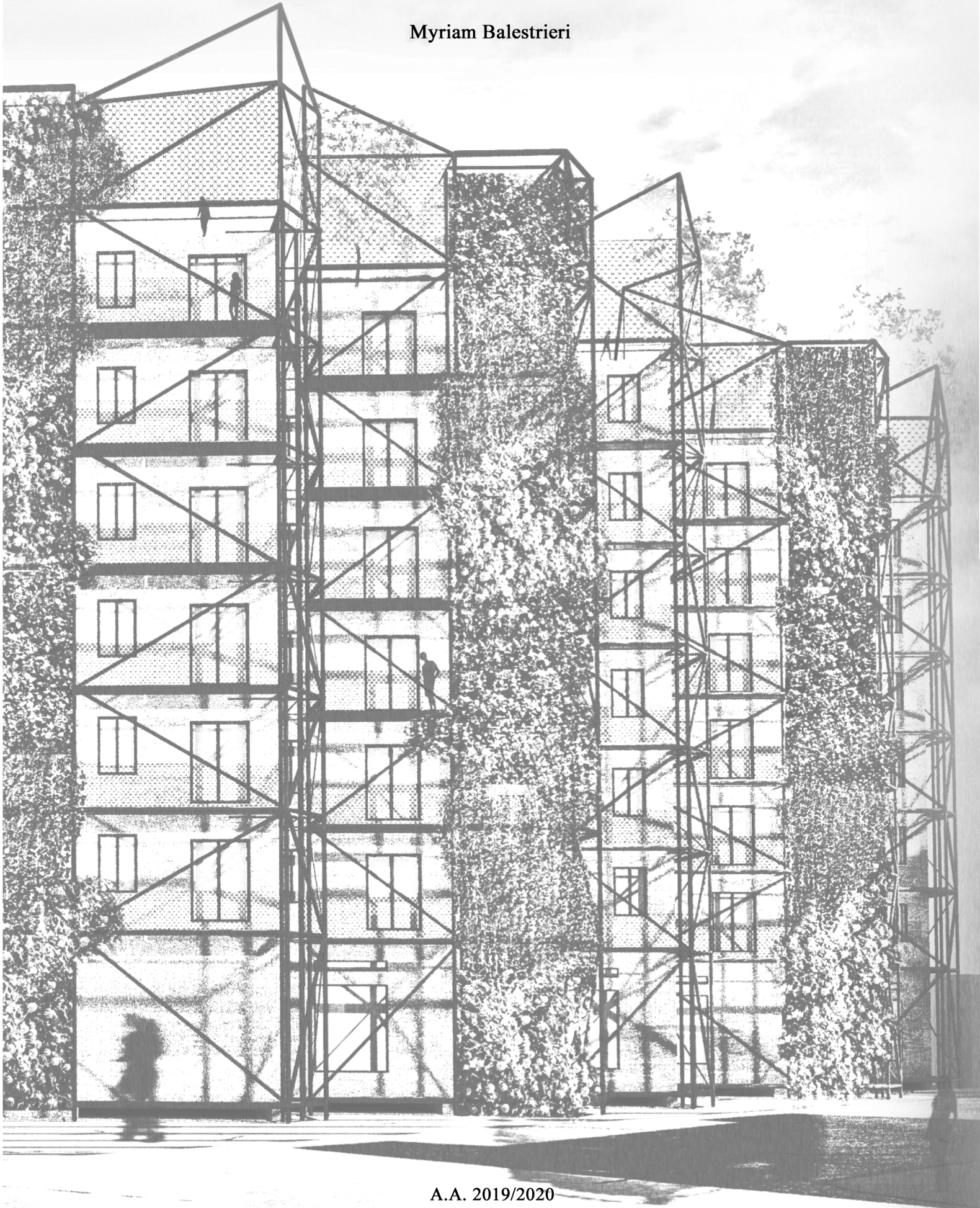
L'esoscheletro come soluzione di adeguamento sismico, recupero e valorizzazione dell'opera dell'Architetto Marone Marcelletti in Civitanova Marche.

Myriam Balestrieri



A.A. 2019/2020

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto sostenibile
A.A. 2019/2020

Myriam Balestrieri

L'esoscheletro come soluzione di adeguamento sismico, recupero e valorizzazione dell'opera dell'Architetto Marone Marcelletti in Civitanova Marche.

Relatore:
Prof. Ing. Giuseppe Ferro

Candidato:
Myriam Balestrieri

Correlatori:
Arch. Luciana Restuccia
Ing. Lucrezia Martelli
Arch. Mario Montalboddi

Ai miei genitori
e a mia sorella

"-Quanto manca alla vetta?
-Tu sali e non pensarci."

Friedrich Wilhelm Nietzsche

ABSTRACT

Nell'ultimo ventennio l'Italia ha subito una crisi finanziaria tale da impattare i maggiori settori economici esistenti nel nostro paese, tra cui quello edilizio, costringendo spesso alla scarsa manutenzione del costruito e perfino all'abbandono dell'edilizia urbana, fatte salve, ovviamente, le esigenze improcrastinabili. Tale situazione ha provocato un incremento del gap sociale e urbano all'interno dei quartieri e, in senso più lato, all'interno delle città. E' noto, infatti, che il 36,6% delle abitazioni del Paese (11,6 milioni di unità immobiliari) ha più di 40 anni di vita ed è soggetta a scarsa cura [1].

In questo studio si vogliono proporre una elaborazione concettuale e un modus operandi alternativo, dove riqualificare non significa demolire e dove i vantaggi funzionali superano di gran lunga l'investimento economico.

Si dimostrerà come, in epoca moderna, la riqualificazione di un edificio deve rispettare non solo il punto di vista meramente architettonico ma, anche, come l'attenzione debba essere volta alla "sostenibilità" degli interventi rispetto all'edilizia preesistente; fra gli scopi del lavoro, infatti, vi sarà altresì quello di individuare e sviluppare, in maniera accurata, le varie componenti economiche e sociali collegate, imprescindibili da una visione organica e moderna dell'architettura.

Si documenterà che il fabbricato oggetto di studio, che accoglie un cospicuo numero di famiglie e che rappresenta un punto "focale" per la comunità dell'area, potrà, grazie a questo intervento, divenire un punto di riferimento anche per altri complessi residenziali, e non solo, dalle caratteristiche affini.

L'edificio attualmente mostra deficienze strutturali che necessitano di ripristino, tuttavia le "classiche" procedure di salvaguardia si mostrerebbero gravate da costi di manodopera e di materiali ingenti, oltretutto con conseguenze estremamente inquinanti e secondari effetti nocivi sull'ambiente. L'intervento proposto, viceversa, ha lo scopo di risolvere le problematiche di ristrutturazione mediante il "**sistema strutturale ad esoscheletro**".

Questo sistema si mostra in grado di affrontare, in maniera efficace e tecnologicamente avanzata, una problematica importante non solo per il contesto in analisi, ma anche per i numerosi casi analoghi che si riscontrano in Italia, meritevoli di recupero architettonico. Le severe problematiche di natura estetica e strutturale che interessano l'edificio oggetto di studio porterebbero perfino a considerare la sua eventuale demolizione, con conseguente dispendioso investimento di costi ed energie. Questo complesso, difatti, come altri numerosi analoghi sul territorio

italiano, ha subito nel corso del tempo fenomeni di abbandono e declino strutturale ed estetico con inevitabili ripercussioni sull'armonia urbana. Ma è intuitivo che in periodi di recessione economica come l'attuale, dove la costruzione di nuovi edifici è sempre meno frequente, investire tramite opere sicure a basso impatto ambientale e con costi relativamente contenuti rappresenta la soluzione reale e funzionale dove correttamente possono coniugarsi estetica, interessi economici, innovazione costruttiva e salvaguardia ambientale.

L'esoscheletro strutturale che si ha intenzione di applicare all'edificio oggetto dello studio sito in Civitanova Marche, oltre a fornire la funzione di sostegno e a irrigidire la struttura in calcestruzzo armato del complesso residenziale, assume una configurazione caratteristica, con una forte valenza iconica, tale da assumere un ruolo rappresentativo per l'area interessata, con la potenzialità di diventare un vero e proprio *landmark* e un punto di interesse vitale e distinguibile collocato nelle adiacenze dell'accesso da Sud della città, e verrà pertanto denominato come *"La porta del lungomare sud"*.

INDICE

Abstract

Indice

Indice delle figure

Introduzione……1

Capitolo 1: Civitanova Marche……...7

Capitolo 2: Il caso studio……10

2.1 L'architetto……..10

2.2 L'architettura del '900 maceratese……...14

2.3 Inquadramento territoriale e storico……20

2.4 Analisi del sito: l'azione sismica……..25

2.5 Dati climatici e irraggiamento solare……...30

Capitolo 3: Il progetto originale-Stato di fatto……36

Capitolo 4: Le criticità e gli obbiettivi……...46

4.1 La vulnerabilità degli edifici del dopoguerra……...46

4.2 I Principali fenomeni di degrado……49

4.3 Gli interventi di conservazione più comuni……53

4.4 Manutenzione smart……55

Capitolo 5: La struttura esistente……..58

Capitolo 6: L'esoscheletro……. 68

6.1 Le tipologie……..70

6.2 L'architettura adattabile…….. 72

6.3 La trasversalità del processo……73

Capitolo 7: La normativa attuale……..75

7.11 Metodi di analisi……80

Capitolo 8: La proposta di esoscheletro……83

8.1 La tipologia 1……...85

8.2 La tipologia 2……...87

Capitolo 9: Il procedimento di analisi……...89

9.1 Il software adottato: Robot Structural Analisys……...89

9.2 La modellazione……..90

9.3 I parametri adottati……...91

Capitolo 10: L'analisi……92

10.1 La struttura esistente……..94

10.2 La struttura con esoscheletro tipologia 1……99

10.3 La struttura con esoscheletro tipologia 2……..104

Capitolo 11: L'elaborazione finale……..109

11.1 Incentivazione dell'intervento: l'ECOBONUS 2020……..110

11.2 Riferimenti progettuali……113

11.3 Gli elaborati del progetto finale...……123

11.4 Alcune suggestioni……..138

Conclusione……...142

Ringraziamenti

Bibliografia

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1 Waste generation by economic activities and households, 2016 (%)…….1

Fig 2-3. Localizzazione area di studio……...7

Fig 4. Abitanti censiti- Statistiche ISTAT…….8

Fig 5. Marone Marcelletti [28]……10

Fig 6-7. Casa Marcelletti- Perugini (Disegno Archivio Marone Marcelletti) [28]……...17

Fig 8-9. Palazzo Giudiziario, 1967 (Disegno Archivio Marone Marcelletti) [28]……...18

Fig 10. Localizzazione area studio nel contesto urbano…….....19

Fig 11. Gli edifici progettati dall'architetto Marcelletti nei pressi della zona stadio……20

Fig 12. Vista del caso studio che predomina il lungomare sud di Civitanova……21

Fig 13. Masterplan scala 1:1000……..22

Fig 14. Pericolosità sismica nella regione Marche [5]……25

Fig 15. Classificazione delle zone sismiche nelle Marche, 2003 [5]……..26

Fig 16. Vulnerabilità sismica degli edifici nella regione Marche nel 2001 [5]…...27

Fig 17. Grafico delle temperature medie annuali (www.weather-and-climate.com).....29

Fig 18. Grafico delle temperature medie annuali (www.weather-and-climate.com).....29

Fig 19. Percorso solare……30

Fig 20. Ombreggiamento gennaio ore 9:00……..31

Fig 21. Ombreggiamento giugno ore 9:00……31

Fig 22. Ombreggiamento gennaio ore 12……32

Fig 23. Ombreggiamento giugno ore 12……...32

Fig 24. Planimetria primo solaio edificio "scalare" (Archivio Marone Marcelletti)……...36

Fig 25. Sezione edificio "scalare (Archivio Marone Marcelletti)……37

Fig 26. Sezione edificio "scalare (Archivio Marone Marcelletti)……37

Fig 27. Planimetria primo solaio edificio commerciale (Archivio Marone Marcelletti)……...38

Fig 28. Planimetria solaio tipo edificio "stellare" (Archivio Marone Marcelletti)…39

Fig 29. Sezione edificio "stellare" (Archivio Marone Marcelletti)……...39

Fig 30. Prospetto est del complesso (Archivio Marone Marcelletti)……40

Fig 31. Prospetto nord del complesso (Archivio Marone Marcelletti)……41

Fig 32. Visuale da Viale Vittorio Veneto……42

Fig 33. Vista da Largo Italia…….42

Fig 34. Vista da Lungomare Piermanni……43

Fig 35. Vista da Largo Italia…….43

Fig 36. Palazzo "scalare"…….44

Fig 37. Palazzo "stellare"…….44

Fig 38. Abitazioni per anno di costruzione (elaborazione ISTAT 2001)……45

Fig 39. Degrado del rivestimento nel palazzo "scalare" (foto del 2016)……49

Fig 40. Degrado del rivestimento nel palazzo "scalare" (foto del 2016)……49

Fig 41. Infiltrazioni di acqua nelle coperture piane bituminose……..50

Fig 42. Cedimento dei materiali e dei balconi nell'edificio scalare (foto del 2016)……51

Fig 43. Macchie e cedimento degli intonaci nell'edificio "stellare "……..52

Fig 44. Planimetria basamento quota -1,7 m……...59

Fig 45. Planimetria primo solaio quota +0,45 m…….60

Fig 46. Planimetria piano tipo…….61

Fig 47. Prospetto est……62

Fig 48. Prospetto nord…….63

Fig 49. Prospetto ovest……64

Fig 50. Prospetto sud……...65

Fig 51. Veduta prospettica d'insieme……..66

Fig 52. Rappresentazione concettuale dell'esoscheletro strutturale ingegnerizzato. L'immagine mostra gli effetti benefici, sia diretti che indiretti, dell'integrazione delle misure strutturali di sicurezza in una soluzione "tradizionale" a doppia pelle strutturale. [9]……...68

Fig 53. Possibili soluzioni di rinforzo strutturale: soluzione a parete e a guscio. [9]…….69

Fig 54. Configurazioni per edifici alti [29]…….70

Fig 55. Processo del ciclo di vita di un prodotto [27]…….73

Fig 56: Tabella probabilità di superamento del periodo di riferimento per i vari stati limite [15]…….76

Fig 57. Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato [15]……..77

Fig 58. Categorie topografiche [15]……78

Fig. 59-60 Struttura con esoscheletro tipologia 1……85

Fig. 61-62. Struttura con esoscheletro tipologia 2……..…87

Fig. 63 Modello analitico da Robot – Vista assonometrica…….94

Fig. 64-65 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)…….96

Fig. 66-67 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)…….97

Fig. 68-69 Terzo modo di vibrare (torsione)……...98

Fig. 70 Modello analitico da Robot - Vista assonometrica…….99

Fig. 71-72 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)……...101

Fig. 73-74 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)……...102

Fig. 75-76 Terzo modo di vibrare (torsione)……103

Fig. 77 Modello analitico da Robot – Vista assonometrica……...104

Fig. 78-79 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)……...106

Fig. 80-81 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)……...107

Fig. 82-83 Terzo modo di vibrare (torsione)……108

Fig 84-85. Facciata principale e retrostante dell'edificio della Banque du Liban a Beirut [38]……..112

Fig 86-87. Facciata esterna a doppia pelle dell'edificio Oficinas Corporativas KMC [32]……...114

Fig 88-89. Torre Unipol Sai con copertura-giardino……116

Fig 90-91. Magneti Marelli, intervento di adeguamento sismico dopo il sisma del 2012. [3]……118

Fig 92-93. Bamboo Forest dell'Architetto Thibaut Deprez……..120

Fig 94. Fotoinserimento del progetto dell'edificio "scalare"……127

Fig 95. Planimetria fondazioni quota -1,7…...……..129

Fig 96. Planimetria primo solaio quota +0,45…...……..130

Fig 97. Planimetria piano tipo ……..130

Fig 98. Vista da Viale Vittorio Veneto…..……..132

Fig 99. Prospetto ovest……...……133

Fig 100. Sezione lato sud……134

Fig 101. Sezione lato nord……..134

Fig 102. Porzione facciata……..135

Fig 103. Veduta su lato sud……136

Fig 104. Veduta ravvicinata lato nord……137

Fig 105. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Zaha Hadid (disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)……..138

Fig 106. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Mario Cucinella (disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)……..139

Fig 107. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Renzo Piano (disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)……..140

Fig 108. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Daniel Libeskind (disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)……..141

INTRODUZIONE

In Italia il 33% dei rifiuti proviene da opere di demolizione e ricostruzione. [2] Questa affermazione si riferisce a tutte quelle operazione di demolizione, scavo, trasporto di materiali, lavorazioni e smaltimento che nel nostro Paese avvengono normalmente come intervento ricostruttivo di fronte a edifici datati, mal funzionanti, e di scarso valore estetico o architettonico.

Fig. 1 Waste generation by economic activities and households, 2016 (%)

	Mining and quarrying	Manufacturing	Energy	Construction and demolition	Other economic activities	Households
EU-28	25	10	3	36	16	8
Belgium	0	23	1	31	36	8
Bulgaria	82	3	8	2	3	2
Czechia	1	18	4	40	23	14
Denmark	0	5	4	58	16	17
Germany	2	14	3	55	17	9
Estonia	26	37	25	5	6	2
Ireland	16	35	2	10	28	10
Greece	78	6	4	1	4	7
Spain	16	11	3	28	26	17
France	1	7	0	69	14	9
Croatia	12	8	2	24	31	22
Italy	0	17	2	33	29	18
Cyprus	5	33	0	36	10	16
Latvia	0	19	11	4	30	34
Lithuania	1	41	2	8	32	17
Luxembourg	0	7	0	75	11	6
Hungary	1	17	16	23	25	18
Malta	8	1	0	69	13	8
Netherlands	0	10	1	70	13	6
Austria	0	9	1	73	10	7
Poland	39	17	11	10	18	5
Portugal	3	17	1	12	35	33
Romania	87	4	4	0	3	2
Slovenia	0	26	14	10	38	12
Slovakia	3	32	9	9	29	18
Finland	76	8	1	11	3	1
Sweden	77	4	1	7	7	3
United Kingdom	6	4	0	49	30	10
Iceland	0	25	0	4	31	40
Liechtenstein	3	2	0	88	1	5
Norway	3	14	2	27	32	22
Montenegro	19	2	18	37	10	13
North Macedonia	49	51	0	0	0	0
Serbia	79	3	12	1	2	3
Turkey	11	:	26	:	:	37
Bosnia and Herzegovina (1)	2	27	71	0	0	0
Kosovo (2)	14	20	40	6	10	11

Questa modalità operativa appartiene sicuramente a epoche socialmente ed economicamente diverse dall'attuale, quando le risorse materiali ed economiche mostravano maggiore disponibilità e quando più concreta e realizzabile appariva la possibilità di costruire edifici ed espandere città; una visione progettuale ed operativa così semplicistica non può più appartenere alla società odierna per quella serie di problematiche "nuove" che le generazioni attuali si trovano ad affrontare riguardo la salvaguardia dell'ambiente, la limitazione dei consumi e l'utilizzo ottimale delle

risorse, e che già in altri Paesi europei, da tempo, è mutato, e in cui deve prevalere l'ottica di *recuperare* gli edifici puntando al loro "miglioramento" fino ad ottenere una vera e propria riqualificazione dei quartieri e, financo, delle città.

E' evidente come la maggior parte del patrimonio immobiliare italiano risalga all'epoca del dopo-guerra, a quegli anni in cui la ripresa economica e sociale ha favorito complessi edilizi di notevoli dimensioni, costruiti in tempi rapidi, allo scopo di accogliere il maggior numero di persone possibile e in grado, pertanto, di fronteggiare la massiccia urbanizzazione della popolazione soprattutto di provenienza rurale che, realizzando una vera e propria diaspora dalle campagne, si è volta, negli anni del boom economico degli anni '60 e '70, verso le città richiedendone uno sviluppo rapido e mastodontico.
Il fenomeno d'urbanizzazione fu davvero consistente: negli anni Cinquanta circa il 70% dei comuni di tipo rurale perde popolazione, che viceversa si riversa in quelli urbani, la popolazione dei capoluoghi provinciali cresce costantemente e su 92 province solo 19 hanno un saldo migratorio positivo, tra l'altro sette di esse acquisirono quasi il 90% dell'incremento della popolazione italiana. [3]

La ricostruzione edilizia a partire dall'epoca post-bellica è proseguita negli anni del boom è quella più visibile oggi nelle nostre città, tuttavia c'è da sottolineare che in quei decenni scarse erano le infrastrutture di sicurezza e raramente eseguite le analisi di stabilità.

Molti degli edifici costruiti in quell'arco di anni sono sostanzialmente figli della "speculazione" edilizia. La natura speculativa della costruzione ha fatto sì che, spesso, il fabbricato, sia nelle componenti strutturali che nell'impiantistica, aderisse solo minimamente ai parametri normativi in vigore all'epoca. Se si pensa che le "norme" costruttive hanno cominciato ad essere più rigidamente "codificate" dagli anni '80 in poi, è evidente che in molti casi ci si trova di fronte a strutture che se progettate oggi avrebbero, ad esempio, una quantità maggiore di controlli e verifiche necessarie per essere conformi alla normativa nazionale. [4]

Gli edifici di quel periodo mostrano, spesso, valore architettonico scarso se non nullo laddove, anche la qualità dei materiali impiegati, si è mostrata di basso livello e che pertanto, oggi, a distanza di decenni, giustificano lo stato di decadimento strutturale, fino al rischio di crollo, e funzionale, che ne disincentiva l'abitazione con conseguenti e significative ripercussioni anche sociali rappresentando per le città ambiti di abusivismi, emarginazione, criminalità oltre che degrado estetico.

Proprio queste considerazioni hanno innescato il processo di elaborazione di questa Tesi che mira a dimostrare come si possano realizzare compiutamente i concetti di salvaguardia e modernizzazione del patrimonio edilizio preesistente e dove il *recupero* rappresenti il "gold" standard qualitativo applicabile alla maggior parte delle città italiane.

Civitanova Marche è una città di 42.476 abitanti situata sulla costa marchigiana, che, fin dal secondo dopoguerra, ha mostrato in questo territorio regionale una forte tendenza allo sviluppo urbano e territoriale, grazie alla presenza del porto, e dell'indotto ad esso associato, degli snodi viari e ferroviari e delle molteplici e fiorenti attività industriali, ad esempio collegate all'attività calzaturiera, ma non solo, che sono sorte a partire dagli anni '60. [5]

Infatti la città di Civitanova, posizionata come terminale territoriale della vallata del fiume Chienti, dall'inizio della sua crescita si è caratterizzata per la considerevole presenza di insediamenti produttivi, sorti in corrispondenza dell'asse stradale parallelo al fiume, che si è rafforzata ulteriormente nel tempo, raggiungendo un'influenza economica e produttiva anche verso la regione Umbria.

Nei decenni fra gli anni '60 e gli anni '80, accanto allo sviluppo economico si manifestò un massiccio incremento demografico, e così poi la necessità di disporre di edifici di dimensioni cospicue progettati per far fronte all'esigenza del periodo e che spesso si sono affiancati a quel costruito tipicamente "*marinaro*", minuto e povero, tipico di questa città abitata in epoche precedenti principalmente da pescatori.
Tale contrasto stridente appare ben visibile tutt'oggi aggirandosi fra i vicoli del centro storico ove alcune di queste "*casupole storiche*" sono sormontate da pachidermici edifici spesso privi di personalità architettonica. [6]

Tuttavia soffermandosi sull'architettura di quei periodi e facendo una ricerca su quali fossero stati i primi complessi residenziali costruiti, è inevitabile imbattersi nel nome di un Architetto che ha vissuto quegli anni come un'opportunità per la propria carriera da progettista: Marone Marcelletti (1917-1981).

E' interessante approfondire questa figura di un artista poliedrico per comprendere attraverso la sua architettura il modo dell'epoca di conciliare nella costruzione i temi della funzionalità, delle tempistiche, dell'economia, e dell'estetica, con i quali ha poi definito un suo stile che ancora oggi si distingue nel territorio marchigiano.

L'oggetto di studio di questa tesi è appunto un complesso residenziale dell'Arch. Marcelletti costituito da due edifici multipiano chiamati rispettivamente *"stellare" e "scalare"* addossati a un corpo centrale di un solo piano fuori terra destinato ad attività commerciali presente a Civitanova Marche, collocato nella zona stadio della città.

Costruito nel 1968 lo stabile non ha subito variazioni o ristrutturazioni negli anni, e il suo aspetto e configurazione sono sempre rimasti gli stessi, tanto che ad oggi il degrado dei materiali, dei rivestimenti e delle strutture lo affligge in maniera considerevole, riservandogli in tal modo la definizione di edificio vetusto e di scarso valore architettonico.
Dopo un'analisi approfondita dell'area, del complesso e della sua struttura, è stato necessario elaborarne tramite software un modello per il calcolo strutturale, con l'intenzione di applicare in un secondo momento il metodo dell'*esoscheletro* per effettuare una riqualificazione a 360°, che comprendesse l'adeguamento sismico, l'efficientamento energetico, un miglioramento estetico nel rispetto della pre-esistenza, e, per quanto possibile, una ri-funzionalizzazione.

L'applicazione di un esoscheletro, che è una struttura autoportante in acciaio di affiancamento all'esistente, risulta essere, in epoca moderna, uno degli interventi più indicati per queste tipologie di edificio, in quanto esso si adatta perfettamente ad ogni esigenza conciliando vari aspetti tra cui quello economico, grazie ai materiali utilizzati e alla semplicità esecutiva, che permette costi di esecuzione contenuti e non obbliga gli abitanti a lasciare, seppur temporaneamente, gli alloggi per essere ricollocati in abitazioni provvisorie durante i lavori, riducendo pertanto al minimo i disagi connessi ai lavori di ristrutturazione, dato che si tratta di un'esecuzione esclusivamente esterna.

La scelta di studiare questo tipo di approccio è stata dettata anche dalla volontà di aderire alle Linee Guida dell'Unione Europea riguardo i consumi degli edifici e la produzione della CO2 nell'ambito dell'edilizia, evitando la produzione di materiali non più utilizzabili dovuta alla demolizione e le conseguenti problematiche di smaltimento, e proponendo, inoltre, un intervento consapevole dal punto di vista dell'impatto ambientale, conveniente economicamente ed organizzativamente per i finanziatori e fruitori. Difatti esso rappresenta un sistema di rigenerazione degli edifici in stato di obsolescenza in termini di sostenibilità intesa nella sua triplice declinazione di salvaguardia ambientale, utilizzo razionale delle risorse e benessere e salute dell'utenza.

Tra le pratiche attuate, larga parte si identifica con interventi puramente energetici, in linea con le disposizioni prioritarie della Comunità Europea, come nel caso delle operazioni di *façade refurbishment* (recladding, overcladding, refitting). Altre strategie mirano invece all'adeguamento strutturale, spaziale, funzionale, tipologico e formale; esso si identifica in un'espansione volumetrica indipendente, costituita da un sistema strutturale su fondazioni proprie situato a una distanza tale dai fronti da poter ospitare spazi funzionali, oltre che costituire un nuovo involucro (una cosiddetta "doppia pelle integrata") personalizzabile da parte del progettista e dell'utenza. [7]

L'esoscheletro in ambito architettonico nasce dall'ispirazione mimetica del mondo naturale, nel quale lo scheletro esterno di alcuni invertebrati soddisfa simultaneamente funzioni diverse e permette un completo adattamento all'ambiente esterno.
L'iniziale destinazione d'uso del presidio è stata applicata inizialmente al campo militare come ausilio al trasporto di pesi, ma poi il trasferimento tecnologico del dispositivo ha consentito l'applicazione al design medicale come strumento per la riabilitazione post-traumatica dei pazienti o come ausilio alla deambulazione di persone con disabilità motoria. [7]

L'esoscheletro, applicato a costruzioni ex-novo e nella riqualificazione acquisisce in architettura la possibilità di divenire una soluzione formale, assumendo a tutti gli effetti il ruolo di uno strumento protesico dotato di un proprio significato espressivo. La caratteristica di questo dispositivo tecnologico è quella di poter provvedere ad una riqualificazione integrata sotto diversi punti di vista: strutturale, come sistema di consolidamento e di dissipazione dell'energia sismica; energetico, attraverso la ridefinizione dell'involucro che è l'unità tecnologica più disperdente dell'edificio; funzionale, attraverso la riorganizzazione o l'estensione della superficie interna degli alloggi, o l'aggiunta di servizi come spazi di connettivo, vani scala o sistemi di risalita meccanici; architettonico, ridefinendo i fronti dell'edificio come interfaccia di relazione tra spazio interno ed esterno.

Le modificate condizioni socio-demografiche e abitative richiedono agli spazi residenziali una maggiore flessibilità, adattabilità delle soluzioni, reversibilità e inclusione, soprattutto in quei contesti in cui le modificazioni fisiche dell'architettura comportano il coinvolgimento di intere comunità e gruppi sociali, come nel caso della riqualificazione di edifici residenziali, multipiano e multiproprietà. In questi contesti il coinvolgimento del fruitore può essere determinante, non solo per la buona riuscita dell'intervento di riqualificazione, ma soprattutto per la sua messa in atto,

evidenziando in tal modo la necessità di una risposta tecnologica che si integri con il sistema sociale.

Il sistema esoscheletro, avvalendosi di sistemi costruttivi a secco, permette di intervenire in maniera flessibile e adattiva, dall'esterno, consentendo un disturbo ridotto dell'abitante e permettendo al contempo un contenimento dei costi dell'intervento, limitando o annullando il trasferimento degli abitanti in unità abitative temporanee, e determinando un possibile ritorno degli investimenti in seguito alla vendita delle unità immobiliari eventualmente aggiunte in sopraelevazione. Tale caratteristica, unita all'alto potenziale di personalizzazione della soluzione tecnologica e la possibilità di scelta della destinazione d'uso dell'involucro costituisce un valore aggiunto che può determinare una risposta positiva nei casi di coinvolgimento dell'utenza nei processi decisionali per i quartieri che necessitano un urgente e profondo intervento di rigenerazione che, in questo caso, affida alla struttura un duplice ruolo di strumento tecnologico e di riconnessione sociale.

CAPITOLO 1. CIVITANOVA MARCHE

Fig 2-3. Localizzazione area di studio

Come detto lo spunto di questa tesi è nato dall'esigenza in questi anni di porre l'attenzione su tutto quel patrimonio immobiliare che ha raggiunto il termine della vita nominale (50 anni), cioè quegli edifici costruiti negli anni del secondo dopoguerra che costituiscono una parte molto rilevante del tessuto urbano, in particolare in quegli ambiti cittadini più contenuti, dove la ricostruzione post-bellica ha avuto un ruolo decisivo per lo sviluppo e affermazione di molte città.
Nel caso specifico Civitanova Marche oltre ad aver detenuto sempre un ruolo chiave nella storia del territorio marchigiano, raccoglie un interessante repertorio di studio per la tematica presentata.

Gli insediamenti preistorici scoperti dagli archeologi, dimostrano che l'uomo abitava l'area geografica occupata ora da Civitanova Marche fin dal periodo Paleolitico. Dalla seconda metà del VI secolo a.C. i greci utilizzano il Mare Adriatico per i loro commerci, la foce del fiume Chienti (*Kleos* in greco, il glorioso) viene utilizzata dalle loro navi come approdo.

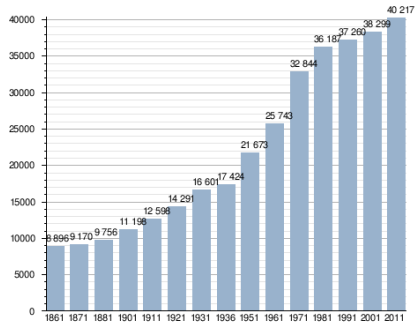
Cluana è il nome più antico di Civitanova Marche, viene probabilmente fondata nell'VIII secolo a.C., quindi in epoca pre-romana, a nord della foce del

fiume Chienti (*Cluentum* in epoca romana) lungo la costa adriatica. [6]

Nel 268 a.C. il popolo piceno viene sconfitto in guerra dai romani, la sua terra annessa al territorio di Roma e con essa anche *Cluana*.
Nel 50 d.C. su una collina vicina al mare, nei pressi di Cluana, sorge un nuovo piccolo centro abitato: *Cluentis Vicus*, l'attuale Civitanova Alta (frazione di Civitanova Marche), la sua fondazione ci è testimoniata da un'epigrafe di pietra, oggi conservata nell'atrio della Delegazione comunale.
I due centri, pur diversi, uno sul mare l'altro arroccato sull'altura, nel corso dei secoli, tra alterne vicende, rimangono sempre legati e collegati tra loro.
Nel periodo delle invasioni barbariche *Cluana* viene distrutta dai Visigoti e quasi tutti i superstiti si rifugiano nel *Vicus*. In quest'epoca di decadenza dell'Impero Romano d'Occidente il Piceno è teatro di continue invasioni, saccheggi e devastazioni. [38] In epoca medievale infatti gran parte della popolazione viveva nella zona collinare per esigenze belliche, dove grazie alla posizione più elevata e alla presenza delle mura, era più facile tenere sotto controllo eventuali invasioni e quindi meglio difendersi; tale disposizione riguarda in sostanza la maggior parte delle città costiere laddove il timore di aggressioni e sbarchi via mare di ipotetici nemici induceva a costruire per fini principalmente difensivi in altura. Nelle zone costiere non sono mai mancati però piccoli insediamenti legati principalmente all'attività della pesca, che ha sempre avuto una notevole rilevanza sull'Adriatico, e, in effetti, il primo porto fu edificato proprio a Civitanova Marche alla fine della seconda guerra mondiale. [8]

Come già accennato, la ricostruzione post-bellica ha indotto alla città un significativo impulso senza il quale non avrebbe mai raggiunto lo sviluppo demografico, economico, urbanistico che la contraddistingue.

Fig 4. Abitanti censiti- Statistiche ISTAT



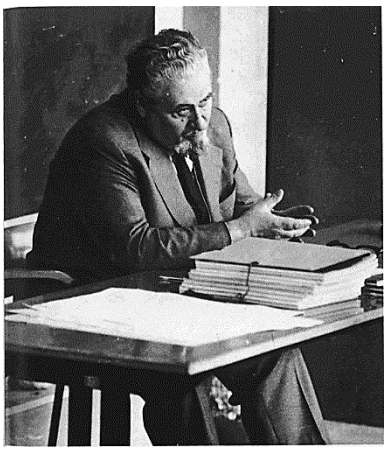
È quindi facile comprendere come, ad oggi, all'interno del contesto urbano, possano essere individuati quegli edifici appartenenti all'epoca della ricostruzione post bellica con caratteristiche di obsolescenza e degrado ormai imprescindibili che conferiscono ad alcuni ambiti territoriali una connotazione apparentemente negativa. Il moderno concetto di "architettura della ricostruzione" non può prescindere dal corretto inquadramento storico, ambientale e territoriale, e considerato l'incalzante, esplosivo sviluppo di una città come Civitanova Marche, dove l'afflusso di manodopera e l'espansione economica hanno reso indispensabile l'edificare in poco tempo e a bassi costi, trascurando gli aspetti energetici, la qualità dei materiali o il rischio sismico del territorio, del tutto sottovalutato almeno fino al 1974 (Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974 (G.U. n. 76 del 21/03/1974) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"), quando anche le Marche entrarono a far parte delle aree a rischio sismico. [9]

Proprio queste tipologie di strutture costruite con poca cura dei dettagli e tecniche discutibili, sono sottoposte oggi ad ogni tipo di vulnerabilità, fra le quali, appunto, quella legata alle azioni sismiche. Infatti come è possibile constatare dalle mappe sulla pericolosità sismica, la regione Marche fa parte della zona 2, ed è quindi inclusa fra i territori in cui debba vigere uno stato di allerta permanente, giustificato, del resto, dalle molteplici esperienze di sismi che hanno colpito la regione alcuni particolarmente devastanti come quelli del 1997 e del 2016, quando una serie di scosse ad alta intensità hanno portato alla distruzione di interi paesi nella zona Appenninica, poco distante dal sito in questione. [10]

CAPITOLO 2. IL CASO STUDIO

2.1 L'ARCHITETTO

Fig 5. Marone Marcelletti [11]



Marone Marcelletti nasce a Corridonia nel 1917. Consegue il diploma nel 1934 presso la Regia Scuola industriale "Filippo Corridoni" di Pausula (antico nome della sua città natale), come operaio qualificato ebanista. Si iscrive poi a Perugia al corso superiore dell'Istituto d'Arte e successivamente alla facoltà di Architettura di Roma, ma interrompe gli studi per arruolarsi come volontario, a causa degli eventi bellici sopravvenuti. [12]

Si laurea nel febbraio del 1948, e ritorna nelle Marche dove apre il suo studio professionale a Macerata insieme all'architetto Paolo Castelli, creando uno dei connubi più interessanti dell'architettura Marchigiana dei primi anni '50. Insieme alla figura di Marone quella di Castelli è una delle più influenti nel territorio per tutto il 900; infatti successivamente alla collaborazione con l'architetto Marcelletti, durata solo pochi anni, dà vita insieme ad altri professionisti al "Gruppo Marche", uno dei più importanti studi di progettazione nelle Marche del secolo XX.
Il sodalizio Marcelletti-Castelli si ruppe nel 1955; il motivo principale della cessazione della loro collaborazione fu il fatto che Marone aveva la visione dello Studio come una "*bottega di artigiani*", fatta di collaborazioni con gli studenti, gli

artisti e gli abitanti del luogo, mentre Castelli aveva una concezione dello Studio Professionale secondo un'accezione più moderna e tecnologicamente più avanzata, e proprio con questa idea ha poi costituito negli anni a seguire il cosiddetto " *Gruppo Marche*", uno studio di Architettura evoluto e attento agli sviluppi delle maggiori correnti di Architettura in un ambito più ampio di quello regionale; difatti l'Architetto Castelli era fautore di una concezione del lavoro collegata ad un grande studio, con grandi ambizioni, in stretto rapporto con le istituzioni, attuale, ma decisamente contrapposta a quella di Marone, il quale si è sempre dimostrato più empatico nei confronti della propria realtà, semplice e genuino nei rapporti interpersonali , e , di conseguenza, molto benvoluto nel suo paese e nel contesto territoriale, in grado di trasmettere con il suo approccio lavorativo oltre che la immensa competenza anche la profonda passione per i luoghi in cui viveva .
Per completare il quadro dal punto di vista artistico e architettonico dell'epoca, è bene anche citare un'altra figura di spicco nello stesso ambito, che è quella di Alfredo Lambertucci. Anch'egli architetto nel maceratese, completa gli studi a Roma all'incirca negli stessi anni di Marcelletti, e sebbene meno presente sulla scena del territorio, in considerazione che buona parte della sua vita fu trascorsa a Roma, è stato molto legato a Marone con cui ha collaborato nella progettazione del Palazzo di Giustizia di Macerata, che verrà esposto più approfonditamente in seguito.

Oltre a svolgere l'attività professionale, Marone insegna presso l'Istituto statale d'Arte della città maceratese (dal 1954 al 1974). La sua passione per l'arte e l'artigianato lo accompagnerà per tutta la vita, tanto che dal 1950 inizierà un'opera di ricerca e di raccolta di utensili da lavoro per la falegnameria, del cui impiego egli era ben conscio vista la sua formazione da ebanista, e che ad oggi formano una delle più corpose raccolte di beni di tipo demo-etno-antropologici delle Marche. Questi oggetti, 645 tra strumenti, macchine e accessori per la lavorazione del legno, sono stati catalogati e conservati dai suoi figli, e oggi sono riposti nel Museo civico di Macerata, al quale sono stati donati tutti dopo la sua morte nel 1981. [12]
Nella sua vita Marone collabora con molti artisti locali, considerata la sua visione di coniugare l'arte con l'architettura: Macerata fin dagli anni '20 era sede di una nutrita produzione artistica, che nel tempo si è andata affermando dando vita a un vero e proprio *movimento futurista* locale, con artisti che si formavano e crescevano proprio con l'assorbimento delle tematiche del movimento artistico futurista sviluppatosi in Europa in quel periodo. Tra questi, da ricordare, Umberto Peschi il quale in particolare studiava ed abbracciava gli indirizzi concettuali del Bauhaus, la scuola d'arte e design presente in Germania che ha rinnovato i canoni estetici dell'architettura e del design moderni, e che anche Marcelletti ha assorbito per poi sviluppare, con superba capacità e stile personale, la concreta fusione delle arti, fine

ultimo della sua visione operativa.
Un esempio tangibile di questo intento viene riportato in seguito con la casa Marcelletti-Perugini, in cui alla forma architettonica, caratteristica e innovativa, viene sovrapposta una concezione tipica del *Bauhaus* di fusione artistica. Peschi fornì una fruttuosa collaborazione sia al progetto che alla decorazione dell'abitazione. Altri artisti dell'epoca meritevoli di menzione sono Wladimiro Tulli, Sesto Americo Lucchetti, Nino Ricci, Tonino Ferrajoli. [12]

L'attività professionale di Marone Marcelletti è andata crescendo negli anni, e anche il fatto che abbia rivestito ruoli politici e amministrativi nel maceratese, ha contribuito a diffondere la sua popolarità ed a ottenere incarichi per la realizzazione di edifici, inizialmente privati ma poi anche pubblici, sparsi nel territorio.
L'Architetto Marcelletti viene descritto dai suoi collaboratori e da chi l'ha conosciuto, come una figura ricca di carisma, che ha dominato la scena nell'ambito costruttivo fin dall'inizio della sua carriera, diventando protagonista (insieme agli artisti con cui lavorava) e fautore della rivoluzione architettonica del '900 maceratese. Infatti inizialmente, negli anni del dopo guerra, Marcelletti era fra i pochissimi architetti della zona e questo gli ha permesso di costruirsi una carriera in maniera relativamente "agevole" all'interno di un ambito poco sviluppato dal punto di vista architettonico, affermandosi come Architetto moderno, e abbraccia fedelmente per tutta la sua esistenza i tratti del "movimento moderno" diventandone uno dei massimi esponenti, di cui lascia un'impronta indelebile sul territorio, che ancora oggi lo celebra e ne riconosce l'influenza e la genialità.
Da critici e posteri viene definito come un architetto che guardava "*oltre*", e così le sue opere, anche nell'epoca contemporanea, sembrerebbero suggerire l'idea di essere "*oltre*", tanto da rendere ben distinguibile l'immagine e il pensiero dell'uomo che le ha concepite.

Non sono mancati eventi dopo la sua morte per celebrare la vita e il lavoro dell'Arch. Marcelletti; la prima nel 1986 pochi anni dopo la sua scomparsa, in cui è stato prodotto un catalogo con le sue opere, e poi a cento dalla sua nascita, nel 2017 è stata organizzata dal comune di Corridonia insieme all'Ordine degli Architetti di Macerata, una serie di mostre pubbliche curate dall' Arch. Mario Montalboddi, per far conoscere alle generazioni più recenti l'Architetto Marcelletti e celebrare la sua attività professionale che ha prodotto la così detta "*modernità maceratese*".
Il senso della mostra e degli eventi connessi hanno avuto come intento ispiratore quello di valorizzare la figura di Marone. L'aspetto istituzionale è andato pertanto di pari passo con la necessità di fare emergere le qualità di una figura complessa e spesso imprevedibile comunque molto attuale e ricchissima di spunti per il dibattito

sull'Architettura e le arti visive.

In particolare nella celebrazione del 2017 si è voluto sottolineare la triplice personalità dell'Architetto e la sua influenza nella vita sociale dell'epoca: infatti da una parte c'era Marone come uomo di cultura e genialità che è riuscito a ricondurre uno stile innovativo a livello europeo, se non mondiale come il razionalismo, a un contesto "*limitato*" e storicamente strutturato come quello del territorio maceratese; d'altro lato c'era invece il cittadino Corridoniense e politico maceratese (Marone era presidente dell'APM di Macerata), legato alle tradizioni, ai mestieri ,ai materiali e al suo dialetto (con il quale era solito rivolgersi ai colleghi e operai).
Infine c'era il Marone artista, insegnante e promotore di giovanti talenti, che in modo eclettico ha sempre integrato l'architettura all'arte, coinvolgendo i suoi allievi o i giovani artisti nella progettazione delle sue opere, alcuni dei quali si sono affermati anch'essi come figure preminenti dell'epoca.

In questo evento del 2017, è stata riportata alla luce la figura di Marone, e si è rivelata un'occasione importante per scoprire informazioni sull'uomo, sul professionista, sul docente e sull'artista ma è stata anche una significativa occasione per aprire uno squarcio sull'architettura e sull'arte dell'epoca del dopoguerra in terra marchigiana, che fino ad allora non avevano goduto di quella attenzione e di quell'apprezzamento che meritavano.
Il recupero dei suoi disegni, dei suoi progetti e degli utensili, accanto alle testimonianze di chi lo ha conosciuto e le interpretazioni degli architetti che lo hanno studiato, sono state di fondamentale ausilio per la sua riscoperta.

2.2 L'ARCHITETTURA DEL '900 MACERATESE

Come accennato Marone Marcelletti apre il suo studio appena laureato nel 1950, quindi la sua formazione accademica universitaria a Roma si svolge a cavallo degli anni '40. E' quasi naturale quindi il fatto che il suo pensiero e quindi poi la sua progettazione sia stata influenza e ispirata dal "movimento" che si diffondeva in quel momento anche in Italia: il razionalismo, quella corrente artistico-architettonica sviluppatosi prevalentemente in Germania e in diretto collegamento con il "Movimento Moderno" definizione con cui si vuole generalmente indicare un complesso svilupparsi di fenomeni architettonici ed evoluzioni teoriche che ebbero luogo tra le due guerre mondiali e che seguivano i principi del funzionalismo. Le multiformi manifestazioni del razionalismo in architettura sono riconducibili a una nuova impostazione della prassi progettuale, che si richiama ai processi logici della scienza e della tecnica. [13]

L' "architettura razionalista" (o razionale) nasce dalla necessità di una più reale aderenza alla realtà sociale ed economica conseguente la rivoluzione industriale, mirando a una soluzione appunto razionale dei problemi che questa stessa società, le esigenze della produzione industriale, le nuove dimensioni e funzioni della città pongono all'architetto e all'urbanista. In aperta e cosciente polemica con il romanticismo e l'irrazionalismo dell'Art Nouveau e con le Accademie, l'architettura razionalista o funzionalista (entrambi i termini sono stati indifferentemente usati dagli stessi animatori del movimento e dalla critica, data la comunanza di intenti e i risultati analoghi) ha voluto inserirsi nell'ambito della storia piuttosto che dell'arte, creando forme la cui determinazione è affidata all'analisi delle funzioni alle quali l'organismo architettonico o l'oggetto d'uso è destinato e alla scelta delle più idonee tecniche costruttive o industriali, attraverso l'eliminazione di ogni componente emotiva ed estetizzante e la "purificazione" della forma da ogni apparato decorativo. [13]

Il movimento, alla cui formulazione hanno contribuito gli apporti del materialismo storico e del positivismo, e le sollecitazioni della moderna cultura figurativa, dal cubismo al neoplasticismo, ha raggiunto la sua fase di massima vitalità negli anni tra i due conflitti mondiali, da un lato nell'opera teorico-didattica di Walter Gropius al Bauhaus e nell'attività di Mies van der Rohe, dall'altro nell'opera teorica (Vers une architecture) e pratica di Le Corbusier, assumendo la fisionomia di una

corrente di importanza internazionale e determinante per gli sviluppi dell'architettura occidentale. [14]

La genesi del razionalismo italiano può essere individuata nell'anno 1926 quando un gruppo di architetti provenienti dal Politecnico di Milano Luigi Figini, Gino Pollini, Guido Frette, Sebastiano Larco Silva, Carlo Enrico Rava, Giuseppe Terragni e Ubaldo Castagnoli, sostituito l'anno dopo da Adalberto Libera, formarono il "Gruppo 7", che aderirà al MIAR (Movimento Italiano per l'Architettura Razionale) nel 1928.
Il gruppo inizialmente pubblicava soprattutto articoli sulla rivista Rassegna Italiana, dove, nel dicembre del 1926, resero noti al pubblico i nuovi principi per l'architettura, legati al Movimento Moderno che ormai è in crescita in tutta Europa. [14]

Osservando gli schizzi e le realizzazioni firmate Marone Marcelletti, è inevitabile riconoscere lo stile e la concettualità che caratterizza il razionalismo.
Linee semplici, razionali, essenziali come lo erano, appunto, le linee dei principali esponenti della corrente.

Come detto l'architettura razionalista nasce originariamente dalla necessità di più realtà sociali ed economiche di reagire a concrete problematiche conseguenti alla rivoluzione industriale, con cui la società moderna è costretta a confrontarsi, a causa di nuove esigenze, e a elaborare nuove idee su dimensioni e funzioni della città. [13]

Questo tipo di architettura si inserisce meglio nell'ambito storico e sociale piuttosto che artistico, in quanto la sua caratteristica preminente è quella di creare forme in base a un "analisi delle funzioni" dell'oggetto d'uso da destinare, in base anche alle tecniche costruttive e i materiali da impiegare.

Elementi comuni al razionalismo sono pertanto l'utilizzo di volumi semplici e netti, la preponderanza della linea e degli angoli retti, l'abolizione di ogni decorazione superflua e lo studio della standardizzazione, cioè l'impiego di elementi prefabbricati di dimensioni sempre uguali o comunque fra loro multipli. [13]

E' facile ritrovare questo stile architettonico su edifici del dopo guerra, pur con evidenti assonanze con l'architettura del regime fascista pre-bellico, negli anni di massima diffusione del razionalismo, laddove, ad esempio, il cosiddetto progetto INA casa, un'iniziativa statale per realizzare edilizia residenziale pubblica su tutto il territorio italiano, per riattivare e ricostruire il paese scosso dal conflitto mondiale,

rappresenta un esempio significativo. [15]

Marone Marcelletti si colloca tra i primi a progettare gli alloggi per INA casa in diversi centri della regione Marche.

Il Piano nazionale, attuato con fondi gestiti dall'Istituto Nazionale delle Assicurazioni (INA), seguiva precise indicazioni su tutto il territorio nazionale che si basavano su alcuni principi fondamentali: - utilizzo di un linguaggio architettonico razionalista, basato sulla coerenza compositiva dei materiali, delle scelte tecnologiche e dei particolari architettonici; - il valore sociale ed economico degli interventi, che si inserivano in un contesto di generale debolezza socio-economica, che necessitava di un processo di progressivo sviluppo. [11]

Marcelletti si occupa degli interventi INA casa tra il '52 e il '57 per le città di Macerata, Jesi e Corridonia, e risponde a pieno alle caratteristiche sopra richieste per edifici di questo tipo, che rappresenteranno anche alcuni degli esempi più significativi di edilizia residenziale da lui realizzata; la gran quantità di disegni ed elaborati rinvenuti a riguardo denota la dedizione dell'architetto nel voler ricercare una qualità progettuale, scendendo nel dettaglio, in maniera apparentemente semplice data la forma esteriore, ma, tramite un articolato processo di ricerca, per poter coniugare la qualità di vivere e del co-abitare all'interno di un' insediamento residenziale ad alta densità mediante un approccio innovativo anticipando i principi della bio-climatica, dal momento che molte scelte progettuali sono collegate allo studio dei venti prevalenti e dell'irraggiamento solare. [11]

Oltre a questa fase in cui l'espressione architettonica dell'architetto è "costretta" entro certe limitazioni e standard (comunque molto innovativi per l'epoca e il contesto), scavalcati gli anni '50, il suo linguaggio inizia a farsi predominante sul territorio, e si manifesta un "Marone" più maturo e consapevole, che "osa" con riferimenti architettonici ancora più all'avanguardia. Sono gli anni del brutalismo.
Si tratta di uno stile architettonico caratterizzato da forme decise e dall'utilizzo di materiali pesanti che sembra non passare mai di moda. E' questa, una corrente architettonica essenzialmente vista come il superamento del movimento moderno.

Questa corrente in particolare auge fra gli anni '50 e gli anni '70 è caratterizzata da un utilizzo importante del cemento che, unito a forme plastiche lavorate e plasmate nei particolari, mettono in evidenza la potenza della struttura. Il cemento a vista, definito anche con l'espressione "béton brut", grezzo e poco costoso, verrà utilizzato moltissimo per ricostruire parti di città distrutte dopo la seconda guerra mondiale.

La particolarità del brutalismo sta nell'intento di mettere in vista tutti i componenti materiali dell'architettura e quindi le forme rudi e i materiali grezzi. [16]

La maggior parte dei progetti in stile brutalista sono edifici istituzionali o destinati a scopi commerciali, ecco perché la loro architettura si presenta maestosa e di grandi proporzioni che, accostata a forme semplici, genera una monumentalità quasi schiacciante.
Infine, la ripetizione regolare dei moduli e degli elementi costruttivi crea un ritmo sorprendente in questi giganti di cemento. [17]

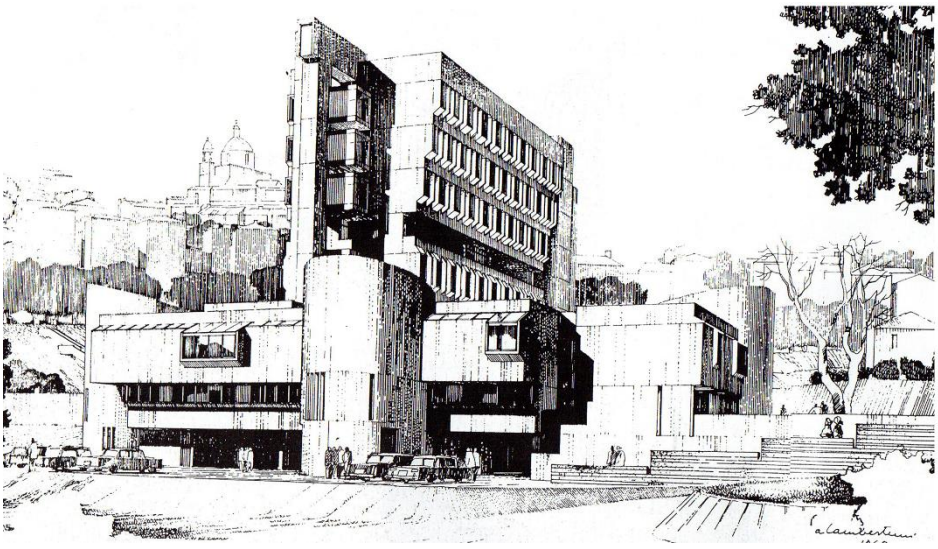
Nelle immagini riportate di seguito sono esposti due progetti realizzati da Marone a fine anni '60, che espongono i due stili e correnti architettoniche citate precedentemente.
Il primo progetto riguarda la casa che l'architetto destinò per se stesso, collocata a Macerata, dove sono presenti tutti quei dogmi più puri dell'architettura definita da lui "alta", a cui si è ispirato tutta la vita: la facciata libera, la finestra a nastro, vista a 360°, trasparenza totale, dialogo tra nucleo centrale e aggetto e tra elemento portante e portato, presenza di materiali diversi per indicare funzioni diverse, pilotis. [11]

Il secondo edificio mostrato è il Palazzo di Giustizia di Macerata, dove invece è più forte l'impronta del brutalismo, infatti è evidente il richiamo al Boston City Hall dell'architetto Kallman, sia per la presenta dei frangi sole ed elementi verticali, oltre al fatto che una parte della struttura si erige maggiormente, emergendo quasi come un elemento "turrito", proprio come accade nell'edificio di riferimento.

E' interessante notare come nel disegno della vista prospettica, l'architetto voglia evidenziare proprio il distacco netto tra l'architettura(tradizionale) della città sullo sfondo, rispetto al Palazzo di Giustizia in primo piano che si pone in tutta la sua autonomia e completezza. [11]

Fig 6-7. Casa Marcelletti- Perugini (Disegno Archivio Marone Marcelletti) [11]

Fig 8-9. Palazzo Giudiziario, 1967 (Disegno Archivio Marone Marcelletti) [11]



2.3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STORICO.

Fig 10. Localizzazione area studio nel contesto urbano

L'edificio preso in esame per la trattazione di questa tesi è situato a sud della città di Civitanova Marche, alla fine del lungomare in corrispondenza dello stadio e del campo atletico. La scelta di questo fabbricato è stata dettata inizialmente da due aspetti: il primo riguarda la sua ubicazione, infatti si trova all'ingresso del centro città in direzione sud-nord ed è inevitabile imbattersi in esso quando si viene convogliati verso il centro città provenendo dalle vie di grande comunicazione (autostrada A14 e Asse Viario umbro-marchigiano).

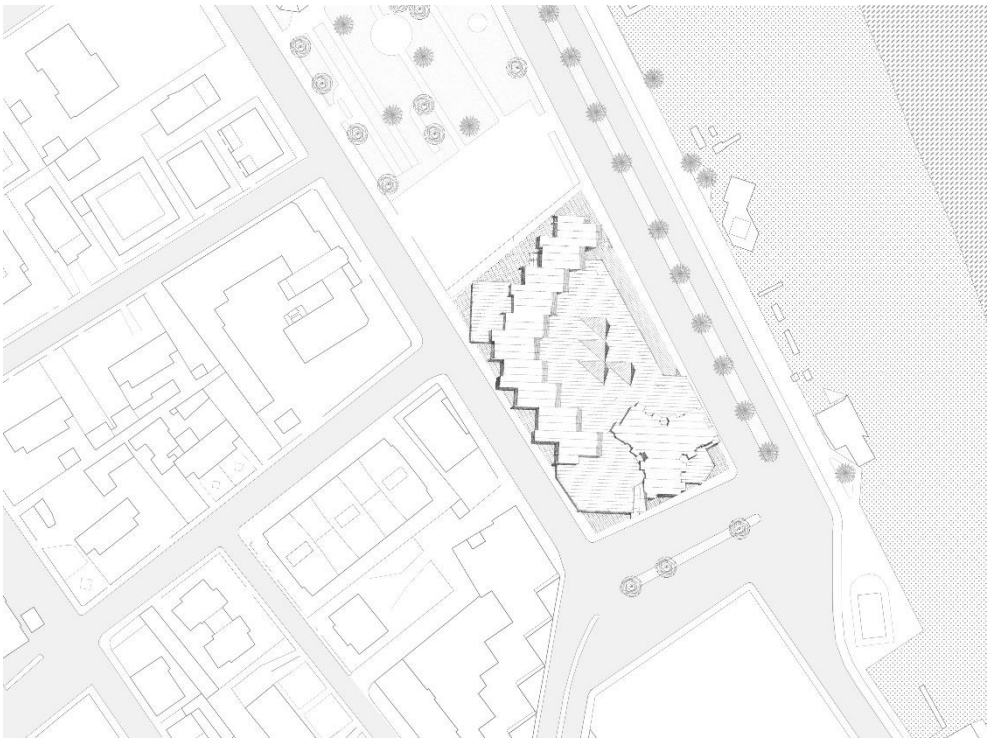
Il secondo aspetto, invece, è relativo alle dimensioni imponenti che lo rendono dominante all'interno del quartiere e visibile da ogni prospettiva del fronte mare, in quanto si affaccia con maggiore propensione alla spiaggia rispetto agli altri edifici presenti sul lungomare.

Fig 11. Gli edifici progettati dall'architetto Marcelletti nei pressi della zona stadio

Fig 12. Vista del caso studio che predomina il lungomare sud di Civitanova

Come già accennato, si tratta di uno stabile composto da tre edifici strutturalmente distinti: due di questi sono adibiti ad uso residenziale, vengono chiamati "stellare" e "scalare" relativamente alla loro forma e si sviluppano su sette piani fuori terra, mentre il terzo che ha scopi commerciali si distingue perché si eleva solo di un piano fuori terra e apparentemente funge da piastra di collegamento fra i due corpi di maggiori dimensioni.
La sua storia iniziò nel 1965, quando l'architetto Marone Marcelletti prese in carico la progettazione di questa estensione verso sud della città sul lungomare in un periodo in cui a seguito dello sviluppo industriale Civitanova divenne anche sede di villeggiatura , portando la città ad arricchirsi a tal punto da permettere la costituzione di nuove strade, ville signorili, spesso in stile liberty, spiagge e spazi ricreativi che con il tempo conferirono alla cittadina l'aspetto di un vero e proprio centro turistico balneare.

Fig 13. Masterplan scala 1:1000



L' architetto Marcelletti si occupò della progettazione di quest'area a sud della città oggi attraversata da Via Montenero fino al Largo Italia per poi biforcarsi in Viale Vittorio Veneto e Lungomare Sergio Piermanni, dove aveva previsto la costruzione di una struttura alberghiera chiamata "Complesso Alberghiero Stadio" (convertita poi ad uso abitativo), contemporaneamente alla realizzazione dei tre immobili su Largo Italia oggetto di questo studio.
Lo stile di questo architetto è inconfondibile e in quell'epoca fu scelto anche per il ruolo di emergenza che stava acquisendo sul territorio; difatti le sue opere si distaccano sempre dal contesto ed è anche questa la particolarità del caso di Civitanova Marche, dove viene sottolineata da un lato la volontà e necessità in quel momento di costruire rapidamente (come è possibile intuire dalla scelta dei materiali e dallo stile "razionale"), dall'altro la capacità di riuscire a non rendere del tutto

banale la sua esecuzione.

Queste caratteristiche rendono forse ancora più interessante il confronto fra le varie tecniche per il recupero degli edifici del dopoguerra; e nel caso specifico non solo è stato necessario studiare una soluzione per migliorare le condizioni fisiche ed estetiche, ma è stato essenziale farlo nel rispetto di uno stile architettonico che ancora oggi è simbolo di un'epoca di rinascita e crescita per la città, con il tentativo di valorizzare l'edificio e garantirgli una vita ulteriore in cui sia manifesto rappresentare valori nuovi appartenenti all'epoca contemporanea; progettare l'intervento non ha solo l'intento di soddisfare le esigenze sopra citate che accomunano gran parte degli edifici della stessa epoca, ma debba anche essere rispettoso della struttura esistente, senza rinunciare e, anzi, esaltare le caratteristiche che lo rendono un "unicum" nella città.

La volontà è di ricercare un intreccio armonioso di funzionalità e bellezza nell'ambito di uno spazio urbano vissuto, dove la comunità possa apprezzare e si riappropri della memoria storica e dell'identità, aprendosi, al contempo, alle visioni di un futuro condiviso.

2.4 ANALISI DEL SITO: l'azione sismica

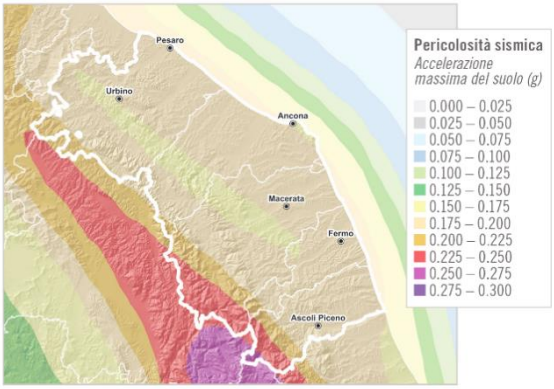
L'Italia è una delle Nazioni dove si verifica con frequenza annuale un'importante attività sismica, che causa gravi danni e inquietudine sul territorio.
Nelle regioni del Centro Italia l'attività sismica è stata senza dubbio più comune e disastrosa rispetto ad altre realtà, e lo storico che caratterizza la regione Marche attesta la gran quantità di eventi sismici che la affligge da secoli.
Questa tematica è stata molto sentita negli ultimi anni proprio perché di recente si è assistito per l'ennesima volta alla perdita di un patrimonio storico, turistico e paesaggistico della zona appenninica, un'area che con le sue attività e bellezza naturale ha sempre rappresentato un impulso per il sostentamento e la valorizzazione di questo territorio.

È quindi fondamentale valutare la pericolosità sismica di un'area, e questo è possibile proprio attraverso la conoscenza dei terremoti del passato, così ad oggi sono state ricostruire le singole storie sismiche delle principali località italiane.
Nelle Marche, ad esempio, la sismicità più rilevante si concentra lungo la catena appenninica e nella fascia costiera settentrionale, mentre nella fascia collinare interna risulta meno cospicua.
Le Marche, inoltre, risentono in genere degli effetti dei forti terremoti originatisi in Romagna, Umbria e Abruzzo; ad esempio il Fabrianese subì danni gravi per i terremoti del 1747 e 1751 (Nocera Umbra-Gualdo Tadino), mentre l'entroterra ascolano e fermano fu afflitto dai più forti terremoti della Valnerina (14 gennaio 1703; 1979) e dell'Amatriciano (1639).
La sismicità recente è dominata dalla lunga sequenza sismica umbro-marchigiana del 1997-1998 che causò danni in una vasta area delle province di Macerata e Perugia e che, cominciata il 4 settembre 1997 con un evento di magnitudo ML 4.4 nell'area di Colfiorito (Foligno, PG), durò più di sei mesi con oltre 6000 eventi localizzati lungo la catena appenninica tra Gualdo Tadino-Nocera Umbra e Sellano. [18]

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro. Non si tratta pertanto di previsione deterministica dei terremoti, obiettivo lungi dal poter essere raggiunto ancora in tutto il mondo, né del massimo terremoto possibile in un'area, in quanto il terremoto massimo ha comunque probabilità di verificarsi molto basse.
Nel 2004 è stata rilasciata questa mappa della pericolosità sismica (http://zonesismiche.mi.ingv.it) che fornisce un quadro delle aree più

pericolose in Italia. La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (GdL MPS, 2004; rif. Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). [19]

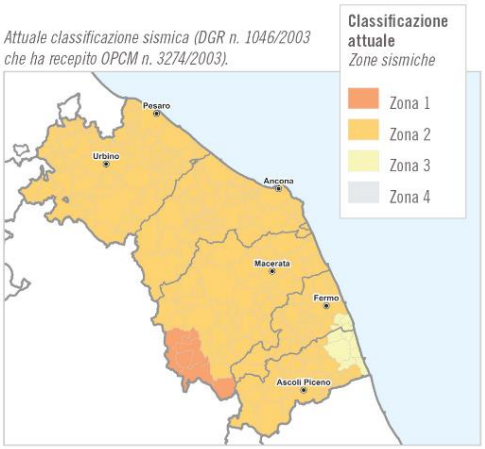
Fig 14. Pericolosità sismica nella regione Marche [18]



Dopo il terremoto del Molise del 2002, in Italia è stato avviato un percorso per la stima della pericolosità sismica secondo dati aggiornati e metodi condivisi a livello internazionale, e nel 2003 con l'Ordinanza PCM n. 3274/2003 per la prima volta sono state definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti e l'utilizzo dei risultati per le politiche di prevenzione. [18]

Nel caso del territorio marchigiano la pericolosità sismica è abbastanza uniforme e di livello medio-elevato; questo significa che l'attività sismica è frequente e che si possono verificare terremoti di magnitudo elevata, anche distruttivi.
In particolare i valori di accelerazione (Ag) previsti dal modello di pericolosità sismica sono compresi tra 0.15 e 0.25 g e più elevati in corrispondenza dell'Appennino umbro-marchigiano.

Fig 15. Classificazione delle zone sismiche nelle Marche, 2003 [18]



Il fatto che in tutta la regione sia stata assegnata la zona sismica 2 (con l'eccezione di una piccola porzione al confine con l'Abruzzo in zona 1) è compatibile con i valori di scuotimento del suolo attesi (Ordinanza PCM n. 3519/2006), mentre che i valori di pericolosità sismica siano elevati dipende dalla presenza di molte strutture sismicamente attive e dalla storia sismica delle Marche, che ha avuto il suo massimo in Appennino con il terremoto del Cagliese del 1781 (magnitudo MW 6.4) e sulla costa con il terremoto di Senigallia del 1950 (MW 5.8). [18]

Un'altra nozione da tenere presente in queste argomentazioni è il *rischio sismico*, ossia la stima del danno atteso come conseguenza dei terremoti che potrebbero verificarsi in una data area, ed è definito da:
• la pericolosità
• l'esposizione, cioè la presenza di persone e cose che potrebbero essere danneggiate (edifici, infrastrutture, attività economiche...);
• la vulnerabilità degli edifici e delle infrastrutture dell'area, cioè la loro maggiore o minore propensione a essere danneggiati dai terremoti.

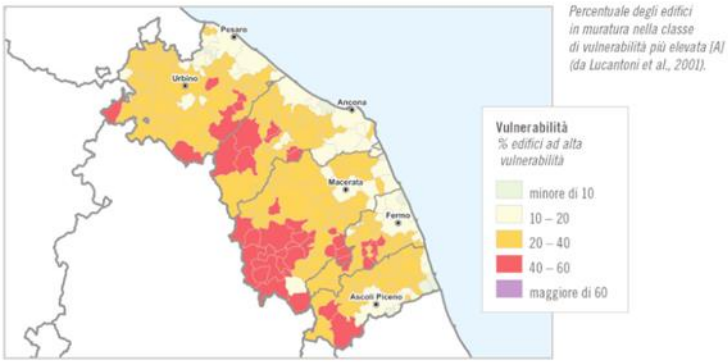
Nelle Marche ci sono zone caratterizzate da un diverso livello di pericolosità, ma il rischio sismico tende ad essere uniforme e di medio livello. Per fare un esempio di cosa si intende per rischio sismico, basta pensare alla zona degli Appennini, che pur avendo terremoti più forti e frequenti ma essendo scarsamente popolata, ha una bassa

esposizione, e poiché molti dei suoi edifici sono stati ristrutturati dopo i terremoti del 1997 ha anche una bassa vulnerabilità. [18]

Al contrario la zona costiera ha terremoti meno frequenti e relativamente meno forti, ma è più densamente abitata e ospita la maggior parte delle industrie, strade, ferrovie, ecc., per cui il rischio sismico è più alto. Infatti, una zona a pericolosità sismica bassa, ma molto popolata o i cui edifici siano mal costruiti o mal conservati, ha un livello di rischio sismico molto elevato, poiché anche un terremoto moderato potrebbe produrre conseguenze gravi.

La vulnerabilità degli edifici, che dipende dal tipo di costruzione e dal suo livello di manutenzione, resta il fattore principale su cui si può intervenire per ridurre il rischio da terremoto di ogni zona, e nel caso dei comuni marchigiani l'aspetto positivo è che sono sottoposti ad adeguata normativa sismica fin dai primi anni '80, quello negativo è che molto del tessuto urbano invece risale ad anni precedenti e quindi è privo di accorgimenti di questo tipo.

Fig 16. Vulnerabilità sismica degli edifici nella regione Marche nel 2001 [18]



In seguito a queste considerazioni, uno degli intenti più arditi di questa tesi è sensibilizzare i cittadini affinché abbiano un ruolo attivo nel campo della prevenzione.
Già dal 2009 lo Stato ha avviato un piano nazionale per la prevenzione sismica mettendo a disposizione fondi alle Regioni per indagini di micro zonazione, interventi di miglioramento sismico di edifici pubblici strategici e rilevanti, ma anche su edifici privati dove il singolo cittadino è invitato a fare la sua parte e prima di tutto

informarsi per sapere qual è il livello di pericolosità del proprio Comune, conoscere il Piano comunale di Protezione Civile, individuare l'area di attesa più vicina, e accertarsi che la sua casa sia stata costruita con i criteri prescritti per la zona sismica in cui si trova e seguire le norme in caso di ristrutturazione. [18]

Un ulteriore contributo che lo Stato offre per incoraggiare l'adeguamento sismico e l'efficientamento degli edifici è dato dalle diverse agevolazioni fiscali disponibili per le ristrutturazioni, come:

- il bonus ristrutturazione pari al 50% per una spesa massima di 96 mila euro, sia per le singole abitazioni che per i condomini, compresa la manutenzione ordinaria; è stata confermata la proroga per tutto il 2020.

- l'eco bonus del 65% per lavori di coibentazione termica degli edifici ed installazione di pannelli solari per migliorare la prestazione energetica. Dal 2020 l'eco bonus scende in alcuni campi precisi, come la detrazione Bonus caldaia: essa si attesta al 65% per l'installazione di caldaie a condensazione A con sistemi di termoregolazione evoluti; al contrario, è pari al 50% per l'installazione di caldaie a condensazione di classe A e nulla per le caldaie di classe B.

- il sisma bonus si applica per gli edifici situati in zona 1, 2 e 3; lo sconto dell'Irpef è del 70% se i lavori portano ad un miglioramento di una classe sismica, del 75% se invece le classi guadagnate sono 2. Tali percentuali sono aumentate di 10 punti se gli interventi riguardano anche le parti comuni degli edifici; la novità del 2020 è che se i condomini sono ubicati nelle zone 1,2,3, possono ricevere una detrazione unica che applicano Eco bonus + Sisma bonus.

- il bonus facciate: si distacca dagli altri bonus di ristrutturazione e dal 2020 diventa autonomo, lasciando invariata però la detrazione fiscale fino al 90% per lavori di pulitura e tinteggiatura esterna. Ancora da definire il tetto di spesa e le modalità di fruizione della nuova agevolazione fiscale.

-l'eco bonus 2020 del 110% voluto dal Decreto Rilancio per rilanciare il settore edile in seguito al coronavirus, consiste nell'aumento delle detrazioni per il Sismabonus ed Ecobonus al 110%, con la possibilità di usufruire immediatamente dello sconto fiscale con lo sconto in fattura e lo sconto in reddito. [4] Nei capitoli successivi sarà presente un approfondimento a riguardo per esporre al meglio i concetti di questo nuovo Decreto.

2.5 Dati climatici ed irraggiamento solare

Un altro obiettivo che si vuole perseguire tramite l'applicazione di questo intervento è migliorare le condizioni di confort interno dei locali negli edifici in esame che, attraverso analisi energetiche, risulta non essere ottimali, soprattutto a causa degli elevati costi per il riscaldamento e raffrescamento degli stessi.
Il primo step utile per comprendere al meglio lo stato di fatto è quello di studiare le condizioni climatiche e l'orientamento dei fabbricati.
Essendo una città costiera, Civitanova Marche gode di temperature non rigide in inverno, in rari casi la minima stagionale è arrivata a 0°, in estate invece non è raro che si superino facilmente i 30°.

Per quanto riguarda il soleggiamento, le percentuali durante l'anno risultano sempre piuttosto alte, aggirandosi intorno al 30-50%, con dei picchi oltre il 60% nei mesi estivi.

Fig 17. Grafico delle temperature medie annuali (www.weather-and-climate.com)

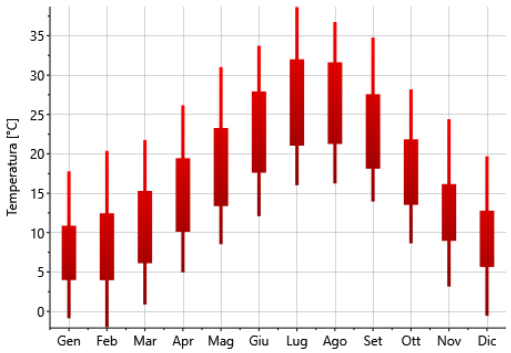
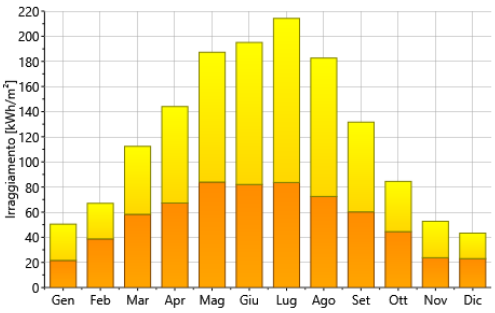


Fig 18. Grafico delle temperature medie annuali (www.weather-and-climate.com)



Un parametro sicuramente da tenere in considerazione è l'umidità, che raggiunge livelli molto alti per tutto l'anno mantenendo una media dell'80%, per cui eventi piovosi si manifestano mensilmente, ma in maniera più consistente in autunno e primavera, mentre luglio è il mese più secco.
Date le premesse è facile intendere che la neve non è un aspetto rilevante nell'area, infatti negli anni solo in situazioni climatiche eccezionali si è potuto assistere a questo fenomeno.

E' fondamentale analizzare certi aspetti per poter effettuare una progettazione consapevole e mirata sugli edifici, per assicurarli dalle possibili problematiche dovute agli eventi climatici persistenti nella zona e, d'altro canto, poter sfruttare le potenzialità che possono offrire la loro posizione ed esposizione.
Ottenere il massimo rendimento è l'obbiettivo da perseguire, e nel caso specifico, oltre agli interventi che come già dichiarato concernono la struttura, c'è la volontà di apportare delle modifiche a quello che è l'involucro con l'inserimento di sistemi tecnologici per un miglior funzionamento e rendita dal punto di vista energetico dello stabile.

Fig 19. Percorso solare

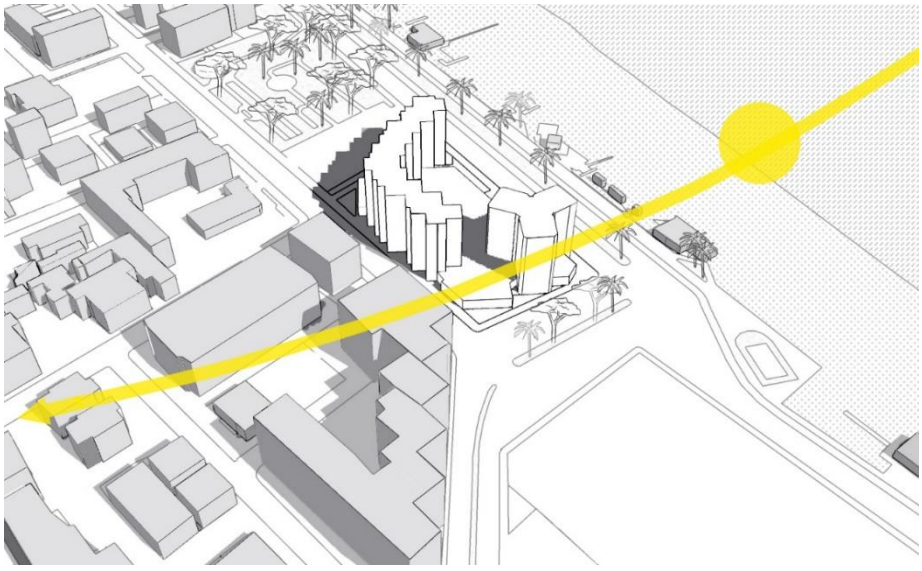


Fig 20. Ombreggiamento gennaio ore 9:00

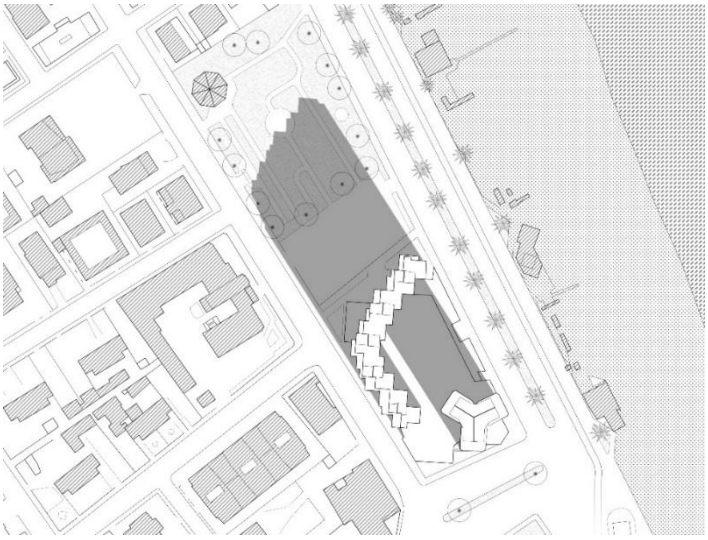


Fig 21. Ombreggiamento giugno ore 9:00

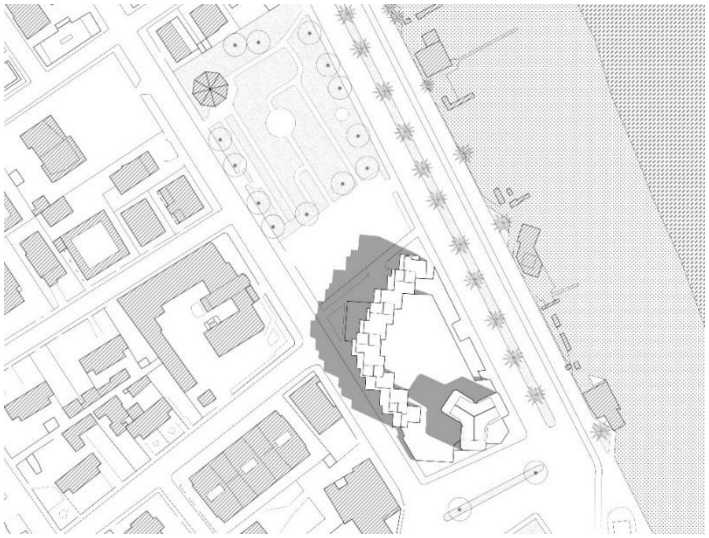


Fig 22. Ombreggiamento gennaio ore 12

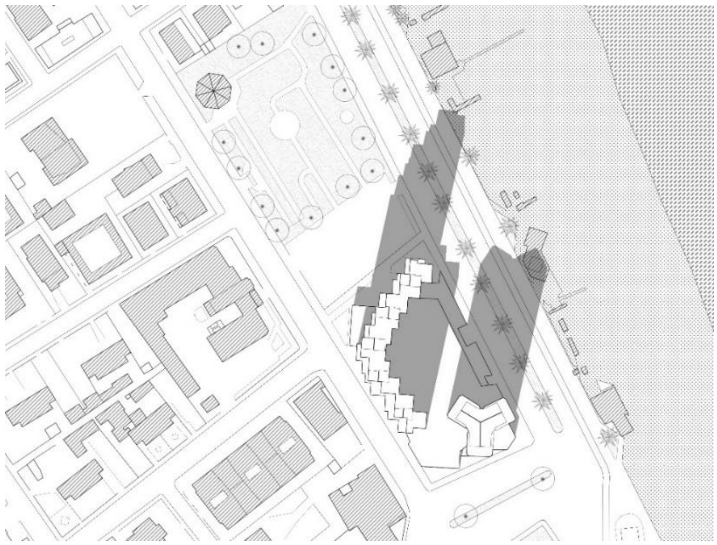
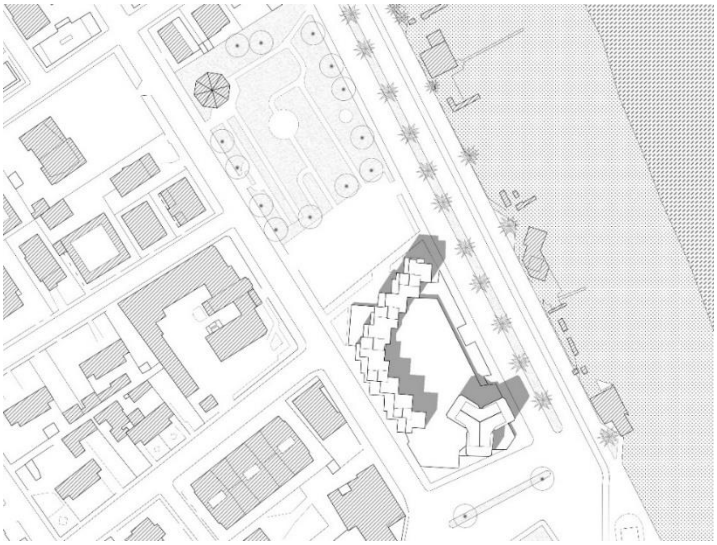


Fig 23. Ombreggiamento giugno ore 12



Il controllo della radiazione solare, nelle sue due componenti luminosa e termica, attraverso l'involucro trasparente rappresenta uno degli elementi progettuali più complessi soprattutto nei paesi dell'area mediterranea.

Il rapporto sole-edificio è conflittuale e deve essere studiato nel dettaglio; le considerazioni legate all'illuminazione naturale e alle ricadute sul fabbisogno energetico per l'illuminazione e sul comfort visivo non possono essere fatte senza considerare la capacità dell'edificio di utilizzare i cosiddetti "guadagni solari" che è uno dei principi fondamentali dell'architettura bioclimatica, non solo per ottimizzare i benefici energetici nella stagione invernale, ma anche affinché non costituisca un aggravio di consumi in quella estiva.

Al componente trasparente è demandato il ruolo di gestire la complessità di questo rapporto, attuando una mediazione tra esigenze contrastanti. Esso si configura quindi, sempre di più, come un elemento multifunzionale che assume un ruolo strategico nella valutazione della qualità energetica di un edificio Nella stagione estiva, in condizioni climatiche come quelle dell'area mediterranea, gli apporti solari possono rappresentare anche il 70-80% del fabbisogno energetico complessivo, e proprio in tale periodo dell'anno i componenti trasparenti rappresentano il punto più critico dell'involucro edilizio. Il mancato controllo di questi apporti si traduce non solo in elevati consumi di energia primaria per la climatizzazione estiva, ma influisce negativamente anche sulle condizioni di comfort. In questo contesto è quanto mai necessario individuare opportuni parametri di controllo progettuale per il l'involucro trasparente, allo scopo di ottimizzare il rapporto tra edificio, radiazione termica e luce. [20]

Bisogna quindi compiere valutazioni energetiche che tengano conto degli apporti solari, del *daylighting factor* o coefficiente d'illuminazione diurna che permette di quantificare l'illuminazione naturale in un punto per limitare l'illuminazione artificiale, e della possibilità di inserire integrazioni architettoniche che sfruttino le radiazioni solari e, prevedendo una produttività elettrica autonoma, inserire impianti fotovoltaici.

Per ridurre il fabbisogno di energia necessaria per riscaldare e raffrescare un edificio è bene controllare la radiazione solare sulle finestre e portefinestre di un edificio.
La corretta progettazione dell'involucro e l'utilizzo di opportune schermature può contribuire al mantenimento di condizioni ottimali di comfort termico e luminoso, riducendo i consumi energetici, sia in inverno che in estate.
Attraverso lo studio delle ombre è possibile notare come ci siano lati dell'edificio

che nelle ore di massimo soleggiamento siano in ombra e non ricevano adeguati apporti solari (lato nord-ovest), mentre il lato sud, per la mancanza di ostacoli, è esposto gran parte della giornata; purtroppo, dal momento che nell'edificio scalare i lati con esposizione sud sono ciechi, questo non viene adeguatamente sfruttato. Nell'edificio stellare invece i due lati in direzione sud vengono colpiti abbondantemente dall'irraggiamento, e probabilmente avviene un surriscaldamento della zona nei mesi estivi.

Il contributo della radiazione solare è importante in quanto compie la sua influenza sia in modo diretto o indiretto all'interno di un bilancio energetico di un manufatto; insieme alle considerazioni a proposito del sito, della forma dell'edificio e di come sono disposte le superfici trasparenti, si può evitare il surriscaldamento estivo, regolare l'ingresso della luce naturale e produrre in maniera sostenibile il riscaldamento invernale.

CAPITOLO 3. IL PROGETTO ORIGINALE-STATO DI FATTO

Come già accennato l'architetto Marcelletti ha rappresentato per il suo territorio una figura influente nel campo dell'arte e dell'architettura, tanto che negli anni che seguirono la sua morte, come è stato esposto, non sono mancati eventi e mostre per celebrare lui e i suoi lavori; difatti, la maggior parte delle tavole originali dei suoi progetti sono state mantenute in uno stato impeccabile, permettendo uno studio e una rielaborazione dei disegni più agevole.
Un contributo fondamentale è stato offerto dall'architetto Mario Montalboddi di Corridonia, il quale negli ultimi anni ha convertito parte del suo studio ad archivio per la conservazione delle tavole e documenti originali dei progetti dell'Architetto Marcelletti, e in cui, sono stati rinvenuti i disegni dello stabile di Civitanova Marche.

Come anticipato, dunque, lo stabile è costituito da tipologie di strutture portanti: l'edificio "scalare" ha un sistema a setti portanti paralleli in calcestruzzo armato, mentre lo "stellare" si sviluppa con travi e pilastri su plinti isolati, come avviene per la parte commerciale ad un piano. Le tre costruzioni sono distinte, non comunicanti tra loro, e presentano un piano seminterrato dove sono presenti depositi e parcheggi che si sviluppa ad una quota di -1,7 m dal livello strada, che è anche il piano di posa delle fondazioni.

La difficoltà nell'interpretare le planimetrie è stata soprattutto dovuta alla mancanza di molte tavole di dettaglio, che ad esempio nel caso dell'edificio "scalare" sarebbero state di fondamentale aiuto in quanto tra i tre risulta quello più irregolare in pianta e in altezza.

Il fatto di avere tre corpi completamente diversi comporta una dinamicità dei fronti con prospetti disomogenei, infatti spesso lo stesso architetto non rappresenta nelle tavole il complesso nel suo insieme, ma separatamente ogni edificio con i suoi elaborati.
Riportiamo di seguito i disegni e le planimetrie originali e i relativi confronti fotografici con le strutture realizzate:

Disegni originali

Fig 24. Planimetria primo solaio edificio “scalare” (Archivio Marone Marcelletti)

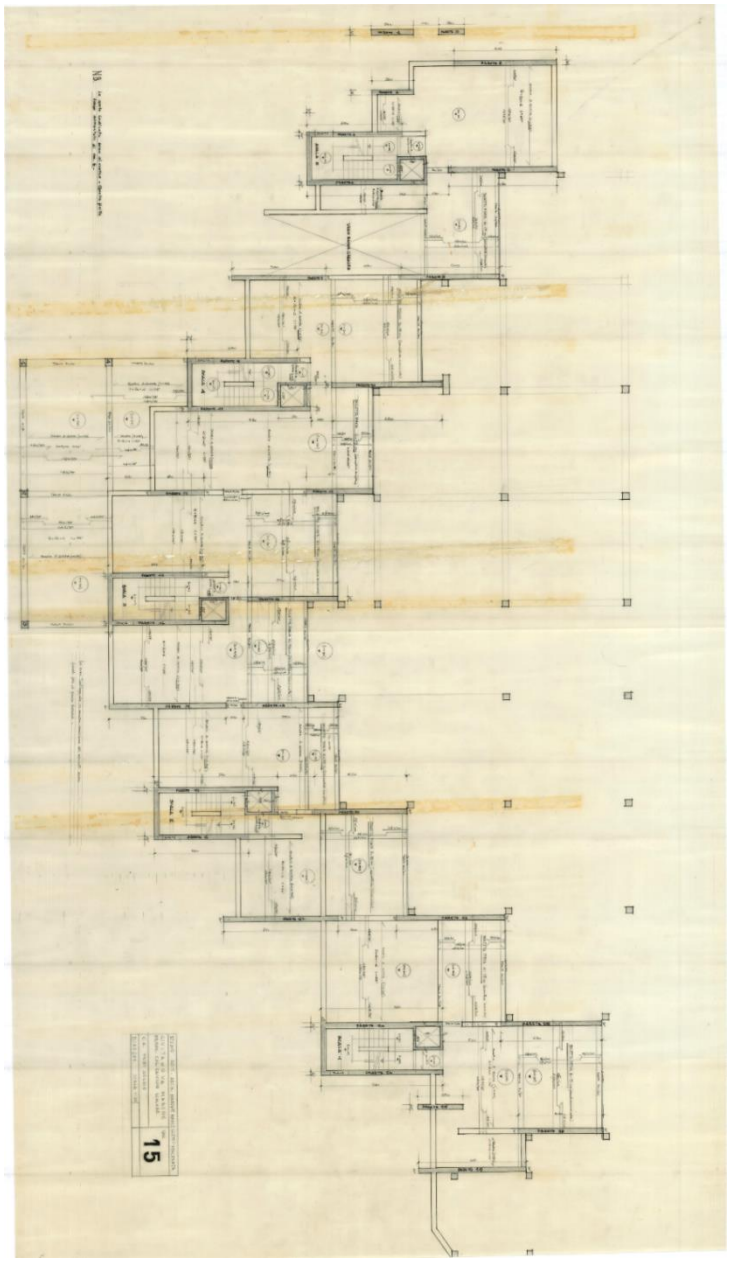


Fig 25. Sezione edificio “scalare (Archivio Marone Marcelletti)

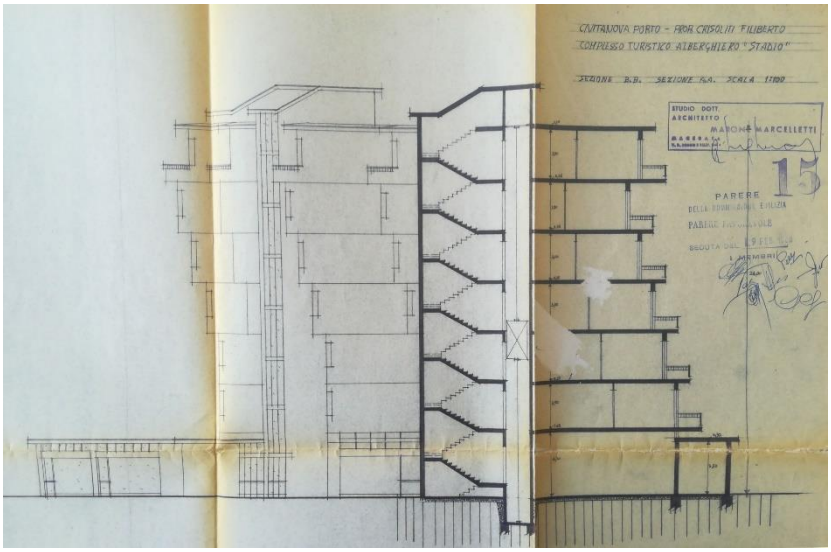


Fig 26. Sezione edificio “scalare (Archivio Marone Marcelletti)

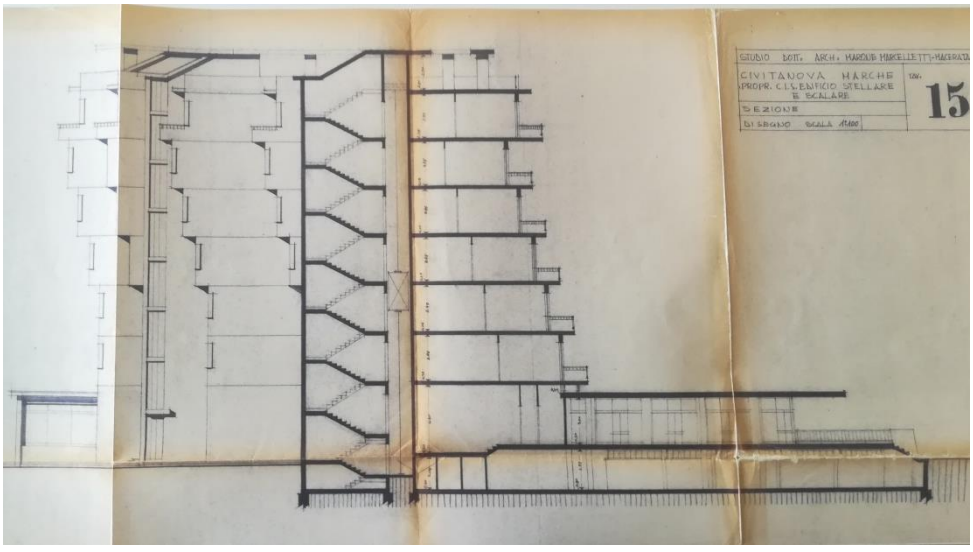


Fig 27. Planimetria primo solaio edificio commerciale (Archivio Marone Marcelletti)

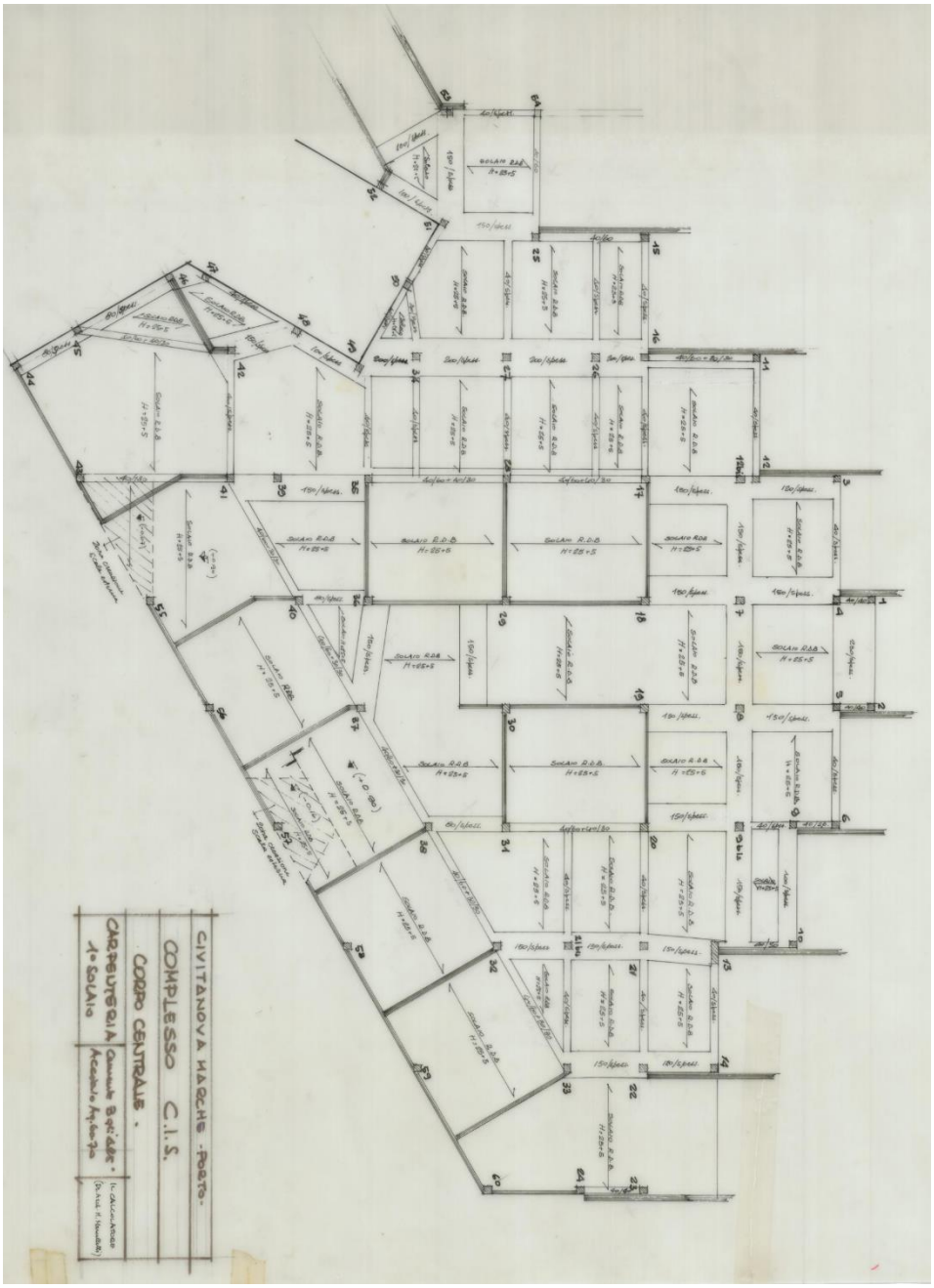


Fig 28. Planimetria solaio tipo edificio "stellare" (Archivio Marone Marcelletti)

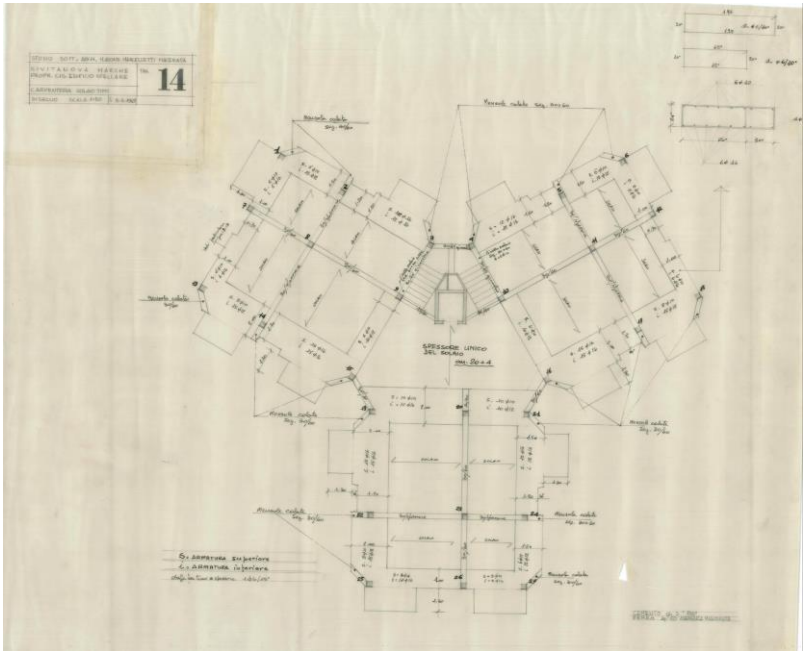


Fig 29. Sezione edificio "stellare" (Archivio Marone Marcelletti)

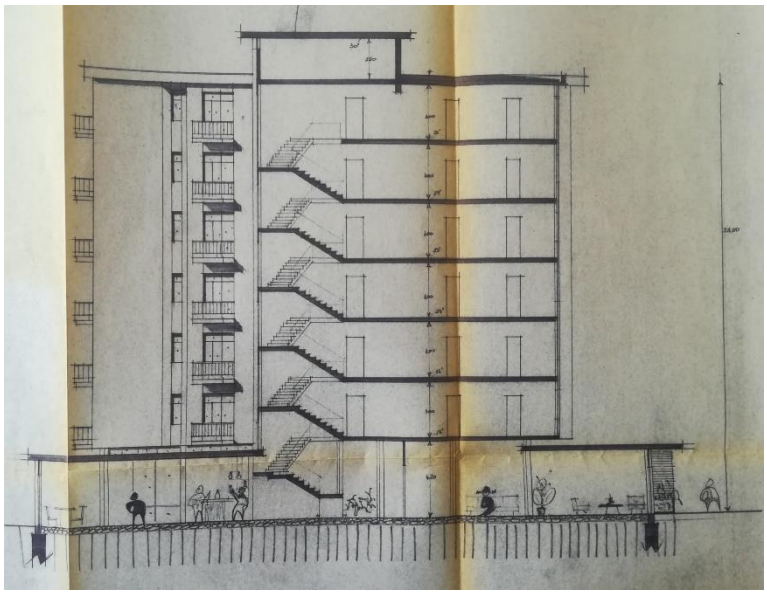


Fig 30. Prospetto est del complesso (Archivio Marone Marcelletti)

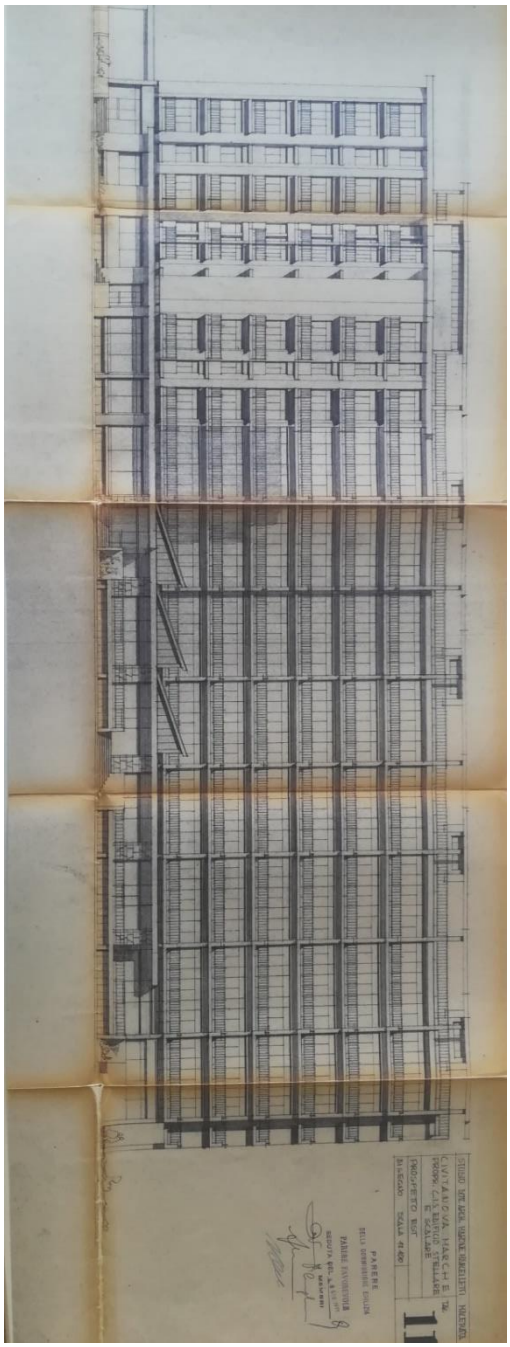
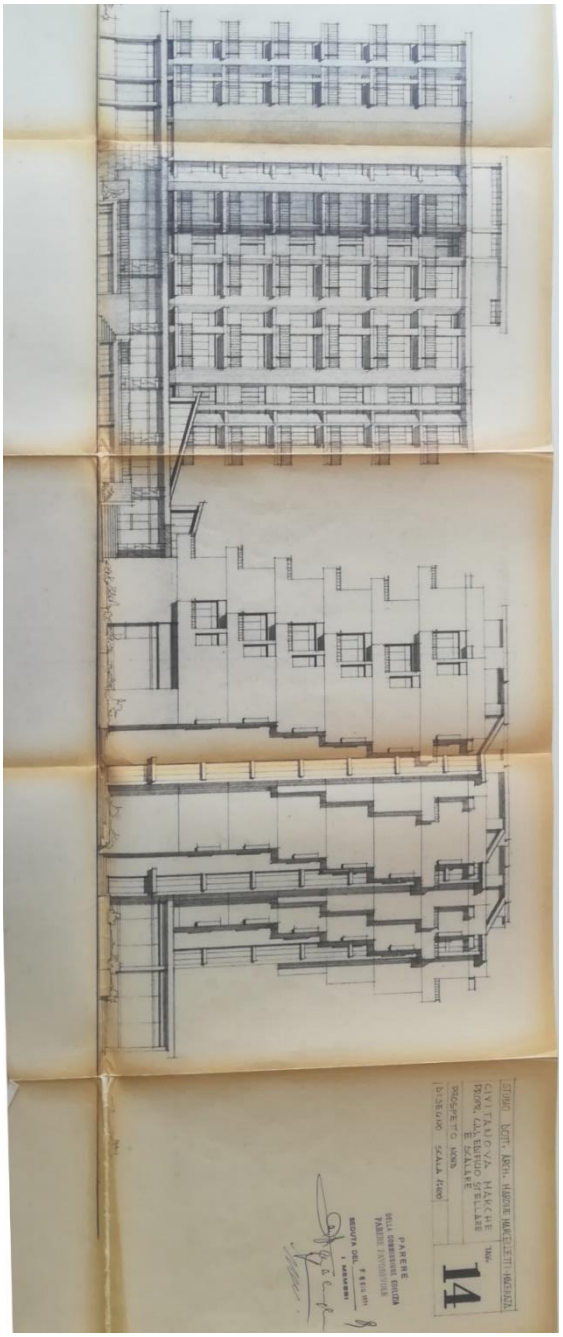


Fig 31. Prospetto nord del complesso (Archivio Marone Marcelletti)



Rilievo fotografico

Fig 32. Visuale da Viale Vittorio Veneto

Fig 33. Vista da Largo Italia

Fig 34. Vista da Lungomare Piermanni

Fig 35. Vista da Largo Italia

Fig 36. Palazzo “scalare”

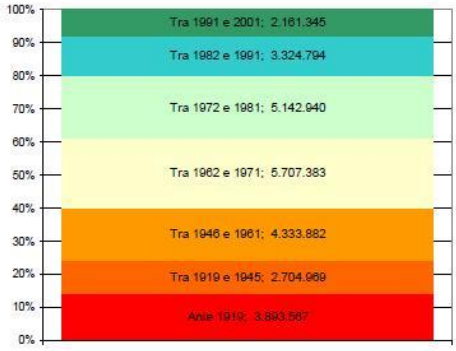
Fig 37. Palazzo “stellare”

CAPITOLO 4. LE CRITICITA' E GLI OBBIETTIVI

4.1 La vulnerabilità degli edifici del dopoguerra

Come anticipato, la maggior parte del patrimonio edilizio che caratterizza le città è stato progettato in assenza di criteri sismici in quanto non richiesti all'epoca e molto spesso è risultato necessario intervenire con opere di modifica architettonica estemporanea tuttavia senza adeguate verifiche strutturali con la conseguente probabilità di aumentare il rischio sismico anziché diminuirlo. [21]

Fig 38. Abitazioni per anno di costruzione (elaborazione ISTAT 2001)



Il caso in esame ne è l'ennesima dimostrazione, in quanto in più di 50 anni gli unici lavori di manutenzione che il complesso ha ricevuto sono stati effettuati tra il 2016 e il 2017, concentrati prevalentemente sull'edificio "scalare" per il restauro degli intonaci nelle facciate e la messa in sicurezza dei balconi. È quindi comprensibile come dal punto di vista energetico e strutturale l'edificio presenti criticità e incoerenze dovute al mancato rispetto delle normative a riguardo con una conseguente situazione di disagio e rischio per gli utenti degli appartamenti.

A tal proposito, facendo riferimento a quei concetti esposti nel capitolo precedente, rispetto al *rischio sismico* (definito come prodotto

tra *Pericolosità*, *Vulnerabilità* ed *Esposizione*), è bene approfondire la nozione di Vulnerabilità dell'edificio, in quanto è l'unico parametro su cui è possibile e doveroso intervenire. [22]

La stima dell'indice di vulnerabilità sismica di un edificio segue l'iter progettuale di 'Valutazione della sicurezza' di cui al paragrafo 8.5 delle NTC che può essere riassunto nei seguenti passaggi:

- **Analisi storico-critica**: è lo strumento che guida il progettista nella ricostruzione dello stato di sollecitazione attuale alla luce delle modifiche e degli eventi che hanno interessato l'edificio nel tempo.
- **Rilievo**: si definisce lo stato attuale della costruzione mediante rilievi plano-altimetrici, strutturali e dello stato di danno e deformativo della struttura.
- **Caratterizzazione meccanica dei materiali**: valutazione della capacità di resistenza dei materiali mediante indagini svolte in sito o in laboratorio.
- **Livelli di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza**: si definiscono coefficienti riduttivi delle proprietà meccaniche dei materiali via via minori al crescere del grado di approfondimento delle indagini; si va dal livello di conoscenza 1 (LC1), il minimo consentito, al livello di conoscenza 3 (LC3), il massimo consentito.
- **Analisi strutturale** e determinazione della vulnerabilità del sistema strutturale esistente;
- **Proposta di eventuali interventi locali, di miglioramento o di adeguamento e valutazione del rapporto costi/benefici ottimale.** [22]

Le carenze che hanno maggiormente influenzato la risposta sismica degli edifici e che dopo i terremoti dell'Aquila (2009) e dell'Emilia Romagna (2012) possono essere prese a riferimento per l'analisi di altre situazioni, sono state individuate in:

–configurazione della struttura inadeguata all'articolazione dell'edificio;
– disposizione degli elementi non strutturali inadeguata alle caratteristiche della struttura (piano "soffice");
– presenza di telai in una sola direzione;
– presenza di travi "forti" e pilastri "deboli";

– presenza di pilastri tozzi;
– particolari costruttivi inadeguati: staffatura di pilastri e nodi, lunghezza di ancoraggio e sovrapposizione delle armature;
– insufficiente qualità del calcestruzzo, sia in termini di resistenza sia in termini di getto (ad es.: segregazione, giunti, effetto di capillarità);
– elementi non strutturali a rischio di collasso, anche solo locale. [23]

Facendo riferimento a queste designazioni, è possibile notare come nel complesso dell'Arch. Marcelletti ne compaiano alcune: l'irregolarità della geometria e della distribuzione delle masse dell'edificio influiscono ampiamente sulla risposta sismica delle costruzioni, tant'è vero che le più importanti normative nel mondo considerano esplicitamente gli effetti legati alla regolarità/irregolarità dovuta sia alla configurazione strutturale che alla sfavorevole disposizione di elementi non strutturali. La regolarità (da analizzarsi sia in pianta che in altezza) è legata ad una serie di fattori diversi che possono essere individuati in semplicità, simmetria, compattezza, distribuzione delle resistenze e rigidezze, distribuzione degli elementi strutturali e distribuzione degli elementi non strutturali, ed è evidente come il complesso in esame non possa compiutamente essere congruente con questa definizione.

Un'altra caratteristica evidente nel caso in esame riguarda la presenza di solai monodimensionali, tipica degli edifici progettati per soli carichi verticali (come richiesto nel caso di non presenza di zona sismica). Negli edifici civili i solai non poggiano sulle travi ma prevedono la presenza di travi a spessore o ribassate; inoltre, se le travi trasversali sembrano "assenti" può significare che sono presenti ma non sono visibili o dipende appunto dal tipo di solaio realizzato.
Si configura pertanto una situazione in cui nella direzione parallela a quella di orditura dei solai, la resistenza alle azioni sismiche orizzontali è molto ridotta o assente. [23]

Oltre a certe problematiche indubbie che riguardano la struttura, un altro aspetto su cui si vuole lavorare attraverso l'intervento riguarda l'architettura che contraddistingue questo stabile in sé, che a un primo esame visivo potrebbe apparire inattuale e sottolinearne lo stile obsoleto non in linea con il gusto contemporaneo,

sebbene un occhio più attento possa riconoscere e apprezzare i cardini della filosofia architettonica razionalistica; una valutazione superficiale potrebbe limitarsi a cogliere una sorta di "pesantezza" strutturale ed estetica limitanti le potenzialità funzionali ed estetiche dell' edificio.

Lo scopo di questa tesi è dimostrare attraverso dati e analisi come tali ipotetici aspetti negativi possano essere sicuramente confutati e come, attraverso la progettazione dell'esoscheletro, sia possibile produrre vantaggi per quanto concerne i consumi energetici, i costi economico-gestionali, la sicurezza strutturale e il comfort negli ambienti interni di cui possono beneficiare i fruitori, ma anche la città stessa, che diventerebbe la prima nelle Marche a sostenere la riqualificazione intelligente degli edifici, rappresentando pertanto un modello per casi simili da affrontare.

4.2 Principali fenomeni di degrado

Purtroppo è ormai acclarato che gli edifici realizzati sull'intero territorio nazionale nel periodo del boom economico del secondo dopoguerra, caratterizzati da forme e tecnologie costruttive riconoscibili e ripetute, siano stati sottoposti nel corso del tempo a fenomeni di degrado ricorrenti e tipici.

I fenomeni di degrado più frequentemente riscontrabili sono generalmente legati all'azione aggressiva degli agenti atmosferici, in particolare acqua e umidità e sollecitazioni termiche, uniti ad alcuni difetti di realizzazione, che interessano tutte le parti esposte dell'involucro dell'edificio: pareti e rivestimenti, coperture, balconi e strutture a sbalzo. [24]

Nello specifico degli edifici presi in esame, le strutture verticali esterne sono state quelle più soggette a questi fenomeni e ad occhi nudo è possibile individuarli, come la formazione di depositi superficiali o di muffe o efflorescenze saline a causa del passaggio dell'acqua sulle pareti perimetrali; oppure il distacco del rivestimento superficiale, dovuto a inefficienze del sistema di ancoraggio nel rivestimento in lastre, o a differente comportamento tra ossatura in C.A. e tamponamento.

Il degrado può anche interessare il rivestimento al di sotto dei davanzali, in caso di assenza del gocciolatoio all'estradosso che provoca lo scorrimento dell'acqua meteorica sulla parete.

Fig 39. Degrado del rivestimento nel palazzo "scalare" (foto del 2016)

Fig 40. Degrado del rivestimento nel palazzo "scalare" (foto del 2016)

Per quanto riguarda le strutture di copertura, che generalmente sono piane, come nel caso preso in esame, i loro manti di rivestimento in bitume o in lastre sono spesso soggetti a fenomeni di degrado dovuti a sollecitazioni termiche. La dilatazione del sottostante solaio di copertura in C.A., se mal coibentato, causa degrado nei punti di connessione con le pareti sottostanti o emergenti. [24]

Altra consueta causa di degrado nelle coperture piane è l'insufficiente pendenza dell'estradosso che comporta ristagno di acqua piovana e quindi ulteriori dannosi fenomeni di infiltrazione.

A ciò spesso si accompagna una scarsa manutenzione dei sistemi di canalizzazione delle acque meteoriche oltre che una serie di problemi dovuti a scarsa durabilità dei materiali ed errori di posa in opera. [23]

Fig 41. Infiltrazioni di acqua nelle coperture piane bituminose

Ciò che in particolare contraddistingue gli edifici dello stabile in esame di Civitanova Marche, è la presenza in ogni lato dei balconi. Negli edifici in c.a. è particolarmente problematica la situazione delle strutture a sbalzo, dove i danni più ingenti interessano proprio la struttura in c.a., i rivestimenti e le superfici intonacate.

Le cause sono imputabili in parte alla conformazione stessa della sezione a trapezio dello sbalzo, e poi all'inadeguatezza dei gocciolatoi all'intradosso, se ci sono, o alla loro mancanza, all'insufficiente dimensionamento degli elementi per lo smaltimento delle acque meteoriche, all'inadeguatezza dei sistemi di ancoraggio degli elementi di protezione verticale alla soletta. [23]

Fig 42. Cedimento dei materiali e dei balconi nell'edificio scalare (foto del 2016)

Fig 43. Macchie e cedimento degli intonaci nell'edificio "stellare "

Inoltre, il ridotto sporto dei doccioni può provocare ristagno d'acqua nel balcone e conseguente infiltrazione per risalita, favorendo all'esterno il deposito e la formazione di macchie e alterazioni cromatiche del rivestimento o, addirittura, fenomeni di distacco del rivestimento stesso, soprattutto nel caso in cui quest'ultimo sia costituito da tessere ceramiche di piccole dimensioni. [23]

4.3 Gli interventi di conservazione più comuni

E' noto che le forme di degrado più su illustrate sono associabili a molti edifici di analoghe dimensioni e struttura su tutto il territorio nazionale.
È per questo che negli anni si sono sviluppate strategie di conservazione molto comuni adatte ad un'applicazione in numerosi interventi di recupero e di miglioramento di un patrimonio edilizio tanto importante nel panorama storico del Paese.

Nel caso in esame infatti nel 2016 sono stati effettuati alcuni di questi, che hanno sicuramente migliorato l'aspetto estetico dell'edificio, ma che probabilmente non hanno risolto quelle problematiche di infiltrazione e isolamento delle pareti sopra citati, con cui ci si ritroverà inevitabilmente a fare i conti fra qualche anno.

Dato che acqua, umidità e sollecitazioni termiche sono le cause più frequenti alla base dei fenomeni di degrado, e il sistema di chiusura esterna dell'edificio è la parte più facilmente aggredibile dal degrado della materia, come prima cosa, è bene effettuare un attento esame dell'involucro esterno al fine di stabilire l'intervento manutentivo più indicato su facciate e coperture. [24]

L'intervento deve tendere innanzitutto ad eliminare le cause del degrado e quindi nei punti più critici come le discontinuità geometriche, costruttive e strutturali, si dovranno eliminare le infiltrazioni meteoriche e ripristinare lo stato di tenuta dove si fosse deteriorato.

Bisogna quindi attutire gli impatti di agenti aggressivi sulle superfici esterne, come l'irraggiamento solare che determina variazioni termiche, e quindi fenomeni di dilatazione e sollecitazioni termiche sui materiali e sulle superfici.

In questi casi è auspicabile predisporre l'inserimento di strati isolanti e di tenuta preferibilmente all'esterno della chiusura, comunemente denominata "cappotto", che contribuisce a migliorare il comportamento termico della parete e quindi le prestazioni energetiche spesso carenti in questi edifici e di conseguenza anche le condizioni di benessere ambientale interno. [24]

L'inserimento del cappotto implica la sovrapposizione o la totale rimozione del rivestimento in essere e la sua sostituzione, dopo aver applicato sulla parete di chiusura messa a nudo uno strato di materiale isolante. Con questo intervento potrebbe essere messo in crisi quel delicato equilibrio tra il sistema di facciata nel suo complesso e il dettaglio di facciata, che ha rappresentato la ricerca figurale più significativa del grande piano di ricostruzione degli anni del boom economico. [24]

Questa però non è stata una strategia opzionata quando nel 2016 ci sono stati i lavori di manutenzione nell'edificio scalare, ed è il motivo per cui è facile prevedere che nel giro di pochi anni si ritorni ad affrontare quelle problematiche, che nel frattempo, non essendo state eliminate, stanno progredendo nell'inevitabile deterioramento dei materiali, e porteranno a una portata dei lavori maggiore e più dispendiosa.

4.4 Manutenzione smart

Allacciandosi proprio al concetto di "riqualificazione intelligente" è spontaneo chiedersi come possa cambiare un edificio per diventare "smart". Questo argomento negli ultimi anni è sicuramente stato alla base di dibattiti sull'edilizia, e in particolare in Italia è interessante trattarlo dai due punti di vista che caratterizzano il Paese: da un lato le nuove costruzioni e dall'altro la necessità di adeguare il patrimonio esistente. Naturalmente il primo risulta più agevole e per certi versi facilmente realizzabile, ma probabilmente poco rilevante e stimolante, oltre al fatto che ci si trova di fronte a politiche di consumo di suolo zero e che quindi impediscono lo sviluppo. Ma la vera sfida si pone di fronte a quel tessuto urbano che dovrebbe essere sostituito o integrato, e che risulta di scarsa qualità e inadatto alle esigenze attuali. [25]

E' evidente quindi che proprio su questo bisogna lavorare con maggior impegno, su tutto quel patrimonio che si trova in un "limbo" dal momento che negli anni perde sempre di più il suo valore di mercato e si allontana dai canoni di architettura moderna, e che non può rientrare di certo nella categoria degli edifici storici. [26]

Queste strutture hanno bisogno di essere attualizzate, e il concetto di "smart building" racchiude una serie di obiettivi e opportunità che vanno incontro alla riduzione dell'impatto ambientale, che è proporzionalmente legato ai consumi, per divenire efficienti sia dal punto di vista economico che energetico. [26] Questo è possibile principalmente modificando gli impianti, in modo che si integrino ai servizi digitali moderni e rendano gli spazi più sicuri ed efficienti, perché un'edilizia

intelligente diviene "green" se controlla la gestione dell'energia, la climatizzazione e ventilazione, permette di evitare gli sprechi, controlla le anomalie e previene danni ed emissione di sostanze nocive nell'aria. [26]

Possiamo affermare che finora l'edilizia ha mostrato resistenza verso questa evoluzione che dirige in direzione tecnologica e si mostra ancora incentrata sulla forza lavoro delle persone, non considerando le opportunità offerte da una gestione e manutenzione attraverso sistemi di controllo informatizzati volti a garantire efficienza completa sul lungo termine dell'edificio. Fortunatamente più di recente le imprese che operano nella tecnologia di estrazione impiantistica nel mondo dell'energia o di sistemi di sicurezza e mostrano significativi avanzamenti progettuali e costruttivi in cui si considerino sempre di più soluzioni adattabili alle nuove costruzioni tali da renderle "smart buildings". [27]

L'esigenza di progettare e realizzare edifici intelligenti, dipende dalla necessità di ridurre i consumi energetici e gli impatti ambientali, ma rappresenta anche la possibilità di offrire agli utenti elevatissimi livelli di comfort, dal momento che questi sistemi tecnologici gestiscono tutte le funzioni della casa, come la produzione di energia e il suo monitoraggio, l'illuminazione, la ventilazione, la sicurezza e anche tutti gli aspetti di intrattenimento, come gli impianti audio-video. [26]

Come già accennato, dal Rapporto Istat si evince che intervenire sul patrimonio edile significa riqualificare il comparto in cui risiede la metà della ricchezza della popolazione italiana divenendo un'occasione anche per operazioni di rigenerazione urbana e di rilancio delle economie locali. [27]
Per declinare questo concetto al caso studio, il primo passo da fare riguarda la verifica e il miglioramento delle sue performance, che si ottengono dopo aver provveduto a mettere in sicurezza tutte le parti dell'edificio, prima dal punto di vista strutturale e poi risolvendo i problemi di umidità o infiltrazioni, tramite la coibentazione dell'intera struttura e la sostituzione gli infissi.
Trovandosi di fronte un edificio vecchio sarebbe necessario rinnovare l'impianto elettrico e idrosanitario, e con l'occasione sostituire il generatore di energia e anche tutto il sistema di distribuzione del calore, ma non solo.

A proposito di queste modifiche impiantistiche e integrazioni, si ricollega anche l'utilità di installare un'infrastruttura per connettere le varie parti dell'edificio, che nel caso specifico potrebbe genericamente definirsi esoscheletro. Il goal di tale ardita concezione è il recupero, oltre che del nostro, di milioni di edifici energivori e in cattiva salute, degradati e a rischio crollo che diverrebbero, in questo modo, edifici energeticamente efficienti, sicuri e costantemente monitorati.

CAPITOLO 5: LA STRUTTURA ESISTENTE

Come già accennato tutte le informazioni sulla progettazione e realizzazione della struttura presa in esame sono state fornite in parte dall'Architetto Montalboddi, che in questi anni ha conservato e celebrato la memoria dell'Architetto Marcelletti, e in parte studiando i disegni originali delle tavole che fino ad oggi sono state pervenute.

Numerose le tavole a disposizione ma piuttosto difficoltosa la comprensione della struttura portante dell'edificio, che per l'intento di questa tesi, è l'aspetto principale da analizzare: è verosimile pensare che molti dei dettagli strutturali siano andati persi e pertanto il lavoro più complesso è stato proprio la ricostruzione degli aspetti più tipicamente tecnici.

Si è dovuto procedere pertanto alla elaborazione delle nozioni ingegneristiche avvalendosi quasi esclusivamente delle planimetrie disponibili prettamente di tipo architettonico, sia per quanto riguarda la disposizione dei solai, la dimensione delle travi o dei particolari strutturali.

Le uniche tavole di approfondimento contengono i disegni delle armature di travi e pilastri, dove vengono indicati tipologia di acciaio e di calcestruzzo, le dimensioni delle barre e la loro disposizione; nello specifico nell'area costituita da un solo piano dedicata ad attività commerciali è stata riscontrata la maggiore eterogeneità degli elementi.

L'edificio detto "stellare" e quello di tipo commerciale sono accomunati dalla tipologia strutturale a travi e pilastri, applicata naturalmente in maniera diversa nei due casi; infatti nel primo si tratta di una struttura che si sviluppa in verticale per 7 piani su un area di sedime di circa 300mq, con pilastri 30x30 cm disposti sul perimetro e in una fila centrale per ogni "manica", e travi di bordo a spessore 30x150 cm.

Per quanto riguarda invece l'area definita commerciale bisogna specificare che questa è costituita in realtà da 3 corpi separati: una parte che è ancora oggi un

ristorante ed è in prossimità dell'edificio "scalare", un'altra nell'angolo tra due "maniche" dell'edificio "stellare", e poi il corpo centrale più grande che si sviluppa su un'area di 1500mq dove sono sempre stati presenti negozi e supermercati.

Di tutt'altro genere è invece l'ossatura portante del palazzo "scalare", che presenta una serie di setti portanti paralleli in calcestruzzo, riconoscibili dall'esterno e che insieme ai corpi scala vanno a definire le varie porzioni degli appartamenti in maniera molto chiara. In tutto l'edificio, solamente in prossimità dei corpi scala sono presenti dei setti murari longitudinali che generano una sorta di scatola chiusa sui quattro lati.

Come già accennato, in linea con lo stile e consuetudine dell'epoca, le coperture degli stabili in questione sono piane, e nel caso dei palazzi scalare e stellare sono praticabili e costituiscono quindi delle grandi terrazze sul mare, mentre non lo sono nell'area del commerciale, se non per la manutenzione.

I disegni originali includevano quindi le planimetrie delle tre strutture separatamente, che di seguito sono state invece rappresentate in maniera complessiva per far comprendere come si relazionano tra loro. Gli elaborati riportati includono:

- Planimetria del basamento a quota -1,7 m
- Planimetria del primo solaio a quota +0,45 m
- Planimetria di un piano tipo
- Prospetto est
- Prospetto nord
- Prospetto ovest
- Prospetto sud
- Veduta prospettica d'insieme

Fig 44. Planimetria fondazioni quota -1,7 m

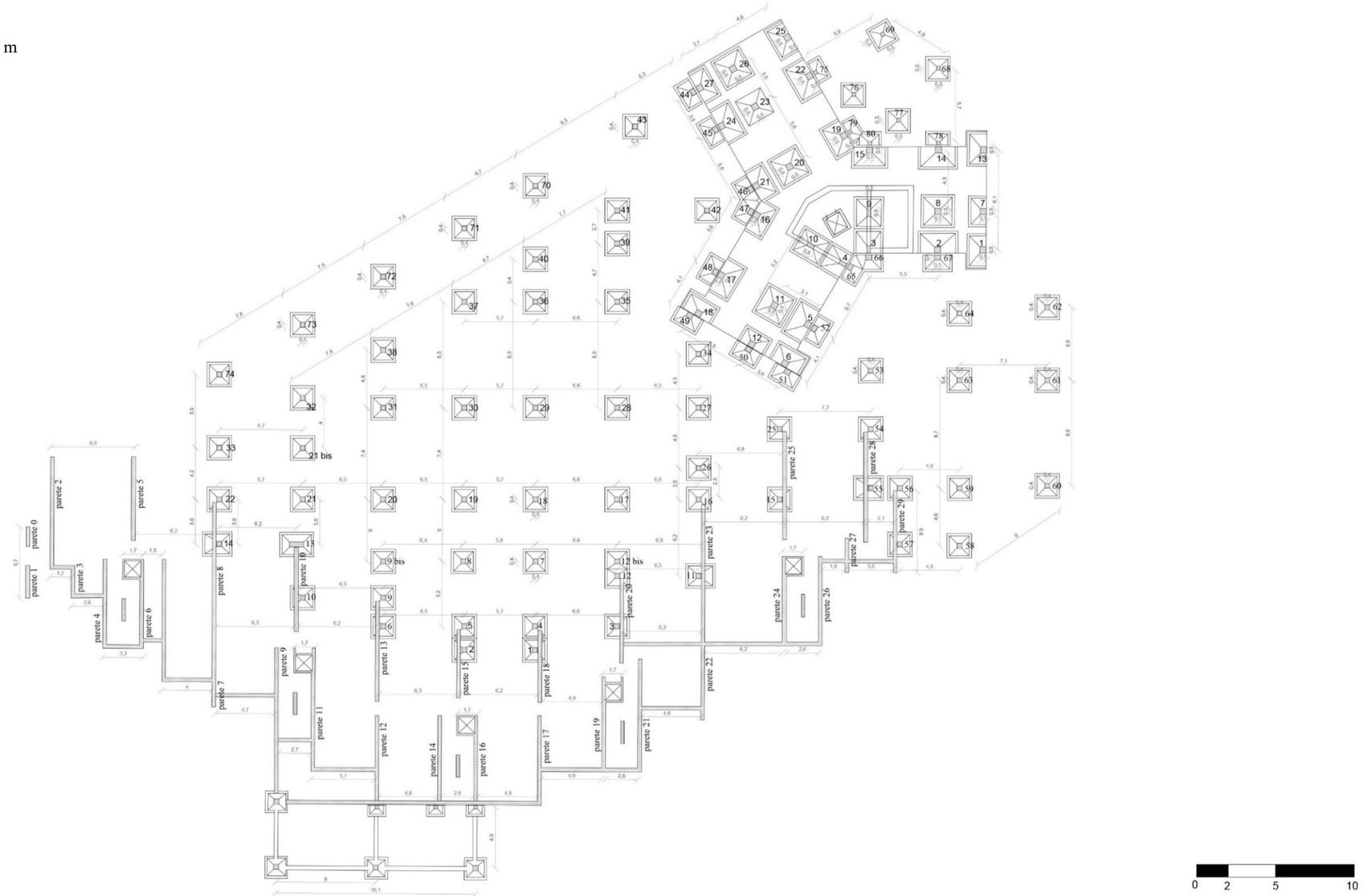


Fig 45. Planimetria primo solaio quota +0,45 m

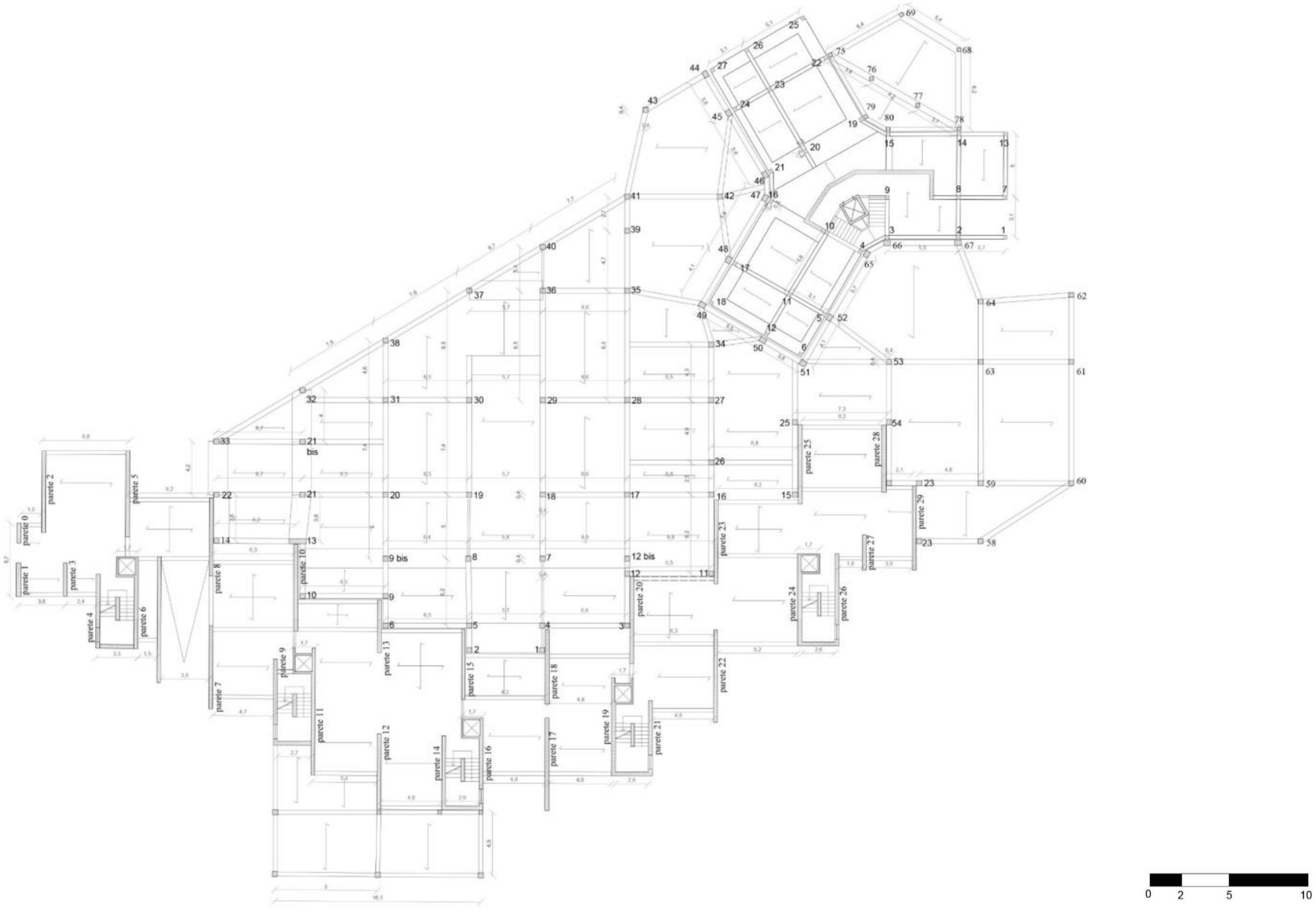


Fig 46. Planimetria piano tipo

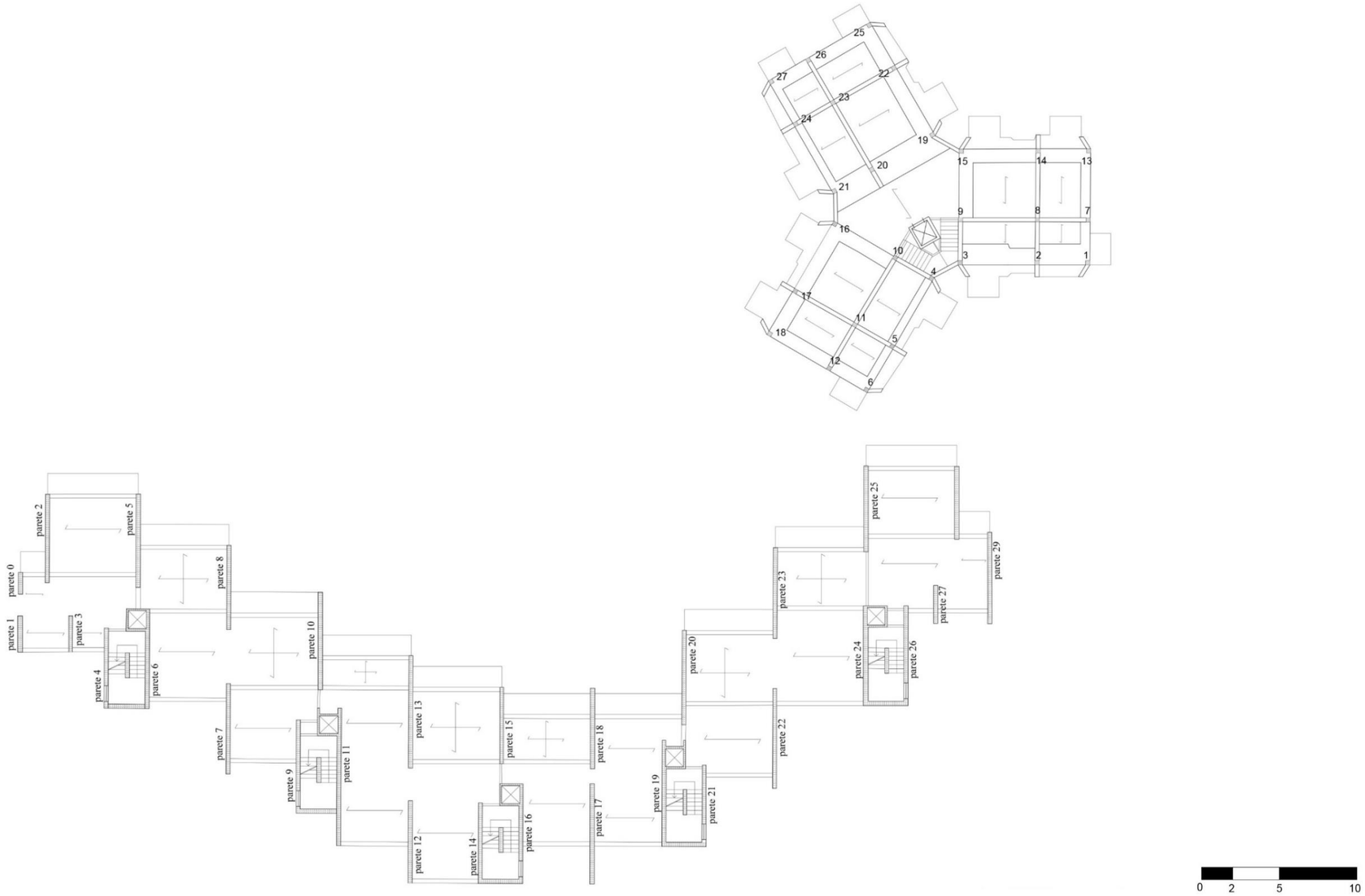
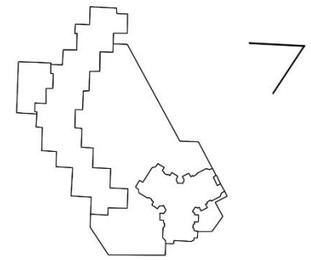


Fig 47. Prospetto est



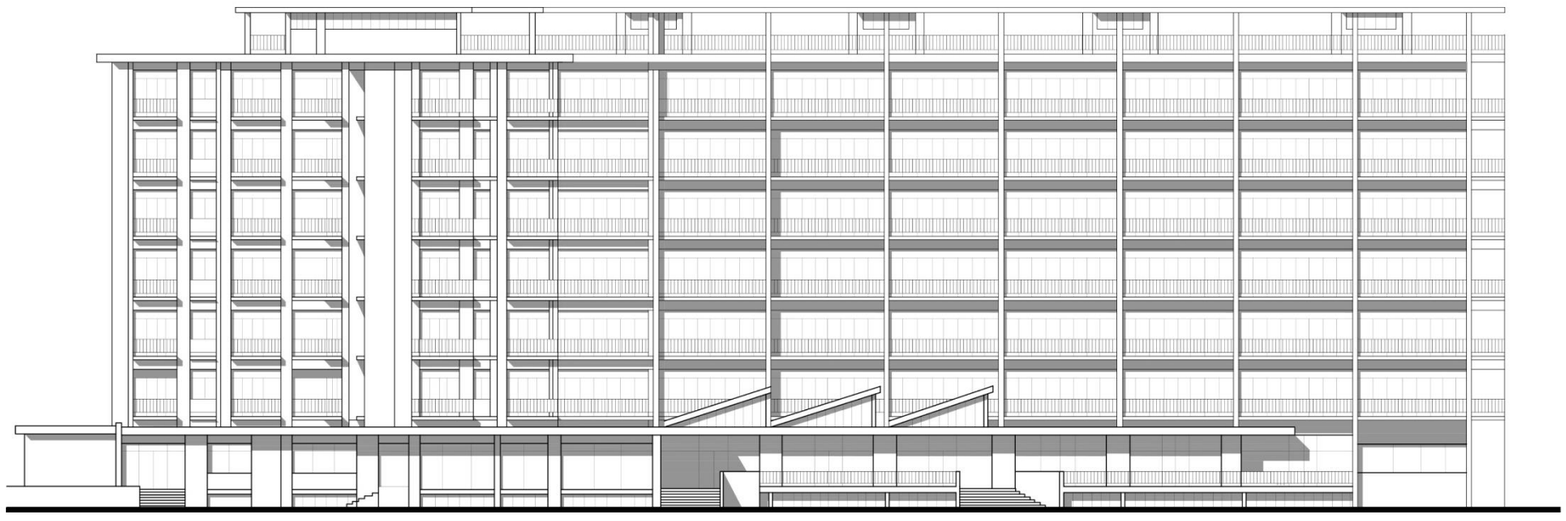


Fig 48. Prospetto nord

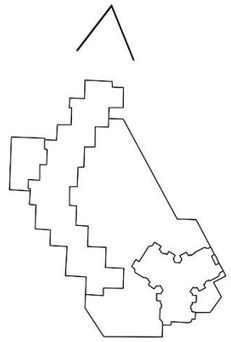


Fig 49. Prospetto ovest

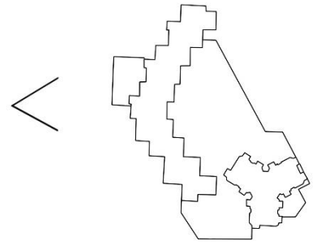


Fig 50. Prospetto sud

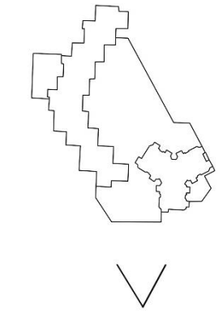
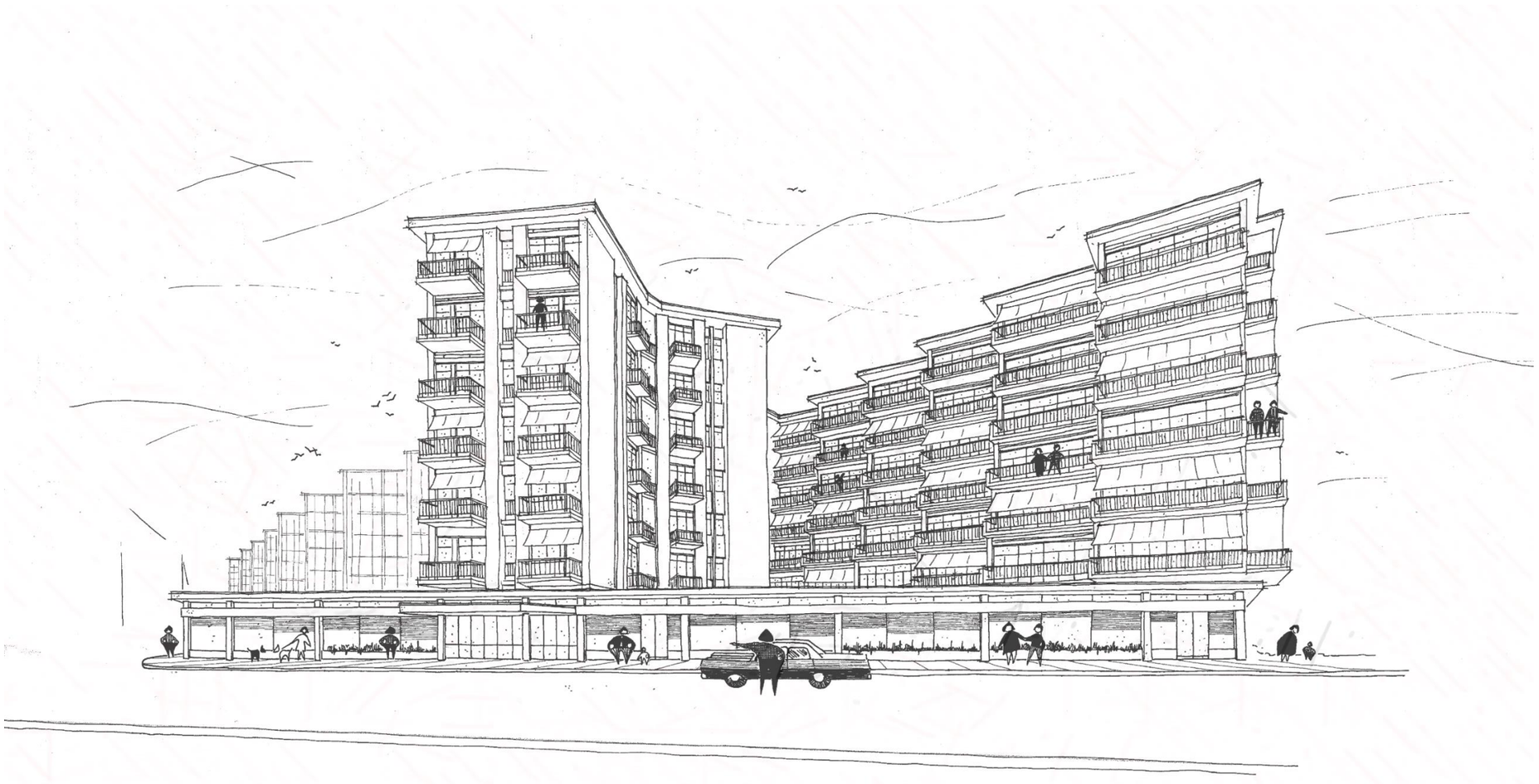


Fig 51. Veduta prospettica d'insieme



CAPITOLO 6: L'ESOSCHELETRO

E' già stato accennato il fatto che di norma di fronte alla situazione di un edificio in condizioni obsolescenti, si intervenga con modalità standardizzate che sono dispendiose e impattanti, e che non hanno effetti sullo spazio pubblico e sull'integrazione urbana [25].

Negli ultimi anni gruppi di ricercatori sostenuti anche da iniziative accademiche, hanno intrapreso degli studi su pratiche progettuali di riqualificazione innovative per intervenire sugli edifici di questo tipo, con l'intento di apportare un recupero del manufatto da più punti di vista, tenendo conto sia degli aspetti architettonici, che prestazionali e strutturali. Si parla di "resilient thinking" intesa come incremento della resistenza ai meccanismi del degrado e all'autoconservazione funzionale; adattarsi e riorganizzarsi di fronte ai continui mutamenti nel corso del tempo, tenendo alla base il concetto di *sostenibilità*, declinato nelle classiche tre tematiche che sono la salvaguardia ambientale, l'utilizzo razionale delle risorse e il benessere e salute dell'utenza. La resilienza vista come il modo più realistico e scientificamente corretto con cui pianificare azioni in risposta ai turbamenti eco-sistemici nell'ottica di pervenire all' equilibrio ambientale. [28]

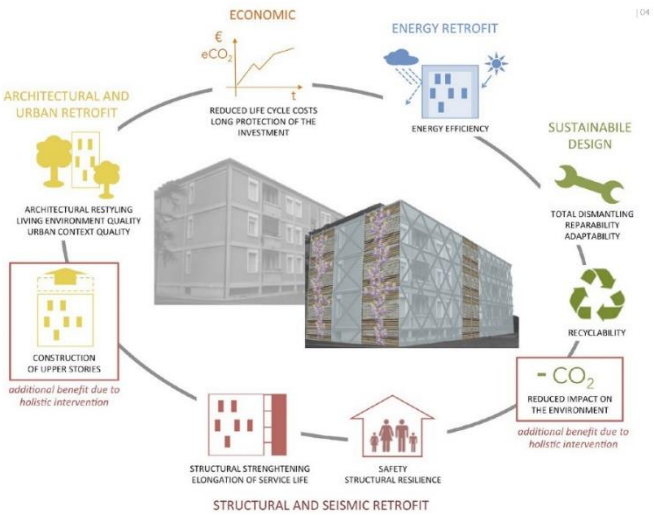
Nasce da questo concetto l'idea dell'*esoscheletro adattivo*, una struttura in acciaio che si pone come una sorta di "doppia pelle" all'esistente, che sostiene l'edificio per garantire l'ottimale erogazione di prestazioni perdute a causa dell'incessante azione lesiva del tempo. Si tratta in sostanza di un "espansione volumetrica" con delle proprie fondazioni autonome, da apporre ai fronti dell'edificio esistente, tramite la quale si può anzitutto porre in sicurezza l'edificio ma anche consentire un ampliamento degli spazi esistenti gli spazi e creandone di nuovi; molteplici risultano le possibilità di personalizzazione dell'involucro che consente anche la sopraelevazione dell'edificio.

Deve essere considerato un processo interdisciplinare in cui simultaneamente si controllano diversi parametri funzionali, distributivi e formali dei manufatti architettonici e di conseguenza di aree urbane e del paesaggio. [29]

Tra i tanti vantaggi di questa tecnologia il più evidente è sicuramente la semplicità della messa in opera; difatti esso è un sistema a secco reversibile, dalla realizzazione rapida che consente risparmio di risorse e di tempo considerevole, oltre al fatto che trattandosi di un intervento esclusivamente esterno, i disagi per gli inquilini sono ridotti al minimo senza necessità di trasferimenti temporanei durante i lavori.

A tutti gli effetti può essere considerata un' *"impalcatura metallica"*, molto versatile che può assumere varie forme facendo appunto dell'eclettismo la propria più eclatante caratteristica; naturalmente interviene per assicurare sostegno strutturale all'edificio, ma non trascurabile appare la sua connotazione architettonica laddove i risultati ottenibili di ampliamento della metratura esistente con conseguente miglioramento della qualità di vita dei fruitori fanno propendere per una concettualità progettuale di scelta per la riqualificazione edilizia; l'obbiettivo è prolungare il ciclo di vita del manufatto adattandosi ai nuovi tempi ed esigenze; esso è un sistema "aperto" , modificabile secondo finalità e necessità intercorrenti.

Fig 52. Rappresentazione concettuale dell'esoscheletro strutturale ingegnerizzato. L'immagine mostra gli effetti benefici, sia diretti che indiretti, dell'integrazione delle misure strutturali di sicurezza in una soluzione "tradizionale" a doppia pelle strutturale. [28]

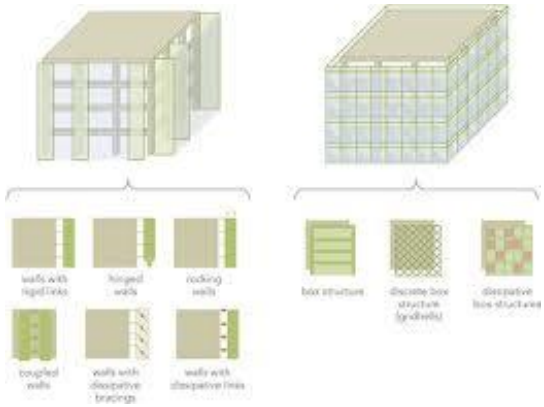


6.1 Le tipologie

Essendo innanzitutto un rinforzo sismico, una delle tecniche per renderlo tale riguarda l'approccio locale; infatti in questo caso il consolidamento della struttura avviene tramite un rinforzo puntuale dei nodi del telaio, delle travi e dei pilastri (mediante placcaggio e incamiciatura) e utilizzando anche un approccio globale, in cui il manufatto viene affiancato da elementi sismo resistenti. [28]

Per quanto sia possibile progettare liberamente questo sistema, ci sono due tipi di soluzioni: l'adozione di controventi integrati all'interno dell'esoscheletro *(soluzione a pareti*) o, in modo innovativo, tramite la progettazione di un nuovo involucro come sistema scatolare sismo-resistente che va ad avvolgere completamente la struttura (*soluzione a guscio*). [28] La scelta dipende dalla rigidezza iniziale dell'edificio, anche se bisogna specificare che il sistema a guscio è più completo sotto diversi aspetti, come il fatto che può essere disegnato ad hoc per l'esistente e può porsi proprio come una doppia pelle che assicura l'efficienza energetica e la sicurezza strutturale; mentre il sistema a pareti consiste più semplicemente nell'inserire setti di controvento che possono avere collegamenti rigidi o dissipativi, oppure possono essere pareti incernierate alla base, pareti *rocking* o pareti sismiche adattive.

Fig 53. Possibili soluzioni di rinforzo strutturale: soluzione a parete e a guscio. [28]



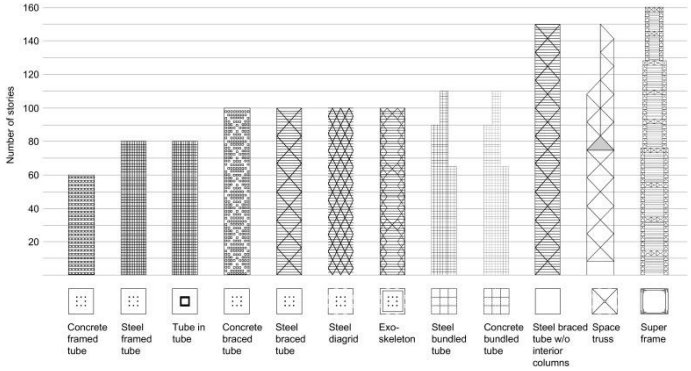
Attualmente l'esempio più iconico dell'applicazione della *soluzione a pareti* è l'edificio della società Magneti Marelli S.p.a. a Crevalcore, dove per la prima volta viene applicato un sistema simile per l'adeguamento sismico dopo il terremoto che l'Emilia Romagna ha subito nel 2012. [30] In particolare sono stati inseriti dei tralicci in acciaio controventati cavi a sezione circolare disposti lungo ognuno dei quattro lati della struttura da risanare.

Per quanto riguarda le soluzioni a guscio, variano a seconda del tipo e dimensione della struttura da "avvolgere", ma per la trattazione seguente verranno presi in considerazione strutture ad esoscheletro (esoscheletro distanziato, esoscheletro addossato, esoscheletro addossato e controventato) oppure diagrid e pseudo diagrid. [31]

Quest'ultimo sistema è forse il più diffuso ed utilizzato dai più grandi architetti per costruire grattacieli, soprattutto nella versione evoluta in cui si utilizzano i sistemi tubolari rinforzati, che risultano più performanti grazie agli elementi di rinforzo delle diagonali che riescono a contrastare le forze laterali con disposizioni a X, K o V, mentre il nucleo serve ad assorbire solo i carichi gravitazionali.

Inizialmente il diagrid tendeva ad essere evitato o camuffato perché le diagonali erano considerate ostruttive alla vista, ma con il tempo è diventato un sistema di tendenza nella progettazione degli edifici alti, tanto che ormai rappresenta un elemento artistico e le sue declinazioni rendono gli edifici esclusivi. [32]

Fig 54. Configurazioni per edifici alti [33]



6.2 L'architettura adattabile

Non trattandosi solamente di un'operazione strutturale, è necessario ribadire alcune considerazioni precedentemente accennate. Gli interventi di rigenerazione urbana sono un'esigenza in gran parte del territorio italiano, e scegliere cosa fare nei confronti degli edifici del dopoguerra, ma non solo, è una questione decisiva a fronte dell'attuale congiuntura economica e ambientale globale. [29]

Infatti intervenire per restituire a certi manufatti un aspetto nuovo, ma soprattutto innovativo è un'azione che apporta molti benefici, tra cui quello di ristabilire un'armonia sociale nei quartieri interessati, in quanto si va a compensare l'inadeguatezza e insufficienza che hanno caratterizzato per anni quegli spazi e la vita degli abitanti, conferendo ad essi un'identità che probabilmente non hanno mai avuto. Di conseguenza anche gli spazi esterni subiranno un "upgrade", generando una densificazione degli isolati grazie anche all'inserimento di nuove funzioni non necessariamente legate alle residenze, e che contribuiranno ad elevare la qualità della vita soddisfacendo le necessità dell'età contemporanea.

L'architettura, intesa come elaborazione artistica degli elementi strutturali, funzionali ed estetici della costruzione, in questo caso va ridefinita nel suo ruolo che ha perso negli anni, e grazie all'esoscheletro è possibile elaborare infinite possibilità di interpretazione di essa, in quanto diventa una "base" su cui sviluppare idee e concetti diversi a seconda di come si vuole declinare il tema di recupero dell'edificio, per garantirgli la capacità di allungare la sua esistenza, senza bloccarne le potenziali capacità rigenerative. [29]

Interventi che rappresentano una valida alternativa alla tradizionale demolizione e trascendono la prassi dell'abbandonare ciò che non funziona, affrancandosi alla cultura architettonica del nuovo tipica della modernità. Questa è un'opportunità per eludere la contrapposizione ideologica tra moderno/antico o

demolizione/conservazione, e per far strada a una terza via che è quella fra un intervento ex-novo e conservazione dell'esistente. [34]

Questa pratica progettuale è stata sperimentata in Europa attraverso simulazioni in cui il recupero integrato delle componenti architettoniche (tipologia e morfologia), prestazionali (efficienza energetica), e strutturali (resistenza sismica), permetteva di comprendere il ripensamento delle tipologie abitative e una ridefinizione degli spazi aperti.

L'architettura può e deve operare il riscatto estetico e realizzare qualità urbana, ma sarà in grado di farlo solo attraverso professionalità qualificate, sostenute da un'appropriata cultura del progetto e capaci di riportare all'interno della civitas una più matura visione del lavoro dell'architetto. [25]

6.3 La trasversalità del processo

E' stato dichiarato in precedenza come questo tipo di approccio abbracci vari aspetti nel campo dell'edilizia e come si possa considerare un intervento positivo non solo da un punto di vista architettonico ma anche sociale ed economico, oltre che ad essere un ottimo approccio al tema della sostenibilità in edilizia preesistente. Proprio su quest'ultimo è bene a questo punto soffermare l'attenzione. L'ecosostenibilità dell'architettura è un aspetto alla base della progettualità edilizia contemporanea, e ormai tutte le nuove costruzioni devono propendere verso scelte di materiali e tecnologie che vadano ad abbassare l'impatto ambientale del manufatto dalla sua costruzione e durante tutto l'arco della sua vita.

Di fronte a edifici come quello in esame, che costituiscono la maggioranza nel patrimonio edilizio italiano, il modo di intervenire è ancora obsoleto e non vengono minimamente accennati atteggiamenti responsabili e consapevoli sugli effetti che

una demolizione e una ricostruzione possono avere nei confronti dell'ambiente in termini di spreco di materiali e sfruttamento di risorse.

La modalità di studio di queste tematiche, che negli ultimi anni ha reso più consapevoli i costruttori e i fruitori su quali fossero effettivamente le conseguenze di questo modo di intervenire, è l'analisi del ciclo di vita di un prodotto, o come in questo caso di un manufatto, cioè calcolare i costi e consumi in tutte le fasi del prodotto, che vanno dal concepimento, alla manutenzione, fino al termine della vita utile.

Non è difficile immaginare cosa significhi demolire un edificio di una portata simile a quella in esame; basti pensare a quanti macchinari sarebbero necessari per compiere l'abbattimento, e a quanto tempo, uomini e mezzi di trasporto possano servire per sgombrare le macerie. Tali macerie dovranno poi essere trasportate in una discarica, dove poi verrà effettuato lo smaltimento senza la possibilità di recuperare nulla o dividere per materiale.

Fig 55. Processo del ciclo di vita di un prodotto [35]

Allo stesso modo costruire da zero nuovi edifici implica un impiego di materiali e costi, che anche se fatto con le accortezze per renderli efficienti e a bassi consumi, alla fine del bilancio non risulta un'operazione vantaggiosa.

Sebbene negli ultimi anni in Europa l'edilizia ha iniziato a muoversi in altre direzioni, la prassi, ancora oggi, persegue metodi tradizionali, ignorando le potenzialità che già possono offrire le nuove tecnologie e la ricerca.

Ciò che si vuole porre in risalto in questa tesi, è come la proposta dell'esoscheletro sia adeguata in termini pratici ed economici, e come esso sia stato pensato per contrastare fenomeni di spreco di materiale, e di mal funzionamento degli edifici, in maniera ecologica, poco dispendiosa, e facile da realizzare, senza impattare negativamente sulla salute dell'ambiente e dell'uomo.

CAPITOLO 7: LA NORMATIVA ATTUALE

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla norma tecnica delle costruzioni NTC 2018; per incrementare il livello di sicurezza si deve intervenire sulla concezione strutturale globale dell'edificio, applicando anche modifiche locali.

Per cui quando si valuta la sicurezza, argomentata con apposita relazione, bisogna stabilire se:

– l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;

– l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);

– sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

Proprio questi interventi da effettuare si individuano secondo le seguenti categorie:

– interventi di riparazione o locali: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;

– interventi di miglioramento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;

– interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.

Per l'edificio oggetto di studio si è percorsa la strada dell'adeguamento sismico e pertanto è stato necessario definire le azioni sismiche di progetto. 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 e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. [22]

In maniera più specifica, il progetto dell'intervento di miglioramento o adeguamento sismico deve almeno comprendere:

a) l'analisi e la verifica della struttura prima dell'intervento, con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto);

b) la scelta, esplicitamente motivata, del tipo di intervento;

c) la scelta, esplicitamente motivata, delle tecniche e/o dei materiali;

d) il dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;

e) l'analisi strutturale della struttura post-intervento;

f) la verifica della struttura post-intervento, con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto).

Quest'ultimo punto è particolarmente rilevante, infatti per l'esecuzione dell'analisi devono essere rispettati gli stati limite d'esercizio ed ultimi che comprendano non soltanto gli elementi strutturali, ma anche quelli non strutturali (impianti, macchinari, beni architettonici).

Secondo la definizione sono Stati Limite di Esercizio (SLE) lo Stato Limite di Operatività (SLO) e lo Stato Limite di Danno (SLD); vengono identificati invece come Stati Limite Ultimi (SLU) lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC). [22]

Scendendo nel particolare della definizione di questi stati limite, lo SLO impone che in seguito ad un terremoto la costruzione nel suo complesso non subisca danni e interruzioni d'uso; lo SLD stabilisce che a seguito del terremoto la costruzione possa subire dei danneggiamenti, ma devono essere tali da non mettere a rischio gli utenti e la capacità di resistenza e la rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Mentre nello SLV i crolli sono più importanti, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali, e 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; infine, lo SLC rappresenta lo scenario peggiore con ingenti danni e rotture; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.[22]

Per ognuno di questi Stati Limite si associa una certa probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} a partire dalla quale si può determinare l'azione sismica di riferimento.

Fig 56: Tabella probabilità di superamento del periodo di riferimento per i vari stati limite [22]

Stati Limite	P_{V_R}: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Con $V_{R,}$ indicato nella tabella, si intente il periodo di riferimento dell'azione sismica ricavabile per ciascuna tipologia di costruzione ed è ottenuto moltiplicando la sua vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U [22]:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale V_N (numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata) per un edificio ordinario è di almeno 50 anni, mentre la classe d'uso C_U, si riferisce al grado di affollamento presente nella struttura in funzione del suo utilizzo ed esistono 4 classi da I a IV con importanza e affollamento crescenti.

Nella normativa è inoltre previsto che per la definizione dell'azione sismica venga stabilito la categoria del sottosuolo del sito in questione, classificata in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S. [22]

Esistono cinque categorie di sottosuolo.

Fig 57. Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato [22]

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Un altro aspetto da considerare che riguarda il terreno è la sua classe topografica. La normativa ne predispone 4 categorie.

Fig 58. Categorie topografiche [22]

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Appurate certe nozioni, la normativa descrive l'azione sismica come caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y, ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Esse sono rappresentabili tramite l'accelerazione massima al suolo, quella massima in superficie associata al loro spettro di risposta oppure con un accelerogramma. Si utilizza un solo spettro di risposta per le direzioni orizzontali o le due componenti di accelerazione, mentre la direzione verticale ha un proprio spettro e una specifica componente accelerometrica. Tali azioni sono computate per le verifiche agli stati limite insieme agli altri tipi di sollecitazione, secondo la combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E [22]:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}\, Q_{k1} + \psi_{22}\, Q_{k2} + \cdots$$

con E si indicano le sollecitazioni del sisma, G_j sono le azioni permanenti che agiscono durante tutta la vita nominale di una struttura, P individua l'eventuale precompressione; infine, con Q_j si intendono le azioni variabili di breve o lunga durata che sono moltiplicate per dei coefficienti correttivi ψ_{ij} che ne riducono l'entità, poiché la probabilità che queste sollecitazioni agiscano tutte insieme alla massima intensità è molto bassa.

7.1 Metodi di analisi

I metodi di analisi presenti nella normativa si articolano in lineari e non lineari, a seconda delle caratteristiche della struttura e del modello di comportamento adottato.

Nel caso di *analisi lineare*, la domanda sismica per strutture a comportamento sia non dissipativo, sia dissipativo, può essere ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento q. I valori attribuibili a q variano in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

Anche *l'analisi non lineare* può essere utilizzata sia per sistemi strutturali a comportamento non dissipativo, sia per sistemi strutturali a comportamento dissipativo, e tiene conto delle non linearità di materiale e geometriche. Nei sistemi strutturali a comportamento dissipativo i legami costitutivi utilizzati devono tener conto anche della riduzione di resistenza e della resistenza residua, se significative.

In questa tesi verrà approfondito il metodo d'analisi lineare per determinare gli effetti dell'azione sismica, per comportamenti strutturali sia dissipativi sia non dissipativi, e cioè *l'analisi modale* con spettro di risposta, chiamata anche "*analisi lineare dinamica*". In essa l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi lineare dinamica (modale) consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);

- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;

- nella combinazione di questi effetti.

Dal momento che si vanno a generare i modi in cui la struttura dovrebbe vibrare (solitamente sono 10), vanno presi però in considerazione tutti i modi con

massa partecipante significativa, e cioè quelli con massa partecipante superiore al 5% e con massa partecipante totale superiore allo 85%.

Rispetto a questa analisi dinamica lineare, la risposta delle diverse componenti dell'azione sismica sull'edificio è calcolata unitariamente, applicando l'espressione [22]:

$$1{,}00 \cdot E_x + 0{,}30 \cdot E_y + 0{,}30 \cdot E_z \{7.3.10\}$$

Gli effetti più gravosi si ricavano dal confronto tra le tre combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi.

In ogni caso:

- la componente verticale deve essere tenuta in conto unicamente in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti.

- la risposta deve essere combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale del moto unicamente nei casi previsti al § 3.2.4.1, utilizzando, salvo per quanto indicato al § 7.2.2 in merito agli appoggi mobili, la radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS). [22]

Inoltre, svolgendo un'analisi "modale" con spettro di risposta, se la struttura non è dissipativa si utilizza uno spettro di progetto caratterizzato da un fattore di struttura q unitario [22]; esso è un parametro riduttivo che permette di descrivere tali spettri a partire da quelli di risposta elastici, ovvero i diagrammi che mostrano la variazione temporale delle accelerazioni o degli spostamenti ottenuta raccordandone i punti. Sono legati dalla relazione:

$$S_d\,(T) = S_e\,(T)/q$$

dove i pedici d ed e indicano rispettivamente la condizione di progetto e quella elastica, mentre T è il periodo espresso in secondi.

Mediante l'introduzione di q si progetta con uno spettro in cui le forze sismiche sono ridotte rispetto a quelle di normativa e permettono di assicurare una capacità plastica al sistema che prima non era garantita.

Un altro aspetto importante da valutare nell' analisi sismica è anche la possibilità che la struttura subisca spostamenti d'interpiano tali da causare la sua inagibilità temporanea.

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica siano inferiori ai limiti indicati nella seguente formula (per tamponature fragili collegate rigidamente alla struttura) [22]:

$$q_{dr} \leq 0.0050 \cdot h$$

Come accennato il caso studio e l'intervento applicato verranno sottoposti, tramite il programma di calcolo strutturale Robot Structural Analysis, ad un'Analisi Dinamica in campo elastico lineare da cui si possono ricavare le relative forme modali, le deformate in condizioni sismiche e le sollecitazioni di taglio agenti; questi valori, se confrontati nelle situazioni pre e post intervento, possono dimostrare l'efficacia del sistema considerato.

CAPITOLO 8: LA PROPOSTA DI ESOSCHELETRO

Sarà stato possibile apprendere dai capitoli precedenti, soprattutto tramite le planimetrie riportate, come l'architettura del sistema in esame sia insolita e caratteristica. Per quanto inizialmente studiare una struttura del genere avesse suscitato fascino ed interesse, procedendo con le analisi, per poi arrivare al momento della progettazione dell'intervento, sono emerse una serie di difficoltà nell'approccio dovute proprio all'unicità del caso senza precedenti. Di per sé l'applicazione di un esoscheletro è un'azione ancora da considerarsi sperimentale, e al momento la letteratura a riguardo è molto scarsa e i pochi esempi di riferimento sono per lo più tesi di laurea, dove vengono studiati edifici regolari e fortemente in linea con lo stile architettonico del dopoguerra.

Considerando che si tratta di un esercizio didattico, pensare a un intervento complessivo che comprendesse tutti e tre gli edifici sopra elencati, sarebbe risultata un'impresa decisamente molto complessa e avrebbe comportato un'elaborazione temporalmente più impegnativa; è così che l'attenzione da questo momento in poi sarà rivolta all'edificio "scalare", sul quale è interessante studiare una soluzione di esoscheletro diversa dalle convenzionali per la sua forma scalettata.

L'edificio "scalare" si erige su 7 piani fuori terra e si sviluppa prediligendo un'estensione longitudinale, di cui i lati corti, quelli con esposizione nord e sud, non presentano aperture. Per quanto riguarda l'esposizione est, invece, verso il mare, la facciata è irregolare e retrocede ad ogni piano lasciando spazi dedicati ai balconi, mentre il piano terra si "fonde" con lo stabile cosi detto "commerciale". Progettare un esoscheletro che comprendesse anche questo lato sarebbe stato senza dubbio più stimolante e vantaggioso anche dal punto di vista architettonico oltre a rendere più efficace l'intervento di adeguamento sismico, ma nell'elaborazione, questo non è stato preso in considerazioni per evitare le ingenti problematiche che sarebbero emerse nell'ipotizzare di dover inserire le fondazioni della nuova struttura in prossimità della copertura dell'edificio commerciale addossata allo "scalare".

Per questo motivo la modellazione dell'esoscheletro è avvenuta principalmente sul lato ovest della struttura abbracciando anche i lati "ciechi" a nord e sud.

Nella scelta della tipologia da adottare sono stati messi in conto diversi aspetti e tematiche talvolta contrastanti tra loro: sicuramente trattandosi di un'operazione prettamente strutturale, il primo obbiettivo è stato quello di avvolgere la struttura il più possibile anche per compensare il fatto che un lato sarebbe rimasto spoglio.

Nonostante ciò si è comunque cercato di evitare di ostruire la vista ai fruitori degli appartamenti con elementi strutturali che l'avrebbero compromessa, ma concentrando tiranti e controventi nelle parti prive di aperture e affacci.

Il terzo scopo invece era quello di utilizzare una forma nuova di esoscheletro, un'interpretazione diversa che fosse più apprezzabile a livello estetico e rendesse caratteristico il fabbricato e il contesto circostante.

Infine riguardo un aspetto più pratico, per la tipologia strutturale adottata, in entrambe le ipotesi di esoscheletro sono state impiegate le seguenti sezioni di travi:

- BT 100 (barre *tonde* in acciaio) per le travi verticali e per le travi orizzontali primarie;

- BT 50 (barre *tonde* in acciaio) le travi orizzontali secondarie e le diagonali non incrociate

- IPE 100 per le travature di collegamento tra l'esoscheletro e la struttura

L'esoscheletro è distanziato dalla struttura reale di 1.5 m. Il motivo primario è quello di consentire alla nuova struttura di avere fondazioni proprie indipendenti dall'edificio originale; inoltre questa intercapedine ha fornito la possibilità di aumentare l'efficienza termica della struttura sia durante i periodi invernali (coibentazione) che quelli estivi (aerazione). In copertura saranno previsti interventi per sfruttare l'ampio spazio a disposizione, oggi inutilizzato, i cui carichi associati, andranno a scaricare non sulle fondazioni della struttura esistente ma su quelle dell'esoscheletro.

8.1 Tipologia 1

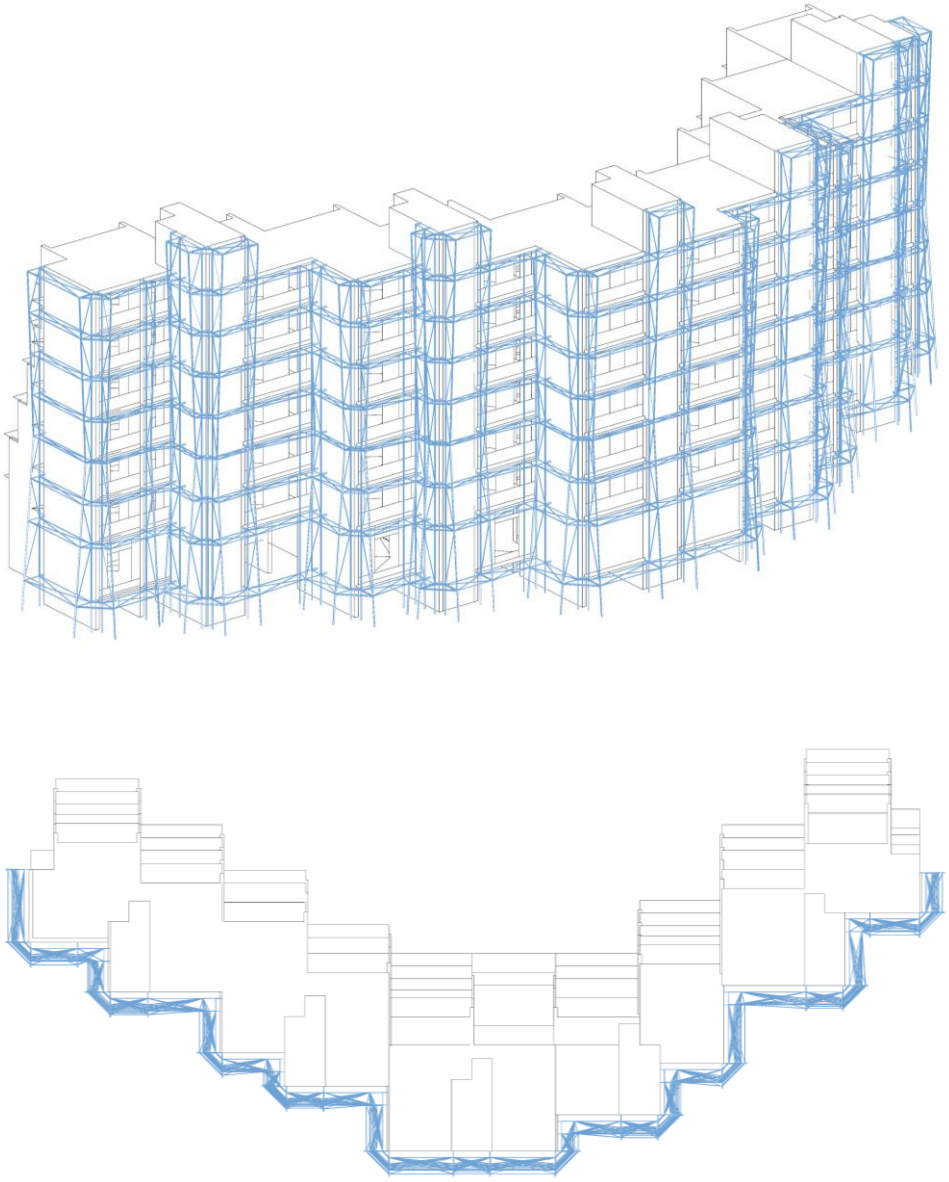
La prima proposta elaborata adatta la tipologia di esoscheletro molto affine al sistema a "pareti", all'edificio scalare, concentrando l'intervento maggiormente sul lato ovest, con estensioni sui i lati minori a nord e sud, per "abbracciare" meglio la struttura come anticipato. Questo tipo di approccio è considerato puntuale rispetto al sistema a guscio dove l'edificio viene completamente contenuto; infatti nel caso specifico vengono addossate le "nuove pareti" proprio in corrispondenza dei setti portanti della struttura esistente, e in particolar modo vengono rafforzati gli angoli dove possibile.

Gli elementi principali dell'esoscheletro sono quelli che formano una sorta di estensione dei setti portanti della struttura in calcestruzzo, i quali sono collegati tra loro tramite travi tubolari orizzontali di dimensione minore, per assicurare maggiore stabilità e un comportamento uniforme alla struttura. Questi "rinforzi" non hanno una forma classica rettangolare, ma sono stati ipotizzati con uno sviluppo a "clessidra", dove la parte centrale si ristringe e i lembi agli estremi sono più lunghi. La scelta di sperimentare una forma diversa è stata dettata dalla volontà di tenere in considerazione la scalettatura dell'edificio esistente, che è presente anche in altezza (sia sul lato est che su quello ovest), mantenendo una certa dinamicità del fronte, che è un po' l'aspetto caratteristico di questo edificio.

La soluzione prevede una doppia fila di pilastri in acciaio agganciati agli elementi portanti della struttura originale tramite collegamenti rigidi; a loro volta le varie pareti sono connesse tra di loro. In questo modo vengono incrementate le superfici dell'edificio, creando dei ballatoi, così da poter anche restituire ai condomini dello spazio in più da utilizzare come balconi o piccole serre, che attualmente vengono a mancare per quel lato di edificio.

Rispetto ad altre tipologie di esoscheletro, la soluzione riportata permette di avere una percezione più "leggera" dell'intervento e, poiché possono essere evitati collegamenti diagonali tra di esse, inserendo al contempo controventi di piano fondamentali per l'irrigidimento strutturale, garantisce anche una visuale libera ai fruitori dello stabile, che dall'interno degli appartamenti non avranno una percezione opprimente della nuova struttura.

Fig. 59-60 Struttura con esoscheletro tipologia 1



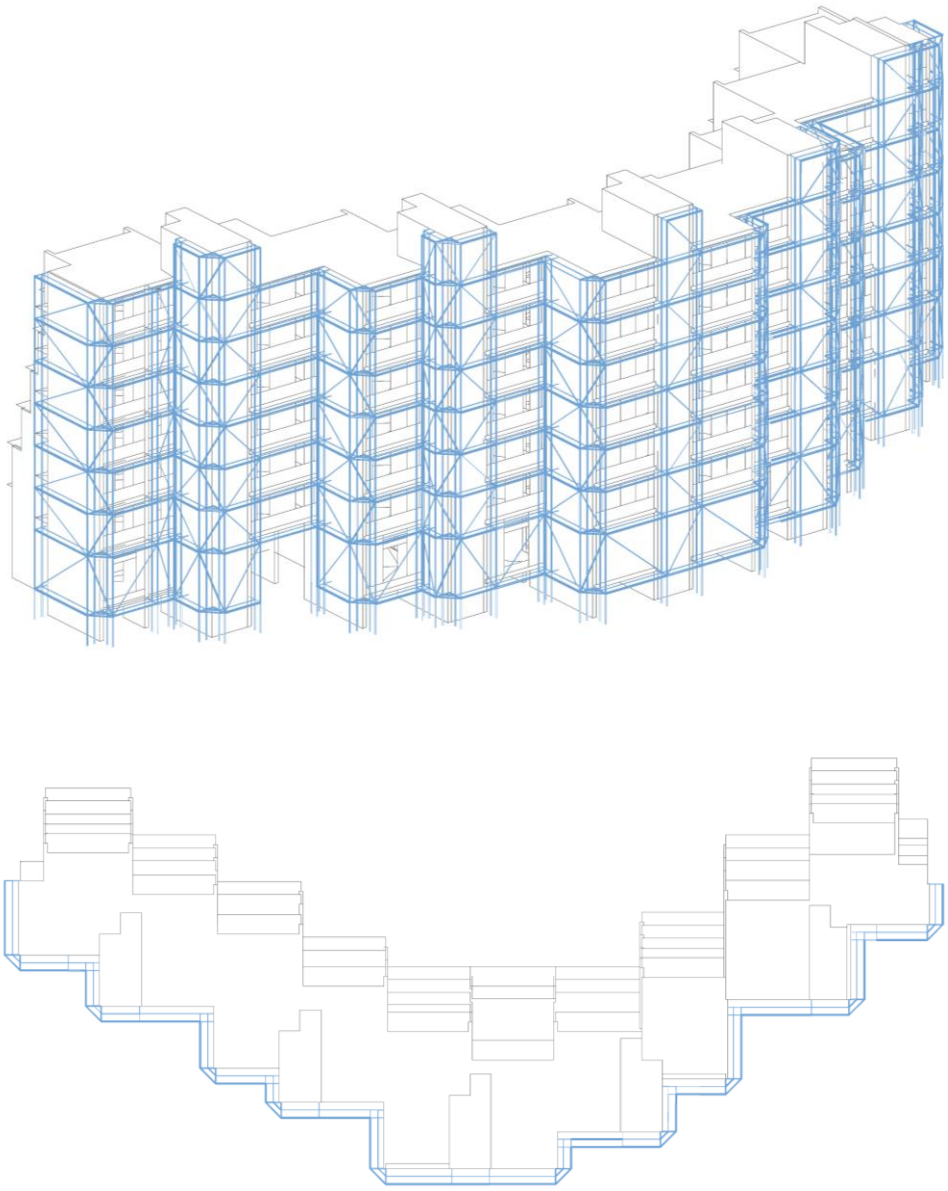
8.2 Tipologia 2

La seconda ipotesi di adattamento dell'esoscheletro ricorda maggiormente la tipologia a "guscio", per il fatto che questo sistema tende ad "ingabbiare" in maniera più consistente l'edificio esistente. Infatti questa tipologia riporta il concetto di pseudo-diagrid, cioè presenta una griglia romboidale tipica del diagrid, ma a differenza di quest'ultimo che lavora esclusivamente con i nodi di incrocio delle diagonali collegati direttamente alla struttura primaria, vengono introdotti degli elementi verticali in corrispondenza dei setti portanti dell'edificio e collegati ad essi tramite profili d'acciaio. [31]

Questa seconda proposta, anche se più impattante visivamente, riesce a racchiudere meglio l'edificio e a rendere la struttura più rigida, anche per il semplice fatto che presenta più elementi, e più collegamenti tra essi e con l'edificio esistente.

Nelle immagini che seguiranno è possibile notare come il modello appena descritto venga reinterpretato considerevolmente per essere adattato alle esigenze del caso, venendo a mancare soprattutto la regolarità nella disposizione degli elementi e quindi la ripetitività che spesso caratterizza questi schemi strutturali, dal momento che la scalettatura dell'edificio genera lati di dimensioni ognuno diverso dall'altro e non permette di stabilire un modulo da ripetere.

Fig. 61-62. Struttura con esoscheletro tipologia 2



CAPITOLO 9: IL PROCEDIMENTO DI ANALISI

Dopo aver riportato sul programma Autocad della Autodesk le planimetrie a disposizione, e aver disegnato uno schema semplificato della struttura, la modellazione e le analisi dell'edificio sono state intraprese direttamente con il programma Robot Structural Analysis.

Il sofware lavora secondo elementi finiti e permette di generare automaticamente le loro sezioni senza un supporto esterno per la modellazione, come invece può accadere per altri programmi di calcolo strutturale. Essendo un programma Autodesk, ha il vantaggio di comunicare bene con gli altri programmi dello stesso marchio, facilitando l'importazione ed esportazione di dati e disegni.

La scelta di impiegare questo programma, nonostante il suo utilizzo è attualmente poco diffuso, è dovuta alla volontà di dimostrare la sua efficacia e precisione nella generazione dei risultati, e la sua accuratezza nello stabilire i parametri di calcolo anche relativamente alla normativa in uso, che magari con altri software, per una questione di semplificazione, può venire meno.

9.1 Il software adottato: Robot Structural Analysis

Il programma impiegato è appunto Autodesk Robot 2019. Esso è in grado di eseguire ogni tipo di analisi sismica, incluse quelle citate nel capitolo della normativa ossia: lineare e non lineare, statica o dinamica. Come anticipato ciò che si vuole studiare con questa tesi è il grado di sicurezza sismica dell'edificio esistente e, una volta aver stabilito le eventuali problematiche, progettare un intervento di adeguamento strutturale, che nel caso specifico è dato dall'esoscheletro, tentando anche diverse ipotesi, fino a stabilire la migliore in base ai parametri ottenuti.

Il programma permette di modellare direttamente ogni tipo di struttura con qualsiasi materiale, ed ogni elemento può essere personalizzato e modificato agevolmente. Per alcuni aspetti il software è molto intuitivo, infatti da una parte è stato semplice fin

da subito generare gli elementi (sono presenti diversi snap che semplificano l'operazione) o creare ed attribuire i carichi ad essi, d'altro lato quando si entra maggiormente nello specifico dell'analisi, non è scontata la modalità per reperire i risultati.

9.2 La modellazione

Il primo passo è stato quello di importare nel software Robot le planimetrie dei vari piani dell'edificio in dwg da Autocad, così da avere una linea guida per disegnare una griglia che garantisca i principali allineamenti della struttura, sulla quale, in un secondo momento, inserire i pilastri.

Uno dei passaggi fondamentali che il programma richiede prima di poter iniziare a costruire il modello, è quella di specificare il numero di piani dell'edificio e la loro altezza: in una fase successiva sarà necessario assegnare ogni elemento generato al suo specifico piano per poter portare a termine in maniera corretta l'analisi.

La fase successiva riguarda la creazione degli elementi portanti, e a tal proposito bisogna specificare che l'edificio "scalare" analizzato nella realtà presenta un schema strutturale di setti portanti in calcestruzzo, e in un primo momento anche nel programma di calcolo era stato riportato questo sistema; ma a causa di difficoltà nel far lavorare il software, dovute alla presenza di un'ingente quantità di muri portanti, che "appesantivano" il processo dilatando di molto i tempi di analisi, e che spesso determinavano l'interruzione improvvisa dello stesso, si è deciso di procedere simulando il comportamento strutturale dei setti con l'introduzione di pilastri sovradimensionati al loro posto.

Dopo aver inserito pilastri, si è proceduto nella definizione di travi e solai, che a differenza dei primi vanno inseriti nel modello specificando l'inizio e la fine dell'elemento, e in particolare nel caso dei solai, almeno tre punti di appoggio.

A questo punto è necessario definire le condizioni di carico e generare i carichi; questi sono stati attribuiti manualmente ai vari elementi tramite la "tabella dei carichi".

9.3 I parametri adottati

Per l'elaborazione dell'analisi sismica è necessario impostare nel programma di calcolo alcuni parametri e input, affinché la valutazione sia più precisa e affidabile per il caso analizzato. Come accennato il vantaggio di modellare direttamente dal software di calcolo, senza appoggiarsi ad altri programmi, ha permesso che molte informazioni della struttura siano state impostate automaticamente. Trattandosi di un modello analitico, quindi composto solamente da travi, pilastri, solai, setti e fondazioni, cioè gli elementi che costituiscono il modello strutturale, sono escluse tutte le componenti definite come permanenti non strutturali, ossia tamponamenti, tramezzi, o rivestimenti.

Essendo note le caratteristiche dei materiali e le sezioni degli elementi strutturali, il software calcola in automatico i relativi pesi propri. Invece, quelli degli elementi non strutturali sono così definiti:

- peso per unità di superficie degli elementi non strutturali del solaio interpiano in latero cemento: 1.80 kN/m^2;

- peso per unità di superficie dei muri divisori interni: 2 kN/m^2;

- peso per unità di lunghezza dei muri di tamponamento esterni: 5.50 kN/m.

Anche i carichi variabili, legati alla destinazione d'uso, vanno stabiliti e assegnati e nel caso specifico si riferiscono ad un edificio ad uso residenziale (categoria A) e i relativi valori sono definiti dalla NTC 2018:

- carico per unità di superficie per attività domestiche e residenziali: 2.00 kN/m^2;

- carico per unità di superficie per scale comuni, balconi e ballatoi: 4.00 kN/m^2;

- carico per unità di superficie per la manutenzione e riparazione delle coperture: 0.50 kN/m

Oltre a definire quelli che sono i valori dei vari carichi presenti nella struttura, per avviare l'analisi vanno specificate alcune nozioni che lo stesso programma richiede: per prima cosa, rispetto all'azione sismica, che è costituita da tre componenti

traslazionali, si considerano solo le componenti orizzontali parallele alle direzioni principali x e y della struttura, mentre la componente agente lungo z viene trascurata. Inoltre bisogna indicare il periodo di riferimento V_R, dato dal prodotto della vita nominale V_N e dalla classe d'uso C_U; la struttura in esame è un'opera ordinaria in calcestruzzo armato avente V_N di 50 anni con classe d'uso II e dunque valore di C_U pari ad 1 (edificio con normale affollamento dei locali). Di conseguenza il V_R considera come intervallo di riferimento un periodo di almeno 50 anni.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1 = 50\ anni.$$ [22]

Un altro parametro richiesto, che è possibile individuare tramite la normativa, è la categoria di sottosuolo del sito dove sorge l'edificio, cioè la tipologia del terreno, e in questo caso la definizione più adeguata corrisponde al tipo D (depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti). [22] Nuovamente riguardo il sito in cui la struttura si erge bisogna anche specificare la categoria topografica, che viene impostata T1 (superfice pianeggiante) [22], trattandosi di una zona costiera a ridosso del mare.

Nota la posizione della costruzione si possono determinare i parametri sismici e gli spettri normativi; infatti il programma prevede anche la possibilità di inserire le coordinate geografiche dell'edificio, che appunto sorge a Civitanova Marche (MC) e presenta rispettivamente i seguenti valori di Latitudine e Longitudine: 43°18'28"44 N e 13°43'17"40 E

Una volta definite tali informazioni, sarà necessario indicare la quantità di modi per i quali si vuole svolgere l'analisi modale (solitamente 10), per poi avviare il calcolo nel modo corretto.

CAPITOLO 10: L'ANALISI

Al termine del calcolo, che verrà concluso solo se non saranno riscontrati errori o instabilità nel modello, si possono consultare i risultati dell'analisi modale.

I parametri principali che vanno controllati sono i drift d'interpiano e gli spostamenti della struttura prima e dopo l'intervento; per monitorare più approfonditamente il comportamento dell'esoscheletro, è bene controllare anche i valori delle forze di taglio, delle accelerazioni, la posizione dei centri di gravità, e il centro di rigidezza rispetto al caso studio.

Inoltre vanno confrontati i modi di vibrare della struttura (precedentemente è stato specificato che i modi considerati sono i primi 10), e bisogna prendere in considerazione tutti i modi di vibrazione con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. [22]

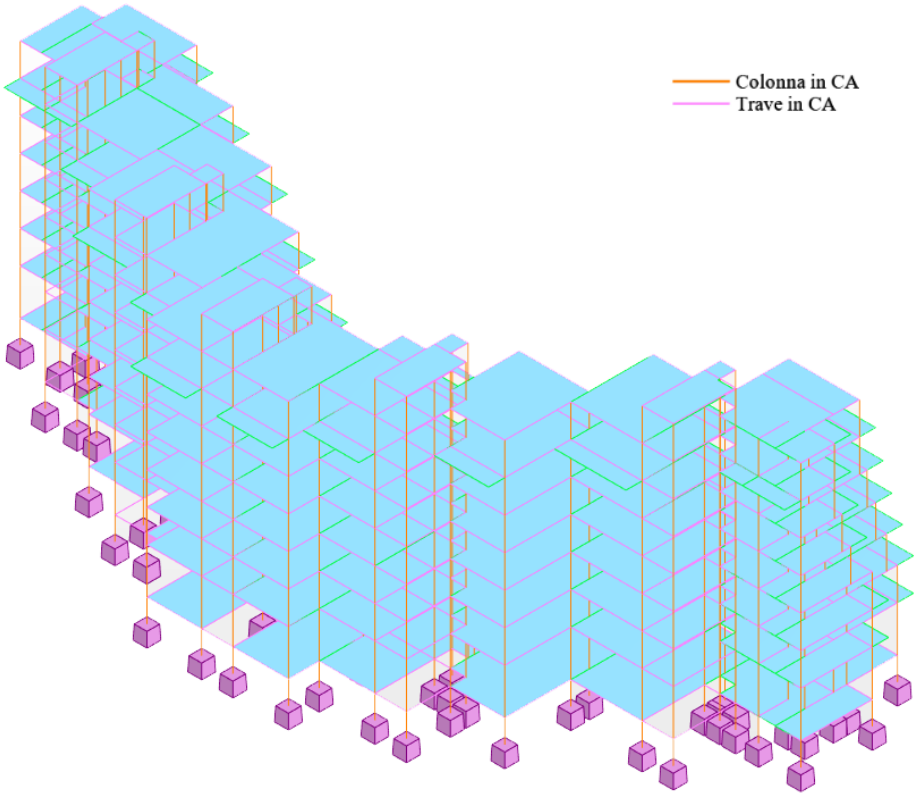
Ciò che però sarà approfondito nei prossimi paragrafi riguarderà il confronto dei soli centri di gravità e rigidezza nei tre modelli, in quanto, nel caso specifico riportato in questa tesi, essi si sono dimostrati i più significativi in seguito all'analisi eseguita, per comprendere l'effettivo miglioramento della risposta strutturale con l'applicazione dell'esoscheletro.

Nell'analisi di strutture semplici e regolari, possono essere condotti confronti anche rispetto agli altri valori sopracitati, utili ulteriormente ad avvalorare o smentire la proposta di un intervento, ma poco plausibili e veritieri nello studio riportato, probabilmente a causa dell'estrema complessità della struttura in sé e della sua articolata modellazione nel programma di calcolo, avvenuta in maniera non del tutto lineare.

L'obiettivo è stato quindi quello di validare almeno una delle ipotesi progettuali pensate di esoscheletro, confrontando le posizioni dei centri di massa e rigidezza nei tre casi, per stabilire quale fosse la soluzione più efficiente in termini di "risposta al sisma". [22]

10.1 La struttura esistente

Fig. 63 Modello analitico da Robot – Vista assonometrica



L'analisi modale eseguita su Robot fornisce le deformate modali. L'analisi è stata eseguita nei confronti dello stato limite di danno (SLD) per lo stato limite di esercizio (SLE) e allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) per lo stato limite ultimo (SLU).

In seguito all'analisi vengono riportati come risultati i valori di centri di massa e rigidezza della struttura, cioè delle coordinate. Il centro di massa è un baricentro, e una struttura avrà tanti baricentri delle masse quanti sono i suoi impalcati, infatti la determinazione del baricentro delle masse di un impalcato è molto semplice, in quanto questo coinciderà sempre con il baricentro geometrico dell'impalcato.

Anche il centro di rigidezza è un baricentro, ed è quel particolare punto in cui, applicando una forza orizzontale lungo X oppure lungo Y, si otterrà una traslazione pura dell'impalcato senza alcuna componente rotazionale. [22]

Conoscere la posizione di questi due punti è fondamentale per determinare il comportamento della struttura in presenza di un'azione sismica: infatti essa non è altro che un'accelerazione imposta alla base di una struttura e in quanto tale agisce sulla massa di una struttura per effetto dell'azione inerziale. Di conseguenza l'azione sismica agente sarà applicata nel baricentro delle masse di ciascun impalcato, e, come spiegato sopra, questa azione produrrà quindi uno spostamento anche di tipo rotazionale. Questo accade anche perché nella quasi totalità dei casi il baricentro delle masse non coincide con il baricentro delle rigidezze, e quindi ci sarà sempre una certa eccentricità fra questi due baricentri e l'azione sismica provocherà degli effetti torsionali per i diversi impalcati della struttura. [22]

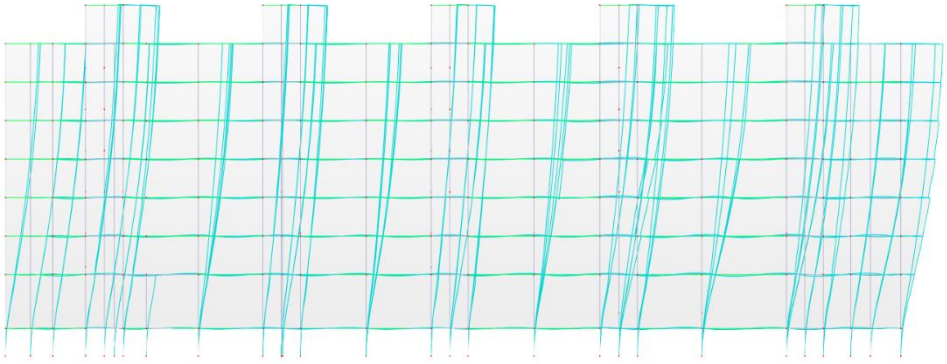
L'obiettivo è quello di ridurre al massimo le sollecitazioni che una struttura può subire per ciascuna combinazione di carico, sismica e non sismica, e un primo passo consiste nel farsi che si riducano al massimo gli effetti torsionali di cui sopra, avvicinando il più possibile il baricentro delle masse al baricentro delle rigidezze. [15]

Confrontando questi valori per i tre modelli, si vuole dimostrare come nei casi in cui è presente l'esoscheletro questi "punti" tendano ad avvicinarsi, determinando quindi un miglioramento del comportamento della struttura.

Nella prima situazione, cioè quella di analisi della struttura allo stato di fatto, questa distanza tra i due baricentri è di 99,2 cm.

Di seguito sono anche mostrati i diagrammi delle deformazioni dell'edificio secondo i primi tre modi di vibrare (i più critici) dell'analisi modale, anch'essi da confrontare con le configurazioni dove è presente l'esoscheletro.

Fig. 64-65 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)



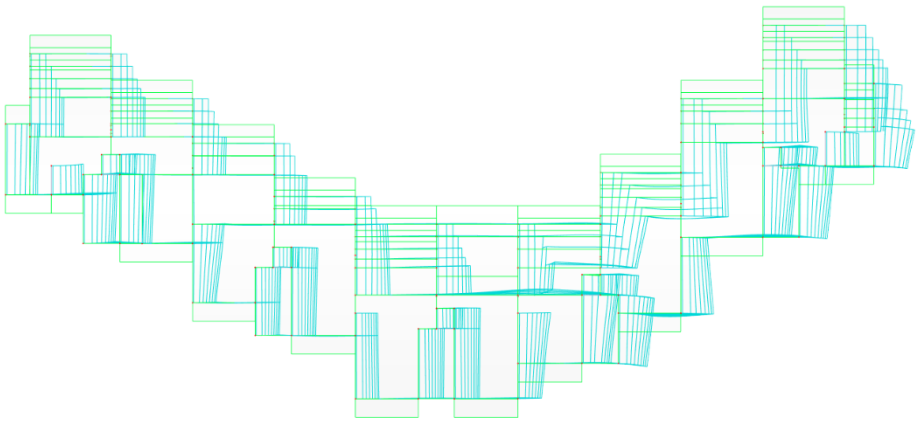
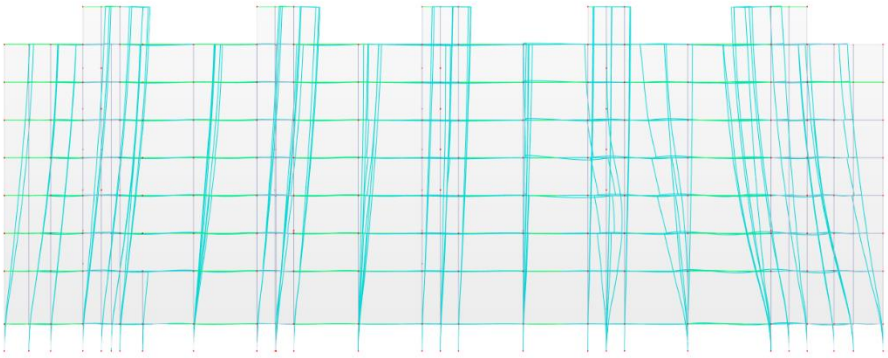


Fig. 66-67 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)



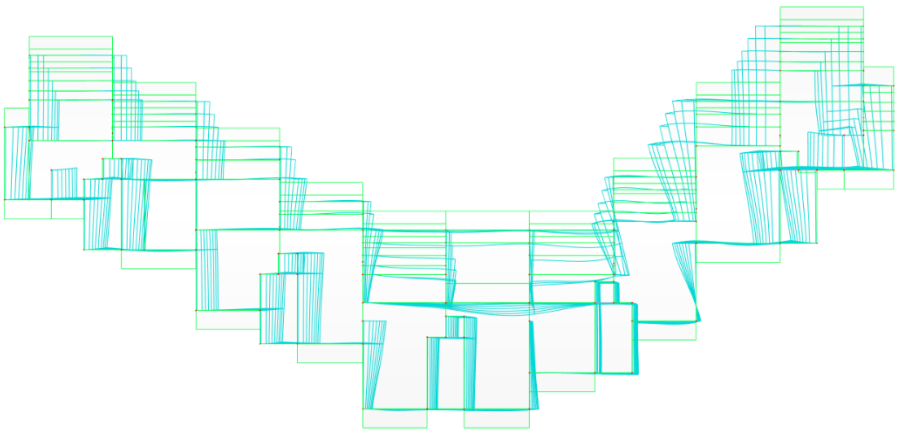
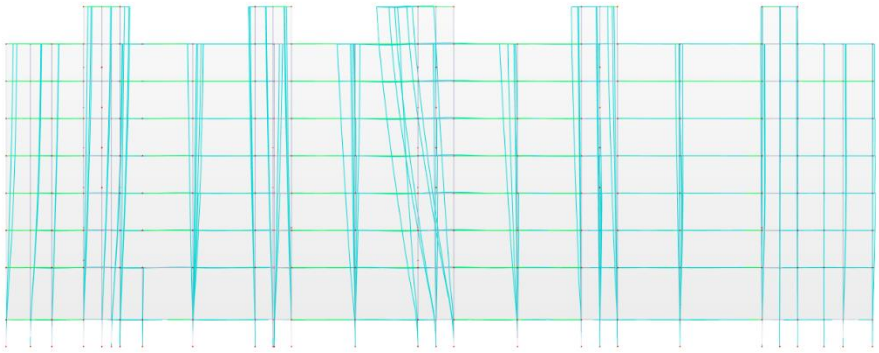
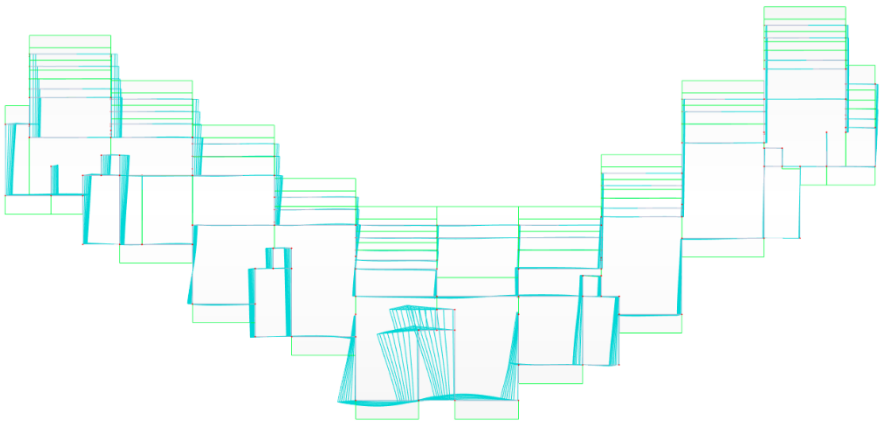


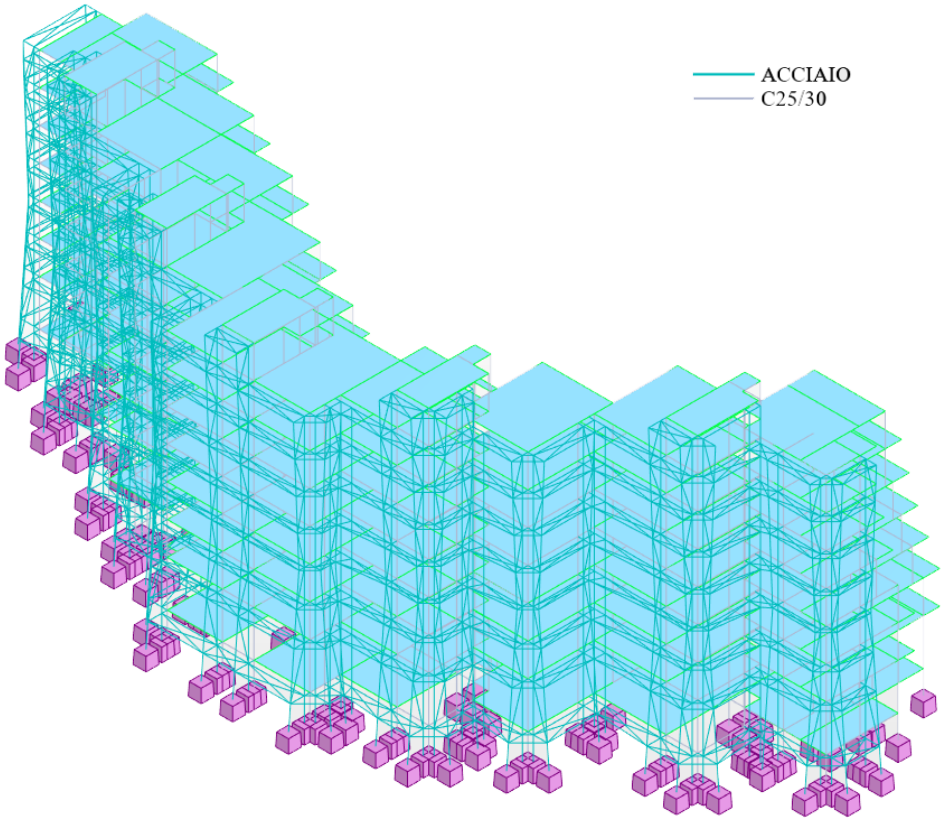
Fig. 68-69 Terzo modo di vibrare (torsione)





10.2 La struttura con esoscheletro tipologia 1

Fig. 70 Modello analitico da Robot - Vista assonometrica



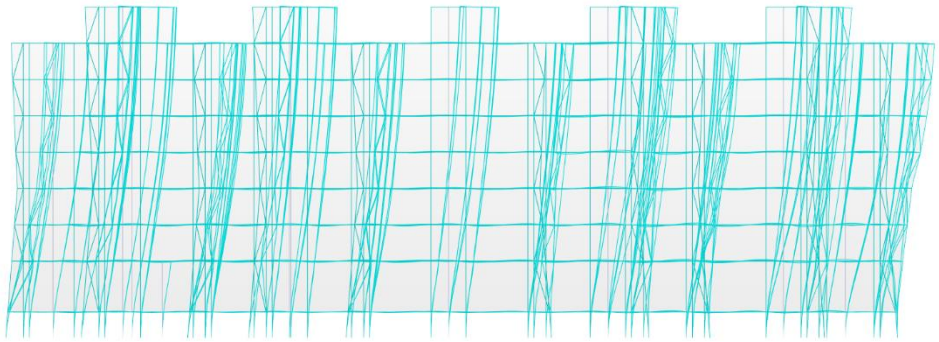
Questa prima ipotesi di modellazione di esoscheletro, come già anticipato, è stata analizzata secondo il tentativo di impiegare una soluzione "diversa" della struttura in acciaio, dove il sistema a pareti viene reinterpretato secondo una forma irregolare

che si stringe a metà dell'altezza dell'edificio, e senza diagonali di collegamento verticale tra una parete e l'altra.

In questo caso la distanza tra i centri di massa e rigidezza è di 66,8 cm, quindi diminuita rispetto alla situazione precedente.

Di seguito sono riportanti anche le immagini riguardo le deformazioni della struttura secondo i primi tre modi di vibrare: lungo l'asse X, lungo l'asse Y, e la torsione.

Fig. 71-72 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)



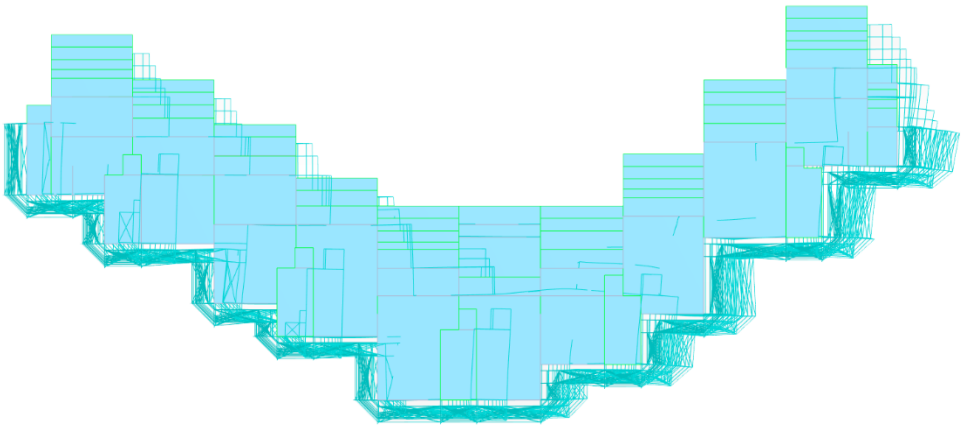
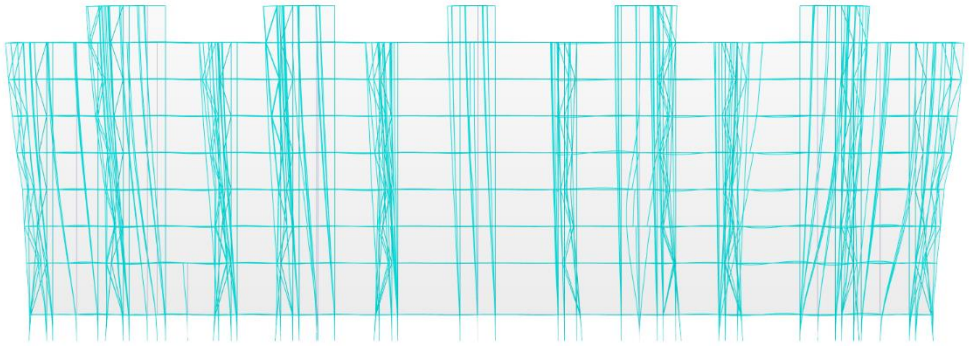


Fig. 73-74 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)



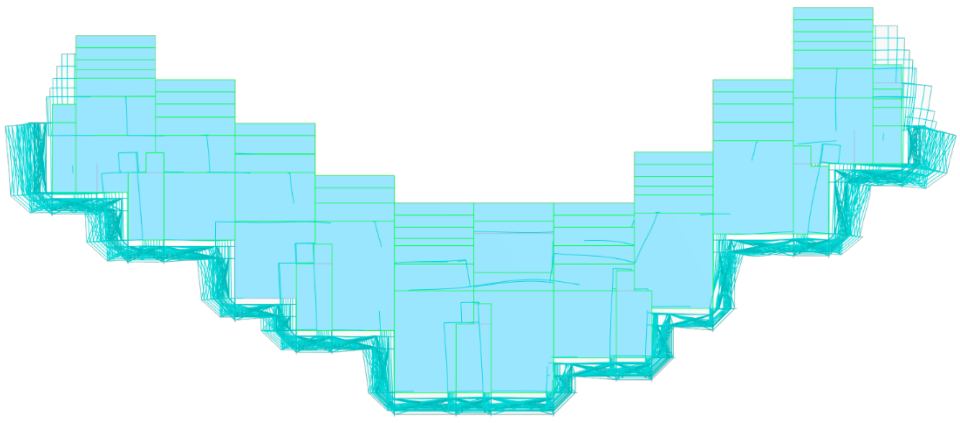
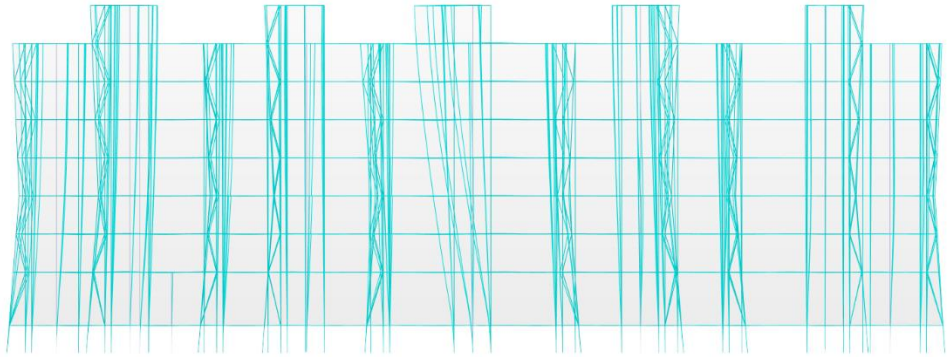
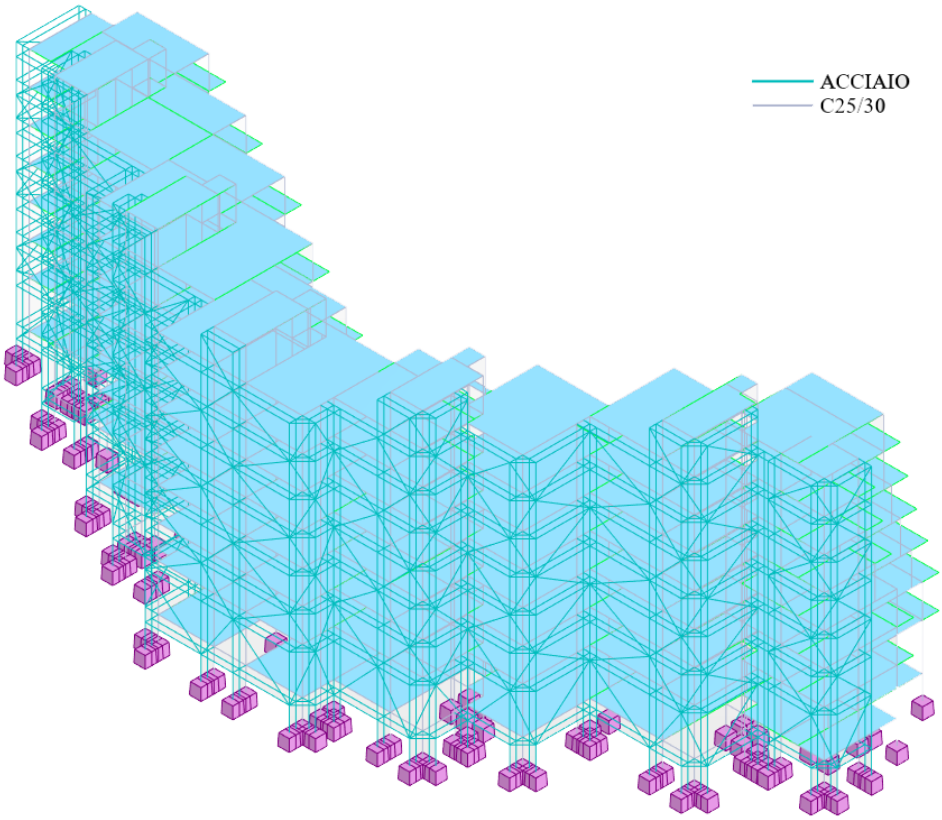


Fig. 75-76 Terzo modo di vibrare (torsione)



10.3 La struttura con esoscheletro tipologia 2

Fig. 77 Modello analitico da Robot – Vista assonometrica

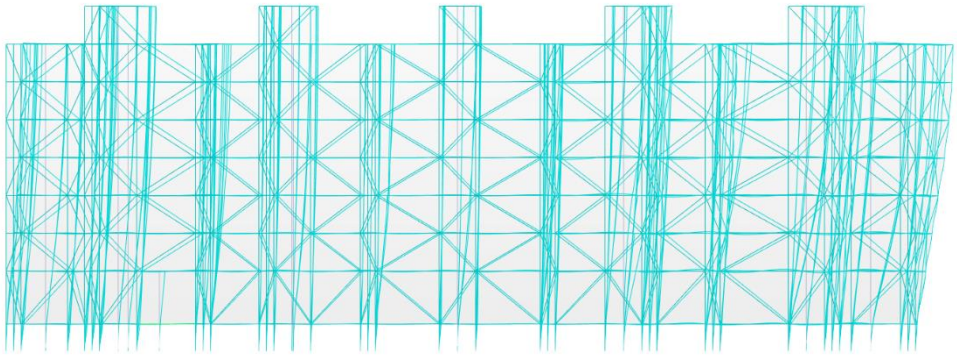


Con la seconda tipologia, che si rifà molto al sistema a "pseudo-diagrid" di cui sopra, si ottengono dei risultati sicuramente più soddisfacenti, come era prevedibile pensare, proprio in quanto i collegamenti tra gli elementi sono maggiori, e, anche

visivamente, la struttura esistente è avvolta dall'esoscheletro, creando una sorta di ingabbiatura.

Questa soluzione è quella in cui la struttura dimostra una risposta migliore all'azione sismica, infatti la distanza tra centri di massa e rigidezza e quella minore rispetto ai casi precedenti, e risulta di 39,6 cm.

Fig. 78-79 Primo modo di vibrare (lungo l'asse x)



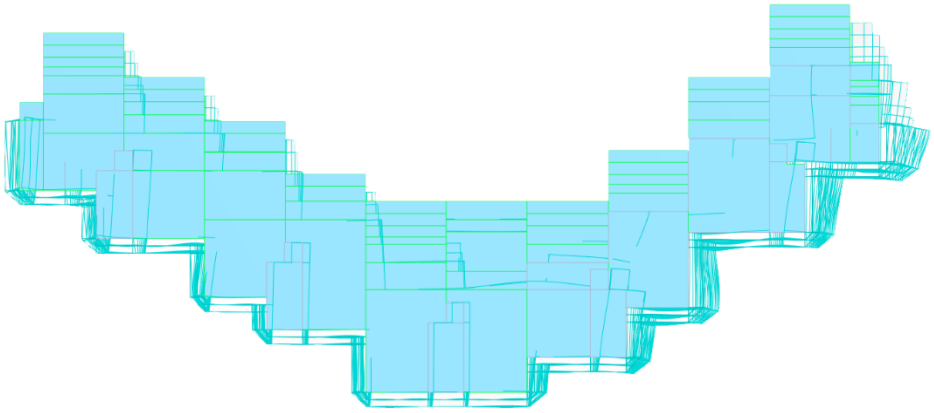
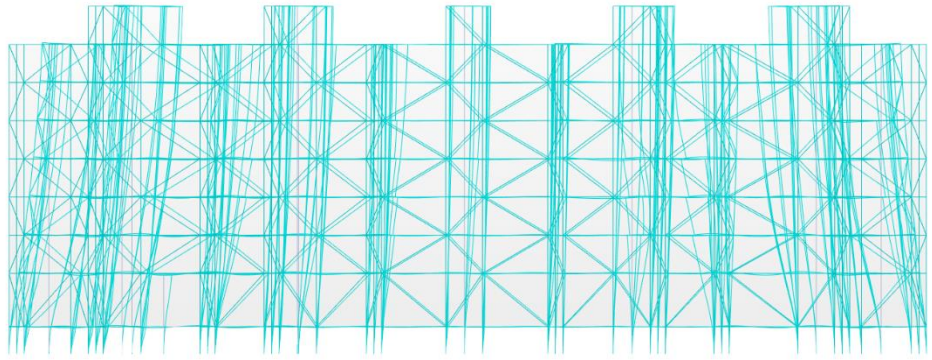


Fig. 80-81 Secondo modo di vibrare (lungo l'asse y)



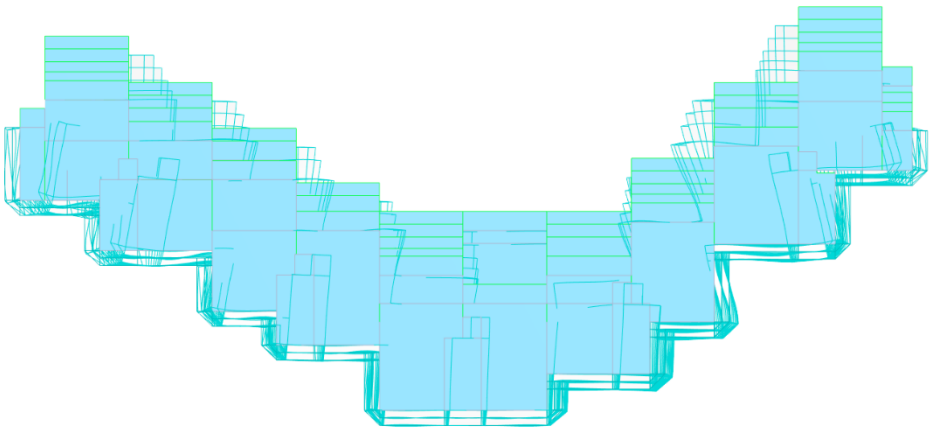
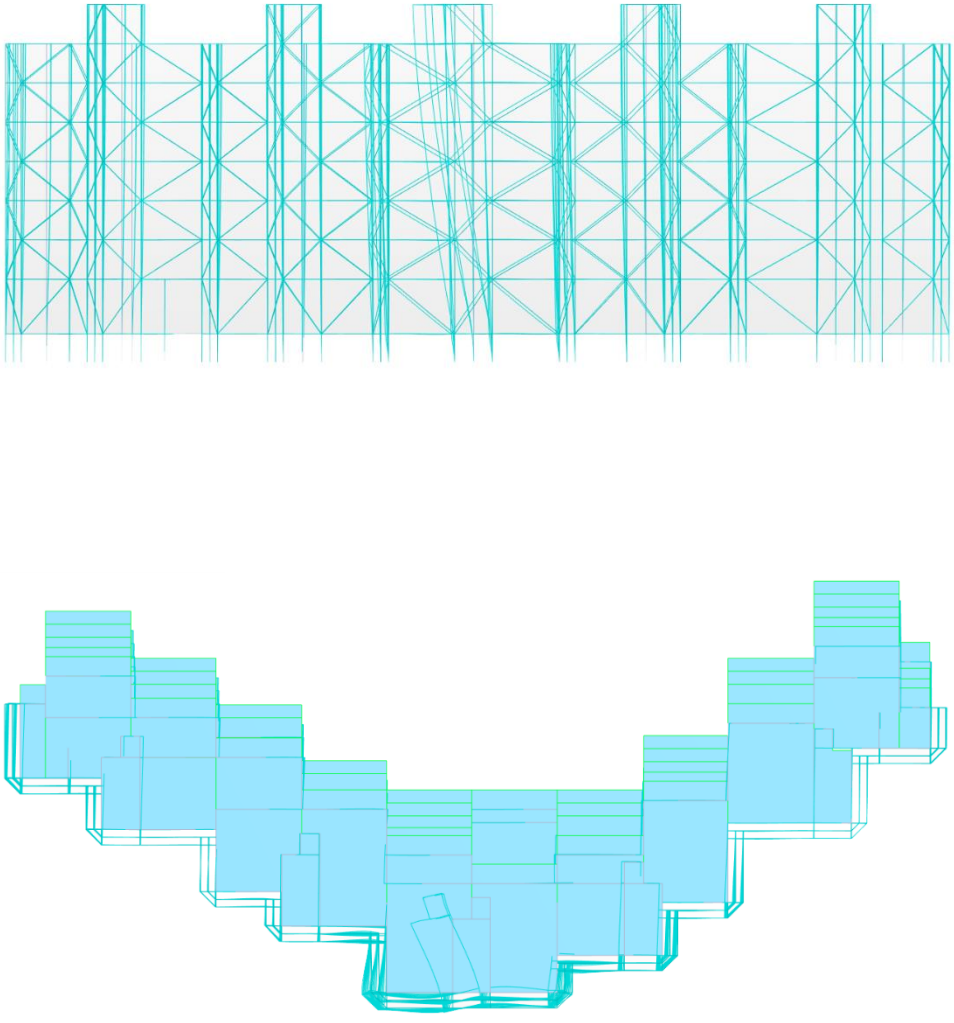


Fig. 82-83 Terzo modo di vibrare (torsione)



CAPITOLO 11: L'ELABORAZIONE FINALE

Il progetto che verrà presentato in questo capitolo scaturisce delle considerazioni e dalle analisi condotte fino a questo momento, che saranno implementate e meglio interpretate in chiave architettonica ed estetica.

Partendo da queste premesse, verranno esposti dei concetti per confermare le affermazioni iniziali che presupponevano la conquista di obiettivo progettuale di ampio respiro, in cui l'elemento apparentemente unico e fondamentale, cioè l'adeguamento strutturale, potesse essere aderente all'evoluzione estetica, all'incremento delle prestazioni energetiche, al netto miglioramento del comfort degli ambienti interni e alla massima vivibilità nel contesto ambientale dell'intero quartiere.

La proposta è audace perché prevede il rinnovamento totale dei fronti dello stabile "posteriore e laterali", in grado di rivoluzionare la percezione dello spazio e la sua fruizione da parte dei cittadini e degli abitanti del condominio, accanto all'intento di esaltare quelle porzioni prive di qualsiasi impatto estetico rispetto all'affaccio diretto sul mare, che, in quanto tale, è stato enfatizzato nei piani progettuali e di conseguenza, convenzionalmente prediletto.

La configurazione finale presentata si mostra ovviamente particolarmente elaborata visto che tenta di perseguire l'idea di dimostrare l'elasticità di una simile applicazione,che oltre a possedere le essenziali caratteristiche di rigidità che assicurano la stabilità mostra degli spunti innovativi e caratteristici fuori dagli schemi dello stile consueto dei fabbricati circostanti, e superando le comuni concettualità di "***ristrutturazione***" comunemente intesa, come a rimarcare quell' idea di "ultra modernità" che, alla fine, prepotentemente si afferma.

Il risultato che si auspica di ottenere è quello di un intervento complessivo che possa risolvere le problematiche elencate, dal momento che questo progetto più di altri è stato "cucito su misura" sulla struttura esistente, che proprio grazie alla sua irregolarità e particolarità può giovarsi della realizzazione di una procedura "non lineare" e meno standardizzata.

Gli spunti sulla fattibilità economica dell'intervento fanno riferimento al Decreto appena introdotto sulle incentivazioni degli interventi per il miglioramento degli

edifici da un punto di vista energetico e sismico in vigore fino al 2021, secondo cui, la proposta di progetto esposta sembra essere idonea per il recupero economico, e in questo modo rappresentare uno stimolo in più per i locatori nell'affrontare una simile ristrutturazione.

11.1 Incentivazione dell'intervento: l'ECOBONUS 2020

Il **Decreto Legge del 19 Maggio 2020 n.34** cd ***Decreto Rilancio*** *(Articolo 119 e Articolo 121)* sono lo strumento legislativo che stabilisce un potenziamento delle detrazioni fiscali del 110% delle spese sostenute: il legislatore ha infatti deciso di introdurre nuove importanti detrazioni fiscali per agevolare l'attuazione di investimenti il cui scopo è quello di sostenere gli interventi finalizzati alla massimizzazione del rendimento energetico degli edifici esistenti (si tratta del cosiddetto *"Ecobonus"*) ed alla riduzione del rischio sismico (si tratta del cosiddetto *"Sisma Bonus"*) e per ulteriori interventi ad essi connessi relativi all'installazione di impianti fotovoltaici e "colonnine" per la ricarica di veicoli elettrici". [36]

Il decreto è stato varato dal CdM come proposta per sostenere il settore edilizio, che negli ultimi mesi ha interrotto ogni attività lavorativa e produttiva in seguito al lockdown, portando come conseguenza una profonda crisi economica e sociale.

Nel testo è previsto un cosiddetto **"eco bonus" maggiorato al 110%** dal 1° luglio del 2020, e le spese sostenute per i lavori di ristrutturazione saranno detraibili nell'arco di cinque anni. Si è tenuto a precisare tuttavia che l'agevolazione non potrà essere applicata al rifacimento solo degli infissi o all'installazione di un nuovo condizionatore (che continueranno tuttavia a beneficiare dei precedenti incentivi che consentono detrazione al 50% in 10 anni) a meno che non siano inseriti in lavori strutturali di altra portata. [36]

Quando si parla di *"interventi che è possibile effettuare gratuitamente"* è necessario far riferimento alle 3 diverse opzioni previste dalla norma e gli articoli 119 e 121 del decreto rilancio prevedono infatti queste possibilità:

- la possibilità di usufruire della detrazione del 110% in un periodo pari a 5 anni;

- lo **sconto in fattura** anticipato dal fornitore che ha effettuato gli interventi e da quest'ultimo recuperato sotto forma di credito d'imposta, con facoltà di successiva cessione del credito ad altri soggetti, ivi inclusi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari;

- il **credito d'imposta**, con facoltà di successiva cessione ad altri soggetti, ivi inclusi istituti di credito e altri intermediari finanziari.

Nel primo caso, è chiaro che sarà necessario anticipare i soldi per gli interventi per recuperali in dichiarazione dei redditi in 5 anni.

Nei successivi due casi si è in attesa di avere un quadro completo da parte degli istituti di credito e altri intermediari finanziari, in modo da comprendere le modalità (soprattutto) di cessione del credito e se queste avranno un qualsiasi costo che potrebbe rendere gli interventi non più totalmente *"gratis"* come genericamente dichiarato.

In definitiva comunque ci sono due modi per godere del super ecobonus, che funziona con il **meccanismo del credito di imposta**, cedibile.

È possibile chiedere uno **sconto immediato** ai fornitori dei servizi, azzerando la fattura. A loro passerà il tax credit e potranno a loro volta cederlo ad altri, come anche alle banche. In alternativa, secondo l'articolo 119 del decreto rilancio, la detrazione del 110% del super ecobonus potrà essere recuperata nella **dichiarazione dei redditi** del proprietario dell'immobile, spalmata in 5 anni, con rate dello stesso importo. [37]

Si rimarca l'importante novità quella che riguarda la possibilità di cedere il credito maturato alle banche. Per tali interventi, ha segnalato Palazzo Chigi, "in luogo della detrazione, il contribuente potrà optare per un contributo sotto forma di sconto in fattura da parte del fornitore, che potrà recuperarlo sotto forma di credito di imposta cedibile ad altri soggetti, comprese banche e intermediari finanziari, ovvero per la trasformazione in un credito di imposta".

In pratica, la grande novità è che il condominio potrà appaltare lavori per 100 e incassare un pari sconto dal fornitore, che incassa la liquidità (100) dalla banca

girandole un credito fiscale da 110.

I condomini avrebbero i lavori gratis, le imprese un pagamento sicuro dei lavori e per le banche - che attingono liquidità dall'eurosistema a condizioni senza precedenti - un margine del 10% spalmato in cinque anni.

Entrando nei dettagli: ai fini dell'accesso alla detrazione, gli interventi devono rispettare i requisiti minimi previsti dai decreti e, nel loro complesso, devono assicurare, anche congiuntamente agli impianti fotovoltaici, il **miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio**, ovvero, se non possibile, il conseguimento della classe energetica più alta, da dimostrare mediante l'attestato di prestazione energetica (A.P.E), ante e post intervento, rilasciato da tecnico abilitato nella forma della dichiarazione asseverata. [37]

Come detto fra i principi base del decreto era l'avanzamento di due classi energetiche degli stabili ma nell'ultima versione questa "conditio sine qua non" è stato edulcorata: difatti probabilmente sarà sufficiente "il conseguimento della classe energetica più alta, da dimostrare mediante l'attestato di prestazione energetica (A.P.E)". [36]

Per quel che riguarda il sisma-bonus, sarà ammesso non solo nelle zone sismiche 1 e 2 ma anche nella zona 3 che supera i 1.500 comuni di appartenenza.

Secondo una stima dell'Ance, i lavori aggiuntivi potrebbero valere direttamente 6 miliardi nell'arco dei diciotto mesi di efficacia e generare un effetto complessivo sull'economia da 21 miliardi di euro. Servirà ovviamente tempo perché questi effetti si scarichino a terra, perché sono intesi come "lavori conclusi" e ci vorranno mesi prima che le pratiche autorizzative e i cantieri si mettano in moto tuttavia vengono considerate stime coerenti a quanto riferito di recente dal ministro dello Sviluppo Economico Patuanelli. [37]

11.2 Riferimenti progettuali

Nell'elaborazione architettonica finale del progetto di rigenerazione dello stabile "scalare", sono stati presi in considerazione diversi fattori, dettati anche dal confronto con situazioni affini, dove, soprattutto negli ultimi anni, sono stati effettuati interventi di recupero e retrofitting, divenute simbolo ed esempio di un processo evolutivo avanzato nel settore edilizio, in particolare per la tecnologia e il concetto contenuto in quegli interventi, presi come riferimento anche dalle più recenti nuove costruzioni di architetti emergenti.

Proprio sulla scia delle considerazioni esposte in questa tesi, uno dei riferimenti più inerenti a tali tematiche, è rappresentato dall'edificio della *Banque du Liban* a Beirut, progetto dell'architetto Karim Nader, con Blankpage Architects e ESI (Engineered Systems International).

Fig 84-85. Facciata principale e retrostante dell'edificio della *Banque du Liban* a Beirut [38]

Si tratta di un edificio in un quartiere modernista di Beirut, salvato dalla demolizione, e molto particolare anche per la sua posizione; infatti è collocato tra due icone moderniste della città: l'edificio Interdesign progettato dall'architetto Khalil Khoury in Rue Clémenceau e l'edificio principale della Banque du Liban, progettato da Addor e Julliard in Hamra Street. Gli architetti che si sono occupati di questo "restauro" non si sono lasciati intimidire dal confronto con il contesto urbano, uno dei più vivaci e attivi di Beirut, né da quello con la storia dell'edificio. Infatti l'edificio della Banque du Liban CMA è un importante testimone del patrimonio architettonico della città.

La proposta progettuale che gli architetti hanno elaborato, interpreta il linguaggio modernista e brutalista dei due importanti vicini, ma non si inserisce tra loro come elemento di rottura. In più gli architetti hanno tenuto in grande considerazione il fatto che l'edificio occupa una posizione di rilievo, infatti la sua particolare collocazione consente una visione prospettica dell'edificio anche a distanza. Elementi che hanno fatto propendere gli architetti per il progetto di una nuova facciata, diversa da quella principale prospettante su Hamra street [38]

Il progetto di ristrutturazione permette all'edificio di rispettare le attuali norme in materia di sicurezza e antisismicità. Un risultato raggiunto attraverso il progetto di una armatura metallica che diventa un esoscheletro protettivo della costruzione originaria. Questo, un'armatura in metallo, rinforza l'edificio e gli conferisce una nuova immagine, insieme al sistema a griglia delle balaustre, la vegetazione, le ampie vetrate. Così ristrutturato il nuovo palazzo trasmette valori di sicurezza, trasparenza, forza e stabilità indispensabili per un edificio bancario. Allo stesso tempo, nella regolarità e la ripetizione dei motivi, si può leggere come un omaggio, declinato in acciaio nero, alle geometrie in cemento create da Khoury nel vicino edificio *Interdesign*. [38]

Questo progetto è stato di grande ispirazione innanzitutto per le tematiche e il pensiero che hanno condotto alla sua realizzazione, che sono le stesse con cui è partita anche l'elaborazione dell'intervento sull'edificio "scalare", inoltre è una dimostrazione di come un sistema semplice di un esoscheletro di travi e pilastri addossato alla struttura possa cambiare così tanto la configurazione di una costruzione, rendendola unica e nuova, ma conservandone la sua forma e storia.

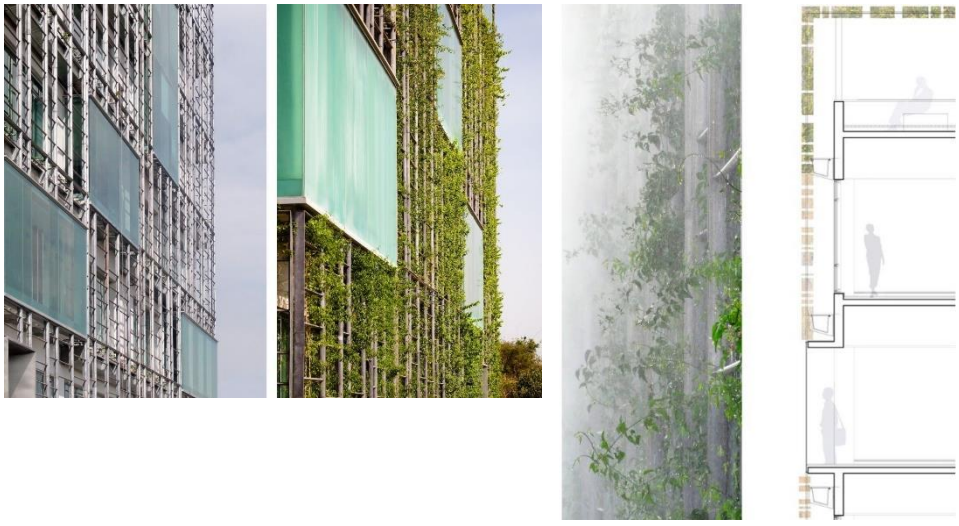
Un altro caso studio di riferimento, in cui è sicuramente possibile riscontrare alcuni dei temi sopracitati, riguarda un edificio aziendale a *Cyber City, Hyderabad*.

In questo progetto compare l'idea di una doppia pelle come un modo per risparmiare energia e come un dispositivo di grande impatto visivo, oltre al fatto che una modulazione della luce e dell'aria attraverso l'edificio.

La struttura interna dell'edificio è una struttura in cemento armato, con finestre in alluminio di uso comune, mentre la facciata esterna è costituita da un traliccio in fusione di alluminio con vassoi idroponici integrati, che consente la crescita di un'ampia varietà di specie vegetali. Il traliccio ha anche un sistema di irrigazione integrato per controllare e regolare la quantità di acqua rilasciata alle piante e a ciascuno dei vassoi. [39]

Ciò contrasta nettamente con l'idea tradizionale di pareti verdi, con un'applicazione puramente estetica, infatti in questo progetto, lo schermo assume una funzione dinamica, in cui una grande varietà di specie è organizzata per creare modelli, sfruttando la fioritura in diversi periodi dell'anno, variando la sua composizione attraverso il cambio delle stagioni. [39]

Fig 86-87. Facciata esterna a doppia pelle dell'edificio Oficinas Corporativas KMC [39]



Come è possibile notare dalle immagini, questo sono presenti dei vassoi idroponici e un sistema di irrigazione a goccia che consente la crescita di diverse specie di piante. La capriata incorpora anche un sistema di nebulizzazione dell'acqua per controllare e regolare la quantità di nebulizzazione d'acqua utilizzata per raffreddare l'edificio.

Essendo una facciata dinamica, varie specie di piante si organizzano secondo schemi e i cambiamenti stagionali nella fioritura di diverse piante vengono utilizzati per enfatizzare le diverse aree dell'edificio durante tutto l'anno.

Questo modello di facciata è stata pensata anche rispetto al valore sociale che avrebbe potuto racchiudere, che in un contesto come quello indiano, è di fondamentale importanza. Difatti si stabilisce una vicinanza tra i giardinieri e l'interno degli spazi degli uffici, che diventa una conversazione visiva costante tra i vari dipendenti, che lavorano sia all'interno che intorno all'edificio. Questa sua permeabilità visiva tra gruppi così eterogenei, sia dal punto di vista economico che sociale, offusca la barriera sociale creata dalle diverse classi che inevitabilmente lavorano per le organizzazioni corporative in India. [40]

Un altro particolare che dimostra la cura nella progettazione e realizzazione di questo edificio è che la facciata è stata sviluppata ed eseguita localmente attraverso artigiani situati in un villaggio nel sud dell'India, e la struttura esterna in alluminio è nata anche grazie alla conoscenza di abili artigiani locali, con i quali sono nate nuove idee per metodi di produzione innovativi.

Con questo gesto gli architetti volevano dimostrare la qualità e l'abilità dei materiali locali che, al contrario, sono generalmente considerati solo nelle produzioni su larga scala.

Per quanto riguarda la messa in opera è stata adottata la strategia di separazione delle facciate dal resto della struttura interna, così la pelle esterna poteva evolversi in modo indipendente nei ventiquattro mesi di costruzione, mentre il guscio di base è stato completato in soli quattordici mesi, e quindi permettendo che l'edificio fosse già occupato nel resto del tempo. [40]

Di tutt'altra natura e configurazione è l'edificio di riferimento che segue. E' il grattacielo dell'Unipol SAI a Milano Porta Nuova, dell'architetto Mario Cucinella.

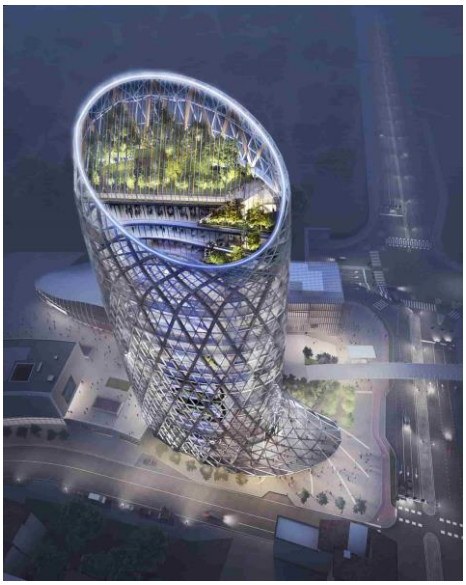
Attualmente è nella fase costruttiva, entro il 2021 dovrebbe essere conclusa.

Sicuramente emerge tra gli altri grattacieli per la sua forma e struttura insolita; rappresentata da una geometria a rete, la facciata vuole essere anche una metafora del sistema che caratterizza le relazioni e la società contemporanea. È realizzata in legno e vetro ed esprime la possibilità di utilizzare materiali naturali anche nella costruzione dei grattacieli.

Presenta un grande atrio di 75 mt di altezza sul lato sud caratterizza l'edificio e diventa uno spazio di moderazione climatica, sfruttando l'esposizione come opportunità energetica.

Anche in questo caso l'involucro esterno a doppia pelle è concepito come un sistema dinamico, in grado di isolare l'edificio in inverno e, allo tesso tempo, limitarne il surriscaldamento estivo. Tutte queste caratteristiche, unite all'impiego di pannelli solari in facciata e a un sistema duale per la raccolta delle acque piovane, permettono all'edificio di puntare a una certificazione LEED Platinum. [41]

Fig 88-89. Torre Unipol Sai con copertura-giardino [41]



Il Nido verticale è stato concepito già dalle prime fasi di progettazione come un edificio sostenibile e innovativo dal punto di vista dell'efficienza energetica, requisiti voluti da UnipolSai come realtà sensibile alle questioni ambientali.

Diverse terrazze, che si ripetono per tutto l'involucro, ospitano i giardini d'inverno e in cima al grattacielo, all'interno di una sezione diagonale, è stato ricavato un altro giardino d'inverno per regolare la temperatura interna dell'edificio senza sistemi di aerazione artificiali. Questa terrazza panoramica ospiterà mostre ed eventi e simboleggerà il cuore verde pulsante dell'edificio. [41]

Al piano terra, invece, sarà collocata una sala congressi per 250 persone, polifunzionale, modulabile in maniera diversa come spazio per eventi, mostre e qualsiasi altra attività comune Unipol vorrà organizzare. Ciò che ha reso il progetto di Mario Cucinella particolarmente impegnativo, e stimolante per il team di progetto, è stata la complessità di tutta la struttura della facciata tridimensionale, che parte da una forma geometrica elementare (una rete cilindrica di legno e vetro) movimentata agli estremi da due distorsioni. Queste diventano i due elementi connotativi dell'intero progetto: alla base un atrio ciclopico accoglie il visitatore, alla sommità la serra bioclimatica. Una geometria di questa complessità non potrebbe essere controllata se non attraverso software sofisticati, peraltro da sempre utilizzati da MCA. [42]

E' già stato citato nei precedenti capitoli quell'intervento che in Italia è un po' l'emblema della riqualificazione di edifici tramite l'esoscheletro adattivo, e che quindi è bene approfondire elencandone le caratteristiche: la palazzina uffici nel comparto industriale della Società Magneti Marelli S.p.a. di Crevalcore (BO).

La valutazione della vulnerabilità sismica ed i conseguenti interventi di adeguamento sismico dell'edificio sono stati effettuati a seguito del sisma del maggio 2012 che ha colpito il territorio emiliano.

La palazzina, insieme all'intero comparto produttivo, fu costruita tra il 1973 ed il 1974. Nel corso degli anni non ha subito sostanziali modifiche, mantenendo inalterate nel tempo le sue fattezze originarie, né eventi sismici rilevanti. L'edificio è composto da 2 piani fuori terra e da un piano seminterrato, possiede un'elevazione rispetto al piano stradale pari a circa 9,3m, una conformazione planimetrica rettangolare con dimensioni pari a circa 56x12m e 58x14m

rispettivamente per piano rialzato con interrato e 1° piano (più esteso). [30]

L'edificio è dotato di fondazioni profonde costituite da 74 pali infissi prefabbricati diam 400mmx14m.

Fig 90-91. Magneti Marelli, intervento di adeguamento sismico dopo il sisma del 2012. [30]

Gli epicentri dei due eventi sismici principali del 20 e 29 Maggio 2012, erano locati ad una distanza di rispettivamente circa 20 km e 17 km.

La direzione di scuotimento principale del sisma del 20 Maggio è risultata essere praticamente parallela all'orditura dei telai principali, mentre quella del 29 Maggio è risultata essere inclinata di circa 45° rispetto ai telai. [30]

I principali danni subiti dall'edificio sono stati i seguenti:

- Danni strutturali in corrispondenza dei due corpi scala;
- Lesioni sui tamponamenti esterni;
- Lesioni su circa il 70% dei tramezzi murari;
- Lesione sulla testata di un pilastro al piano 1°;
- Lesioni sulle pannellature esterne in c.a.

- Fenomeni di martellamento sulle pannellature esterne adiacenti la passerella di collegamento con l'edificio produttivo.

I danni, seppur non gravissimi, non hanno evidenziato un comportamento sostanzialmente elastico dell'edificio e, per tale motivo, è stato necessario effettuare un'analisi di vulnerabilità.
La verifica di vulnerabilità sismica ha evidenziato una capacità resistente pari al 20% di quella richiesta dalle NTC08 per una nuova costruzione.

L'intervento di adeguamento sismico è stato progettato con l'idea di affidare la resistenza ai carichi verticali alla struttura esistente in c.a., affidando, invece, la resistenza ai carichi orizzontali ad un apposito "esoscheletro" in acciaio, fondato su micropali valvolati.

L'esoscheletro esterno è stato progettato come una struttura dissipativa e dimensionato per resistere al 100% dell'azione sismica prevista dalle NTC08, così come richiesto dal Committente. Per limitare ulteriormente la quota di azione orizzontale assorbita dalla struttura esistente in c.a., è stato effettuato un intervento sulle colonne dei piani fuori terra in maniera tale da ottenere delle cerniere Mesnager.

La nuova struttura sismoresistente è stata dimensionata anche in funzione dello Stato Limite di Danno (SLD) assumendo come limite di spostamento d'interpiano per le colonne esistenti quello dello 0.5% dell'altezza nonostante tutte le pannellature rigide e le contropareti in laterizio di tamponamento siano stati sostituiti con elementi più flessibili e meno soggetti a danneggiamenti. [30]

Sono stati realizzati quindi un totale di 12+12 setti longitudinali lungo i lati maggiori dell'edificio e n.4+4 setti trasversali lungo i suoi lati minori. Tutti i nuovi sistemi di controvento sismico possiedono le medesime geometrie esterne in modo da avere un'ottima armonia architettonica.

Le differenti esigenze in termini di resistenza, deformabilità e gerarchia delle resistenze sono state risolte giocando sugli spessori dei tubi e sulle qualità dei materiali.

Infine l'ultimo progetto di riferimento esposto è stato scelto più per il concetto e la visione dietro il suo concepimento, rispetto alla struttura in sé, che si distacca dagli esempi precedenti in quanto il materiale impiegato è il bamboo.

E' un progetto non realizzato, ma che ha vinto una Menzione d'onore nel "Concorso internazionale del grattacielo 2014"; si tratta della *Foresta di Bambù* di Thibaut Deprez.

Leggero e resistente, il bambù è tradizionalmente usato come materiale da costruzione in numerose regioni del globo, ma nel tempo, la sua allocazione è stata in qualche modo modificata, e quindi si colloca prevalentemente Asia.

Attualmente, nelle grandi città asiatiche, il suo uso è limitato a supportare la costruzione di edifici.

Partendo proprio da questo concetto, l'architetto francese lo utilizza nei più grandi grattacieli del mondo. Infatti le impalcature di bambù hanno servito lo splendore di queste costruzioni, e contribuito all'erezione di molte torri più modeste. Proprio questi edifici rappresentano in molte città ambienti di disago a causa della durezza e della freddezza delle loro facciate, dovuto all'accatastamento praticamente infinito di piani identici, che annichilisce tutte le espressioni e le interazioni umane. [41]

Fig 92-93. *Bamboo Forest* dell'Architetto Thibaut Deprez [41]

Il progetto propone di utilizzare le impalcature di bambù come forza trainante per promuovere il rilancio di questi edifici, rendendoli permanenti e inseparabili dalla costruzione. Si dotano le torri di una superficie esterna che gli abitanti possono rivendicare direttamente e dove la vita può espandersi. Si crea una rete che può essere modellata secondo le circostanze specifiche per ogni edificio, e danno a ciascuno una vera identità. Nascono autentici giardini verticali in luoghi in cui la densità non consente la creazione di giardini orizzontali, consentendo un ritorno della natura in città, e permettendo agli abitanti di vivere in simbiosi con la natura, oggi molto spesso troppo poco presente nel cuore dei contesti urbani.

Inoltre, viene favorita la stabilizzazione delle strutture durante i terremoti e supportata una produzione ecologica di energia: torri e impalcature di bambù raggiungono la simbiosi. [41]

11.3 Gli elaborati del progetto finale

La configurazione finale esposta negli elaborati seguenti, racchiude i concetti e le tematica finora esposti, tenendo in considerazione anche gli spunti progettuali elencati, ma soprattutto mantenendo il proposito iniziale di apportare un rinnovamento completo della facciata, conciliando la necessità di consolidamento strutturale dello stabile, al suo miglioramento energetico e alla volontà di apportare un potenziamento del suo valore estetico.

Per quanto riguarda la struttura esoscheletro, bisogna precisare che nell'"esercizio" di progettazione finale, è stata scelta la tipologia 2 (delle due esposte nel capitolo di analisi della struttura), cioè quella con una configurazione più similare allo "pseudo-diagrid", dal momento che dai risultati dell'analisi sembrava essere quella con una risposta migliore.

A questa sono stati aggiunti poi dei tiranti in acciaio in sommità, innanzitutto per "spezzare" la linea e geometria del complesso, ma anche con l'idea di utilizzarlo, con l'aggiunta di una rete metallica, come nuovo parapetto per la terrazza sul tetto.

Nella descrizione del palazzo "scalare" era stata esposta anche la presenza della copertura piana, utilizzabile eventualmente come terrazza sul mare dagli abitanti del condominio. Questo però negli ultimi anni, soprattutto, non è stato possibile, in quanto lo stato di mal conservazione dei materiali presenti, ha reso la fruizione della terrazza difficile e poco sicura. In questo progetto uno dei punti cardine è proprio voler riportare l'attenzione su questo spazio, dal quale è possibile godere di una vista panoramica sul mare e sulla città, da mettere a disposizione anche a chi non abita lo stabile. Infatti è stato pensato un accesso ad essa tramite un ascensore esterno, che parte dall'interno del nuovo ristorante di pesce, ricollocato al lato della struttura; sarà un "privilegio" solo dei clienti del ristorante poter accedere alla terrazza e passeggiare sul nuovo tetto giardino con vista mare.

Per quanto riguarda la facciata, lo stile originale dell'edificio è stato lasciato invariato, intensificando però, attraverso l'applicazione di pannelli in fibrocemento, il linguaggio massiccio e lineare dell'architettura moderna-brutalista, di cui l'Architetto Marcelletti era un esponente.

Infatti l'introduzione della facciata ventilata attraverso pannelli in fibrocemento avvenne proprio intorno agli anni '50, in quanto racchiude la capacità di conferire un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio e allo stesso lasciare un "segno architettonico" importante, che ne caso specifico tende a sottolineare l'imponenza del movimento architettonico del dopo guerra, su cui l'architetto si rifà nella maggior parte dei sui lavori.

La parete ventilata è un sistema multistrato che consente l'installazione a "secco" degli elementi di rivestimento, sfruttando ancoraggi di tipo meccanico e lasciando una camera d'aria tra struttura portante e rivestimento; proprio questo 'spazio vuoto' lasciato tra parete e rivestimento capace di generare moti convettivi, favorisce la traspirabilità dell'edificio e insieme al materiale isolante, permette di ridurre la dispersione di calore in inverno ed evitarne l'accumulo in estate. [43]

Le pareti ventilate sono quindi formate da quattro strati funzionali (dall'interno verso l'esterno):

- Strato isolante continuo applicato sulla parete perimetrale esterna

- Intercapedine di ventilazione

- Struttura di sostegno del rivestimento esterno

- Rivestimento esterno [43]

I materiali applicati ad una facciata ventilata devono avere caratteristiche tecniche specifiche come: elevata resistenza meccanica; elevata resistenza agli sbalzi termici; limitato assorbimento d'acqua; incombustibilità; resistenza dei colori alla luce solare; resistenza agli attacchi chimici e allo smog; leggerezza e lavorabilità; limitata manutenzione. [44]

Per questi motivi è una delle tecnologie di rivestimento esterno degli edifici più efficace per risolvere le problematiche della protezione dall'umidità e dagli agenti atmosferici e dell'isolamento termico e acustico.

Il paramento esterno della parete ventilata protegge la muratura perimetrale dall'azione degli agenti atmosferici, tra cui soprattutto la pioggia, mantenendola asciutta ed eliminando il rischio di distacchi e infiltrazioni. E' una soluzione che potenzia le prestazioni dei sistemi di isolamento esterni tradizionali (sistemi a cappotto), ed elimina gli svantaggi come il degrado del paramento esterno. Anche la manutenzione non risulta particolarmente difficoltosa,

infatti nonostante il paramento esterno sia realizzato con materiali dalle elevate caratteristiche tecniche e di resistenza, la natura modulare della sottostruttura permette la sostituzione immediata di ogni singola lastra in caso di danneggiamento.

Inoltre l'isolamento esterno continuo rende la protezione termica della facciata omogenea, eliminando i ponti termici, migliorando le prestazioni energetiche dell'edificio.
L'aria che entra nell'intercapedine dal basso verso l'alto infatti crea un efficace flusso aerato che sviluppa le funzioni di traspirazione della facciata ed eliminazione dell'umidità. [44]

In estate la facciata ventilata crea un flusso d'aria in movimento fra lastra esterna e pannello isolante, che permette all'aria surriscaldata che si forma nella camera di ventilazione, di essere espulsa alla sommità dell'edificio, diminuendo gli apporti termici dall'esterno e svolgendo anche la funzione di schermatura solare, assorbendo e riflettendo una grande quota di energia solare.

Nel periodo invernale, invece, questa ventilazione favorisce la rapida eliminazione del vapore acqueo proveniente dall'interno; in questo modo si riduce sensibilmente il fenomeno della condensa e vengono drasticamente eliminati gli effetti negativi di eventuali penetrazioni di acqua con conseguente riduzione della quantità di calore che esce dall'edificio. [44]

L'elemento visivamente più innovativo nella trasformazione della facciata però, riguarda l'applicazione di un verde rampicante in corrispondenza dei corpi scala dell'edificio. Queste parti, che nello stato attuale presentano due dei tre lati ciechi, sono state ricoperte da una folta vegetazione che si protrae per tutta l'altezza e tende ad espandersi anche ai lati dell'edificio, "abbracciando" parte dell'esoscheletro.

In questo caso anche il verde ha una funzione di mitigazione termica e dai dati raccolti nella ricerca di Clever Cities, tra i cui partner tecnici figura anche la società di studi e ricerche Ambiente Italia, emerge che se si utilizzano sistemi di inverdimento con pareti verdi si ottengono i seguenti benefici: una diminuzione della temperatura di 4,5 gradi centigradi e risparmi energetici per raffrescamento del 43% e dal 4 al 6,3% per riscaldamento.

Un altro beneficio della parete verde riguarda l'abbassamento della temperatura dell'aria dell'ambiente circostante l'edificio: alcune stime parlano di una riduzione

dell'aria ambiente tra lo 0,5 e i 4,1 gradi centigradi, misurati a una distanza di due metri dalla parete.

Difatti, la presenza di vegetazione diffusa nella città offre il grande vantaggio di ridurre l'effetto isola di calore, un problema persistente nei centri urbani, dove a causa dell'estrema urbanizzazione, le superfici accumulano e poi rilasciano il calore dalla radiazione solare.

La vegetazione, come accennato sopra, influisce anche sua regolazione termica del sistema edificio, con vantaggi sia in inverno che in estate. Durante la stagione fredda contribuisce a limitare le dispersioni termiche e aumentare la coibentazione dell'edificio, proteggendo la parete anche dal vento. Benchè sia pressoché impossibile calcolare in modo preciso l'entità del risparmio energetico garantito da un sistema vivo e quindi variabile, si è stimato che lo strato di fogliame sia in grado di aumentare la resistenza termica della parete di circa il 6%. [45]

Durante il periodo estivo lo strato verde tramite l'ombreggiamento garantisce la riduzione della temperatura superficiale della parete dell'edificio. Il carico solare sulla superficie può essere ridotto fino al 30% e la temperatura superficiale della facciata può scendere anche di 10°C.

Inoltre, nei casi in cui la parete verde si trovi ad alcuni centimetri di distanza dall'edificio, si forma un'intercapedine d'aria che offre i vantaggi di una parete ventilata, aumentando la resistenza termica della parete. In estate si regola l'innalzamento della temperatura superficiale e in inverno il suo abbassamento.

Importante è sicuramente anche la scelta delle essenze vegetali da impiegare, alcune migliori di altri per la loro capacità rampicante, e per la mutevolezza dei colori nelle stagioni, che conferiscono una diversificazione periodica della facciata. Alcune di queste sono: Clematis Armandil, Hedera Helix, Jasminum officinale "aereum", Parthenucissus tricuspidata, Passiflora cerulea, Thunbergia alata.

Il sistema ipotizzato consiste nell'inserire una successione di vasi nei vai piani, sostenuti dall'esoscheletro, insieme ad elementi di supporto per i rampicanti. Questo sistema è così staccato dalla parete originale, garantendo quindi uno spazio a cui accedere per la manutenzione della vegetazione o la rimozione di esse.

Bisogna specificare comunque che questo sistema presenta anche degli aspetti negativi che riguardano la manutenzione, il dispendio di acqua, o il rischio di deperimento delle specie. Nel caso specifico infatti si è pensato di "alleggerire" la

manutenzione, prevedendo un sistema di fertilizzazione e irrigazione automatico, con anche la possibilità di raccoglimento delle acque piovane, utilizzate in un secondo momento proprio per l'innaffiamento.

Illustrati i vantaggi di un giardino verticale, va detto che ci sono anche alcuni fattori critici che è giusto considerare. Per prevenire (o arginare) problemi legati ai costi e all'impegno per la manutenzione, al dispendio di acqua o al deperimento prematuro della vegetazione, è opportuno curare nel dettaglio il progetto del verde verticale. In base alla localizzazione e al clima si dovranno scegliere specie adeguate, che crescano autonomamente e che richiedano poca manodopera per la manutenzione, che comunque va fatta regolarmente.

L'ordinaria manutenzione dello strato vegetale può essere "alleggerita" grazie a sistemi di fertilizzazione e irrigazione automatizzati, che forniscono alle alla vegetazione acqua, sostanze nutrienti e protettivi da funghi e parassiti. Ne consegue logicamente che questi stessi impianti sono a loro volta soggetti a interventi di manutenzione ordinaria, per assicurarne il corretto funzionamento.

Un altro sistema introdotto che contribuisce al miglioramento della prestazione energetica dell'edificio è quello dei pannelli fotovoltaici. In questo caso essi sono stati applicati verticalmente, nei lati dell'edificio esposti a sud, determinati dalla forma scalettata.

Il vantaggio di utilizzare il fotovoltaico in facciata è sicuramente quello di avere a disposizione un'ampia porzione dove applicarlo, ma anche la possibilità di essere integrato facilmente da un punto di vista estetico; spesso infatti viene utilizzato come sistema di ombreggiamento, visto che le "celle" fotovoltaiche con i colori scuri, bloccano l'entrata negli edifici della radiazione solare, e l'assorbono per produrre energia.

E' evidente però come questo tipo di installazione sia meno efficiente di quello in copertura, rendendo circa il 50% in meno di energia; inoltre nell'utilizzo di celle di silicio mono-cristalline, occorre provvedere a un'adeguata ventilazione dietro il pannello per mantenerne bassa la temperatura, evitando il surriscaldamento della superfice, e dunque garantendo elevata l'efficienza, cosa che effettivamente avviene nel caso in esame, dove grazie all'esoscheletro, il fotovoltaico è distanziato dalla parete di un metro e mezzo.

Fig 94. Fotoinserimento del progetto dell'edificio "scalare"

Fig 95. Planimetria fondazioni quota -1,7

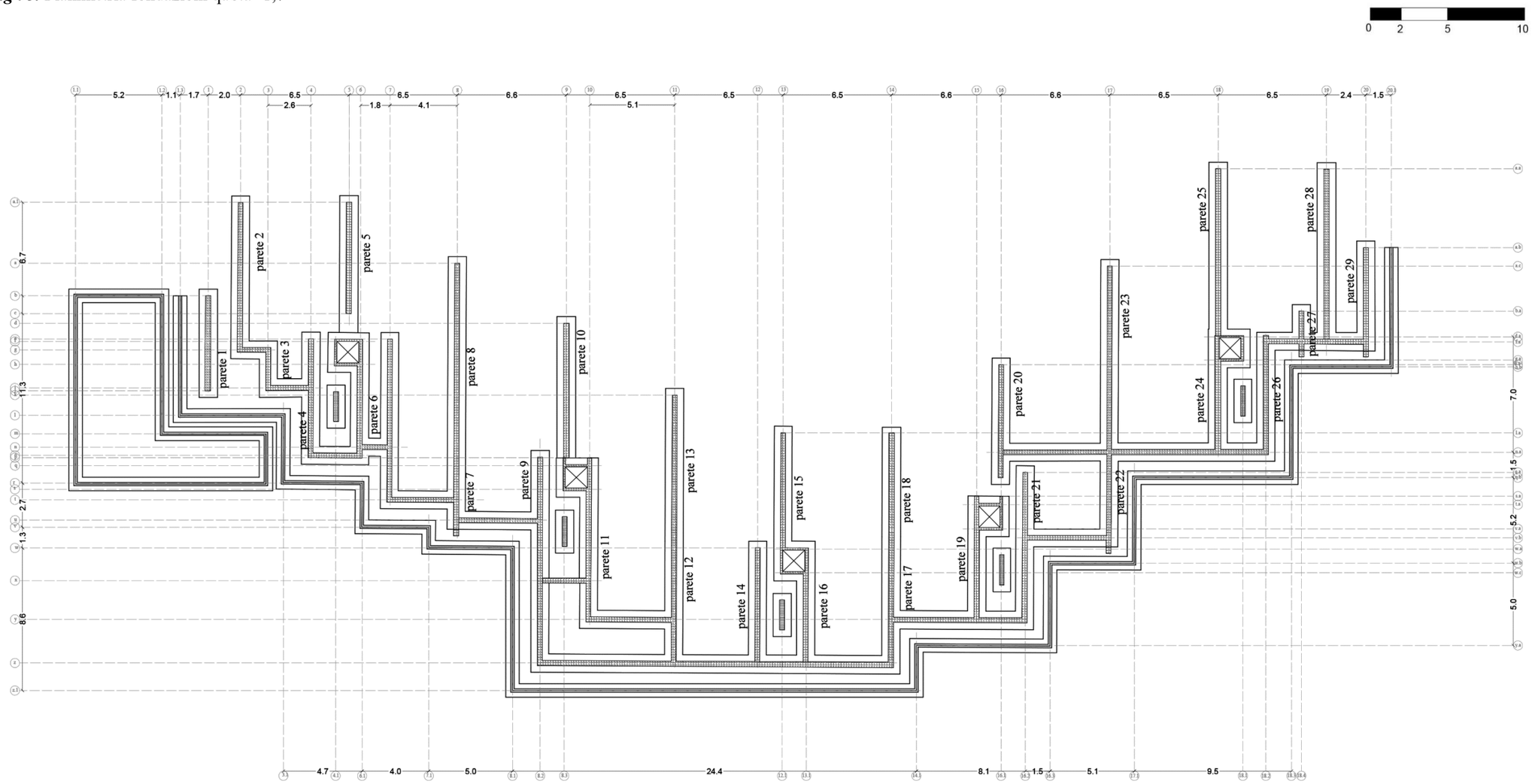


Fig 96. Planimetria primo solaio quota +0,45

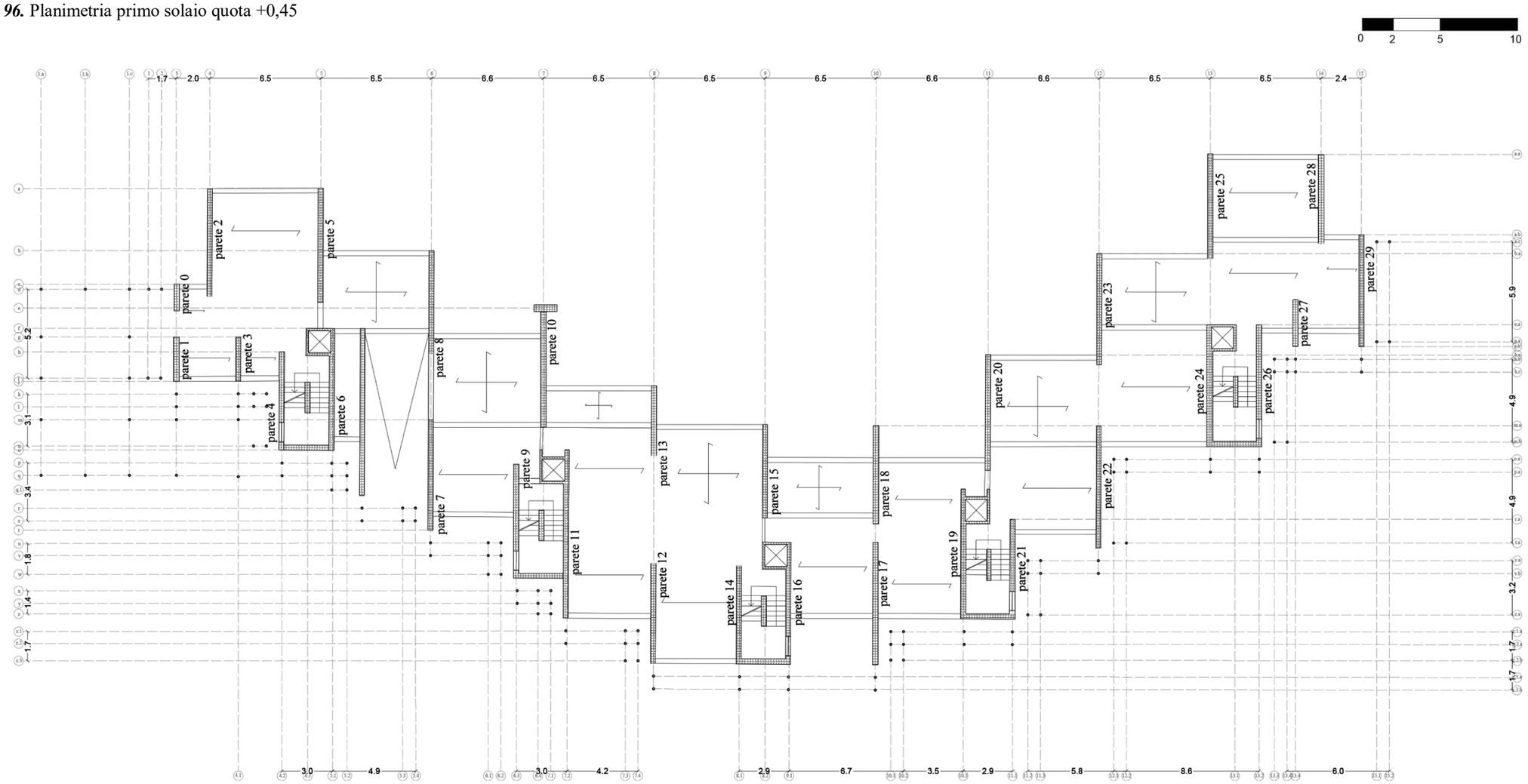


Fig 97. Planimetria piano tipo

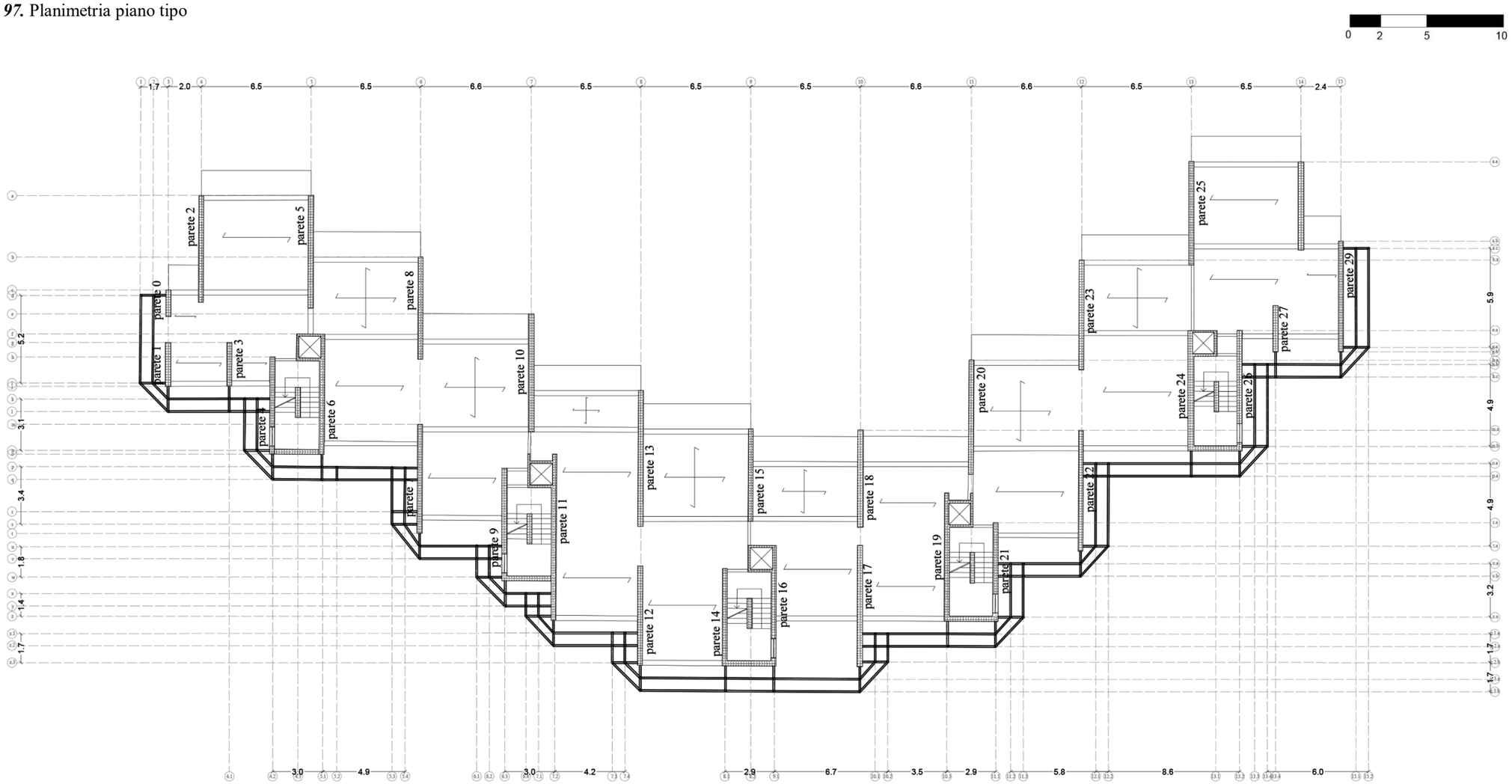


Fig 98. Vista da Viale Vittorio Veneto

Fig 99. Prospetto ovest

Fig 100. Sezione lato sud

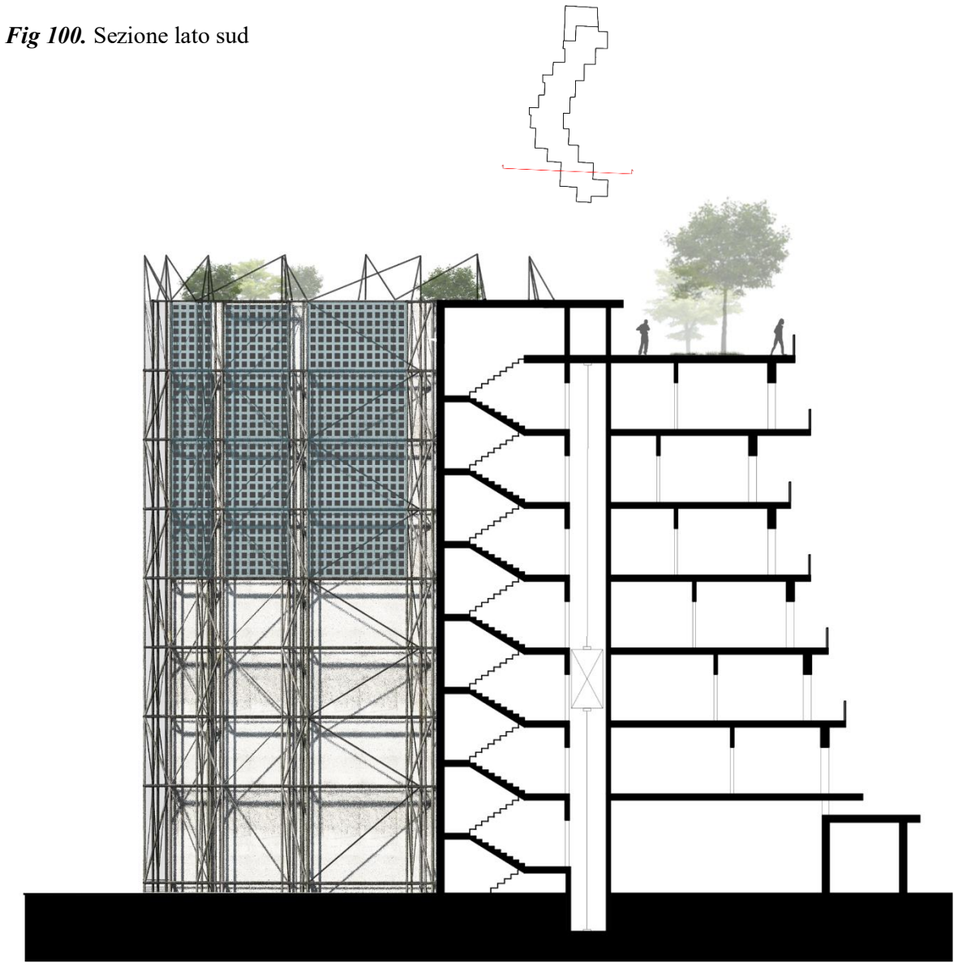


Fig 101. Sezione lato nord

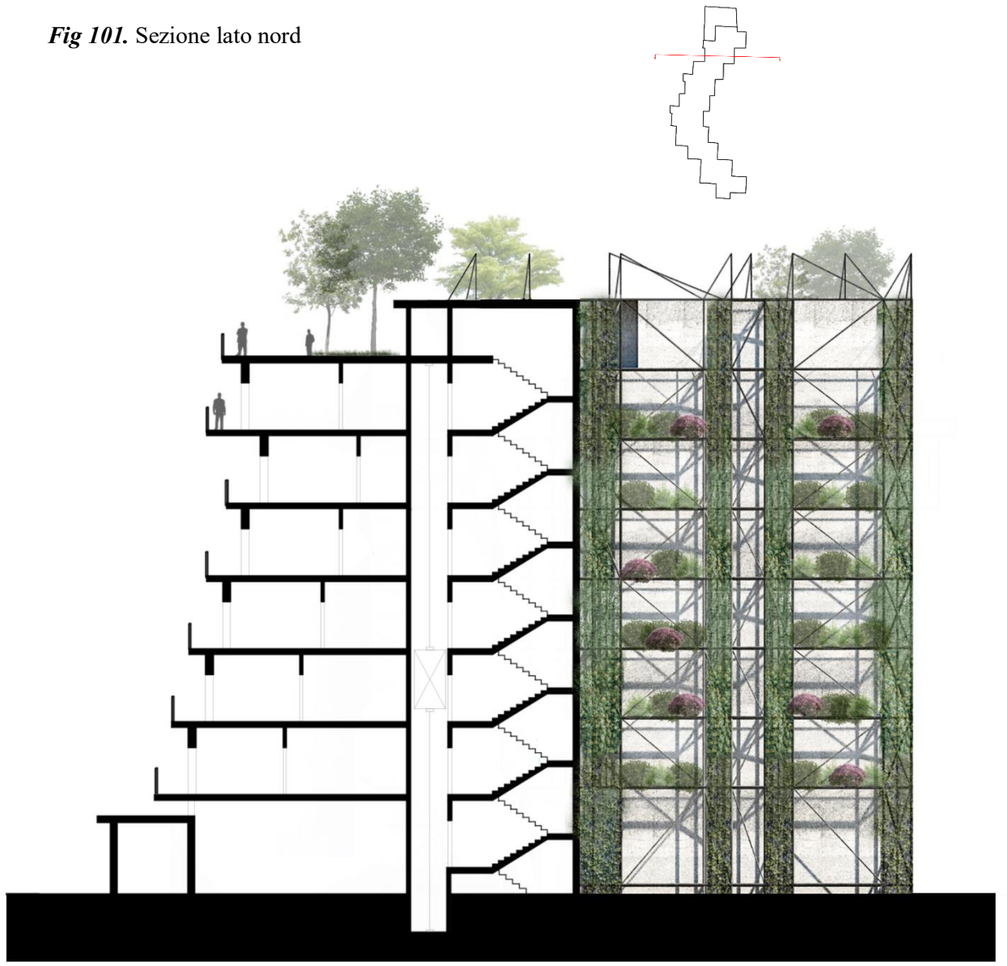


Fig 102. Porzione facciata

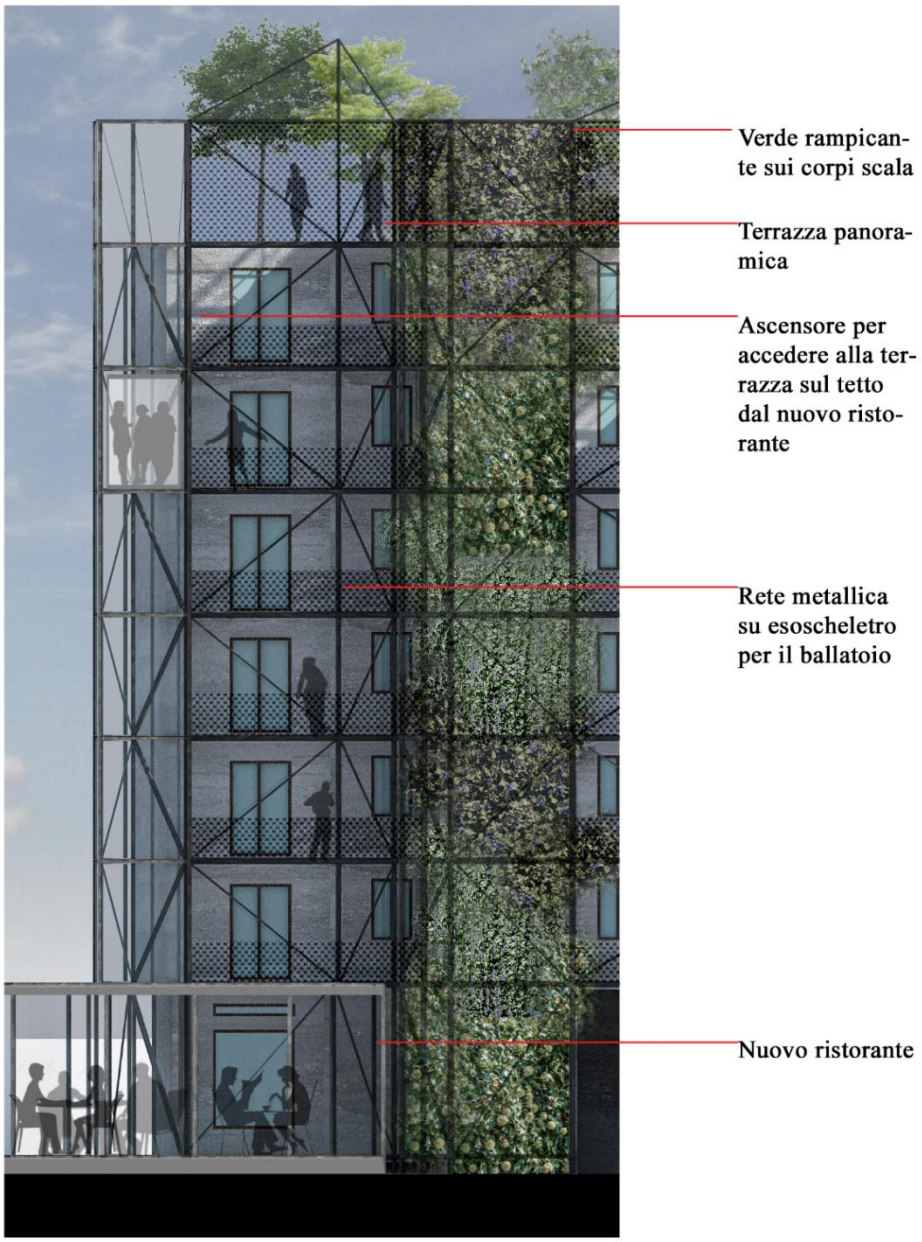
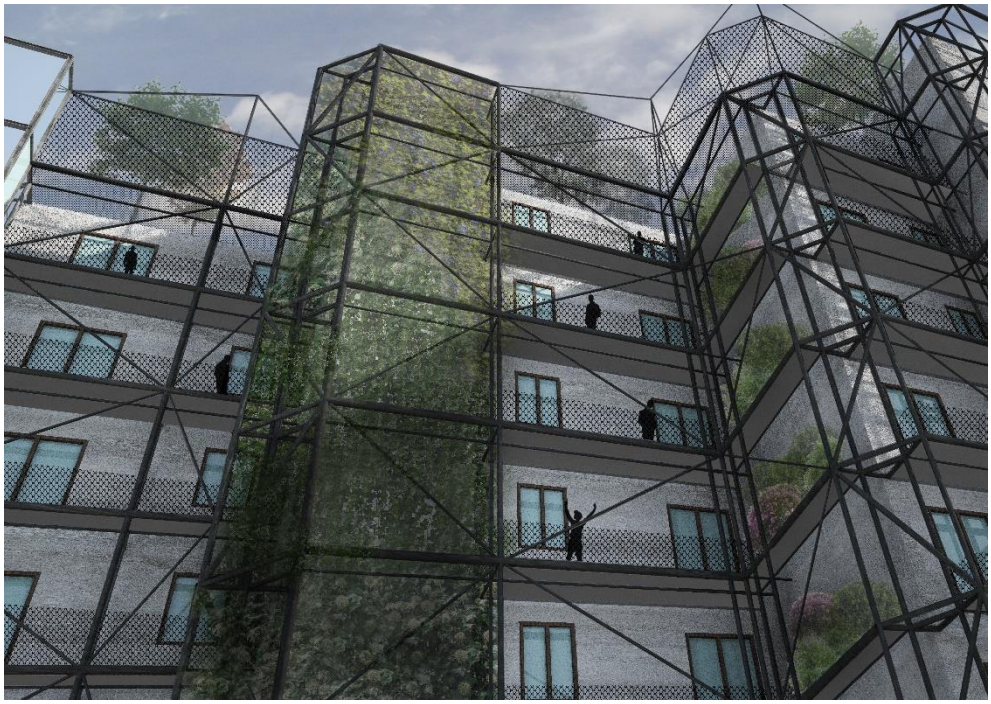


Fig 103. Veduta su lato sud

Fig 104. Veduta ravvicinata lato nord



11.4 Alcune suggestioni

Fig 105. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Zaha Hadid

(Disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)

Fig 106. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Mario Cucinella

(Disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)

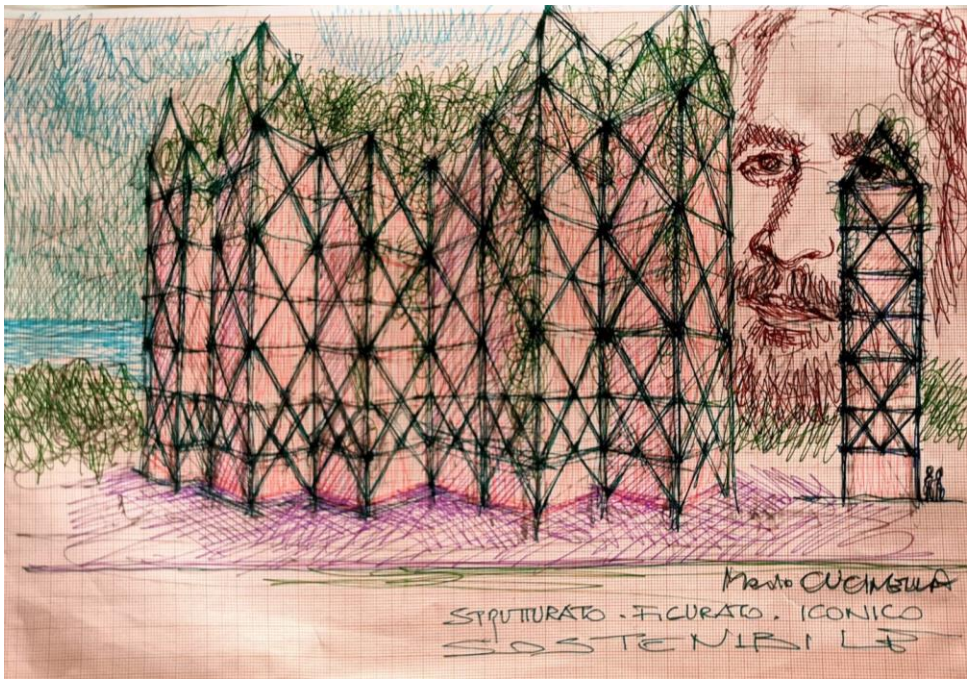


Fig 107. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Renzo Piano

(Disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)

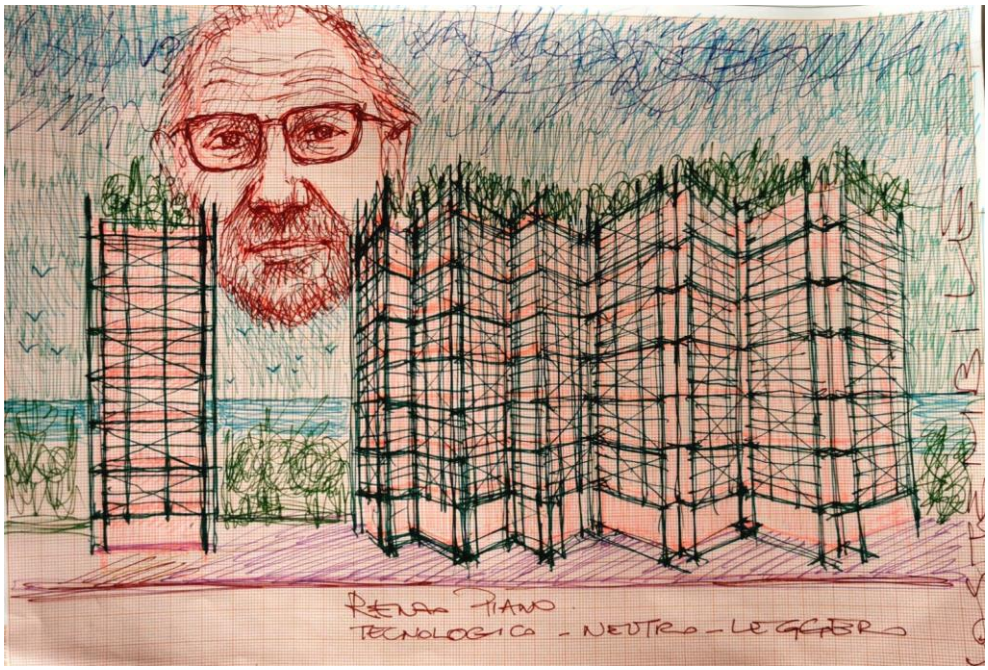
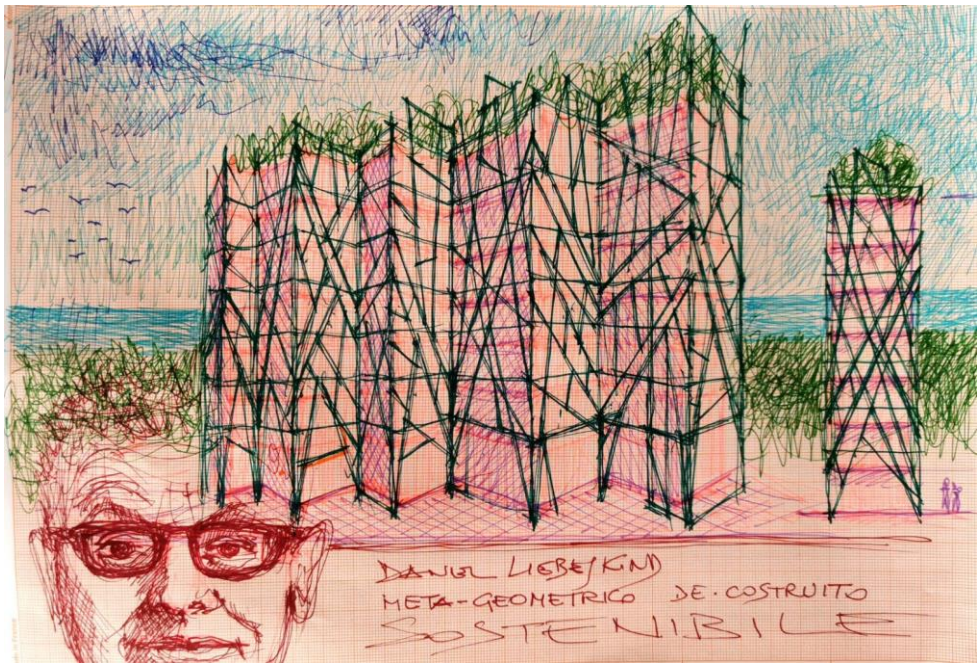


Fig 108. Progetto dell'esoscheletro secondo lo stile di Daniel Libeskind

(Disegno realizzato dall'Architetto Mario Montalboddi)



Conclusioni

La Tesi esposta ha voluto rappresentare un evoluto approccio architettonico laddove si consideri che, il confronto con le problematiche economiche e le tematiche di salvaguardia ambientale riguardanti la società moderna, necessariamente vadano applicate all'Architettura con una corretta visione organica ed attuale sia della progettazione che del ripristino.

Partendo da tali iniziali considerazioni e applicando i concetti sopra esposti allo stato di conservazione del fabbricato di Civitanova Marche, una volta valutata l'urgenza di intervento di ristrutturazione e considerata che, in prima istanza, la sua necessità fosse anzitutto un adeguamento sismico, si è proceduto all'analisi anche degli aspetti storici dell'edificio contestualizzando il suo "rapporto" con lo sviluppo cittadino e infine individuando l'ottimizzazione della sua prestazione energetica.

L'intento di giungere ad una trasformazione radicale dell'habitat locale, anche in senso più propriamente antropico, ha previsto che il miglioramento prestazionale dell'edificio fosse volto verso il ridotto consumo di risorse non rinnovabili e, al contrario, orientato verso un efficiente utilizzo di risorse rinnovabili.

Fin dall'inizio infatti si è portata avanti l'idea dell' "agire" con un *unico* intervento su piani diversi, allo scopo di conseguire più vantaggi da un corretto rapporto di costo-efficacia rispetto alle modalità tradizionali di ripristino; infatti l'**esoscheletro** oltre ad essere di per sé un'operazione di rapida esecuzione, poco dispendiosa in termini di materiali e manodopera , genera dei miglioramenti tali all'edificio da consentire un risparmio economico non trascurabile per i committenti e fruitori .

Si è voluto avvalorare ulteriormente questa proposta esponendo la normativa a riguardo, elencando gli incentivi ad oggi presenti, in particolare l'ultimo decreto nell'Edilizia che è l'Ecobonus 2020, con il quale interventi di ristrutturazione e adeguamento sismico su edifici come quello in esame, vengono interamente finanziati dallo Stato, in modo da rendere ancora più stimolante ed eseguibile il progetto.

Sono state poste in evidenza le problematiche legate alla sismicità della zona, agli effetti dei recenti eventi sismici sugli edifici e alla gravità della situazione che molte comunità viciniori hanno vissuto e stanno ancora vivendo a causa della cattiva

qualità costruttiva degli edifici, sottolineando come ancora oggi non tutta la cittadinanza sia conscia di vivere in strutture non a norma, in cui i deboli criteri costruttivi e le mancate modifiche di consolidamento e miglioramento energetico nel tempo, espongano al degrado se non al rischio di crolli anche spontanei.

La figura dell'architetto è protagonista in questa iniziativa, in quanto ha il compito di sensibilizzare i cittadini a fare verifiche e accertamenti tecnici sulle proprie abitazioni, allo scopo di prevenire quelle problematiche strutturali la cui risoluzione potrebbe spesso essere complessa se non riconosciute e corrette in tempo.

L'attività professionale dell'architetto potrebbe essere considerata secondo una duplice modalità operativa: da un lato l' "*azione tecnica*" di progettazione e ripristino finalizzata al consolidamento strutturale e al recupero, dall'altro un "*azione sociale*" che passando dal potenziamento degli edifici e dall'allungamento della loro vita utile, riconfermi, come è avvenuto per l'edificio di Civitanova Marche, il ruolo architettonico del manufatto all'interno della città, permettendogli di stare "al passo" con le nuove costruzioni, con il valore aggiunto della storicità che lo caratterizza, e associato alla garanzia di un miglioramento quantitativo e qualitativo dello "spazio vitale" per gli utenti.

Si mira, infatti, a perseguire livelli il più elevati possibile di qualità sostenibile in grado di migliorare lo standard di vivibilità delle costruzioni.

In definitiva la componente di ricerca e di applicazione di soluzioni costruttive sostenibili deve divenire componente abituale in ogni fase di programmazione, costruzione e recupero e deve possedere come obiettivo primario il miglioramento complessivo del processo edilizio dell'architettura ambientale che deve porsi come finalità progettuali il consolidamento costitutivo, l'efficienza energetica, il miglioramento della salute, del comfort e della qualità della vita degli abitanti, ottenibili mediante la corretta integrazione nell'edificio di strutture e tecnologie appropriate. Un' architettura con i caratteri della modernità deve saper costruire e gestire un'edilizia volta a soddisfare le richieste e le necessità dei committenti, tenendo conto, fin dall'inizio del progetto, dei ritmi di lavoro, e delle risorse, anche economiche, ipotizzando il recupero e il riuso dei materiali, valorizzando lo spazio, limitando i disagi per l'uomo, tutelando la sua salute, e cercando di inserirsi armoniosamente nel contesto ambientale.

RINGRAZIAMENTI

Mi sento fortunata nell'avere un lungo elenco di persone da ringraziare.
Durante i miei studi si sono affiancate a me, persone che ad oggi ritengo fondamentali nella mia vita, senza le quali, sono certa, tutto questo non sarebbe stato possibile. Vorrei ringraziarle in ordine di "comparsa" nella mia vita.
Inizio quindi da coloro che hanno determinato la mia esistenza: i miei genitori. Queste righe non potranno mai contenere il senso di gratitudine e ammirazione che provo nei loro confronti. Sono le mie fondamenta e non riuscirò mai a ripagarli di tutto quello che mi hanno dato, vorrei solo che sapessero che li amo infinitamente e che li ringrazio per tutta la pazienza e la dedizione che hanno avuto per me in questi anni, e soprattutto per credere in me ogni giorno in un modo in cui nessuno potrebbe fare. Sono il mio porto sicuro, la mia forza, i miei migliori amici, le anime più belle che io conosca. Spero un giorno di poter assomigliare a loro almeno un po'.
Fa parte delle mie fondamenta anche mia sorella Matilde. La ringrazio per aver sempre creduto in me, per i consigli, per l'appoggio dato sempre, per i balletti nei pomeriggi più disperati e per le nottate insieme. E' un modello da seguire e non potevo desiderare una sorella migliore.
Un grazie speciale va a mia nonna Felicina, che con le sue premure e le sue 50 euro sganciate ad ogni esame fatto, mi ha sempre strappato un sorriso e incoraggiato a non mollare mai. Ad oggi posso dire che le sue preghiere hanno funzionato.
A mia zia Roberta rivolgo un grazie per essersi sempre interessata a me e per le premure che mi ha riservato ogni volta che sono partita, per le sue tisane e passate di pomodoro che mi hanno accompagnato nei miei viaggi, facendomi sentire un po' come a casa.
E' arrivato il turno delle mie sorelline acquisite, Caterina e Vittoria. Queste due ragazze sono entrate a far parte della mia vita negli anni del liceo e da all'ora non le ho più lasciate andare. Siamo cresciute insieme e c'erano ad ogni mio traguardo, delusione, avvenimento, nei giorni felici e in quelli più bui. Grazie per le parole giuste, i consigli e gli ammonimenti, per le risate e la spensieratezza che avete saputo darmi, ma soprattutto per quella mano tesa, che in loro ho trovato sempre.
Il liceo mi ha permesso di conoscere anche un'altra ragazza, la mia amica Micol. A lei devo un ringraziamento per aver trovato sempre il modo di essere un'amica presente in questi anni, nonostante la distanza e gli impegni, per avermi fatto

conoscere cose nuove e perché ogni volta riesce a farmi vedere le situazioni da punti di vista diversi. E' soprattutto grazie a lei che mi sono innamorata di Torino.
Finito il liceo, in poco tempo mi sono trovata in una nuova realtà, facendo i primi passi nel mondo dell'architettura, in una città che di lì a poco sarebbe diventata la mia città del cuore: Ascoli Piceno.
E' qui che ho incontrato una ragazza speciale, la mia amica Greta. Sono state molte le casualità che ci hanno fatto incontrare e fin da subito è stata evidente la nostra complicità. La ringrazio per avermi sempre ascoltata, per essere stata la mia spalla ed essersi presa cura di me; grazie per tutte le frittate che con tanto amore mi cucinava, per avermi fatto divertire, e anche per gli schiaffi (morali) che mi hanno riportato in riga nei momenti di sbando. Senza di lei non sarebbe lo stesso.
Nello stesso luogo, nella stessa casa, ho conosciuto anche un'altra ragazza, la più pazzerella delle tre, Chiara. Vorrei ringraziarla perché non c'è stato giorno ad Ascoli in cui io non abbia sorriso, grazie a lei. La sua esuberanza e spirito mi hanno fin da subito trasmesso tanta energia e carica per affrontare ogni sfida. La ringrazio per la positività e allegria che mi ha sempre trasmesso, per i consigli e le chiacchiere serali, e per le sue incursioni improvvise in camera mia. Mi mancano ancora.
Sempre ad Ascoli è poi avvenuto anche l'incontro fortuito con una persona che ho affianco ormai da 4 anni e che ha donato una luminosità in più alla mia vita: Francesco. Lo ringrazio per avermi aiutato in questi anni ed aver preso a cuore fin da subito ogni mia difficoltà e riuscita, per essere stato sempre al mio fianco e per non aver mai lasciato la mia mano. Per essere stato vicino anche a 600 km di distanza, non facendomi sentire mai sola. Per avermi tranquillizzato nei momenti peggiori, ed essere stato un punto fermo nel caos. Non lo dimenticherò mai.
Ringrazio poi colei che è stata un raggio di sole nella foschia di Torino, la mia amica e collega Alessandra. Grazie per avermi accolto in questa città non facendomi sentire persa, è stato un piacere condividere con lei questo percorso. Grazie anche per la sua dolcezza e per essere stata un'amica vera in un luogo sconosciuto, il tempo passato insieme mi ha fatto vivere Torino come una bella esperienza.
Ringrazio a questo punto le persone che mi hanno permesso di svolgere questa tesi, da cui ho imparato molto e con cui ho coronato il mio traguardo: il Prof. Giuseppe Ferro, l'Arch. Luciana Restuccia e l'Ing. Lucrezia Martelli. Grazie per l'opportunità che mi hanno dato di conoscere nuovi aspetti dell'architettura, per avermi permesso di confrontarmi con tematiche di cui non mi ritenevo all'altezza, e per la disponibilità che mi hanno dimostrato in un momento difficile come questo.

Ringrazio poi colui senza il quale la riuscita di questa tesi non sarebbe stata possibile: l'architetto Mario Montalboddi, per avermi seguito in ogni momento, ed essere stato gentile con me, per i consigli e l'esperienza che in questi mesi non ha mai fatto mancare. Una fonte di ispirazione, come architetto e come persona.

Infine ringrazio tutte quelle persone che in questi anni, anche solo di passaggio, hanno contribuito al raggiungimento del mio obbiettivo. Ringrazio le maestre che mi hanno rimproverato, i professori che mi hanno bocciato e i compagni che mi hanno superato, perché è un po' anche per non darla vinta a loro, che sono cresciuta, che mi sono impegnata, e che ho provato a guardare oltre i miei limiti: e alla fine ho vinto.

BIBLIOGRAFIA

1. Ufficio Studi Immobiliari.it, *L'Italia sta invecchiando… e anche le sue case*, novembre 2014
2. Sito *Eurosta statistic explained - Waste generation by economic activities and households,* 2016
3. Carlo Pagliai, *Cause, soggetti ed effetti che hanno portato all'attuale configurazione delle città contemporanee*, 2017
4. Greco A., Quagliarini E., *L'involucro edilizio- Una progettazione complessa*, 2007
5. Frisciotti A., *Memorie per la elevazione di Civitanova Marche a città*, 1983
6. Galiè V., *Cluentum e il suo porto nell'ambito di Porto Civitanova*, 1993
7. Università IUAV di *Venezia La ricerca che cambia. 2° Convegno nazionale dei dottorandi italiani dell'architettura, della pianificazione e del design*, 2016
8. Morlacco P., *Storia di Civitanova Marche*, 1970
9. Comune di Civitanova Marche, *Lo sviluppo economico-sociale e la problematica*, 1962
10. Romano Camassi, Viviana Castelli, Carlo Meletti, Giancarlo Monachesi, Concetta Nostro, Vera Pessina e Maurizio Pignone, *Io non rischio terremoto, Speciale Marche*, luglio 2014
11. *Marone Marcelletti 1917-2017*, mostra per il centenario della nascita, 2017
12. Marone Marcelletti, architetture per trent'anni, Macerata, 1986
13. Luigi de Marchi, *Architettura razionalista: Tendenza dell'architettura degli anni tra le due guerre, 2019*
14. Rivista Domus, *Razionalismo italiano*

15. Clara Corsetti*, Il piano INA-Casa, 2020*

16. Guido Montanari*, Brutalismo,* 2011

17. Simona Constantin, *L'Architettura brutalista*, ARTEVITAE 2016

18. Romano Camassi, Viviana Castelli, Carlo Meletti, Giancarlo Monachesi, Concetta Nostro, Vera Pessina e Maurizio Pignone, *Io non rischio terremoto, Speciale Marche*, luglio 2014

19. Sito INGVT terremoti, *La pericolosità sismica*

20. Monica Cannaviello, *DAYLIGHT VS SUNLIGHT: TECHNOLOGICAL DESIGN STRATEGIES*

21. Giovanni Plizzari, *Riqualificazione del costruito*, Maggio 2017

22. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Norme tecnica delle costruzioni.* 2018

23. Monica Pasca, *Il costruito italiano: tipologie, problematiche, interventi pre e post sisma,* 2012

24. Giovanna Franco, *Edilizia del boom e degrado: come intervenire*

25. Marina Montuori, *Eutopia urbana VS Smart city,* settembre 2015

26. Luca Baldin, *Smart building in Italia: cosa spingerà la digitalizzazione degli edifici,* Luglio 2018

27. Andrea Ballocchi, *Realizzare smart building e innovare l'edilizia con cultura e dati,* Maggio 2019

28. Oscar Eugenio Bellini, Alessandra Marini, Chiara Passoni, *Sistemi a esoscheletro adattivo per la resilienza dell'ambiente costruito*,2018

29. Angelo Ciribini, Marina Montuori, Alberto Arenghi, Enrico Donini, Davide Fappani, Olivia Longo, *Sinergie rigenerative, pratiche sostenibili e adattive di riabilitazione integrata dell'ambiente costruito.* Giornata della ricerca del DICATAM-2014

30. Marco Franceschini TELEIOS srl - Officina di Ingegneria, Pierpaolo Semproli TELEIOS srl - Officina di Ingegneria, Alessandro Secci TELEIOS srl - Officina di Ingegneria, Massimiliano Mundadori TELEIOS srl - Officina di Ingegneria, Barbara Melli EFFEBI srl - Costruzione strutture metalliche, Bruno Bianconcini EFFEBI srl - Costruzione strutture metalliche, *I segni della ricostruzione post terremoto Maggio 2012: L'adeguamento sismico della Palazzina uffici nello stabilimento Magneti Marelli di Crevalcore*, 2016

31. Lucrezia Martelli, *L 'esoscheletro come approccio metodologico per l ' adeguamento sismico di costruzioni esistenti*, 2018

32. R. S. Joshi, D. J. Dhyani, *A Review on Novel Structual Development in Tall Building: Diagrid Structure*, Scientific journal of impact Factor, vol 4.72, pp 70-71, 2017

33. R. S. Joshi, D. J. Dhyani, "A Review on Novel Structual Development in Tall Building: Diagrid Structure", Scientific journal of impact Factor, vol 4.72, pp 70-71, 2017

34. Marina Montuori, *Strategie e tecniche di rigenerazione urbana in Europa,* Sesta edizione della biennale internazionale di architettura

35. Sito GenitronSviluppo.com, *LCA: L'Analisi del Ciclo di Vita di Prodotti e Processi Come Parte Integrante per Ogni Strategia Aziendale*

36. Emanuele Meloni*, Superbonus: ecobonus e sismabonus potenziati al 110%,* maggio 2020

37. *Sito online Ministero della Salute*

38. Agnese Bifulco, *Karim Nader Banque du Liban per preservare il patrimonio architettonico di Beirut*

39. Sito online Plataforma Arquitectura, *Oficinas Corporativas KMC*, 2013

40. Archivio BAQ-Categorìa habitat social y desarrollo, *Oficinas KMC*, 2014

41. Federica Calò, *Un nido verticale a Milano Porta Nuova: al via i lavori della Torre UnipolSai firmata Mario Cucinella Architects,* 2019

42. Fabrizio Aimar, *Il BIM per il nuovo Centro Direzionale Unipol di Mario Cucinella Architects (MCA)*

43. Lorenzo Soro, Giovanni Falvella*, Facciate ventilate in fibrocemento, 2007*

44. Alessandra Marra, *Facciate ventilate: ecco come funzionano, 2016*

45. Pietro Mezzi, *Giardini verticali: tipologie, benefici e costi,* 2019