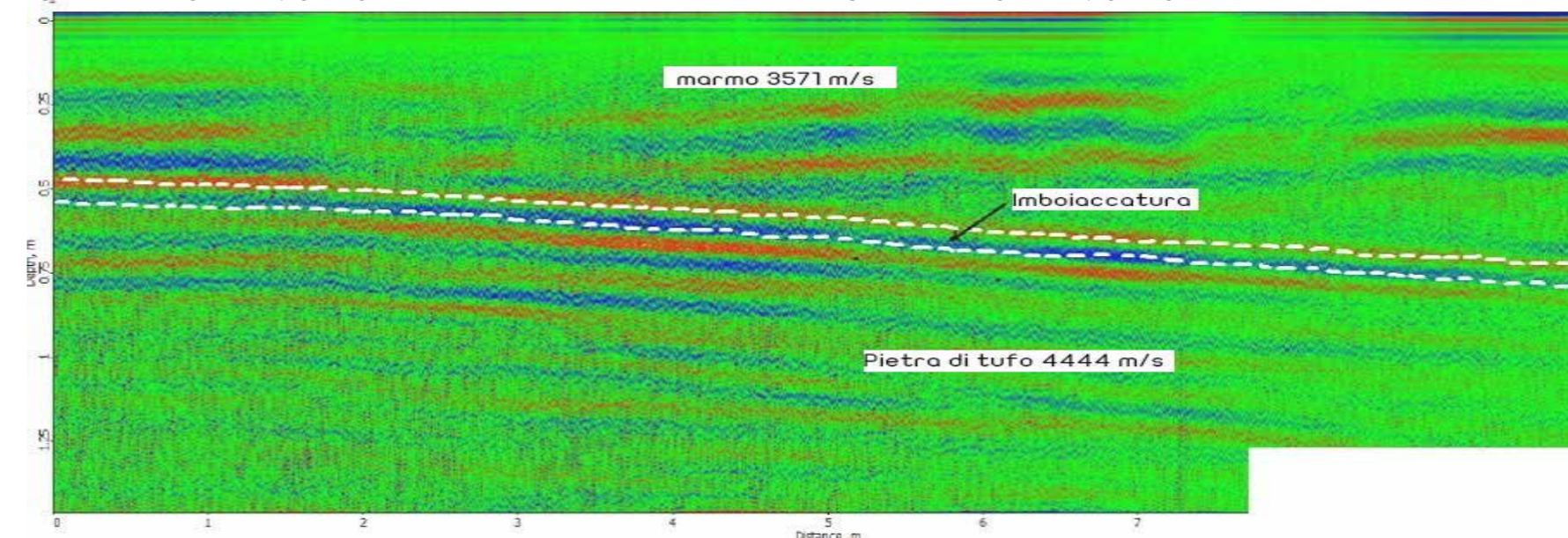
Fig. 7.64 Funzionamento del GRD.



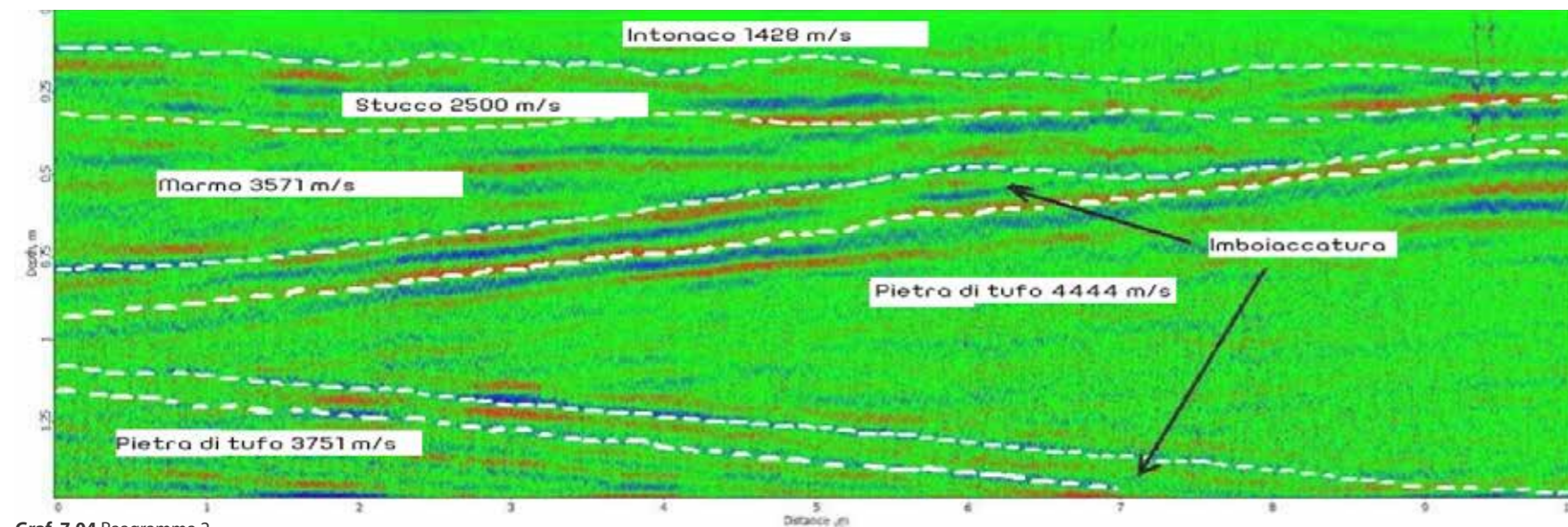
Fig. 7.65 Rilievo fotografico campagna diagnostica GRD



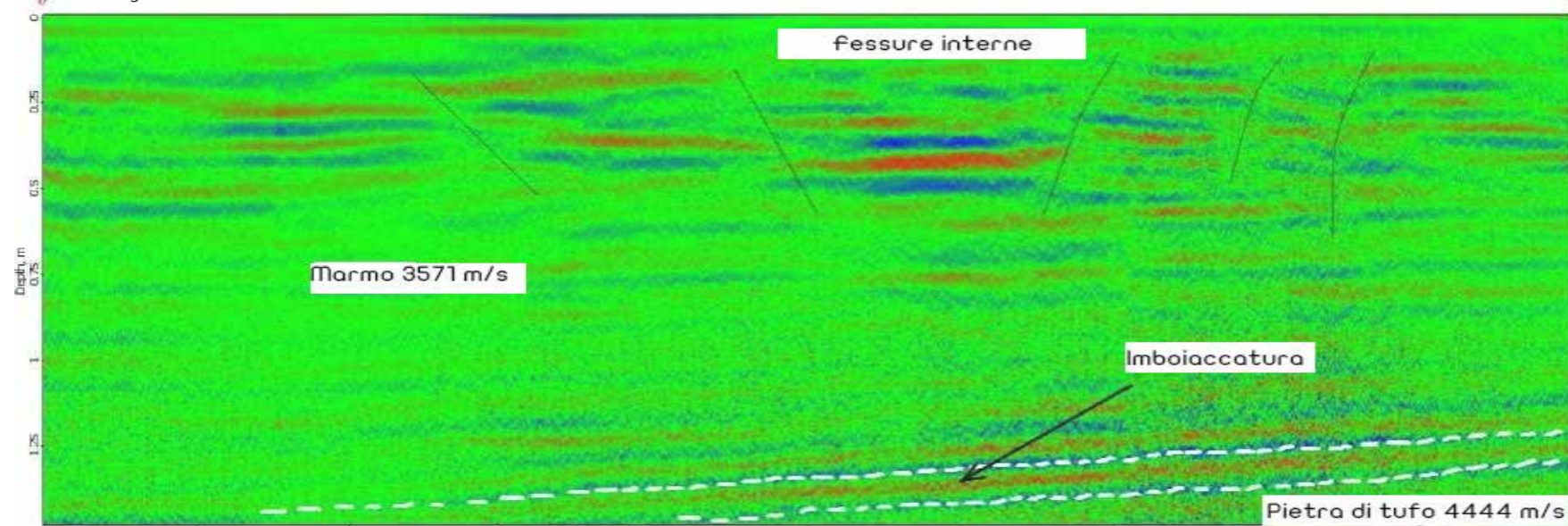
Fig. 7.66 Rilievo fotografico campagna diagnostica GRD



Graf. 7.03 Radagramma 1



Graf. 7.04 Raagramma 2



Graf. 7.05 Radagramma 3

Dai radagrammi riportati e in base alla velocità con cui il segnale viene trasmesso si evidenziano i vari materiali:

- Tufo 4444 m/s
- Marmo 1571 m/s
- Intonaco 1429 m/s

Si osserva inoltre che all'interno della muratura sono presenti delle imboccature di malta, queste nel grafico corrispondono alle linee bianche, ovvero a una interferenza di segnale.

Infine le linee nere verticali, che si vedono nel terzo grafico, sono delle fessure interne alla parete in prossimità delle cornici in marmo intorno alle aperture delle finestre.

Dai tre radiogrammi si può ricavare la resistenza a compressione del tufo e il carico di rottura.

	Carico di rottura (N)	Forza di compressione (Mpa)
Verde denso	202.000	70-90
Blu-verde	127.000	40-60
Blu denso	120.000	30-50

Tab. 7.02 Risultati GRD

7.6.4. Carotaggi

L'ultima prova effettuata durante la campagna diagnostica è a carattere distruttivo. Ovvero sono stati eseguiti dei carotaggi, che hanno permesso di vedere la stratificazione della parete e di effettuare delle prove in laboratorio su campioni fisici, potendo quindi avere un confronto diretto fra prove distruttive e non.

Come si può vedere dall'immagine seguente, lo strato esterno della parete è in marmo, mentre gli strati interni sono tufo vulcanico verde. Si può quindi dedurre che la parete è divisa in tre strati di circa 60 cm ognuno e che lo spessore complessivo è di 180 cm.

La forza di compressione del tufo vulcanico ottenuta con questo metodo è di 18 mPa.



Fig. 7.67 Campione di parete ottenuto tramite carotaggio.

7.6.5. Modellazione con sap 2000

In seguito ai dati raccolti durante la campagna di diagnostica l'Ing. Mehmet Selim Ökten e il Prof. Emre Kishali hanno deciso di realizzare un modello della Moschea ad elementi finiti, usando il programma sap 2000, al fine di verificare il comportamento statico e dinamico della Moschea, sottoponendola alle sollecitazioni del peso proprio e delle forze orizzontali, quali il sisma, nelle direzioni x e y.

I parametri che si sono usati nella definizione del modello sono i seguenti:

Opere murarie:

- Modulo di elasticità: 1000000 kN / m²
- Rapporto di Poisson: 0.2
- Densità: 17 kN / m
- Resistenza alla trazione: 500 kN / m²
- Forza di compressione 1800 kN / m²

Tensioni metalliche:

- Modulo di elasticità: 200000000 kN / m²
- Rapporto di Poisson: 0.3
- Densità: 78 kN / m
- Resistenza alla trazione: 140000 kN / m²

Le dimensioni utilizzate nel modello sono riportate nell'immagine seguente:

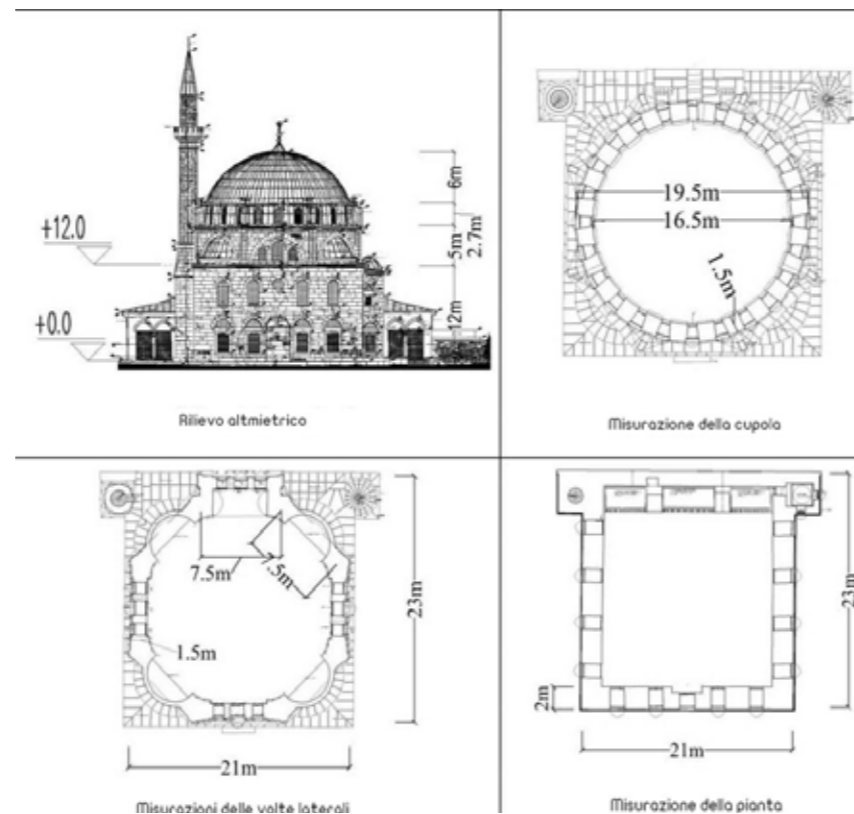


Fig. 7.68 Rilievo geometrico utilizzato in sap

Il modello di sap ci è stato di notevole aiuto al fine di comprendere la risposta statica del manufatto, ed ha quindi costituito il punto di partenza del progetto di consolidamento.

Nella pagina seguente il modello della Moschea in sap.

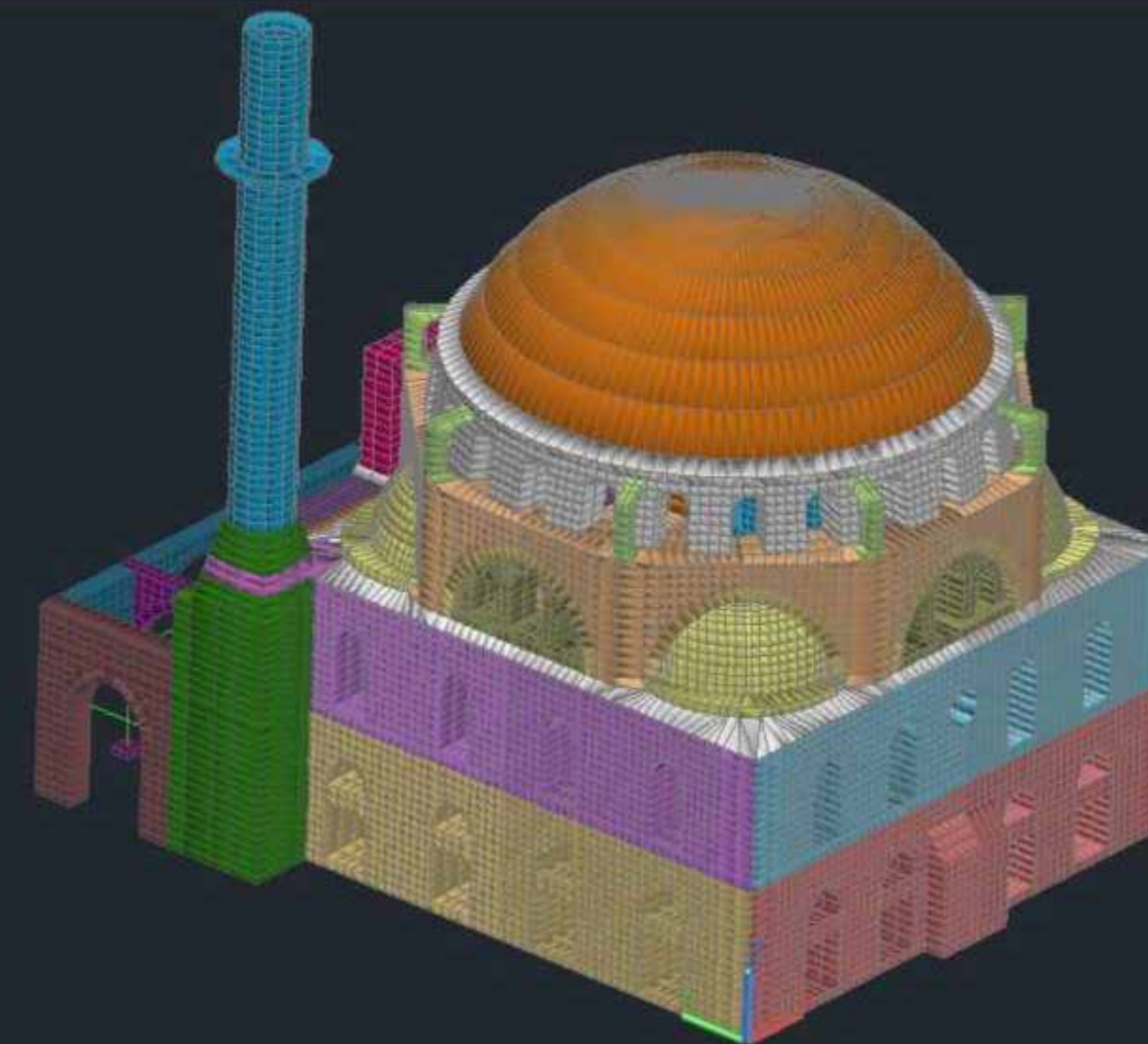


Fig. 7.69 Modello della Moschea Sap 2000

L'intero modello è stato sottoposto a un prima simulazione utilizzando solo ed esclusivamente le azioni statiche, ovvero i carichi verticali, ovvero il peso proprio della muratura, della cupola e delle volte annesse. Come emerge dalla figura 7.70, la Moschea risponde correttamente a tale simulazione, non si evidenziano valori critici e la muratura reagisce a sola compressione con valori che decrescono all'aumentare della quota. Non si evidenziano sforzi di taglio nemmeno all'interno della Cupola.

La combinazione di carico successiva (fig. 7.71-7.72) considera la forza orizzontale del sisma nelle due direzioni x e y. E' la combinazione più gravosa, ma la risposta della struttura è positiva. Dalla immagini emerge che la muratura del lato sud non reagisce in maniera uniforme e vi sono dei punti localizzati di sforzo di taglio in prossimità delle aperture e del tamburo.

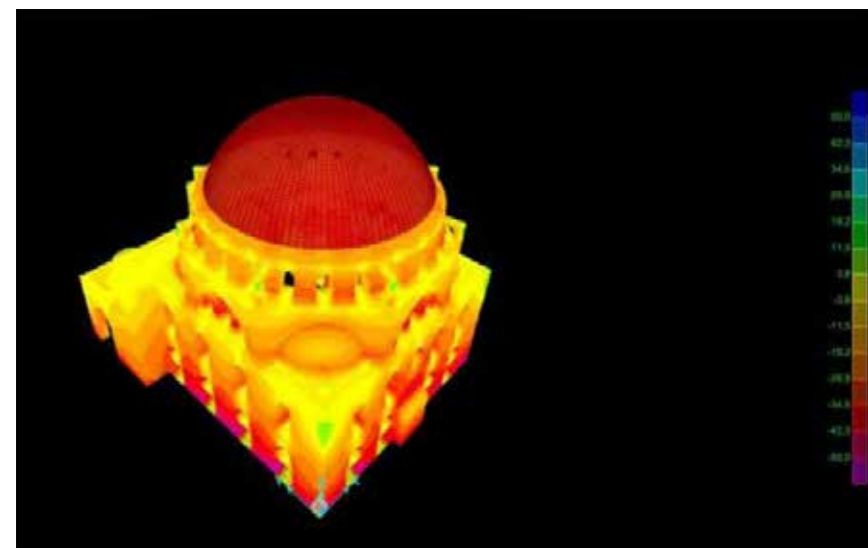


Fig. 7.70 Analisi statica, carichi verticali

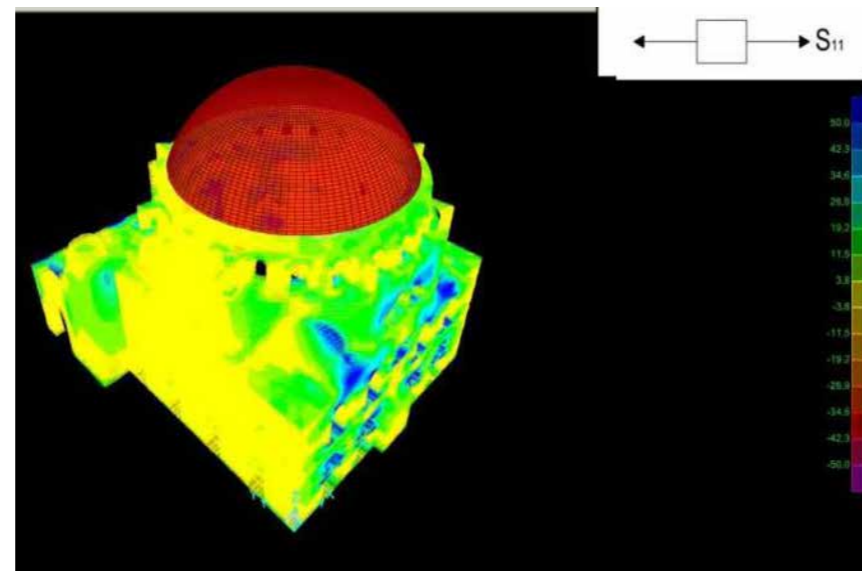


Fig. 7.71 Sollecitazioni del sisma lungo l'asse x

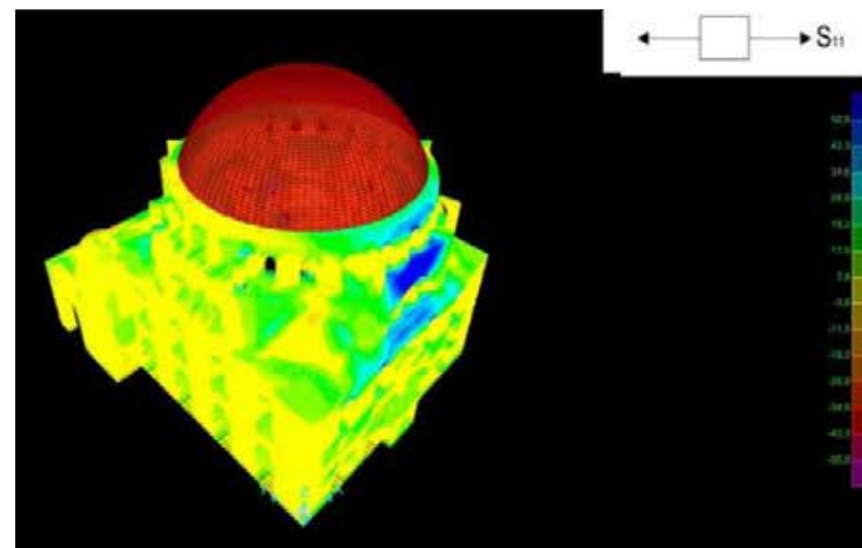


Fig. 7.72 Sollecitazioni del sisma lungo l'asse y

Dati gli sforzi di taglio localizzati sulle pareti esterne, si è voluto ripetere le analisi isolando le facciate. Inoltre dato il rilevante spessore della muratura (180 cm) si è studiato il comportamento della muratura sia dall'interno che dall'esterno.

Le facciate sono state analizzate secondo la direzione di sforzo orizzontale più gravoso per l'elemento, ovvero il lato Sud e Nord secondo l'asse X e i lati Ovest e Est secondo l'asse Y.

Dalle immagini laterali si rileva che la muratura sul lato sud, ancora una volta, risulta lavorare con meno omogeneità a compressione, presentando punti localizzati di taglio in prossimità delle finestre. Confrontandola con i valori di compressione del lato Nord, dove si presentano omogenei su tutta la superficie, si può dedurre che questo squilibrio strutturale è dovuto alla presenza del Nartece sul lato Nord, che compensa la spinta della cupola.

In generale si può assumere che la muratura risponda bene a compressione con dei valori che aumentano procedendo verso l'esterno, difatti confrontando i lati interni con quelli esterni si notano valori più bassi di nel lato interno.

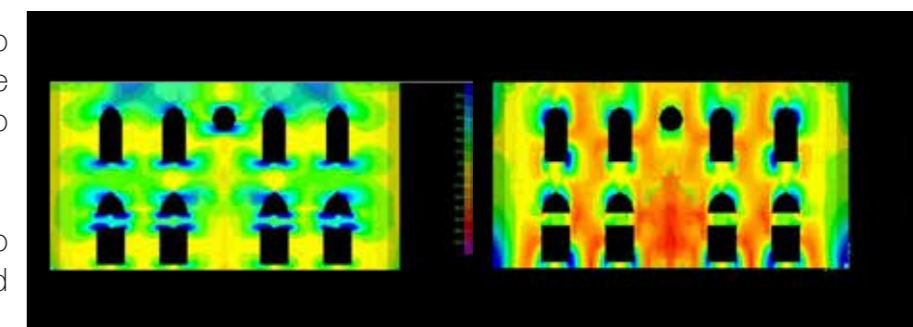


Fig. 7.73 Prospetto Sud interno e esterno sollecitato lungo l'asse X

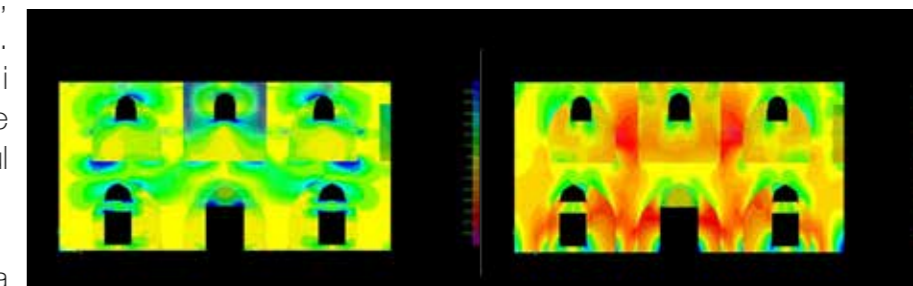


Fig. 7.74 Prospetto Nord interno e esterno sollecitato lungo l'asse X

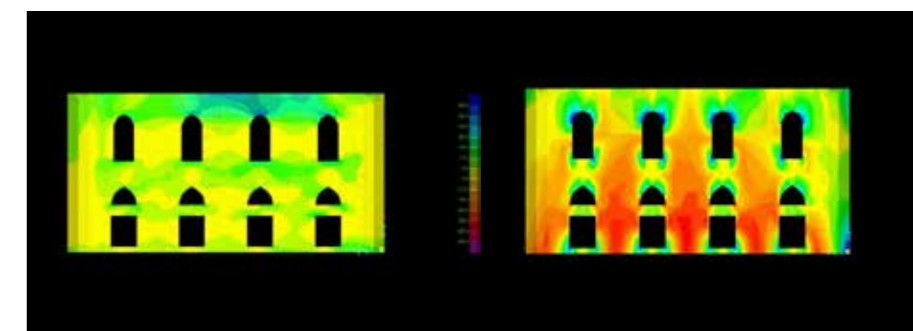


Fig. 7.75 Prospetto Ovest interno e esterno sollecitato lungo l'asse Y

Si sono poi analizzati i singolarmente la Cupola, e gli archi sottostanti che formano il tamburo della Moschea.

Le simulazioni della cupola mostrano che tutta la superficie lavora a compressione e non sembrano esserci meccanismi di rottura nella parte centrale. La cupola risulta rispondere in maniera molto simile in entrambe le direzioni, presentando valori più alti di compressione in prossimità della chiave e di trazione sugli appoggi.

Infatti proseguendo nell'osservazione delle immagini a lato, si nota che il tamburo, sollecitato nelle due direzioni, mostra uno sforzo localizzato di taglio. In quel punto quindi la muratura risulta essere soggetta a uno sforzo di trazione.

Il punto di massimo sforzo corrisponde alle esistenti fessure sul prospetto sud all'altezza della cupola. La causa di deformazione può essere ricondotta ai precedenti interventi di restauro e consolidazione mal eseguiti e allo scorrere del tempo, quindi alla vita utile della Moschea.

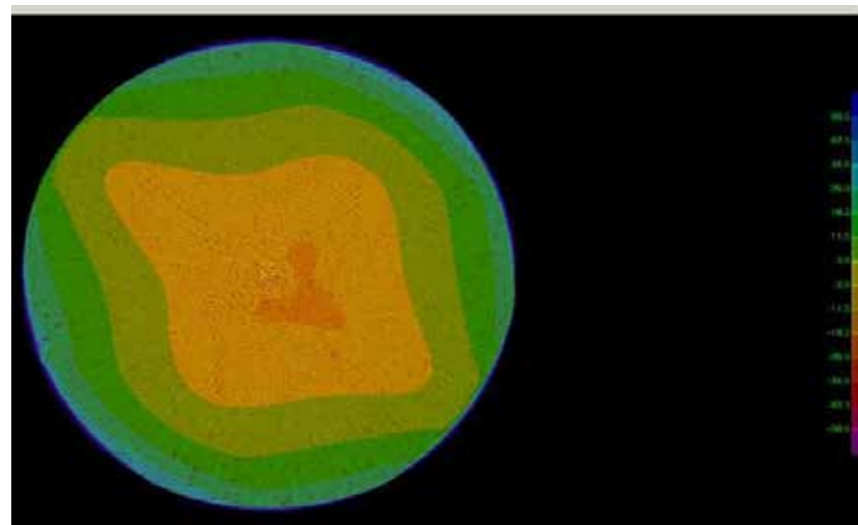


Fig. 7.76 Simulazione Cupola azione sismica in direzione X

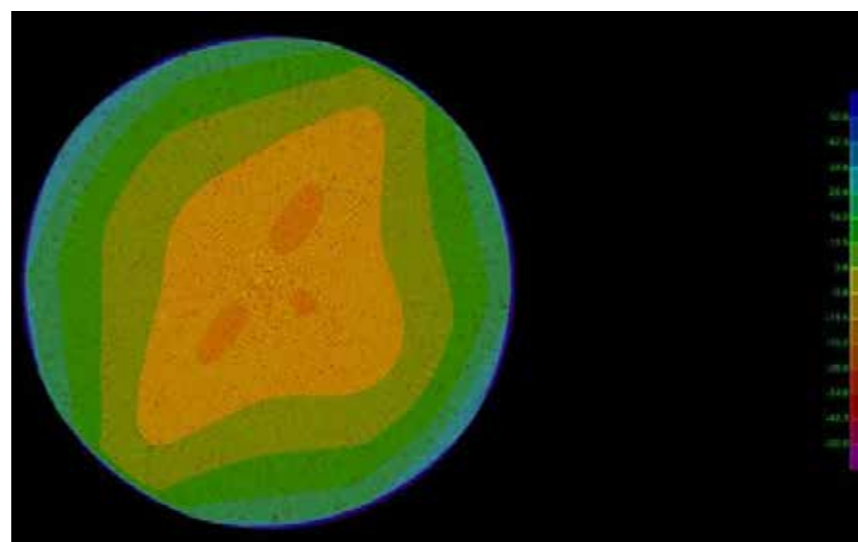


Fig. 7.77 Simulazione Cupola azione sismica in direzione Y

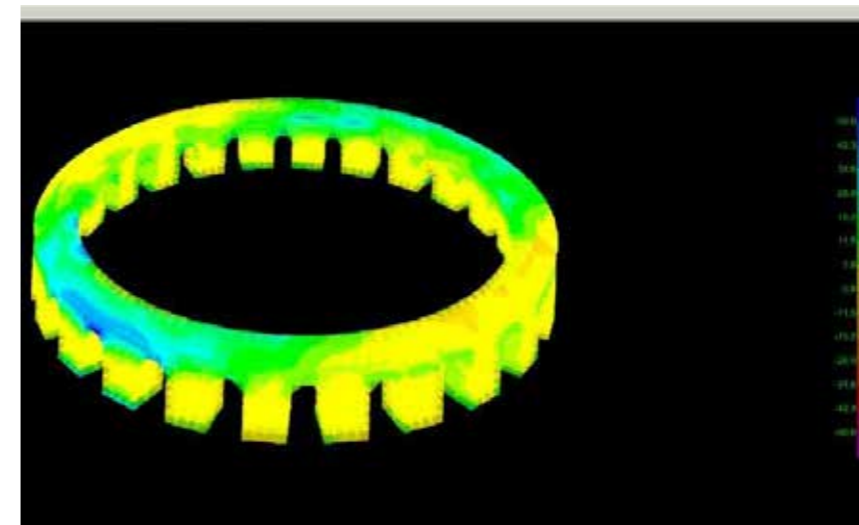


Fig. 7.78 Simulazione tamburo azione sismica in direzione X

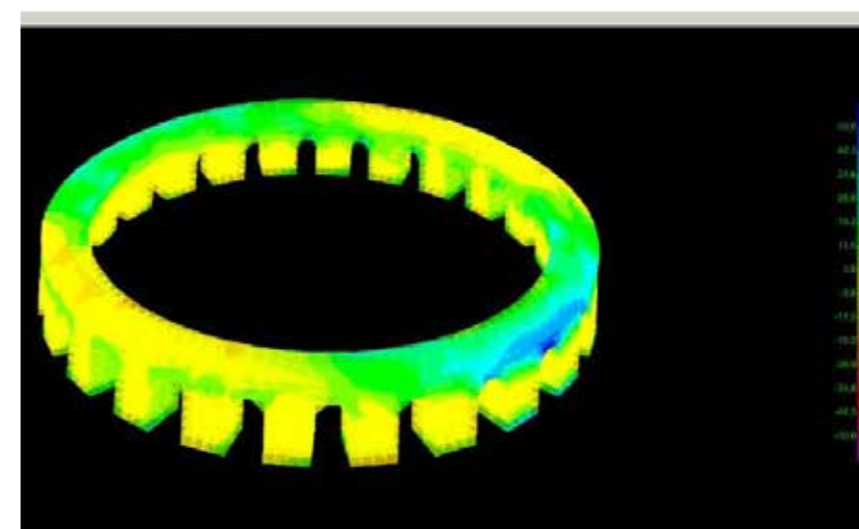


Fig. 7.79 Simulazione tamburo azione sismica in direzione Y

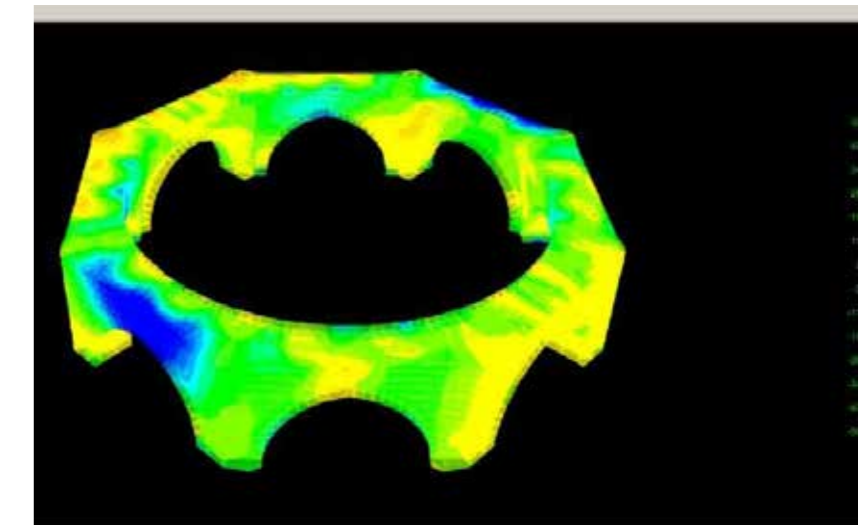


Fig. 7.80 Simulazione tamburo azione sismica in direzione X

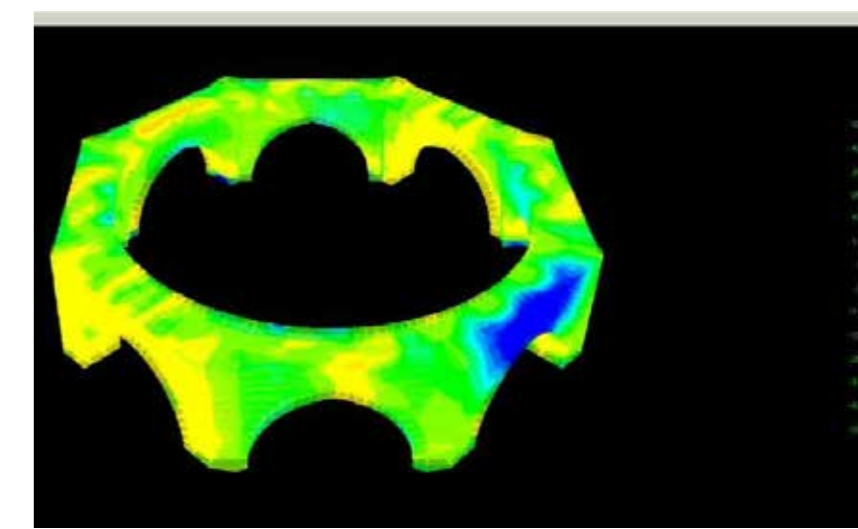


Fig. 7.81 Simulazione tamburo azione sismica in direzione Y

Infine, come ultima analisi, si è studiato il Minareto. Anche in questo caso la combinazione peggiore era dovuta all'effetto del sisma

In questo caso, infatti, la muratura è sottoposta a sforzi di taglio anche nelle parti più alte del minareto. La condizione peggiore è sicuramente lungo l'asse x dove la muratura, anche nel basamento notiamo sforzi di trazione più alti. Questo è sicuramente dovuto alle forze reciproche che si scambiano la muratura della Moschea e il minareto.

In conclusione l'analisi ad elementi finiti in sap 2000 ci ha permesso di avere un quadro completo del comportamento della Moschea sotto azioni dinamiche molto gravose nella zona di studio. In particolare è stato molto utile avere una corrispondenza fra il modello e le attuali deformazioni.

Infine è stato possibile dedurre che le condizioni statiche e meccaniche delle strutture, nonostante le deformazioni avvenute a causa dei precedenti e mal eseguiti interventi di consolidamento, sono buone.

Si tratta quindi di una costruzione antica che grazie ai suoi eccessi, nello spessore della muratura e nella profondità della fondazione, risponde in maniera scatolare alle sollecitazioni sismiche. Tali sono state le ragioni che hanno evitato il crollo e danni irreversibili durante il forte terremoto del 1999, che invece non ha risparmiato le mosche vicine, di diversa maestranza.

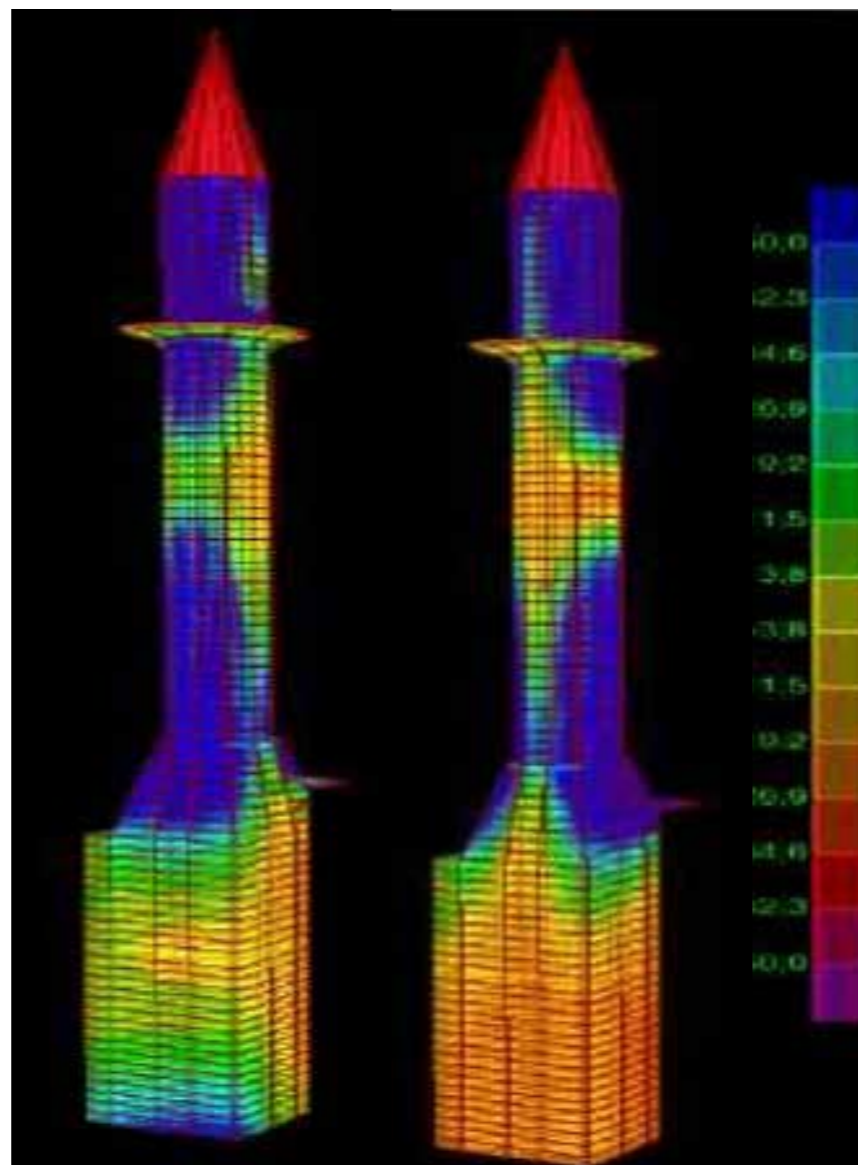


Fig. 7.82 Risposta sismica del minareto lungo X e Y

7.7. ANALISI DELLO STATO DI CONSERVAZIONE E DELLE PRIORITÀ DI INTERVENTO

In conclusione si può affermare che lo Moschea gode di un discreto stato di conservazione. Le varie patologie di degrado sono concentrate sulle superfici esterne e la risposta meccanica della muratura rientra nei valori stabiliti dalla normativa.

Attraverso le varie fasi di ricerca si è determinato:

- Le pareti in pietra tagliata sono di 180 cm divise in tre strati di circa 60 cm di larghezza ognuno.
- Le pareti sono costituite da pietra di tufo vulcanico e le fondazioni di pietra calcarea sopra un mortaio in mattoni.
- La facciata interna è formata in pareti in pietra, ma è coperta da uno strato di intonaco a base cementizia.
- La cupola è costituita da mattoni, ma con delle cavità interne per migliorare l'acustica.
- Sotto il pavimento attuale nella sala Harim c'era un pavimento originale in mattoni e malta.

Le patologie di degrado riscontrate sul tufo sono causate dagli agenti atmosferici quali vento e pioggia, che stanno erodendo la superficie. Inoltre le forti escursioni termiche e la porosità naturale della pietra, facilitano la rapida evaporazione dell'acqua con la conseguente formazione di sali in superficie. La cristallizzazione del sale è molto pericolosa infatti, durante i cicli di gelo e disgelo dell'acqua il volume del sale aumenta creando fori sempre più grandi, fino a fare esplodere la pietra in facciata.

L'esito delle prove statiche e della modellazione ad elementi finiti permette di affermare che la struttura statica della Moschea è in buone condizioni e non ci sono segni di cedimenti o danneggiamenti che possano far pensare a un imminente collasso della stessa.

Infine lo svolgimento di queste analisi ha comportato alcuni indiscutibili vantaggi per il nostro lavoro, ed in particolare esso ha:

- Accresciuto la conoscenza storica della Moschea, migliorando e completando la comprensione delle varie parti costruttive del Moschea aggiunte successivamente.
- Aumentato la comprensione del rapporto esistente tra la zona di progetto ed il resto dell'edificio:
- Permessi la stesura di disegni precisi e completi;
- Garantito la verifica puntuale dello stato di fatto dell'edificio, analizzato nelle sue diverse parti.
- Facilitato l'elaborazione del progetto di conservazione, stabilendo una lista degli interventi da effettuare tenendo conto della priorità relativa tra di essi.

08

PROGETTO DI CONSERVAZIONE

- 8.1. Progetto di conservazione
- 8.2. Le richieste per una valorizzazione: linee guida del restauro conservativo
- 8.3. I requisiti di progetto
 - 8.3.1. La legislazione vigente
 - 8.3.2. Linee guida degli interventi
 - 8.3.3. I materiali lapidei
 - 8.3.4. Il degrado nei materiali vulcanoclastici
 - 8.3.5. Le pratiche di intervento
- 8.4. La rimozione degli Intonaci Interni
- 8.5. Il consolidamento strutturale
 - 8.5.1. Il caso studio
 - 8.5.2. Le fasi di modellazione
 - 8.5.3. La teoria dell'intervento di rinforzo
 - 8.5.4. Il progetto di dimensionamento e applicazione
- 8.6. La manutenzione programmata

Nel presente capitolo si descrive l'intervento di restauro conservativo diretto sul bene congruo ai principi di minimo intervento e reversibilità, che si propone di consegnare il bene al futuro in condizioni analoghe a quelle esistenti, che devono essere mantenute e valorizzate.

Inoltre, avendo valutato nel capitolo precedente, il comportamento statico della struttura nel suo complesso, si descrivono alcune proposte per il consolidamento strutturale che tende a un miglioramento globale della Moschea.

8.1. PROGETTO DI CONSERVAZIONE

Il progetto di restauro della Moschea Pertev Pasha costituisce il fulcro intorno al quale ruota tutto l'intervento di "conservazione integrata" del centro di Izmit.

La Moschea è di fatto la testimonianza storico, culturale, architettonica non solo della città di Izmit ma dell'intera provincia. La sua valorizzazione, attraverso un progetto integrato di recupero che si estende all'intera area, ovvero al tessuto urbano costituente il centro pulsante di Izmit, vuole innescare un processo, si spera irreversibile di riqualificazione, teso a migliorare la qualità urbana.

Pertanto il progetto di restauro è il punto di partenza di un processo che ha visto il miglioramento di un'area urbana con molte criticità. Solo attraverso l'effettiva valorizzazione del contesto, che tende al miglioramento della qualità della vita, ad un uso consapevole degli spazi ed a un incremento del turismo culturale, il progetto di restauro assume valore, consegnando nuova dignità alla Moschea che riveste un ruolo principale all'interno delle dinamiche urbane, ovvero luogo di preghiera molto sentito dai cittadini locali.¹

¹ Si rimanda ai capitoli 2,3 per il masterplan di progetto, dove vengono ampiamente discussi questi temi.

8.2. LE RICHIESTE PER UNA VALORIZZAZIONE: LINEE GUIDA DEL RESTAURO CONSERVATIVO

L'obiettivo principale del progetto di intervento risiede nell'intento di voler consegnare il bene al futuro in condizioni analoghe a quelle esistenti, che devono essere mantenute e valorizzate.

Dunque la conservazione della Moschea assume un ruolo principale all'interno del progetto di intervento. Infatti, lo scopo primario del restauro, è quello di "conservare per mantenere", e soltanto grazie a una corretta conservazione si raggiunge tale obiettivo, ovvero quello di mantenere nel tempo l'importanza culturale che l'oggetto di studio ricopre per la popolazione e per la storia.

Il perché un bene debba essere mantenuto nel tempo risiede nel suo valore storico e nel suo valore d'uso.² Valori che il restauro conservativo si pone di mantenere.

Nel caso della Moschea Pertev Pasha questi due valori sono ancora oggi garantiti dalle seguenti caratteristiche:

- Il valore storico è leggibile attraverso la forma attuale della Moschea: infatti è proprio la Moschea stessa che con le sue mura, la sua grande cupola, i suoi affreschi interni e le modifiche subite nel corso del tempo, racconta

² Lo storico dell'arte Alois Riegl fu il primo a riconoscere l'esistenza di valori propri di un edificio e li classificò in diverse quattro tipologie. Ognuna di queste tipologie riassumeva un aspetto caratteristico dell'edificio e ne giustificava l'importanza. I valori erano il valore storico, di antichità, di novità, e di uso. Secondo Riegl ognuno di loro è presente in diverso grado all'interno di un edificio ed è compito del restauratore comprendere quale ne sia la gerarchia da rispettare. In particolare i valori storico e d'uso qui menzionati si concentrano rispettivamente: sull'importanza delle modifiche subite dal bene edilizio nel corso della sua storia e sulla capacità della sua fruibilità di garantirne la sopravvivenza nel tempo..

una storia unica. Una storia che ha origine nel XVI secolo durante il regno ottomano, e che si è arricchita fino ad oggi. La Moschea, infatti, racconta le antiche maestranze dell'epoca, i materiali e le tecniche costruttive che furono utilizzate. Mentre le lesioni in facciata ricordano il fortissimo terremoto che colpì il bacino di Marmara del 1999. Ed infine i segni di un primo intervento di restauro, che seppur non eseguito perfettamente, sono la dimostrazione del tentativo di salvaguardare e mantenere nel tempo il simbolo della città di Izmit, a cui tutti i cittadini sono legati.

- Il valore d'uso oggi e' limitato alla sola funzione religiosa, giacche' quella sociale aggregativa per le condizioni al contorno e per le difficoltà di accesso sono andate perse nel tempo. Oggi la Moschea e' utilizzata sola da pochi cittadini credenti per le funzioni religiose e né i cittadini locali, né quelli delle zone limitrofe sono spinti a recarsi alla Moschea per l'importanza e l'unicità della costruzione stessa.

Il progetto di restauro, al fine di rispettare il valore storico, deve garantire l'autenticità del bene, anche dopo l'intervento. E' dunque necessario riflettere sull'ipotesi di ripristinare eventuali parti mancanti o prive di alcuni elementi. Ricordando che anche esse fanno parte della storia del bene e narrano un evento specifico, una ricostruzione appare quindi come un'alterazione della storia intrinseca al bene e il tentativo di ripristinare un aspetto architettonico risulterebbe solo come la cancellazione di quell'evento specifico che ne aveva provocato la scomparsa.

Nel caso in esame, la Moschea non è stata interessata da drastici cambiamenti architettonici, e oggi non vi sono segni di perdite

significanti di elementi, se non quella degli intonaci interni che sono stati sostituiti nel 2004.³ Si ricorda, invece, che gli edifici annessi, presenti all'interno del parco, hanno subito forti trasformazioni, perdendo quasi totalmente la loro origine. Il mancato recupero di questi ultimi va attribuito alla scarsa attitudine al fatto che in passato la cultura islamica tendeva a preservare e a conservare solo gli edifici religiosi, a scapito di quelli civili.⁴

Invece la relazione esistente fra il valore d'uso e la conservazione dell'edificio si può comprendere solo in seguito all'acquisizione di una conoscenza di tipo globale della sua storia. In particolare, dagli studi effettuati, la Moschea è sempre stata non solo luogo di culto ma anche, e soprattutto luogo di socializzazione, grazie anche alla presenza del parco che la circonda e al Tea Garden. Inoltre grazie all'esperienza del workshop a Izmit è stato possibile sia vedere quanto i cittadini siano legati alla Moschea, ma anche subire il suo fascino storico, artistico e culturale.

In base alle presenti considerazioni si possono riassumere quelli che sono gli obiettivi finali a cui un intervento di restauro conservativo deve tendere:

- Garantire la lettura dell'edificio nella sua interezza e nella sua autenticità, prestando attenzione a non operare un falso storico che ne compromette il valore;
- Assicurare il mantenimento di un ruolo sociale dell'edificio, in maniera da garantire l'uso nel tempo. Tanto più questo uso sarà garantito, tanto più sarà facile la sua conservazione.

³ Per maggiori informazioni circa i precedenti interventi di restauro si rimanda al capitolo 7

⁴ G. PERBELLINI, The relationship between conservation and creativity, in: The power of exemple (a cura di M. de Jong e M. van Jole), Europa Nostra, Den Haag 1999

- Valorizzare le relazioni con il contesto, in quanto il modo in cui l'edificio si inserisce nel suo intorno è di fondamentale importanza per la sua fruizione sia formale che funzionale nonché, in definitiva, per la sua corretta comprensione.
- Riconoscere, salvaguardare e valorizzare i caratteri di specificità e di unicità dell'edificio. Tali singolarità possono essere di vario tipo: la sua collocazione nel territorio o nel tessuto urbano, la presenza di soluzioni tipologiche, tecnologiche o strutturali atipiche, la presenza di decorazioni, affreschi o elementi scultorei; il palinsesto delle proprie stratificazioni storiche, le tracce sulle murature di eventi di particolare rilevanza; il particolare significato che ha assunto quell'edificio per la comunità locale, ecc.

Inoltre il progetto deve attenersi ai seguenti principi:

- Principio di minimo intervento: tutti gli interventi devono essere calibrati in relazione alle effettive necessità funzionali, estetiche, ma anche in funzione delle legittime aspettative culturali e sociali che si hanno rispetto all'azione restaurativa. La base del criterio parte dalla considerazione che pressoché qualsiasi intervento, anche il più delicato, determini, comunque, un'interazione con le parti originali. E' pertanto un errore realizzare opere di qualsiasi genere non effettivamente necessarie le quali, se non apportano vantaggi verificabili e dimostrati, sono inevitabilmente apportatrici, prevedibilmente o no, di effetti collaterali negativi;
- Principio di reversibilità: ogni intervento attuato nel corso del progetto di restauro deve risultare sempre leggibile all'interno della forma architettonica dell'edificio; esso non deve costituire una modifica/alterazione di tipo permanente; deve

essere rimovibile in qualsiasi momento e/o sostituibile con una soluzione migliore (qualora se ne giunga a conoscenza);

- Principio di riconoscibilità: tutti gli interventi di restauro devono, pertanto, essere databili, per evitare confusioni con le parti originali, a tal fine è necessario offrire all'occhio esperto la possibilità di riconoscere le parti di restauro aggiunte rispetto alle parti antiche;

- Principio di durabilità: la durata dei materiali costruttivi storici giunti fino a noi è dell'ordine dei secoli, va tenuto presente che anche la durata delle tecniche e dei materiali che si utilizzano negli interventi di restauro è tenuta a confrontarsi con tali lunghi periodi di tempo. I materiali da usare dovranno quindi essere molto durevoli oppure dovranno essere tali da consentire interventi successivi di manutenzione ordinaria o straordinaria, di provvedere ad un loro rinnovamento senza che ciò comporti alterazioni al monumento stesso;

- Principio di conservazione: il valore assunto da un edificio nel corso della sua storia deve essere mantenuto anche dopo l'intervento di restauro, senza che il restauro compiuto possa in alcun modo alterare/snaturare il ruolo e/o l'immagine dell'edificio e/o il sopracitato valore

8.3. I REQUISITI DI PROGETTO

In base a quanto affermato nei paragrafi precedenti il progetto di intervento deve rispettare i principi del restauro conservativo, e risolvere minacce e debolezze insite nell'edificio. Nei prossimi paragrafi sarà presentato l'intervento di restauro conservativo diretto sul bene, e le ipotesi di minimo intervento di consolidamento.

8.3.1. La legislazione vigente

La Moschea, in quanto luogo di fede islamica, fa parte degli edifici nazionali sottoposti a vincoli. In particolare questi vincoli sono determinati dal fatto che un edificio sottoposto a tutela non può essere modificato in alcun modo: non esiste infatti la possibilità di avviare lavori che ne alterino l'aspetto esteriore o la struttura, né che ne modifichino i materiali o le caratteristiche. Nessun intervento che possa costituire un'eventuale minaccia per la sussistenza dei valori che hanno garantito l'avvio della tutela del bene può altresì essere intrapreso.

Eventuali lavori di carattere straordinario possono comunque essere avviati qualora si manifesti con urgenza l'esigenza di proteggere l'edificio da un danno accidentale (causato ad esempio da un evento meteorologico eccezionale). Tali lavori devono comunque essere approvati dal governo che rappresenta l'unico ente giuridico responsabile della tutela del bene. La legislazione prescrive inoltre anche la procedura da eseguire per garantire i dovuti interventi di cura e manutenzione ordinaria dell'edificio. Questi interventi, la cui finalità rimane sempre comunque

quella di ottenere una corretta conservazione integrata del bene tutelato, consistono nella stesura di due certificazioni a cadenza quinquennale. Queste certificazioni sono:

- Lo stato sanitario dell'edificio;
- Il piano di manutenzione.

A proposito dello stato sanitario, esso viene definito attraverso:

- La descrizione dello stato fisico e delle condizioni generali dell'edificio;
- La descrizione dello stato di conservazione;
- Gli eventuali studi preliminari (di carattere scientifico e/o tecnico) che devono essere svolti per accertare la necessità di lavori di manutenzione;
- La proposta di un piano dei lavori per gli eventuali interventi di manutenzione straordinaria da compiere. I lavori devono essere ordinati in base alla loro importanza ed una stima dei loro costi deve essere fornita.

Per quanto invece riguarda il piano di manutenzione, esso deve contenere, per ogni parte o elemento tecnologico della struttura, un elenco dettagliato di tutte le verifiche e gli interventi di cura da svolgere nel corso dei 5 anni, e deve essere completato anche da una programmazione della loro frequenza.

8.3.2. Linee guida degli interventi

Alla luce di quanto emerso dalle analisi precedenti⁵, condotte durante la campagna diagnostica, è emerso che la maggior parte dei degradi superficiali si riscontra sulle superfici esterne della

⁵ Si rimanda al capitolo 7 per la trattazione sulla campagna diagnostica.

Moschea, interessando quindi la muratura in tufo. Tutti gli interventi hanno quindi seguito i criteri sopra elencati, e le tecniche e i materiali impiegati sono stati scelti in base alle loro compatibilità con i materiali del manufatto. Ne consegue che è stato fondamentale rispettare sia la compatibilità chimica che fisica.

E' stato dunque fondamentale studiare le proprietà fisico, meccaniche e chimiche del tufo, che hanno rappresentato la linea guida da seguire nel riconoscere le patologie di degrado, comprenderne le cause intrinseche e scegliere il tipo di intervento più idoneo. Risulta pertanto necessario riassumere brevemente quello che è stato lo studio sul materiale lapideo sopracitato, e le conclusioni che sono state raggiunte.

8.3.3. I materiali lapidei

La classificazione commerciale-merceologica dei materiali lapidei (UNI, 1983) tende a raggruppare le rocce ornamentali in tre grandi categorie: marmi, graniti e pietre, nelle quali sono accorpati materiali, geneticamente anche molto diversi, che però sono lavorati seguendo le stesse procedure e utilizzati in settori analoghi.

Vengono definiti, in generale, lapidei ornamentali tutti quei materiali lapidei naturali suscettibili di essere estratti e lavorati con specifiche tecnologie ed in possesso di requisiti tecnici ed estetici che ne consentono l'impiego nel settore delle costruzioni edili, inteso nella sua accezione più ampia; mentre si definisce pietra, invece, qualsiasi roccia da costruzione e/o da decorazione di norma non lucidabile (rocce tenere e/o poco compatte, rocce dure e/o

compatte).⁶ I marmi, i graniti e le pietre, sono caratterizzati da circuiti di distribuzione estesi a scala mondiale e rappresentano materiali di elevato valore economico. L'esistenza di un particolare marmo, o granito, o pietra con determinate caratteristiche peculiari rende quel prodotto unico al mondo, e non si resta dunque stupiti se già dall'antichità il tufo, dal colore baige rosastro, veniva impiegato nelle costruzioni architettoniche civili e religiose in Turchia. Giacché tutta la regione della Cappadocia, ha una formazione geologica di origine vulcanica, e dunque il tufo era facilmente reperibile. Tale abbondanza di materiale è stata indubbiamente un fattore determinante delle espressioni architettoniche del passato, sia nella funzione costruttiva che in quella esteriore decorativa. La facilità a scavare nella pietra ha infatti consentito sia l'approvvigionamento di un ottimo materiale da costruzione che la realizzazione di immense opere sotterranee. Si pensi alla città del tufo di Konya, o alle città ipogee di Kaymakli e di Derinkuyu.

L'ampia disponibilità, unitamente alle buone caratteristiche fisiche e meccaniche della pietra e alle ottime proprietà di coibentazione termica ed acustica, conferite alla pietra dalla elevata porosità e dall'abbondante presenza di zeoliti nella matrice hanno fatto sì che la pietra fosse impiegata dal grande Architetto Sinan per la realizzazione delle sue opere.

8.3.4. Il degrado nei materiali vulcanoclastici

Il processo di degrado dei materiali lapidei avviene principalmente a causa dell'interazione che si stabilisce tra il materiale costitutivo e l'ambiente circostante.

⁶ Piero Primavari, "I materiali lapidei ornamentali. Marmi, graniti e pietre" 1997

Infatti un qualsiasi materiale, posto in un certo luogo, tende ad instaurare un equilibrio con esso e a riadattarsi a nuove condizioni ambientali, ogni qualvolta queste subiscano modificazioni. Il risultato di questi meccanismi di riadattamento si manifesta in un più o meno accentuato mutamento delle caratteristiche originarie del materiale che quindi possono determinarne il degrado.

La difficoltà di conservare, proteggere ed integrare il patrimonio monumentale con lo sviluppo urbano è uno dei grandi problemi che dovranno essere affrontati e risolti negli anni a venire ma che affonda le sue radici in tempi più lontani.

La durata dei processi di deterioramento dipende da numerosi parametri ed è per tale motivo, di difficile valutazione. Il processo di degrado, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo è estremamente complesso a causa della eterogeneità dei materiali che reagiscono in modo differente alle sollecitazioni ambientali. Per tale ragione per ogni roccia si può parlare di una propria durezza, proprietà, questa, definita come il grado di resistenza che il materiale oppone dopo la messa in opera, alle azioni meccaniche esercitate dalla natura e dagli esseri viventi, ma soprattutto al complesso delle azioni fisiche, chimiche e organiche operate dagli agenti atmosferici.⁷

Analogamente a quanto avviene per qualunque materiale, anche per il tufo, ampiamente utilizzato come materiale da costruzione si verificano fenomeni di deterioramento causati dagli innumerevoli agenti di degrado, cosicché i manufatti artistici, molto spesso

⁷ Edimondo Marrone, "Degradazione dei materiali" 1974; Vito Cardone, "Il tufo nudo nell'architettura Napoletana" 1990.

presentano un pessimo stato di conservazione.⁸

I principali fattori che predispongono la pietra di tufo alle fenomenologie di degrado sono, la sua struttura altamente porosa e la sua composizione mineralogica, quest'ultima caratterizzata da una elevata componente zeolitica e subordinatamente argillosa, entrambe particolarmente sensibili all'azione dell'acqua. In ogni caso, è possibile affermare che il fattore predominante di alterazione è rappresentato senza dubbio dall'H₂O, causa sia di fenomeni meccanici legati al flusso idrico superficiale (ad es. erosione) e profondo (ad es. cristallizzazione di sali), sia chimici. Questi ultimi interessano soprattutto la componente zeolitica che spesso, proprio in seguito a tali azioni aggressive, si presenta notevolmente trasformata, fino ad acquisire l'aspetto di un fase amorfa.⁹

Il tufo come gli altri materiali lapidei è inoltre sensibile all'azione degli sbalzi termici. Peculiarità di tale materiale è quella di rispondere in modo radicalmente opposto alle variazioni di temperatura, contraendosi a seguito di riscaldamento ed espandendosi se sottoposto a raffreddamento a causa del suo particolare coefficiente di espansione termica.

La disomogeneità delle superfici tufacee inoltre, permette all'azione eolica di espletarsi in modo differenziale, asportando in misura maggiore le porzioni cineritiche e lasciando quasi indisturbate le zone più resistenti.

⁸ Laurenzi Tabasso, Agostino Bureca, Giorgio Palandri, "Materiali lapidei: problemi relativi allo studio del degrado e della conservazione 1987

⁹ De' Gennaro e Fuscaldo, "Il degrado del tufo giallo napoletano: prime osservazioni sui fenomeni di degrado dei materiali tufacei usati come pietra da costruzione." 1991.

La cristallizzazione di sali solubili, correlabili ai cicli di idratazione-disidratazione, è senz'altro la principale causa delle tensioni interne che interessano la pietra tufacea con conseguenti evidenti fenomeni di deterioramento. Effetti tipici di tale fenomenologia sono l'esfoliazione e l'efflorescenza, quest'ultima tipica di località marine dove l'aria è ricca di salsedine.

Infine, il deterioramento legato a processi di origine biologica è quasi sempre comune a tutte le superfici tufacee estremamente sensibili all'azione dei biodeteriogeni.

Di seguito sono riportate le principali forme di degrado che interessano il tufo, e che si sono riscontrate sulla muratura della Moschea.

Alveolizzazione

Le condizioni indispensabili perché un manufatto sia interessato da tale tipologia di degrado sono:

- Porosità;
- Presenza di sali solubili e umidità;
- Forte turbolenza dell'aria;
- Presenza di sporgenze architettoniche sulla superficie considerata.

Il meccanismo con cui si esplica l'alveolizzazione consiste in una prima fase durante la quale si ha la produzione di materiale incoerente, in seguito alla cristallizzazione dei sali, ed una seconda in cui il vento asporta tale materiale, svolgendo un'azione abrasiva sulle superfici con cui viene a contatto.



Fig. 8.01 Alveolizzazione

Come risultato, si ha la formazione di alveoli molto profondi talvolta interconnessi fra di loro.

Esfoliazione

I fenomeni che producono tali effetti sono da ricondursi a:

- Cristallizzazione di sali solubili, favorita in ambiente umido¹⁰;
- Sbalzi termici.

Le esfoliazioni consistono in un distacco di scaglie di spessore nell'ordine di qualche mm preceduto da rigonfiamento e fessurazioni. Il distacco di queste scaglie comporta la messa a nudo del materiale sottostante, rendendolo più vulnerabile a successivi fenomeni di degrado e predisponendolo a disgregazioni e scagliature.¹¹

¹⁰ Rossi Manaresi, "Materiali lapidei: problemi relativi allo studio del degrado e della conservazione" 1987

¹¹ De' Gennaro e Fuscaldo, "Il degrado del tufo giallo napoletano: prime osservazioni sui fenomeni di degrado dei materiali tufacei usati come pietra da costruzione." 1991

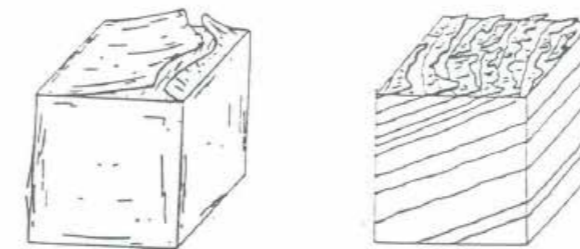


Fig. 8.02 Esfoliazione

Scagliatura

Si manifesta con il distacco di scaglie di forma irregolare, di dimensione di qualche centimetro.

Ciò è accentuato soprattutto in corrispondenza dei margini dei blocchi ed al contorno delle fiamme, che rappresentano le porzioni di maggiore resistenza.

Va sottolineato che, in tutti quei casi che comportano il continuo distacco di materiale dalla superficie (esfoliazione, disgregazione e scagliatura), è favorita la proliferazione di microrganismi.

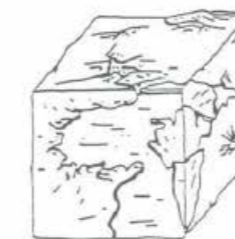


Fig. 8.03 Scagliatura

Disgregazione

Consiste nel distacco dalla superficie dei conci di particelle dell'ordine di grandezza delle cineriti, conseguente alla decoesione dei granuli che costituiscono il materiale lapideo interessato.

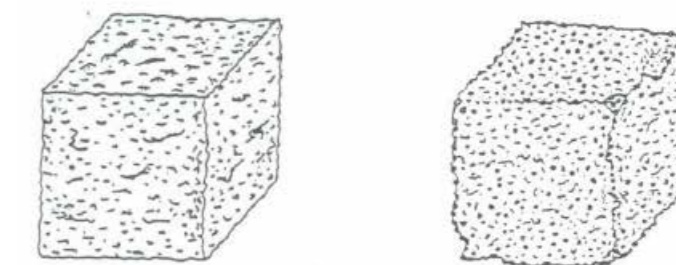


Fig. 8.04 Disaggregazione a sinistra e disgregazione a destra

Efflorescenze

Le condizioni necessarie per la sua formazione sono

- Presenza di acqua circolante all'interno del manufatto e/o umidità;
- Presenza di sali catturati dalla soluzione sia dall'atmosfera, sia dalla stessa roccia;
- Presenza di vuoti intercomunicanti.

Durante la fase di evaporazione si ha la precipitazione dei sali trasportati dall'acqua, sia all'interno che all'esterno del materiale.

Nel primo caso, si parla di subefflorescenza; nel secondo, di efflorescenza. Se i fattori citati prima hanno carattere permanente,

esse persistono; viceversa, risulteranno temporanee.

L'efflorescenza si presenta sottoforma di macchie biancastre talvolta contornate da aureole colorate; l'esame microscopico mostra che tali placche sono costituite principalmente da: solfati di Ca, Na, Mg, nitrati di Na, K, Ca, ed in misura minore CaCO_3 , cloruri e silicati.¹²

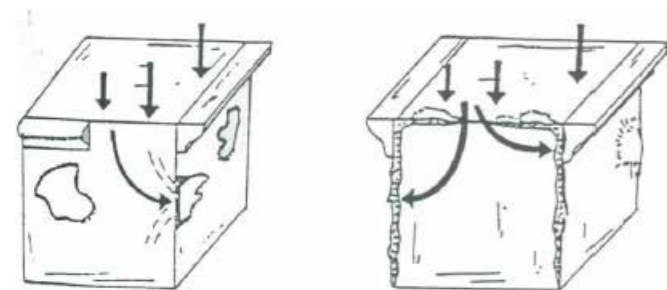


Fig. 8.05 Efflorescenza a destra e sub efflorescenza a sinistra

Mentre l'efflorescenza non crea eccessivi danni, ma causa una semplice disgregazione superficiale in quanto provoca decoesione dei granuli favorendo l'erosione eolica, la sub efflorescenza può portare al distacco, non più di semplici granuli, ma porzioni di maggiori dimensioni, fino alla rottura del paramento esterno.

Patina

Si manifesta come una velatura bruna che spesso assume tonalità più scure, fino ad arrivare al nero. Si ritrova nelle porzioni più riparate del manufatto, laddove i fenomeni di dilavamento

continuo sono più limitati. Tale patina, detta anche vernice del tempo, è da attribuirsi a cause di vario genere quali polvere, umidità, smog, fuliggine e attacco da microrganismi

8.3.5. Le pratiche di intervento

La definizione delle pratiche di intervento per eliminare le suddette patologie di degrado, non può eludersi dall'indagine delle cause delle stesse.

8.3.5.1. Definizione delle cause di degrado

Si ricorda che le modalità e le velocità con cui si attuano i fenomeni di degrado sono regolati da un elevato numero di fattori ad esempio le caratteristiche fisiche del materiale (resistenza meccanica, porosità, capacità di assorbimento dell'acqua ed altre), che a loro volta, sono correlate a quelle mineralogiche e petrografiche, la forma e la collocazione del manufatto, lo stato di conservazione, la distribuzione delle sollecitazioni, e così via.

In realtà questo studio presenta non poche difficoltà in quanto le cause di alterazione sono numerose ed agiscono spesso in maniera concomitante. Comunque anche se i fattori da considerare in ogni specifico caso sono molteplici, le analisi condotte durante la campagna di diagnostica hanno evidenziato differenti cause, che è possibile suddividere in due categorie principali:

- Fattori passivi;
- Fattori attivi.

Fattori passivi

I più importanti fattori passivi da prendere in considerazione sono:

- Composizione mineralogica: nel tufo la presenza di componenti zeolitiche e a volte argillose particolarmente sensibili all'azione dell'acqua, è una delle cause predominanti dell'alterazione;
- Struttura e tessitura: lo stato di evidente degrado esistente nella pietra tufacea è correlato strettamente alla sua elevata porosità;
- Configurazione della superficie: essendo la superficie scabrosa l'acqua piovana permane più a lungo su di essa e l'azione dell'atmosfera si risente in modo maggiore, perché maggiore è la superficie di contatto;
- Forma: in presenza degli spigoli vivi si verifica un più rapido degrado su entrambe le facce, tanto maggiore quanto più esse risultano vicine, per tali motivi gli spigoli acuti cadono per primi e la parte rimanente si presenta smussata ed arrotondata;
- Esposizione: le facciate esposte alla direzione dei venti, apporti di pioggia e salsedine, sono chiaramente più degradate. Nel caso in esame la facciata Sud, rivolta verso il mare, è più degradata delle altre.

Fattori attivi

Gli agenti atmosferici, i cui effetti sono quasi sempre combinati, sono rappresentati dalla pioggia, dall'umidità, dalla temperatura, dal vento, dalla nebbia e dallo smog, cui vanno aggiunti anche agenti biologici (licheni, organismi inferiori); essi esercitano sulla

superficie dei materiali azioni sia di tipo fisico che chimico.

Fra le cause principali di invecchiamento della moschea, l'acqua è quella che possiede le maggiori capacità distruttive, da sola o in concomitanza con altri fattori di natura fisica, chimica, biologica.

L'azione del vento ha un effetto sulle superfici del manufatto, specialmente a causa della sua notevole intensità e durata e al trasporto di polveri e corpuscoli, che agevola determinando una corrosione meccanica.

L'ultimo fra le cause del degrado è rappresentato dal biodeterioramento. Con questo termine s'intende qualunque tipo di alterazione irreversibile conseguente l'attività metabolica di una o più popolazioni viventi, qualunque sia l'ordine di grandezza degli individui da cui esse sono composte.

Gli effetti dannosi procurati da qualsiasi organismo (alghe microscopiche, licheni, muschi) hanno causato sulle superfici esterne danni specifici, i quali possono essere classificati in tre diversi tipi fondamentali.

Il primo danno è prettamente estetico e deriva dalla presenza stessa delle popolazioni colonizzatrici che ricoprono la superficie

Il secondo è il danno di tipo meccanico: assai caratteristico è quello causato dai licheni, che in seguito all'infiltrarsi negli interstizi della pietra, esercitano una pericolosa azione di cuneo.

Infine va ricordato il danno prodotto dalla presenza delle strutture

cellulari morte che vengono utilizzate come fonti di carbonio da colonizzatori secondari.

8.3.5.2. Scelta degli interventi

In base a quanto descritto nel paragrafo precedente sono stati definiti gli interventi di restauro da eseguirsi sui prospetti esterni. Si ricorda che tutti gli interventi rispecchiano i criteri del restauro conservativo, quali minimo intervento e reversibilità, già discussi nel paragrafo precedente.

Gli interventi possono così riassumersi:

- Rimozione della macroflorescenza (soprattutto sul lato sud della moschea);
- Preconsolidamento delle parti che risultano più disgregate;
- Pulitura e asportazione dei degradi;
- Asportazione dei sali presenti nella muratura;
- Trattamento biocida;
- Trattamento di consolidazione;
- Trattamento idrorepellente.

Poiché gli interventi di restauro devono pertanto essere pianificati con attenzione, al fine di evitare di danneggiare i materiali durante la fase operativa, si è provveduto a elaborare per ogni singolo intervento una scheda di intervento che gli operatori ed i restauratori dovranno consultare al momento dei lavori. All'interno di queste schede devono essere elencate le informazioni ed indicazioni relative al protocollo operativo da seguire.

In particolare all'interno della scheda di intervento sono indicati:

- Il tipo di intervento;
- Il materiale interessato;
- La localizzazione dell'intervento;
- L'orientamento per gli interventi in facciata;
- Le indicazioni sullo stato di fatto;
- Gli obiettivi dell'intervento;
- Una descrizione sintetica del protocollo operativo;
- Un elenco dei materiali impiegati;
- Il protocollo operativo dettagliato;
- Le avvertenze quando necessario;
- Gli elementi di giudizio;
- La qualificazione richiesta per la manodopera;
- Il tipo di attrezzatura;
- La procedura di rimozione e/o correzione del degrado;
- Lo stato di fatto finale che si vuole raggiungere in seguito all'intervento;
- Le modalità di conservazione del risultato e gli eventuali interventi di manutenzione.

Nelle pagine seguenti è riportato un esempio di scheda, per le altre si rimanda alla parte degli allegati.

Efflorescenza salina

SI 06.1

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Est

TIPO DI DEGRADO:

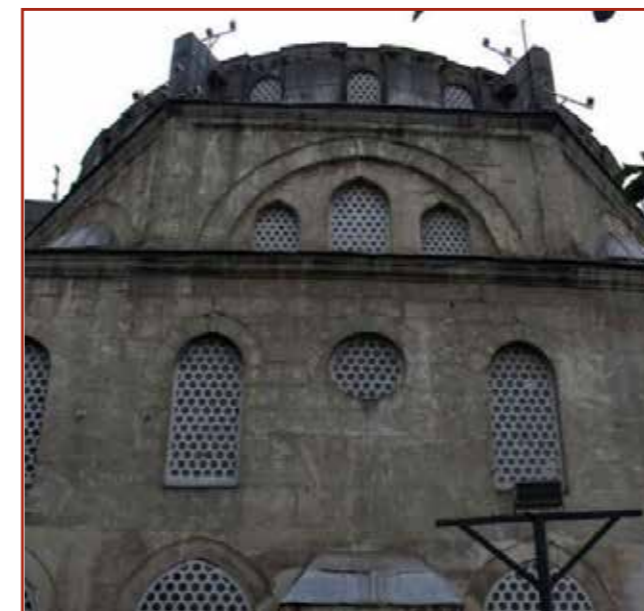
Efflorescenza salina

DEFINIZIONE (NORMAL

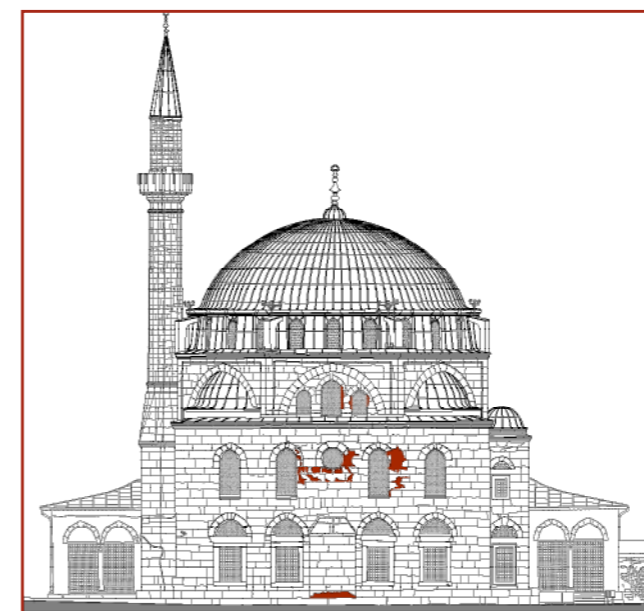
1/88):

Formazione superficiale di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, generalmente di colore biancastro

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Sulle pareti in tufo si nota la presenza di fioritura bianca, che può raggiungere anche alcuni cm. E' molto probabile che i cristalli siano anche all'interno del parametro murario. La sub-efflorescenza salina è molto pericolosa in quanto la migrazione dei cristalli interni verso l'esterno, durante i cicli di gelo e disgelo, causa la comparsa di alveoli sulla pietra, alterando lo stato di fatto del manufatto. Essi si possono formare o dentro il parametro murario (sub-efflorescenza) o sulla sua superficie a seconda del ritmo di fuoriuscita della soluzione salina rispetto al ritmo di evaporazione in ogni momento e in ogni punto.

POSSIBILI CAUSE

La prima causa della comparsa dell'efflorescenza salina è da ricondursi alla natura della pietra, infatti l'alta porosità del tufo permette una maggiore infiltrazione di acqua nelle microfessure. L'acqua, meteorica battente o di ruscellamento, è carica di sali a causa di inquinamento. Quando evapora rilascia sulla superficie i sali che a contatto con l'aria aumentano di volume e cristallizzano formando delle patine biancastre (efflorescenze) o in superficie o dentro il parametro murario.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la rimozione delle efflorescenze saline in modo da eliminare ogni causa di alterazione visiva e meccanica della pietra. Nello stesso momento è indispensabile asportare tutti i sali presenti nel parametro murario, al fine di evitare una successiva ricomparsa del degrado. L'intervento di pulitura è seguito un trattamento protettivo idrorepellente trasparente, al fine di far scorrere la pioggia sulla superficie senza che essa si impregni.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura manuale delle parti incoerenti;
3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti;
4. Pulitura finale a secco e successivamente con acqua deionizzata;
5. Applicazione di una soluzione antisale;
6. Trattamento idrorepellente;

SI 06.2

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area di formazione dell'efflorescenza salina e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza di acqua nella muratura e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Pulitura meccanica manuale delle parti incoerenti:

L'operatore al fine di rimuovere l'efflorescenza salina procede a tramite una pulitura a secco. Utilizzando spazzole morbide, come spazzole di saggina, provvede a spazzolare l'intera area interessata avendo cura di rimuovere tutte le parti incoerenti e procedendo dall'alto verso il basso.

3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti:

E' necessario applicare un impacco adsorbente a base di acqua distillata e adatto ispessente (polpa di carta, sepiolite, attapulgite) su strato separatore in carta giapponese.

Un metodo efficace per la rimozione dei sali prevede inizialmente, la miscelazione manuale dell'ispessente (Arbocel e sepiolite in rapporto 1 a 2) e acqua distillata quanto basta, avendo cura di vibrare il recipiente contenente acqua in eccesso e eliminandola fino a ottenere un impasto liscio ed omogeneo. L'impasto deve essere malleabile e morbido al fine di garantire l'applicazione sulle superfici interessate senza caduta del materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe, prevedendo anche protezioni adeguate con fogli in polietilene.

Successivamente si applicherà al contorno della zona di impacco una fascia assorbente realizzata con polpa di cellulosa a fibra allungata (arbocell

1000) impastata con acqua distillata. La pasta di cellulosa, pressata sulla superficie, forma una fascia di contenimento che è in grado di intercettare e assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalla zona di impacco.

La durata dell'intervento va verificata tramite campionature da eseguirsi in loco. Generalmente l'impacco andrà lasciato agire per 1 settimana, ma ponendo grande attenzione che la variabilità dei dati climatici non alteri il tenore di umidità dell'impacco. Per ovviare a questo inconveniente è opportuno ricoprire l'impacco con pellicole plastiche protettive, sigillandole sui bordi, e inumidire l'impacco con acqua distillata.

4. Pulitura con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, accompagnato da una blanda azione manuale di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

5. Applicazione di un prodotto antisale

Il prodotto è pronto all'uso e deve essere applicato tramite irroratori a bassa pressione. L'operatore deve prestare attenzione affinché lo distribuisca in maniera omogenea su tutta la superficie, fino alla totale impregnazione del supporto.

L'applicazione deve essere effettuata su superfici totalmente asciutte, fredde e non esposte direttamente ai raggi del sole, e preventivamente pulite. Poiché è prevista una pulitura ad acqua l'operatore per procedere all'applicazione del fissativo antisale dovrà attendere il periodo necessario all'asciugatura del supporto

6. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

L'operatore deve controllare che il supporto dove eseguire il trattamento sia completamente pulito e ben asciutto. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve

essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.

Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

Prima di effettuare qualsiasi operazione, però, è indispensabile verificare se la presenza delle efflorescenze non sia dovuta a fenomeni di umidità persistente per risalite capillari del terreno o a causa di condutture difettose del sistema di scarico delle acqua meteoriche. In questi casi sarà necessario eseguire in precedenza tutte le opere di bonifica necessarie per evitare che ulteriori infiltrazioni rendano inutile l'operazione.

SI 06.3

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a 40 ÷ 1000 µ. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.
FISSATIVO ANTISALE	Preparato liquido che fa precipitare i sali solubili presenti nelle murature in profondità, trasformandoli in sali insolubili che non possono più migrare verso la superficie
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di solosani oligomericici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

8.4. LA RIMOZIONE DEGLI INTONACI INTERNI

Le pareti perimetrali e l'interno della cupola sono attualmente rivestite da intonaci a base cementizia. Tali intonaci non sono originari della Moschea, ma risalgono ad un intervento di restauro del 2004.

Questo tipo di intervento non solo non è rispettoso della compatibilità dei materiali, ma ha anche causato problemi di infiltrazione e di condensa interstiziale.

Infatti le analisi condotte con le sonde temperature - umidità hanno rilevato che durante i giorni più caldi la percentuale di umidità interna alla moschea è del doppio rispetto all'esterno, mentre le analisi termografiche confermano l'esistenza di zone estese di efflorescenze e sub-efflorescenze saline nelle pareti perimetrali. La temperatura interna, invece, grazie alle prestazioni isolanti del tufo a allo spessore della muratura, è inferiore rispetto all'esterno.¹³

Pertanto gli intonaci, allo stato attuale, costituiscono una barriera traspirante e facilitano la formazione di umidità all'interno della parete.

Inoltre, in seguito ad un'ispezione visiva condotta dal nostro correlatore Prof. Emre Kishali, si sono riscontrate delle infiltrazioni di acqua, dovute al malfunzionamento degli impianti di allontanamento delle acque metriche. L'acqua che penetra all'interno della muratura arriva fino all'interfaccia fra l'intonaco e lo strato di tufo, innescando meccanismi di marcescenza della pietra degli

intonaci. Infatti essa risulta bloccata poiché il grande spessore della muratura non ne consente l'evaporazione, ma facilita la formazione di sali all'interno del substrato. Tali sali portano alla formazione di cavità e alveoli spesso interconnessi fra loro.

Per porre rimedio a tale situazione si propone:

- La verifica e la sostituzione dei sistemi di allontanamento delle acque meteoriche;
- La rimozione degli intonaci interni sulle pareti e nell'intradosso della cupola;
- Il controllo dell'umidità interna tramite ventilazione naturale.

Giacché nelle Moschea è uso comune l'impiego di decorazioni e frasi del Corano sulle pareti, consapevoli che la rimozione degli intonaci esistenti implica la perdita degli elementi decorativi, si propone la realizzazione di nuovi intonaci traspiranti. Inoltre si ipotizza l'utilizzo di intonaci strutturali al fine di aumentare la resistenza meccanica della muratura.

Pertanto l'intervento si svilupperà secondo le seguenti fasi:

- Preparazione del supporto;
- Consolidamento corticale del supporto se eventualmente meccanicamente debole e sfarinato, mediante impregnazione;
- Eventuale rigenerazione della muratura, mediante la tecnica del "cuci o scuci" o "rincocciatura";
- Stesura del primo rinzafo;
- Realizzazione di intonaci "strutturali" armati.

Si riportano per esteso le voci di capitolato.

Preparazione del supporto

Asportazione parziale o totale dell'intonaco, eseguita mediante rimozione a mano (mazzetta, punta e scalpello oppure martelline) per strati successivi, di tutto lo spessore d'intonaco fino ad arrivare al "vivo" della muratura senza comprometterne l'integrità e delle porzioni di intonaco non demolito, al fine di preparare la zona di attacco fra il supporto e i nuovi intonaci.

Pulizia del supporto con acqua deionizzata nebulizzata accompagnata da una blanda spazzolatura con spazzole di saggina della muratura in tufo, al fine di rimuovere eventuali stratificazioni di microrganismi, efflorescenze saline, parti incoerenti, friabili, polvere, muffe, depositi pulverulenti o eventuali tracce di pellicole pittoriche di precedenti trattamenti. Tale operazione, inoltre, si rende necessaria per bagnare a saturazione il supporto prima dell'applicazione di malte per intonaci o da muratura, per migliorarne l'aggrappo ed impedire che il substrato possa sottrarre acqua alla malta, pregiudicandone le caratteristiche prestazionali finali. L'acqua libera in eccesso dovrà essere eliminata, in modo che la muratura risulti satura di acqua, ma con la superficie asciutta

Consolidamento corticale del supporto se eventualmente meccanicamente debole e sfarinato, mediante impregnazione;

Posa in opera di microemulsione a base di polimeri in dispersione acquosa, con particelle molto fini ad elevato potere penetrante, anche su superfici a ridotta porosità, per il consolidamento corticale del supporto se visivamente "deboli" e "sfarinanti", mediante impregnazione.

Il prodotto consolidante dovrà essere inodore e non irritante per consentirne l'utilizzo in ambienti interni con presenza di persone o prossimi ad essere utilizzati conferendo una buona durabilità e resistenza meccanica superficiale.

L'applicazione del prodotto dovrà essere effettuata, previa adeguata preparazione del supporto mediante idrolavaggio a bassissima pressione della superficie, quando possibile, al fine di rimuovere grassi, oli, vernici e qualsiasi materiale e sostanza che possa impedire la penetrazione del prodotto, sino ad ottenere un supporto pulito, sano e compatto, privo di parti friabili, polvere, sporco, muffe e sali solubili.

Il prodotto dovrà essere applicato, a spruzzo mediante irroratore manuale a bassa pressione, a rullo o a pennello in più mani, in funzione del grado di assorbimento e della porosità del supporto..

Eventuale rigenerazione della muratura, mediante la tecnica del “cuci o scuci “ o “rincocciatura”;

Una volta rimosso l'intonaco la superficie muraria va attentamente esaminata, e eventualmente nelle zone dove appare fessurata o disaggregata si propone la posa di malta da muratura fibrorinforzata ad elevate prestazioni meccaniche, a base di calce idraulica naturale ed eco-pozzolana.

La malta dovrà consentire di realizzare in cantiere, delle malte da muratura fibrorinforzate con fibre di vetro, a consistenza plastico-tissotropica, facilmente applicabili a cazzuola, da impiegare per la rigenerazione di paramenti murari, anche “faccia a vista”, tramite la tecnica dello “scuci e cuci” e della “rincocciatura”.

La rigenerazione della muratura tramite la tecnica dello “scuci e cuci” e della “rincocciatura” si rende necessaria quanto il paramento murario risulti particolarmente degradato, mancante di elementi costruttivi (mattoni, pietre o tufo) o dove sono presenti lesioni, discontinuità e, in generale, in tutti quei casi in cui esistono problemi di connessione tra le porzioni della stessa muratura. Previa messa in sicurezza della struttura con idonee operazioni provvisorie, si procede con la rimozione degli elementi costruttivi particolarmente sconnessi e/o poco coesi. È preferibile operare altresì la “scucitura” del paramento murario interessato dalla presenza di lesioni e discontinuità, partendo dall'alto verso il basso, mediante la rimozione sia dei suoi elementi costruttivi particolarmente degradati e/o lesionati, sia della malta di allettamento esistente che non risulti più idonea, sia di tutto ciò che possa influire e pregiudicare la rigenerazione della muratura. Durante

questa fase accantonare elementi costruttivi integri, che possano essere riutilizzati nelle operazioni di reintegrazione e di “cucitura” della struttura. Inoltre lasciare, sulla muratura da ripristinare, un contorno frastagliato che permetta la corretta “ammorsatura” delle nuove porzioni di muratura a quelle esistenti. Eseguire la pulitura dei piani di appoggio e di connessione, mediante l'idrolavaggio a bassissima pressione, quando possibile, per favorire un'adeguata adesione della malta al supporto. Eseguire la “cucitura” o la “rincocciatura” del paramento murario, creando dapprima il “letto di posa” e, successivamente, posando gli elementi costruttivi, (originali, precedente rimossi o nuovi, compatibili per forma e dimensione con quelli preesistenti, al fine di evitare l'insorgere di incompatibilità fisico-chimiche), esercitando una leggera pressione al fine di ammorsare le parti di nuova realizzazione a quelle esistenti. Asportare la malta in eccesso con una cazzuola.

Stesura del primo rinzaffo

Posa in opera di malta da rinzaffo traspirante, resistente ai sali, esente da cemento, a base di calce ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali e microfibre, da applicare come primo strato nella realizzazione di intonaci deumidificanti, traspiranti e “strutturali”, per il risanamento dell'edificio.

La malta dovrà consentire di realizzare in cantiere delle malte da rinzaffo traspiranti, facilmente applicabili a cazzuola, da impiegare come primo strato nella realizzazione di intonaci deumidificanti, traspiranti e “strutturali”, al fine di uniformare l'assorbimento del supporto, migliorare l'adesione dell'intonaco e rallentare il trasferimento dei sali.

L'applicazione dello strato di rinzaffo dovrà essere effettuata a cazzuola previa adeguata preparazione del supporto. prestazioni finali.

Realizzazione di intonaci “strutturali” armati

Posa in opera di malta per intonaci, ad elevate prestazioni meccaniche, esente da cemento, a base di calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali, speciali additivi,

microfibre e fibre di vetro, in abbinamento ad una rete in fili di acciaio zincato, per realizzare intonaci “armati” per il consolidamento della muratura in tufo.

La malta dovrà consentire di realizzare in cantiere, in abbinamento a reti di acciaio zincato, degli intonaci traspiranti “strutturali”, ad elevate prestazioni meccaniche, facilmente applicabili a cazzuola

L'applicazione dell'intonaco “strutturale” dovrà essere effettuata, previa adeguata preparazione del supporto, pulito, sano e compatto, privo di parti friabili, polvere,

La rete metallica zincata dovrà essere fissata alla muratura tramite chiodi in acciaio o tasselli e distanziata dal supporto, in modo da risultare nella mezzera dello spessore totale dell'intonaco.

Attendere il “rapprendimento” dello strato di rinzaffo ,ed applicare l'intonaco “strutturale” a cazzuola in un unico strato (max 25 mm), partendo dalla parte bassa della muratura verso la sua sommità. Dopo l'applicazione attendere alcuni minuti prima di procedere

alla livellatura con staggia di alluminio ad “H” o a coltello, con passaggi in senso orizzontale e verticale, sino ad ottenere una superficie piana.

Rifinire la superficie dell'intonaco con frattazzino di spugna leggermente inumiditi.

8.5. IL CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

Gli interventi sopra descritti tendono in sostanza al ripristino o quantomeno al miglioramento delle caratteristiche fisiche dei materiali lapidei utilizzati nel corso della costruzione e deterioratisi nel tempo, ma nulla incidono sul comportamento statico della struttura nel suo complesso.

Le prove, le verifiche effettuate nel corso del workshop e le successive analisi statiche effettuate attraverso specifici programmi di calcolo, i cui risultati sono di seguito riportati, hanno evidenziato tutto sommato un comportamento sufficiente dell'intero complesso, anche in presenza di eventi sismici.

Considerato, però, il grado di conoscenza del complesso nel suo insieme appena sufficiente, che rende i suddetti risultati limitatamente attendibili, rendendosi necessaria per i motivi esposti nel paragrafo precedente la rimozione degli intonaci a base cementizia e la loro sostituzione con altri più rispondenti alle caratteristiche della Moschea, si ritiene opportuno procedere ad un rinforzo sia della volta o per meglio dire della cupola che delle murature portanti.

Premesso che: la cupola della Moschea e' di forma sferica e si può considerare una membrana di rivoluzione generata per rotazione di un arco rispetto al suo asse centrale

il modello di funzionamento membranale consente una schematizzazione di comportamento della struttura come rapporto tra meridiani e paralleli. I meridiani considerabili come archi che sono

collegati da paralleli, anelli tesi. Questo modello completo nel suo funzionamento e descrittivo di una cupola in muratura integra e quindi non fessurata comporta l'assenza di spinta

Detta membrana può essere idealizzata matematicamente come una curva il cui spessore e' piccolo se comparato con le dimensioni delle altre strutture in grado di trasmettere solo sforzi interni giacenti sul piano tangente. Le forze agenti sulla membrana si trasformano in stati tensionali di trazione e/o compressione contenuti nel suo spessore.

Nella realizzazione un anello chiuso, perfettamente completato risultando incompressibile non può scivolare su quello sottostante nonostante l'inclinazione derivante dalla posizione lungo la curva generatrice. La costruzione delle cupole in muratura avviene per anelli successivi. Non esiste, come nell'arco e nella volta, il concio in chiave

Le cupole in virtù della scarsa resistenza a trazione della muratura che le rende molto sensibili ai cedimenti differenziali all'imposta e ad azioni di carico antimetriche, hanno la tendenza a fessurarsi lungo i meridiani. Superata la resistenza a trazione della muratura, che può essere incrementata in relazione alla forza di attrito presente, perciò, si formano le lesioni lungo i meridiani, comportando la rottura della continuità dei paralleli annullando il comportamento a membrana della costruzione

L'inefficienza dei paralleli trasforma i meridiani in archi spingenti sul tamburo di imposta.

Rilevato che:

l'applicazione di materiali compositi fibrorinforzati (FRCM) rappresenta la soluzione tecnologica più evoluta per gli interventi di consolidamento statico, di rinforzo e riabilitazione strutturale, di miglioramento ed adeguamento sismico.

I vantaggi degli FRCM sono molteplici: leggerezza, elevate proprietà meccaniche, caratteristiche anticorrosive, e preservano le caratteristiche originarie delle strutture.

Gli FRCM garantiscono eccezionali risultati in termini di sicurezza, riducendo al minimo i problemi di invasività e di ingombro garantendo la totale reversibilità.

L'impiego dei materiali compositi sta trovando una sempre più ampia diffusione in ambito edilizio, in particolare nel campo del consolidamento strutturale e dell'adeguamento sismico, alla luce dell'incremento della capacità portante che si può ricavare senza l'apporto di nuove masse strutturali

Si e' dato luogo alla seguente proposta progettuale di rinforzo suddivisa nei capi seguenti:

8.5.1. Il caso studio

Lo scopo dell'intervento è il rinforzo strutturale della cupola nonché delle murature portanti in corrispondenza dei nodi .

Sia la cupola, sia la muratura perimetrale risultano in buono stato

di conservazione e di buona rigidezza e resistenza. Infatti, non è possibile un completo trasferimento degli sforzi dalle fibre alla matrice.

La Moschea è ubicata in zona ad alto rischio sismico, per cui ha un'accelerazione al suolo relativamente bassa.

È stato adottato un livello di conoscenza della struttura basso, essendo stato effettuato un rilievo geometrico e una serie limitata di indagini in sito per individuare le caratteristiche dei materiali.

Attraverso una prima fase di modellazione mediante software appropriato, si può pervenire allo stato di sollecitazione della struttura: a conclusione della quale verificare il miglioramento del complesso nel suo insieme prima dell'intervento suggerito.

8.5.2. Le fasi di modellazione

Il dimensionamento della struttura dovrà essere effettuato con l'ausilio di un software di calcolo strutturale agli elementi finiti. Il comportamento strutturale sotto le azioni statiche e dinamiche sarà adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale.

8.5.3. La teoria dell'intervento di rinforzo

La metodologia del rinforzo si basa sul concetto di realizzare una nuova struttura in grado di sostenere le sollecitazioni di progetto.

Il principio statico alla base del dimensionamento dei rinforzi con fibre di carbonio di strutture a volta si basa sul calcolo a rottura. La disposizione di tessuti in FRCM consente, infatti, di modificare il meccanismo di rottura della volta originaria, permettendo, in tal modo, un incremento anche notevole del moltiplicatore di collasso.

8.5.4. Il progetto di dimensionamento e applicazione

La prima fase dell'intervento prevede la sostituzione degli elementi metallici esistenti, ovvero le catene delle cupole laterali che sorreggono la volta, e l'anello metallico che cerchia la cupola, eliminando l'eventuale corrosione delle catene che riduce le caratteristiche meccaniche dell'elemento.

Nonostante la presenza dei suddetti elementi si prevede un'ipotesi di rinforzo, al fine di migliorare la risposta sismica della struttura. si ricorda al lettore che Izmit si trova in una delle zone più a rischio sismico del mondo.

L'intervento di rinforzo consiste nell'applicazione di tessuti unidirezionali ad alta tenacità in fibra di carbonio e tessuti bidirezionali all'estradosso delle volte in esame, solidarizzati alla struttura mediante adesivo epossidico.

Vengono, inoltre, realizzati una serie di ancoraggi con apertura a fiocco di tessuti in CFRP, utili al collegamento strutturale.

Si prevede l'impiego di prodotti fibrorinforzati a matrice polimerica a fibre continue in carbonio (CFRP - Carbon Fiber Reinforced

Polymer), ovvero materiali compositi, eterogenei ed anisotropi, che mostrano un comportamento prevalentemente elastico lineare fino al collasso.

Le fibre di carbonio sono usate per la fabbricazione di compositi ad elevate prestazioni e si distinguono per il loro alto modulo di elasticità (240, 390 o 640 GPa) e per la loro elevata resistenza a trazione (4200-4800 MPa).

Esibiscono un comportamento a rottura intrinsecamente fragile e, a confronto con le fibre di vetro (GFRP) e con quelle aramidiche (AFRP), le fibre di carbonio risultano essere le meno sensibili ai fenomeni di scorrimento viscoso (creep) e di fatica, e sono contraddistinte da una modesta riduzione della resistenza a lungo termine.

Le fibre di carbonio presentano un'elevatissima resistenza alle alte temperature (oltre 1000 °C), non bruciano, sono chimicamente resistenti a qualsiasi agente chimico e non subiscono fenomeni di invecchiamento.

8.6. LA MANUTENZIONE PROGRAMMATA

Come è stato già stabilito nella parte iniziale del capitolo relativa al tema del restauro conservativo, è noto che il progetto di conservazione dell'edificio deve continuare anche in seguito alla fase di cantiere. La conservazione dell'edificio deve infatti sempre essere garantita e verificata nel tempo.

Il modo migliore per garantire che la tutela del bene sia costante nel corso del tempo non può prescindere dunque da una serie di controlli e verifiche che ne constatino ogni volta lo stato di fatto.

Questi controlli dovranno essere pianificati con cura ed in maniera dettagliata. Durante la fase preparatoria iniziale si dovranno fissare con precisione le esigenze e le richieste che l'edificio (o una parte di esso) dovrà in seguito, attraverso i controlli stessi, soddisfare. Le verifiche dovranno poi essere ripetute a intervalli regolari.

Conformemente a quanto stabilito dalla prassi e dalla legislazione europea, alla quale si ispira quella turca, lo strumento principale di questa pianificazione è senz'altro quello del piano di manutenzione.

In particolare, questo piano consiste in un elenco dettagliato delle parti di un edificio e dei loro elementi tecnologici. Per ognuno di questi elementi viene definito il tipo di controlli che devono essere eseguiti per verificarne il funzionamento. Di ogni controllo deve poi essere indicato anche il protocollo operativo generale e la frequenza di svolgimento.

Sulla base di queste indicazioni si è compilato un piano di manutenzione che viene quindi presentato di seguito. Il piano di manutenzione in oggetto riguarda solo le superficie esterne, ovvero quelle interessate dagli interventi di restauro.

Unità tecnologica: Chiusura verticale		
Elemento da verificare	Tipo di intervento	Frequenza
Struttura	Ispezione visiva: Ispezione visiva delle lesioni e fessurazioni	Annuale
Muratura a vista	Ispezione visiva: Controllo dello stato di conservazione globale della superficie lapidea; Rilievo della presenza di eventuali depositi, efflorescenze, croste o microfessurazioni.	Annuale
	Pulizia: Lavaggio con acqua nebulizzata con spray a bassa pressione, secondo quanto prescritto dalle schede di intervento. Eventuale rimozione di macchie, graffi, efflorescenze o incrostazioni mediante l'impiego di spazzole wishab, e successivo lavaggio. Eventuale rimozione di patine biologiche con mezzi meccanici o chimici, sempre adeguate al tipo di muratura.	Quando necessario
	Riparazioni: Rimozioni delle parti danneggiate e/o sostituzione.	Quando necessario

Unità tecnologica: serramenti		
Elemento da verificare	Tipo di intervento	Frequenza
Telaio	Verifica dello stato di conservazione: Verifica della perfetta chiusura delle ante e allineamento della finestra alla battuta.	Semestrale
	Pulizia: Pulizia del telaio con prodotti detergenti non aggressivi, rimozione e accurata dei depositi di sporco.	Semestrale
Vetri	Pulizia: Pulizia con prodotti detergenti non aggressivi, rimozione e accurata dei depositi di sporco.	Semestrale
	Sostituzione	Quando necessario
Ferramenta	Lubrificazione: Lubrificazione ed ingrassaggio di cerniere e maniglie con prodotti idonei e non aggressivi.	Semestrale

Unità tecnologica: Coperture		
Elemento da verificare	Tipo di intervento	Frequenza
Pluviali	Controllo dei giunti: Verifica dei giunti alla tenuta all'acqua	Semestrale
	Pulizia dei bocchettoni	Semestrale
Gronde	Controllo dei giunti: Verifica dei giunti alla tenuta all'acqua	Semestrale
	Pulizia: Rimozione di tutti i depositi che possono rallentare il deflusso delle acque piovane.	Semestrale
Manti impermeabili	Ispezione visiva: Verifica dell'integrità dei manti impermeabili e della loro integrità	Annuale
	Ripristino: Piccoli interventi di ripristino dello strato a finire della copertura impermeabile al fine di evitare infiltrazione di acqua	Quando necessario

Unità tecnologica: Area esterna		
Elemento da verificare	Tipo di intervento	Frequenza
Prato	Taglio: Rasatura con mezzi meccanici	Bi-mensilmente
	Pulizia Pulizia del manto erboso da foglie.	Quando necessario
Alberi	Potatura di mantenimento: Potatura dei rami più lunghi che possono urtare la Moschea	Annualmente
	Rimozione dei rami secchi: Potatura dei rami più lunghi che possono urtare la Moschea	Quando necessario

CONCLUSIONI

La stesura di questa trattazione, rappresenta l'atto conclusivo del percorso di studi intrapreso, nel quale lo stretto dialogo tra le due realtà, architettonica ed ingegneristica, è emerso dalla multidisciplinarietà della formazione proposta, enfatizzandone la loro dipendenza e profonda interrelazione.

Il progetto di Tesi, ponendosi quale sintesi delle conoscenze apprese, rispecchia pienamente questa sinergia, consentendoci di studiare ed approfondire la progettazione urbanistica con le relative analisi del territorio, la composizione architettonica di un nuovo edificio, il restauro di un edificio esistente, e la definizione di un progetto tecnologico.

Ha permesso di confrontare due approcci distinti della progettazione edilizia: quello del restauro conservativo di un edificio esistente e quello della progettazione ex-novo di un moderno fabbricato. Entrambi gli approcci sono sempre stati caratterizzati dalla stessa volontà progettuale, fortemente incentrata al rispetto ed alla valorizzazione de patrimonio architettonico oggetto del nostro lavoro.

L'iter progettuale, caratterizzato da un approccio di tipo interdisciplinare, basato sulla continua verifica di quanto prodotto. si è così articolato:

- Nella rigenerazione urbana del centro storico di Izmit, mediante la proposta di percorsi ciclopedonali e di aree verdi;
- Nella progettazione di un nuovo edificio destinato a centro di ricerca per il restauro e la conservazione, La fabbrica della Moschea;
- Il restauro conservativo del Bene, moschea Pertev Pasha.

Il progetto urbanistico ed edilizio si è basato sul rispetto delle vigenti normative Nazionali Italiane, ma con un costante confronto con le normative Turche, risultate sempre meno restrittive.. Inoltre, l'attenta osservanza delle disposizioni legislative in materia di strutture antisismiche, barriere architettoniche, prevenzione incendi e illuminotecnica, ci ha consentito di affrontare in modo "reale" la progettazione degli spazi, dei collegamenti, delle stratigrafie e dell'impiantistica.

BIBLIOGRAFIA E INDICI

BIBLIOGRAFIA

CAPITOLO 1

Libri:

- Fabio L. Grassi, Ataturk. "Il fondatore della Turchia Moderna", Roma, 2008.
- Antonello Biagini "Storia della Turchia contemporanea", Bompiani, 2002.
- William Hale, "Turkish Foreign Policy." 1774-2000, Londra 2002.
- Bernard Lewis, "The Emergence of Modern Turkey", Oxford 2002.
- Hamit Bozarslan, "La Turchia contemporanea", Bologna, 2006.
- Valeria Fiorani Piacentini, "Turchia e Mediterraneo allargato. Democrazia e democrazie", Milano 2006.
- Jean Paul Roux, "Storia dei turchi", Lecce 2010.

Siti internet:

- www.turkstat.gov.tr/Start.do;jsessionid=vQJsZYD-SDNyPdQT7yHHbk7RqgL2QLFIZR2WG19nkX4rL-GY84z9pc!-948607386
- www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Disasters_IT/SEMOC6TP82G_0.html
- www.artnicomedia.org.tr/index.php/74-tanitim-katagorisi/izmit-tarihi-tarihi-ve-turistik-yerleri/23-izmit-tarihi.html
- www.artnicomedia.org.tr/index.php/74-tanitim-katagorisi/izmit-tarihi-tarihi-ve-turistik-yerleri/24-fevziye-camii.html

- www.visitizmit.org

Altri documenti:

- Pubblicazione: Di Magazine "European Regions of the Future", 2007.
- World Digital Library: Prothero GW(1920) Anatolia, London:H.M. Stationery Office.
- Articolo: "Turchia: la lotta della Seka", Fabio Salomoni, Ankara, 2005.
- Pubblicazione: "L'ingegneria sismica in Turchia", Paolo Segala.
- Seminario workshop IDEA(s) tenuto dal Prof. Dr. Gül Köksal.
- Seminario workshop IDEA(s) tenuto dal Prof. Dr. Emre Kishali .

CAPITOLO 2

Libri:

- T. Colletta, "Il valore urbano", 2005.

Altri documenti:

- "Carta del Turismo Culturale" ICOMOS, 1999.
- "Carta di Cracovia", 2000 sui Principi per la conservazione ed il restauro del patrimonio costruito.
- "Carta delle città storiche", ICOMOS, Toledo 1986-Washington 1987.
- "Dichiarazione di Amsterdam", 1975.

CAPITOLO 3

Libri:

- William Curtis, "Contemporary Transformations of Modern Architecture, in "Architectural Record"", N.Y. Giugno 1989
- Seyyed Mossein Nasr, "The contemporary muslims and the architectural transformation of the urban environment of the Islamic world, in Toward an Architecture in the Spirit of Islam", The Aga Khan Award, Philadelphia 1978
- Oleg Grabar, "Muqarnas: An Annual on Islamic Art and Architecture. Volume 3", Leiden : E.J. Brill,, 1985
- Dogan Hasol, "Architecture of the '30s in Turkey", in "Arhitext Magazine", Giugno 2007
- Sibel Bozdogan, "Modernism and Nation Building: Turkish Architectural Culture in the Early Republic", Washington 2002
- Renata Holod, "Modern Turkish architecture. Chamber of Architects of Turkey", Ankara 2005

Altri documenti:

- Pubblicazione: "Progettare la casa e lo spazio delle città", Martina Landsberger.

CAPITOLO 4

Altri documenti:

- D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)
- Circolare 617 del 26.02.2009 - Istruzioni per l'applica-

zione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008

CAPITOLO 5

Siti internet:

- www.knauf.it
- www.schueco.com/web/it
- www.rockwool.it/
- www.edilio.it/grc-by-eurose
- professional.tarkett.it/prodotti/linoleum

Altri documenti:

- Scheda tecnica: "Argilla espansa per sottofondi, coperture, riempimenti, alleggerimenti, isolamenti e calcestruzzi leggeri strutturali", LECA.

CAPITOLO 6

Siti internet:

- www.sultansceramic.com/it/prodotti/piastrelle
- www.enerpoint.it/solare/fotovoltaico/tecnologia/radiazione-solare.php

Altri documenti:

- Scheda tecnica: Il vetro e il serramento, Finstral

CAPITOLO 7

Libri:

- Paolo De Silvestri, "La vita e le opere di Mimar Sinan"

- Seminario workshop IDEA(s) tenuto dal Prof. Dr. Gül Köksal
- Seminario workshop IDEA(s) tenuto dal Prof. Dr. Emre Kishali
- Seminario workshop IDEA(s) tenuto dall' Arch Bahadır Bodza

Siti internet:

- www.allaboutturkey
- www.centroislamico.it
- www.turkishculture.org/architecture-403.htm
- www.artnicomedia.org.tr/index.php/74-tanitim-kategorisi/izmit-tarihi-tarihi-ve-turistik-yerleri/26-yeni-cuma-per-tev-pasa-camii.html

CAPITOLO 8

Libri:

- G. Perbellini, "The relationship between conservation and creativity, in: The power of example"; (a cura di M. de Jong e M. Van Jole). Europa Nostra, Den Haag 1999
- Piero Primavori, "I materiali lapidei ornamentali. Marmi, graniti e pietre", 1997.
- Edmondo Marrone, "Degradazione dei materiali", 1974.
- Vito Cardone, "Il tufo nudo nell'architettura Napoletana", 1990.
- Laurenzi Tabasso, Agostino Bureca, Giorgio Palandri, "Materiali Lapedei: problemi relativi allo studio del degrado e della conservazione", 1987.

- De' Gennaro e Fuscaldo, "Il degrado del tufo giallo napoletano: prime osservazioni sui fenomeni di degrado dei materiali tufacei usati come pietra da costruzione", 1991.
- Rossi Manaresi, "Materiali lapidei. Problemi relativi allo studio del degrado e della conservazione I-II", 1987.
- Giuseppe Rocchi, "Istituzioni di restauro dei beni architettonici e ambientali", 1990

. Altri documenti:

- Pubblicazione: "Restauro dei monumenti architettonici: cenni sul significato dei termini"; prof.sa arch. Ilaria Pecoraro
- Intervento di recupero e di risanamento delle murature, MAPEI

TESI DI LAUREA

- Martino Dalsoglio "La lezione dell'architettura Islamica: regioni, forme e protagonisti, Politecnico di Milano, corso di laurea magistrale in progettazione dell'architettura Sostenibile, 2011/2012.
- Enrica Brusa e Yanjun Liu, "La valorizzazione del castello du Écaussiennes-Lalaing", Politecnico di Milano - corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile-Architettura, 2014/2015.

Riferimenti Normativi

- D.Lgs. 152/1999 e Decreto Ministeriale 12 Giugno 2003 n. 185 riguardanti Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue
- D.M. 236/89 della Legge 13/89 sull'abbattimento delle barriere architettoniche
- D.P.R. 28/06/1977 per per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici
- D.M. 10/03/1977 per la gestione della sicurezza sul lavoro
- DPR 151/2011 del corpo nazionale dei vigili del fuoco
- D.M. 26 agosto 1992 "Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica".
- D.M. 12 maggio 2016 "Prescrizioni per l'attuazione, con scadenze differenziate, delle vigenti normative in materia di prevenzione degli incendi per l'edilizia scolastica".
- EN 13381-4 "Metodi di prova per la determinazione del contributo alla resistenza al fuoco di elementi strutturali - Protettivi passivi applicati ad elementi di acciaio"
- EN 13501-2 "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione"
- DM 9/03/07 - Vigili del Fuoco
- EN 1991-1-2 per le azioni sulle strutture esposte al fuoco
- UNI EN 12845 / NFPA 13 per la normativa europea antincendio

- UNI EN 671-2. "Sistemi fissi di estinzione incendi, Sistemi equipaggiati con tubazioni, Idranti a muro con tubazioni flessibili"
- D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)
- Circolare 617 del 26.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.M. 09-01-96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
- UNI EN ISO 13788 per l'isolamento termico e acustico
- DPCM 05/12/1997 per i requisiti acustici passivi degli edifici
- D.Lgs. 29 dicembre 2006 per il rendimento energetico dell'edilizia
- UNI EN ISO 13786 per la prestazione termica dei componenti in edilizia
- UNI EN ISO 13788 per i requisiti minimi per l'efficienza energetica degli edifici
- UNI EN 12464 per l'illuminazione dei luoghi di lavoro interni

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1.01 Locandina del workshop	23
Fig. 1.02 Durante il workshop	23
Fig. 1.03 Presentazioni finali quotidiane durante il workshop	23
Fig. 1.04 Modello 3d realizzato con fotogrammetria	24
Fig. 1.05 Analisi Urbana - schizzi	25
Fig. 1.06 Conceptlan finale	25
Fig. 1.08 Individuazione dell'area geografica	29
Fig. 1.09 Individuazione di Izmit, come punto di passaggio tra Istanbul e Ankara	29
Fig. 1.10 I dati climatici sono stati presi da «Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü»	30
Fig. 1.11 A lato: Nicomedia	33
Fig. 1.12 Carta storica del 16-19 secolo	37
Fig. 1.13 Resti archeologici	37
Fig. 1.14 Conseguenze del terremoto del 1999	39
Fig. 1.15 Conseguenze del terremoto del 1999	39
Fig. 1.16 Analisi dei pieni e dei vuoti	40
Fig. 1.17 Il ponte pedonale e la costa	42
Fig. 1.18 La strada commerciale principale - Kocaeli Büyükşehir Belediyesi	42
Fig. 1.19 Analisi urbana	43
Fig. 1.20 Anali delle altezze degli edifici	44
Fig. 1.21 Analisi destinazione d'uso	45
Fig. 1.22 SEKA park	47
Fig. 1.23 Progetto Feziye Park	47
Fig. 1.24 Illuminazione Yeni Cuma Park	47
Fig. 1.25 Progetto dei bagni	47
Fig. 1.27 Moschea Pertev Pasha	52
Fig. 1.28 Moschea Fevziye	52
Fig. 1.29 La torre dell'orologio	52
Fig. 1.30 Gli edifici Ottomani	53
Fig. 1.32 Public House	53
Fig. 1.31 Resti della fabbrica del tabacco	53
Fig. 1.33 Fabbrica della carta	53
Fig. 2.01 Parcheggio sul lungomare	74
Fig. 2.02 Un edificio ottomano "schiacciato" da due edifici moderni.	74
Fig. 2.03 L'autostrada Isnatbul - Ankara	75
Fig. 2.04 Il mercato del pesce	75
Fig. 2.05 Rovine del Bagno turco	75
Fig. 2.06 Il tea garden	75
Fig. 2.08 Il ponte e la Moschea	79
Fig. 2.09 Demolizione del ponte	79
Fig. 2.10 La linea del Tram	79
Fig. 2.11 Vuoto urbano	79
Fig. 2.16 A lato: rigenerazione Urbana	83
Fig. 2.17 Pavimentazione utilizzata per le vie pedonali	85

Fig. 2.18 Pavimentazione utilizzata per le vie pedonali	85
Fig. 2.19 Schizzi di progetto	85
Fig. 2.20 Schizzi di progetto	85
Fig. 2.24 Schizzi di progetto	87
Fig. 2.23 Interland promenade	87
Fig. 2.22 Manhattan Beach	87
Fig. 2.21 Princess of Wales Memorial Fountain	87
Fig. 3.02 La Mecca, il centro religioso e culturale della fede islamica (Arabia Saudita)	106
Fig. 3.03 Grande moschea di Kufa (637 ricostruita nel 670). Pianta e alzato	107
Fig. 3.04 Moschea di Solimano, Istanbul, Turchia	107
Fig. 3.05 In alto: Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, mura esterne;	109
Fig. 3.07 Sotto: Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, corte interna.	109
Fig. 3.06 Caravanserraglio di Sulttanhani, Cappadocia Turchia, porticato interno;	109
Fig. 3.08 Caravanserraglio Giallo, Cappadocia, Turchia	110
Fig. 3.10 Schema funzionale di una tipica casa islamica a corte in pianta e in sezione	111
Fig. 3.09 Rappresentazione tridimensionale dello schema funzionale di un'abitazione islamica	111
Fig. 3.11 Interno della Moschea Blu, Istanbul, Turchia	112
Fig. 3.12 Interno Moschea di Solimano, Istanbul, Turchia	112
Fig. 3.13 l'Atatürk's Palace 1931-32, Istanbul, Turchia	115
Fig. 3.14 Etnography Museum, Ankara (Arif Hikmet Koyunoglu - 1925/28)	115
Fig. 3.15 Ataturk Library, 1973	115
Fig. 3.16 Cono ottico 1, vista dal ponte	118
Fig. 3.17 Cono ottico 2, vista dal ponte	118
Fig. 3.18 Cono ottico 3, Accesso EST, via Belde SK.	118
Fig. 3.19 Cono ottico 4, Accesso Nord, Via Cebesoi SK.	118
Fig. 3.20 Cono ottico 5, accesso Nord, da Mimar Sinan ST.	119
Fig. 3.21 Cono ottico 6, Accesso Nord-Est, via Kosegluo SK.	119
Fig. 3.22 Schemi dei flussi pedonali, tram, accessi all'area.	119
Fig. 3.24 Orientamento della città islamica di Izmit	124
Fig. 3.25 Creazione dei volumi e della corte, contrasto pieni e vuoti	124
Fig. 3.26 Il recinto della Moschea	124
Fig. 3.27 Il recinto della Fabbrica della Moschea	124
Fig. 3.28 Schermature solari Moschea	125
Fig. 3.29 Schermature solare Fabbrica della Moschea	125
Fig. 3.30 Layout funzionale Moschea	125
Fig. 3.31 Layout funzionale La fabbrica della Moschea.	125
Fig. 3.33 Prospetto Nord interno alla corte - Scala 1:200 -	131
Fig. 3.34 Pianta piano semi interrato del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione	132
Fig. 3.35 Pianta piano terra del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione	132
Fig. 3.37 Pianta piano primo del Centro di Ricerca per il Restauro e la Conservazione	133
Fig. 3.36 Pianta piano terra Auditorium	133
Fig. 3.38 Sezione verticale C-C - Scala: 1:200	135
Fig. 3.39 Pianta piano terra centro d restauro	136
Fig. 3.40 Pianta piano terra centro d restauro	136

Fig. 3.41 Pianta piano terra centro d restauro	137
Fig. 3.42 Pianta piano terra centro d restauro	137
Fig. 3.44 Prospetto Est interno alla corte - Scala: 1:200	145
Fig. 3.45 Prospetto Ovest interno alla corte - Scala: 1:200	147
Fig. 3.46 Sezione verticale A-A - Scala: 1:200	149
Fig. 3.47 Sezione verticale B-B - Scala: 1:200	151
Fig. 3.49 Ingressi pianta livello 0	155
Fig. 3.50 Ingressi pianta livello -3.50m	155
Fig. 3.51 Rampe sezionate	156
Fig. 3.52 Zoom bagno disabili	157
Fig. 3.53 Attività soggette DPR 151/2011	159
Fig. 3.54 Rivestimento in gesso del pilastro	162
Fig. 3.55 Piano evacuazione piano terra 0	168
Fig. 3.56 Piano evacuazione piano primo +1	168
Fig. 4.01 Abaco Copertura verde praticabile	178
Fig. 4.02 Abaco partizione orizzontale.	179
Fig. 4.03 Abaco partizione verticale 01	180
Fig. 4.04 Abaco chiusura verticale	181
Fig. 4.05 Schema statico piano tipo	190
Fig. 4.06 Schema statico copertura	190
Fig. 4.07 Schema strutturale trave secondaria solaio interpiano	193
Fig. 4.08 Schema strutturale trave secondaria solaio della copertura	193
Fig. 4.09 Schema statico trave appoggio appoggio	195
Fig. 4.10 Schema strutturale trave principale del solaio	198
Fig. 4.11 Schema statico appoggio-appoggio carichi concentrati	199
Fig. 4.12 Schema statico appoggio-appoggio carico distribuito	199
Fig. 4.13 Schema strutturale pianta della copertura	201
Fig. 4.14 Schema statico trave principale copertura SLE	202
Fig. 4.15 Deformata trave appoggio appoggio copertura SLE	202
Fig. 4.16 Diagramma dei momenti trave principale appoggio-appoggio copertura SLE	202
Fig. 4.17 Schema statico trave principale della copertura appoggio appoggio SLU	202
Fig. 4.18 Deformata trave principale della copertura appoggio appoggio SLU	202
Fig. 4.19 Grafico dei momenti trave princile della copertura appoggi appoggio SLU	202
Fig. 4.20 Schema statico trave appoggio-appoggio-estremo libero SLE	203
Fig. 4.21 Deformata trave appoggio appoggio estremo libero SLE	203
Fig. 4.22 Schema statico trave appoggio appoggio estremo libero SLU	204
Fig. 4.23 Schema strutturale pilastro centrato	205
Fig. 4.24 Tabella 4.2 XXI della NTC 2008 sulle limitazioni per le unioni bullonate.	208
Fig. 4.25 Estratto della normativa NTC 2008 sulle limitazioni delle unioni bullonate.	208
Fig. 4.27 Estratto della V NTC 2008 Sulle probabilità di superamento del P_{VR}	212
Fig. 4.26 Spettro di risposta elastico.	212
Fig. 4.28 Spettro di risposta SLU	213
Fig. 4.29 Spettro di risposta SLD	213
Fig. 4.30 Spettro di risposta SLU	215
Fig. 4.31 Calcolo della massa del solaio della copertura	217
Fig. 4.32 Calcolo della massa dei pilastri	217
Fig. 4.33 Elementi di controvento	218

Fig. 4.34 Baricentro geometrico.	220
Fig. 4.35 Baricentro di inerzia.	221
Fig. 4.36 Forza orizzontale e momento torcente applicati	222
Fig. 4.37 Schema del momento torcente applicato	223
Fig. 4.38 Calcolo dello spostamento dovuto all'effetto del momento torcente applicato	223
Fig. 4.40 Valore del taglio incrementato del 50%	231
Fig. 4.39 Inviulppo forze di taglio agenti	231
Fig. 4.41 Dati di input per la verifica della sezione	232
Fig. 4.42 Schermata dei risultati	232
Fig. 4.43 Diagrammi taglio, momento, e forza assiale della parete.	233
Fig. 4.44 Sezione orizzontale della parete a sinistra; dominio M-N a destra	233
Fig. 4.46 Calcolo rigidità torsionale	248
Fig. 4.47 Combinazione di carico SLV FONDAZIONI	251
Fig. 4.48 Fili fissi degli impalcati	253
Fig. 4.50 Rappresentazione generale della struttura - vista 1.png	254
Fig. 4.49 Rappresentazione generale della struttura - vista 2.png	254
Fig. 4.51 Rappresentazione generale della struttura - vista 3.png	254
Fig. 4.52 Rappresentazione generale della struttura - vista 4.png	254
Fig. 4.53 Sollecitazione aste in acciaio - Sforzo normale F1 (KN).png	255
Fig. 4.55 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F2 massimo (KN).png	255
Fig. 4.54 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F2 minimo (KN).png	255
Fig. 4.57 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F3 minimo (KN).png	256
Fig. 4.56 Sollecitazione aste in acciaio - Taglio F3 massimo (KN).png	256
Fig. 4.58 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M2 minimo (KN).png	256
Fig. 4.59 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M2 massimo (KN).png	256
Fig. 4.60 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M3 minimo (KN).png	257
Fig. 4.63 Sollecitazione aste in acciaio - Momento M3 massimo (KN).png	257
Fig. 4.62 Sollecitazione gusci (setti in ca) - M00 massimo (KNmm).png	257
Fig. 4.61 Sollecitazione gusci (setti in ca) - M00 minimo (KNmm).png	257
Fig. 4.65 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Mzz minimo (KNmm).png	258
Fig. 4.64 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Mzz massimo (KNmm).png	258
Fig. 4.66 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Moz minimo (KNmm).png	258
Fig. 4.67 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Moz massimo (KNmm).png	258
Fig. 4.68 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Vo minimo (KNmm).png	259
Fig. 4.70 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Vo massimo (KNmm).png	259
Fig. 4.71 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Foo massimo (KNmm).png	259
Fig. 4.69 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Foo minimo (KNmm).png	259
Fig. 4.73 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Foz minimo (KNmm).png	260
Fig. 4.72 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Foz massimo (KNmm).png	260
Fig. 4.74 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Fzz minimo (KNmm).png	260
Fig. 4.75 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Fzz massimo (KNmm).png	260
Fig. 4.77 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Vz massimo (KNmm).png	261
Fig. 4.76 Sollecitazione gusci (setti in ca) - Vz minimo (KNmm).png	261
Fig. 4.78 Inviluppi di sollecitazione - sforzo normle F1 (KN).png	261
Fig. 4.80 Inviluppi di sollecitazione - sforzo normle F1 (KN) - diagrammi.png	262
Fig. 4.79 Inviluppi di sollecitazione - sforzo taglio F2 (KN) - diagrammi.png	262
Fig. 4.81 Inviluppi di sollecitazione - momento flettente F3 (KN) - diagrammi.png	262

Fig. 4.82PRESSIONI SUL TERRENO F3.png	262
Fig. 4.85identificativo del modo di vibrare.PNG	263
Fig. 4.83deformate 4°modo di visbrare.png	263
Fig. 4.84deformate 5° modo di visbrare.png	263
Fig. 4.86Spostamenti in SLD 1- (3° impalcato) nodo di copertura (cm).png	264
Fig. 4.87Spostamenti in SLD 1- 2° impalcato (cm).png	264
Fig. 4.88note di calcolclo del modello FEM.png	265
Fig. 5.01 Pannello in lana di roccia	274
Fig. 5.03 Lastra di vetro cellulare	274
Fig. 5.02 Pannello in lana di vetro	274
Fig. 5.04 Argilla espansa	274
Fig. 5.05 Montaggio contropareti	275
Fig. 5.06 Montaggio controsoffitto	275
Fig. 5.07 Pavimentazione galleggiante	276
Fig. 5.08 Linoleum	276
Fig. 5.09 Lastra di GRC	277
Fig. 5.10 Fissaggio invisibile	277
Fig. 5.11 Trama della lamiera	278
Fig. 5.12 Effetto gioco di luci e ombre	278
Fig. 5.14 Utilizzo piastrella in architettura turca	279
Fig. 5.13 Piastrella di Iznik	279
Fig. 5.15 Cava di Limara	279
Fig. 5.16 pietra di Limara	279
Fig. 5.22 Abaco - C.V. 01 - Stratigrafia a secco	286
Fig. 5.23 Mese di Febbraio	287
Fig. 5.24 Mese di Novembre	287
Fig. 5.25 Abaco - C.V. 02 - Muratura in cemento armato	288
Fig. 5.28 Fattore di temperatura	289
Fig. 5.26 Mese di Novembre	289
Fig. 5.27 Mese di Febbraio	289
Fig. 5.29 Abaco - C.V. 03 - Muro controterra in cemento armato	290
Fig. 5.30 Mese di Febbraio	291
Fig. 5.31 Mese di Novembre	291
Fig. 5.32 Abaco C.O. - Chiostro interno	293
Fig. 5.33 Abaco - C.O. 02 - Copertura Praticabile verde	294
Fig. 5.34 Mese di febbraio	295
Fig. 5.35 Mese di Gennaio	295
Fig. 5.36 Abaco - C.O. 03 - Copertura praticabile	296
Fig. 5.39 Fattore di temperatura	297
Fig. 5.37 Mese di Febbraio	297
Fig. 5.38 Mese di Gennaio	297
Fig. 5.40 Abaco - C.O. 04 - Solaio controterra	298
Fig. 5.41 Mese di Febbraio	299
Fig. 5.42 Mese di Novembre	299
Fig. 5.43 Abaco - P.V. 01 - stratigrafia a secco	302
Fig. 5.44Abaco P.V. 03 - Muratura in c.a.	304
Fig. 5.45Abaco - P.O. 01 - Stratigrafia a secco	306

Fig. 5.46 Abaco - P.O. 02 - Soletta in c.a.	307
Fig. 5.48 A Lato: Dettagli tecnologici - nodi - Scala: adattata	311
Fig. 5.50 A Lato: Dettagli tecnologici - nodi - Scala: adattata	315
Fig. 6.01 Estratto pianta: aula teorica	324
Fig. 6.02 Carichi termi ci dovuti alle persone	328
Fig. 6.03 Pannello radiante	329
Fig. 6.04Esempio distribuzione pannelli radianti secondo piano	331
Fig. 6.05 Dimensionamento componenti UTA	334
Fig. 6.08 Scomposizione della radiazione solare	342
Fig. 6.07 Interazione tra radiazione e vetro	342
Fig. 6.09 Processo di produzione del vetro flottante	345
Fig. 6.10 Composizione del vetro	347
Fig. 6.11 Vetro Finstral Super-Valor	347
Fig. 7.01 Moschea Pertev Pasha, vista dalla passerella del ponte	367
Fig. 7.02 Moschea Pertev Pasha - vista della dal Tea Garden	367
Fig. 7.03 Parco Yeni Cuma	368
Fig. 7.04 Fontana principale della moschea	369
Fig. 7.05 Vista del ponte dall'interno del cortile della moschea	369
Fig. 7.06 Cimitero della Moschea	369
Fig. 7.07 Facciata Nord-Ovest	370
Fig. 7.08 Facciata Nord-Est, ingresso femminile	371
Fig. 7.09 Prospetto Nord Est	371
Fig. 7.10 Vista del minareto	371
Fig. 7.11 Facciata Sud-Est	372
Fig. 7.12 Interno della Moschea, mirhab e minbar	373
Fig. 7.13 Dettaglio affreschi della Moschea	373
Fig. 7.14 Minbar in marmo	373
Fig. 7.15 Dettaglio cupola	373
Fig. 7.16 Progetto di Sinan di una moschea	374
Fig. 7.17 Moscea di Solimano, Istanbul	376
Fig. 7.18 Selim Camii, Edirne	377
Fig. 7.20 Moschea Selimiye a Edirne.	377
Fig. 7.21 Ponte Buyukcekmece	377
Fig. 7.19 Moschea di Selimiye a Edirne, interno	377
Fig. 7.22 Golfo di Izmit prima dell'indietreggiamento del mare	378
Fig. 7.23 Foto storica dell'antico porto di Izmit	379
Fig. 7.24 Foto storica della Moschea Pertev Pasha	379
Fig. 7.25 Complesso monumentale Pertev Mehmet Pasha	379
Fig. 7.28quadro fessurativo prospetto Nord-Est.pdf	393
Fig. 7.30quadro fessurativo prospetto Sud Ovest.pdf	393
Fig. 7.29quadro fessurativo prospetto Nord-Ovest.pdf	393
Fig. 7.31quadro fessurativo prospetto Sud est.pdf	393
Fig. 7.32Prosp. Nord-Est; patologie in atto: alveolizzazione; dilavamento; alterazione cromatica.	395
Fig. 7.33 Prosp. Nord Ovest; patologie in atto: efflorescenza salina e alterazione cromatica	395

Fig. 7.34 Prospetto Sud-Est	395
Fig. 7.35 Prospetto Sud-Est; fessura strutturale	397
Fig. 7.37 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: presenza di muschi e licheni	397
Fig. 7.36 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: Erosione	397
Fig. 7.38 Prospetto Nord-Ovest; patologia in atto: deposito superficiale; alterazione cromatica.	397
Fig. 7.55 Rilievo geometrico indagine fondazione lato sud	410
Fig. 7.56Rilievo fotografico Indagine fondazione lato Sud	410
Fig. 7.57 Rilievo geometrico indagine fondazione lato Nord-Est	411
Fig. 7.58 Rilievo fotografico indagini fondazioni lato Nord-Ovest	411
Fig. 7.59 Raschiamento di intonaco a base di malta cementizia nella parte alta dell'Harim	412
Fig. 7.60 Rilievo fotografico delle indagini per la ricerca del pavimento originale.	412
Fig. 7.61 Rimozione degli intonaci vicino la cupola	412
Fig. 7.62 Strumentazione utilizzata nella campagna diagnostica.	414
Fig. 7.63 Prove ultrasoniche.	414
Fig. 7.64 Funzionamento del GRD.	416
Fig. 7.65 Rilievo fotografico campagna diagnostica GRD	417
Fig. 7.66 Rilievo fotografico campagna diagnostica GRD	417
Fig. 7.67 Campione di parete ottenuto tramite carotaggio.	419
Fig. 7.68 Rilievo geomerico utilizzato in sap	420
Fig. 7.70 Analisi statica, carichi verticali	422
Fig. 7.71 Sollecitazioni del sisma lungo l'asse x	422
Fig. 7.72 Sollecitazioni del sisma lungo l'asse y	422
Fig. 7.73 Prospetto Sud interno e esterno sollecitato lungo l'asse X	423
Fig. 7.74 Prospetto Nord interno e esterno sollecitato lungo l'asse X	423
Fig. 7.75 Prospetto Ovest interno e esterno sollecitato lungo l'asse Y	423
Fig. 7.76 Simulazione Cupola azione sismica in direzione X	424
Fig. 7.77 Simulazione Cupola azione sismica in direzione Y	424
Fig. 7.78 Simulazione tamburo azione sismica in direzione X	425
Fig. 7.79 Simulazione tamburo azione sismica in direzione Y	425
Fig. 7.80 Simulazione tamburo azione sismica in direzione X	425
Fig. 7.81 Simulazione tamburo azione sismica in direzione y	425
Fig. 7.82 Risposta sismica del minareto lungo X e Y	426
Fig. 8.01 Alveolizzazione	440
Fig. 8.02 Esfoliazione	441
Fig. 8.03 Scagliatura	441
Fig. 8.04 Disaggregazione a sinistra e disgregazione a destra	441
Fig. 8.05 Efflorescenza a destra e sub efflorescenza a sinistra	442

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 3.0111 tab.PNG	160
Tab. 3.0212 tab dn.PNG	160
Tab. 3.0313 livello III.PNG	161
Tab. 4.01 Stratigrafia pacchetto copertura	178
Tab. 4.03 Stratigrafia copertura verde non praticabile	179
Tab. 4.04 Abaco copertura verde non praticabile	179
Tab. 4.02 Abaco partizione orizzontale	179
Tab. 4.05 Stratigrafia partizione verticale 01	180
Tab. 4.06 Stratigrafia partizione interna 02	180
Tab. 4.07 Abaco partizione interna 02	180
Tab. 4.08 Stratigrafia chiusura verticale	181
Tab. 4.09 Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione - NTC2008 §2.5	189
Tab. 4.10 Tabella 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU - NTC2008 §2.6	189
Tab. 4.11 Analisi dei carichi	191
Tab. 4.12 Scheda tecnica lamiera grecata	192
Tab. 4.13 Analisi dei carichi	194
Tab. 4.14 Carichi variabili per il calcolo della SLE rara	196
Tab. 4.15 Carichi variabili per il calcolo della verifica	198
Tab. 4.16 Valori utilizzati per il solaio tipo	200
Tab. 4.17 Valori utilizzati per la verifica del calcolo della freccia massima	200
Tab. 4.18 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo	201
Tab. 4.19 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo	203
Tab. 4.20 Valori utilizzati per la verifica allo stato limite ultimo	205
Tab. 4.21 Predimensionamento del pilastro	206
Tab. 4.22 Estratto dalla tabella numero 4.2.XII della NTC 2008	207
Tab. 4.23 Componenti orizzontali del sisma per impalcato	216
Tab. 4.24 Calcolo del peso del solaio tipo	217
Tab. 4.25 Verifica allo stato limite di esercizio del setto numero 8	230
Tab. 4.26 Rapporto compressione agente e compressione resistente	230
Tab. 4.27 Combinazione di carico SLU	247
Tab. 4.28 Combinazione di carico SLE RARA	248
Tab. 4.29 Combinazione di carico SLE QUASI PERMANENTE	248
Tab. 4.30 Combinazione di carico SLE FREQUENTE	248
Tab. 4.31 Combinazione di carico SLU ECCEZIONALE	249
Tab. 4.32 Combinazione di carico SLV	250
Tab. 4.33 Analisi dei carichi superficiali	252
Tab. 4.34 Livelli degli impalcati	252
Tab. 4.35 Divisione in tronchi dell'edificio	253
Tab. 5.01 Temperature mensili	284
Tab. 5.02 Stratigrafia con valori C.V: 01	286
Tab. 5.03 Fattori di temperatura	287
Tab. 5.04 Valori C.V. 02	288
Tab. 5.05 Valori C.V. controterra	290

Tab. 5.06 Fattori di temperatura	291
Tab. 5.07 Valori C.O. Tetto giardino	294
Tab. 5.08 Fattori temperatura	295
Tab. 5.09 Valori C.O. 02	296
Tab. 5.10 Tabella valori - C.O. 04	298
Tab. 5.11 Fattore di temperatura	299
Tab. 5.12 Tabella valori P.V. 01	302
Tab. 5.13 Abaco - P.V. 02 - stratigrafia a secco	303
Tab. 5.14 Tabella valori P.V. 02	303
Tab. 5.15 Tabella valori P.V. 03	304
Tab. 5.16 Tabella valori P.O. 01	306
Tab. 5.17 Tabella valori P.O. 02	307
Tab. 6.01 Caratteristiche aula teorica	324
Tab. 6.02 Calore sensibile	328
Tab. 6.03 Portata aria per il raffrescamento	332
Tab. 6.04 Temperature limite di progetto	333
Tab. 6.05 Limiti velocità aria (m/s) nelle condotte.	335
Tab. 7.01 Tabella prove soniche	415
Tab. 7.02 Risultati GRD	419

INDICE DEI GRAFICI

Graf. 1.02 Crescita demografica di Izmit - fonte: State Institute of Statistics, Republic of Turkey.	31
Graf. 1.01 Dati demografici - fonte: State Institute of Statistics, Republic of Turkey.	31
Graf. 4.01 Distribuzione forze orizzontali del sisma.	216
Graf. 7.01 Differenza di temperatura delle tre sonde.	409
Graf. 7.02 Differenza umidità delle tre sonde.	409
Graf. 7.03 Radagramma 1	417
Graf. 7.04 Radagramma 2	418
Graf. 7.05 Radagramma 3	418

ALLEGATI A
RILIEVO FOTOGRAFICO

SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
03

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Moschea Fevziye

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
04

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

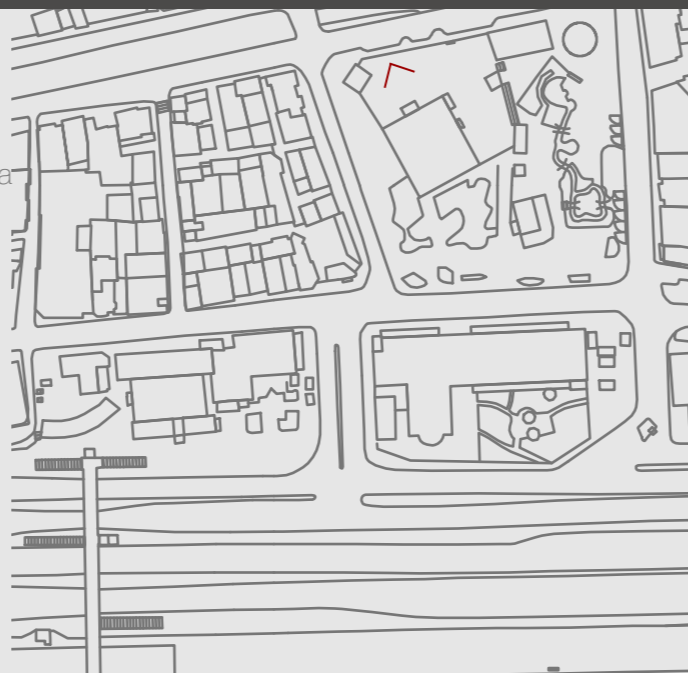
OGGETTO:
Moschea Fevziye

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
01

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Via Sahabettin Bilgisu

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Mercato del pesce



NUMERO SCHEDA:
02

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Via Sahabettin Bilgisu

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Mercato del pesce



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
07

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

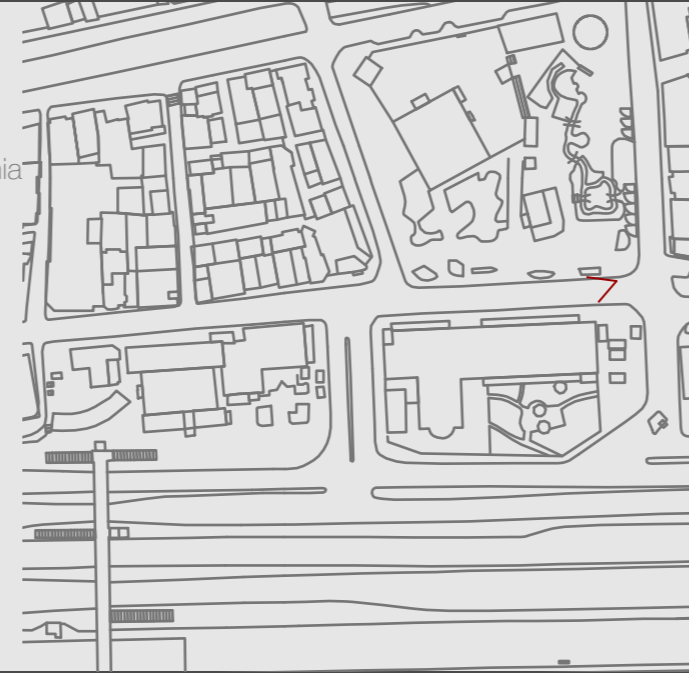
OGGETTO:
Public House

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
08

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Public House

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
05

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Moschea Fevziye

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
06

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco della Moschea Fevziye

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:

xxxxxxxxxxxx



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
11

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Edifici ottomani

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Via Sahabettin Bilgisu



NUMERO SCHEDA:
12

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Edifici ottomani

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Via Sahabettin Bilgisu



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
09

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Edifici ottomani

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Via Sahabettin Bilgisu



NUMERO SCHEDA:
10

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Edifici ottomani

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Via Sahabettin Bilgisu



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
15

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Seymen Mahallesi

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Rovine fabbrica del tabacco



NUMERO SCHEDA:
16

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Seymen Mahallesi

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Rovine fabbrica del tabacco



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
13

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Viale Cumhuriyet

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Viale pedonale



NUMERO SCHEDA:
14

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Viale Cumhuriyet

DATA:
13/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Viale pedonale



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
19

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Rovine

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Nei pressi della moschea



NUMERO SCHEDA:
20

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Rovine

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Nei pressi della moschea



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
17

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

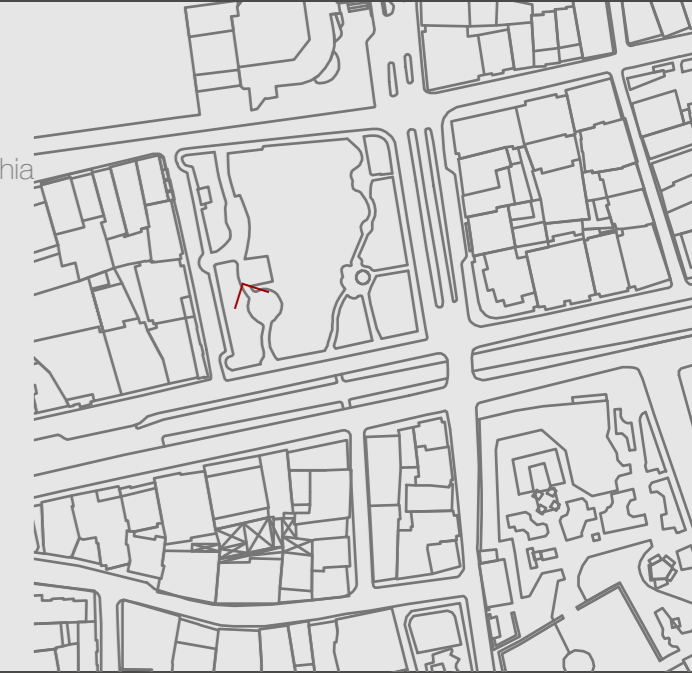
OGGETTO:
Parco Seymen Mahallesi

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
18

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Seymen Mahallesi

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
23

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

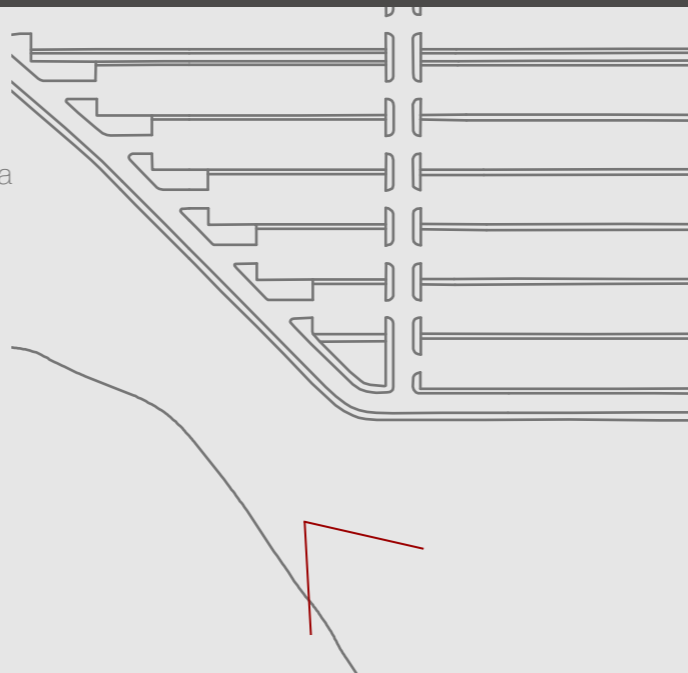
OGGETTO:
Lungo mare, ciclopedonale

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
24

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Lungo mare, vista parcheggi

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
21

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

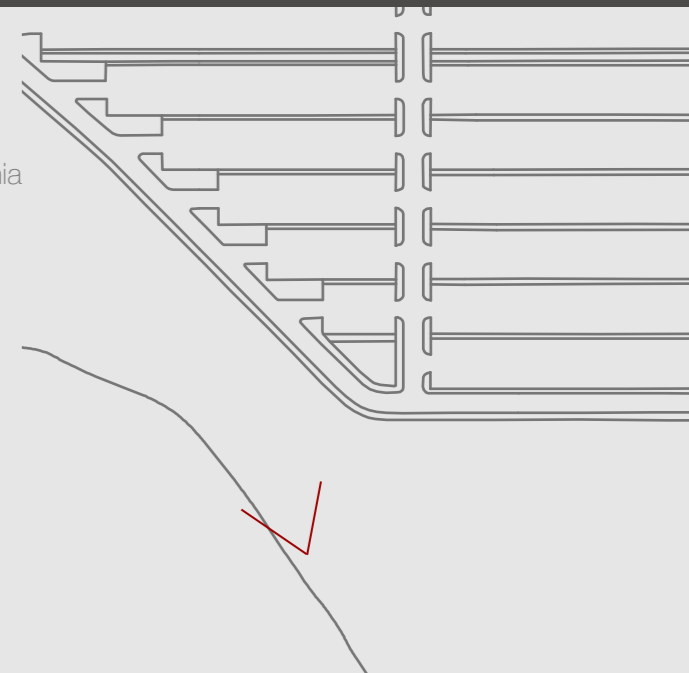
OGGETTO:
Lungo mare

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
xxxxxxxxxxxxxx



NUMERO SCHEDA:
22

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

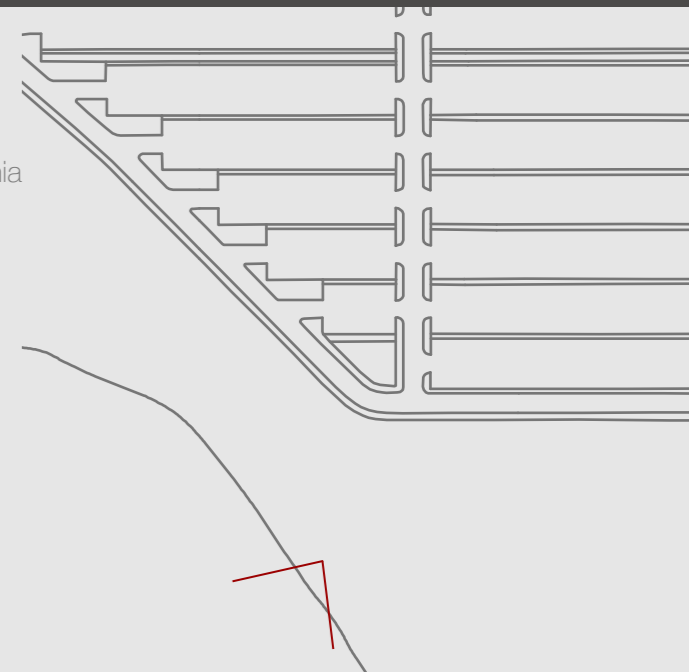
OGGETTO:
Lungo mare

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
xxxxxxxxxxxxxx



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
27

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Linea ferroviaria e autostrada

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Vista dal ponte



NUMERO SCHEDA:
28

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

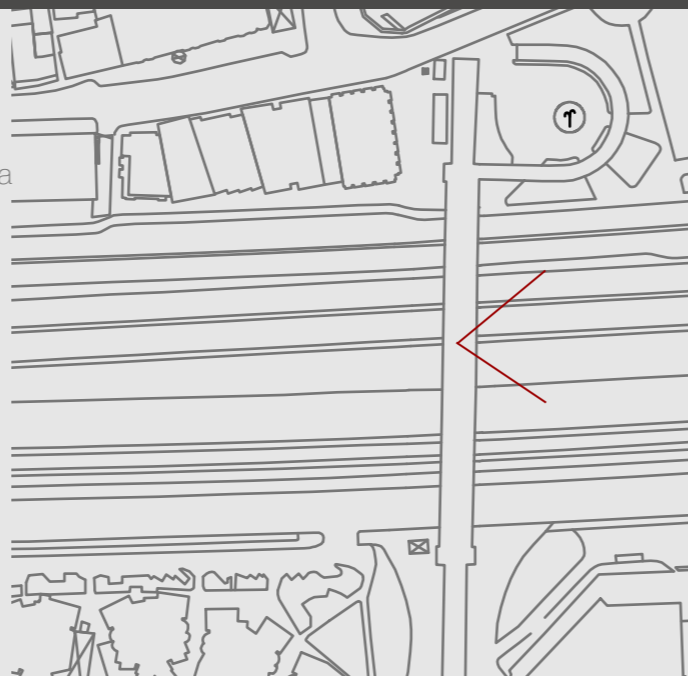
OGGETTO:
Autostrada

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Vista dal ponte



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
25

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

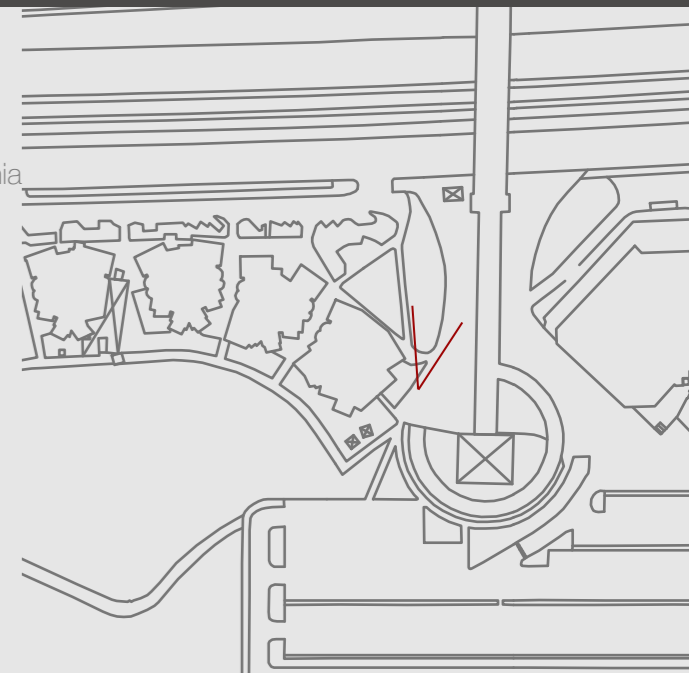
OGGETTO:
Ponte lato lungomare

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
26

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

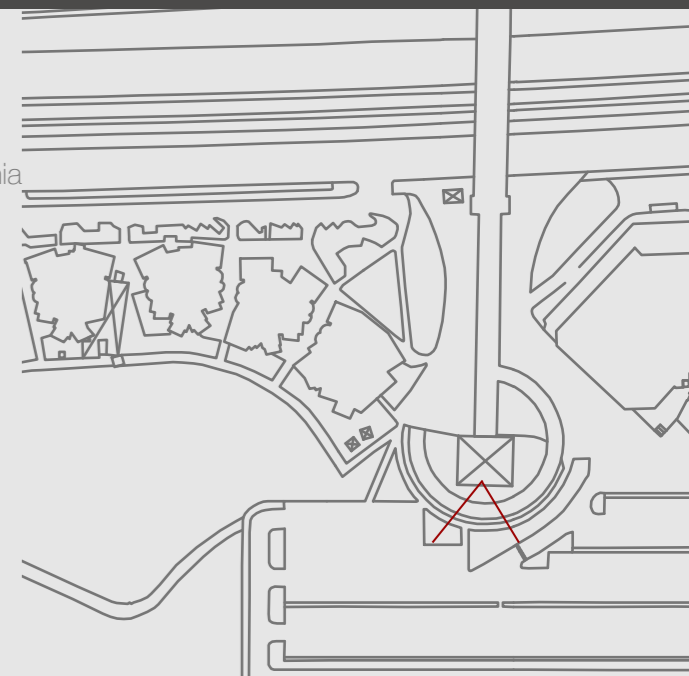
OGGETTO:
Vista parcheggi dal ponte

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
31

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

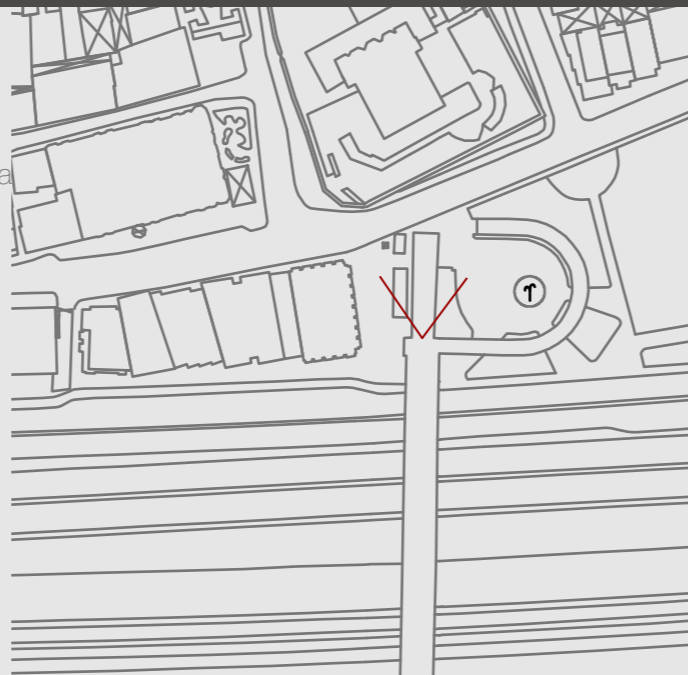
OGGETTO:
Scale mobili del ponte

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
32

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

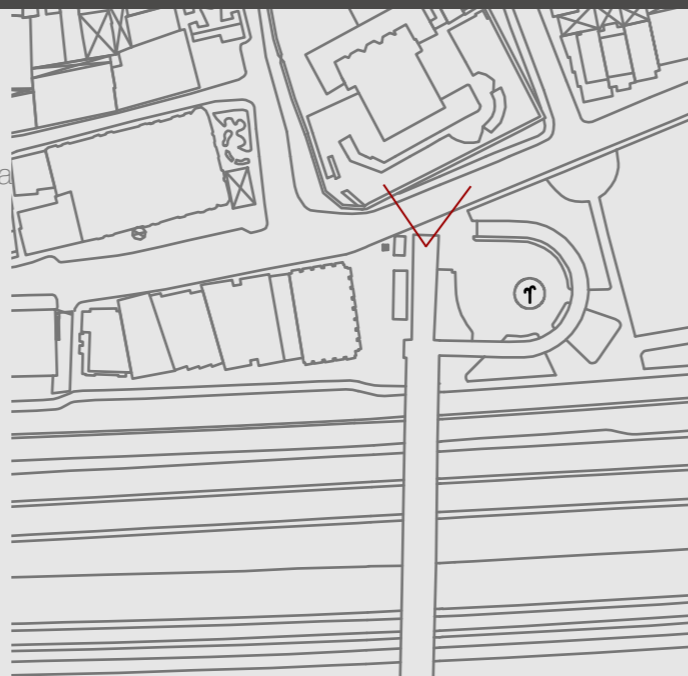
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
19/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Foto dalla fine del ponte



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
29

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

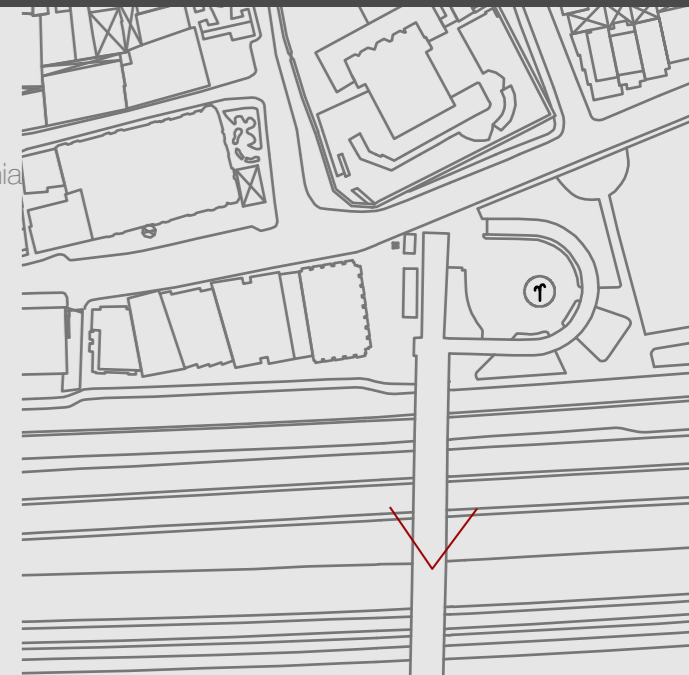
OGGETTO:
Ponte Mimar Sinan

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Collega centro-lungomare



NUMERO SCHEDA:
30

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

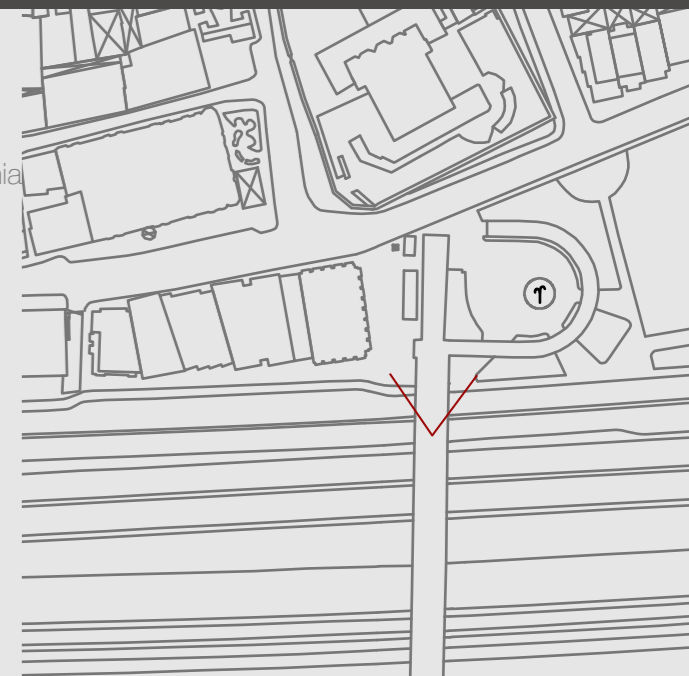
OGGETTO:
Ponte Mimar Sinan

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Collega centro-lungomare



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
35

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

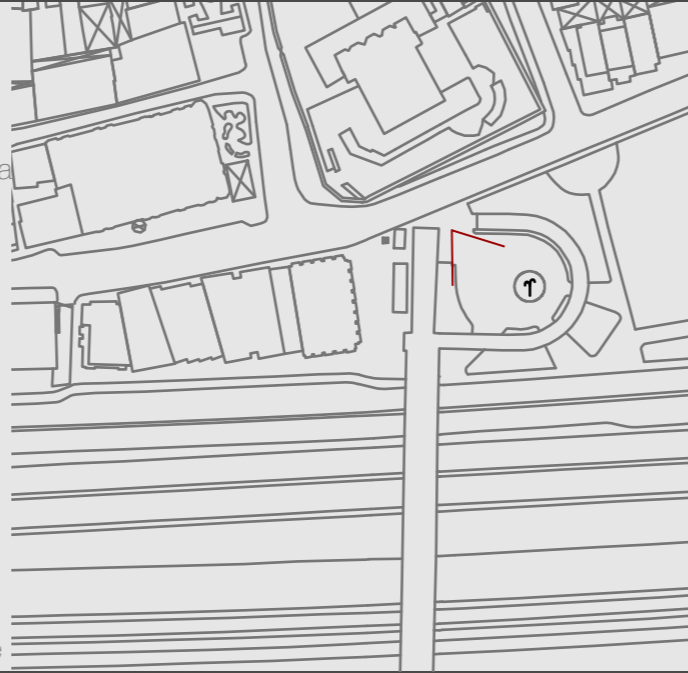
OGGETTO:
Parco Ugur Mumcu

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Passerella accesso al ponte



NUMERO SCHEDA:
36

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

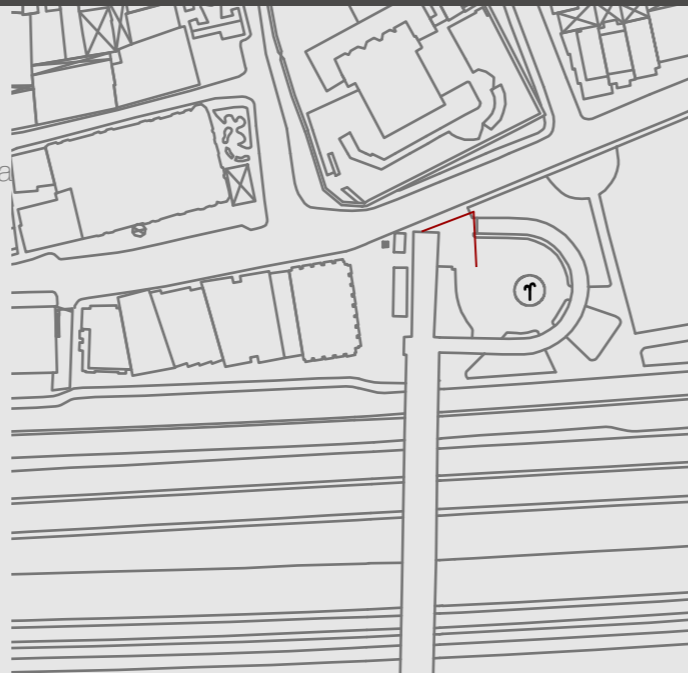
OGGETTO:
Parco Ugur Mumcu

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Scale mobili



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
33

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Foto da passerella



NUMERO SCHEDA:
34

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

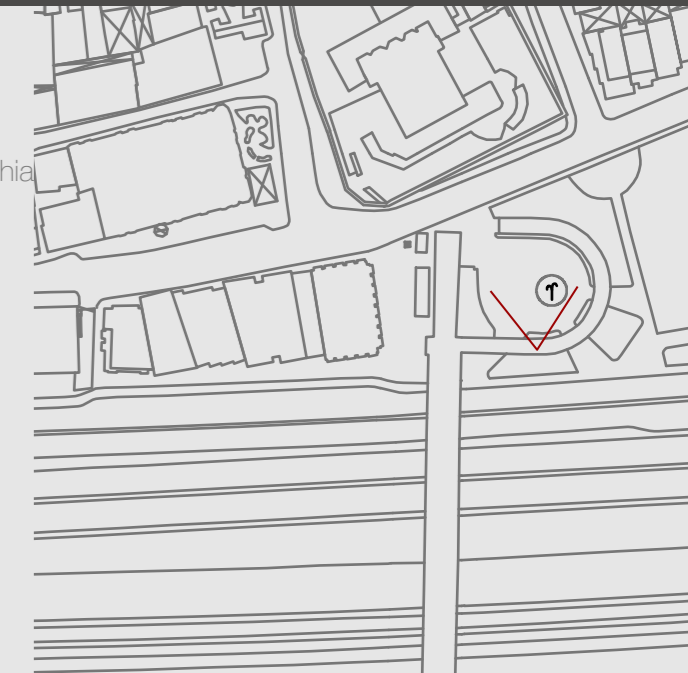
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Foto da passerella



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
39

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Yeni Cuma

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
xxxxxxxxxxxxx



NUMERO SCHEDA:
40

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Yeni Cuma

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
xxxxxxxxxxxxx



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
37

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Yeni Cuma

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
38

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Parco Yeni Cuma

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
43

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

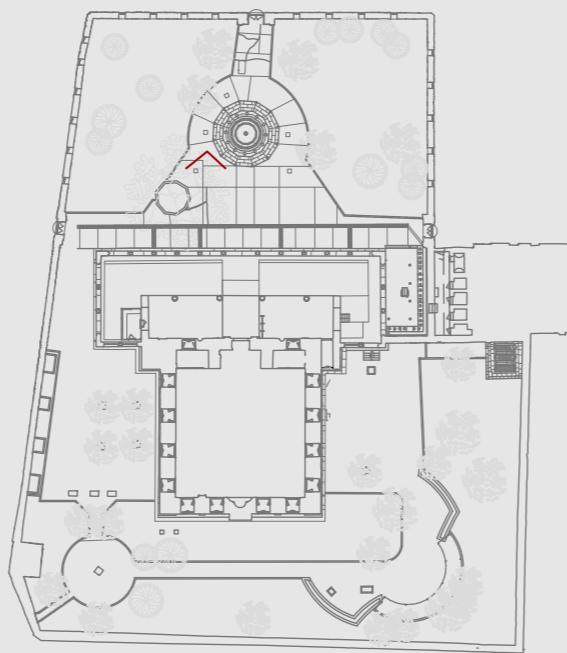
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Nord-Ovest



NUMERO SCHEDA:
44

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

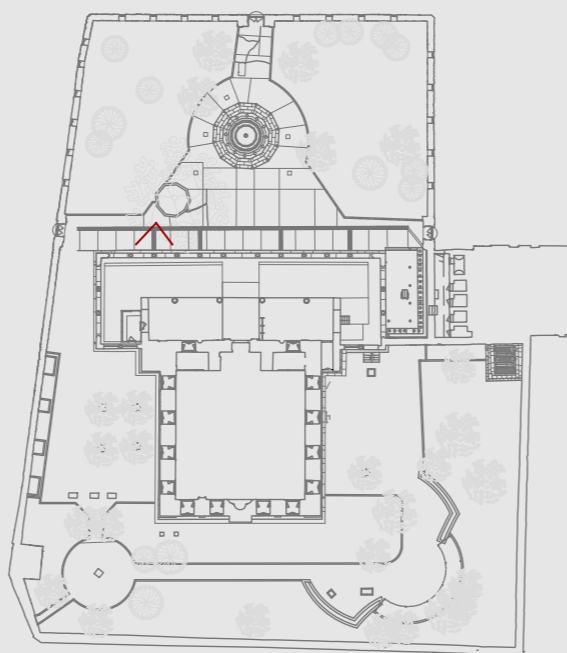
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Nord-Ovest



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
41

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

OGGETTO:
Ingresso Moschea

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
42

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

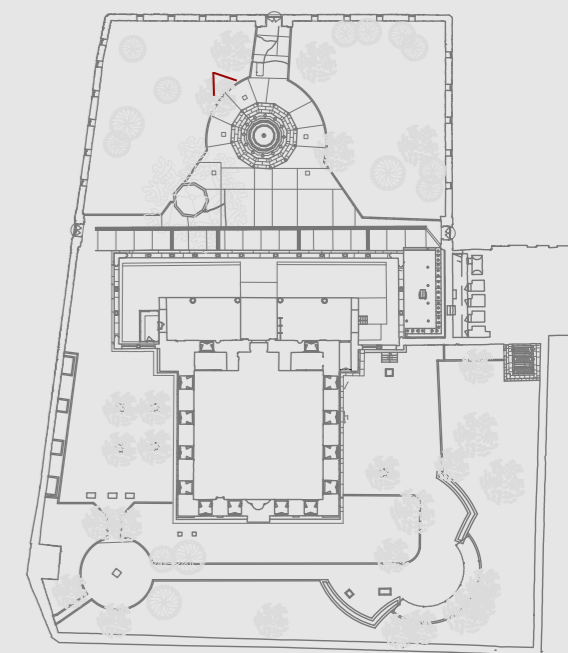
OGGETTO:
Lavatoio Moschea

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
47

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

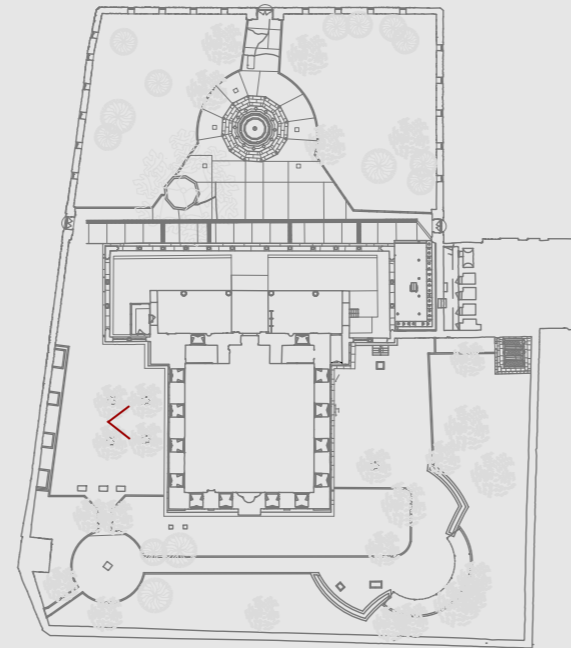
OGGETTO:

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Sus-Ovest



NUMERO SCHEDA:
48

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

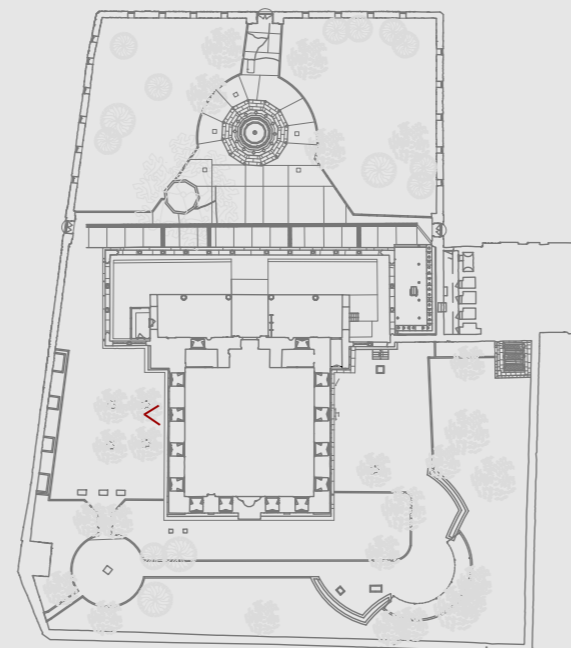
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Dettaglio finestra



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
45

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

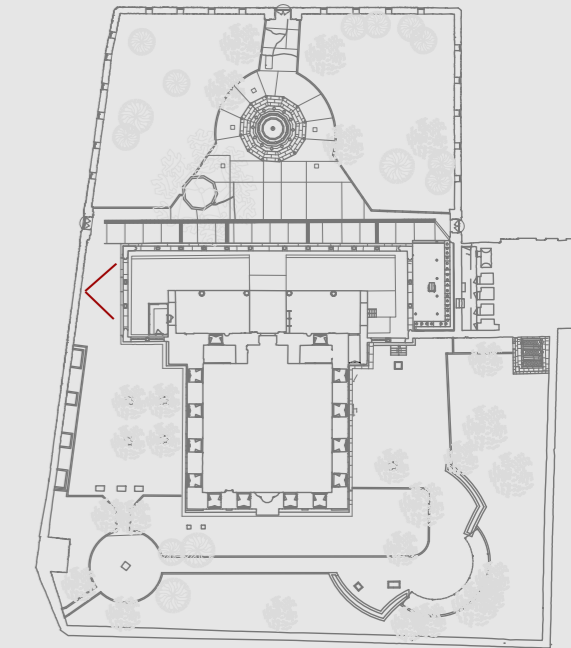
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:
Portico d'ingresso



NUMERO SCHEDA:
46

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

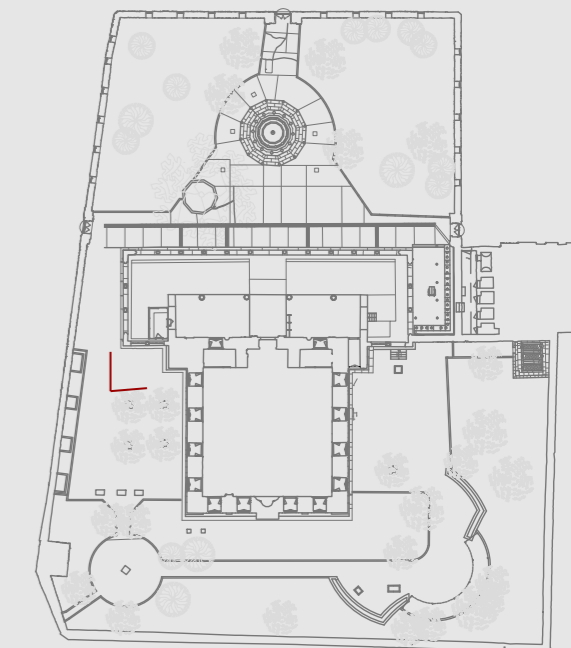
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Sus-Ovest



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
51

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

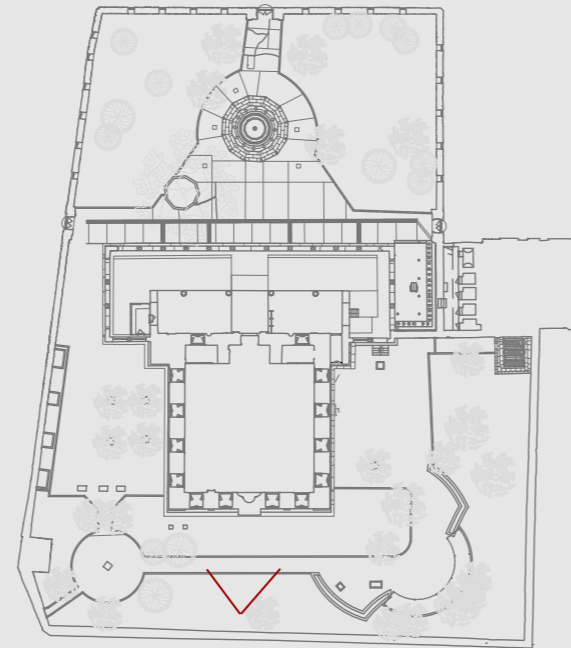
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Sud-Est



NUMERO SCHEDA:
52

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

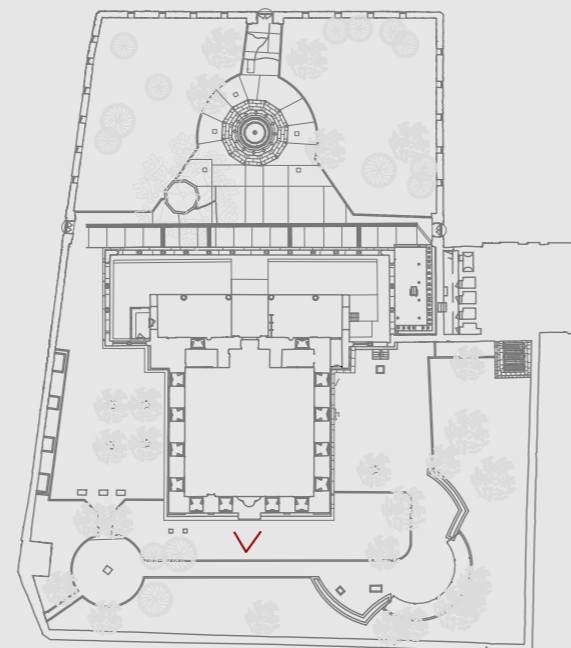
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Frontale

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Dettaglio facciata Sud-Est



NUMERO SCHEDA:
49

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

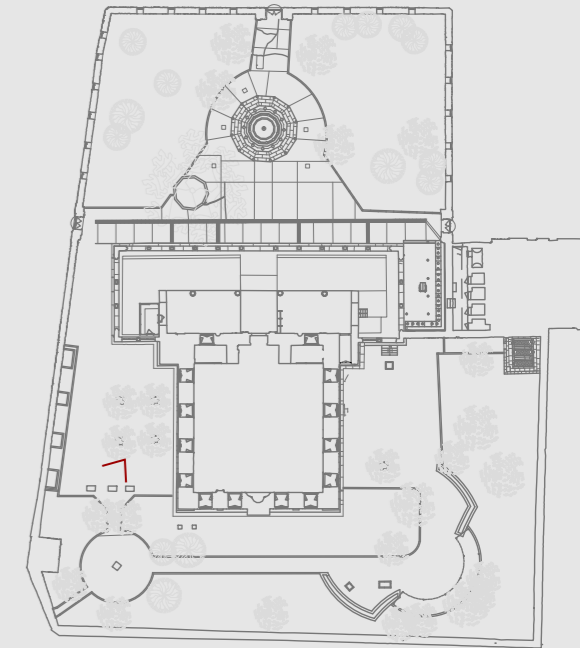
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Cortile interno alle mura



NUMERO SCHEDA:
50

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

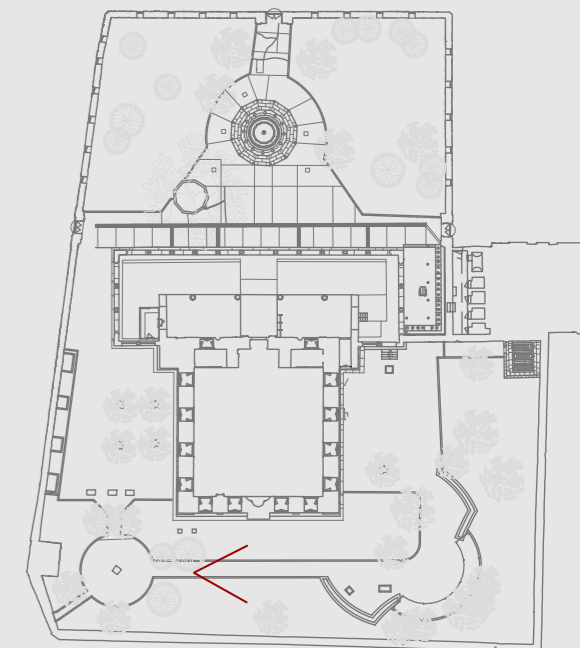
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Cortile interno alle mura



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
55

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

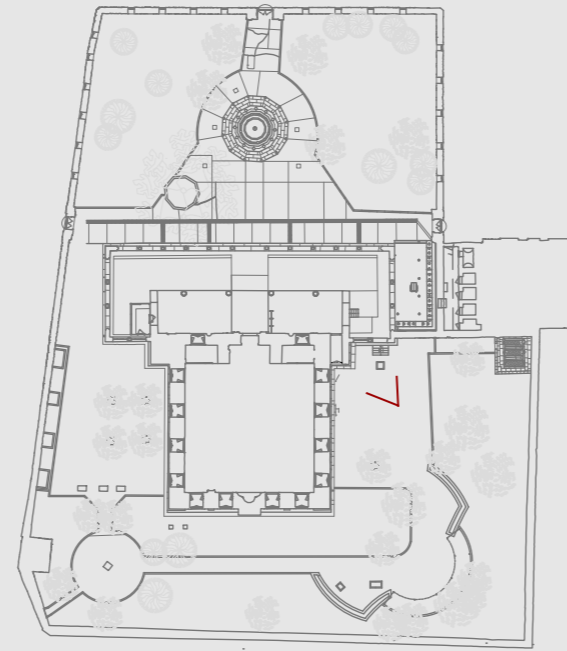
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Nord-Est



NUMERO SCHEDA:
56

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

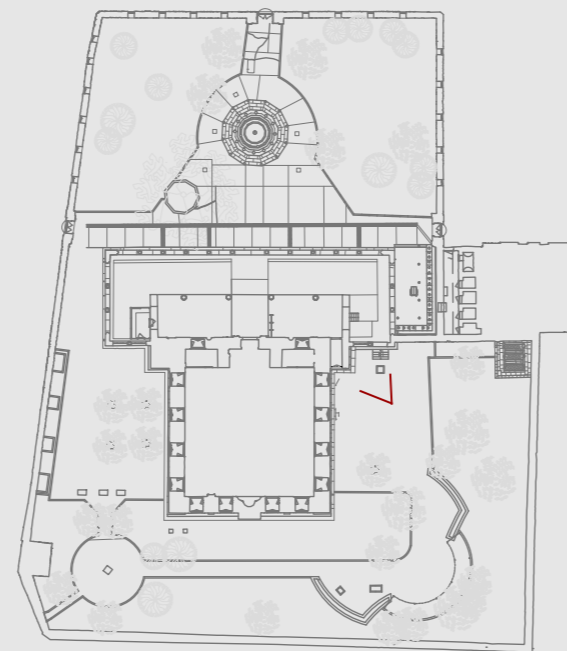
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
LEICA C-LUX 3

NOTE:



NUMERO SCHEDA:
53

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

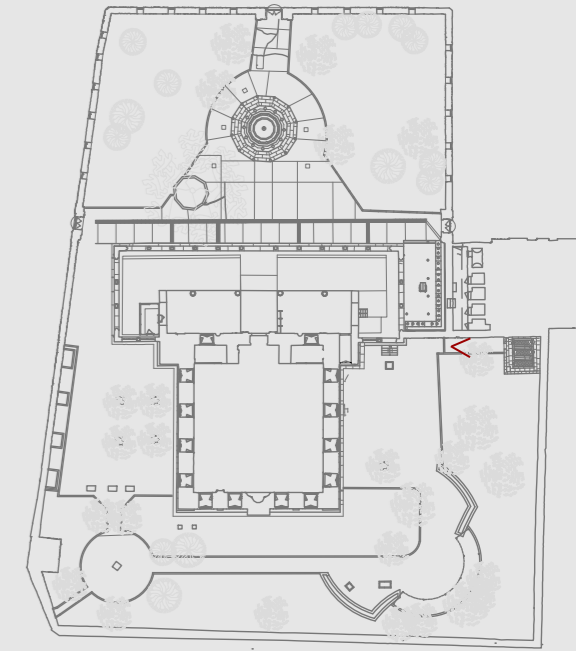
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Cimitero interno alle mura



NUMERO SCHEDA:
54

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

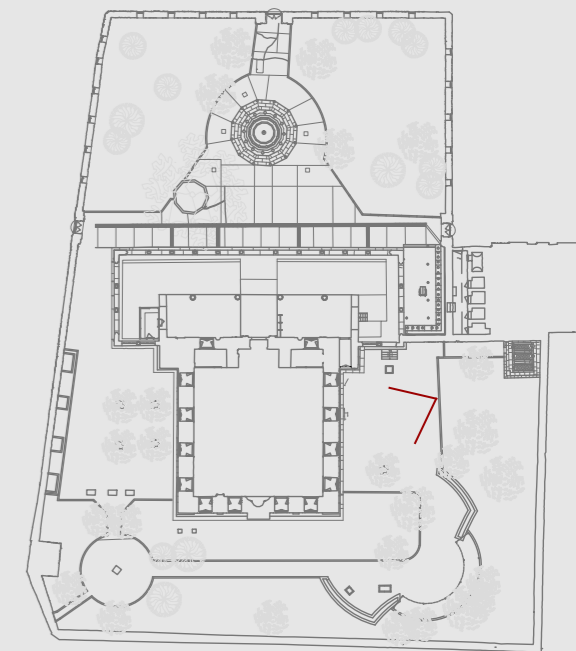
OGGETTO:
Moschea Pertev Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Facciata Nord-Est



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
59

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

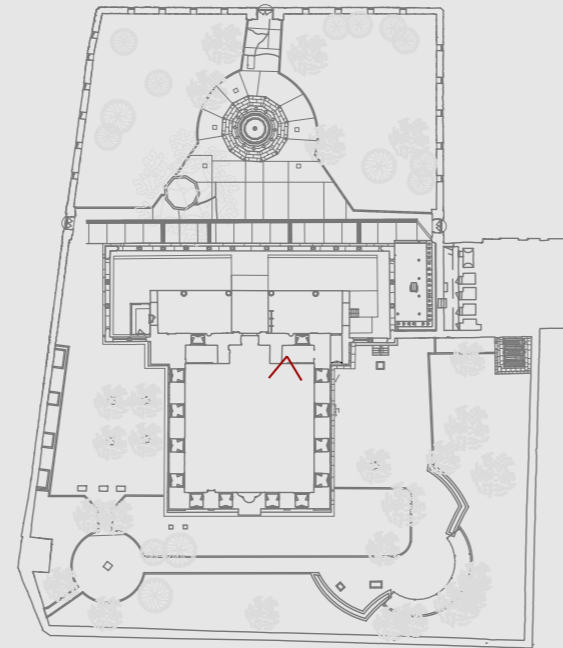
OGGETTO:
Moschea Perteve Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Interni moschea



NUMERO SCHEDA:
60

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

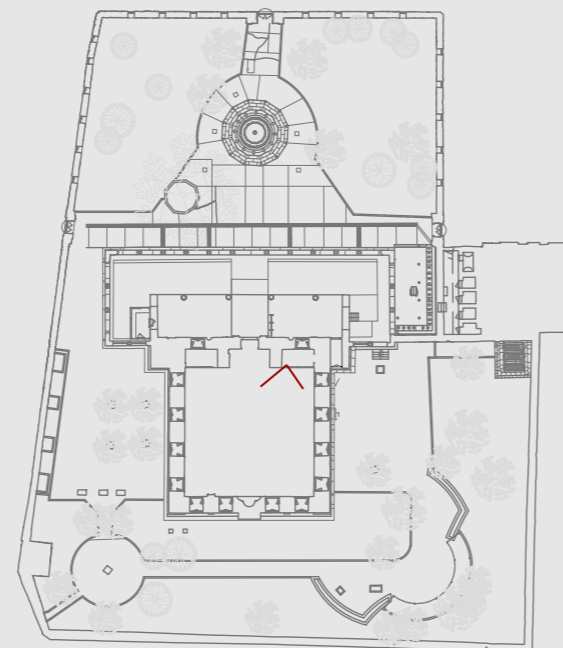
OGGETTO:
Moschea Perteve Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Interni moschea



SCHEDA FOTOGRAFICA



NUMERO SCHEDA:
57

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

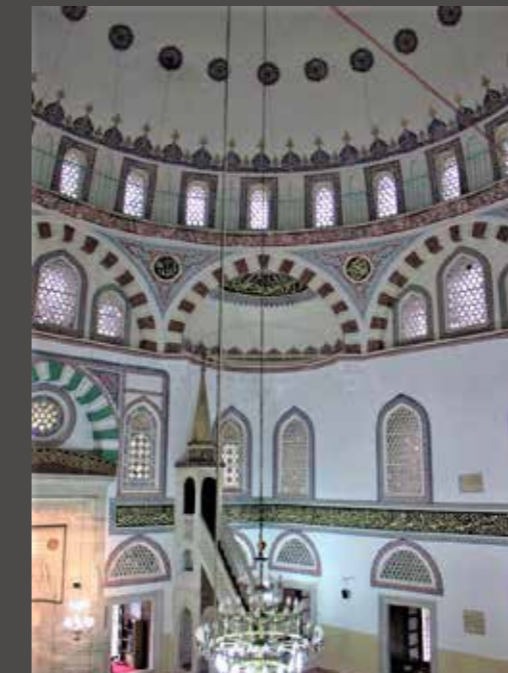
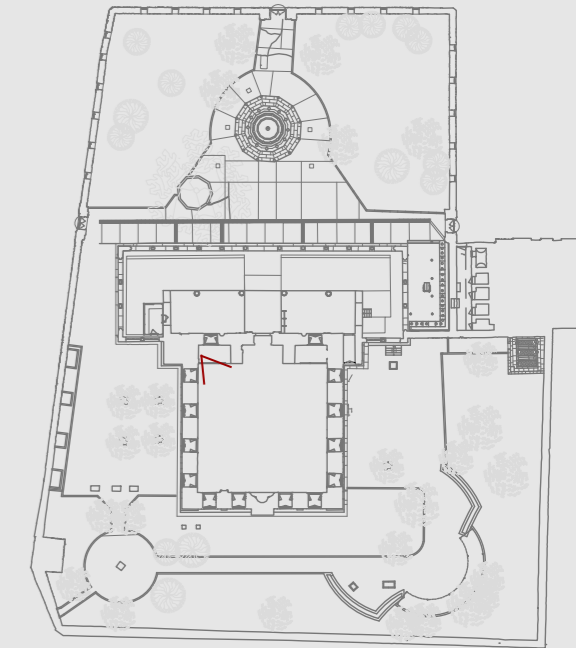
OGGETTO:
Moschea Perteve Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Interni moschea



NUMERO SCHEDA:
58

LUOGO:
Città di Izmit, Kocaeli, Turchia

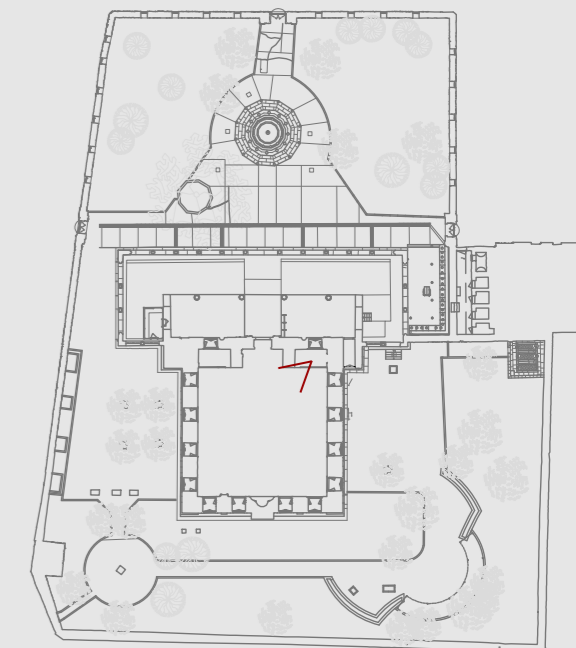
OGGETTO:
Moschea Perteve Pasha

DATA:
20/09/2015

RIPRESA:
Prospettica

TECNICA:
Canon EOS 600D

NOTE:
Interni moschea



ALLEGATI B
SCHEDE DI INTERVENTO

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01- Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Facciata sud-est

TIPO DI DEGRADO:

Alterazione cromatica

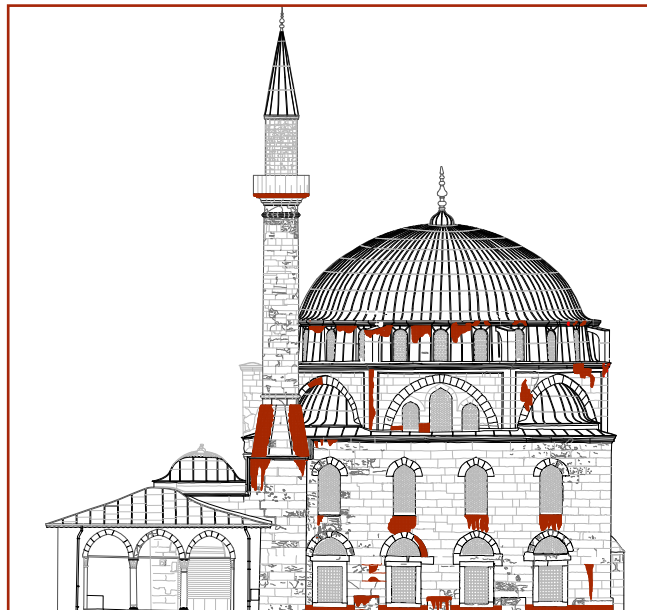
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Variazione naturale, a carico dei componenti del materiale, dei parametri che definiscono il colore. E' generalmente estesa a tutto il materiale interessato.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Sulla facciata si nota la variazione del colore della pietra. Infatti emergono delle zone sia più ampie e diffuse, che puntuali, di colore più scuro. Osservando attentamente la superficie si può riscontrare un diverso tipo di degrado di alterazione cromatica: nelle parti inferiori della Moschea si ha un maggiore annerimento dovuto alla combinazione di gas di scarico disciolti nell'aria con gli agenti meteorici; nelle parti superiori, invece, agiscono quasi esclusivamente le azioni degradanti degli agenti atmosferici. Inoltre puntualmente, dove il dilavamento dell'acqua è favorito da elementi architettonici, è facile osservare macchie più scure e croste nere di differente spessore.

POSSIBILI CAUSE

Le cause che generano il fenomeno dell'alterazione cromatica possono essere molteplici. Senza dubbio l'invecchiamento naturale della pietra porta ad un cambiamento dei parametri cromatici originali della stessa, dove per originali si intende quella che si vede nello spacco della cava. Tale processo è amplificato e accelerato dall'esposizione agli agenti atmosferici, quali esposizione a un eccessivo irraggiamento solare e dilavamento delle acque meteoriche, e da un forte inquinamento atmosferico che genera un deposito di polveri e fumo sulla superficie. Infine anche la presenza di vegetazione e/o muschi e licheni può alterare la colorazione della pietra,

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo primario dell'intervento è quello di ripristinare il colore originario della pietra, senza intaccare la superficie e o danneggiare le proprietà meccaniche intrinseche del materiale. Successivamente, dopo accurate indagini, si può provvedere a un opportuno consolidamento della superficie e a un trattamento protettivo idrorepellente trasparente al fine di proteggerla e garantire stabilità chimica e termica in modo evitare fenomeni di ricomparsa del degrado.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Pulitura manuale delle parti più resistenti;
4. Eventuale trattamento di consolidamento;
5. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area interessata dall'alterazione cromatica e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. E' opportuno procedere dall'alto verso il basso in modo da assicurare la completa rimozione di tutto lo sporco superficiale.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Pulitura manuale delle parti più resistenti

Al termine di ogni ciclo di lavaggio con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole morbide di saggina per rimuovere o diminuire le zone dove l'alterazione cromatica è più coriacea. L'azione dovrà essere svolta in funzione della persistenza dell'alterazione. La riuscita delle operazioni di pulitura meccanica sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non provocare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni).

4. Trattamento di consolidamento:

L'alterazione cromatica non sempre altera le capacità meccaniche della pietra, pertanto va eseguita una attenta analisi al fine di individuare le parti più danneggiate e sfarinate della superficie ed eventualmente procedere a un consolidamento mediante un prodotto consolidante per supporti lapidei trasparente. L'intervento di consolidamento va eseguito solo quando lo stato di degrado è tale da richiedere il ripristino della coesione dello strato degradato.

Il formulato è un composto organico a base di siliconato di etile. Il prodotto ha la funzione di ricreare la silice naturale del supporto lapideo che si è degradata per fenomeni di gelo e disgelo, per abrasione meccanica di origine meteorica o per corrosione chimica da piogge acide o sali solubili. Penetrando in profondità reagisce con l'umidità ambientale dando origine a un legante ridando così coesione al materiale.

E' opportuno applicare il consolidante fino al raggiungimento della parte non degradata del supporto, questo per evitare successive esfoliazioni superficiali.

L'applicazione è eseguita con pennello in mani successive fino a totale esaurimento del potere assorbente del supporto.

Se necessario è possibile ripetere l'operazione

dopo 2-3 settimane.

Una volta terminata l'applicazione è opportuno lavare la superficie al fine di rimuovere eventuali residui di prodotto.

5. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

Si può procedere a tale trattamento solo quando il supporto, dove eseguire il trattamento, sia completamente pulito e ben asciutto e non sia soggetto a sfarinamento. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.

Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto inorganico in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di silosani oligomericici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Est

TIPO DI DEGRADO:

Alveolizzazione

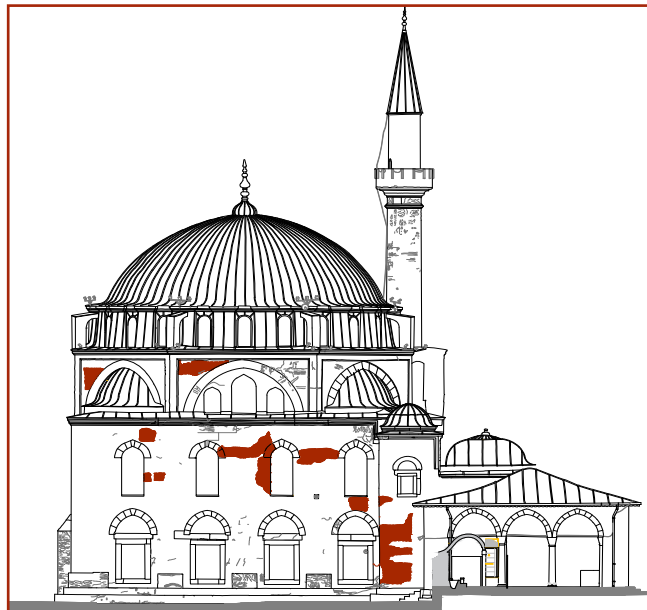
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Presenza di cavità di forma e dimensioni variabili, dette alveoli, spesso interconnesse e con distribuzione non uniforme

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Osservando i prospetti della moschea si nota la presenza di cavità (alveoli) di forma circolare. Tali cavità sono, a volte anche abbastanza profonde e sembrano essere interconnesse fra loro; hanno andamento irregolare sulla superficie e sono più presenti nelle parti più esposte all'azione del vento. In alcuni punti il fenomeno è degenerato fino alla disgregazione e alla polverizzazione di alcune parti dell'elemento murario.

POSSIBILI CAUSE

L'alveolizzazione in questo caso si è manifestata a causa dell'alta porosità della pietra e dell'elevato contenuto di sali solubili, trasportati dal vento sulla superficie lapidea.

Le soluzioni saline, formatesi in seguito ad assorbimento di acqua, tendono, in seguito all'evaporazione del solvente, a cristallizzarsi con conseguente aumento di volume; i pori del materiale lapideo subiscono pressioni superiori alle capacità di resistenza del materiale e si sfaldano. Quando l'evaporazione è rapida (forti correnti d'aria), le soluzioni saline possono cristallizzarsi ad una certa profondità provocando anche il distacco e la conseguente disgregazione di ampie porzioni del materiale.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la rimozione dei sali contenuti all'interno dello spessore murario e contemporaneamente il consolidamento della superficie al fine di evitare la disgregazione della pietra e la conseguente perdita delle sue capacità meccaniche. L'intervento di consolidamento è seguito da uno protettivo al fine di evitare la ricomparsa del fenomeno.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura manuale delle parti incoerenti;
3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti;
4. Pulitura finale a secco e successivamente con acqua deionizzata;
5. Eventuale integrazione dei fori più evidenti;
6. Trattamento consolidante diffuso;
7. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area interessata dall'alveolizzazione e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di verificare la dimensione e la profondità degli alveoli.

2. Pulitura manuale delle parti incoerenti:

L'operatore procede a una pulitura a secco, utilizzando spazzole morbide, come spazzole di saggina o spazzole wishab. Provvede a spazzolare l'intera area interessata avendo cura di rimuovere tutte le parti incoerenti e procedendo dall'alto verso il basso. Può avvalersi anche dell'ausilio di aspiratori a bassa pressione al fine di rimuovere completamente i depositi superficiali anche all'interno degli alveoli.

3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti:

E' necessario applicare un impacco adsorbente a base di acqua distillata e adatto ispessente (polpa di carta, sepiolite, attapulgit) su strato separatore in carta giapponese.

Un metodo efficace per la rimozione dei sali prevede inizialmente, la miscelazione manuale dell'ispessente (Arbocel e sepiolite in rapporto 1 a 2) e acqua distillata quanto basta, avendo cura di vibrare il recipiente contenente acqua in eccesso e eliminandola fino a ottenere un impasto liscio ed omogeneo. L'impasto deve essere malleabile e morbido al fine di garantire l'applicazione sulle superfici interessate senza caduta del materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe, prevedendo anche protezioni adeguate con fogli in polietilene.

Successivamente si applicherà al contorno della

zona di impacco una fascia assorbente realizzata con polpa di cellulosa a fibra allungata (arbocell 1000) impastata con acqua distillata. La pasta di cellulosa, pressata sulla superficie, forma una fascia di contenimento che è in grado di intercettare e assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalla zona di impacco.

La durata dell'intervento va verificata tramite campionature da eseguirsi in loco. Generalmente l'impacco andrà lasciato agire per 1 settimana, ma ponendo grande attenzione che la variabilità dei dati climatici non alteri il tenore di umidità dell'impacco. Per ovviare a questo inconveniente è opportuno ricoprire l'impacco con pellicole plastiche protettive, sigillandole sui bordi, e inumidire l'impacco con acqua distillata.

4. Pulitura con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, accompagnato da una blanda azione manuale di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

5. Eventuale integrazione dei fori più evidenti

Laddove la disgregazione è altamente avanzata, si procederà al riempimento degli alveoli con malta a base di calce e pozzolana, specifica per il tufo e prestando attenzione che abbia modulo elastico simile a quello della muratura.

La malta deve essere allettata utilizzando piccole spatole ed evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta che con la spatola). Si potranno eventualmente proteggere le superfici al contorno con nastro di carta.

La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla risoluzione cromatica che si vuole ottenere in sintonia con la pietra. Tali scelte saranno comunque autorizzate dagli organi competenti alla tutela del bene in oggetto.

La stilatura dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata.

6. Trattamento di consolidamento:

Una volta terminata la pulizia della superficie e l'eventuale ripristino della superficie, l'operatore può procedere all'intervento di consolidamento mediante un prodotto consolidante per supporti lapidei trasparenti.

Il formulato è un composto organico a base di siliconato di etile. Il prodotto ha la funzione di ricreare la silice naturale del supporto lapideo che si è degradata per fenomeni di gelo e disgelo, per abrasione meccanica di origine meteorica o per corrosione chimica da piogge acide o sali solubili. Penetrando in profondità reagisce con l'umidità ambientale dando origine a un legante ridando così coesione al materiale.

E' opportuno applicare il consolidante fino al raggiungimento della parte non degradata del supporto, questo per evitare successive esfoliazioni superficiali.

L'applicazione è eseguita con pennello in mani successive fino a totale esaurimento del potere assorbente del supporto.

Se necessario è possibile ripetere l'operazione dopo 2-3 settimane.

Una volta terminata l'applicazione è opportuno lavare la superficie al fine di rimuovere eventuali residui di prodotto.

7. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

L'operatore deve controllare che il supporto dove eseguire il trattamento sia completamente pulito e ben asciutto e non essere soggetto a sfarinamento. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente. E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando

si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.

Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

MANODOPERA
Specilizzata
ATTREZZATURA
Ordinaria

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a $40 \div 1000 \mu$. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto inorganico in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di solosani oligomerici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01- Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Est

TIPO DI DEGRADO:

Crosta nera

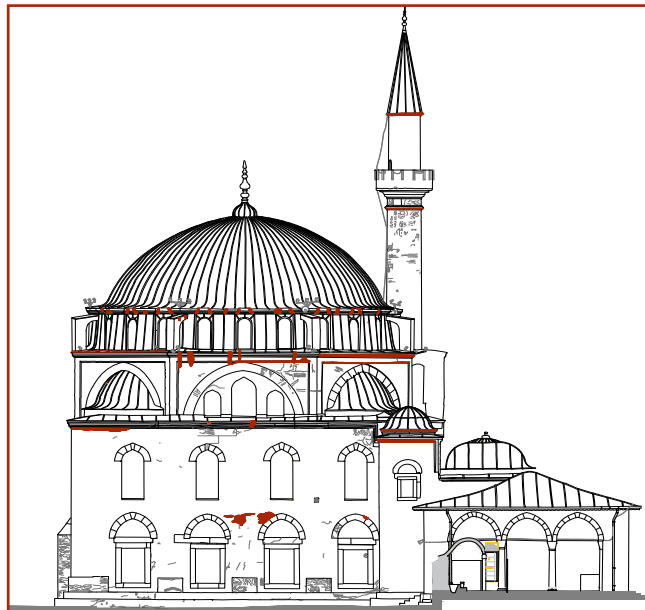
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Depositi di colore scuro, aderenti al supporto, che ricoprono il substrato in modo omogeneo, possono assumere anche la consistenza di incrostazioni di forma irregolare, compatte ed ancorate al substrato. Si trovano come depositi di piccolo spessore sulle superfici verticali non sottoposte al dilavamento dell'acqua, ed in forma di spesse incrostazioni nelle zone protette dalla pioggia.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

L'intera muratura della moschea è in tufo. Spesso nelle zone protette dal dilavamento dell'acqua e dalla pioggia battente si osservano delle patine nere e delle croste di colore scuro di spessore variabile di forma irregolare, compatte ed ancorate al substrato. La presenza di questo tipo di degrado altera lo stato di fatto della moschea, intaccando anche la resistenza meccanica della pietra: aumenta il rischio di eventuali danni dovuti all'effetto di variazioni termiche fino a provocare fenomeni di disgregazione, erosione ed alveolizzazione. Infatti nelle parti dove i depositi si sono staccati per effetto della diversa dilatazione termica si nota una superficie lapidea disgregata e deteriorata.

POSSIBILI CAUSE

La presenza della crosta nera è causata dal forte inquinamento atmosferico presente nella città di Izmit. Le sostanze inquinanti, prevalentemente materiale carbonioso e anidride solforica, vengono veicolate dalle piogge e si stratificano formando sul manufatto in superficie una pellicola compatta scura. La crosta, avendo una dilatazione termica differente dalla muratura sottostante, tende a provocare fessurazione nel tufo. Successivamente, l'azione chimica delle sostanze all'interno delle fessure rischia di provocare un degrado ulteriore, in particolare fenomeni di disgregazione e frattura della pietra.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la rimozione delle croste nere dalla superficie delle pietre. Queste dovranno dunque essere pulite in maniera adeguata per garantire la completa rimozione delle incrostazioni. Vista l'eterogeneità di spessori e di origine delle croste, la pulitura dovrà essere divisa in diverse fasi, da effettuarsi in ordine progressivo dagli interventi più leggeri a quelli più aggressivi, necessari in caso di depositi saldamente attaccati al materiale lapideo. Inoltre si dovrà fare particolare attenzione che l'intervento di pulitura non danneggi la pietra di natura molto porosa. Per tale motivo sono stati esclusi tutti gli interventi che vedono l'applicazione di macchinari abrasivi.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Pulitura manuale delle parti più resistenti;
4. Pulitura con impacco assorbente delle parti più resistenti e/o loro rimozione meccanica con bisturi;
5. Pulitura finale con acqua deionizzata.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area di formazione della crosta e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. E' opportuno che l'operatore proceda dall'alto verso il basso in modo da assicurare la completa rimozione di tutto lo sporco superficiale.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli, è duplice: dissoluzione dei sali solubili e, più lentamente del gesso e della calcite secondaria, componenti principali delle croste; e azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, in grado di rimuovere sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle croste nere già aggredite dall'acqua con effetto solvente.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei pe-

riodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

Nel caso di persistenza delle croste non è opportuno insistere con pulitura ad acqua ma si procede con altre tecniche di seguito descritte, aspettando che la superficie sia completamente asciutta.

3. Pulitura manuale delle parti più resistenti

Al termine di ogni ciclo di lavaggio con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole morbide di saggina per rimuovere o diminuire le zone di incrostazione più coriacea. L'azione dovrà essere svolta in funzione della persistenza delle croste.

La riuscita delle operazioni di pulitura meccanica sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non provocare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni).

4. Pulitura con impatto assorbente delle parti più coese e/o loro rimozione manuale con bisturi:

Nel caso di croste più persistenti dove le operazioni precedenti hanno mostrato scarsi risultati si procede all'utilizzo di impacchi assorbenti a base di formulato chimico veicolato in argilla assorbente (sepiolite).

Si tratta di impacchi a base di inerti addizionati a acqua distillata che se aderiscono perfettamente alla superficie lapidea permettono un più prolungato contatto tra acqua e superficie, impedendo tuttavia sia un'eccessiva imbibizione con acqua della superficie stessa sia un trasporto verso l'interno della pietra che la pasta deve eliminare o dei sali che si possono formare durante la pulitura.

Viene applicato con una spatola o con le stesse mani in spessori variabili fra i 2 e 3 cm sulla superficie opportunamente bagnata e accuratamente sgrassata con solventi organici. L'applicazio-

ne deve essere protetta con fogli impermeabili al fine di evitare l'evaporazione dell'acqua contenuta nell'impacco e quindi il suo distacco prima del previsto.

Il tempo di applicazione varia da 1 a 2 giorni e ci si affida all'esperienza dell'operatore e a piccole prove preliminari in loco su campioni di 10X10 cm.

La pasta va rimossa ancora umida in modo da evitare la migrazione dei sali nella superficie se completamente secca. Considerata la porosità della pietra sarà poi consigliabile interporre tra lo strato di fango e la superficie lapidea un foglio di carta giapponese. Questa inoltre facilita la rimozione dell'impacco.

L'operazione potrà eventualmente essere ripetuta su tutta la superficie o solo localmente, dove siano rimaste le patine più tenaci.

5. Pulitura finale con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, accompagnato da una blanda azione meccanica di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

AVVERTENZE

Qualora si notino efflorescenze, sarà indispensabile ricorrere alla loro rimozione meccanica, per evitare la loro solubilizzazione e la conseguente compenetrazione in seguito alla messa in opera dell'impacco.

Al termine dell'operazione è opportuno controllare nuovamente il contenuto di sali nell'acqua e, se elevato, occorre allora estrarli ancora con ulteriori impacchi.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

L'intervento di pulitura non è mai reversibile. La compatibilità di queste operazioni con il materiale deve sempre essere valutato caso a caso; la durabilità stessa dell'intervento sarà determinata in base alle condizioni al contorno.

La messa in opera necessiterà di operazioni abbastanza delicate, che come tali richiedono una manodopera specializzata.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a $40 \div 1000 \mu$. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01- Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Ovest

TIPO DI DEGRADO:

Deposito superficiale

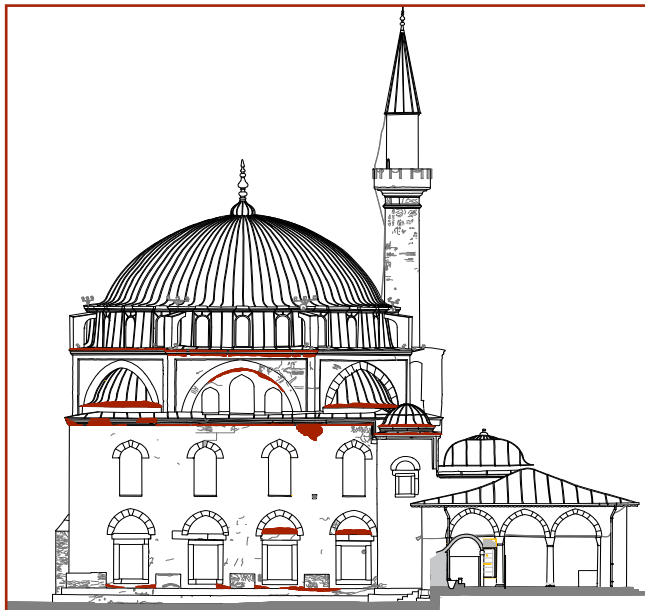
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Sulla superficie esterna si è depositato nel tempo un deposito superficiale che appare poco coeso con la pietra, ma ne altera i parametri visivi come la colorazione naturale. Infatti a un'analisi visiva la superficie risulta essere sporca. Il deposito superficiale si localizza maggiormente in prossimità delle zone riparate dal dilavamento dell'acqua, quindi in prossimità dei cornicioni, sui davanzali delle finestre e sulle coperture parzialmente orizzontali.

POSSIBILI CAUSE

Tra le possibili cause della presenza di questa patologia non bisogna omettere le caratteristiche fisiche della pietra. Infatti la scabrosità e la porosità del tufo agevolano il deposito e l'accumulo di materiale estraneo. Il materiale depositato è per lo più particellato atmosferico, causato dal forte inquinamento urbano.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo primario dell'intervento è quello di rimuovere tutto il materiale depositato che risulta incoerente con la superficie, ripristinando le caratteristiche fisiche originarie della pietra, senza intaccare la superficie e o danneggiare le proprietà meccaniche intrinseche del materiale. Successivamente, dopo accurate indagini, si può provvedere ad un opportuno consolidamento della superficie e a un trattamento protettivo idrorepellente trasparente al fine di proteggerla e garantire stabilità chimica e termica in modo evitare fenomeni di ricomparsa del degrado.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Eventuale trattamento di consolidamento;
4. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Nel caso del deposito superficiale che interessa l'intera superficie, nonostante vi siano accumuli in specifici punti è consigliato un intervento che interessi l'intera facciata. Nel caso vi siano zone che non sono interessate dalla patologia, o che non si vogliono sottoporre a trattamento, si consiglia di proteggerle con una schermatura adeguata.

Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. E' opportuno procedere dall'alto verso il basso in modo da assicurare la completa rimozione di tutto lo sporco superficiale.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei pe-

riodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Trattamento di consolidamento:

Il deposito superficiale non altera le capacità meccaniche della pietra, pertanto va eseguita una attenta analisi al fine di individuare l'eventuale presenza di parti più danneggiate e sfarinate della superficie ed eventualmente procedere a un consolidamento mediante un prodotto consolidante per supporti lapidei trasparente. L'intervento di consolidamento va eseguito solo quando lo stato di degrado è tale da richiedere il ripristino della coesione dello strato degradato.

Il formulato è un composto organico a base di siliconato di etile. Il prodotto ha la funzione di ricreare la silice naturale del supporto lapideo che si è degradata per fenomeni di gelo e disgelo, per abrasione meccanica di origine meteorica o per corrosione chimica da piogge acide o sali solubili. Penetrando in profondità reagisce con l'umidità ambientale dando origine a un legante ridando così coesione al materiale.

E' opportuno applicare il consolidante fino al raggiungimento della parte non degradata del supporto, questo per evitare successive esfoliazioni superficiali.

L'applicazione è eseguita con pennello in mani successive fino a totale esaurimento del potere assorbente del supporto.

Se necessario è possibile ripetere l'operazione dopo 2-3 settimane.

Una volta terminata l'applicazione è opportuno lavare la superficie al fine di rimuovere eventuali residui di prodotto.

4. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

Si può procedere a tale trattamento solo quando il supporto, dove eseguire il trattamento, sia completamente pulito e ben asciutto e non sia soggetto a sfarinamento. L'eventuale presenza di polveri

va eventualmente eliminata. La parete non deve essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.

Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

AVVERTENZE

Essendo il tufo una pietra porosa, si caldeggia l'utilizzo di più lavaggi brevi, in modo da evitare che la pietra si impregni.

Qualora si notino efflorescenze o croste nere, sarà indispensabile ricorrere alla loro rimozione.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

Si consiglia di eseguire questo intervento prima degli altri e sulla totalità delle superfici esterne, in modo da pulire le pareti da tutti i depositi incoerenti e facilmente asportabili. In questo modo si facilitano le fasi successive di intervento.

Inoltre è indispensabile ricordare che l'intervento di pulitura non è mai reversibile. La compatibilità di queste operazioni con il materiale deve sempre essere valutato caso a caso; la durabilità stessa dell'intervento sarà determinata in base alle condizioni al contorno.

La messa in opera necessiterà di operazioni abbastanza delicate, che come tali richiedono una manodopera specializzata.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai 3.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$.
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto inorganico in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di silossani oligomerici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01- Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Ovest

TIPO DI DEGRADO:

Disgregazione

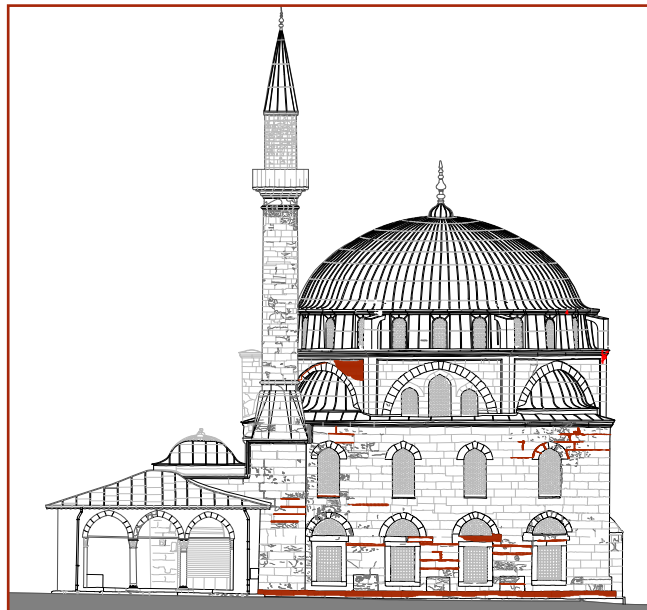
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Decoesione caratterizzata da distacco di grani o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Ad un'analisi visiva la pietra che compone la muratura, risulta essere in alcuni punti localizzati, soprattutto in prossimità dei basamenti e delle parti esposte agli agenti atmosferici, sfarinata. Andando a toccare la superficie ci si rende conto, che applicando una lieve forza, si rimuove facilmente parte della superficie sotto forma di granuli. Tale patologia è sempre localizzata in prossimità di altri degradi, quali crosta nera, alveolizzazione e efflorescenza salina.

POSSIBILI CAUSE

Tra le principali cause del manifestarsi di tale patologia vi sono l'insolazione ed il freddo che sottopongono la pietra a cicli termici che possono essere anche molto violenti, determinando un'azione di crioclastismo-termoclastismo, in altre parole la disgregazione sul materiale lapideo per effetto delle alternanze di temperatura, cui va aggiunto il fenomeno di gelo-disgelo. Un'eccessiva azione meccanica del vento che erode la parete. La disgregazione spesso è la causa del degenerare di altre patologie, come l'efflorescenza salina, che rendono la superficie scabrosa e sfarinata.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di consolidare la superficie al fine di evitare ulteriori perdite di materiale. Si vuole infatti ridare compattezza a quelle parti di materiale che hanno perso la loro coesione interna. Laddove le parti mancanti risultino ampie, si ipotizza un ripristino delle stesse con materiali coerenti alla muratura esistente. Tale intervento va eseguito contemporaneamente alla rimozione di tutte le patologie che hanno portato al verificarsi della disgregazione.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preconsolidamento delle superfici lesionate;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Stilatura dei giunti;
4. Trattamento consolidante;
5. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preconsolidamento della superficie lesionata:

Questa fase avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, ha il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura.

Si impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni.

Queste deboli stuccature saranno stese dall'operatore con spatole a doppia foglia piatta o con cazzolini e dovranno essere posizionate come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale.

La malta scelta avrà un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

Sul resto della superficie si opera un preconsolidamento attraverso la nebulizzazione di miscele a base di silicato di etile

La procedura è finalizzata alla riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti

Per un'ottimale applicazione la superficie da trattare deve essere assorbente, asciutta e pulita; la

temperatura deve essere compresa fra +10 e i 25 °C. È importante non applicare su superfici esposte all'irraggiamento diretto del sole e proteggere adeguatamente le superfici non interessate al trattamento.

L'applicazione del prodotto viene effettuata a spruzzo con irroratori a bassa pressione (0,5 bar max). Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto del prodotto consolidante, in modo da raggiungere il nucleo sano della pietra.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Stilatura dei giunti

Il prodotto impiegato è una malta premiscelata in polvere da muratura, esente da cemento, composta da calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, sabbienaturali, speciali additivi, microfibre.

Stendere il prodotto tra i conci, esercitando una leggera pressione al fine di favorire l'adesione. La malta in eccesso dovrà essere rimossa subito dopo la stesura, anche dagli elementi costruttivi della muratura. Eseguire eventualmente la spugnatura delle fughe con una spugna inumidita o con una spazzola di saggina. E' buona norma applicare la malta quando la parete da ripristinare non risulti esposta direttamente ad irraggiamento solare ed al vento. In questi casi, così come nei periodi dell'anno caratterizzati da temperature elevate e/o particolarmente ventilati, è opportuno curare la stagionatura della malta, soprattutto nelle prime 36-48 ore, nebulizzando acqua sulla superficie o impiegando altri sistemi, che impediscano la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

4. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere.

re. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolubilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico.

5. Trattamento idrorepellente

Il prodotto impiegato è incolore a base di composti siliconici in acqua, caratterizzato da una elevata capacità di impregnazione. Deve essere applicato solo su supporti asciutti, in quanto la presenza di acqua ostacola la penetrazione dell'idrofobante. L'efficacia e la durata dell'effetto idrorepellente dipende dalla profondità di penetrazione dell'impregnante.

Per una distribuzione omogenea l'operatore fa uso dello spruzzatore a zaino manuale per le superfici ampie, e del pennello per assicurarsi che il prodotto entri a penetrare anche nei punti meno raggiungibili e nascosti. Protrarre l'applicazione fino a saturazione, applicando più mani in modo continuativo, bagnato su bagnato.

AVVERTENZE

Le superfici da trattare con il prodotto consolidante e successivamente quello idrorepellente dovranno essere prive di polvere, solventi, detersivi, esenti da oli e da parti in distacco. Tracce di inquinanti atmosferici, muffe, efflorescenze saline o altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive consentite, al fine di non pregiudicare la penetrazione del consolidante all'interno delle porosità. Prima di procedere con l'applicazione del prodotto, si dovrà attendere che il supporto sia sufficientemente asciutto, al fine di consentire al prodotto di svolgere la sua funzione consolidante.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di composti siliconici in acqua. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Est

TIPO DI DEGRADO:

Efflorescenza salina

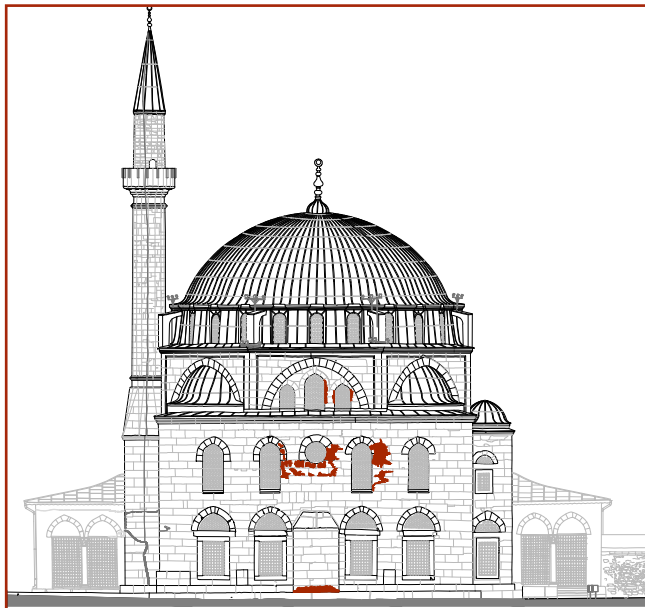
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Formazione superficiale di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, generalmente di colore biancastro

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Sulle pareti in tufo si nota la presenza di fioritura bianca, che può raggiungere anche alcuni cm. E' molto probabile che i cristalli siano anche all'interno del paramento murario. La sub-efflorescenza salina è molto pericolosa in quanto la migrazione dei cristalli interni verso l'esterno, durante i cicli di gelo e disgelo, causa la comparsa di alveoli sulla pietra, alterando lo stato di fatto del manufatto.

Essi si possono formare o dentro il paramento murario (sub-efflorescenza) o sulla sua superficie a seconda del ritmo di fuoriuscita della soluzione salina rispetto al ritmo di evaporazione in ogni momento e in ogni punto.

POSSIBILI CAUSE

La prima causa della comparsa dell'efflorescenza salina è da ricondursi alla natura della pietra, infatti l'alta porosità del tufo permette una maggiore infiltrazione di acqua nelle microfessure. L'acqua, meteorica battente o di ruscellamento, è carica di sali a causa di inquinamento. Quando evapora rilascia sulla superficie i sali che a contatto con l'aria aumentano di volume e cristallizzano formando delle patine biancastre (efflorescenze) o in superficie o dentro il paramento murario.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la rimozione delle efflorescenze saline in modo da eliminare ogni causa di alterazione visiva e meccanica della pietra. Nello stesso momento è indispensabile asportare tutti i sali presenti nel paramento murario, al fine di evitare una successiva ricomparsa del degrado. L'intervento di pulitura è seguito un trattamento protettivo idrorepellente trasparente, al fine di far scorrere la pioggia sulla superficie senza che essa si impregni.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura manuale delle parti incoerenti;
3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti;
4. Pulitura finale a secco e successivamente con acqua deionizzata;
5. Applicazione di una soluzione antisale;
6. Trattamento idrorepellente;

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area di formazione dell'efflorescenza salina e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza di acqua nella muratura e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Pulitura meccanica manuale delle parti incoerenti:

L'operatore al fine di rimuovere l'efflorescenza salina procede a tramite una pulitura a secco. Utilizzando spazzole morbide, come spazzole di saggina, provvede a spazzolare l'intera area interessata avendo cura di rimuovere tutte le parti incoerenti e procedendo dall'alto verso il basso.

3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti:

E' necessario applicare un impacco adsorbente a base di acqua distillata e adatto ispessente (polpa di carta, sepiolite, attapulgit) su strato separatore in carta giapponese.

Un metodo efficace per la rimozione dei sali prevede inizialmente, la miscelazione manuale dell'ispessente (Arbocel e sepiolite in rapporto 1 a 2) e acqua distillata quanto basta, avendo cura di vibrare il recipiente contenente acqua in eccesso e eliminandola fino a ottenere un impasto liscio ed omogeneo. L'impasto deve essere malleabile e morbido al fine di garantire l'applicazione sulle superfici interessate senza caduta del materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe, prevedendo anche protezioni adeguate con fogli in polietilene.

Successivamente si applicherà al contorno della zona di impacco una fascia assorbente realizzata con polpa di cellulosa a fibra allungata (arbocel

1000) impastata con acqua distillata. La pasta di cellulosa, pressata sulla superficie, forma una fascia di contenimento che è in grado di intercettare e assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalla zone di impacco.

La durata dell'intervento va verificata tramite campionature da eseguirsi in loco. Generalmente l'impacco andrà lasciato agire per 1 settimana, ma ponendo grande attenzione che la variabilità dei dati climatici non alteri il tenore di umidità dell'impacco. Per ovviare a questo inconveniente è opportuno ricoprire l'impacco con pellicole plastiche protettive, sigillandole sui bordi, e inumidire l'impacco con acqua distillata.

4. Pulitura con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, accompagnato da una blanda azione manuale di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

5. Applicazione di un prodotto antisale

Il prodotto è pronto all'uso e deve essere applicato tramite irroratori a bassa pressione. L'operatore deve prestare attenzione affinché lo distribuisca in maniera omogenea su tutta la superficie, fino alla totale impregnazione del supporto.

L'applicazione deve essere effettuata su superfici totalmente asciutte, fredde e non esposte direttamente ai raggi del sole, e preventivamente pulite.

Poiché è prevista una pulitura ad acqua l'operatore per procedere all'applicazione del fissativo antisale dovrà attendere il periodo necessario all'asciugatura del supporto

6. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

L'operatore deve controllare che il supporto dove eseguire il trattamento sia completamente pulito e ben asciutto. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve

essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.

Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

Prima di effettuare qualsiasi operazione, però, è indispensabile verificare se la presenza delle efflorescenze non sia dovuta a fenomeni di umidità persistente per risalite capillari del terreno o a causa di condutture difettose del sistema di scarico delle acqua meteoriche. In questi casi sarà necessario eseguire in precedenza tutte le opere di bonifica necessarie per evitare che ulteriori infiltrazioni rendano inutile l'operazione.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a 40 ÷ 1000 µ. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.
FISSATIVO ANTISALE	Preparato liquido che fa precipitare i sali solubili presenti nelle murature in profondità, trasformandoli in sali insolubili che non possono più migrare verso la superficie
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di solosani oligomerici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Ovest

TIPO DI DEGRADO:

Erosione

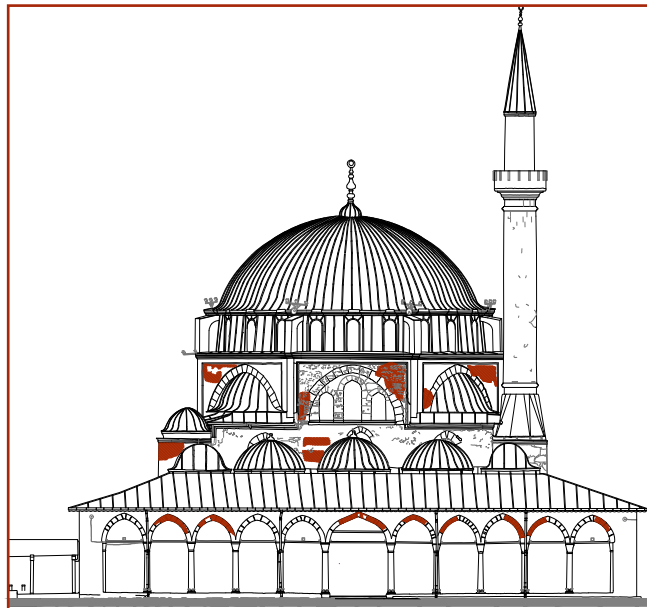
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Asportazione di materiali dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Nelle parti della superficie esposte all'azione dell'acqua e del vento si nota la perdita di uno strato superficiale di materiale. La pietra risulta disgregata e visibilmente danneggiata e la superficie non omogenea. Nell'intorno della superficie erosa si notano altri tipi di degrado, quali disgregazione e scagliatura. L'erosione è più estesa in corrispondenza di croste di colore scuro a causa della differente dilatazione termica.

POSSIBILI CAUSE

Le cause dell'erosione e della conseguenza perdita di materiale sulla superficie possono essere ricondotte al dilavamento dell'acqua meteorica battente, o di ruscellamento, che esercita un'azione meccanica abrasiva, asportano le parti superficiali della pietra che risultano meno coese. All'azione dell'acqua sul tufo, materiale di natura poroso, si aggiunge l'azione eolica che amplifica i danni. Inoltre va sottolineata sia la presenza di sali marini, data la vicinanza con il mare, sia di un forte inquinamento atmosferico e sia la presenza di efflorescenze saline sulla superficie. Questi tre fattori contribuiscono all'erosione superficiale della pietra tufacea.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo primario dell'intervento è quello di consolidare la superficie, al fine di ritardare il suo deterioramento e ripristinare tutte le proprietà meccaniche della pietra. Inoltre, in seguito all'intervento, si auspica che la superficie risulti visibilmente più compatta pulita e omogenea.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura manuale delle parti incoerenti;
3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti;
4. Pulitura finale a secco e successivamente con acqua deionizzata;
5. Eventuale ripristino dei giunti;
6. Trattamento consolidante diffuso;
7. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area erosa e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza di acqua nella muratura e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Pulitura meccanica manuale delle parti incoerenti:

L'operatore procede a una pulitura a secco, utilizzando spazzole morbide, come spazzole di saggina o spazzole wishab. Provvede a spazzolare l'intera area interessata avendo cura di rimuovere tutte le parti incoerenti e procedendo dall'alto verso il basso. Può avvalersi anche dell'ausilio di aspiratori a bassa pressione al fine di rimuovere completamente i depositi superficiali.

3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti:

E' necessario applicare un impacco adsorbente a base di acqua distillata e adatto ispessente (polpa di carta, sepiolite, attapulgit) su strato separatore in carta giapponese.

Un metodo efficace per la rimozione dei sali prevede inizialmente, la miscelazione manuale dell'ispessente (Arbocel e sepiolite in rapporto 1 a 2) e acqua distillata quanto basta, avendo cura di vibrare il recipiente contenente acqua in eccesso e eliminandola fino a ottenere un impasto liscio ed omogeneo. L'impasto deve essere malleabile e morbido al fine di garantire l'applicazione sulle superfici interessate senza caduta del materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe, prevedendo anche protezioni adeguate con fogli in polietilene.

Successivamente si applicherà al contorno della

zona di impacco una fascia assorbente realizzata con polpa di cellulosa a fibra allungata (arbocell 1000) impastata con acqua distillata. La pasta di cellulosa, pressata sulla superficie, forma una fascia di contenimento che è in grado di intercettare e assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalla zona di impacco.

La durata dell'intervento va verificata tramite campionature da eseguirsi in loco. Generalmente l'impacco andrà lasciato agire per 1 settimana, ma ponendo grande attenzione che la variabilità dei dati climatici non alteri il tenore di umidità dell'impacco. Per ovviare a questo inconveniente è opportuno ricoprire l'impacco con pellicole plastiche protettive, sigillandole sui bordi, e inumidire l'impacco con acqua distillata.

4. Pulitura con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, accompagnato da una blanda azione manuale di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

5. Stilatura dei giunti:

Dopo un'attenta analisi nelle parti dove è necessario al fine di garantire stabilità meccanica al manufatto, si effettuerà una stuccatura e sigillatura delle fessurazioni più profonde con malta a base di calce e pozzolana, specifica per il tufo e prestando attenzione che abbia modulo elastico simile a quello della muratura.

La malta deve essere allettata in profondità, utilizzando piccole spatole ed evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta che con la spatola). Si potranno eventualmente proteggere le superfici al contorno con nastro di carta.

La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla riso-

luzione cromatica che si vuole ottenere in sintonia con le malte esistenti. Tali scelte saranno comunque autorizzate dagli organi competenti alla tutela del bene in oggetto.

La stilatura dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata.

6. Trattamento di consolidamento:

Una volta terminata la pulizia della superficie e l'eventuale ripristino della superficie, l'operatore può procedere all'intervento di consolidamento mediante un prodotto consolidante per supporti lapidei trasparenti.

Il formulato è un composto organico a base di siliconato di etile. Il prodotto ha la funzione di ricreare la silice naturale del supporto lapideo che si è degradata per fenomeni di gelo e disgelo, per abrasione meccanica di origine meteorica o per corrosione chimica da piogge acide o sali solubili. Penetrando in profondità reagisce con l'umidità ambientale dando origine a un legante ridando così coesione al materiale.

E' opportuno applicare il consolidante fino al raggiungimento della parte non degradata del supporto, questo per evitare successive esfoliazioni superficiali.

L'applicazione è eseguita con pennello in mani successive fino a totale esaurimento del potere adsorbente del supporto.

Se necessario è possibile ripetere l'operazione dopo 2-3 settimane.

Una volta terminata l'applicazione è opportuno lavare la superficie al fine di rimuovere eventuali residui di prodotto.

7. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

L'operatore deve controllare che il supporto dove eseguire il trattamento sia completamente pulito e ben asciutto e non essere soggetto a sfarinamento. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

E' preferibile applicare il prodotto a spruzzo, mantenendo l'ugello a una distanza di 20-30 cm dal supporto murario. L'applicazione termina quando si notano colature del prodotto, che indicano una completa saturazione del muro.
Il prodotto si applica dal basso verso l'alto.

MANODOPERA
Specializzata
ATTREZZATURA
Ordinaria

	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a $40 \div 1000 \mu$. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto inorganico in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di solosani oligomerici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

Fessurazione (Cracking)

SI 08.1

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Est

TIPO DI DEGRADO:

Fessurazione (cracking)

DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti.

RILIEVO FOTOGRAFICO



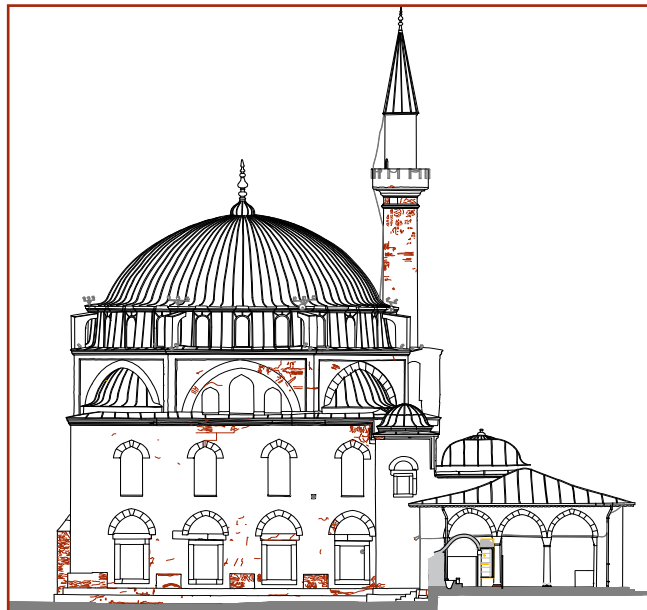
INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Osservando la superficie della muratura, si nota che alcuni blocchi di tufo, presentano delle microfessure. Spesso tali fessure si incontrano nelle zone attaccate da altre patologie, quali efflorescenza salina e crosta nera, che indeboliscono la superficie della pietra porosa. Tali fessure, non solo alterano l'estetica del manufatto, ma indeboliscono la resistenza meccanica della pietra.

POSSIBILI CAUSE

La cristallizzazione di sali solubili, correlabili ai cicli di idratazione-disidratazione, è senz'altro la principale causa delle tensioni interne che interessano la pietra tufacea con conseguenti evidenti fenomeni di microfessure superficiali. E' possibile che in alcuni punti localizzata la pietra sia stata sottoposta ad una concentrazione degli sforzi. Infine, il processo di invecchiamento naturale della pietra favorisce la comparsa di tale fenomeno, in quanto si riducono, nel tempo, anche le capacità meccaniche intrinseche.

MAPPATURA DEL DEGRADO



OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Il fine ultimo dell'intervento è un consolidamento superficiale al fine di ridare compattezza alla superficie ed evitare il peggioramento del degrado in altre patologie, come esfoliazione o scagliatura. Tramite il consolidamento, si ripristinano tutte le caratteristiche visive e meccaniche della pietra tufacea.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preconsolidamento delle superfici lesionata;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Trattamento consolidante;
4. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preconsolidamento della superficie lesionata:

Questa fase avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, ha il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura.

Si impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni.

Queste deboli stuccature saranno stese dall'operatore con spatole a doppia foglia piatta o con cazzolini e dovranno essere posizionate come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale.

La malta scelta avrà un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

Sul resto della superficie si opera un preconsolidamento attraverso la nebulizzazione di miscele a base di silicato di etile

La procedura è finalizzata alla riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti

Per un'ottimale applicazione la superficie da trattare deve essere assorbente, asciutta e pulita; la

temperatura deve essere compresa fra +10 e i 25 °C. È importante non applicare su superfici esposte all'irraggiamento diretto del sole e proteggere adeguatamente le superfici non interessate al trattamento.

L'applicazione del prodotto viene effettuata a spruzzo con irroratori a bassa pressione (0,5 bar max). Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto del prodotto consolidante, in modo da raggiungere il nucleo sano della pietra.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

4. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolvibilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico

5. Trattamento idrorepellente

Il prodotto impiegato è incolore a base di composti silicici in acqua, caratterizzato da una elevata capacità di impregnazione. Deve essere applicato solo su supporti asciutti, in quanto la presenza di acqua ostacola la penetrazione dell'idrofobante.

L'efficacia e la durata dell'effetto idrorepellente dipende dalla profondità di penetrazione dell'impregnante.

Per una distribuzione omogenea l'operatore fa uso

dello spruzzatore a zaino manuale per le superfici ampie, e de pennello per assicurarsi che il prodotto entri a penetrare anche nei punti meno raggiungibili e nascosti. Protrarre l'applicazione fino a saturazione, applicando più mani in modo continuativo, bagnato su bagnato.

AVVERTENZE

Le superfici da trattare con il prodotto consolidante e successivamente quello idrorepellente dovranno essere prive di polvere, solventi, detergenti, esenti da oli e da parti in distacco. Tracce di inquinanti atmosferici, muffe, efflorescenze saline o altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive consentite, al fine di non pregiudicare la penetrazione del consolidante all'interno delle porosità. Prima di procedere con l'applicazione del prodotto, si dovrà attendere che il supporto sia sufficientemente asciutto, al fine di consentire al prodotto di svolgere la sua funzione consolidante.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

Le cause delle fessurazioni, possono essere anche di origine meccanica successivamente alla sollecitazione della struttura a sforzi o vibrazioni. Pertanto è necessaria anche un'indagine statica sul manufatto, e in caso di fessure più larghe e profonde si consiglia un monitoraggio delle stesse al fine di verificare se il fenomeno è ancora in atto.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di composti siliconici in acqua. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Est

TIPO DI DEGRADO:

Macchia

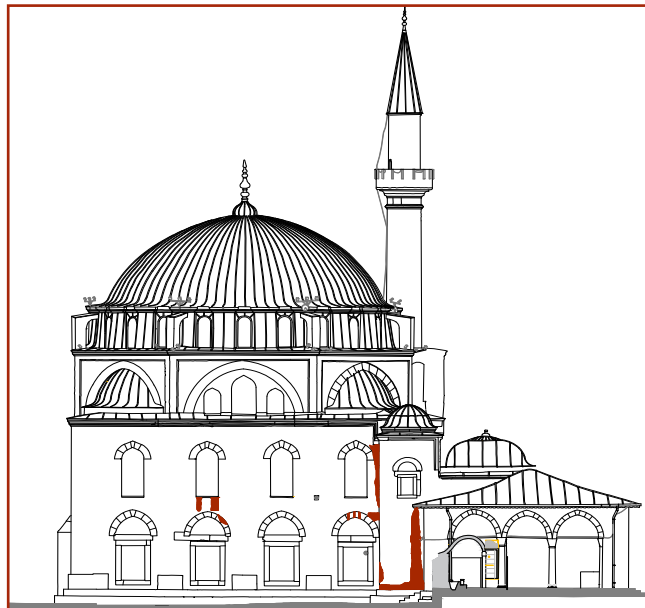
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Pigmentazione localizzata della superficie correlata sia alla presenza di determinati componenti naturali del materiale (concentrazione di pirite nei marmi) sia alla presenza di materiale estraneo (acqua, prodotti di ossidazione di materiali metallici, sostanze org, vernici ecc.).

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

La foto a lato mostra una variazione cromatica della superficie lapidea in prossimità degli spigoli della copertura che intersecano i corpi adiacenti. La macchia ha pigmentazione scura e si allunga verso il basso. Al tatto la superficie risulta umida e più fredda. Si ritrova la presenza della stessa patologia negli elementi più sporgenti ovvero cornicioni e basamenti. Spesso nelle stesse zone interessate dal fenomeno vi è la comparsa di efflorescenza salina.

POSSIBILI CAUSE

Nel caso in esame la patologia è causata dal malfunzionamento dell'impianto di smaltimento delle acque. Difatti l'acqua piovana, non potendo essere smaltita dagli appositi canali di scolo, scorre sulla parete trasportando il particolato atmosferico depositato sulle coperture. La parete, data la natura porosa della pietra tende a impregnarsi di acqua, risultando umida e variando la sua colorazione naturale.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Il primo obiettivo è quello di indagare circa il funzionamento dell'impianto di smaltimento delle acque, e eventualmente procedere a integrazione e/o sostituzione delle parti danneggiate. In seguito all'allontanamento della causa si può procedere a un intervento di pulitura della parete al fine di ripristinare la colorazione originaria. Bisogna però valutare il contenuto di sali, se troppo alto è essenziale procedere all'estrazione degli stessi. Se la parete risulta danneggiata si proseguirà con un intervento di consolidamento, ed infine come obiettivo ultimo è l'applicazione di un prodotto idrorepellente al fine di proteggere la superficie dalla pioggia battente o per dilavamento.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti;
4. Pulitura finale a secco e successivamente con acqua deionizzata;
5. Applicazione di una soluzione antisale;
6. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area affetta dalla macchia e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza di acqua nella muratura e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e ve-

locizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Estrazione dei sali solubili mediante cicli di impacchi assorbenti:

E' necessario applicare un impacco adsorbente a base di acqua distillata e adatto ispessente (polpa di carta, sepiolite, attapulgit) su strato separatore in carta giapponese.

Un metodo efficace per la rimozione dei sali prevede inizialmente, la miscelazione manuale dell'ispessente (Arbocel e sepiolite in rapporto 1 a 2) e acqua distillata quanto basta, avendo cura di vibrare il recipiente contenente acqua in eccesso e eliminandola fino a ottenere un impasto liscio ed omogeneo. L'impasto deve essere malleabile e morbido al fine di garantire l'applicazione sulle superfici interessate senza caduta del materiale o percolazioni di acqua distillata in eccesso sulle zone limitrofe, prevedendo anche protezioni adeguate con fogli in polietilene.

Successivamente si applicherà al contorno della zona di impacco una fascia assorbente realizzata con polpa di cellulosa a fibra allungata (arbocel 1000) impastata con acqua distillata. La pasta di cellulosa, pressata sulla superficie, forma una fascia di contenimento che è in grado di intercettare e assorbire il liquido in eccesso eventualmente percolante dalla zona di impacco.

La durata dell'intervento va verificata tramite campionature da eseguirsi in loco. Generalmente l'impacco andrà lasciato agire per 1 settimana, ma ponendo grande attenzione che la variabilità dei dati climatici non alteri il tenore di umidità dell'impacco. Per ovviare a questo inconveniente è opportuno ricoprire l'impacco con pellicole plastiche protettive, sigillandole sui bordi, e inumidire l'impacco con acqua distillata.

4. Pulitura con acqua deionizzata:

Ad operazione avvenuta, si renderà indispensabile la rimozione a secco di eventuali residui con l'utilizzo di pennelli morbidi. Dovrà poi essere effettuato un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata,

accompagnato da una blanda azione manuale di spazzolatura eseguita con spazzole morbide di saggina.

5. Applicazione di un prodotto antisale

Il prodotto è pronto all'uso e deve essere applicato tramite irroratori a bassa pressione. L'operatore deve prestare attenzione affinché lo distribuisca in maniera omogenea su tutta la superficie, fino alla totale impregnazione del supporto.

L'applicazione deve essere effettuata su superfici totalmente asciutte, fredde e non esposte direttamente ai raggi del sole, e preventivamente pulite.

Poiché è prevista una pulitura ad acqua l'operatore per procedere all'applicazione del fissativo antisale dovrà attendere il periodo necessario all'asciugatura del supporto

6. Trattamento di consolidamento:

Una volta terminata la pulizia della superficie e l'eventuale ripristino della superficie, l'operatore può procedere all'intervento di consolidamento mediante un prodotto consolidante per supporti lapidei trasparenti.

Il formulato è un composto organico a base di siliconato di etile. Il prodotto ha la funzione di ricreare la silice naturale del supporto lapideo che si è degradata per fenomeni di gelo e disgelo, per abrasione meccanica di origine meteorica o per corrosione chimica da piogge acide o sali solubili. Penetrando in profondità reagisce con l'umidità ambientale dando origine a un legante ridando così coesione al materiale.

E' opportuno applicare il consolidante fino al raggiungimento della parte non degradata del supporto, questo per evitare successive esfoliazioni superficiali.

L'applicazione è eseguita con pennello in mani successive fino a totale esaurimento del potere adsorbente del supporto.

Se necessario è possibile ripetere l'operazione dopo 2-3 settimane.

Una volta terminata l'applicazione è opportuno lavare la superficie al fine di rimuovere eventuali resi-

dui di prodotto.

7. Trattamento protettivo idrorepellente trasparente

L'operatore deve controllare che il supporto dove eseguire il trattamento sia completamente pulito e ben asciutto e non essere soggetto a sfarinamento. L'eventuale presenza di polveri va eventualmente eliminata. La parete non deve essere surriscaldata dal sole e/o in condizioni di pioggia imminente

AVVERTENZE

Le superfici da trattare con il prodotto consolidante e successivamente quello idrorepellente dovranno essere prive di polvere, solventi, detergenti, esenti da oli e da parti in distacco. Tracce di inquinanti atmosferici, muffe, efflorescenze saline o altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive consentite, al fine di non pregiudicare la penetrazione del consolidante all'interno delle porosità. Prima di procedere con l'applicazione del prodotto, si dovrà attendere che il supporto sia sufficientemente asciutto, al fine di consentire al prodotto di svolgere la sua funzione consolidante.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

E' molto importante, che prima di procedere all'intervento si proceda a un'ispezione del sistema di scolo delle acque, e eventualmente procedere a una sostituzione e/o integrazione dello stesso al fine di evitare la ricomparsa del fenomeno.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
CARTA GIAPPONESE	Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di buona consistenza e resistenza. È disponibile in commercio in diversi spessori e pesi (min. 6 g/m ² , max. 110 g/m ²).
SEPIOLITE	Argilla assorbente compatta, molto porosa, leggera (peso specifico 2,4) e di colore bianco-grigiastro. È costituita da silicato idrato di magnesio e presenta la particolare caratteristica di impregnarsi di oli e grassi senza conseguenze e azioni dannose per la muratura ed i materiali lapidei. Inoltre la sua struttura chimica le conferisce un alto potere assorbente e la capacità di assorbire acqua senza aumentare di volume. Questa microporosità (17% del volume) fa sì che la sepiolite presenti una superficie specifica di circa 340 m ² /g. Se mescolata ad acqua, forma un fango di notevoli caratteristiche tixotropiche.
POLPA DI CELLULOSA	In alternativa alla sepiolite potrà essere veicolato un formulato con polpa di cellulosa di colore bianco, ricavata dal processo di deresinatura del legno. La lunghezza delle fibre di questa polpa è pari a 40 ÷ 1000 µ. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica ed hanno un elevato effetto addensante, un comportamento di tipo pseudoplastico ed una buona capacità di trattenere i liquidi; sono inoltre insolubili in acqua e nei solventi organici.
FISSATIVO ANTISALE	Preparato liquido che fa precipitare i sali solubili presenti nelle murature in profondità, trasformandoli in sali insolubili che non possono più migrare verso la superficie
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di solosani oligomerici alchilati. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Est

TIPO DI DEGRADO:

Mancanza

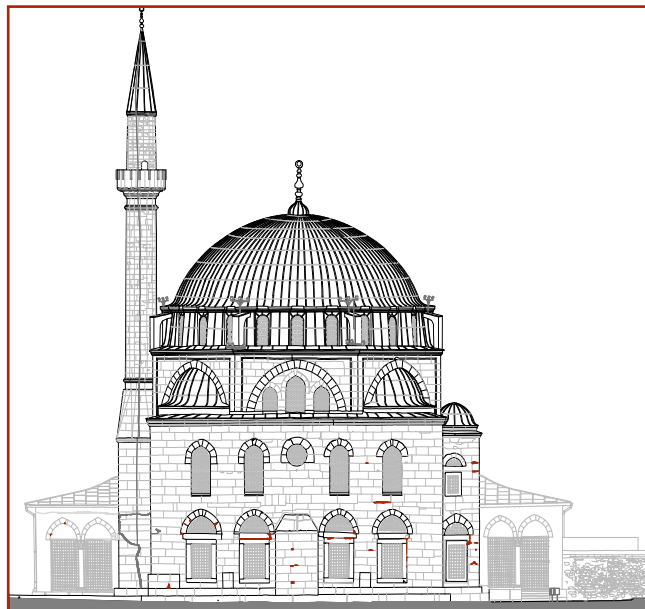
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Caduta o perdita di elementi tridimensionali.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Sulla superficie, vi sono punti localizzati dove la perdita di materiale è stata molto rilevante ed ha degenerato in una vera e propria mancanza. Tali mancanze sono diffuse sulla superficie e sono in prossimità delle aree affette da altre patologie come disgregazione, fessurazione e efflorescenze saline. Si nota che la parte della pietra che solitamente "manca" è in prossimità dei giunti, dei cornicioni, dei davanzali delle finestre e degli spigoli del basamento.

POSSIBILI CAUSE

Il manifestarsi di questa patologia è senza dubbio legato alla presenza di sali all'interno della parete e al peggioramento dei degradi già in atto. In particolare i sali contenuti all'interno creano delle subflorescenze saline, che durante i cicli di gelo e disgelo variano il loro volume, aumentando fino a esplodere in facciata, creando queste piccole lesioni. L'altra causa concatenante è la disgregazione della facciata, infatti in molti punti, a causa dell'invecchiamento naturale e dell'attacco degli agenti atmosferici, quali acqua e vento, la muratura ha perso coesione,

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo primario dell'intervento è la messa in sicurezza della superficie, al fine di evitare la perdita di ulteriore materiale. Si procederà quindi con un intervento di consolidamento con il ridare compattezza a quelle parti di materiale che hanno perso la loro coesione interna. Laddove le parti mancanti risultino ampie, si ipotizza un ripristino delle stesse con materiali coerenti alla muratura esistente. Tale intervento va eseguito contemporaneamente alla rimozione di tutte le patologie che hanno portato al verificarsi della disgregazione.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preconsolidamento delle superfici lesionate;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Eventuale ripristino delle parti mancanti,
4. Trattamento consolidante;
5. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preconsolidamento della superficie lesionata:

Questa fase avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, ha il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura.

Si impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni.

Queste deboli stuccature saranno stese dall'operatore con spatole a doppia foglia piatta o con cazzolini e dovranno essere posizionate come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale.

La malta scelta avrà un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

Sul resto della superficie si opera un preconsolidamento attraverso la nebulizzazione di miscele a base di silicato di etile

La procedura è finalizzata alla riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti

Per un'ottimale applicazione la superficie da trattare deve essere assorbente, asciutta e pulita; la

temperatura deve essere compresa fra +10 e i 25 °C. È importante non applicare su superfici esposte all'irraggiamento diretto del sole e proteggere adeguatamente le superfici non interessate al trattamento.

L'applicazione del prodotto viene effettuata a spruzzo con irroratori a bassa pressione (0,5 bar max). Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto del prodotto consolidante, in modo da raggiungere il nucleo sano della pietra.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Ripristino delle parti mancanti

Soprattutto nelle parti che interessano fra i giunti è consigliabile un intervento di ripristino, in particolare si consiglia l'impiego di una malta premiscelata in polvere da muratura, esente da cemento, composta da calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali, speciali additivi, microfibre.

Stendere il prodotto tra i conci, esercitando una leggera pressione al fine di favorire l'adesione. La malta in eccesso dovrà essere rimossa subito dopo la stesura, anche dagli elementi costruttivi della muratura. Eseguire eventualmente la spugnatura delle fughe con una spugna inumidita o con una spazzola di saggina. E' buona norma applicare la malta quando la parete da ripristinare non risulti esposta direttamente ad irraggiamento solare ed al vento. In questi casi, così come nei periodi dell'anno caratterizzati da temperature elevate e/o particolarmente ventilati, è opportuno curare la stagionatura della malta, soprattutto nelle prime 36-48 ore, nebulizzando acqua sulla superficie o impiegando altri sistemi, che impediscano la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

4. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese,

fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolubilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico.

5. Trattamento idrorepellente

Il prodotto impiegato è incolore a base di composti siliconici in acqua, caratterizzato da una elevata capacità di impregnazione. Deve essere applicato solo su supporti asciutti, in quanto la presenza di acqua ostacola la penetrazione dell'idrofobante. L'efficacia e la durata dell'effetto idrorepellente dipende dalla profondità di penetrazione dell'impregnante.

Per una distribuzione omogenea l'operatore fa uso dello spruzzatore a zaino manuale per le superfici ampie, e del pennello per assicurarsi che il prodotto entri a penetrare anche nei punti meno raggiungibili e nascosti. Protrarre l'applicazione fino a saturazione, applicando più mani in modo continuativo, bagnato su bagnato.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

Il ripristino delle parti mancanti va valutato singolarmente in modo da non alterare l'estetica complessiva della superficie. Va eseguito sempre con materiali compatibili per caratteristiche fisiche, meccaniche e di colore. Inoltre in questo caso particolare si è preferito usare una malta rimovibile, in modo da garantire la reversibilità dell'intervento.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di composti siliconici in acqua. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV.

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

Patina biologica

SI 11.1

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Ovest

TIPO DI DEGRADO:

Patina biologica

DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Strato sottile, omogeneo, costituito quasi esclusivamente da microrganismi; variabile per consistenza, colore e adesione al substrato in relazione alle condizioni ambientali.

RILIEVO FOTOGRAFICO



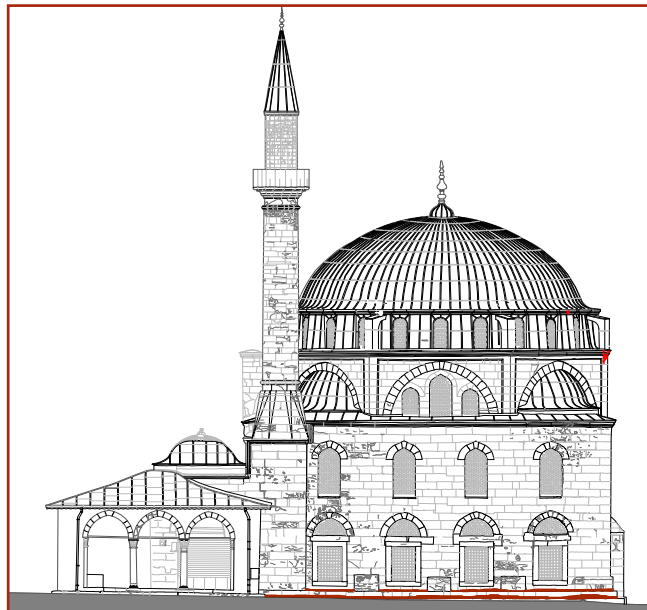
INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Il basamento della Moschea è visibilmente interessato dalla presenza di microflora, ovvero batteri e funghi. La superficie infatti è ricoperta da una patina verdino-grigiasta spessa pochi millimetri. Sui lati più in ombra, e quindi dove è presente una maggiore umidità, si nota l'aggravarsi del fenomeno. La patina sembra estendersi anche all'interno delle fessure e delle lesioni sulla pietra. Di conseguenza non si tratta solo di un caso di alterazione esteica del manufatto, ma la microflora, penetrando all'interno, sollecita meccanicamente la struttura, incrementando la decoesione del materiale.

POSSIBILI CAUSE

Lo sviluppo della microflora è favorito da condizioni al contorno caratterizzate da elevata umidità relativa e/o dalla presenza ristagnante d'acqua all'interno del materiale lapideo e nelle vicinanze del basamento, anche a causa di un malfunzionamento dell'impianto di scolo delle acque piovane (vedi scheda S.I. 09.1)

MAPPATURA DEL DEGRADO



OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la rimozione tramite biocidi della microflora. È opportuno ricordare che, l'asportazione della microflora non potrà essere considerata definitiva se, preventivamente, non sono state eliminate le cause al contorno che ne favoriscono la crescita.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Lavaggio mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Asportazione manuale della microflora;
4. Applicazione di biocidi;
5. Lavaggio mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
6. Trattamento consolidante.

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area affetta dalla presenza di microvegetazione e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza della patologia e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Asportazione manuale della microflora

Si procede inizialmente alla rimozione della patina biologica fatta tramite pulitura manuale mediante l'utilizzo di strumenti come bisturi e spazzole.

L'efficacia dei sistemi d'asportazione manuale potrà risultare limitata nel caso di superfici molto ampie,

4. Applicazione di biocida

Le sostanze biocida utilizzate dovranno essere applicate seguendo si dovranno relazionare alla natura del materiale lapideo allo scopo di evitare il danneggiamento del substrato e alterarne lo stato conservativo, in molti casi, precario.

Data l'ampiezza della superficie si è deciso di applicare il biocida a spruzzo costituito da una soluzione di sali di ammonio quaternario (Benzetonio cloruro) diluiti in acqua demineralizzata al 2-4% e preparata al momento dell'uso.

L'irrorazione deve essere eseguita con annaffiatori dotati di pompe manuali o nebulizzatori.

È consigliabile eseguire l'intervento di primavera e in autunno, in particolare nelle ore meno calde della giornata, per evitare l'evaporazione e la dispersione nell'ambiente.

L'applicazione deve avvenire inoltre in assenza di vento e di pioggia per evitare eccessive e dannose dispersioni nell'ambiente.

5. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

Effettuata l'applicazione tramite spruzzo, si procede all'asportazione del prodotto in eccesso lavaggio delle superfici interessate con acqua deionizzata, in modo da garantire la rimozione completa del prodotto.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire

direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

6. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolubilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico.

AVVERTENZE

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

E' opportuno verificare l'efficacia del biocida dopo 15-20 giorni e ripetere l'intervento per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE BIOCIDA	Soluzione incolore a base di composti silicnici in acqua ad ampio spettro, non forma film superficiali né alterazioni cromatiche.

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Ovest

TIPO DI DEGRADO:

Polverizzazione

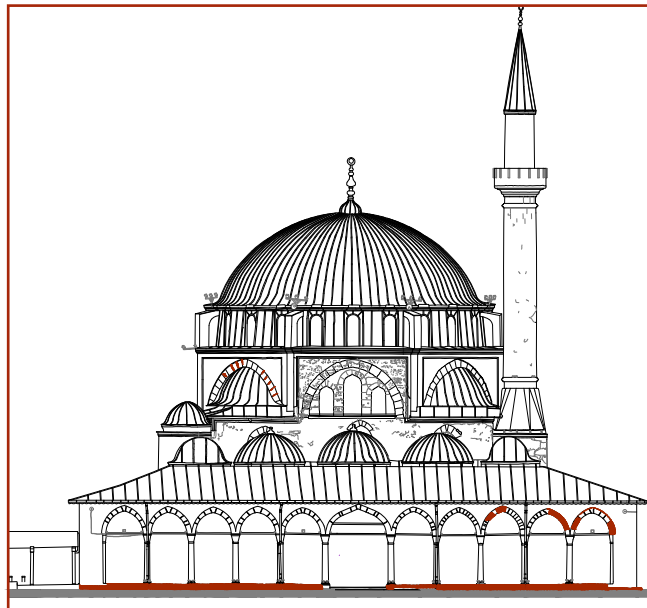
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Decoesione del materiale che si manifesta con la caduta spontanea sottoforma di polvere o granuli.

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Osservando i basamenti della Moschea si nota che la pietra che compone la muratura appare non coesa e sfarinata. Andando a toccare la superficie ci si rende conto, che applicando una lieve forza, si rimuove facilmente parte della superficie sotto forma di granuli molto piccoli. Inoltre si trovano depositi di materiale, caduto spontaneamente, in prossimità della parete. Tale patologia è l'aggravarsi della disgregazione, e si manifesta nelle parti più umide e della muratura, dove vi è una maggiore presenza di sali, o nelle parti più esposte agli agenti atmosferici.

POSSIBILI CAUSE

Tra le principali cause del manifestarsi di tale patologia vi sono l'insolazione ed il freddo che sottopongono la pietra a cicli termici che possono essere anche molto violenti, determinando un'azione di crioclastismo-termoclastismo, in altre parole la polverizzazione sul materiale lapide per effetto delle alternanze di temperatura, cui va aggiunto il fenomeno di gelo-disgelo. Un'eccessiva azione meccanica del vento che erode la parete. La polverizzazione spesso è la causa del degenerare di altre patologie, come l'efflorescenza salina, che rendono la superficie scabrosa e sfarinata, o si trova in prossimità di attacchi biologici, quali funghi e licheni che indeboliscono la pietra penetrando all'interno delle microfessure e dei pori.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di consolidare la superficie al fine di evitare ulteriori perdite di materiale. Si vuole infatti ridare compattezza a quelle parti di materiale che hanno perso la loro coesione interna. Laddove le parti mancanti risultino ampie, si ipotizza un ripristino delle stesse con materiali coerenti alla muratura esistente. Tale intervento va eseguito contemporaneamente alla rimozione di tutte le patologie che hanno portato al verificarsi della polverizzazione.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preconsolidamento delle superfici lesionate;
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Stilatura dei giunti;
4. Trattamento consolidante;
5. Trattamento idrorepellente.

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preconsolidamento della superficie lesionata:

Questa fase avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, ha il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura.

Si impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni.

Queste deboli stuccature saranno stese dall'operatore con spatole a doppia foglia piatta o con cazzolini e dovranno essere posizionate come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale.

La malta scelta avrà un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

Sul resto della superficie si opera un preconsolidamento attraverso la nebulizzazione di miscele a base di silicato di etile

La procedura è finalizzata alla riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti

Per un'ottimale applicazione la superficie da trattare deve essere assorbente, asciutta e pulita; la

temperatura deve essere compresa fra +10 e i 25 °C. È importante non applicare su superfici esposte all'irraggiamento diretto del sole e proteggere adeguatamente le superfici non interessate al trattamento.

L'applicazione del prodotto viene effettuata a spruzzo con irroratori a bassa pressione (0,5 bar max). Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto del prodotto consolidante, in modo da raggiungere il nucleo sano della pietra.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

3. Stilatura dei giunti

Il prodotto impiegato è una malta premiscelata in polvere da muratura, esente da cemento, composta da calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, sabbienaturali, speciali additivi, microfibre.

Stendere il prodotto tra i conci, esercitando una leggera pressione al fine di favorire l'adesione. La malta in eccesso dovrà essere rimossa subito dopo la stesura, anche dagli elementi costruttivi della muratura. Eseguire eventualmente la spugnatura delle fughe con una spugna inumidita o con una spazzola di saggina. E' buona norma applicare la malta quando la parete da ripristinare non risulti esposta direttamente ad irraggiamento solare ed al vento. In questi casi, così come nei periodi dell'anno caratterizzati da temperature elevate e/o particolarmente ventilati, è opportuno curare la stagionatura della malta, soprattutto nelle prime 36-48 ore, nebulizzando acqua sulla superficie o impiegando altri sistemi, che impediscano la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

4. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere.

re. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolvibilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico.

5. Trattamento idrorepellente

Il prodotto impiegato è incolore a base di composti siliconici in acqua, caratterizzato da una elevata capacità di impregnazione. Deve essere applicato solo su supporti asciutti, in quanto la presenza di acqua ostacola la penetrazione dell'idrofobante. L'efficacia e la durata dell'effetto idrorepellente dipende dalla profondità di penetrazione dell'impregnante.

Per una distribuzione omogenea l'operatore fa uso dello spruzzatore a zaino manuale per le superfici ampie, e del pennello per assicurarsi che il prodotto entri a penetrare anche nei punti meno raggiungibili e nascosti. Protrarre l'applicazione fino a saturazione, applicando più mani in modo continuativo, bagnato su bagnato.

AVVERTENZE

Le superfici da trattare con il prodotto consolidante e successivamente quello idrorepellente dovranno essere prive di polvere, solventi, detersivi, esenti da oli e da parti in distacco. Tracce di inquinanti atmosferici, muffe, efflorescenze saline o altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive consentite, al fine di non pregiudicare la penetrazione del consolidante all'interno delle porosità. Prima di procedere con l'applicazione del prodotto, si dovrà attendere che il supporto sia sufficientemente asciutto, al fine di consentire al prodotto di svolgere la sua funzione consolidante.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di composti siliconici in acqua. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

Presenza di vegetazione

SI 13.1

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

Tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Sud-Est

TIPO DI DEGRADO:

Vegetazione infestante

DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Presenza di muschi licheni e piante.

RILIEVO FOTOGRAFICO



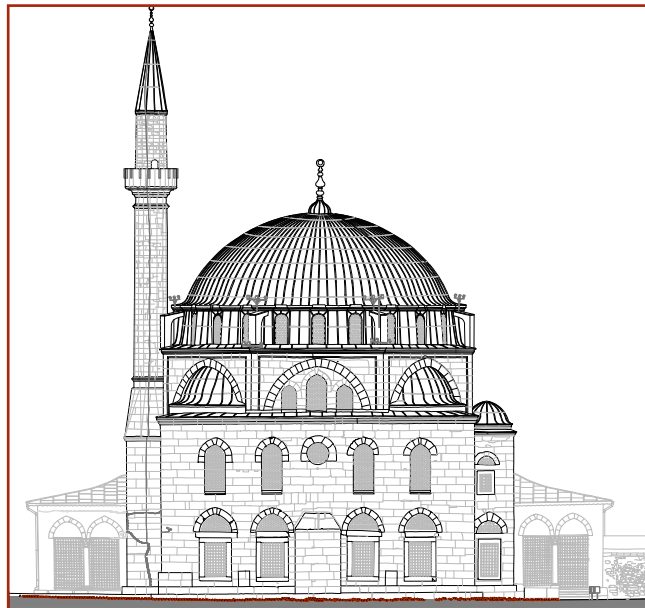
INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

In prossimità del basamento è visibile un attacco allo stesso da parte di muschi licheni e piante erbacee. La patologia si manifesta nelle zone più ombreggiate, e quindi dove il tasso di umidità è più alto.

POSSIBILI CAUSE

Lo sviluppo, sulle superfici lapidee, è favorito dalla presenza di dissesti dell'apparecchio come lesioni, cavità, interstizi ecc. all'interno dei quali si può accumulare dell'humus (formato da depositi composti da particolato atmosferico e da organismi morti); sul quale, i depositi di spore trasportate dal vento agevolano la riproduzione di alghe muschi e licheni; le alghe provocano sulla superficie un'azione meccanica corrosiva agevolando l'impianto di ulteriori micro e macroorganismi; i licheni creano fenomeni di copertura, fratturazione, decoesione e corrosione; i muschi coprono la superficie e, penetrati in profondità, svolgono un'azione meccanica di disgregazione.

MAPPATURA DEL DEGRADO



OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di rimuovere la macroflora. Ma prima di procedere con le operazioni diserbanti, in special modo quelle indirizzate alle piante infestanti, è opportuno:

- Identificare il tipo di vegetazione (erbacea o arbustiva) e la specie di pianta così da poter capire quanto profonde e resistenti potranno essere le loro radici;
- Prevedere i danni che le operazioni meccaniche di asportazione delle radici e dei semi penetrati in profondità potrebbero recare alla struttura muraria;
- Definire la reale possibilità d'intervento sulle diverse specie presenti.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preparazione del supporto;
2. Diserbo delle piante erbacee;
3. Disinfestazione da alghe muschi e licheni;
4. Lavaggio mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
5. Trattamento consolidante.

1. Preparazione del supporto:

Delimitare l'area affetta dalla presenza di licheni, muschi e piante erbacee e proteggere le zone di muratura non interessate dall'intervento con una schermatura adeguata. Effettuare una pulitura con stracci e/o scopinetti di saggina per rimuovere le tracce di sporco superficiale e gli altri eventuali residui e depositi facilmente asportabili. Inoltre è opportuno condurre un'ulteriore indagine conoscitiva al fine di individuare la causa della presenza della patologia e nel caso valutare una soluzione al fine di rimuoverla.

2. Diserbo delle piante erbacee:

L'asportazione dovrà essere preferibilmente eseguita nel periodo invernale e potrà essere fatta sia meccanicamente, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni (seghe elettriche, seghe manuali, forbici, asce, accette ecc.), sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati seguendo le indicazioni riportate nell'articolo sulle generalità.

Le due operazioni potranno coesistere nei casi in cui l'asportazione meccanica non risulterà risolutiva.

Si potrà ricorrere all'uso dei biocidi quando l'asportazione diretta delle piante (vive e con radice profonda) risulterà eccessivamente lesiva per il substrato e in situazioni d'abbandono prolungato dove le piante crescono, solitamente, rigogliose.

L'uso dei biocidi non dovrà essere fatto nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento delle superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto.

3. Disinfestazione da alghe muschi e licheni:

Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci la rimozione manuale sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione.

L'uso dei biocidi potrà essere in alternativa o in correlazione alla rimozione meccanica utilizzandoli, sia

nello specifico della patologia da rimuovere sia a vasto raggio d'azione; l'applicazione sarà eseguita a spruzzo nelle parti più estese e a pennello nei punti localizzati.

Per un'efficace per l'asportazione di alghe, muschi e licheni si prevede l'utilizzo di biocidi ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi (l'operazione dovrà essere ripetuta a distanza di 24 ore fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali), formaldeide in soluzione acquosa 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica; trascorso un tempo variabile tra i 5-15 giorni dall'ultimo trattamento biocida si procederà all'asportazione delle patine biologiche e depositi humiferi (i quali si manifesteranno fragili, ingialliti, secchi e/o polverulenti) mediante spazzolatura con spazzole di saggina. Inoltre, nello specifico, possiamo ricorrere a biocidi come alghicidi e lichenicidi; gli alghicidi comprendono prodotti tra i quali derivati del fenolo, sali di ammonio quaternario, composti organo metallici ecc. utilizzati sotto forma di soluzione o dispersioni acquose (in concentrazione tra 1% e il 10%); i lichenicidi comprendono i sali di ammonio quaternario e gli enzimi proteolitici, questi biocidi sono solubili in acqua e applicati in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%).

4. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

Effettuata l'applicazione tramite spruzzo e trascorso un tempo di 5-15 giorni, si procede all'asportazione delle patine tramite spazzolatura con spazzole di saggina e un successivo lavaggio delle superfici interessate con acqua deionizzata, in modo da garantire la rimozione completa del prodotto.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

5. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi".

AVVERTENZE

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

ELEMENTI DI GIUDIZIO

E' opportuno verificare l'efficacia del biocida dopo 15-20 giorni e ripetere l'intervento per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
SPAZZOLE DI SAGGINA	-
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE BIOCIDA	Soluzione incolore a base di composti silicici in acqua ad ampio spettro, non forma film superficiali né alterazioni cromatiche.

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

UNITÀ TECNOLOGICA:

CV 01-Chiusura verticale

MATERIALE:

tufo

LOCALIZZAZIONE:

Prospetto Nord-Est

TIPO DI DEGRADO:

Scagliatura

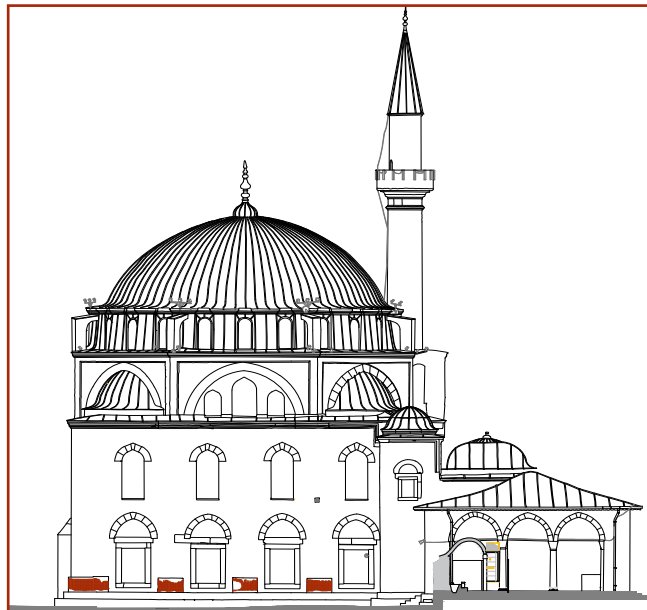
DEFINIZIONE (NORMAL 1/88):

Distacco di parti di forma irregolare e spessore consistente e non uniforme, dette scaglie, spesso in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario

RILIEVO FOTOGRAFICO



MAPPATURA DEL DEGRADO



INDICAZIONI SULLO STATO DI FATTO

Si manifesta con il distacco di scaglie di forma irregolare, di dimensione di qualche centimetro accentuato, soprattutto, in corrispondenza dei margini dei blocchi che rappresentano le porzioni di maggiore resistenza.

Va sottolineato che, anche in questo caso, che comportano il continuo distacco di materiale dalla superficie, è favorita la proliferazione di organismi.

POSSIBILI CAUSE

La scagliatura, come la disgregazione, si manifesta nei punti più esposti agli agenti atmosferici. Inoltre il fenomeno è accentuato dalla cristallizzazione dei sali all'interno della superficie. Infatti tale patologia colpisce le zone più umide. Come si vede dalla foto a lato, si localizza in presenza del basamento.

OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di consolidare la superficie al fine di evitare ulteriori perdite di materiale. Si vuole infatti ridare compattezza a quelle parti di materiale che hanno perso la loro coesione interna. Laddove le parti mancanti risultino ampie, si ipotizza un ripristino delle stesse con materiali coerenti alla muratura esistente. Tale intervento va eseguito contemporaneamente alla rimozione di tutte le patologie che hanno portato al verificarsi della disgregazione.

DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

1. Preconsolidamento delle superfici lesionate
2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata;
3. Ristilatura dei giunti
4. Trattamento consolidante
5. Trattamento idrorepellente

PROTOCOLLO OPERATIVO

1. Preconsolidamento della superficie lesionata:

Questa fase avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, ha il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura.

Si impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni.

Queste deboli stuccature saranno stese dall'operatore con spatole a doppia foglia piatta o con cazzolini e dovranno essere posizionate come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale.

La malta scelta avrà un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

Sul resto della superficie si opera un preconsolidamento attraverso la nebulizzazione di miscele a base di silicato di etile

La procedura è finalizzata alla riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti

Per un'ottimale applicazione la superficie da trattare deve essere assorbente, asciutta e pulita; la

temperatura deve essere compresa fra +10 e i 25 °C. È importante non applicare su superfici esposte all'irraggiamento diretto del sole e proteggere adeguatamente le superfici non interessate al trattamento.

L'applicazione del prodotto viene effettuata a spruzzo con irroratori a bassa pressione (0,5 bar max). Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto del prodotto consolidante, in modo da raggiungere il nucleo sano della pietra.

2. Pulitura mediante spray a bassa pressione di acqua deionizzata:

In questa fase l'operatore deve spruzzare sulla superficie interessata l'acqua deionizzata.

L'azione dell'acqua, proveniente da normali ugelli rimuove, tramite l'azione meccanica dovuta all'impatto delle gocce d'acqua sulla superficie, sia il particolato atmosferico depositato che allontanare i residui delle parti già trattate.

Gli ugelli sono montati su tubi di plastica o metallo, così da permettere all'operatore di disporre di più ugelli contemporaneamente. La distanza fra due ugelli deve essere tale da garantire un'omogenea bagnatura della superficie. Gli ugelli devono essere opportunamente inclinati in modo da non colpire direttamente la superficie.

Essendo il tufo una pietra porosa, è opportuno procedere a lavaggi di breve durata (30-40'), in modo da evitare un'eccessiva impregnazione della pietra e lasciare il tempo che eventuali sali solubili presenti nella pietra migrino in superficie.

Al termine di ogni ciclo con acqua, quando la superficie è ancora bagnata, la pulitura può essere agevolata da una blanda spazzolatura della superficie con spazzole di saggina.

La pulitura non deve essere mai condotta nei periodi invernali e generalmente quando la temperatura dell'ambiente scende al di sotto dei 10°C per evitare un possibile degrado da gelo/disgelo e velocizzare i tempi di evaporizzazione dell'acqua.

2. Ristilatura dei giunti

Il prodotto impiegato è una malta premiscelata in polvere da muratura, esente da cemento, composta da calce idraulica naturale ed Eco-Pozzolana, sabbie naturali, speciali additivi, microfibre.

Stendere il prodotto tra i conci, esercitando una leggera pressione al fine di favorire l'adesione. La malta in eccesso dovrà essere rimossa subito dopo la stesura, anche dagli elementi costruttivi della muratura. Eseguire eventualmente la spugnatura delle fughe con una spugna inumidita o con una spazzola di saggina. E' buona norma applicare la malta quando la parete da ripristinare non risulti esposta direttamente ad irraggiamento solare ed al vento. In questi casi, così come nei periodi dell'anno caratterizzati da temperature elevate e/o particolarmente ventilati, è opportuno curare la stagionatura della malta, soprattutto nelle prime 36-48 ore, nebulizzando acqua sulla superficie o impiegando altri sistemi, che impediscano la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

4. Trattamento consolidante

Il prodotto impiegato è di tipo reversibile, a base di copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, caratterizzato da un elevato potere di penetrazione nei supporti porosi e da un'eccellente resistenza sia agli alcali che ai raggi ultravioletti.

Le ridottissime dimensioni molecolari del copolimero permettono di utilizzare il prodotto anche per consolidare supporti con porosità di dimensioni molto piccole.

Il prodotto è applicato a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. La superficie da trattare non deve essere sottoposta a irraggiamento solare, al gelo e vento. Il trattamento solitamente viene eseguito partendo dalla zona superiore della superficie da consolidare, scendendo verso il basso.

L'applicazione deve essere eseguita in più riprese, fresco su fresco, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere.

re. Per modulare e definire la profondità di penetrazione del prodotto, sarà opportuno eseguire preventivamente delle prove in cantiere. Durante tali prove, si dovrà attentamente controllare che non vengano occluse completamente le porosità a causa di un eccessivo apporto di sostanza attiva; in tal caso la superficie potrebbe "macchiarsi". Qualora si dovesse verificare tale condizione, è possibile rimuovere l'eccesso di prodotto, mediante impacchi, risolvibilizzando la sostanza attiva con una o due mani di solvente specifico.

5. Trattamento idrorepellente

Il prodotto impiegato è incolore a base di composti siliconici in acqua, caratterizzato da una elevata capacità di impregnazione. Deve essere applicato solo su supporti asciutti, in quanto la presenza di acqua ostacola la penetrazione dell'idrofobante. L'efficacia e la durata dell'effetto idrorepellente dipende dalla profondità di penetrazione dell'impregnante.

Per una distribuzione omogenea l'operatore fa uso dello spruzzatore a zaino manuale per le superfici ampie, e del pennello per assicurarsi che il prodotto entri a penetrare anche nei punti meno raggiungibili e nascosti. Protrarre l'applicazione fino a saturazione, applicando più mani in modo continuativo, bagnato su bagnato.

AVVERTENZE

Le superfici da trattare con il prodotto consolidante e successivamente quello idrorepellente dovranno essere prive di polvere, solventi, detersivi, esenti da oli e da parti in distacco. Tracce di inquinanti atmosferici, muffe, efflorescenze saline o altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive consentite, al fine di non pregiudicare la penetrazione del consolidante all'interno delle porosità. Prima di procedere con l'applicazione del prodotto, si dovrà attendere che il supporto sia sufficientemente asciutto, al fine di consentire al prodotto di svolgere la sua funzione consolidante.

MATERIALI IMPIEGATI	SPECIFICHE TECNICHE
ACQUA DEIONIZZATA	L'acqua impiegata è deionizzata, e va ottenuta attraverso deionizzatori costituiti di colonne contenenti resine a scambio ionico; la conducibilità dell'acqua, misurata con un conduttimetro si attiene attorno ai $3.5 \mu\text{S cm}^{-1}$.
PRODOTTO CONSOLIDANTE	Prodotto copolimeri vinilversatici in miscela idroalcolica, i in fase solvente incolore che ristabilisce la resistenza meccanica originaria del materiale lapideo.
IMPREGNANTE PROTETTIVO	Soluzione incolore a base di composti siliconici in acqua. Il prodotto forma una protezione invisibile, ha una buona penetrazione nel supporto, non altera la permeabilità al vapore e resiste ai raggi UV

MANODOPERA	Ordinaria.
ATTREZZATURA	Specializzata

RINGRAZIAMENTI

La Fabbrica della Moschea è il risultato di un lungo percorso, segnato da una continua collaborazione accademica, con professori, collaboratori e compagni di corso, pertanto il nostro più sincero ringraziamento va a tutti coloro che hanno saputo guidarci e consigliarci durante lo sviluppo del lavoro di tesi, accompagnandoci nella crescita professionale e personale. In particolare rivolgiamo un sincero ringraziamento:

alla nostra relatrice Prof.ssa Elisabetta Rosina, che ci ha guidate con entusiasmo, competenza e dedizione, dimostrandoci fiducia e disponibilità, spronandoci ad ogni difficoltà;

al Prof. Dr. Emre Kishali, coordinatore del Workshop, per la sua ospitalità in Turchia, per il materiale fornitoci e per avere risolto ogni nostro dubbio nonostante la distanza;

al Prof. Piero Poggioli per i preziosi consigli in merito ad ogni aspetto progettuale e compositivo e per averci spronato a riflettere su ogni tematica inerente l'architettura, rendendoci più consapevoli di ogni nostro gesto progettuale;

all'Arch. Alessia Silveti, nostra compagna di viaggio in Turchia, che ci ha seguito con costanza e dedizione nel progetto di rilievo e di intervento conservativo;

al Prof. Marco Imperadori per la sua gentilezza, per avere creduto in noi e per i consigli che ci hanno orientato a definire le strategie progettuali;

al Prof. Matteo Colombo per averci affiancato nel progetto tecnico e strutturale, indirizzandoci verso le scelte più appropriate in questo ambito;

al Prof. Jonathan Spodek e ai suoi studenti della Ball State University per avere partecipato con noi al Workshop e avere condiviso idee, proposte progettuali ed esperienze;

agli studenti della Kocaeli University, e a tutti coloro che hanno partecipato al workshop, che ci hanno accolto e guidato lungo le strade di Izmit e per avere condiviso le loro esperienze con noi.

Chiara e Laura

