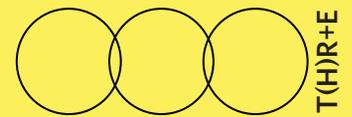


A.A. 2010-2011

SCUOLA DI ARCHITETTURA E SOCIETÀ

LAUREA MAGISTRALE IN PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



LOW BUDGET LIVING

PROGETTAZIONE E VALUTAZIONE ECONOMICA, AMBIENTALE E SOCIALE
DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE A BASSO COSTO TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE

STUDENTI

MELANIE LANZINGER 740310

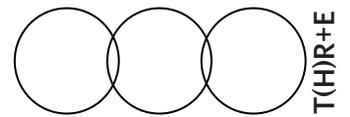
LUCIO LEONE 740692

RELATORI

PROF. ANDREA CAMPIOLI

PROF. GIANCARLO PAGANIN

POLITECNICO DI MILANO



LOW BUDGET LIVING

PROGETTAZIONE E VALUTAZIONE ECONOMICA, AMBIENTALE E SOCIALE
DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE A BASSO COSTO TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE

STUDENTI

MELANIE LANZINGER 740310

LUCIO LEONE 730692

RELATORI

PROF. ANDREA CAMPIOLI

PROF. GIANCARLO PAGANIN

Indice

INTRODUZIONE: OBIETTIVI DEL LAVORO DI TESI	XX
--------------------------------------------	----

PRIMA PARTE: LO SCENARIO SOSTENIBILE

1. LOW COST - HIGH QUALITY: IL NUOVO MODO DI INTENDERE L'ARCHITETTURA RESIDENZIALE A BASSO COSTO	01
1.1 LA FINE DEL CETO MEDIO E LA NASCITA DELLA SOCIETÀ LOW COST	02
1.1.1 LA RIVOLUZIONE DEMOCRATICA DI ALCUNE SOCIETÀ LOW COST	06
1.2 PERCHÈ SI PARLA DI LOW COST IN ARCHITETTURA	08
1.2.1 ESEMPI DI LOW COST IN ARCHITETTURA	09
1.3 CARATTERI DELL'ARCHITETTURA LOW COST	10
1.4 STRATEGIE PER ABBATTERE I COSTI DI COSTRUZIONE	14
2. LA QUALITÀ AMBIENTALE	33
2.1 ECOEFFICIENZA IMPRESCINDIBILE	34
2.2 DIMENSIONE ENERGETICA NELL'EDILIZIA OGGI: LO SCENARIO LEGISLATIVO	41
2.3 NUOVE PROSPETTIVE DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: LA DIRETTIVA 2010/31/CE	47
3. ABITARE - SODDISFARE: NUOVI MECCANISMI DELL'ABITARE CONTEMPORANEO	51
3.1 MOLTEPLICITÀ DELLE ESIGENZE E FLESSIBILITÀ DELL'ABITARE	52
3.2 LA TENDENZA MILANESE	54
3.3 IDENTIKIT DEGLI UTENTI	57
3.4 INDIVIDUAZIONE DELLA TIPOLOGIA E DIMENSIONE DELLE ABITAZIONI	60
4. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO	63
4.1 COSTRUIRE UN REPERTORIO ARCHITETTONICO: LA PROGETTAZIONE PER MODELLI	64
4.2 LO SPAZIO CONCETTUALE	68
4.3 DISPONIBILITÀ TERRITORIALE A MILANO: IL CONTESTO REALE	71

SECONDA PARTE: ELABORAZIONE DEI PROGETTI ARCHITETTONICI

1. RELAZIONE TECNICA	77
1.1 LA LOGICA AGGREGATIVA	78
1.2 LO SCENARIO TRADIZIONALE	81
1.3 LO SCENARIO INNOVATIVO	81
1.4 PROGETTI DI RIFERIMENTO	83
2. SOLUZIONE COSTRUTTIVA	93
2.1 SISTEMA COSTRUTTIVO TRADIZIONALE	94
2.2 SISTEMA COSTRUTTIVO INNOVATIVO	102
3. DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE	111
3.1 PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO	112
3.1.1 INTRODUZIONE	112
3.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI: CALCESTRUZZO E ACCIAIO	113
3.1.3 ELEMENTI STRUTTURALI E CARICHI	118
3.1.4 DIMENSIONAMENTO DEL PILASTRO	121
3.1.5 DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE	126
3.1.6 DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI	137
3.2 PROGETTAZIONE DI ELEMENTI IN LEGNO	142
3.2.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA	142
3.2.2 CARATTERISTICHE DEL LEGNO	144
3.2.3 ELEMENTI STRUTTURALI E CARICHI	147
3.2.4 DIMENSIONAMENTO DEI TRAVETTI	147
3.2.5 DIMENSIONAMENTO DEL PILASTRO	150
3.2.6 DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE	152
3.2.7 DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI	154

4. TAVOLE DI PROGETTO (RIDUZIONE)	160
01 T(H)RE+E: L'IDEA PROGETTUALE	161
02 MODULI ABITATIVI: PROTOTIPI	162
03 PROGETTO TIPO: COMPOSIZIONE PROGETTUALE	163
04 PIANTE E SEZIONI 1:100	164
05 PIANTE E SEZIONI 1:100	165
06 PROSPETTI 1:100	166
07 PIANTA PROGETTO TRADIZIONALE 1:50	167
08 SEZIONE PROGETTO TRADIZIONALE 1:50	168
09 PROSPETTO PROGETTO TRADIZIONALE 1:50	169
10 PIANTA PROGETTO INNOVATIVO 1:50	170
11 SEZIONE PROGETTO INNOVATIVO 1:50	171
12 PROSPETTO PROGETTO INNOVATIVO 1:50	172
13 SEZIONE FACCIATA PRINCIPALE E PROSPETTO PROGETTO TRADIZIONALE 1:20	173
14 SEZIONE FACCIATA SECONDARIA 1:20 E DETTAGLI PROGETTO TRADIZIONALE 1:10	174
15 SEZIONE FACCIATA PRINCIPALE E PROSPETTO PROGETTO INNOVATIVO 1:20	175
16 SEZIONE FACCIATA SECONDARIA 1:20 E DETTAGLI PROGETTO INNOVATIVO 1:10	176

TERZA PARTE: VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E ECONOMICA

1. LIFE CYCLE ASSESSMENT: VALUTARE L'IMPATTO AMBIENTALE	177
1.1 IL METODO LCA IN EDILIZIA	178
1.2 LCA SEMPLIFICATA: ENERGIA INCORPORATA E CO2 INGLOBATA	184
1.3 DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA INCORPORATA E CO2 INGLOBATA	185
01 ELEMENTI STRUTTURALI	187
01.01 TRAVI DI FONDAZIONE	188
01.02 PILASTRI	190
01.03 TRAVI	191
01.04 ORIZZONTAMENTI	193
01.05 RIASSUNTO ELEMENTI STRUTTURALI	196
02 PARETE ESTERNA	197
03 PARTIZIONI INTERNE	200
03.01 PARETE TRA DUE UNITÀ IMMOBILIARI	201
03.02 PARETE ATTREZZATA	203
03.03 TRAMEZZA	205
03.04 RIASSUNTO PARTIZIONI INTERNE	207
04 CHIUSURE TRASPARENTI	208
05 COMPARAZIONE FINALE	213
2. LIFE CYCLE COSTING: L'ECONOMICITÀ DEGLI INVESTIMENTI DI CAPITALE	219
2.1 INTRODUZIONE	220
2.2 BACKGROUND STORICO	221
2.3 PERCHÉ UTILIZZARE IL METODO LCC?	225
3. I PRINCIPI ECONOMICI DELL'ANALISI LIFE CYCLE COSTING	229
3.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	230
3.2 ORGANIZZAZIONE PRINCIPALE DELL'ANALISI	231
3.3 METODI DI VALUTAZIONE	235

4. IL VALORE DEL COSTO: TIPOLOGIE E METODICHE DI STIMA	243
4.1 INTRODUZIONE	244
4.2 IL COSTO D'INVESTIMENTO DEL CAPITALE	244
4.3 IL COSTO DI GESTIONE	247
4.4 IL COSTO DI MANUTENZIONE	250
4.5 IL VALORE RESIDUALE DI UN'OPERA O SISTEMA EDILIZIO	253
5. APPLICARE LCCA - IL CASO STUDIO: VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA ECONOMICA DI UN PROGETTO ARCHITETTONICO AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA	259
4.1 INTRODUZIONE	260
4.2 IPOTESI GENERALI	261
4.3 IL <i>BASE CASE</i> : LCC DELL'OPZIONE ARCHITETTONICA TRADIZIONALE	267
4.4 LA PROPOSTA ALTERNATIVA: LCC DI UN EDIFICIO AD ENERGIA QUASI ZERO	269
4.5 COMPARAZIONE DEI VALORI LCC	270
6. GESTIRE IL RISCHIO E L'INCERTEZZA IN ANALISI LCC	275
6.1 INTRODUZIONE	276
6.2 IL CONCETTO DI RISCHIO ED INCERTEZZA	276
6.3 METODI DELLA VALUTAZIONE DI RISCHIO	277
6.3.1 ANALISI QUALITATIVE DI RISCHIO	278
6.3.2 ANALISI QUANTITATIVE DI RISCHIO	279
6.3.3 ANALISI DETERMINISTICHE DEL RISCHIO	280
CONCLUSIONI	282
ALLEGATI	
A - DETERMINAZIONE DEL COSTO DI COSTRUZIONE	
B - DETERMINAZIONE DEL COSTO DI GESTIONE	
C - DETERMINAZIONE DEL COSTO DI MANUTENZIONE	

Indice delle figure

PRIMA PARTE: LO SCENARIO SOSTENIBILE

1. LOW COST - HIGH QUALITY: IL NUOVO MODO DI INTENDERE L'ARCHITETTURA RESIDENZIALE A BASSO COSTO

- FIGURA 1.01:** *Cambiamenti sociali: Espansione del mercato tecnologico* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 2
- FIGURA 1.02:** *Alto livello di conoscenza: Sono pochi gli operatori appartenenti al ceto medio- alto* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 2
- FIGURA 1.03:** *Il Welfare state: Necessità di essere innovato di fronte ai forti cambiamenti sociali* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 4
- FIGURA 1.04:** *Importanza dell'istruzione: Settore strategico per l'occidente per poter competere con i Paesi emergenti* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 5
- FIGURA 1.05:** *Ryanair: La compagnia aerea irlandese ha avviato la rivoluzione low cost*, (fonte: www.wikipedia.com), pp. 6
- FIGURA 1.06:** *Wal-Mart: Il più grande rivenditore al dettaglio nel mondo, prima multinazionale al mondo nel 2010 per fatturato e numero di dipendenti* (fonte: www.google.com), pp. 6
- FIGURA 1.07:** *IKEA: Multinazionale, specializzata nella vendita d'arredo, con 258 centri di vendita in 37 paesi* (fonte: www.google.com), pp. 7
- FIGURA 1.08:** *ZARA: Una delle più grandi società di distribuzione tessile di moda, il primo gruppo europeo e il secondo a livello mondiale di confezione* (fonte: www.google.com), pp. 7
- FIGURA 1.09:** *BOKLOK: Edifici prefabbricati a basso costo, prodotto IKEA con prezzo a partire da 180.000€* (fonte: www.boklok.com), pp. 9
- FIGURA 1.10:** *Produzione case prefabbricate ELK: Prefabbricazione delle pareti nello stabilimento austriaco* (fonte: www.elk.at), pp. 10
- FIGURA 1.11:** *Casa passiva n.176 ELK: Acquistabile ad un prezzo di 252.663€, tutto compreso* (fonte: www.elk.at), pp. 10
- FIGURA 1.12:** *Legno: Materiale naturale e biologico facilmente riciclabile* (fonte: www.google.com), pp. 12
- FIGURA 1.13:** *Canne palustre: Oltre ad essere un materiale per eccellenza ad impatto ambientale praticamente nullo, la canna palustre ha notevoli caratteristiche di isolamento e durabilità* (fonte: www.google.com), pp. 12
- FIGURA 1.14:** *Sistema di costruzione alternativo, Haiti: Le bottiglie di plastica fungono non solo da materiale da costruzione, ma il loro riciclaggio contribuisce a risolvere il problema dei rifiuti* (fonte: www.google.com), pp. 12
- FIGURA 1.15:** *Strategie per il low cost: La fase iniziale della progettazione è quella fondamentale per ridurre i costi* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 13
- FIGURA 1.16:** *Proporzione e geometria: Gli ordini architettonici rappresentano un paradigma per il principio matematico-geometrico, tutt'ora valido in architettura* (fonte: P. JESBERG, *Aesthetik der Sparsamkeit*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1986), pp. 14
- FIGURA 1.17:** *Rapporto tra superficie, volume, forma: Analisi eseguita da Le Corbusier, basata sulla sezione aurea* (fonte: P. JESBERG, *Aesthetik der Sparsamkeit*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1986), pp. 15
- FIGURA 1.18:** *Innovazione tecnica: Svuotamento della parete dai carichi attraverso un sistema di contrafforti complesso* (fonte: www.goggle.com), pp. 16
- FIGURA 1.19:** *Crystal Palace, Joseph Paxton, Londra 1851: Primo edificio costruito interamente in ferro e vetro per l'Esposizione Universale* (fonte: www.goggle.com), pp. 16
- FIGURA 1.20:** *Cupola geodetica, Buckminster Fuller, 1954: Struttura emisferica estremamente leggera composta da una rete di travi giacenti su cerchi massimi* (fonte: www.goggle.com), pp. 16
- FIGURA 1.21:** *Semplicità, elementarità, modestia: La tipologia della villa negli studi del Palladio interpretata con grande varietà* (fonte: P. JESBERG, *Aesthetik der Sparsamkeit*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1986), pp. 17
- FIGURA 1.22:** *Spazi adattabili e flessibili: Dall'alto verso il basso: sala concerti, palestra, navata, discoteca* (fonte: P. JESBERG, *Aesthetik der Sparsamkeit*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1986), pp. 18
- FIGURA 1.23:** *Il progetto si basa su una griglia di 10m x 10m* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 19

- FIGURA 1.24:** *La flessibilità della griglia basa permette di creare appartamenti di superficie e tipologia diversa* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 19
- FIGURA 1.25:** *Vista del progetto* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 19
- FIGURA 1.26:** *Pianta del piano terra* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 20
- FIGURA 1.27:** *Vista prospettica del progetto* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 20
- FIGURA 1.28:** *Idea base progettuale: il gioco Tetris* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 20
- FIGURA 1.29:** *Facciata principale* (fonte: www.ofis-a.si), pp. 20
- FIGURA 1.30:** *Pianta piano terra del primo caso in fase di realizzazione a Milano* (fonte: www.boeristudio.it), pp. 21
- FIGURA 1.31:** *Modularità e flessibilità nell'aggregazione degli spazi* (fonte: www.boeristudio.it), pp. 21
- FIGURA 1.32:** *Prospetto e sezione tipo* (fonte: www.boeristudio.it), pp. 21
- FIGURA 1.33:** *Idea base del progetto* (fonte: www.big.dk), pp. 22
- FIGURA 1.34:** *Vista dalla terrazza panoramica* (fonte: www.big.dk), pp. 22
- FIGURA 1.35:** *Prospettiva* (fonte: www.big.dk), pp. 22
- FIGURA 1.36:** *Prospettiva* (fonte: www.big.dk), pp. 22
- FIGURA 1.37:** *Sistema modulare del modulo abitativo* (fonte: www.zapco.ch), pp. 23
- FIGURA 1.38:** *Vista interna: spazio soggiorno a doppia altezza e loggia esterna* (fonte: www.zapco.ch), pp. 23
- FIGURA 1.39:** *Dettaglio facciata* (fonte: www.zapco.ch), pp. 23
- FIGURA 1.40:** *Progetto realizzato a Rheinfelden, Svizzera, 2006: edificio a quattro piani che ospita 22 unità residenziali e due studi su una superficie complessiva di 4.200m²* (fonte: www.zapco.ch), pp. 23
- FIGURA 1.41:** *Costruzione a Milton Keynes* (fonte: www.richardrogers.co.uk), pp. 24
- FIGURA 1.42:** *Processo di prefabbricazione* (fonte: www.richardrogers.co.uk), pp. 24
- FIGURA 1.43:** *Risultato: facciata multiorme e articolata* (fonte: www.richardrogers.co.uk), pp. 24
- FIGURA 1.44:** *Kit di costruzione* (fonte: www.zedfactory.com), pp. 25
- FIGURA 1.45:** *Costruzione del telaio* (fonte: www.zedfactory.com), pp. 25
- FIGURA 1.46:** *Progetto realizzato a Upton, Inghilterra* (fonte: www.zedfactory.com), pp. 25
- FIGURA 1.47:** *Edificio unifamiliare a Grande Synthe, Francia* (fonte: www.zedfactory.com), pp. 25
- FIGURA 1.48:** *Proposta progettuale Cellophane House* (fonte: www.kierantimberlake.com), pp. 26
- FIGURA 1.49:** *Realizzazione al MoMa, ottobre 2008* (fonte: www.kierantimberlake.com), pp. 26
- FIGURA 1.50:** *Kit di componenti* (fonte: www.kierantimberlake.com), pp. 26
- FIGURA 1.51:** *Pianta soluzione A* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 27
- FIGURA 1.52:** *Vista d'insieme* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 27
- FIGURA 1.53:** *Idea progettuale e dettaglio facciata* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 27
- FIGURA 1.54:** *Sezione tipo* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 28
- FIGURA 1.55:** *Vista del passaggio pedonale tra gli edifici* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 28
- FIGURA 1.56:** *Prospettiva: giardino al piano terra e profondi balconi ai piani superiori* (fonte: www.lacatonvassal.com), pp. 28
- FIGURA 1.57:** *Sezione schematica* (fonte: www.paselkuenzel.com), pp. 29
- FIGURA 1.58:** *Idea progettuale* (fonte: www.paselkuenzel.com), pp. 29
- FIGURA 1.59:** *Realizzazione a partire dal 2005* (fonte: www.paselkuenzel.com), pp. 29
- FIGURA 1.60:** *Vista d'insieme* (fonte: www.alejandroaravena.com), pp. 30
- FIGURA 1.61:** *Idea progettuale* (fonte: www.alejandroaravena.com), pp. 30
- FIGURA 1.62:** *Realizzazione a partire dal 2005* (fonte: www.alejandroaravena.com), pp. 30

2. LA QUALITÀ AMBIENTALE

- FIGURA 2.01:** *Il concetto di sostenibilità: Sostenibilità economica, sostenibilità sociale, sostenibilità ambientale, sostenibilità istituzionale (culturale)* (fonte: H. KÖNIG, *A life cycle approach to buildings : principles, calculations, design tools*, Detail, München 2010), pp. 34
- FIGURA 2.02:** *Inquinamento dell'aria: Rilascio di inquinanti nell'atmosfera dagli impianti industriali* (fonte: www.google.com), pp. 35
- FIGURA 2.03:** *Inquinamento da traffico: Inquinamento atmosferico e acustico - ripercussioni su ambiente e salute* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 35

- FIGURA 2.04:** *Gestione rifiuti: Problema di stampo ambientale tangibile ovunque, sia nei paesi industrializzati e tanto più in quelli in via di sviluppo* (fonte: www.google.com), pp. 35
- FIGURA 2.05:** *Sviluppo economico e disponibilità di energia: Numerose sono le implicazioni sociali: a) l'aumento della qualità di vita nelle campagne riesce a rallentare il fenomeno dell'urbanizzazione e la nascita delle megalopoli b) ruolo della donna c) impatti sulla salute delle persone* (fonte: gettyimages.com), pp. 37
- FIGURA 2.06:** *Previsioni emissioni gas serra Energy Visions 2030: Dopo il 2020 la maggior parte delle emissioni di CO₂ provverranno dai paesi in via di sviluppo, come Cina e India* (fonte: UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers, UNEP, St-Martin-Bellevue 2011), pp. 38
- FIGURA 2.07:** *Tipologie di gas serra: Emissioni del 2004 secondo l'UNEP* (fonte: UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers, UNEP, St-Martin-Bellevue 2011), pp. 39
- FIGURA 2.08:** *Settori e gas serra: Emissioni di gas serra divise per settore, 2004* (fonte: UNEP, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers, UNEP, St-Martin-Bellevue 2011), pp. 39
- FIGURA 2.09:** *Summit internazionale sull'ambiente Rio de Janeiro 1992: Durante la conferenza mondiale viene firmata la 'Convenzione sui Cambiamenti Climatici'* (fonte: www.google.com), pp. 40
- FIGURA 2.10:** *Protocollo di Kyoto: Logo per l'entrata in vigore del protocollo, il summit internazionale sull'ambiente più popolare* (fonte: www.google.com), pp. 42
- FIGURA 2.11:** *Storia della protezione dell'ambiente: 1979 si tiene la prima conferenza mondiale sul clima, nel 1997 si approva il Protocollo di Kyoto, nel 2004 esso viene ratificato, nel 2012 ci sarà il prossimo COP in Corea* (fonte: www.google.com), pp. 43
- FIGURA 2.12:** *Architettura bioclimatica: a) Utilizzo di frangisole (Edificio Sant Joan De Déu numancia, CPVA Arquitectes, Barcelona, Spain 2011) b) integrazione del verde nel sistema di facciata (San Telmo Museum Extension, Nieto Sobejano Arquitectos, San Sebastián, Spain 2011) c) attenzione alla dimensione e disposizione delle aperture (Woodhouse in Caviano, Markus Wespi & Jérôme De Meuron, Caviano, Switzerland 2009)* (fonte: www.europaconcorsi.com), pp. 45
- FIGURA 2.13:** *Valori U secondo d. lgs. n. 192: trasmittanza per la zona climatica E (Milano)*, pp. 46
- FIGURA 2.14:** *Energia + Architettura: Ogni anno viene assegnato il premio europeo per il miglior progetto ad alta efficienza energetica 'Energie + Architektur'. Nel 2011 il premio va al team di progettazione tedesco Deppisch Architekten per un albergo situato a Monaco* (fonte: www.detail.de), pp. 47
- FIGURA 2.15:** *Efficienza energetica: Il risparmio energetico e alta efficienza energetica diventano temi sempre più importanti, soprattutto che cosa riguarda il settore edilizio*, (fonte: gettyimages.com), pp. 4

3. ABITARE - SODDISFARE: NUOVI MECCANISMI DELL'ABITARE CONTEMPORANEO

- FIGURA 3.01:** *Cambiamenti sociali e nuove esigenze abitative: Manifesto della mostra Neues Wohnen - Nuovo abitare, organizzata dal Deutschen Werkbund, Colonia 1949* (fonte: www.flickr.com), pp. 52
- FIGURA 3.02:** *Popolarità degli edifici d'epoca: La disposizione e dimensione degli spazi permette una facile attribuzione di funzioni diverse* (fonte: gettyimages.com), pp. 53
- FIGURA 3.03:** *Popolazione residente a Milano: Motore della crescita è il flusso migratorio, che ha registrato un incremento notevole*, pp. 54
- FIGURA 3.04:** *Numero famiglie e numero componenti: Le famiglie crescono in numero, ma sono sempre più piccole*, pp. 55
- FIGURA 3.05:** *Flussi migratori: Cominciano ad essere significativi acquirenti immobiliari* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 55
- FIGURA 3.06:** *Età popolazione: Sempre più anziani e sempre meno giovani*, pp. 56
- FIGURA 3.07:** *Costo dell'abitare: Canoni mensili medi di locazione per un appartamento di 65m², Milano* (fonte: COMUNE DI MILANO, Uno sguardo sulla domanda abitativa a Milano: categorie prioritarie e bisogni emergenti, Milano 2007), pp. 57

4. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO

- FIGURA 4.01:** *Berlin- Lichtenberg: Plattenbau per lavoratori inaugurato il 08.12.1976, in via Rhinstraße, dove oggi si trova l'albergo*

- Comfort (fonte: www.flickr.com), pp. 65
- FIGURA 4.02:** *Berlin-Marzahn: Il Neubaugebiet più grande della Germania* (fonte: www.wikipedia.com), pp. 65
- FIGURA 4.03:** *Plattenbauten a Bernau: Illustrazione del centro storico di Bernau, abbattuto negli anni '70 e sostituito con edifici prefabbricati in calcestruzzo* (fonte: www.zum.de), pp. 65
- FIGURA 4.04:** *Repertorio progetti tipo Lombardia 1978: Esempio di progetto, denominato Canalina; gruppo di progetto: Centro Coop. Arch. e Ingegneri di Reggio E.; Collettivo di Architettura e di Urbanistica di Parma; Ing. Valli Franco, Reggio E.; Arch. Muracchini Enzo - Parma*, (fonte: G. CARUSO et al., Repertorio progetti tipo: Regione Lombardia 1978, Consorzio regionale fra gli IACP della Lombardia, Milano 1978), pp. 66
- FIGURA 4.05:** *Housing Contest: Concorso per la formazione di progetti per edifici residenziali ad alte prestazioni e basso costo, Milano 2011* (fonte: www.housingcontest.com), pp. 67
- FIGURA 4.06:** *Genius Loci: a) anfiteatro di Salamina, Grecia; b) muro del Pianto, Gerusalemme, Israele; c) isole Orcadi, Scozia* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 69
- FIGURA 4.07:** *Decostruttivismo: Walt Disney Concert Hall di Frank Gehry, 2003, Los Angeles, Stati Uniti* (fonte: www.google.com), pp. 70
- FIGURA 4.08:** *Vittorio Gregotti: contrapposizione al decostruttivismo, Promotion Center, 2003, Punjiang, Cina* (fonte: www.google.com), pp. 70
- FIGURA 4.09:** *Edilizia residenziale pubblica Milano: aree disponibili secondo il Programma comunale per l'Edilizia Residenziale Pubblica di Milano nel maggio 2006* (fonte: www.comune.milano.it), pp. 72
- FIGURA 4.10:** *Aree standard con vincolo decaduto a Milano: si trovano nei maggior casi nella fascia periurbana della città; illustrazione di Stefano Boeri Architetti per Casa Bosco* (fonte: www.boeristudio.it), pp. 73
- FIGURA 4.11:** *Programmi per l'edilizia residenziale pubblica: Incrementare alloggi e soluzioni abitative a prezzi accessibili, PGT di Milano* (fonte: COMUNE DI MILANO, Piano di governo del territorio, Milano 2010), pp. 74

SECONDA PARTE: ELABORAZIONE DEI PROGETTI ARCHITETTONICI

1. RELAZIONE TECNICA

- FIGURA 1.01:** *Vista ballatoio: Esso non vuole essere solamente luogo di collegamento, ma anche di sosta per facilitare la socializzazione tra gli inquilini*, pp. 79
- FIGURA 1.02:** *Sistema modulare: I moduli abitativi si possono sovrapporre o affiancare a seconda delle esigenze. In questo modo è possibile creare appartamenti di dimensione e tipologia diversi*, pp. 80
- FIGURA 1.03:** *Facciata del progetto innovativo: Differenti tipi di legno, che rispecchiano le diverse unità abitative*, pp. 82
- FIGURA 1.04:** *Ponticelli tra ballatoio e ingresso* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 84
- FIGURA 1.05:** *Vista ballatoio* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 84
- FIGURA 1.06:** *Spazio per socializzare* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 84
- FIGURA 1.07:** *Vista facciata principale* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 84
- FIGURA 1.08:** *Vista complesso residenziale* (fonte: www.vmxarchitects.nl), pp. 85
- FIGURA 1.09:** *Vista via interna con ballatoi* (fonte: www.vmxarchitects.nl), pp. 85
- FIGURA 1.10:** *Facciata principale* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 86
- FIGURA 1.11:** *Vista ballatoio* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 86
- FIGURA 1.12:** *Verde: piante e fiori* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 86
- FIGURA 1.13:** *Breitenfurter Strasse con il ballatoio chiuso* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in

residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 87

- FIGURA 1.14:** *Trasformazione del ballatoio in terrazze aperte* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 87
- FIGURA 1.15:** *Vista ballatoio con struttura in acciaio* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 88
- FIGURA 1.16:** *Spazio sociale* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 88
- FIGURA 1.17:** *Ballatoio con piccola passerella* (fonte: P. EBNER & J. KLAFFKE, Living streets: access galleries in residential buildings, Springer, Vienna 2009), pp. 88
- FIGURA 1.18:** *Ballatoio ultimo-- piano con pannelli fotovoltaici* (fonte: www.vauban.de), pp. 89
- FIGURA 1.19:** *Ballatoio come spazio sociale* (fonte: www.vauban.de), pp. 89
- FIGURA 1.20:** *Facciata principale* (fonte: www.vauban.de), pp. 89
- FIGURA 1.21:** *Facciata principale dell'edificio* (fonte: www.em2n.ch), pp. 90
- FIGURA 1.22:** *Protezione solare termoisolante in tessuto* (fonte: www.em2n.ch), pp. 90
- FIGURA 1.23:** *Vista complesso residenziale* (fonte: www.em2n.ch), pp. 90
- FIGURA 1.24:** *Vista ballatoio* (fonte: www.em2n.ch), pp. 90
- FIGURA 1.25:** *Vista edificio* (fonte: www.4-b.ch), pp. 91
- FIGURA 1.26:** *Effetto delle tende dall'interno* (fonte: www.4-b.ch), pp. 91
- FIGURA 1.27:** *Dettaglio piegatura tenda* (fonte: www.4-b.ch), pp. 91
- FIGURA 1.28:** *Tende aperte e chiuse* (fonte: www.4-b.ch), pp. 91

3. DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE

- FIGURA 3.01:** *Composizione calcestruzzo: a) inerti; b) cemento; c) acqua* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 114
- FIGURA 3.02:** *UNI EN 206-1: Classificazione dei calcestruzzi e classi di esposizione* (fonte: UNI EN 206-1:2006, Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità), pp. 115
- FIGURA 3.03:** *Eurocodice 2: Indicazione sulle classi di resistenza da impiegare in funzione delle classi di esposizione* (fonte: UNI ENV 1992-1-1:1993), pp. 116
- FIGURA 3.04:** *UNI EN 206-1: Classificazione dei calcestruzzi e classi di esposizione* (fonte: UNI EN 206-1:2006, Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità), pp. 117
- FIGURA 3.05:** *Acciaio per armature: Tipologie di barre* (fonte: www.google.com), pp. 118
- FIGURA 3.06:** *D.M. 16/01/1996: Carico variabile per ambienti ad uso residenziale è di $2kN/m^2$* (fonte: D.M. 16/01/1996 Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi), pp. 120
- FIGURA 3.07:** *Determinazione carico: L'analisi delle azioni si effettua calcolando e sommando i carichi degli elementi partendo dall'ultimo piano a scalare verso il basso della struttura*, pp. 121
- FIGURA 3.08:** *Area di influenza: I carichi vengono determinati per l'area maggiormente caricata (area A_g)*, pp. 122
- FIGURA 3.09:** *Determinazione carichi: I carichi presenti sono stati determinati in un primo momento indipendentemente per i diversi piani, non tenendo conto del carico aggiuntivo dei piani superiori gravante su quelli inferiori*, pp. 123
- FIGURA 3.10:** *Sezione pilastro: Sezione di 25cm x 25cm*, pp. 124
- FIGURA 3.11:** *Armatura longitudinale pilastro: 4 ferri con diametro di 12mm, secondo l'armatura minima prevista dalla legge*, pp. 124
- FIGURA 3.12:** *Armatura pilastro: Barre longitudinali*, pp. 127
- FIGURA 3.13:** *Dominio M-N: Sezione risulta verificata*, pp. 127
- FIGURA 3.14:** *Schema strutturale: Trave continua su 3 appoggi e con uno sbalzo*, pp. 128
- FIGURA 3.15:** *Risultati calcolo carichi: Momento massimo sollecitante di design e la forza di taglio massima*, pp. 129
- FIGURA 3.16:** *Armatura longitudinale trave principale: Determinazione della lunghezza dei singoli ferri*, pp. 131
- FIGURA 3.17:** *Sezione tipo trave principale (momento massimo): Armatura longitudinale e trasversale*, pp. 132
- FIGURA 3.18:** *Traliccio di Mörsch*, pp. 134
- FIGURA 3.19:** *Distribuzione staffe trave principale: Taglio massimo e medio*, pp. 136
- FIGURA 3.20:** *Determinazione fondazioni: Schema strutturale*, pp. 137
- FIGURA 3.21:** *Fondazioni in c.a.: Dimensione ed armatura*, pp. 139

- FIGURA 3.22:** *Legno lamellare: Resistenze caratteristiche e i moduli elastici per legno lamellare*, pp. 143
FIGURA 3.23: *Legno lamellare: Fattore di deformazione k_{def}* , pp. 144
FIGURA 3.24: *Ciclo produttivo legno lamellare*, pp. 145
FIGURA 3.25: *Fondazioni: Schema strutturale*, pp. 155
FIGURA 3.26: *Fondazioni in c.a. per il progetto innovativo: Dimensione ed armatura*, pp. 156
FIGURA 3.27: *Fondazioni: In alto è rappresentata l'azione assiale, in mezzo il taglio e in basso il momento presente*, pp. 158

TERZA PARTE: VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E ECONOMICA

1. LIFE CYCLE ASSESSMENT: VALUTARE L'IMPATTO AMBIENTALE

- FIGURA 1.01:** *Ciclo di vita del materiale: Disegno di Lebrecht Migge* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 178
FIGURA 1.02: *Risolvere il problema, non spostarli: Il concetto di life cycle assessment* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings : principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 180
FIGURA 1.03: *Flussi di energia e materiale: Flussi durante il ciclo di vita di un edificio* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings : principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 181
FIGURA 1.04: *Emergenza ambientale: a) causa principale della moria delle foreste è l'acidificazione del suolo e la pioggia acida; b) fenomeno dell'eutrofizzazione, cioè la proliferazione di alghe; c) smog estivo per la creazione di ozono* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings : principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 183
FIGURA 1.05: *LCA di un edificio o prodotto: Fasi caratterizzanti la scala del prodotto edilizio e la scala dell'edificio. Solo l'integrazione delle informazioni permette di valutare l'intero ciclo di vita di un edificio* (fonte: M. LAVAGNA, Life cycle assessment in edilizia : progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale, Hoepli, Milano 2008), pp. 184
FIGURA 1.06: *Cantiere tradizionale: Sistema massivo con calcestruzzo armato e laterizio* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 191
FIGURA 1.07: *Legno lamellare: Materiale composto da tavole di legno incollate* (fonte: www.dataholz.at), pp. 195
FIGURA 1.08: *Solaio in legno: Travi principali e travetti* (fonte: www.google.com), pp. 195
FIGURA 1.09: *Cantiere innovativo: Pareti con costruzione in legno* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 202
FIGURA 1.10: *Cantiere tradizionale: Tramezze in laterizio* (fonte: www.google.com), pp. 206

2. LIFE CYCLE COSTING: L'ECONOMICITÀ DEGLI INVESTIMENTI DI CAPITALE

- FIGURA 2.01:** *Ciclo di vita di un edificio: Costruzione, gestione, manutenzione e dismissione* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 220
FIGURA 2.02: *Sviluppo storico della LCCA: Dalla terotecnologia all'approccio moderno del whole life-cycle costing* (fonte: A. BOUSSABAIN & R. J. KIRKHAM, Boussabaine, Whole Life-cycle Costing: Risk and Risk Responses, Blackwell Publishing Ltd, Oxford 2004), pp. 222
FIGURA 2.03: *LCC e WLC: Differenza tra i due approcci secondo ISO 15 686-5* (fonte: ISO 15686-5:2008 Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing), pp. 223
FIGURA 2.04: *Tipologie di costi: I costi del ciclo di vita secondo la ISO 15 686-5* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 224
FIGURA 2.05: *Valutazione economica LCC: L'analisi permette di individuare una serie di misure economiche, in modo da poter scegliere l'investimento con il miglior rapporto efficacia-costo* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 226

3. I PRINCIPI ECONOMICI DELL'ANALISI LIFE CYCLE COSTING

- FIGURA 3.01:** *Obiettivo dell'analisi: Obiettivi e scopi vengono dichiarati dal cliente attraverso dei brief, che possono essere adattati a seconda della fase di progettazione* (fonte: ISO 15686-5:2008 Buildings and constructed assets - Service-life planning

- Part 5: Life-cycle costing), pp. 231

- FIGURA 3.02:** *Certificati bianchi: Esempio per un periodo di studio imposto da una concessione*, pp. 233
- FIGURA 3.03:** *Service Date: Essa coincide con la data della presa in gestione di un edificio* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 234
- FIGURA 3.04:** *Periodo di studio: Base date e service date coincidono* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 235
- FIGURA 3.05:** *Periodo di studio: Base date e service date sono sfasati temporalmente; questo periodo coincide con il P/C period* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 235
- FIGURA 3.06:** *Tasso d'interesse semplice: L'interesse è proporzionale al capitale e al tempo*, pp. 236
- FIGURA 3.07:** *Tasso d'interesse composto: L'interesse del capitale produce anch'esso un valore aggiuntivo*, pp. 236
- FIGURA 3.08:** *Fattore di attualizzazione: Tutti i costi e benefici vengono riportati al punto temporale 0*, pp. 236
- FIGURA 3.09:** *Fattori annuali per i tassi d'interesse* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 236
- FIGURA 3.10:** *Metodo di valutazione: Net Present Value Method* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 237
- FIGURA 3.11:** *Fattori di attualizzazione* (fonte: H. KÖNIG, A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools, Detail, München 2010), pp. 237
- FIGURA 3.12:** *Inflazione prezzi: Il prezzo dell'olio combustibile non segue l'andamento di articoli di commercio* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 238
- FIGURA 3.13:** *Fattore FEMP UPV*: Il fattore per attualizzare costi energetici si differenzia per regione e tipo di energia* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 239
- FIGURA 3.14:** *Fattore FEMP UPV*: Esempio di fattori per la regione 'northeast'* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 239
- FIGURA 3.15:** *Fattori di attualizzazione: I metodi più frequentemente usati nella LCCA* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 240

4. IL VALORE DEL COSTO: TIPOLOGIE E METODICHE DI STIMA

- FIGURA 4.01:** *Costo di costruzione: Determinabile attraverso stime dirette (costi parametrici) o stime indirette (attraverso il computo metrico estimativo)* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 245
- FIGURA 4.02:** *Estratto listino prezzi di Milano del 2011: Il costo di costruzione è diviso per tre valori: Lavorazioni, Sicurezza e Totale* (fonte: COMUNE DI MILANO, Listino dei prezzi per l'esecuzione di opere per l'esecuzione di opere pubbliche e manutenzioni, Milano 2011), pp. 246
- FIGURA 4.03:** *Attestato di Certificazione energetica: Documento sintetico per il controllo dell'efficienza energetica*, pp. 247
- FIGURA 4.04:** *Incremento della richiesta di energia primaria dal 2010 al 2035 secondo il WEO: I paesi non OECD rappresentano il circa 80% dell'aumento di domanda - la Cina da sola è responsabile del quasi 30%* (fonte: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2011: Special Report, 2011), pp. 248
- FIGURA 4.05:** *Richiesta di energia primaria mondiale secondo il WEO: Il gas supera la richiesta di carbone prima del 2030 e rappresenta un quarto della domanda di energia nel 2035 - questo incremento di gas corrisponde ad una crescita annuale del 2%* (fonte: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2011: Special Report, 2011), pp. 248
- FIGURA 4.06:** *Sviluppo delle fonti rinnovabili secondo EWG: In alto le previsioni positive, in basso quelle negative. Entrambi gli scenari superano le previsioni del WEO* (fonte: ENERGYWATCHGROUP, Renewable Energy Outlook 2030: Energy Watch Group Global Renewable Energy Scenarios, Bonn 2011), pp. 249
- FIGURA 4.07:** *Sviluppo delle fonti rinnovabili secondo EWG: In alto le previsioni positive, in basso quelle negative. Entrambi gli scenari superano le previsioni del WEO* (fonte: ENERGYWATCHGROUP, Renewable Energy Outlook 2030: Energy Watch

Group Global Renewable Energy Scenarios, Bonn 2011), pp. 249

- FIGURA 4.08:** *Attività di manutenzione: La parte sinistra dell'edificio è stato ristrutturato, la parte destra non è stata sottoposto ad interventi di manutenzione* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 250
- FIGURA 4.09:** *Esempio di scheda di manutenzione da 'La manutenzione degli edifici' (ALBANO, 2005): operazione di manutenzione da eseguire, frequenza e costo percentuale rispetto al costo nuovo* (fonte: J. ALBANO, La manutenzione degli edifici: 250 schede pratiche: schede tecniche, pianificazione, diagnostica e controlli regolamentari, patologie, interventi, a cura di C. TALAMO, Esselibri-Simone, Napoli 2008), pp. 252
- FIGURA 4.10:** *Rifiuti da costruzione e demolizione C&D: normativa vigente, tipologie e classificazione*, pp. 253
- FIGURA 4.11:** *Prezzi riciclaggio rifiuti C&D P.R.A. Brunico (BZ): Prezzo indicato per tipo di rifiuto edile; solo i metalli possono essere riciclati senza spese* (fonte: www.pra-bruneck.com), pp. 254
- FIGURA 4.12:** *Demolizione selettiva: a) recupero della costruzione lignea a traliccio; b) recupero delle architravi delle finestre; c) massiccio impiego di mano d'opera per il recupero dei diversi componenti edili o materiali da riciclare* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 255
- FIGURA 4.13:** *Classificazione dei rifiuti C&D: Estratto Catalogo Europeo Rifiuti CER* (fonte: PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07, Linee Guida sui Rifiuti Speciali: Costruzione e Demolizione, 2007), pp. 256

5. APPLICARE LCCA - IL CASO STUDIO: VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA ECONOMICA DI UN PROGETTO ARCHITETTONICO AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

- FIGURA 5.01:** *Progetti sotto valutazione: In alto il progetto 'tradizionale' con finitura esterna in intonaco; in basso il progetto 'innovativo', rivestito con pannelli in legno*, pp. 260
- FIGURA 5.02:** *Progetti sotto valutazione: In alto il progetto 'tradizionale' con finitura esterna in intonaco; in basso il progetto 'innovativo', rivestito con pannelli in legno*, pp. 260
- FIGURA 5.03:** *Casa passiva esemplificativa 'Arbeiten und Wohnen', Friburgo, Germania, 1999: Secondo il gruppo di committenti il costo d'investimento aggiuntivo è del 7% rispetto ad una costruzione tradizionale* (fonte: www.vauban.de), pp. 262
- FIGURA 5.04:** *Costo d'investimento edifici ad alta prestazione energetica: Secondo una ricerca pubblicata dal WBCSD il costo d'investimento aggiuntivo è minore del 10% per raggiungere il livello energetico massimo LEED PLATINUM* (fonte: WBCSD, Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities, 2007), pp. 263
- FIGURA 5.05:** *Sondaggio costo d'investimento addizionale per edifici ad alta efficienza energetica: Secondo il WBCSD il costo aggiuntivo rispetto edifici tradizionali viene stimato in media con un valore del 17%* (fonte: WBCSD, Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities, 2007), pp. 263
- FIGURA 5.06:** *Fabbisogno di energia finale per riscaldamento e raffrescamento: Ricerca pubblicata dal IWU: Il fabbisogno medio per case passive è di 13 kWh/m²a, per edifici a basso consumo è di 35 kWh/m²a* (fonte: IWU, Heizkosten im Passivhaus – Warmmiete oder Flatrate- Modell, Darmstadt 2008), pp. 264
- FIGURA 5.07:** *Fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento caso studio: In confronto i valori per il fabbisogno finale e il fabbisogno di energia primaria per due impianti di generazione di calore diversi: caldaia a condensazione a gas metano e biomassa*, pp. 264
- FIGURA 5.08:** *Prezzi energia da fonti combustibili: Valori forniti da 'Centro Tutela Consumatori Utenti'* (fonte: www.centroconsumatori.it), pp. 265
- FIGURA 5.09:** *Prezzi energia elettrica ENEL* (fonte: www.enel.it), pp. 265
- FIGURA 5.10:** *Costi annui per riscaldamento e raffrescamento: In confronto i due casi studi secondo impianto di produzione di calore utilizzato*, pp. 265
- FIGURA 5.11:** *Costo manutenzione: Costo attualizzato per le due ipotesi di periodo di studio: a)25anni b)8anni*, pp. 266
- FIGURA 5.12:** *Il Base Case: Progetto architettonico tradizionale, vista*, pp. 267
- FIGURA 5.13:** *Calcolo LCC 25 anni: Progetto tradizionale caso A.1)*, pp. 268
- FIGURA 5.14:** *Calcolo LCC 25 anni: Progetto tradizionale caso A.2)*, pp. 268
- FIGURA 5.15:** *Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.1)*, pp. 269
- FIGURA 5.16:** *Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.2)*, pp. 269
- FIGURA 5.17:** *Calcolo LCC 25 anni: Progetto innovativo caso A.1)*, pp. 270
- FIGURA 5.18:** *Calcolo LCC 25 anni: Progetto innovativo caso A.2)*, pp. 270

FIGURA 5.19: *Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.1*, pp. 271

FIGURA 5.20: *Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.2*, pp. 271

FIGURA 5.21: *Comparazione LCC tra progetto tradizionale e innovativo: In altro considerando con un periodo di studio di 25 anni, in basso un periodo di studio di 8 anni*, pp. 271

FIGURA 5.22: *Life cycle cost: Più il costo di gestione si equipara tra le due declinazioni di progetto, più diventa importante il costo di manutenzione*

6. GESTIRE IL RISCHIO E L'INCERTEZZA IN ANALISI LCC

FIGURA 6.01: *Gestione del rischio: Proteggere i propri interessi* (fonte: www.gettyimages.com), pp. 276

FIGURA 6.02: *Metodi della valutazione del rischio: Esistono tre gruppi principali di metodi, che sono quelli deterministiche, qualitative e i metodi quantitative*, pp. 277

FIGURA 6.03: *Analisi qualitativa di rischio: Esempio di albero decisionale* (fonte: www.google.com), pp. 278

FIGURA 6.04: *Analisi qualitativa di rischio: Esempio di matrice di rischio* (fonte: A. BOUSSABAIN & R. J. KIRKHAM, *Whole Life-cycle Costing: Risk and Risk Responses*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford 2004), pp. 278

FIGURA 6.05: *Analisi quantitativa di rischio: Esempio di una simulazione Monte Carlo* (fonte: www.google.com), pp. 279

FIGURA 6.06: *Analisi di sensitività: Esempio di variazione del costo energetico* (fonte: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996), pp. 280

CONCLUSIONI

FIGURA C.01: *Risultati valutazione energia inglobata e CO2 incorporata*, pp. 283

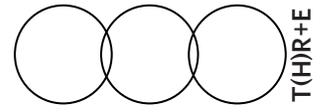
FIGURA C.02: *Scomposizione del costo d'investimento: Il costo d'investimento aggiuntivo per il progetto innovativo è del 9,7% rispetto a quello tradizionale*, pp. 284

FIGURA C.03: *Costo di gestione: Il costo annuo per il fabbisogno di energia finale per il riscaldamento e raffrescamento è notevolmente minore per il progetto innovativo*, pp. 285

FIGURA C.04: *Costo di manutenzione: Notevole aumento del costo per il progetto innovativo, soprattutto per due motivi: il rivestimento della facciata in legno e la ventilazione meccanica a recupero calore*, pp. 286

FIGURA C.05: *Life cycle cost: Più il costo di gestione si equipara tra le due declinazioni di progetto, più diventa importante il costo di manutenzione*, pp. 286

FIGURA C.06: *Deterioramento facciata in legno: Chesa Futura di Foster + Partners, St. Moritz (CH) Switzerland, 2004* (fonte: www.fosterandpartners.com), pp. 278



INTRODUZIONE

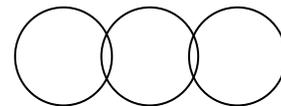
Obiettivi del lavoro di tesi

I grandi cambiamenti connessi alla crisi economica e di mercato, ai modelli sociali e alla questione ambientale, hanno stimolato il nostro interesse verso due importanti temi di attualità dell'architettura di oggi: quello della componente economica, in particolare il contenimento dei costi di costruzione nei progetti di architettura, senza tralasciare la qualità architettonica del manufatto, e il tema della sostenibilità ambientale.

La trattazione di questi due argomenti, le modalità e le strategie di attuazione, ma soprattutto la relazione e l'interrelazione che si va ad instaurare e la loro ricaduta sull'iter progettuale architettonico, sono oggetto di questo lavoro di tesi, che cerca di trovare il giusto equilibrio tra essi.

Data l'importanza che la componente economica ha assunto negli ultimi anni nei processi architettonici, particolarmente nell'ambito residenziale, il raggiungimento della minimizzazione dei costi con l'ottenimento della massima qualità è diventata una relazione di importanza primaria: una strategia integrata che si pone il problema economico sin dall'inizio dell'iter progettuale normalmente tralasciato. L'abbattimento dei costi viene di solito a scapito della qualità dei materiali e delle soluzioni tecnologiche. Con questo viene a crearsi la necessità di realizzare un'edilizia economica, che ha stimolato gli architetti verso una nuova riflessività e che, coinvolgendo la cultura del progetto sul piano sociale ed economico, ha portato ad utilizzare materiali e sistemi costruttivi a basso costo in modo creativo ed originale.

Questo ha scaturito un nuovo tipo di approccio definito *low cost*, diventato non solo una necessità, ma un valore aggiunto: il tema del 'basso costo' ha assunto, negli anni, un ruolo sempre più importante, anche se, nel corso della storia, ha avuto una connotazione negativa facendolo corrispondere ad una scarsa qualità, sinonimo di sobrietà e spreco. Oggi con *low cost* non si intende solo la realizzazione di opere a basso costo, ma anche la possibilità di progettare una nuova soluzione più economica attraverso l'ideazione di dettagli tecnologici più economici, rivedendo in chiave critica i prodotti già presenti sul mercato e altri di nuova generazione, con nuove e differenti combinazioni di assemblaggio, con la possibilità di utilizzare in cantiere prodotti precostruiti. Contemporaneamente il *low cost* deve fare i conti con le richieste ambientali e la realizzazione di architetture energeticamente poco



performanti, che diventano sia a breve che a lungo termine insopportabili. In prospettiva della direttiva 2010/31/CE, che prevede la realizzazione di edifici ad energia quasi zero, a partire dal 2020, il progettista sarà costretto ad affrontare il binomio costo - impatto ambientale.

L'accostamento dei due fattori è oggi oggetto di sperimentazione a cura di molti architetti in tutta Europa, come Lacaton&Vassal, Abalos&Herreros, OFIS e i più famosi MVRDV, che puntano sull'impiego originale di materiali *'poor and cheap'* di provenienza industriale, con la messa a punto di costruzioni in grado di ottimizzare lo spreco delle energie in un'ottica sostenibile. In Italia invece, la situazione dell'architettura non è delle più rosee, dato che la qualità dei progetti non appare tanto in linea rispetto a quella europea. Essa appare mediamente bassa, indipendentemente dai costi, in quanto manca la cultura politica, imprenditoriale e progettuale che sappia affrontare nel modo giusto il processo costruttivo nel rispetto dei parametri fondamentali: tempo, costo e qualità (PER-RICCIOLI, 2007).

In questo contesto si colloca *'Housing Contest'*, un concorso bandito dall'Assimpredil Ance di Milano, col patrocinio del Comune di Milano, dell'Ordine degli Architetti di Milano e della Federlegno, con la priorità di perseguire l'obiettivo del *low cost/high-profile*, proponendo un repertorio di edifici residenziali a basso costo ma con un alto risparmio energetico, che diviene punto di partenza del lavoro di tesi.

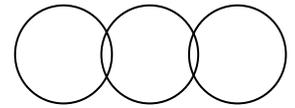
Nella prima parte si affrontano i temi che costituiscono il concetto di sostenibilità su ampia scala: la qualità economica, quindi il basso costo, individuando le possibili strategie da utilizzare per progettare un'architettura qualitativamente alta e performante, limitando al massimo i costi; l'impatto ambientale, studiando lo scenario legislativo della dimensione energetica nell'edilizia oggi e le nuove prospettive di sostenibilità ambientale; la qualità sociale che non può prescindere da quelle che sono le esigenze del vivere contemporaneo, individuando quelle che sono le logiche di cambiamento della società contemporanea e le nuove esigenze in base alla tendenza milanese, facendo corrispondere, in base ad esse, dimensione e tipologia degli alloggi. Infine, a conclusione della prima parte, si approfondisce la progettazione per modelli, ovvero stereotipi di edifici, replicabili e adattabili in diversi

contesti, e la disponibilità territoriale a Milano di aree cosiddette interstiziali, cercando di capire la logica della loro disponibilità ad un probabile intervento e proponendo una possibile modalità di insediamento: non c'è un *genius loci* a priori, ma il progettista, che si confronta con queste aree, lo fa anche con un determinato *genius loci*, ovvero con l'insieme delle caratteristiche socio-culturali, architettoniche, abitudinali che caratterizzano un ambiente.

La seconda parte del lavoro riguarda la stesura del progetto: la realizzazione di un edificio residenziale modulare, flessibile, adattabile a diversi contesti urbani grazie alla facilità con cui possono essere aggregati i diversi tipi di appartamenti che compongono l'edificio (in linea, a corte, a torre ecc.) e ambientalmente sostenibile, con lo scopo di perseguire il contenimento dei costi attraverso l'applicazione di strategie *low cost*, l'utilizzo di materiali ad elevate prestazioni ma allo stesso tempo economici, grazie alla facilità di aggregazione degli stessi. Il progetto tipo, scelto come quello ideale, è declinato in due soluzioni tecnologiche: la prima, quella detta tradizionale, rispecchia il livello tecnologico di oggi secondo la 2002/91/CE, con materiali e tecniche tipiche del luogo; la seconda, quella detta innovativa, è una soluzione provocatoriamente prestante, in rispetto della direttiva 2010/31/CE.

La decisione di declinare lo stesso impianto tipo in due modi porta a degli interrogativi a cui, attraverso il lavoro di tesi, si è cercato di dare delle risposte: può competere, sia dal punto di vista economico che da quello degli impatti ambientali, un edificio ad energia quasi zero ad altissima prestazione energetica con costi di investimento maggiori con un edificio di prestazione alta, con tecnologie più tradizionali? Il costo di investimento della soluzione innovativa, maggiore rispetto a quella tradizionale, verrà colmato nel corso degli anni grazie al risparmio di energia primaria in esercizio o per altri fattori?

Nella terza e ultima parte del lavoro di tesi vengono confrontate le due soluzioni attraverso metodi di analisi ancora poco diffusi come tipologia di studio: il *Life Cycle Assessment* (LCA) e il *Life Cycle Costing* (LCC). Attraverso queste valutazioni si analizzano rispettivamente il livello ambientale ed economico di entrambe le declinazioni, determinando nel primo caso (LCA) gli indicatori dell'energia incorporata e di CO₂ inglobata; mentre nel secondo caso (LCC) si valuta la sostenibilità economica



del manufatto in calcestruzzo e di quello in legno, considerando come fattori rilevanti il costo d'investimento, il costo di gestione associato al consumo di energia per il riscaldamento e il raffrescamento per diverse tipologie di impianti di produzione di calore, il costo di manutenzione e il valore residuale, individuando attraverso l'applicazione della *Life Cycle Cost Analysis* il costo delle due proposte progettuali, in base ai differenti periodi di analisi considerati.

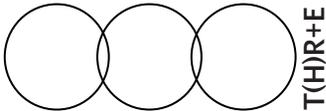
Nella parte conclusiva del lavoro di tesi si analizzano quelli che sono i risultati ottenuti grazie alle valutazioni LCA e LCC applicate alle due diverse declinazioni di progetto, approfondendo, in particolare, quelli che sono i dati più rilevanti e più inaspettati rispetto ad un'iniziale previsione, riflettendo sui probabili scenari su cui poter lavorare per migliorare la qualità del manufatto in base ad un nuovo modo di affrontare tutto l'iter progettuale, per consentire un minor impatto ambientale e allo stesso tempo un contenimento dei costi: questi, di norma, si associano solo al costo di costruzione, ma, in base agli esiti conseguiti, si è verificato quanto incida, in una valutazione complessiva, il costo di manutenzione, che ha un impatto notevole, in rapporto al ciclo di vita del manufatto, in base al *quid* (quale materiale viene utilizzato) e al *quomodo* (in che modo questi materiali vengono applicati).

Milano, ottobre 2011

Melanie Lanzinger, Lucio Leone

A.A. 2010-2011

ARCHITETTURA E SOCIETÀ
LAUREA MAGISTRALE IN PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



PARTE PRIMA

LO SCENARIO SOSTENIBILE

01

Low cost, high quality

Il nuovo modo di intendere l'architettura residenziale a basso costo

Ciò che ha segnato più che mai l'inizio di questo primo decennio del nuovo Millennio è stata la crisi economica che ha portato poi alla crisi del mercato globale mondiale che ha coinvolto ad ogni modo tutti i cittadini del mondo. Il ceto medio si trova in difficoltà, la struttura tradizionale del *welfare* mostra di avere bisogno d'essere innovata.

Tuttavia, nonostante le circostanze siano complicate, la questione ambientale non è stata tralasciata, e per far fronte a questo problema, in architettura si è avviata una sorta di progettazione *slow economy*. Si è cercato ad ogni modo di riuscire a trasformare le difficoltà evidenti in opportunità, attraverso un attento lavoro di ricerca, in maniera da determinare per il futuro uno scenario diverso ed innovativo, facendo, come

recitava un antico proverbio latino, di necessità virtù.

La situazione economica, sempre più legata al mercato, è determinata da un clima di incertezza, ma questo deve implicare una visione di più ampio respiro, individuabile all'interno di un periodo nel quale si possono mitigare se non correggere le conseguenze delle disuguaglianze e dell'incertezza.

Crisi etimologicamente deriva dal greco *Krisis*, e vuol dire allo stesso tempo sia difficoltà che opportunità: è soprattutto in questi momenti che l'uomo è spinto a cercare il modo per capovolgere la situazione, cercando nei momenti di crisi le spinte per ripartire e rinnovare, con l'individuazione di scenari più adeguati.

Low cost, high quality - Il nuovo modo di intendere l'architettura residenziale a basso costo

1.1 LA FINE DEL CETO MEDIO E LA NASCITA DELLA SOCIETÀ LOW COST



1.01



1.02

I cambiamenti tecnologici e l'espansione dei mercati verificatisi negli ultimissimi decenni hanno comportato una serie di mutamenti non soltanto nella struttura produttiva dei Paesi dell'occidente ma anche nella loro società, fin qui caratterizzata dalla presenza della classe media, dallo stile di vita piuttosto agiato, e da sistemi di sicurezza sociale garantiti dagli Stati. In particolare il calo dell'importanza dell'industria, soprattutto di quella tradizionale, e l'espandersi del settore delle alte tecnologie tendono a disgregare la classe media dando origine da un lato ad un certo numero di operatori specializzati ad alto livello di conoscenza (la parte migliore del capitale umano, caratterizzata da redditi medio alti) e dall'altro ad una massa di lavoratori meno formati, inseriti nell'industria tradizionale o nei servizi, con redditi più bassi, ma che negli ultimissimi anni grazie alle idee innovative ed all'intenso sfruttamento delle economie di scala da parte di imprese come Ikea, Ryanair, Wal Mart ecc. riesce comunque a salvaguardare il proprio tenore di vita e accedere a beni e servizi che fino a pochi anni fa erano prerogativa dei ceti più elevati. Ovviamente in questo modello di società, nel quale scivola l'occidente, non mancano i 'potenti' alla guida degli operatori nei comparti tecnologici o dell'industria avanzata e tutta quella fascia di popolazione che, invece, è colpita sempre più dalla povertà (operai, pensionati, alcuni dipendenti statali come insegnanti e forze dell'ordine).

Il ceto medio che si era sviluppato per essersi posto per un lungo periodo di tempo come

1.01
Cambiamenti sociali:
Espansione del mercato
tecnologico

1.02
Alto livello di conoscenza:
Sono pochi gli operatori
appartenenti al ceto medio-
alto

principale blocco di domanda per beni e servizi e politicamente come classe controproletaria, viene meno perché i consumatori di Paesi emergenti come India e Cina costituiscono oggi maggiori bacini di domanda mentre le spinte proletarie sono praticamente storia passata. È chiaro quindi che ora la classe media viene meno, man mano che mancano le cause economiche e politiche che ne hanno segnato l'ascesa. Logicamente non è soltanto la struttura sociale degli Stati occidentali a mutare, ma anche i meccanismi di protezione sociale entrano in crisi. Infatti in primo luogo non è più praticabile un *welfare* costoso ed ampio, perché si deteriora progressivamente la possibilità di finanziarlo tassando i ceti medi, che si stanno avviando principalmente verso redditi medio bassi.

Inoltre le aziende occidentali si trovano in difficoltà a dover sostenere forme di tutela nei confronti dei propri lavoratori ed allo stesso tempo competere con agguerriti concorrenti dei Paesi in via di sviluppo che non hanno di questi costi. Infine aggravano il quadro l'aumento della vita media della popolazione e del costo delle cure mediche (sempre più avanzate) ai quali si somma lo scarso rendimento dei mercati azionari che mette in difficoltà le assicurazioni sanitarie che devono così ridurre la propria offerta creando problemi specialmente nei sistemi che si basano su di esse.

Il declino del ceto medio non è di certo un fulmine che arriva a ciel sereno: secondo un'analisi fatta da MASSIMO GAGGI, giornalista ed economista, inviato per il Corriere della Sera a New York, nel suo saggio 'La fine del ceto medio. La nascita della società low cost' (2006), già nella metà degli anni Ottanta del secolo scorso, si erano avuti i primi sentori della crisi della *middle class*, in base ad un'analisi fatta da un economista dell'ufficio

statistico del ministero del lavoro americano Neal Rosenthal, in cui si chiedeva se fosse già iniziata una polarizzazione dei redditi con la conseguente creazione di una gran massa di arricchiti da un lato, di un esercito di nuovi proletari dall'altro e il conseguente assottigliamento dei ceti medi. L'economista americano prevedeva che i processi di deindustrializzazione e lo sviluppo delle nuove tecnologie ad alta redditività avrebbero potuto creare un fenomeno di questo tipo a partire dalla seconda metà degli anni Novanta.

Previsioni rilevatesi abbastanza esatte considerando che eravamo ancora nell'era pre-internet, e Bill Gates non aveva ancora iniziato a monopolizzare il mercato dei *personal computer*, favorendo, con lo sviluppo delle industrie *high tech*, la polarizzazione dei redditi.

Nel 1997 un altro saggio sottolineava ancor di più l'assottigliamento del ceto medio: RUDI DORNBUSCH, economista dell'*Institute of Technology del Massachusetts*, pubblicava '*Bye Bye middle class*' (1997), analisi dura che prevedeva la scomparsa del *Big Government* (tendenza politica del far rientrare nella sfera pubblica gran parte dei servizi erogati ai cittadini), la crisi del *Welfare state* e della classe media. Il saggio risultava essere un avvertimento ai politici che dovevano prepararsi a tempi difficili, alle privatizzazioni e alla globalizzazione, che oltre ad alcuni vantaggi economici, avrebbero prodotto anche rilevanti problemi sociali, a cominciare dal personale privo di specializzazione; fattore che sarebbe stato ancora più rilevante in un'Europa scossa da *inevitabili diseguaglianze, dalla coesistenza di milionari arricchiti dalle tecnologie da un lato, mentre dall'altro gli elettori dell'ex classe media si sentono tagliati fuori* (*ibidem*, 1997). Dornbusch pronosticava fin da allora un aumento delle disuguaglianze e una diffusa insicurezza economica.

La fine del ceto medio europeo coincide con una fase in cui gli Stati non possono più pensare di utilizzare il prelievo fiscale per creare benessere: da un lato si restringe il bacino di popolazione a cui attingere, d'altra parte la struttura tradizionale del *welfare* mostra di avere bisogno d'essere innovata.

La riorganizzazione necessaria (in termini riduttivi) del prelievo fiscale deve, secondo molti osservatori, procedere di pari passo con un ammodernamento dei servizi offerti dallo Stato, i quali devono essere più a basso costo e di natura essenziale, ma non per questo di minor qualità. Le logiche che possono essere messe in atto sono le stesse che oggi, con ottimi risultati, sono attuate dalle compagnie private di maggior successo (i fenomeni del *low cost* già citati) e che si basano su economie di scala, forte ricorso alle tecnologie per i processi gestionali, idee innovative, servizi essenziali e razionalizzati. Questo dovrebbe accompagnarsi preferibilmente ad un tetto massimo di tassazione più contenuto possibile in modo tale da incrementare consumi, investimenti e crescita economica.

Gli U.S.A. e la Cina sembrano interessati a politiche di questo tipo, per quanto queste siano di difficile realizzazione, mentre il vecchio continente mostra resistenza ad abbandonare i vecchi modelli per ragioni storiche ed ideologiche, rallentando però la propria crescita.

Analizzando la questione più in dettaglio notiamo come nel contesto attuale rivestono grande importanza i settori dell'istruzione e della sanità che negli ultimi anni stanno cambiando in parte le proprie caratteristiche. In un quadro in cui domina la società della massa, relativamente patrimonializzata e desiderosa



1.03

di accedere sempre a più servizi, l'istruzione diventa lo strumento base da parte dei lavoratori occidentali per creare il proprio vantaggio rispetto ai 'colleghi' dei Paesi emergenti e per guadagnarsi un posto di lavoro dignitoso nella macchina produttiva occidentale. Inoltre è evidente l'importanza strategica di questo settore che è vitale per il benessere dell'intero sistema economico. La sanità, invece, da un lato vede crescere il costo delle cure e dei macchinari che diventano sempre più sofisticati, dall'altro deve offrire nuovi servizi e di maggior qualità rispetto al passato come l'attenzione alla soddisfazione del paziente e la sua gestione psicologica, interventi di chirurgia plastica e correzioni della vista, consulenze dietologiche ecc. A testimonianza di quanto detto, negli U.S.A. prosperano le cliniche private mentre entrano in crisi le acciaierie (a testimonianza della terziarizzazione delle economie ex industriali) e se si vuole diminuire la spesa pubblica, questi settori, che sono destinati a diventare una fetta sempre più consistente della formazione del PIL occidentale, vanno gestiti con estrema cura a causa sia dei loro costi che della loro importanza (sociale per la sanità, socioeconomica per l'istruzione).

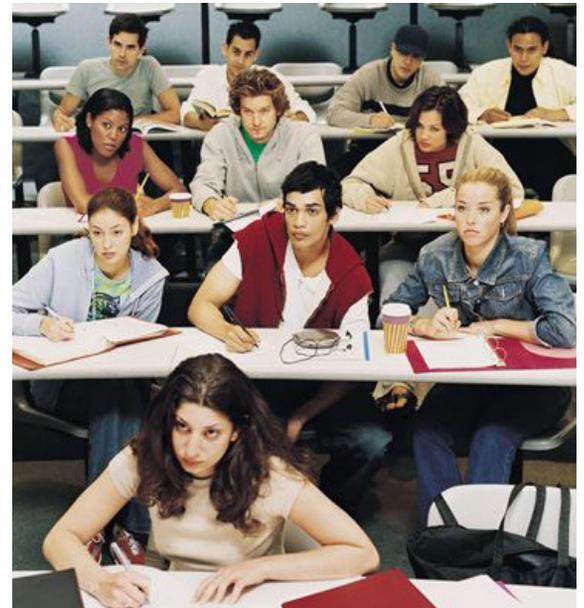
1.03

Il Welfare state: Necessità di essere innovato di fronte ai forti cambiamenti sociali

Molti sostengono la necessità di trasferire la gestione di questi servizi al settore privato, ritenuto anche capace di organizzarli in maniera più efficiente, lasciando allo Stato la capacità di regolamentare e vigilare in maniera anche piuttosto severa. Alla base di queste proposte sta il convincimento che, anche in caso di gestione pubblica dei servizi, il cittadino debba sostenere dei costi sotto forma di tasse, mentre nel caso di gestione privata dei servizi, questi costi sarebbero ridotti grazie ad una più efficiente gestione delle risorse. In più ne beneficerebbe la qualità dei servizi erogati in seguito alla concorrenza tra gli offerenti dei vari servizi. Inoltre l'Italia potrebbe, nel processo di privatizzazione della sanità, costituirsi come polo europeo in tale ambito: infatti il nostro clima, la bravura ed umanità del personale sanitario ed il know-how di tutto rispetto di alcune strutture ospedaliere potrebbero attrarre pazienti dall'estero incrementando lo sviluppo di un ramo dei servizi che negli U.S.A. ha registrato già ottimi profitti.

Inutile sottolineare come, nel quadro della resistenza europea a smantellare, o almeno a trasformare le vecchie rassicuranti strutture di *welfare*, l'Italia sia come paralizzata per l'incapacità fin qui mostrata di saper investire in ricerca e sviluppo, nel potersi rivolgere (con i suoi prodotti di maggior qualità) ai ricchi del pianeta o nel saper sfruttare il grande prestigio dell'*Italian way of life* e del *Made in Italy*. Politicamente le decisioni da prendere sono impopolari e per questo le riforme necessarie non sono state attuate: gli interventi sulle pensioni sono stati parziali, con riduzione dei benefici ma non dei costi e senza una reale riforma. Le liberalizzazioni sono ferme ai primi passi mossi negli anni 1990, le tasse non sono affatto diminuite mentre nascono nuove province e nuovi costi.

C'è un importante fattore, fin'ora poco trattato ma comunque di rilevante importanza, che ha contribuito notevolmente al cambiamento dello scenario socio-economico fino ad ora delineato, ovvero la globalizzazione, che ha comportato e che comporterà sempre più l'arricchimento delle fasce di popolazione già agiate e l'aumento della quantità della percentuale di persone povere. Considerando poi che i paesi che 'partecipano' alla globalizzazione sono solo il 15% della popolazione mondiale, il restante 85% non vede i benefici della globalizzazione, anzi ne vede i danni, perché le politiche messe in atto dal fondo monetario internazionale e dalla banca mondiale condizionano la concessione di prestiti economici da parte dell'occidente al fatto che in questi paesi si smantelli lo stato sociale e ogni ipotesi di intervento pubblico a favore della popolazione e si applichino politiche molto rigorose che non fanno che aumentare il divario tra i pochi che diventano sempre più ricchi e gli altri che diventano sempre più poveri, con tutti i disagi che questo comporta.



1.04

Importanza dell'istruzione:
Settore strategico per l'occidente per poter competere con i Paesi emergenti

1.1.1 LA RIVOLUZIONE DEMOCRATICA DI ALCUNE SOCIETÀ LOW COST

All'inizio degli anni Novanta Ryanair era una piccola compagnia aerea irlandese, specializzata in voli tra Irlanda ed Inghilterra, il cui bilancio fino al 1991 era in perdita, fino a quando l'amministrazione della compagnia non fu affidata a Micheal O'Learly, che ristrutturò la compagnia adottando il modello economico *low cost/no frills* (bassi costi/niente fronzoli), già utilizzato dalla compagnia statunitense Southwest Airlines. Per far emergere Ryanair, O'Learly aveva capito che l'importante era intercettare una domanda latente di volo che va oltre la classe media a cui si erano rivolte fino ad allora le linee aeree tradizionali, figlie del monopolio pubblico. Per farla emergere era fondamentale eliminare tutti i costi superflui non a vantaggio del consumatore, una formula capace di far volare quella parte della società che fino ad allora al massimo aveva preso solo il treno. Ryanair ha capito che c'era una grande parte della popolazione desiderosa di volare e

quindi viaggiare, solo che era impossibilitata dai costi che erano proibitivi. Nel 1995, grazie alla tenace fede nel proprio modello di impresa, la Ryanair celebrò il proprio decimo compleanno, trasportando 2.260.000 passeggeri. La crescita è stata esponenziale: 5.358.000 passeggeri trasportati nel 1999; 13.419.000 nel 2002; oltre 30 milioni nel 2005; 42 milioni nel 2006; oltre 58 milioni nel 2008; 65 milioni nel 2009 e 72 milioni nel 2010 (CREATON, 2008).

Dal 2004 sono nate circa settanta compagnie *low cost*. Ryanair ha segnato un punto di non ritorno, una rivoluzione democratica in un contesto sempre più baricentrato sulla logica del mercato, portando una classe intera di persone a volare, prima escluse dal monopolio delle compagnie di stato che hanno per anni selezionato a un prezzo elevato solo una parte della società. La rivoluzione cominciata da Ryanair ha consentito l'integrazione sociale di centinaia di milioni di nuovi consumatori.

Ryanair non è altro che uno tra i tanti esempi che sono emersi negli ultimi anni che è riuscito a dare una risposta ai bisogni emergenti della nuova società di massa. Ikea, Skype, Zara, Wal-Mart sono soltanto alcuni esempi di



1.05



1.06

1.05

Ryanair: La compagnia aerea irlandese ha avviato la rivoluzione low cost

1.06

Wal-Mart: Il più grande rivenditore al dettaglio nel mondo, prima multinazionale al mondo nel 2010 per fatturato e numero di dipendenti

imprenditori di successo che hanno saputo interpretare la volontà del consumatore agevolandolo nei prezzi, facendolo allo stesso tempo consumare di più. È emersa una quantità di consumatori prima sconosciuta alle logiche del mercato, che hanno incrementato comunque il benessere delle imprese protagoniste di questo cambiamento: Ikea e Ryanair hanno incrementato esponenzialmente il loro fatturato e la loro redditività nel corso degli anni, così come è accaduto anche per Wal-Mart, una compagnia americana, il più grande rivenditore al dettaglio del mondo. All'inizio i supermercati erano dislocati in modo di facilitare le modalità di spesa delle famiglie borghesi: più che lo sconto, comunque i prezzi erano più bassi, era la praticità all'acquisto che depondeva in favore del supermercato. Ma con il nuovo Wal-Mart la tendenza è univoca: tenere il prezzo il più basso possibile. È stato ribaltato, insomma, a favore dei consumatori il potere di mercato: i fornitori di Wal-Mart subiscono l'onere connesso allo strapotere di mercato del colosso americano, dovendo concedere termini di pagamento sempre più favorevoli. È la logica del *low cost* applicata alla logica della grande distribuzione,

un modello che punta al cuore dei consumatori della classe di massa offrendo a loro il massimo sconto possibile.

Il risultato dell'evoluzione di queste compagnie *low cost* è che vengono garantiti alla società di massa dei servizi che neanche la classe media si era mai sognata di avere. Una società che è cambiata e si è evoluta, che ha più facilità e dimestichezza nell'organizzarsi e nell'ottenere risultati, che può indirizzare l'offerta per soddisfare le proprie esigenze. Ciò che conforta è la prospettiva che si apre a nuove classi di persone, che mai si sarebbero sognate fino a venti anni fa di volare a basso costo, di chiamare tramite internet gratis, di comprare nei supermercati quasi al prezzo di vendita: un ceto che ha allargato la sua forbice sociale sita tra i poveri e la classe media, che va man mano scomparendo, la crescita di questa classe che possiamo definire la nuova società *low cost* che è assoluta protagonista in questo periodo di crisi. Un ceto che ricorda molto le masse romane dell'epoca imperiale: non vuole panem et circens perché sa che deve pagare i servizi che consuma, ma vuole giochi sempre più lunghi e pane sempre più abbondante e prezzi calanti. E

1.07

IKEA: Multinazionale, specializzata nella vendita d'arredo, con 258 centri di vendita in 37 paesi



1.07

1.08

ZARA: Una delle più grandi società di distribuzione tessile di moda, il primo gruppo europeo e il secondo a livello mondiale di confezione



1.08

se l'imperatore lo sfida chiudendo il Colosseo o sospendendo la distribuzione del pane, è molto probabile che sia lui a perdere il potere alla prima rivolta. Ma offrire sempre nuovi servizi *low cost* a questa classe sociale non è né facile né scontato. Andranno comunque ricercate politiche pubbliche originali e un nuovo contesto di crescita sostenibile.

1.2 PERCHÈ SI PARLA DI LOW COST IN ARCHITETTURA

Anche in architettura si è tentato di reagire a questo scenario di crisi che nel corso degli ultimi anni si è prospettato: uno dei modi che gli architetti hanno utilizzato è stato l'approccio *low cost*, facendo maturare in loro una sorta di riflessività che li ha portati a ricercare materiali e sistemi costruttivi a basso costo in modo creativo ed originale. Questo approccio risulta essere oggi un valore aggiunto per la progettazione, facendo sì che promuovessero soluzioni architettoniche più 'convenienti' con costi di costruzione più bassi. Il tutto è correlato all'evoluzione tecnologica che si è avuta negli ultimi anni, facendo sì che si creassero sistemi tecnologici di nuova generazione, derivata da una tecnologia sofisticata ed avanzata con l'impiego di materiali poveri.

Con *low cost* non si intende solo l'impiego di un budget limitato, ma anche l'idea di concepire nuove soluzioni costruttive con l'adozione di scelte costruttive sviluppate secondo criteri di semplicità funzionale, facilità di impiego e sicurezza nelle connessioni.

Parlare di nuove tecnologie vuol dire parlare di

nuovi materiali per le soluzioni architettoniche, ma anche rivalutare l'impiego di un materiale con un uso diverso: tutto ciò implica sicuramente un lavoro di ricerca di materiali e di rivisitazione di quelli esistenti sul mercato in maniera critica, studiando possibili modi di assemblaggio diverso o utilizzando prodotti precostruiti o preassemblati.

Il ruolo che ha l'industria legata alla costruzione di elementi in questa fase di crisi economica è molto importante, dati gli abbattimenti dei costi di costruzione a cui si può incorrere con l'utilizzo di queste tecnologie: impiegando materiali legati all'industria, conferendo ad essi una maggiore specificità, sono stati riportati in uso materiali tradizionalmente trascurati perché associati a progetti architettonici di bassa qualità. In questa 'nuova fase' il compito dell'architetto non consiste solo nell'impiego durante la progettazione di nuovi materiali e sistemi di montaggio differenti rispetto al passato, ma combinare e alterare le applicazioni usuali dei materiali già noti, cercando di immaginare ed ipotizzare nuovi scenari facendo dell'assemblaggio e del bricolage le nuove strategie compositive per utilizzare in modo creativo i materiali e i sistemi costruttivi.

L'atteggiamento costruttivo *low cost* si pone in antitesi e in controtendenza rispetto alle architetture che vengono oggi a noi proposte e pubblicizzate, che puntano alla spettacolarizzazione delle soluzioni adottate, mediante l'utilizzo di materiali ad elevate prestazioni, materiali progettati su misura e difficilmente classificabili nelle famiglie dei materiali tradizionali figli di un atteggiamento progettuale finanziariamente oneroso sotto il profilo economico, come nel caso della condizione costruttiva *high tech*.

L'atteggiamento *low cost* prevede l'impiego di materiali sostenibili che sfruttano le risorse energetiche disponibili in natura, al fine di

ottimizzare le condizioni di comfort ambientale, senza tralasciare la ricerca di nuove espressività linguistiche tese ad ottimizzare il rapporto costo-benefici: il progetto, tenendo conto delle tecnologie del passato, impiega, con l'ausilio di nuove tecniche a basso costo, nuove tecnologie spesso semplici utilizzando materiali tradizionali e in alcuni casi materiali innovativi.

1.2.1 ESEMPI DI LOW COST IN ARCHITETTURA

In un certo senso l'atteggiamento *low cost* in architettura è già stato avviato negli ultimi anni per far fronte a questa richiesta di emergenza economica e sociale che si è venuta a creare, e alcune grandi aziende hanno pensato di affrontare la richiesta con sistemi prefabbricati, facilmente assemblabili, di buona qualità ma soprattutto *low cost*.

Uno dei più importanti progetti nasce da una società leader nel *low cost* a livello mondiale, anche se in un settore diverso da quello della progettazione architettonica, ovvero l'IKEA. La formula adottata è BoKlok (in svedese, 'vivere in

modo ecocompatibile'). nasce in Scandinavia dalla collaborazione tra Ikea e il leader svedese delle costruzioni Skanska e riesce a proporre case e appartamenti a prezzi molto competitivi. Il loro catalogo propone anche case prefabbricate (palazzine fino a 4 piani con appartamenti e villette) a prezzi compresi tra i 25.000 e i 45.000 Euro.

BoKlok mira a rivolgersi a un pubblico più vasto possibile, nella fascia di reddito medio-basso. Il cliente tipo che potrà usufruire di questi appartamenti sarà il piccolo nucleo familiare, la famiglia di lavoratori dipendenti con un reddito medio di circa 20.000 - 45.000€ l'anno, persone che non possono accedere alle abitazioni sociali, acquirenti della prima casa e persone attualmente allontanate per motivi di prezzi, saturazione di proprietà, orientamento all'affitto, dalla zona scelta.

L'idea di BoKlok è quella di offrire buone case a prezzi contenuti, abitazioni di alta qualità e ben progettate. Sono abitazioni smart, adatte ai bisogni quotidiani della famiglia moderna.

Il marchio di fabbrica della BoKlok sono gli ampi spazi interni luminosi con alti soffitti. E anche piccole zone residenziali ben concepite dove si conoscono i vicini e ci si sente tranquilli e sicuri. Il progetto BoKlok ha avuto inizio nel 1996 da un'idea di Skanska e IKEA di sviluppare alloggi a prezzi bassi, accessibili a tutti, con un design di un certo livello e con una buona qualità. Il fondatore di IKEA Ingvar Kamprad, già da tempo aveva in mente l'idea di una casa per tutti. Skanska, azienda leader nello sviluppo residenziale in Svezia, non ha potuto far altro che raccogliere lo spunto di Kamprad, e sviluppare questo progetto di nuova edilizia residenziale a basso costo, ma allo stesso tempo di buona qualità. La prima fase è stata quella di analisi, ovvero individuare quello che era la fascia di persone che avrebbe potuto abitare questi

1.09

BOKLOK: Edifici prefabbricati a basso costo, prodotto IKEA con prezzo a partire da 180.000€



alloggi, sia per la loro capacità finanziaria sia per i requisiti richiesti dall'utenza. Solo dopo, in base ai dati raccolti, è stata iniziata la fase progettuale. Il successo BoKlok ha permesso a queste due grandi società svedesi di garantire una casa qualitativamente avanzata e, soprattutto, ad un costo contenuto, a quelle persone che altrimenti non avrebbero potuto permetterselo.

Un altro rilevante esempio di case *low cost* ma ad alta qualità ambientale lo costituisce la ditta Elk, società leader nella costruzione di case prefabbricate a basso consumo e case passive prefabbricate. La Elk si propone di offrire ai clienti diversi tipi di soluzioni abitative, con un unico obiettivo: *low cost - high quality*. Il mercato della Elk per lo più si concentra tra Svizzera, Germania ed Austria, dove molte persone hanno scelto questo tipo di casa per un fattore economico, per la qualità ambientale e per il comfort che si vive all'interno dell'abitazione. Anche il Regno Unito negli ultimi anni ha fatto richiesta alla Elk di numerose abitazioni, in particolare di edifici residenziali a tre o a quattro piani. Anche in Italia la richiesta di questo tipo di case è cresciuto negli ultimi anni, è stato progettato, infatti dalla

Elk, un ristorante a tre piani sito sull'autostrada del Brennero, ma soprattutto, per far fronte a situazione di emergenza come i terremoti, data anche la rapidità di costruzione dei prefabbricati. Il mercato della Elk, in base ai dati forniti dall'azienda, tende a crescere sempre più, grazie alla strategia applicata nel corso degli anni.

1.3 CARATTERI DELL'ARCHITETTURA LOW COST

I due temi che più di tutti hanno interessato la popolazione del mondo occidentale dell'ultimo decennio sono stati la crisi economica e le problematiche ambientali; ciò ha fatto sì che ci fosse una sensibilizzazione nel campo dell'architettura, con l'attuazione del controllo dei costi in edilizia, che sta assumendo un ruolo sempre più importante nell'ambito delle nuove strategie di comunicazione e produzione.

L'architetto ha sempre dovuto considerare, nel corso degli anni, oltre all'aspetto progettuale anche quello sociale: come conseguenza di questo periodo di crisi economica, il compito



1.10



1.11

1.10
Produzione case prefabbricate ELK: Prefabbricazione delle pareti nello stabilimento austriaco

1.11
Casa passiva n.176 ELK: Acquistabile ad un prezzo di 252.663€, tutto compreso

dell'architetto è anche quello di venire incontro alle esigenze economiche della società, senza tralasciare, ovviamente, l'aspetto ambientale.

A questo cambiamento della figura dell'architetto ha corrisposto il cambiamento della committenza, condizionato dalle nuove esigenze sociali; come afferma il filosofo tedesco WALTER BENJAMIN: 'l'architettura non può essere considerata un'opera d'arte fruita in una condizione distratta, perché invece si è sempre più in presenza di una domanda sociale per un habitat migliore e sempre più adeguata ai caratteri della società contemporanea, che stanno oggettivamente modificandosi anche rispetto al recente passato' (1955).

In questo periodo di recessione economica l'architetto si deve 'adattare' alla realtà che sta vivendo più di chiunque altro data la responsabilità e l'importanza del ruolo che svolge di trasformatore sociale; il tutto è complicato dalla nuova clientela presente sul mercato non più distratta e poco attenta al progetto di architettura: il loro orientamento va verso le questioni prettamente di carattere economico e ambientale. Verrà quindi chiesta la soluzione sempre più conveniente, qualitativamente opportuna, ma economicamente sostenibile per la committenza, e considerando la buona realizzazione dell'opera le soluzioni di dettaglio dovranno essere semplici, in modo da poter essere ben realizzate dall'impresa costruttiva.

Realizzare edifici *low cost* vuol dire mantenere alto il livello qualitativo del progetto, facendo sì che l'architetto consideri tutte le fasi del processo costruttivo in maniera di contenere il più possibile l'incremento dei costi.

Una fase fondamentale della progettazione è quella iniziale, ovvero la stima del costo complessivo dell'intervento, che non deve essere troppo lontano da quello finale, ad opera ultimata; per far sì che questo sia possibile

l'architetto deve attuare un minuzioso lavoro di ricerca di tutte le componenti che andranno ad interessare il processo progettuale in relazione a quello che sarà il budget a disposizione, in modo da realizzare la soluzione più adeguata in rapporto qualità-prezzo. Fondamentale per il progettista sarà riuscire a completare la fase progettuale il prima possibile, ovvero prima dell'inizio del cantiere, in modo da consentire le trattative tra committenza ed impresa per l'aggiudicazione dell'appalto che, una volta avvenuta, consente di determinare un controllo dei costi: una volta aggiudicato l'appalto non si possono più apportare modifiche, e questo consente un ancoraggio dei costi previsti. Un'ottima organizzazione strategica del cantiere consente un potenziale fattore di risparmio.

Questo vuol dire che il lavoro di organizzazione del progettista rappresenta un punto importante e fondamentale, che può ottimizzare le fasi di lavorazione nonché i relativi costi del processo edilizio.

L'approccio *low cost* prevede diverse strategie progettuali, adottabili già nelle prime fasi di concepimento dell'opera: uno dei primi fattori da prendere in considerazione è l'uso sapiente e giusto dei sistemi tecnologici esistenti e dei prodotti presenti su catalogo, tenendo conto delle indicazioni date dalle aziende produttrici: il progettista in questo caso dovrà porre la sua attenzione sulla gamma dei prodotti esistenti in commercio e la scelta del materiale dovrà avvenire attraverso un'attenta lettura delle schede tecniche, in modo da utilizzare il sistema più conveniente a livello prestazionale. Lo scopo è quello di apportare una semplificazione dei processi, utilizzando comunque in modo sapiente i componenti edilizi, stando attenti all'applicazione che di essi se ne fa sul mercato. La bravura dell'architetto starà nel reinterpretare l'uso dei vari materiali in modo appropriato e del

loro possibile sistema di assemblaggio.

Un altro fattore da tenere in considerazione per una produzione *low cost* è la riduzione del costo dei materiali utilizzati, ovvero la possibilità di poter utilizzare materiali del luogo, facilmente reperibili o materiali che possono essere sia riciclabili che riciclati: ogni anno vengono smaltite grandi quantità di materiali che potrebbero essere utilizzati per le loro qualità termiche, acustiche e anche strutturali; la paglia di riso o di grano può essere utilizzata una volta impastata con l'argilla come isolante, così come si possono tenere in considerazione materiali riciclati che provengono da settori differenti a quello edilizio.

Un'altra soluzione che può essere proposta per l'abbattimento dei costi di costruzione è l'affidamento alla prefabbricazione, un approccio di certo non nuovo per il settore edilizio, dato che in passato era una scelta determinata dal limitato budget oltre che alla velocità di realizzazione rispetto al 'sistema tradizionale'. La rivisitazione di questi processi si è rivelata fondamentale per la riduzione dei costi di costruzione. A fronte di un'analisi recente fatta da uno studio viennese (POTYKA, 2007) riguardo alla progettazione di residenze a basso costo su 30 immobili ubicati in Austria, in Germania e in Olanda, è stato dimostrato che progettare utilizzando il metodo della prefabbricazione non risulta essere sempre conveniente: in Germania e in Austria l'utilizzo di elementi prefabbricati non vuol dire riduzione dei costi di costruzione, a differenza dell'Olanda, in cui questo metodo risulta molto più conveniente rispetto al metodo tradizionale. Questo può essere giustificato dalla presenza di numerose industrie specializzate in prefabbricazione site nei Paesi Bassi, oltre alla predisposizione dei professionisti e non solo, di



1.12



1.13



1.14

1.12

Legno: Materiale naturale e biologico facilmente riciclabile

1.13

Canne palustre: Oltre ad essere un materiale per eccellenza ad impatto ambientale praticamente nullo, la canna palustre ha notevoli caratteristiche di isolamento e durabilità

1.14

Sistema di costruzione alternativo, Haiti: Le bottiglie di plastica fungono non solo da materiale da costruzione, ma il loro riciclaggio contribuisce a risolvere il problema dei rifiuti

utilizzare questo tipo di tecnologia.

In base alle strategie descritte, si possono attuare differenti approcci costruttivi, ovvero delle piccole accortezze che comunque comportano la riduzione dei costi di costruzione: la fase iniziale costituisce la parte fondamentale del processo progettuale; è durante la 'preparazione al progetto' che risulteranno fondamentali le scelte che influenzeranno il contenimento o meno dei costi. I fattori elementari da tenere in considerazione sono: ridurre al minimo il rapporto tra superficie e volume, combinando il massimo volume utile con la minima superficie esterna; l'ottimizzazione di questo rapporto porta ad una riduzione dei costi in tutte le sue parti costruite. Un altro aspetto da considerare in fase pre-progettuale è la distribuzione degli spazi: la progettazione degli spazi in modo semplice, attraverso un layout di pianta che preveda spazi fluidi e flessibili, le cui funzioni possano essere adibiti in base all'esigenza dell'utenza, può rappresentare un'opportunità per limitare i costi di costruzione. Un altro aspetto da tenere in considerazione è la composizione del sistema strutturale: una tipologia a setti massivi o una puntiforme intelaiata o una costituita da elementi prefabbricati, costituiscono un tipo di costo di investimento differente, in base soprattutto alla reperibilità del tipo di materiale impiegato; senza dubbio un sistema strutturale prefabbricato può costituire una tecnologia semplice, prodotta rapidamente e a basso costo.

È rilevante considerare la tecnologia da adoperare in base al sistema strutturale scelto, che incide notevolmente sul costo di costruzione, per quanto riguarda in particolare i sistemi di giunzione, per le accortezze da adoperare per limitare le dispersioni termiche ecc. Un sistema 'semplice', ovvero compatto, regolare, vorrebbe dire razionalizzare i costi di costruzione, ma

soprattutto consentire una corretta esecuzione del progetto. Ovviamente la progettazione *low cost* non consente l'uso di materiali pregiati o dettagli costruttivi particolari, come dice Rem Koolhaas '*No money, no detail*' (KOOLHAAS, 2006), ovvero una parete che richiede una estrema cura nella realizzazione non può essere adoperata quando si sceglie di intraprendere un tipo di progettazione a basso costo, rispetto ad una semplice parete intonacata.

Questi costituiscono solo alcuni esempi di approcci progettuali per una realizzazione di un edificio *low cost*, anche se sono fondamentali: il trend degli ultimi anni, dovuto alla crisi del mercato economico, ha fatto sì che molte famiglie ricorressero, per l'acquisto di una casa, ad edifici a basso costo; in più l'aumento della domanda di abitazione per single, studenti e giovani coppie, fa sì che il mercato si adegui a tali richieste; risulta fondamentale per l'architetto la progettazione di spazi flessibili, ossia capaci di essere ridotti o ampliati in base alle esigenze, ma soprattutto riutilizzati, che all'occorrenza possano diventare uno spazio studio o una camera da letto. Si sta delineando, insomma, un nuovo scenario di bisogni dell'utenza, frutto della domanda e delle esigenze di mercato, che il progettista in primis è

1.15

Strategie per il low cost: La fase iniziale della progettazione è quella fondamentale per ridurre i costi



chiamato a soddisfare.

mercato e quindi dell'utenza, rappresentando una sfida allo stesso tempo economica, sociale e costruttiva.

A fronte di uno studio fatto dall'Istituto di ricerca tedesco *Fraunhofer Institut*, intitolata *Ästhetik der Sparsamkeit* (JESBERG, 1986), ripubblicata di recente, per quanto riguarda la composizione

1.16

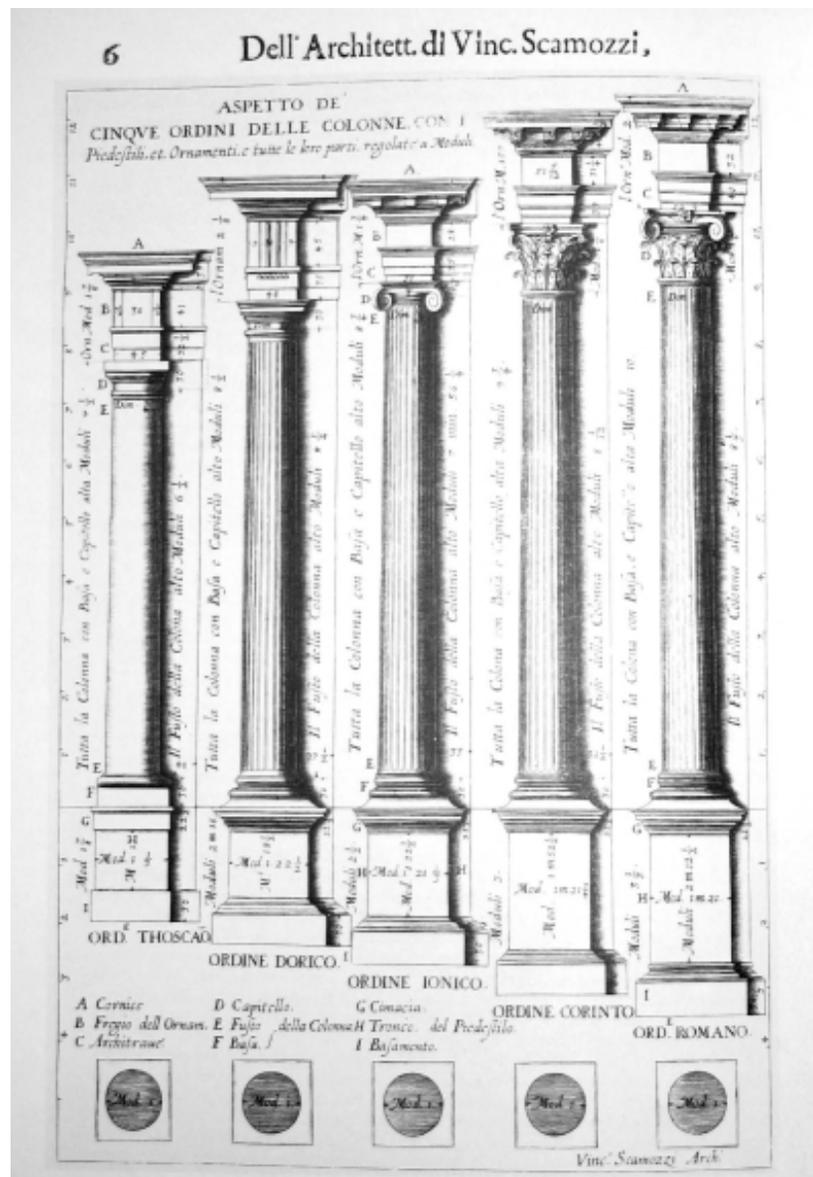
Proporzione e geometria: Gli ordini architettonici rappresentano un paradigma per il principio matematico-geometrico, tutt'ora valido in architettura

1.4 STRATEGIE PER ABBATTERE I COSTI DI COSTRUZIONE

Nel corso del Novecento la ricerca architettonica ha cercato di trovare delle soluzioni economiche in grado di soddisfare le esigenze della società. Molti architetti in Italia, come Angelo Mangiarotti e Marco Zanuso, ed all'estero come Jean Prouvé, Charles Eames, Konrad Wachsmann, Fritz Haller e tanti altri hanno affrontato questo tema intraprendendo la strada della prefabbricazione, strutture prodotte industrialmente, facilmente reperibili e trasportabili e ovviamente economiche. Questi architetti hanno dimostrato come, in un sistema costruttivo, funzionalità, design elementare ed economicità possono essere integrati tra loro. In particolare Jean Prouvé, che è stato uno dei pionieri dell'architettura prefabbricata, ha accantonato il concetto di stile nell'architettura superandolo a favore di una nuova configurazione spaziale, legata ad una serie di scelte costruttive, quali la semplificazione montaggio e smontaggio dei componenti, leggerezza, flessibilità, trasformabilità.

Questo tipo di approccio ha avuto successo ancor più negli anni Settanta, che hanno rappresentato un decennio di svolta per l'approccio costruttivo *low cost*, per la qualità, la complessità tecnica e tecnologica degli oggetti costruiti e dalla facilità di assemblaggio.

La ricerca di adeguate soluzioni costruttive è spinta dalla volontà di soddisfare le esigenze del



1.16

1.17

Rapporto tra superficie, volume, forma: Analisi eseguita da Le Corbusier, basata sulla sezione aurea

architettonica di un edificio vengono proposti tre principi da cui attingere: *Principio Matematico Geometrico*, in cui vengono considerate le relazioni tra numeri, misure, proporzioni per l'aspetto matematico, strutture, linee e corpi per quello geometrico; il *Principio Sintattico* ovvero la sintesi tra gli elementi e le loro relazioni; infine il

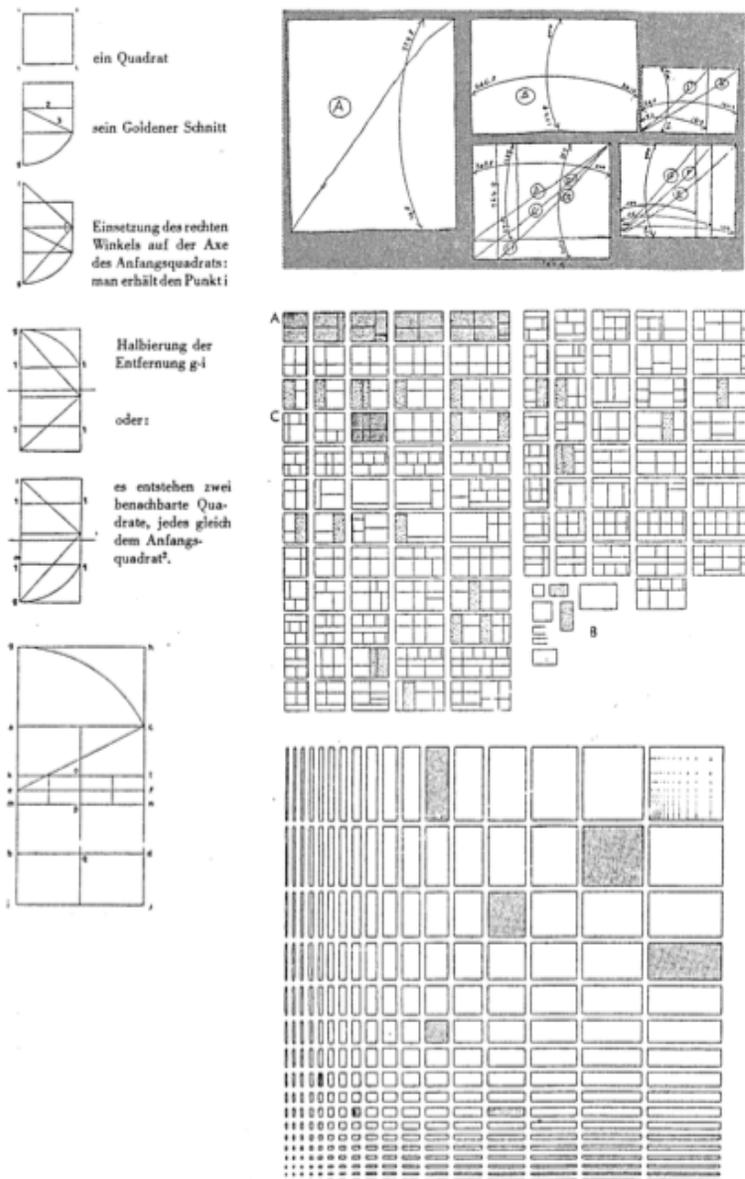
Principio della Semplicità. Vediamo più in preciso:

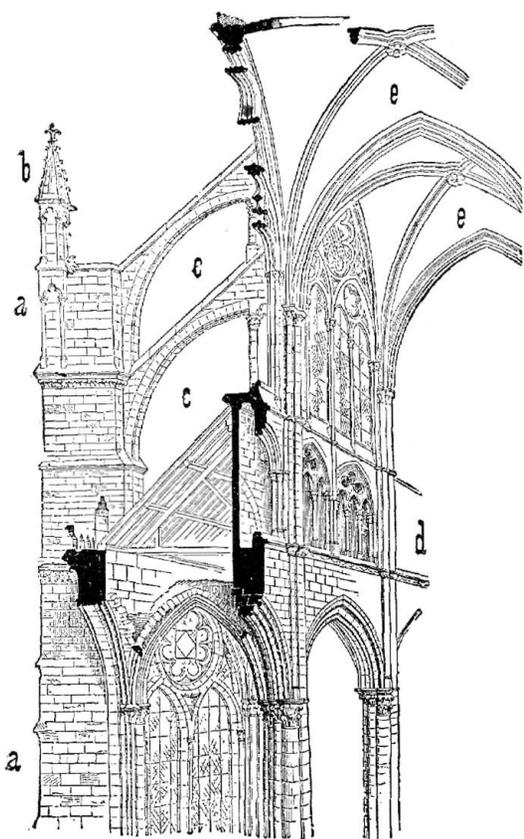
Principio Matematico-Geometrico:

Per quanto riguarda questo principio si rimanda l'origine alle colonne doriche, ioniche e corinzie e all'ordine che loro instauravano, tutt'ora ancora valido in architettura; risulta di particolare importanza il modulo che ha una funzione fondamentale: quello di misura base la cui proporzione definisce la misura di tutte le altre componenti della colonna. È grazie agli studi fatti da Vitruvio che si è riusciti a ricavare dalla forme delle colonne queste proporzioni, applicabili in tutte le forme dell'architettura. Per quanto riguarda il principio geometrico si parla di una evoluzione avuta nella storia, che passa dalle forme geometriche perfette, come cerchio e triangolo, alla prospettiva, fino ad arrivare nell'Ottocento alla griglia: Durand pone la prima pietra per quanto riguarda questo tipo di studio dell'architettura, reso ancora più importante da Le Corbusier un secolo dopo con il Modulor, che non è altro che il risultato di una griglia di proporzioni. Nel corso degli anni si sono avuti molti studi riguardo a questo tipo di approccio, e tra tutti i sistemi si può dire che nessuno ha screditato l'altro, ma che ognuno di essi conserva la sua validità.

Principio Sintattico:

Il principio sintattico riguarda quella che è l'evoluzione tecnologica e quindi l'evoluzione del processo architettonico, secondo cui un edificio segue dei principi durante la sua costruzione; principio che ha conosciuto una svolta negli anni dell'architettura del ferro, che ha permesso la costruzione di nuove tipologie, grazie alle nuove tecnologie, che ha avuto la sua massima espressione nella seconda metà del XX secolo con Archigram, Frei Otto e Buckminster Fuller.





1.18

Principio della Semplicità:

Infine, per quanto riguarda il principio della semplicità, non si può non fare un rimando a quella che era l'architettura di Ludwig Mies van der Rohe, secondo cui *Less is more*, (VAN DER ROHE, 1996) che va oltre quella che è la qualità estetica dell'edificio: semplicità non vuol dire banalità, e non è facile da raggiungere perché senza creatività non si può raggiungere la qualità architettonica, se no il *Less is more* diventerà *Less is nothing* (KOOLHAAS, 2006).

In base a questa analisi, abbiamo cercato di raggruppare le strategie di progetto dai noi adottate nei tre sottoinsiemi proposti da Jesberg, che non sono sempre separati l'uno dall'altro, ma a volte, addirittura, si sovrappongono, integrandosi l'uno con l'altro.

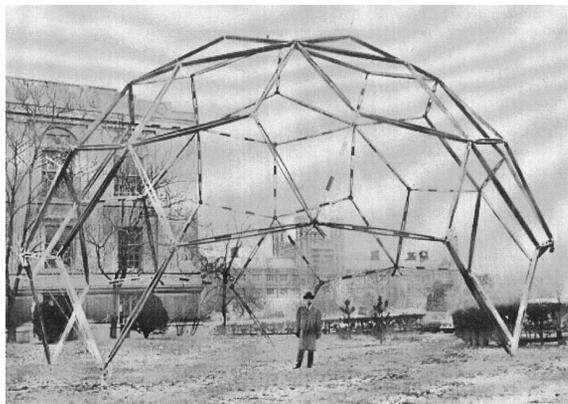
Per quanto riguarda il primo gruppo, ovvero quello matematico-geometrico, nella progettazione dell'edificio si seguiranno i principi di:

- **Modularità:** progettare secondo una maglia regolare, con una composizione architettonica basata su moduli, in modo da conferire all'edificio un altro grado di variabilità e facilità di aggregazione; ogni blocco fisico implementa una o uno specifico insieme di funzioni e ha relazioni ben definite con gli altri blocchi. Con l'architettura modulare si possono fare dei cambiamenti progettuali su un singolo blocco senza dover modificare gli altri per avere il funzionamento corretto del prodotto e di progettare i diversi blocchi in modo indipendente gli uni dagli altri.

- **Flessibilità:** questo principio è in parte correlato a quello di modularità, dato che l'una, la modularità, implica l'altra, la flessibilità. Una vasta gamma di tipologie di



1.19



1.20

1.18

Innovazione tecnica: Svuotamento della parete dai carichi attraverso un sistema di contrafforti complesso

1.19

Crystal Palace, Joseph Paxton, Londra 1851: Primo edificio costruito interamente in ferro e vetro per l'Esposizione Universale

1.20

Cupola geodetica, Buckminster Fuller, 1954: Struttura emisferica estremamente leggera composta da una rete di travi giacenti su cerchi massimi

taglio diverso conferisce all'immobile un alto grado di flessibilità. La presenza di monolocali, bilocali, tri- e quadrilocali all'interno dello stesso edificio permette agli inquilini, nel momento in cui dovessero cambiare le loro esigenze, di trasferirsi semplicemente all'interno dell'edificio. Della possibilità di aggiungere o togliere spazi all'appartamento esistente tramite demolizione di per esempio tramezze viene nei maggior casi non usufruito. Come riportato in una ricerca svizzera (GILG & SCHAEPP, 2007), avente come tema casi innovativi residenziali, la possibilità di aggiungere o togliere spazi attraverso la demolizione difficilmente viene attuata.

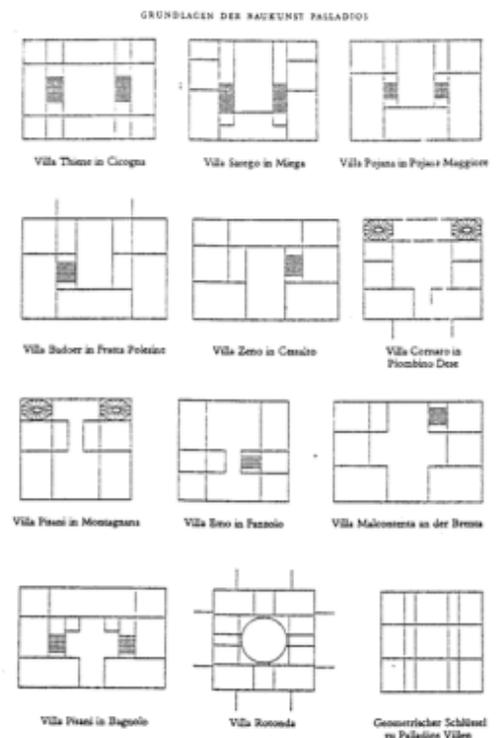
- **Moltiplicabilità:** grazie alla modularità dell'edificio, lo stesso diventa facilmente moltiplicabile: un impianto edilizio facilmente espandibile e ripetibile si adatta senza grande problematiche al luogo di inserimento. L'utilizzo dello stesso assetto per occasioni di insediamento di carattere differente diminuisce i costi.
- **Compattezza:** più compatto è l'edificio, o più basso è il valore del rapporto S/V, minore è la superficie esposta all'esterno. Essendo la parete esterna uno degli elementi tecnologici più costosi, un'ottimizzazione della superficie esterna diminuisce notevolmente il costo del costruito.

Per il principio sintattico, le strategie da applicare nel nostro progetto sono:

- **Prefabbricazione:** il processo di prefabbricazione viene spesso considerato l'opportunità più efficace per abbattere i costi di un fabbricato, diventando sinonimo di parole chiave come trasportabilità, velocità di realizzazione, leggerezza, flessibilità. Questa

assunzione si è verificata però solo in paesi con un background edilizio molto impostato sulla prefabbricazione, come per esempio dei Paesi Bassi. In altri paesi, come in Germania o l'Austria, l'utilizzo di elementi prefabbricati come strategia per ridurre i costi non ha avuto successo (POTYKA, 2007).

- **Scomponibilità:** il trattamento autonomo dei diversi layer di un edificio, quali la struttura portante, le chiusure verticali e orizzontali - opachi e non - e gli impianti elettrici e meccanici facilita le future manutenzioni.
- **Standardizzazione:** è la procedura con cui vengono fissate le caratteristiche di un insieme di componenti o di materiali in modo tale che siano compatibili tra loro; l'utilizzo di componenti standard per la realizzazione



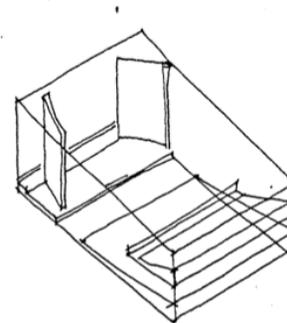
di un edificio e del suo arredamento facilita il reperimento degli elementi tecnologici e dei materiali.

Per quanto riguarda il principio di semplicità, si è scelto di assumere le seguenti strategie:

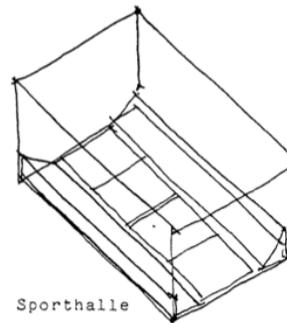
- **Essenzialità arredo e finiture di interno:** progettare spazi e piante in modo da poter essere arredati con arredi standard evita costi supplementari. Particolare importanza assume l'entità di utilizzo dei materiali di finitura: l'utilizzo per esempio di piastrelle solo dove veramente servono può abbassare i costi.
- **Intensità di utilizzo delle superfici:** prescindere dal taglio dell'alloggio, gli spazi vengono sfruttati a pieno e quindi ottimizzati.
- **Compattezza impianti elettrici e meccanici:** l'allineamento verticale e il raggruppamento in pianta di bagni e cucine facilitano la progettazione di cavedi tecnici diminuendo il costo di costruzione e aumentando contemporaneamente il comfort abitativo.

È per questo che per progettare un edificio esteticamente e architettonicamente valido ma allo stesso tempo a basso costo, sono state studiate delle strategie da applicare per far sì che questo binomio non venga meno.

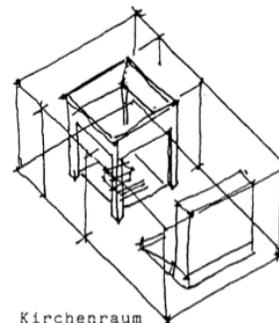
A seguire ci sono dei progetti da noi ritenuti rilevanti che fanno riferimento alle strategie *low cost* adottate.



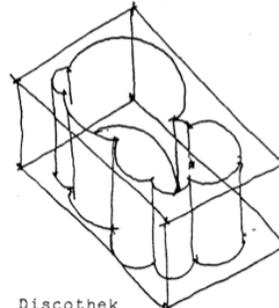
Konzertsaal



Sporthalle



Kirchenraum



Discothek

1.22
Spazi adattabili e flessibili:
Dall'alto verso il basso: sala
concerti, palestra, navata,
discotheca

OFIS

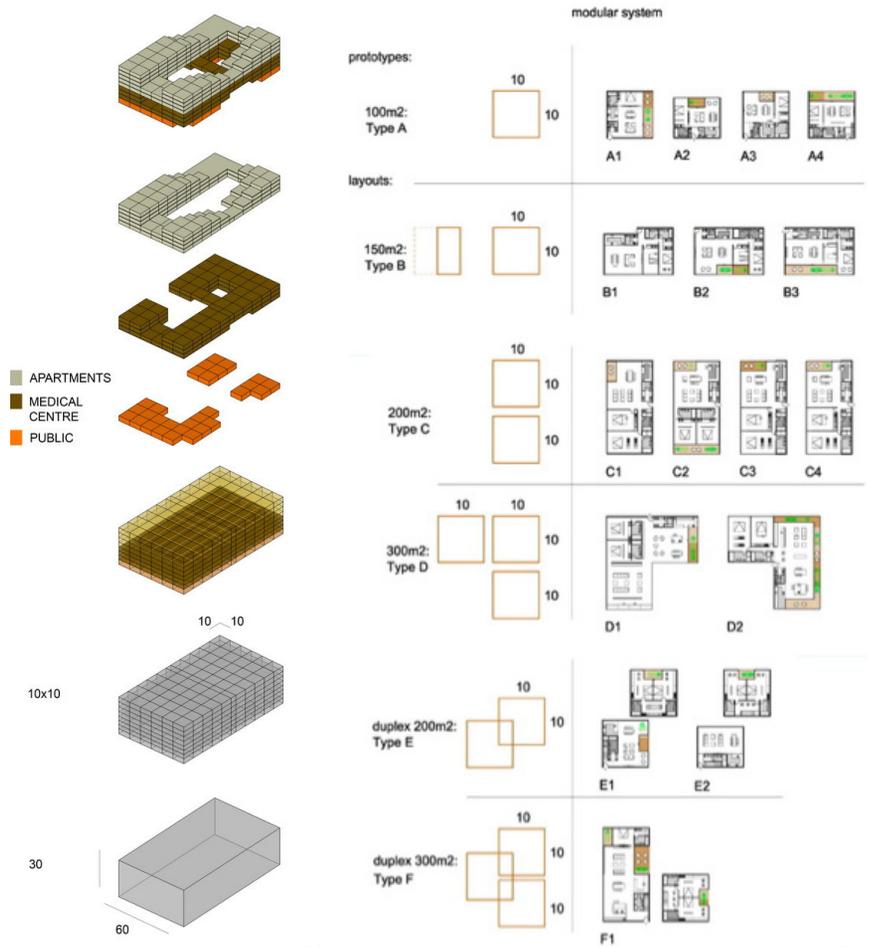
GARDEN CITY K66
edilizia residenziale, 2011

La proposta progettuale dello studio di architettura sloveno per un concorso, lanciato nel 2010 a Ljubljana, si articola secondo un fisso rapporto geometrico. Si basa su un modulo base di 10m x 10m, creando in questo modo una griglia di riferimento. Essa è la linea guida per tutto il programma funzionale dell'edificio mixed used (residenze, uffici, cultura) e va a rispecchiarsi anche in facciata. I volumi sono adattabili e flessibili all'interno di questa griglia, così come il programma funzionale, e possono quindi cambiare a seconda delle esigenze degli investitori o del mercato immobiliare.

Il volume dell'edificio è basato quindi su regole geometriche semplici, e scandito dalla griglia di 10m x 10m. Il taglio del volume permette inoltre di creare perforazioni ariosi e fluidi, lasciando entrare il verde dall'esterno. Alcuni di questi perforazioni vengono usati anche come flussi pedonali. I piani hanno una altezza di 3m, il piano terra è alto 4m. Alcuni spazi sono a doppia altezza e possono essere aggruppati in modo flessibile. L'altezza complessiva dell'edificio degrada dolcemente verso il basso, creando terrazzi e giardini verdi, offrendo spazio supplementare di qualità ai residenti con luce naturale, ventilazione e spazio verde esterno. Il verde assume cioè un'importanza fondamentale all'interno del progetto.

Immagini:

- 1.23 Il progetto si basa su una griglia di 10m x 10m
- 1.24 La flessibilità della griglia basa permette di creare appartamenti di superficie e tipologia diversa
- 1.25 Vista del progetto

progetto
GARDEN CITY K66ubicazione
Ljubljana, Sloveniadata
2010superficie
32.800m²tipologia
uffici/residenziale/cultura

progetto
TETRIS APARTMENTS

ubicazione
Ljubljana, Slovenia

data
2005 - 2007

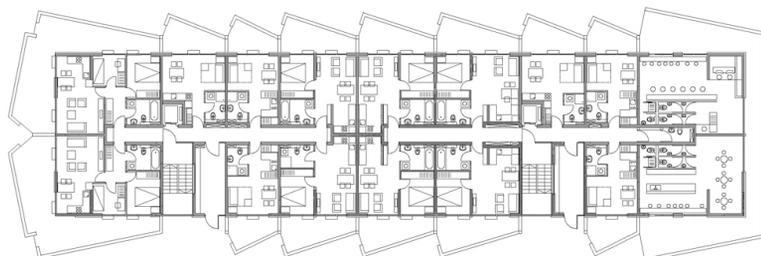
superficie
5.000m²

tipologia
social apartments

OFIS

TETRIS APARTMENTS

edilizia residenziale sociale, 2007

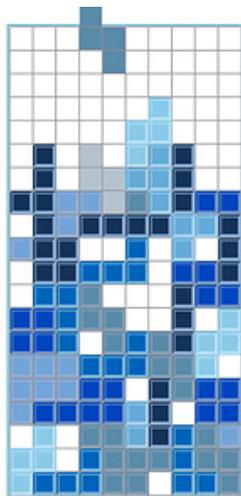


1.26

Questo progetto, come gli altri di pubblica residenziale dello studio OFIS, parte dalla richiesta, da parte della committenza, del basso costo, della riduzione dello spreco di spazio, dell'ottimizzazione del rapporto tra superficie lorda e superficie vendibile con alloggi di metratura e flessibilità tali da renderli appetibili e facilmente commerciabili. Questi vincoli progettuali sono stati tradotti dagli architetti sloveni in un linguaggio architettonico caratterizzato da una ripetizione e specchiatura variata in modo da non rendere i vari appartamenti identici e monotoni.



1.27



1.28

Nel caso dei 'Tetris Apartments' tutta l'invenzione si è concentrata sulla facciata, che, avvolgendo il blocco degli appartamenti, crea un gioco di terrazze, verande e balconi. All'interno di questo volume compatto gli OFIS hanno ricavato appartamenti di diversa metratura e numero di stanze.

Da un punto di vista strutturale, la palazzina è stata concepita in modo tale che gli unici muri maestri siano quelli che dividono i singoli appartamenti, così da garantire la massima flessibilità dello spazio interno. Il progetto è stato improntato al massimo risparmio (il costo di costruzione al metro quadrato è infatti di 650 Euro e il prezzo di vendita 1.200 Euro). Ogni appartamento ha materiali economici ma di qualità, come i pavimenti di legno di quercia, le piastrelle di granito nei bagni e le ampie finestre con tapparelle esterne metalliche.

Immagini:

1.26 Pianta del piano terra

1.27 Vista prospettica del progetto

1.28 Idea base progettuale: il gioco *Tetris*

1.29 Facciata principale



1.29

Stefano Boeri Architetti

CASA BOSCO

edilizia residenziale, 2011

Il progetto Casa Bosco, nato da un'idea di Stefano Boeri e Camillo Agnoletto, propone un nuovo tipo di edilizia sociale in affitto, a densità medio-bassa e tipologie di utenti miste. Il costo di costruzione è minore di 1.200€/m².

Il progetto si basa sui temi della modularità e flessibilità interna che permette tagli degli alloggi diversi e la possibilità di aggregazione nel tempo in modo da venire incontro a diverse e variabili condizioni abitative degli utenti. Un altro tema importante è l'innovazione tecnologica: il progetto prevede l'utilizzo di sistemi costruttivi a secco e ulteriori accorgimenti che favoriscono il risparmio energetico e la sostenibilità ambientale. Tra questi troviamo il legno come materiale privilegiato, per la sostenibilità e riciclabilità completa del materiale e le proprietà fisiche che offrono il massimo comfort interno degli spazi abitativi.

La prima realizzazione dell'idea progettuale é prevista a Milano in Via Parenzo, una superficie urbana interstiziale ubicata nella fascia peri-urbana della città. Il progetto consiste in circa 11 alloggi di varie dimensioni per un totale di circa 1.000 m² di superficie costruibile con strutture industrializzate in legno e spazi molto flessibili, sia che cosa riguarda la distribuzione interna, che quella esterna.

progetto
CASA BOSCO

ubicazione
Milano, Italia

data
2011

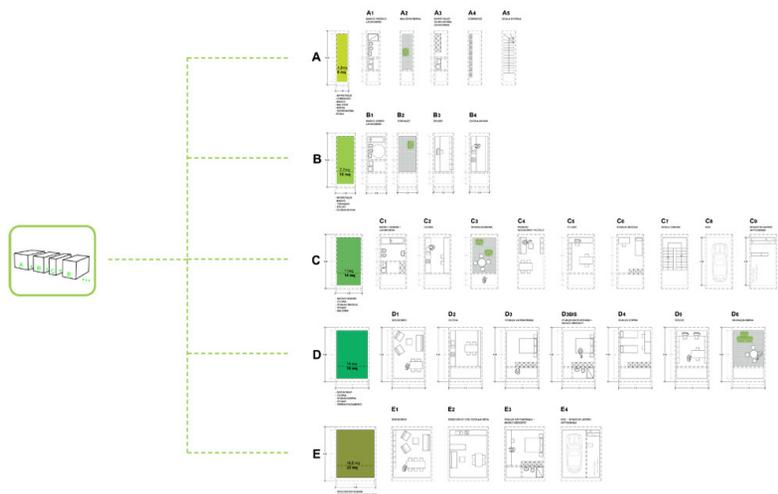
superficie
1.000m²

tipologia
residenziale



1.30

modularità - componenti



1.31

CASA BOSCO®

una casa per costruire ambiente
un bosco per costruire città

Immagini:

1.30 Pianta piano terra del primo caso in fase di realizzazione a Milano

1.31 Modularità e flessibilità nell'aggregazione degli spazi

1.32 Prospetto e sezione tipo



1.32

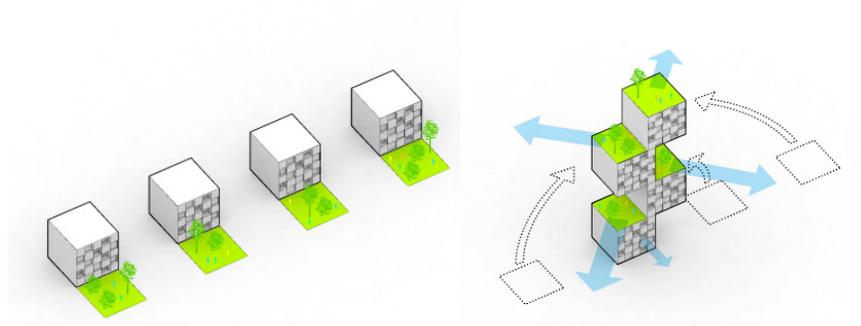
progetto
TAIPEI CITY WALL

ubicazione
Taipei, Cina

data
2010

superficie
5.000m²

tipologia
residenziale



1.33



1.34



1.35



1.36

BIG

TAIPEI CITY WALL

edilizia residenziale, 2010

Il complesso residenziale, alto 30 piani, è costituito da una scacchiera tridimensionale, con cubi di dimensione 15m x 15m x 15m, impilati sia in verticale che in linea. Ogni scatola si sovrappone a sufficienza, permettendo il passaggio del vano ascensore di collegamento al piano più alto.

I piccoli spazi che si vanno a creare tra i cubi ottimizzano l'entrata della luce e favoriscono la ventilazione naturale, mentre quelli più grandi lasciano spazio a funzioni utili per tutto il complesso: il progetto offre cinque tipi di spazio per i residenti, quali un bosco verde con vista spettacolare sulla città, un giardino in stile giapponese per il relax e riposo, un giardino con piscina, un parco giochi per bambini e una terrazza panoramica al 25° piano.

Il progetto si basa sul tema della ricreazione e sulla relazione del costruito con il verde e cerca di creare un luogo per una comunità in crescita e sviluppo.

Immagini:

1.33 Idea base del progetto

1.34 Vista dalla terrazza panoramica

1.35 Prospettiva

1.36 Prospettiva

Zwimpfer Partner Architekten

PILE UP®

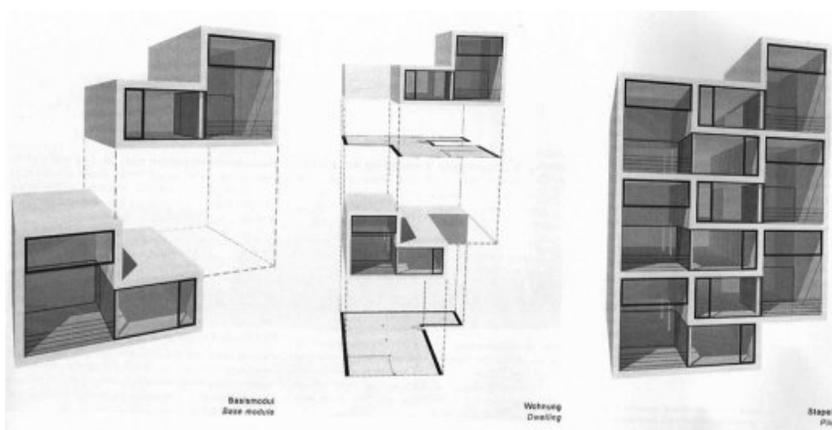
edilizia residenziale, 2011

progetto

PILE UP®

ubicazione
Svizzeradata
primo progetto 2006superficie
adattabiletipologia
residenziale

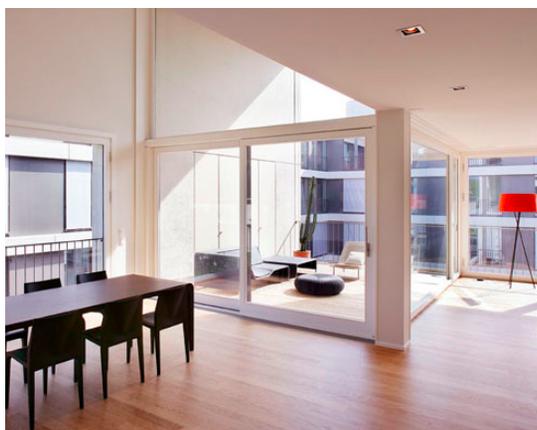
Il concetto residenziale Pile-Up, sviluppato dall'architetto svizzero Hans Zwimpfer, si basa sul principio di moduli abitativi sfalsati, seguendo il concetto del gioco tetris. Si tratta della prima tipologia architettonica brevettata in Europa e negli Stati Uniti, ed è per questo anche molto criticato. Ogni abitazione possiede uno spazio a doppia altezza, il soggiorno e uno spazio esterno, che incrementa il valore dell'abitazione. La zona giorno è caratterizzata da grandi aperture, permettendo l'entrata della luce naturale. La distribuzione interna degli spazi si presenta in modo molto flessibile per il sistema strutturale adottato.



1.37

L'idea architettonica può essere realizzata secondo necessità urbane diverse e si adatta a differenti esigenze del mercato immobiliare: può essere realizzata come edificio residenziale a bassa densità, edificio a blocco o in linea. Le dimensioni delle abitazioni possono essere determinate in conformità all'ubicazione geografica e il gruppo target.

Esistono diversi progetti realizzati basati su questo schema progettuale, fino adesso però solo in Svizzera.



1.38



1.39

Immagini:

1.37 Sistema modulare del modulo abitativo

1.38 Vista interna: spazio soggiorno a doppia altezza e loggia esterna

1.39 Dettaglio facciata

1.40 Progetto realizzato a Rheinfelden, Svizzera, 2006: edificio a quattro piani che ospita 22 unità residenziali e due studi su una superficie complessiva di 4.200m²

1.40

progetto
OXLEY WOODS

ubicazione
Milton Keynes, Inghilterra

data
2005 - 2009

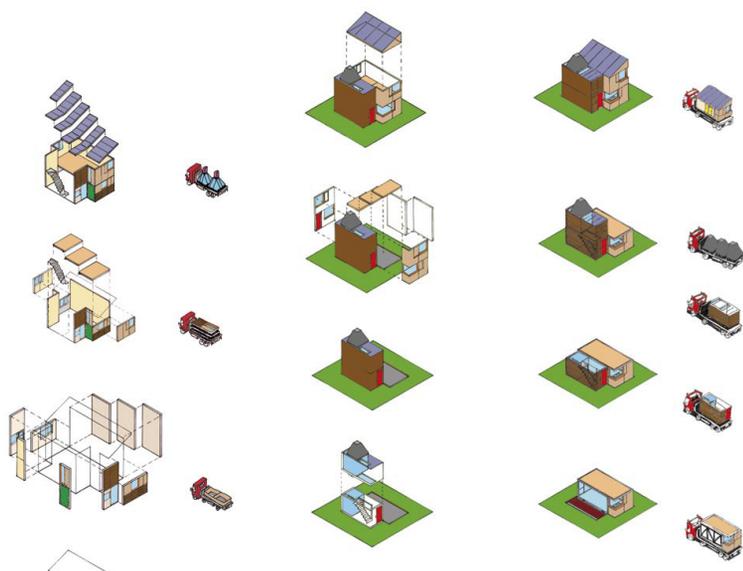
superficie
3 ettari (area di costruzione)

tipologia
residenziale

Rogers Stirk Harbour + Partners OXLEY WOODS edilizia residenziale, 2009



1.41



1.42



1.43

L'istituzione inglese *English Partnerships* lancia nel 2006 il concorso *Design for Manufacture*, con l'obiettivo di costruire case di alta qualità (segundo gli standard indicati dalle linee guida *EcoHomes* e *Building for life*), ma a basso costo con un costo di costruzione di 60.000£ (circa 70.000€).

Richard Rogers Partnership, in collaborazione con George Wimpey USA, ha sviluppato per il concorso un sistema progettuale prefabbricato: tutti gli spazi serviti, cioè bagni e cucine, sono standardizzati; il sistema di facciate viene prodotto off-site e trasportato al sito di costruzione per l'assemblaggio.

L'uso di diversi tipi di rivestimento per le facciate rende l'idea architettonica multiforme ed interessante e permette di adattarsi all'architettura locale. La flessibilità del rivestimento, dell'abitazione, l'orientamento del tetto e delle aperture, permette una collocazione delle residenze in qualsiasi luogo, adattandosi alle specifiche caratteristiche del luogo.

La valutazione positiva del progetto ha permesso la sua concretizzazione a Milton Keynes, Inghilterra: la realizzazione consiste in 145 abitazioni su un'area di 3 ettari con un mix di edifici a due e tre piani.

Immagini:

1.41 Costruzione a Milton Keynes

1.42 Processo di prefabbricazione

1.43 Risultato: facciata multiforme e articolata

ZEDfactory Ltd.

RURALZED
edilizia residenziale, 1998

Il ZEDfactory Ltd. (precedentemente *Bill Dunster Architects*) è uno studio fondato nel 1998, leader nel settore di architettura ad emissione zero. La sua iniziativa più popolare è il *Beddington Zero Energy Development*, più conosciuto come BedZed, la realizzazione di un quartiere ad emissione CO2 zero in Inghilterra.

RuralZED è una sistema ad altissima efficienza energetica, che può essere realizzato a seconda delle necessità del cliente e del mercato. L'idea architettonica si basa su un kit di costruzione in legno lamellare prefabbricato e assemblato in sito. Il telaio in legno viene completato da chiusure orizzontali e verticali superisolati, in modo da ridurre la trasmittanza dei pacchetti tecnologici. Inoltre il team di progettazione utilizza materiali che possiedono buoni valori riguardo l'energia inglobata e cercano per questo di evitare materiali come il metallo.

Gli edifici si basano su una serie di strategie bioclimatiche: fanno uso della ventilazione passiva e del controllo dell'apporto solare durante la stagione invernale ed estiva. Durante l'inverno viene recuperato il calore dell'aria attraverso un sistema di ventilazione controllata, che riduce il fabbisogno di energia per il riscaldamento al minimo. Pannelli solari producono acqua calda, pannelli fotovoltaici elettricità per il funzionamento dell'edificio. Inoltre viene recuperata l'acqua piovana, che rende l'abitazione autosufficiente.

Immagini:

1.44 Kit di costruzione

1.45 Costruzione del telaio

1.46 Progetto realizzato a Upton, Inghilterra

1.47 Edificio unifamiliare a Grande Synthe, Francia

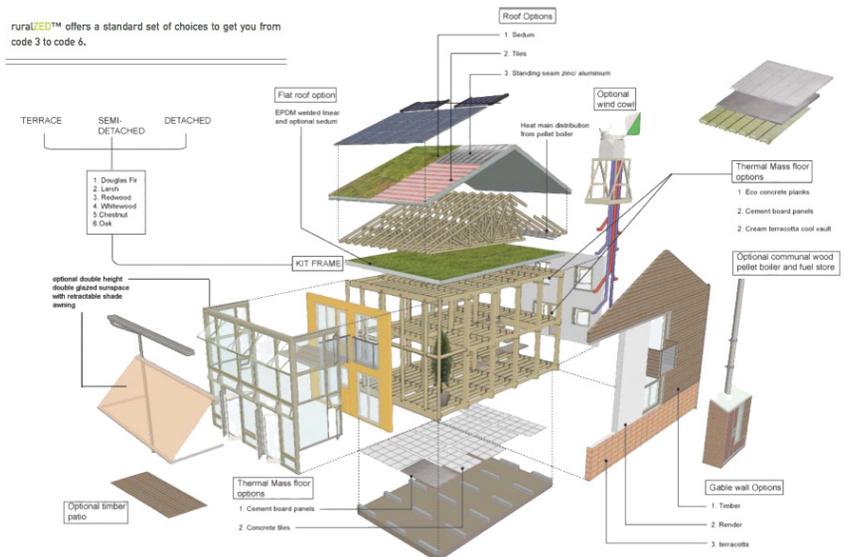
progetto

RURALZED

ubicazione
Inghilterra + Franciadata
dal 1998superficie
adattabiletipologia
residenziale

Choices

ruralZED™ offers a standard set of choices to get you from code 3 to code 6.



1.44



1.45



1.46



1.47

progetto
CELLOPHANE HOUSE

ubicazione
MoMA, New York

data
2008

superficie
180m²

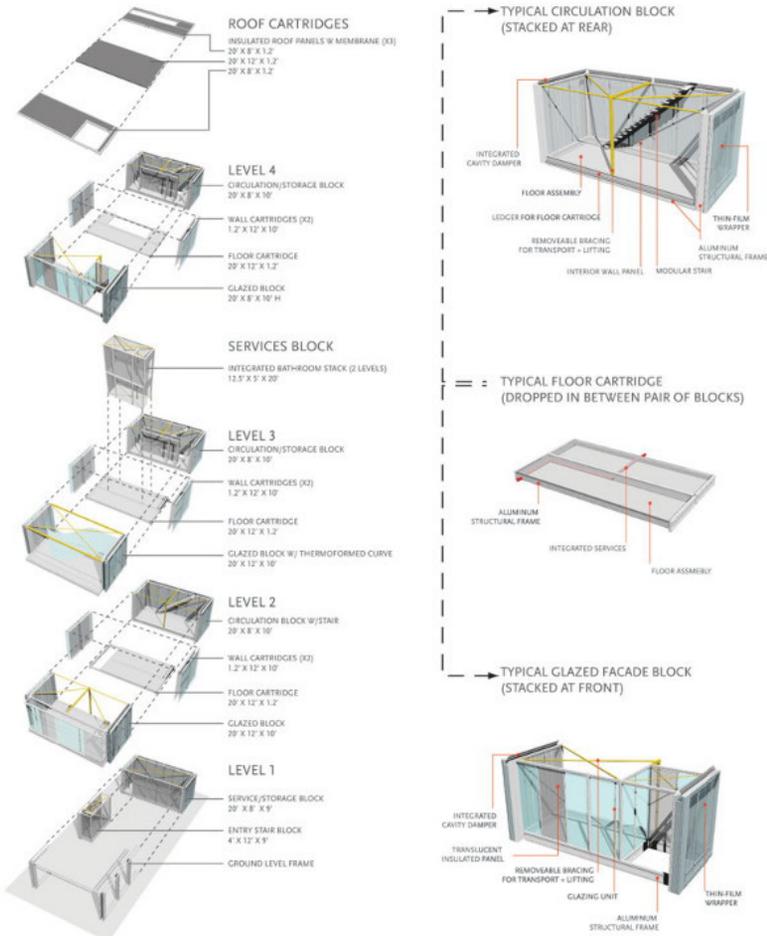
tipologia
residenziale

Kieran Timberlake Associates
CELLOPHANE HOUSE
edilizia residenziale, 2008



1.48

1.49



Lo studio americano Kieran Timberlake si occupa già da alcuni anni di edilizia sostenibile. Oltre ad edifici ad alta efficienza energetica, lo studio realizza anche progetti a carattere sperimentale. In occasione della mostra *Home Delivery. Fabricating the Modern Dwelling* al MoMA di New York nel 2008, lo studio ha realizzato un prototipo di casa basato sulla prefabbricazione.

Il risultato, la *Cellophane House*, è un edificio temporaneo di cinque piani che comprende soggiorno, quattro camere da letto, due bagni e una terrazza in copertura. Il progetto è basato su un kit di componenti, che possono essere scelti dal cliente secondo le sue necessità e anche in funzione del budget disponibile. Si tratta cioè di una soluzione personalizzabile e adattabile anche a condizioni contestuali ed ambientali diverse. A fine vite, la proposta architettonica è facilmente smontabile e riciclabile.

Il telaio strutturale in profilati di alluminio è concepito in modo tale da non avere ingombri all'interno dell'edificio e permette quindi un'ampia flessibilità che cosa riguarda la disposizione spaziale interna.

Immagini:

1.48 Proposta progettuale *Cellophane House*

1.49 Realizzazione al MoMA, ottobre 2008

1.50 Kit di componenti

1.50

Lacaton & Vassal

APARTMENT BUILDING POITIERS

edilizia residenziale low cost, 2006

progetto

APARTMENT BUILDING POITIERSubicazione
Futuroscope, Poitiers, Franciadata
2006superficie
22.919m²tipologia
residenziale low cost

Con risorse economiche ridotte ai minimi termini, gli architetti francesi Anne Lacaton e Philippe Vassal, hanno saputo fare di necessità virtù e hanno portato a termine progetti minimali, ma incisivi. Le loro realizzazioni edilizie a prezzi vantaggiosi impiegano materiali e tecniche costruttive semplici, raggiungendo un massimo di qualità architettonica e spaziale, con un minimo impiego di materiali, tecniche costruttive e attrezzature. Il loro scopo non è costruire con un budget più ridotto ma raggiungere di più con il budget a disposizione.

Un esempio tra le loro realizzazioni e proposte architettoniche è l'edificio residenziale ubicato a Futuroscope, Francia, con uno scheletro strutturale in elementi prefabbricati in calcestruzzo armato. Questa soluzione offre spazi di abitazione molto ampi con setti strutturali ad una distanza di 7m.

Gli appartamenti si sviluppano su due piani: ognuno ha uno spazio definito dagli architetti come tradizionale (soggiorno e camera da letto) e uno spazio supplementare (terrazza o giardino d'inverno) che è a doppia altezza (6m).

La superficie utile a disposizione, con una superficie media di 200m² è enormemente superiore ad un appartamento standard dello stesso prezzo. L'edificio comprende locali commerciali al piano terra e un garage sotterraneo.

Immagini:

1.51 Pianta soluzione A

1.52 Vista d'insieme

1.53 Idea progettuale e dettaglio facciata



DUPLEX A



1.51

1.52



1.53

progetto
53 SEMI-COLLECTIVE HOUSING UNITS

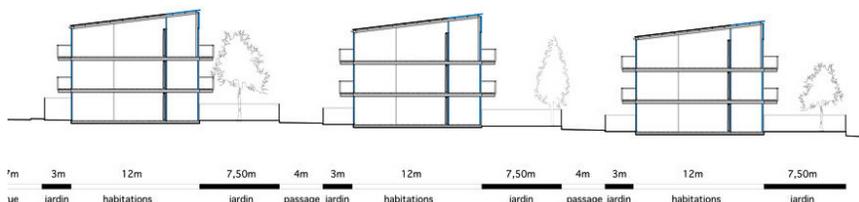
ubicazione
 Saint-Nazaire, Francia

data
 2010

superficie
 4.800m²

tipologia
 residenziale low cost

Lacaton & Vassal
53 SEMI-COLLECTIVE HOUSING UNITS
 edilizia residenziale low cost, 2010



1.54



1.55



1.56

Il progetto realizzato a Saint-Nazaire in Francia riguarda la creazione di alloggi residenziali a basso costo. Gli architetti hanno individuato tre edifici in linea organizzati in unità di sei appartamenti a doppio affaccio. Tra gli edifici si trova una striscia destinata a verde e un passaggio pedonale. Questo verde è accessibile dagli appartamenti che sono collocati al piano terra, tutti gli altri ai piani superiori possiedono un balcone e un giardino d'inverno.

Il sistema di costruzione è semplice e ottimizzato, composto da elementi ripetitivi e standardizzati in acciaio e calcestruzzo armato, e fornisce spazi interni molto flessibili. I giardini d'inverno hanno una facciata esterna in policarbonato trasparente che può essere aperto. Le vetrate, a doppio vetro, sono tutte dotate di tendaggi interni termoisolanti. I giardini d'inverno riescono a catturare gli apporti solari durante la stagione invernale.

In questo progetto, come in altri, l'obiettivo degli architetti era quello di creare alloggi moderni e spaziosi, evitando appartamenti standard. L'intento era quello di fornire superfici extra per ampliare le capacità d'utilizzo e la varietà degli spazi. Inoltre il progetto cerca di riprendere caratteri architettonici tipici delle case unifamiliari: balconi, accesso individuale e spazio esterno che estende lo spazio interno.

Immagini:

1.54 Sezione tipo

1.55 Vista del passaggio pedonale tra gli edifici

1.56 Prospettiva: giardino al piano terra e profondi balconi ai piani superiori

pasel.künzel architects

ELEMENTAL / STEPS'N SLABS

edilizia residenziale sociale low cost, 2005

progetto

ELEMENTAL / STEPS'N SLABS

ubicazione
Temuco, Ciledata
2005superficie
350 alloggitipologia
residenziale low cost

La proposta progettuale elaborata dagli architetti tedeschi, che vince il primo premio del *Bauhaus award 2008 - Wohnungsnot - housing shortages*- cerca di dare una risposta al fenomeno della migrazione di massa della popolazione latino americana rurale in agglomerati urbani.

La risposta concreta alla domanda è un'architettura sostenibile con alloggi a bassissimo costo. Il concetto urbano prevede unità di 20 a 30 edifici a due e tre piani. La bassa densità permette di controllare facilmente lo spazio esterno e dà inoltre la possibilità di usufruire di questo spazio per coltivare ortaggi ecc. . La piccola distanza tra gli alloggi consente ai proprietari di estendere le loro abitazioni in modo facile. Partendo da un modulo base di 30m² è possibile ampliare l'edificio a 90m². Questo principio di partecipazione si basa cioè sul concetto tradizionale di 'auto-costruzione'.

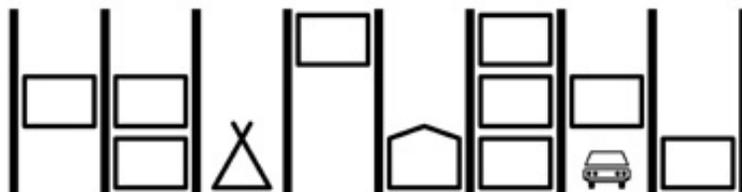
Al fine di garantire l'accessibilità di acqua potabile, fognature ed elettricità, l'elemento principale del progetto è una torre larga 1,20m e di 8,00m di altezza. Questo volume funge da vano tecnico e soddisfa i bisogni essenziali. Inoltre rappresenta la spina dorsale della costruzione. Contiene tutti gli impianti tecnici della casa come canalizzazione e cablaggio, bagno, cucina e perfino le scale.

Immagini:

1.57 Sezione schematica

1.58 Idea progettuale

1.59 Realizzazione a partire dal 2005



1.57



1.58



1.59

progetto
QUINTA MONROY

ubicazione
Iquique, Cile

data
2003

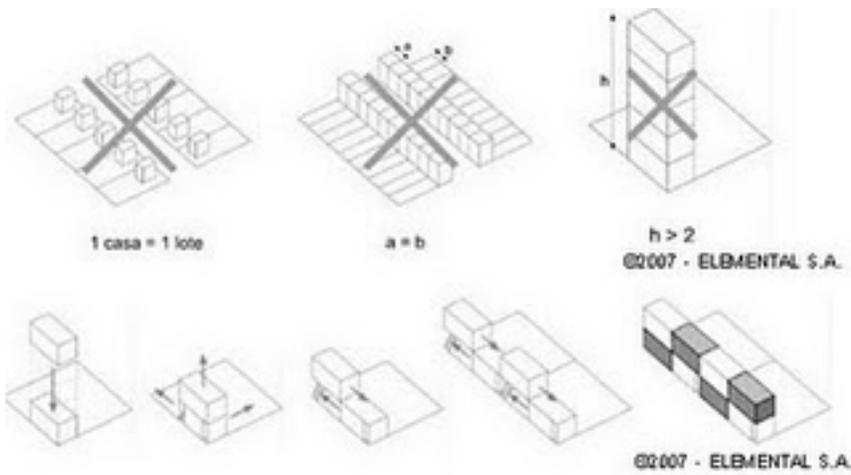
superficie
93 alloggi

tipologia
residenziale low cost

Alejandro Aravena & Elemental QUINTA MONROY edilizia residenziale sociale low cost, 2003



1.60



1.61



1.62

Si tratta di un celebre esperimento di *housing sociale* per un insediamento situato nel centro di Iquique nel deserto cileno. Nel 2003 il programma governativo 'Chile-Bairro' ha commissionato a ELEMENTAL (Alejandro Aravena con Alfonso Montero, Tomàs Cortese, Emilio de la Cerda e Andrés Iacobelli) lo studio di una soluzione abitativa per Quinta Monroy. Si tratta di un'iniziativa che promuove l'innovazione nell'architettura, le tecniche costruttive, l'urbanistica e lo sviluppo della progettazione di alloggi a basso costo.

Il risultato è un progetto residenziale basato sull'auto-costruzione che interessa 93 famiglie. Il compito degli abitanti è stato portare a termine l'opera. Per questo l'edificio doveva essere sufficientemente poroso per consentire a ciascuna unità di espandere all'interno la sua struttura. L'edificio originale, che rappresenta il 50%, doveva quindi fornire un sostegno alla successiva espansione. L'alloggio a tre piani possiede un costo di 7.500\$ in parte sovvenzionato. Aumentando così la densità rispetto a quella standard, il progetto offre un modello insediativo diverso dall'attuale proliferazione orizzontale della città sudamericana.

Immagini:

1.60 Vista d'insieme

1.61 Idea progettuale

1.62 Realizzazione a partire dal 2005

Referenze:

- W. BENJAMIN, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Einaudi, Torino 2000;
- M. GAGGI, E. NARDUZZI, *La fine del ceto medio e la nascita della società low cost*, Einaudi, Torino 2006;
- M. GILG, W. SCHAEPPPI, *Lebensräume – Auf der Suche nach zeitgemäßem Wohnen*, Verlag Niggli AG, Zurigo 2007;
- P. JESBERG, *Ästhetik der Sparsamkeit, Forschungsbericht zum Thema 'Wechselwirkungen kostendämpfender Aspekte'*, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1986;
- R. KOOLHAAS, *Junkspace. Per un ripensamento radicale dello spazio urbano*, a cura di G. Mastrigli, Quodlibet, Macerata 2006;
- H. POTYKA, *Kostengünstiger Wohnungsbau*, OIAV, Vienna 2007;

02

La qualità ambientale

I cambiamenti climatici oggi sono sempre più evidenti. Questo ha fatto sì che sia l'opinione pubblica che i politici iniziassero a prendere coscienza della necessità imprescindibile di proteggere l'ambiente naturale. Dai summit internazionali sull'ambiente è emerso che l'architettura e l'urbanistica dovrebbero avere un approccio più rispettoso dell'ambiente attraverso un tipo di approccio ecologico da parte dei numerosi professionisti che costituiscono il mondo della progettazione. Infatti, il settore dell'edilizia (dalla realizzazione all'utilizzo delle costruzioni), è responsabile del 40% delle emissioni di CO2 mondiali e del 30% del consumo di energia primaria.

La Commissione Europea ritiene che il settore residenziale europeo abbia un potenziale di risparmio del 27% al 2020

(COM 2006 545). Per fare fronte a questa emergenza ambientale entra in vigore il 4 gennaio 2003 la direttiva 2002/91/CE sull'efficienza energetica negli edifici, che viene recepita in Italia dal decreto legislativo del 19 agosto 2005 n. 192. Di recente, una nuova direttiva, la 2010/31/CE, sostituisce la 2002/91/CE e promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici. Essa prevede che entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione vengano realizzati con uno standard energetico a energia quasi zero. Per gli edifici pubblici questa scadenza è anticipata al 31 dicembre 2018.

La ricerca della qualità ambientale è un'attività che serve a stabilire l'equilibrio tra l'uomo e la natura che lo circonda.

La qualità ambientale

2.1 ECOEFFICIENZA IMPRESCINDIBILE

Lo sviluppo sostenibile è un processo finalizzato al raggiungimento di obiettivi di miglioramento ambientale, economico, sociale ed istituzionale, sia a livello locale che globale. Tale processo lega quindi, in un rapporto di interdipendenza, dalla tutela e valorizzazione delle risorse naturali alla dimensione economica, sociale ed istituzionale, al fine di soddisfare i bisogni delle attuali generazioni, evitando di compromettere la capacità delle future di soddisfare i propri. In questo senso la sostenibilità dello sviluppo è incompatibile in primo luogo con il degrado del patrimonio e delle risorse naturali (che di fatto sono esauribili) ma anche con la violazione della dignità e della libertà umana, con la povertà ed il declino economico, con il mancato riconoscimento dei diritti e delle pari opportunità.

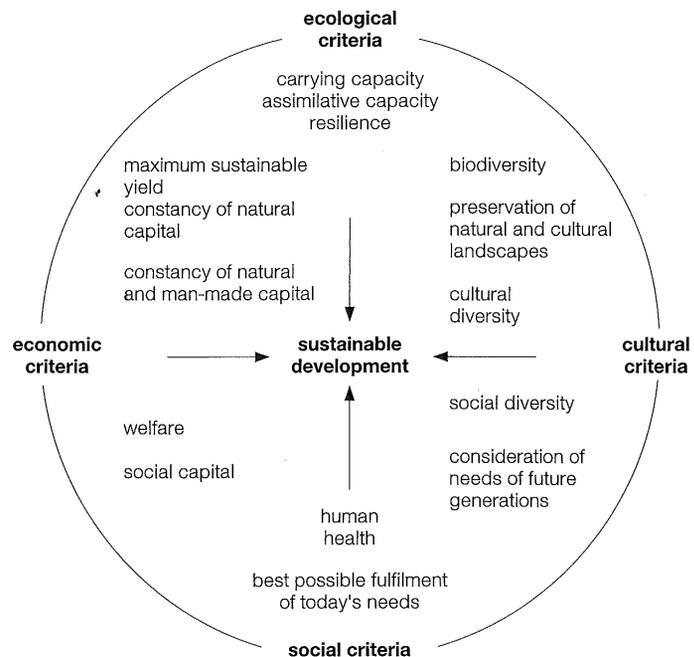
Per questo la sostenibilità ruota attorno a quattro componenti fondamentali: la sostenibilità economica intesa come capacità di generare reddito e lavoro per il sostentamento della popolazione. La sostenibilità sociale intesa come capacità di garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione) equamente distribuite per classi e genere. La sostenibilità ambientale intesa come capacità di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali e la sostenibilità istituzionale (culturale) ovvero la capacità di assicurare condizioni di stabilità, democrazia, partecipazione, giustizia.

Il primo grido d'allarme è venuto dal rapporto sui 'Limiti dello sviluppo' commissionato al *Massachusetts Institute of Technology* dal Club di Roma e pubblicato nel 1972, che poneva in risalto soprattutto la limitatezza delle risorse naturali,

come le principali materie prime e i combustibili fossili, ma indicava anche i limiti derivanti dalla capacità dell'ambiente di assorbire emissioni e rifiuti. Anche se i fatti non hanno confermato le pessimistiche conclusioni di questo rapporto - che non teneva conto delle grandi possibilità dello sviluppo tecnologico di sostituire materie prime scarse con altre abbondanti, e più in generale input materiali con quelli 'immateriali' - un primo segnale era stato lanciato con una notevole risonanza nell'opinione pubblica più attenta, al di là di quella generalmente ottenuta da un rapporto rigorosamente scientifico. La crisi energetica dell'anno successivo aumentò la portata del messaggio.

2.01

Il concetto di sostenibilità: Sostenibilità economica, sostenibilità sociale, sostenibilità ambientale, sostenibilità istituzionale (culturale)





2.02



2.03



2.04

2.02

Inquinamento dell'aria: Rilascio di inquinanti nell'atmosfera dagli impianti industriali

2.03

Inquinamento da traffico: Inquinamento atmosferico e acustico - ripercussioni su ambiente e salute

2.04

Gestione rifiuti: Problema di stampo ambientale tangibile ovunque, sia nei paesi industrializzati e tanto più in quelli in via di sviluppo

Nel 1977, fu costituita negli Stati Uniti una commissione di studio per analizzare l'influenza delle attività umane sul clima.

Anche se i principi alla base di questa possibile influenza, in particolare l'effetto serra, erano noti da molto tempo, si era fino ad allora pensato che si trattasse di un puro esercizio intellettuale. Fu così abbastanza uno shock quando le conclusioni di questo lavoro mostrarono che, in un futuro non molto remoto, le conseguenze delle attività umane avrebbero potuto cominciare a farsi sentire anche a livello di clima globale. È stato questo un primo indizio che la scala delle attività umane non era più trascurabile rispetto a quella dei fenomeni naturali e che quindi l'uomo poteva essere responsabile di cambiamenti naturali su scala planetaria.

Il termine sostenibilità compare per la prima volta in un rapporto di due organizzazioni delle Nazioni Unite e del WWF del 1980.

Il concetto di sviluppo sostenibile assume però una forma compiuta e ottiene una diffusione adeguata attraverso il cosiddetto 'Rapporto Brundtland' del 1987, nel quale viene definito come sviluppo capace di soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni. Questa definizione teorica ha richiesto molte elaborazioni e ancora oggi è oggetto di vivaci dibattiti, anche se possono essere indicati alcuni punti sui quali vi è accordo generale.

Si parla di sviluppo e non di crescita. La distinzione è importante: non si tratta soltanto di aumentare la quantità della produzione e dei beni a disposizione, ma la loro qualità e, più in generale, la qualità della vita. Il rendere più respirabile l'aria significherebbe eliminare le cause di malattie o di disagio: è importante tanto quanto disporre

di grandi quantità di beni materiali. Lo sviluppo, in altre parole, è una crescita di qualità e non solo di quantità.

In secondo luogo, la sostenibilità ha fondamentalmente tre dimensioni: ambientale, economica e sociale (quella istituzionale spesso non viene considerata). È chiaro che, mentre nei Paesi più sviluppati l'attenzione si è concentrata sugli aspetti ambientali, e più recentemente soprattutto su quelli legati alla stabilità del clima globale, nei Paesi in via di sviluppo la priorità viene data alla considerazione della sostenibilità economica: come sostenere un elevato ritmo di crescita, anche quantitativo, per tempi lunghi, senza minare le basi stesse dell'economia. Se i capitali non sono in qualche modo orientati e pilotati verso azioni di lungo termine, le logiche del mercato li indirizzeranno verso investimenti a breve termine, che trascurano i criteri della sostenibilità. Se consumiamo senza risparmio le materie prime (per esempio il petrolio) queste finiranno per scarseggiare e per crescere di prezzo.

Questa preoccupazione è evidentemente presente anche tra i Paesi più ricchi: anche se la loro attesa di ulteriore sviluppo economico è più modesta, lo stesso mantenimento del tenore di vita attuale è legato alla disponibilità di fonti energetiche adeguate, anche sul lungo termine. Inoltre, lo stesso processo di liberalizzazione e di apertura del mercato, che tanti vantaggi può dare sull'ottimizzazione degli investimenti, tende per sua natura a favorire gli investimenti con tempi più brevi di ritorno, spesso in contrasto con le necessità di lungo termine determinate dalla sostenibilità dello sviluppo (si pensi, per esempio, alle infrastrutture energetiche).

Per i Paesi più arretrati, poi, l'attenzione è posta

soprattutto sugli aspetti sociali, e in particolare su come arrivare a uno sviluppo mondiale che, anziché aumentare il divario tra i Paesi più ricchi e quelli più poveri (causa certa di insostenibilità nelle relazioni internazionali), e anche quello tra ricchi e poveri all'interno dello stesso Paese, costituisca uno strumento di eradicazione della povertà. **Inoltre, il modo in cui procede lo sviluppo economico ha molte altre implicazioni sociali, e si può immaginarne alcune collegate, per esempio, alla adeguata disponibilità di energia in un contesto rurale: non solo determina molte possibilità di lavoro, o migliora la redditività del lavoro svolto, contribuendo così alla creazione di reddito, ma influisce per esempio:**

- sullo sviluppo demografico, determinando la maggiore o minore crescita della popolazione e conseguentemente anche la sua distribuzione per età, prima di tutto perché porta ad avere meno figli da destinare a lavori routinari, quali la raccolta della legna da ardere e dell'acqua, e poi anche perché consente una maggiore informazione (tramite radio e televisione) sulle possibilità di **pianificazione familiare**;
- sulla qualità di vita nelle campagne, e quindi sul rapporto città-campagna, diminuendo o rallentando il fenomeno (così importante oggi nei Paesi via di sviluppo) della urbanizzazione e della nascita delle megalopoli;
- sul ruolo delle donne all'interno della famiglia, della comunità, dell'intera nazione perché le sottrae ai compiti di raccolta della legna e dell'acqua o di cottura dei cibi, permettendo loro di istruirsi, di svolgere lavori direttamente produttivi e quindi anche di conquistarsi una posizione sociale nuova;
- sulla salute: basti pensare, per esempio, all'in-

quinamento dell'aria nelle abitazioni dove si cucina su un primitivo fornello a legna, che provoca gravi danni all'apparato respiratorio, specie delle donne e dei bambini, e che è possibile sostituire prima di tutto con modelli più evoluti, di gran lunga più efficienti e meno inquinanti, e poi anche con combustibili differenti; o alla conseguenza del bere acqua non purificata, alla diffusione della malaria, dell'AIDS, della tubercolosi, delle malattie infettive dei bambini dovute alla impossibilità di seguire norme igieniche adeguate, alla mancanza di energia per il pompaggio, il filtraggio e la disinfezione dell'acqua, per alimentare i frigoriferi, necessari per conservare i vaccini e altre medicine, per fare arrivare a tutti un'informazione sufficiente sulle precauzioni igieniche da adottare.

La disponibilità di energia può fare molto per risolvere il problema della fame, essenzialmente in due modi: o permettendo attività di industria, artigianato, servizi che generano reddito e quindi consentono di acquistare cibo; o in agricoltura è necessaria sia direttamente, per le operazioni sul terreno, l'irrigazione, le operazioni post-raccolto (trattamento e conservazione), le serre e così via; sia indirettamente, per produrre fertilizzanti, pesticidi e altri prodotti chimici e biologici.

Il culmine del discorso sulla sostenibilità è stato raggiunto con la Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo, tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 1992 e nota anche come il *vertice della terra*. Molti ambientalisti hanno considerato con scetticismo i risultati di questa Conferenza, nella quale le posizioni di molti Paesi, a cominciare dagli Stati Uniti tra quelli industriali, sono rimaste ancorate alla difesa dei privilegi già raggiunti, mentre la maggioranza dei Paesi in via di sviluppo ha accusato quelli più ricchi di aver



a



b



c

2.05

Sviluppo economico e disponibilità di energia: Numerose sono le implicazioni sociali: a) l'aumento della qualità di vita nelle campagne riesce a rallentare il fenomeno dell'urbanizzazione e la nascita delle megalopoli b) ruolo della donna c) impatti sulla salute delle persone

contaminato il pianeta e di voler far pagare i costi di risanamento a quelli più poveri. Tuttavia, alcuni risultati importanti sono stati raggiunti: la preparazione dell'Agenda 21, cioè di un piano d'azione proiettato nel ventunesimo secolo per la realizzazione dello sviluppo sostenibile; la firma delle Convenzioni sul cambiamento climatico, la desertificazione e la biodiversità; e una fortissima diffusione a livello mondiale di concetti ambientali e di sostenibilità che erano precedentemente rimasti confinati a cerchie ristrette di specialisti.

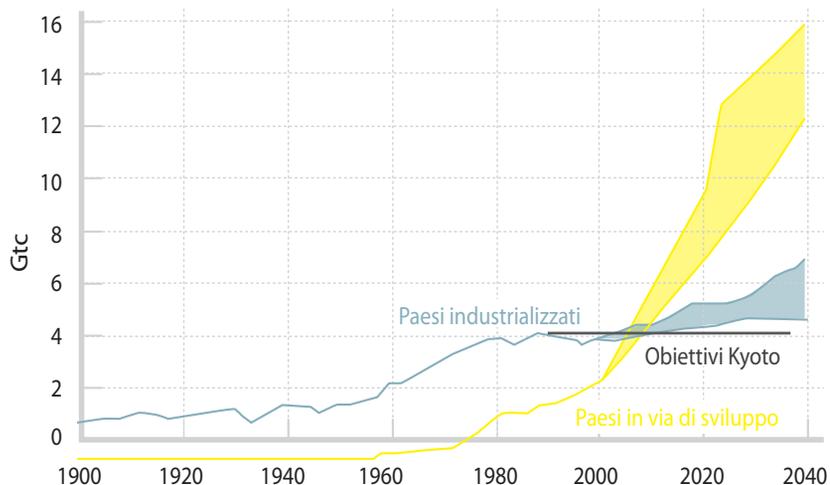
Il percorso della sostenibilità dopo la Conferenza di Rio, rispetto alle previsioni, ha incontrato più ostacoli, ed è stato certamente più lento. La parte che forse ha avuto il maggiore sviluppo è stata la Convenzione sul clima globale, che nella terza Conferenza delle Parti (cioè di tutti i 170 Paesi firmatari della Convenzione) tenutasi a Kyoto nel dicembre del 1997, ha approvato il primo Protocollo di attuazione della Convenzione, che comporta una serie di impegni per i Paesi industrializzati. L'iter di questo Protocollo ha incontrato qualche difficoltà, ma si è finalmente concluso nel febbraio del 2005, con la ratifica da parte della Federazione Russa, con la quale è entrato nel pieno della sua operatività. Così come si è quasi completata la definizione dei meccanismi di flessibilità, che dovrebbero permettere di coinvolgere nel processo anche i Paesi in via di sviluppo.

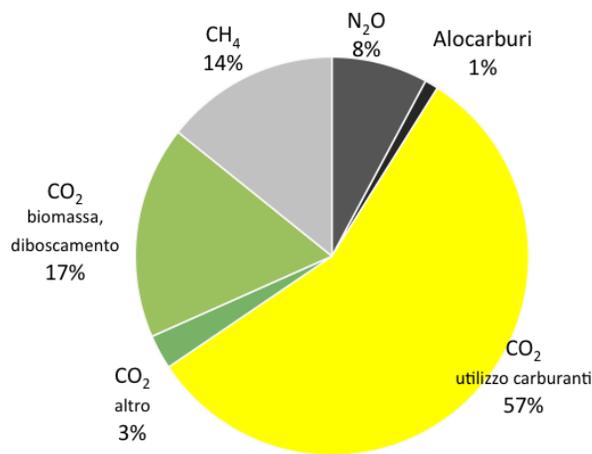
Si comincia oggi a parlare di quello che dovrebbe essere il dopo Kyoto, visto che questo Protocollo non è che l'inizio: le riduzioni di emissioni dovranno essere molto più radicali, ma dovranno coinvolgere un pò tutti i Paesi, in particolare quelli in rapida industrializzazione, che conteranno per quasi il 50% delle emissioni di gas serra a partire dal 2050.

Eppure, nonostante la sua rilevanza, l'edilizia (il modo in cui si costruiscono le case e le città) ha ricevuto un'attenzione modesta nelle grandi assisi internazionali. Per esempio, il Protocollo di Kyoto, nel citare esempi di campi di intervento prioritari per la riduzione delle emissioni di gas serra, non considera il settore dell'edilizia. Non è chiaro se sia una dimenticanza o un effetto della grande varietà di situazioni che non permettono soluzioni uniformi dappertutto, ma certamente è in contrasto con le opportunità, economicamente e socialmente favorevoli, di ridurre consumi energetici ed effetti ambientali nelle abitazioni, negli edifici commerciali e di servizi, nelle città, almeno per quanto riguarda i Paesi industrializzati e in particolare l'Italia.

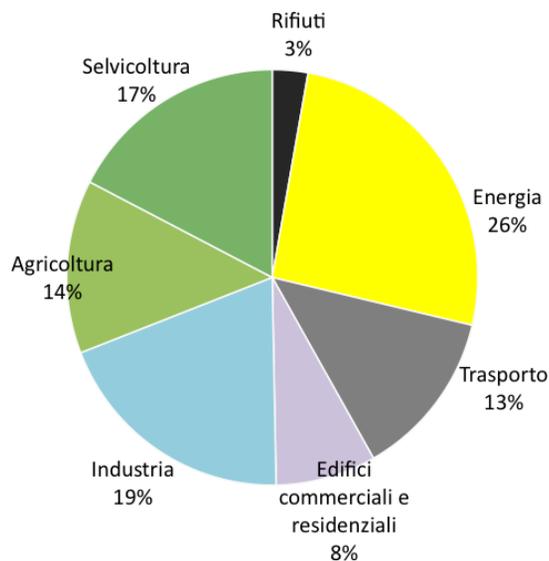
Nel 2004 il Parlamento Europeo ha approvato la direttiva *European Union Emissions Trading*, ossia il commercio dei diritti di emissione, che obbligherà le imprese europee (soprattutto attività energetiche, produzione e lavorazione di metalli, industria mineraria, ossia del cemento, della ceramica e del vetro) a ridurre entro il 2012 le

2.06
Previsioni emissioni gas serra *Energy Visions 2030*:
Dopo il 2020 la maggior parte delle emissioni di CO₂ proverranno dai paesi in via di sviluppo, come Cina e India





2.07



2.08

2.07
Tipologie di gas serra:
Emissioni del 2004 secondo
l'UNEP

2.08
Settori di gas serra: Emis-
sioni di gas serra divise per
settore, 2004, UNEP

emissioni gas serra del 8% rispetto al livello del 1990 (fase II della direttiva); la Commissione Europea intende però prevedere un uso limitato dei meccanismi flessibili andando in questo modo a onerare eccessivamente le imprese, che saranno anche gravate dall'aumento dei prezzi dell'energia elettrica.

I meccanismi di Kyoto coinvolgono anche il settore delle costruzioni, che potrebbe ridurre la domanda di energia attraverso la costruzione di edifici a basso consumo energetico, migliorare l'efficienza termica tramite la costruzione di reti di teleriscaldamento, diminuire il fabbisogno energetico dei processi di produzione dei componenti edilizi.

Nel 1999 è stato rilevato che la CO₂ presente in atmosfera ammontava a 25 miliardi di tonnellate (WIENKE, 2002). Il rapporto ambientale dell'European Environment Agency del 2009 sulle emissioni di gas serra in Europa (*Greenhouse gas emission trends and projection in Europe*) descrive che le emissioni di gas serra sono state ridotte in Europa del 2,3% tra il 1990 e il 2001. Nove Stati Membri non hanno attivato sufficienti politiche nazionali per ottenere gli obiettivi di Kyoto: Austria, Belgio, Danimarca, Grecia, Wanda, Italia, Olanda, Portogallo, Spagna. Tra il 1990 e il 2001 sono diminuite le emissioni in molti settori (energetico, industriale, agricolo, gestione dei rifiuti) ma sono aumentate del 18% le emissioni del settore dei trasporti. Anche il settore edile ha contribuito alla riduzione delle emissioni grazie alla conversione di molti impianti dall'uso di gasolio all'uso di gas naturale, grazie alla diffusione dell'uso di biomasse, grazie alla maggiore efficienza energetica degli edifici determinata dall'incremento dell'isolamento termico e dall'aumento nell'uso del solare termico. La riduzione delle emissioni nel settore edile è stata

del 3%, nonostante l'aumento del parco edilizio.

In Italia il recepimento del Protocollo di Kyoto è avvenuto attraverso la delibera CIPE del 1998, con la quale sono state approvate le 'Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni del gas serra' e che prevede la costituzione di un 'Fondo nazionale per la protezione del clima', le cui risorse dovrebbero essere costituite dai proventi della *carbon tax*.

Gli obiettivi della delibera, che sono stati ripresi anche dal documento 'Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia' (Deliberazione n. 57 del 2 agosto 2002, pubblicata nel Supplemento Ordinario n. 205 della Gazzetta Ufficiale Italiana n. 255 del 30 ottobre 2002) redatto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio per la riduzione delle emissioni dei gas serra, sono:

- aumento dell'efficienza del parco termoelettrico (liberalizzazione del mercato uso efficiente dell'energia elettrica con la delibera 96/92/CE)
- riduzione dei consumi energetici nel settore dei trasporti (miglioramento dei trasporti pubblici, trasferimento modale del trasporto merci da strada a ferrovia, sviluppo dei servizi telematici sostitutivi di mobilità)
- incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili ovvero il raddoppio del contributo energetico delle energie rinnovabili: la potenza elettrica aumentata da fonti rinnovabili dovrà passare dai 17.100MW del 1997 a 24.700MW del 2008-2012 grazie all'incremento della produzione da biomasse, eolico, fotovoltaico, geotermia, idroelettrico, rifiuti, biogas

- riduzione dei consumi energetici nei settori industriale, abitativo e terziario: la direttiva IPPC (Prevenzione e controllo integrato dell'inquinamento) impone massimizzazione dell'efficienza energetica nei processi industriali
- riduzione delle emissioni nei settori non energetici
- assorbimento delle emissioni di CO₂ dalle foreste (le attività forestali sono considerate pozzi di assorbimento di gas serra e quindi conteggiati come strumenti di riduzione, che acquisiscono crediti di carbonio).

Un ruolo importante in questo scenario lo ha assunto la classe politica: il ruolo delle Pubbliche Amministrazioni risulta infatti centrale per agevolare gli interventi e definire gli obiettivi. Il *Libro Verde* sull'ambiente (i Libri Verdi sono documenti di riflessione su un tema politico specifico pubblicati dalla Commissione Europea) afferma esplicitamente che le amministrazioni pubbliche devono assumersi le proprie responsabilità ed essere le prime a creare una domanda di prodotti ecologici. Infine incrementare la domanda di prodotti ecocompatibili consente di riorientare il mercato, di cui le amministrazioni pubbliche costituiscono una buona fetta.

Si parla di integrazione sia per quanto riguarda i soggetti coinvolti che per quanto riguarda gli strumenti e i metodi di valutazione. Innanzitutto si cerca di individuare un quadro di riferimento comune per tutti gli Stati membri dell'Unione Europea, che veda il coinvolgimento di tutti gli operatori del processo, tramite diverse forme di responsabilizzazione. La valutazione della compatibilità ambientale dei prodotti prevede l'esame di tutto il processo, attraverso l'analisi dell'in-

tero ciclo di vita; questo richiede ovviamente anche l'utilizzo 'integrato' di strumenti diversi, sia per tipo di analisi (ecobilanci, ecoaudit, ecc.) che per scala di approccio (dal prodotto al territorio).

2.2 DIMENSIONE ENERGETICA NELL'EDILIZIA OGGI: LO SCENARIO LEGISLATIVO

A partire dal 1979, quando si tiene la prima Conferenza mondiale sul clima, si iniziano a capire realmente quali possano essere i problemi dovuti ai cambiamenti climatici, che investivano una scala globale, per questo la tematica avrebbe dovuto essere trattata a livello internazionale e non nelle singole politiche nazionali. I Governi di tutto il mondo sono invitati dalle Nazioni Unite a ridurre le cause all'origine dei cambiamenti climatici. Si approva, inoltre, un Programma mondiale di ricerca sul clima (WCRP), sostenuto dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP), dall'organizzazione meteorolo-

gica mondiale (WMO) e dal Consiglio internazionale delle società scientifiche (ICSU).

Nel 1988, il WMO e l'UNEP costituiscono un Gruppo intergovernativo sull'evoluzione del clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*) con il compito di valutare lo stato delle conoscenze scientifiche, tecniche e socioeconomiche sulle cause e le conseguenze di un cambiamento climatico globale.

Nel 1990, è pubblicato il primo Rapporto di valutazione dell'IPCC che rappresenta un bilancio delle conoscenze sui sistemi climatici, sulle ricadute sull'ambiente, l'economia e la società.

L'Assemblea generale delle Nazioni Unite approva l'avvio di un negoziato per la stesura di un trattato internazionale. Viene organizzata la seconda Conferenza mondiale sul clima, alla quale partecipano 137 Stati e l'Unione Europea, che sancisce l'apertura dei negoziati per l'elaborazione di una Convenzione per la protezione del clima. Tale Conferenza approva la dichiarazione finale che fissa i principi della Convenzione sul clima e, quindi, le idee che guideranno tutti i Vertici Mondiali degli anni successivi. Tali principi individuano la responsabilità comune ma distinta delle Parti, rappresentate sia da Paesi industrializzati che da Paesi in via di sviluppo, e si basano sulla valutazione delle emissioni di gas serra che tengano conto dei processi di sviluppo sostenibile e dei processi di prevenzione.

Nel 1992 durante la Conferenza Mondiale sull'Ambiente di Rio de Janeiro, finalmente gli Stati hanno firmato la 'Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici' (*United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC*) che, dopo essere stata ratifica-

2.09

Summit internazionale sull'ambiente Rio de Janeiro 1992: Durante la conferenza mondiale viene firmata la 'Convenzione sui Cambiamenti Climatici'



ta da 50 Stati, è entrata in vigore nel 1994.

Nel 1995, è organizzata a Berlino la **prima Conferenza delle Parti (COP-1)** che diventa la cosiddetta Autorità per la Convenzione.

Sono indetti colloqui su nuovi obblighi e si stabiliscono nuovi obiettivi per la limitazione e la riduzione delle emissioni entro determinati periodi temporali (2005,2010, 2015). Per i Paesi in via di sviluppo, non sono invece previsti nuovi obblighi.

L'anno successivo, a Ginevra, durante la seconda Conferenza delle Parti (COP-2), i rappresentanti dei Governi sottolineano l'importanza di un Protocollo aggiuntivo che stabilisca degli obiettivi quantitativi vincolanti.

Nel dicembre del 1997 a Kyoto, si svolge la terza Conferenza (COP-3), il summit forse più fa-

moso e seguito dai mass-media e dall'opinione pubblica mondiale: più di 10.000 rappresentanti fra governi, economisti, scienziati, osservatori, giornalisti e membri di organizzazioni non governative partecipano a questa Conferenza che si conclude l'11 dicembre con l'approvazione del Protocollo di Kyoto.

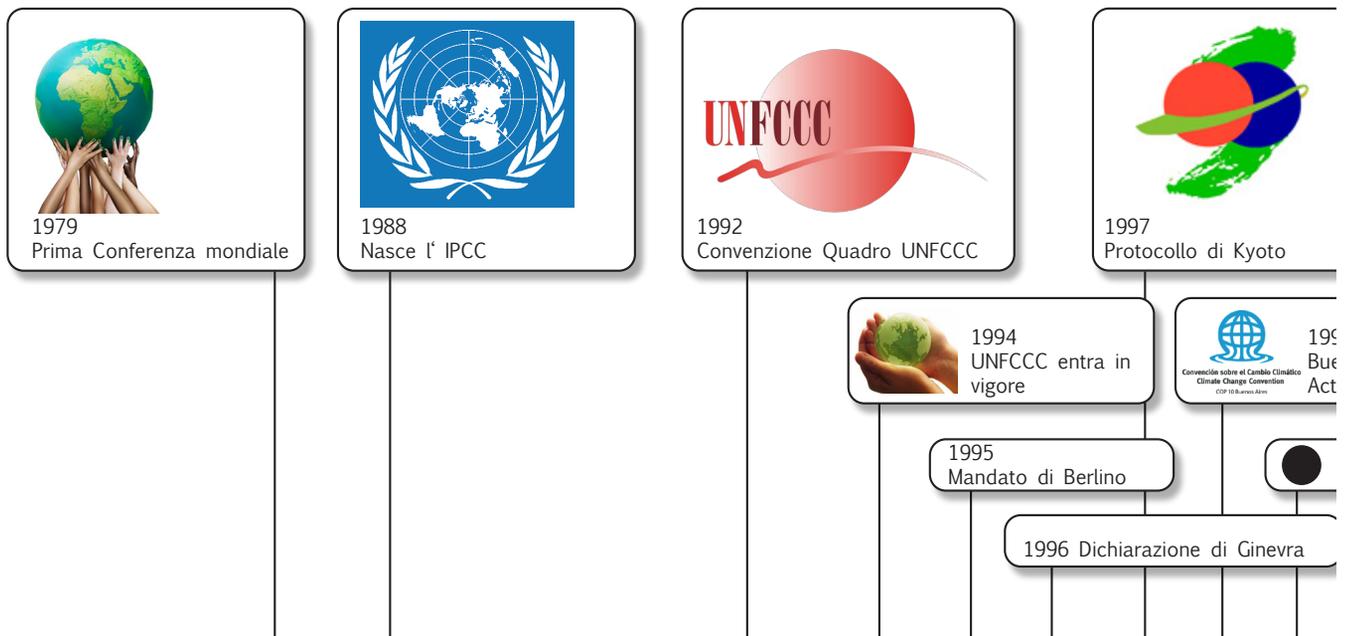
Il Protocollo è la base per una politica di riduzione delle emissioni vincolata a livello internazionale che obblighi i Paesi industrializzati a ridurre le proprie emissioni di gas a effetto serra nel periodo 2008-2012 mediamente del 5,2% rispetto ai livelli raggiunti nel 1990.

Ogni successiva edizione della Conferenza delle Parti (COP), ruota intorno al Protocollo e alla definizione applicativa dei meccanismi posti in essere, con l'obiettivo di avviarne la ratifica e quindi l'entrata in vigore.



2.10

2.10 Protocollo di Kyoto: Logo per l'entrata in vigore del protocollo, il summit internazionale sull'ambiente più popolare



Un momento significativo è l'approvazione, nel 1998, durante la quarta Conferenza (COP-4) nella capitale argentina, del *Buenos Aires Plan of Action*, il piano d'azione per rendere concrete le misure previste da adottare.

A Bonn, nel 1999, dove ha luogo la quinta Conferenza (COP-5), si preme per l'attuazione del Protocollo entro l'anno 2000 in modo che, esattamente dopo dieci anni dal vertice di Rio, possa entrare in vigore, nel 2002.

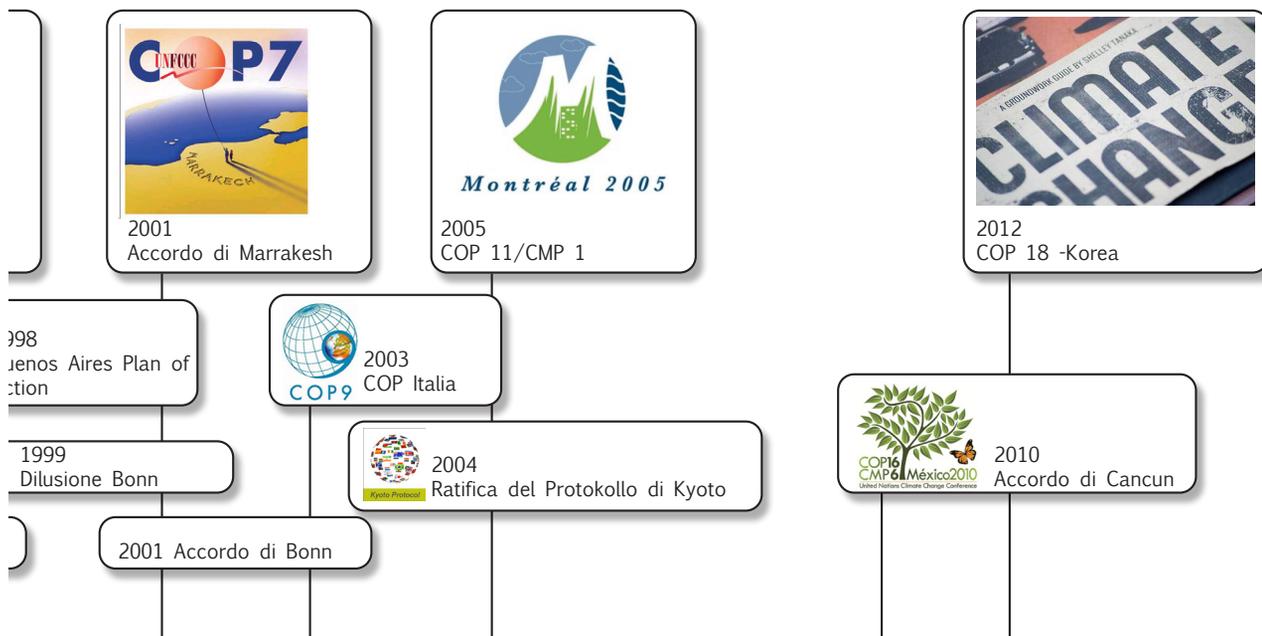
La conferenza dell'Aja, del 2000, la sesta edizione della Conferenza delle Parti (COP-6), vede le posizioni degli Stati Uniti e degli Stati Europei nettamente contrapposte. Gli Stati Uniti auspicano una massima liberalizzazione nell'uso dei meccanismi di flessibilità al fine di massimizzare il contenimento dei costi della riduzione di gas serra e dell'incremento degli assorbimenti di car-

bonio attraverso i *sinks* (pozzi di assorbimento di CO₂ che di fatto sono i polmoni verdi del pianeta come foreste, suoli agricoli) mentre gli Stati Europei propongono un ricorso alle misure interne per realizzare almeno il 50% della riduzione prevista. Proprio su questo le trattative stagnano e non si raggiunge nessun accordo, anzi, qualche mese dopo, gli Stati Uniti, maggiori responsabili delle emissioni di gas effetto serra, dichiarano di non voler ratificare il protocollo di Kyoto, nonostante ci sia la volontà di accordo sul miglioramento dell'efficienza energetica e la promozione della ricerca sulle tecnologie rinnovabili.

In occasione della Conferenza straordinaria di Bonn, nel giugno 2001, e nonostante la defezione degli Stati Uniti, sono confermati da parte di tutti i Paesi Industrializzati coinvolti, gli impegni di ordine quantitativo per la riduzione delle emissioni nocive.

2.11

Storia della protezione dell'ambiente: 1979 si tiene la prima conferenza mondiale sul clima, nel 1997 si approva il Protocollo di Kyoto, nel 2004 esso viene ratificato, nel 2012 ci sarà il prossimo COP in Corea



Nel novembre 2001, durante la Conferenza a Marrakesh (COP-7), si raggiunge un accordo per la liberalizzazione del ricorso a strumenti flessibili e sono definiti altri aspetti essenziali al funzionamento del Protocollo stesso. L'ottava conferenza di Nuova Delhi (COP-8) segna l'avvio operativo del *Clean Development Mechanism* CDM, uno dei meccanismi flessibili previsti dal Protocollo. Tale strumento consente ai Paesi industrializzati di rispettare il proprio obiettivo di riduzione nazionale ricorrendo a iniziative di riduzione delle emissioni in cooperazione con Paesi in via di sviluppo, consentendo dunque alle imprese dei Paesi sviluppati di ottenere crediti di emissione.

Nel dicembre 2003, a Milano si è tenuta la nona Conferenza (COP-9). Si sperava in questa occasione che la Russia ratificasse il Protocollo di Kyoto, ma non si è avvenuto.

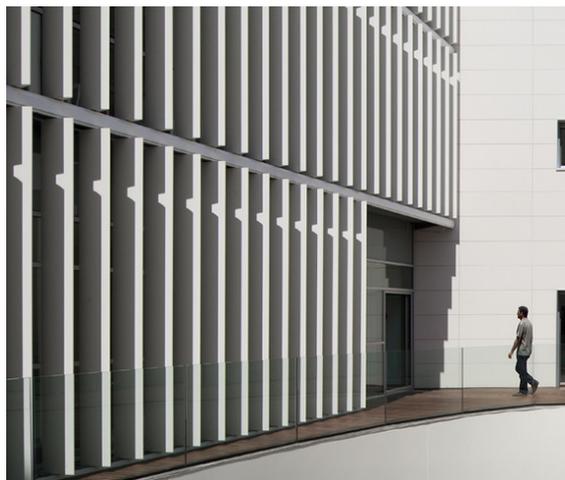
Nel dicembre 2004 si è tenuta a Buenos Aires la decima Conferenza (COP-10), in cui finalmente la Russia ha ratificato il Protocollo di Kyoto. Si è discusso degli aspetti pratici dell'attuazione del protocollo in vista della sua entrata in vigore, il 16 febbraio 2005.

Dopo questa serie di conferenze, tenutesi in varie parti del mondo per far fronte all'emergenza ambientale, in Italia è entrata in vigore la direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee del 4 gennaio 2003, la normativa che regola il rendimento energetico in edilizia.

La direttiva era stata fortemente voluta dato che i consumi di energia in edilizia, a livello di

Unione Europea, erano aumentati sia in valore assoluto sia in percentuale (anche se in misura inferiore ai consumi nel settore dei trasporti), grazie alla diminuzione dei consumi nel settore industriale, e rappresentavano e tutt'ora rappresentano il 40% della domanda. Queste considerazioni valgono in particolare anche per l'Italia. In parallelo al consumo di energia crescono anche le emissioni di anidride carbonica (anche se in misura inferiore a causa dell'aumento della penetrazione del metano rispetto al gasolio per il riscaldamento). Se l'Europa ha serie intenzioni di rispettare gli impegni presi con la firma del Trattato di Kyoto, il settore su cui intervenire prioritariamente è quello edilizio.

La direttiva fissa una serie di linee-guida cui i diversi Paesi membri dovranno adeguarsi, promulgando un'apposita legislazione o adeguando quella esistente. Rispetto al passato, vi è una maggiore attenzione al raffrescamento e al condizionamento d'aria. Un motivo è certamente l'aumento del tenore di vita e della richiesta di comfort, che hanno fatto crescere nell'ultimo decennio la domanda energetica per il condizionamento molto più che non quella per il riscaldamento degli edifici (anche se quest'ultima è ancora prevalente, non è più lecito trascurare la prima). Un secondo motivo può essere la crescente integrazione tra sistemi di riscaldamento e sistemi di raffrescamento, sia attraverso le pompe di calore reversibili, sia attraverso i sistemi passivi. Un terzo motivo è rappresentato da un maggiore interessamento per i Paesi dell'Europa mediterranea, dove il condizionamento sta diventando una necessità. La direttiva presta attenzione alle opportunità offerte dall'edilizia bioclimatica, che consente sostanziali risparmi energetici nel riscaldamento, nel raffrescamento e nell'illuminazione, ottenibili con una progettazione intelligente che ottimizzi la tipologia e l'o-



a



b



c

2.12

Architettura bioclimatica:
 a) Utilizzo di frangisole (Edificio Sant Joan De Déu numancia, CPVA Arquitectes, Barcelona, Spain 2011) b) integrazione del verde nel sistema di facciata (San Telmo Museum Extension, Nieto Sobejano Arquitectos, San Sebastián, Spain 2011) c) attenzione alla dimensione e disposizione delle aperture (Woodhouse in Caviano, Markus Wespi & Jérôme De Meuron, Caviano, Switzerland 2009)

rientamento degli edifici, la scelta dei materiali (in base non solo alla coibentazione ma anche all'inerzia termica), le dimensioni e la disposizione delle finestre (per avere un adeguato equilibrio tra apporti solari al riscaldamento, ventilazione naturale e illuminazione diurna rispetto alle dispersioni termiche), l'adozione di frangisole fissi o orientabili, l'apporto della vegetazione e dell'acqua ecc. Gli interventi di tipo bioclimatico sono particolarmente semplici, efficaci ed economicamente convenienti quando si realizzano nuovi edifici, ma possono fornire contributi importanti anche nel caso di ristrutturazioni. Tutto questo richiede un'adeguata analisi delle condizioni climatiche locali, non solo riferendosi, come tradizionalmente si fa, ai "gradi-giorno" (cioè la somma degli scostamenti giornalieri della temperatura media da quella di riferimento), ma anche tenendo conto dell'insolazione, dell'umidità, dei venti prevalenti ecc. Ed è proprio qui che cominciano le difficoltà.

La direttiva comprende quattro elementi principali:

- una metodologia comune di calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici
- i requisiti minimi sul rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione e degli edifici già esistenti sottoposti a importanti ristrutturazioni
- i sistemi di certificazione degli edifici di nuova costruzione ed esistenti e l'esposizione negli edifici pubblici degli attestati di rendimento energetico e di altre informazioni pertinenti. Gli attestati devono essere stati rilasciati nel corso degli ultimi cinque anni
- l'ispezione periodica delle caldaie e degli impianti centralizzati di aria condizionata negli

edifici e la valutazione degli impianti di riscaldamento dotati di caldaie installate da oltre 15 anni (RUGGERI, 2002).

edifici siano effettuati da personale qualificato e indipendente.

La Commissione, assistita da un comitato, è responsabile dell'adeguamento dell'allegato al progresso tecnico. L'allegato contiene gli elementi da prendere in considerazione nel calcolo del rendimento energetico degli edifici e le prescrizioni relative al controllo delle caldaie e degli impianti centralizzati di aria condizionata.

In Italia, la direttiva 2002/91/CE sull'efficienza energetica negli edifici è stata recepita dal decreto legislativo del 19 agosto 2005 n. 192.

Il decreto rende obbligatoria la certificazione energetica per gli edifici di nuova costruzione a partire dalla data 8 ottobre 2006. Il decreto prevede altresì la figura del 'certificatore energetico' i cui requisiti professionali e criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza di questa figura professionale o organismi verranno stabiliti dai futuri decreti attuativi.

Per quanto riguarda invece gli edifici esistenti per sviluppare la certificazione e per quelli di nuova costruzione per il controllo della conformità del progetto con il costruito è possibile valutare la trasmittanza della struttura (vedi FIG. 2.13) con una misura in opera in accordo con la norma ISO 9869.

2.13
Valori U secondo d. lgs. n. 192: trasmittanza per la zona climatica E (Milano)

La metodologia comune di calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici dovrebbe tenere conto di tutti gli elementi che concorrono a determinare l'efficienza energetica, e non più soltanto della qualità dell'isolamento termico dell'edificio. Tale impostazione integrata dovrebbe tenere conto di fattori quali gli impianti di riscaldamento e di raffreddamento, gli impianti di illuminazione, la posizione e l'orientazione dell'edificio, il recupero del calore ecc. .

Per quanto riguarda il campo di applicazione, la direttiva riguarda il settore residenziale e quello terziario (uffici, edifici pubblici ecc.); alcuni edifici sono però esclusi dal campo di applicazione delle disposizioni relative alla certificazione, per esempio gli edifici storici, i siti industriali ecc. La direttiva tratta tutti gli aspetti dell'efficienza energetica degli edifici per affrontare questa problematica con una vera visione d'insieme.

All'atto della costruzione, della compravendita o della locazione di un edificio deve essere disponibile l'Attestato di rendimento energetico. La direttiva si concentra in particolare sulla locazione per garantire che il proprietario, che di norma non paga le spese per il consumo energetico, adotti i provvedimenti necessari.

Essa prevede tuttavia anche che i locatari siano messi in condizione di regolare il consumo di calore e acqua calda se tali misure sono economicamente convenienti.

Gli Stati membri sono responsabili dell'elaborazione delle norme minime e sono tenuti a garantire che la certificazione e il controllo degli

Elemento tecnologico	Dal 01/01/2006	Dal 01/01/2009
Strutture verticali	0,46	0,37
Strutture orizzontali	0,43	0,34
Chiusura trasparenti	2,80	2,50
Vetri	2,40	1,90

Sulla base della maggiore affidabilità dei risultati, della rapidità di esecuzione, della non invasività del metodo e infine per il ridotto coinvolgimento di soggetti, l'ANIT, in collaborazione con il Politecnico di Torino, ha sviluppato una procedura per la misura della trasmittanza in opera che riassume le caratteristiche degli strumenti, la loro posa in opera e la rielaborazione dei dati necessari alla corretta valutazione della trasmittanza.

2.14

Energia + Architettura: Ogni anno viene assegnato il premio europeo per il miglior progetto ad alta efficienza energetica 'Energie + Architektur'. Nel 2011 il premio va al team di progettazione tedesco Depisch Architekten per un albergo situato a Monaco

2.3 NUOVE PROSPETTIVE DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: LA DIRETTIVA 2010/31/CE

La nuova direttiva 2010/31/CE, che sostituisce la 2002/91/CE, promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche e

dell'efficacia sotto il profilo dei costi, e delinea il quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici al quale gli Stati membri dell'Unione Europea dovranno adeguarsi. Questo calcolo per la determinazione della prestazione energetica si dovrà basare sulle caratteristiche termiche dell'edificio e delle sue divisioni interne (capacità termica, isolamento, riscaldamento passivo, elementi di raffrescamento, ponti termici), degli impianti di riscaldamento, di produzione di acqua calda, di condizionamento, di illuminazione, e sulla base dell'orientamento dell'edificio, dei sistemi solari passivi e di protezione solare, ecc. La direttiva stabilisce che i requisiti minimi della prestazione energetica (che i singoli Stati fisseranno e aggiorneranno ogni cinque anni) dovranno essere applicati agli edifici di nuova costruzione, esistenti e ristrutturati, e agli elementi dell'involucro edilizio e dai sistemi tecnici importanti per la prestazione energetica. Per quanto riguarda gli edifici di nuova costruzione, prima dell'inizio dei lavori deve essere valutata la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi ad alta efficienza, se disponibili, tra cui: sistemi di fornitura energetica decentrati basati su fonti rinnovabili; cogenerazione; teleriscaldamento o teleraffrescamento; pompe di calore. Per gli edifici esistenti, qualora fossero sottoposti a ristrutturazioni importanti, devono migliorare la propria prestazione energetica, al fine di soddisfare i requisiti minimi; nella ristrutturazione devono essere valutati sistemi alternativi ad alto rendimento. Gli Stati dovranno stabilire requisiti minimi relativi ai sistemi tecnici per l'edilizia (impianti di riscaldamento, sistemi di produzione di acqua calda, impianti di condizionamento d'aria, grandi impianti di ventilazione), al fine di ottimizzarne i consumi e potranno promuovere l'introduzione di sistemi di misurazione intelligenti. Potranno



essere esclusi dalla direttiva gli edifici tutelati, gli edifici adibiti al culto, i fabbricati temporanei, i siti industriali, le officine, gli edifici agricoli, gli edifici residenziali utilizzati meno di 4 mesi all'anno, i fabbricati indipendenti sotto i 50 m².

La direttiva prevede che vengano redatti piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero, cioè di edifici ad altissima prestazione energetica, in cui il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili. Entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere edifici a energia quasi zero. Per gli edifici pubblici questa scadenza è anticipata al 31 dicembre 2018.

Entro il 30 giugno 2011, gli Stati membri dovranno predisporre strumenti di finanziamento e incentivi per favorire il miglioramento energetico degli edifici e il passaggio a edifici a energia quasi zero.

Gli Stati membri dovranno istituire un sistema di certificazione energetica degli edifici. L'attestato di prestazione energetica comprenderà la prestazione energetica di un edificio e i valori di riferimento, quali i requisiti minimi di prestazione energetica. Il certificato, di validità massima 10 anni, potrà contenere informazioni supplementari e raccomandazioni per il miglioramento efficace o ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica.

Il certificato di prestazione energetica dovrà essere rilasciato sia per gli edifici o le unità immobiliari costruiti, venduti o locati, sia per gli edifici in cui una porzione di oltre 500 metri quadri è occupata da enti pubblici e frequentata dal pubblico. Dopo cinque anni dall'entrata in vigore della direttiva, la soglia di 500m² è abbassata a 250m².

Non è obbligatorio rilasciare il certificato qualora sia già disponibile e valido un certificato rilasciato conformemente alla direttiva 2002/91/CE. In caso di costruzione, vendita o locazione, il certificato di prestazione energetica dovrà essere mostrato al potenziale acquirente o nuovo locatario e consegnato all'acquirente o al nuovo locatario. In caso di vendita o locazione di un edificio prima della sua costruzione, gli Stati potranno disporre che il venditore fornisca una valutazione della futura prestazione energetica dell'edificio; in tal caso, il certificato di prestazione energetica deve essere rilasciato entro la fine della costruzione. In caso di offerta in vendita o in locazione di edifici o unità immobiliari aventi un certificato di prestazione energetica, l'indicatore di prestazione energetica dovrà essere riportato in tutti gli annunci commerciali.

Negli edifici pubblici, il certificato di prestazione energetica dovrà essere esposto al pubblico. La direttiva disciplina, infine, le ispezioni degli impianti di riscaldamento degli edifici dotati di caldaie con una potenza superiore a 20kW e degli impianti di condizionamento d'aria con potenza superiore a 12kW. La certificazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria dovranno essere effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati, operanti in qualità di lavoratori autonomi o come dipendenti di enti pubblici o di imprese private. L'accredito degli esperti sarà effettuato tenendo conto della loro competenza. Anche i sistemi di controllo per i certificati di prestazione energetica e i rapporti di ispezione degli impianti dovranno essere indipendenti.

La proposta si inserisce nell'ambito delle iniziative della Comunità in relazione ai cambiamen-



2.15

ti climatici (impegni assunti con il protocollo di Kyoto) e alla sicurezza dell'approvvigionamento (Libro verde sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico). La Comunità dipende più che in passato dalle fonti esterne di energia, mentre sono in aumento le emissioni di gas a effetto serra. La Comunità non può influire molto sull'approvvigionamento di energia, ma può agire sulla domanda. Ridurre il consumo di energia migliorando l'efficienza energetica è una delle possibili soluzioni di questi due problemi.

Il consumo di energia per i servizi connessi agli edifici equivale a circa un terzo del consumo energetico dell'UE. La Commissione ritiene possibile realizzare ingenti risparmi attraverso iniziative in questo settore, contribuendo così al conseguimento degli obiettivi connessi ai cambiamenti climatici e alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico. Per raccogliere tali sfide di carattere comunitario occorre definire misure a livello comunitario.

La direttiva fa seguito ai provvedimenti relativi alle caldaie (direttiva 92/42/CEE), ai prodotti da costruzione (direttiva 89/106/CEE) e alle disposizioni del programma SAVE sugli edifici. Nonostante esista una direttiva sulla certifica-

ne energetica degli edifici (direttiva 93/76/CEE, abrogata dalla direttiva 2006/32/CE), si tratta di un provvedimento adottato in un contesto politico diverso, dopo la conclusione dell'accordo di Kyoto e del clima di incertezza in relazione all'approvvigionamento energetico dell'Unione europea.

Tale direttiva non persegue gli stessi obiettivi della direttiva 2002/91/CE, che costituisce uno strumento complementare e propone interventi concreti per colmare le attuali lacune.

Referenze:

- DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia;
- DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia;
- ROCKWOOL, *Efficienza Energetica degli Edifici*, <<http://www.rockwool.it/download/pubblicazioni/efficienza+energetica+degli+edifici>>, 2011;
- B. RUGGERI, A. ROBASTO, *Progettare per l'ambiente: guida alla progettazione ecoefficiente dei prodotti*, Ranieri Editore, Milano 2002;
- U. WIENKE, *L'edificio passivo. Standard Requisiti Esempi*, Alinea, Firenze 2002;

2.15

Efficienza energetica: Il risparmio energetico e alta efficienza energetica diventano temi sempre più importanti, soprattutto che cosa riguarda il settore edilizio

03

Abitare - soddisfare

Nuovi meccanismi dell'abitare contemporaneo

L'idea dell'abitare ha subito sensibili cambiamenti e i modelli abitativi codificati non sembrano più in grado di rispondere alle esigenze di un'utenza in continua trasformazione.

Oggi si cambia non solo la residenza, ma ci si muove anche tra diversi cicli di vita, i quali richiedono pretese differenti allo spazio abitativo. La disintegrazione di norme sociali riguardo ai nuclei familiari incentivano nuovi concetti circa la composizione tipologica dell'abitazione. Il crescente aumento del flusso migratorio e l'instaurarsi di una popolazione multietnica richiede la messa a punto di nuove proposte tipologiche. La crescente pluralità e mutevolezza dei concetti di

vita promuovono il desiderio del singolo di individualizzare il suo ambiente domestico.

Il mercato immobiliare, basandosi su valori di esperienza e agendo quindi secondo meccanismi e analisi in retrospettiva, non riesce più a soddisfare le nuove richieste poste da un'utenza più variegata, più differenziata, più colorata. Quali sono queste nuove richieste ed esigenze da soddisfare?

La progettazione residenziale deve dare una risposta a queste tendenze sociali, proponendo nuove soluzioni che varcano il limite tradizionale.

Abitare - Soddisfare: Nuovi meccanismi dell'abitare contemporaneo

3.1 MOLTEPLICITÀ DELLE ESIGENZE E FLESSIBILITÀ DELL'ABITARE

Lo scenario evolutivo sociale mostra una domanda caratterizzata da una forte segmentazione di utenti e stili di vita che necessita la rivisitazione delle proposte tipologiche tradizionali e l'ampliamento dell'offerta abitativa.

Come osserva MIRKO ZARDINI (2004) il concetto di abitazione non è più basato sulla concezione dell'architettura moderna coniata negli anni 20 con una divisione canonica della giornata in lavoro, riposo e tempo libero e la trasposizione di queste attività in luoghi spaziali ben separati. Oggi il lavoro si rappresenta dematerializzato e slegato da una specifica localizzazione, permettendo una sovrapposizione dell'attività con quella dell'abitare. Anche il nucleo familiare tradizionale si è disintegrato: compaiono nuove strutture familiari come coppie senza figli o famiglie monoparentali. La nostra idea di abitare sembra 'quindi totalmente frantumarsi e ricostituirsi in un mosaico completamente diverso' (ZARDINI, pp. 52).

Nello stesso tempo la crisi economica ha mutato sensibilmente la domanda sottolineando la riduzione dei costi e un generale ripensamento dei modelli economici.

Il mercato immobiliare, basandosi su valori di esperienza e agendo quindi secondo meccanismi e analisi in retrospettiva, non riesce più a soddisfare le nuove richieste poste da un'utenza più variegata, più differenziata, più colorata. Quali sono queste nuove richieste ed esigenze da soddisfare?

Il rapporto CRESME - ANCE del 2010 per la Lombardia, parla di 'una significativa riduzione delle aspettative di chi cerca casa: si riducono le dimensioni degli alloggi; si riduce il numero delle stanze da letto; si riduce la percentuale di famiglie che cerca una cucina abitabile [...]. D'altro lato ad alcune cose non si rinuncia: alla qualità ambientale, alla qualità edilizia; non si rinuncia alla cucina, pur non abitabile, separata dal soggiorno; non si rinuncia ai due bagni. Case più piccole ma di qualità, si potrebbe dire'.



3.01
Cambiamenti sociali e nuove esigenze abitative: Manifesto della mostra *Neues Wohnen* - Nuovo abitare, organizzata dal *Deutschen Werkbund*, Colonia 1949

Una ricerca eseguita dall'Università di Zurigo UZH per l'associazione immobiliare *HIG Immobilien Anlage Stiftung*, con sede a Zurigo, sottolinea la richieste e il forte desiderio di abitazioni che agevolano l'accesso sociale a vicini e conquilini. Abitare insieme da soli (GILG & SCHAEPP, 2007): si desiderano spazi di incontro, dove ci si può incontrare spontaneamente, senza essere costretto, ma contemporaneamente si necessitano possibilità di ritiro, di zone private. Questa deve essere assolutamente garantita, il contatto con altri si deve poter manifestare volontariamente, liberamente e informalmente. Ulteriori richieste emerse dall'analisi si cristalizzano in queste principali tendenze:

- L'abitazione dovrebbe lasciarsi adattare ad esigenze che mutano nel tempo
- Gli inquilini si vogliono poter identificare con la loro casa
- Tanti vorrebbero abitare e lavorare nello stesso edificio

3.02

Popolarità degli edifici d'epoca: La disposizione e dimensione degli spazi permette una facile attribuzione di funzioni diverse



3.02

- Esiste una generale carenza di residenze ad un prezzo conveniente

Nel caso ideale questa richiesta può essere soddisfatta quando l'abitazione si presenta con spazi senza una funzione specifica ad essi attribuiti, cioè al più possibile neutrali. Dalla ricerca suddetta si evince che gli inquilini stessi vorrebbero decidere dove dormire, cucinare, mangiare o guardare la televisione. Questi desideri spiegano anche la grande popolarità di edifici d'epoca. Essi si basavano sul principio degli spazi con funzione neutrale, con la divulgazione della concezione architettonica funzionale; concetto che è stato ampiamente sostituito nello scorso secolo.

Il desiderio per strutture abitabili flessibili assume nei cambiamenti del contesto sociale sempre maggiore importanza. Si aggiunge il fatto che la possibilità di modifica aumenta l'identificazione con la propria abitazione. Più grande la flessibilità di un abitazione, che implica anche uno stato di finitura poco eseguito, più grande risulta essere il raggio di intervento da parte degli inquilini.

Le due suddette ricerche rivelano una effettiva insoddisfazione di una serie di esigenze abitative non presenti, o solo in parte, nel libero mercato. Esso reagisce troppo poco sull'emergere di nuovi stili di vita. Per la sua propensione di essere orientato verso il passato e di proiettare esperienze di successo verso il futuro, il suo meccanismo risulta essere poco innovativo e aperto a sperimentazioni. Nonostante questo, esistono esempi realizzati in chiave innovativa per tanti problemi e lacune enunciate.

3.2 LA TENDENZA MILANESE

La costruzione di un quadro sulla domanda per le casa a Milano parte, in primo luogo, dalla descrizione della popolazione milanese e dello scenario demografico della metropoli. Quest'analisi costituisce la base per conoscere le tendenze e per poter dare risposta alle esigenze e i bisogni abitativi. Essa permette di individuare, attraverso la determinazione dello spettro di utenti, dimensione e tipologie degli alloggi.

La domanda di abitazione oggi ha assunto caratteristiche nuove e differenti rispetto al passato. L'esigenza di un'abitazione si declina in modi molto diversi e riguarda sempre di più nuove porzioni di popolazione che incontrano delle difficoltà a comprare o ad affittare una casa. In sintesi la domanda abitativa della città può essere rappresentata nel seguente modo:

- La domanda abitativa viene condotta dalle cosiddette famiglie di nuova formazione che svolgono un ruolo importante sia nel sostenere il mercato immobiliare, sia come potenziale fattore di criticità di fronte ad una crescita di prezzi e canoni
- Al secondo posto si fa sempre più consistente ed è destinata a pesare sempre di più la domanda espressa dagli flussi migratori, che oggi cominciano ad essere significativi acquirenti immobiliari
- Vi è poi la domanda temporanea, espressa dai cosiddetti city users, lavoratori e studenti universitari fuori sede, ecc. .
- Resta poi da valutare la domanda sociale ed emergenziale: Una fascia sempre più ampia si trova in difficoltà di fronte a canoni di affitto

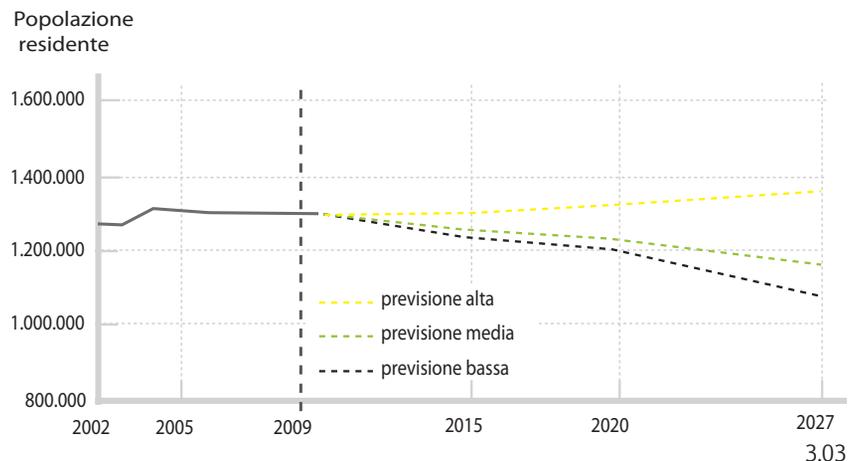
sempre più elevati che assorbono quote sempre più alte del reddito

Cerchiamo di individuare meglio i fattori caratterizzanti della domanda abitativa milanese:

Popolazione stabile: La popolazione lombarda sta crescendo con valori importanti: Dopo la stagnazione degli anni 80 e una sensibile ripresa degli anni 90, l'ultimo decennio segna una forte accelerazione con un incremento demografico dell'8,7% tra il 2001 e 2009 della popolazione residente. Un'analisi delle componenti del bilancio demografico evidenzia però con chiarezza che il motore della crescita in questi anni è costituito soprattutto dalla straordinaria dinamica dei flussi migratori, che hanno registrato nell'arco temporale 2002 - 2009 un incremento del 93% per la Lombardia. La popolazione nel capoluogo milanese resta invece stabile con un lieve incremento che passa da 1.278.051 nel 2002 a 1.299.241 nel 2009. La popolazione residente, secondo il Settore Statistica del Comune, al 2015 sarà compresa nella forchetta tra 1.249.715 e 1.312.813 abitanti a seconda di quale ipotesi si consideri (rispettivamente bassa ed alta). Al

3.03

Popolazione residente a Milano: Motore della crescita è il flusso migratorio, che ha registrato un incremento notevole



2027, la popolazione varierà tra 1.159.088 e 1.359.832.

Aumento numero famiglie: L'incremento demografico della popolazione residente in Lombardia si ripropone in maniera ancora più netta in termini di crescita del numero di famiglie, che rappresentano il motore della domanda abitativa primaria. I due fattori principali per questa crescita sono da una parte il raggiungimento dell'età della fuoriuscita dalla famiglia di origine da parte dei nati nel corso del baby-boom degli anni '60 e lo straordinario incremento del flusso migratorio. A fronte di questo boom di famiglie ci troviamo anche di fronte ad una scomposizione del nucleo familiare tradizionale e il manifestarsi di cellule familiari diversificate. *'La presenza di queste nuove famiglie ha costituito un fattore strutturale del mercato residenziale [...] sostenuta anche da più vivaci dinamiche migratorie esterne ed interne, dall'aumento delle separazioni e dalle divisioni dei nuclei originari. Il risultato è stato una crescita rilevante e progressiva della domanda aggiuntiva che ha esercitato una nuova pressione sull'offerta'* (MARTINI & TOSO, 2004).

Negli anni 2002-2007 in Lombardia, per quanto riguarda le tipologie, oltre un terzo era rappresentato da famiglie unipersonali (1.033.000), di cui più della metà composta da persone sole oltre i 60 anni. Per quanto riguarda i nuclei familiari, il 54,7% è composto da coppie con figli, il 33,4% da coppie senza figli e l'11,9% da famiglie monogenitoriali (IReR, 2010). Contemporaneamente diminuisce il numero medio di componenti a scapito delle famiglie di 3 e 4 componenti e a favore di quelle composte da due persone ma soprattutto dei nuclei unipersonali.

Il fabbisogno abitativo di Milano è condizionato dunque da due fattori: l'aumento del numero di famiglie (secondo l'ipotesi alta) e la riduzione del numero di componenti che le formano. Le famiglie crescono, in numero, ma sono sempre più piccole. Queste dinamiche e le problematiche ad esse connesse sono molteplici e richiedono una maggiore attenzione in termini tipologici e progettuali.

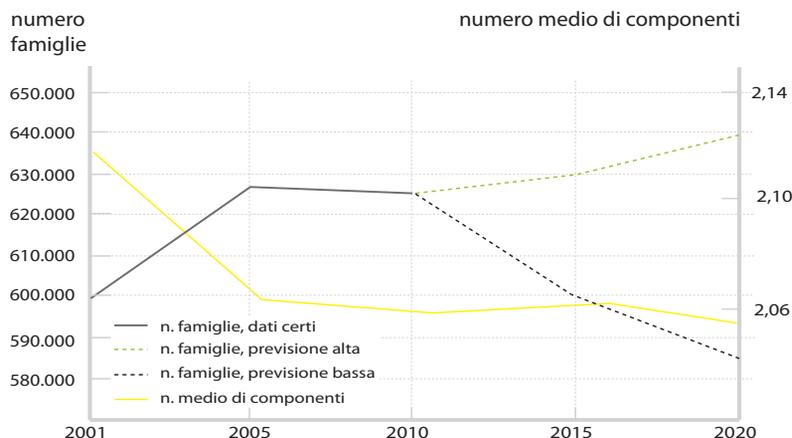
Invecchiamento popolazione: La popolazione sta invecchiando, un trend che si registra in tutta Europa in modo uniforme. L'aumen-

3.04

Numero famiglie e numero componenti: Le famiglie crescono in numero, ma sono sempre più piccole

3.05

Flussi migratori: Cominciano ad essere significativi acquirenti immobiliari



3.04



3.05

to dell'aspettativa di vita da una parte, e una progressiva diminuzione del tasso di natalità dall'altra, comportano la presenza di sempre più anziani e sempre meno giovani. Secondo i più recenti dati del IReR, nel 2030 gli ultra 65enni in Lombardia costituiranno almeno un quarto della popolazione totale. In termini architettonici questo dato implica l'elaborazione di soluzioni residenziali innovative in grado di poter rispondere in modo consono alle necessità e ai bisogni degli anziani. L'abitare autonomo e indipendente per inquilini anziani e non autosufficienti diventerà un punto centrale della progettazione residenziale nel futuro.

Impoverimento popolazione: La crisi ha impoverito le famiglie e gli investitori privati. Il mercato immobiliare deve affrontare questa perdita di capacità di investimento offrendo soluzioni low-cost, riducendo i costi di costruzione

e aumentando l'efficienza. La CRESME infatti considera questa richiesta come uno dei driver più importanti per poter superare la crisi.

La domanda di case a prezzi d'affitto accessibili diventa sempre più forte: essa riguarda non solo più le fasce più deboli, ma anche il ceto con reddito medio basso: Questa categoria, pur non avendo i requisiti per l'accesso all'edilizia residenziale pubblica a canone sociale, non può sostenere - specialmente nelle realtà più urbanizzate come Milano - i canoni del mercato libero. L'affitto a costi contenuti rispetto al mercato diventa dunque fondamentale non solo per le situazioni sociali più problematiche, ma anche per altri casi, alla ricerca di un'abitazione non necessariamente a canone sociale. *'Dalle elaborazioni eseguite sui dati per l'anno 2006 messi a disposizione da Scenari Immobiliari, a Milano, il costo medio per l'affitto sul mercato libero, si attesta intorno a 165€/m²/anno.*



3.06

Età popolazione: Sempre più anziani e sempre meno giovani

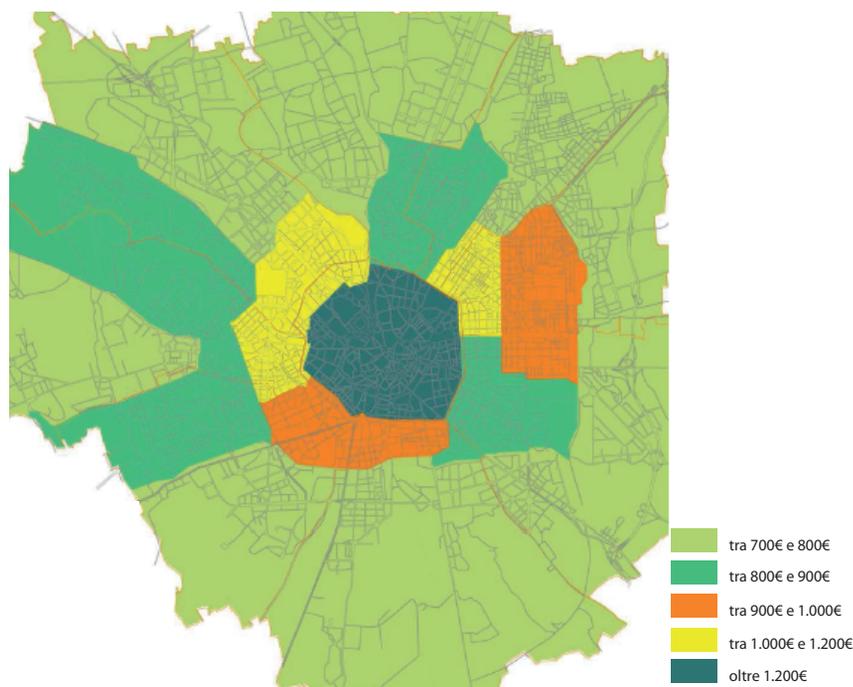
3.06

Ciò significa che per un appartamento di 65m² il canone di locazione mensile ammonta a circa 890€. Escludendo da questa stima il valore riferito alla ex zona 1 (pari a circa il doppio del valore medio calcolato su tutte le altre ex zone), il costo al m² annuo della locazione rimane a poco più di 155€, per un canone mensile di circa 845€³ (COMUNE DI MILANO, 2007). Considerando da una parte la dinamica rallentata del PIL con il regresso del valore del reddito in confronto alla crescita del costo della vita ed in particolare l'aumento del costo dell'abitare, non sorprende che la domanda per costruzioni ad un costo accessibile è sempre più risentita.

Cityusers: La trasformazione del mercato di lavoro con le sue nuove forme contrattuali e l'attrattività della città per il suo sistema universitario richiedono un'offerta immobiliare più flessibile e personalizzata per questo gruppo di utenza. La domanda di alloggi di natura temporanea è oggi a Milano una questione non risolta.

3.07

Costo dell'abitare: Canoni mensili medi di locazione per un appartamento di 65m², Milano



3.07

Alla luce di queste osservazioni emerge dunque come il dinamismo del mercato immobiliare degli ultimi anni stia determinando nuovi squilibri e faccia emergere nuove forme di disagio abitativo. Il delineamento della situazione abitativa milanese permette di dare una risposta coerente in termini urbanistici ed architettonici rispetto alle reali esigenze dell'utenza milanese.

3.3 IDENTIKIT DEGLI UTENTI

La domanda abitativa individuata nel precedente capitolo necessita tipologie di abitazioni differenti a seconda dei bisogni ed esigenze dei vari utenti. La configurazione degli appartamenti, cioè dimensione, distribuzione e funzione degli spazi, deve essere individuale per ogni categoria di utenti. Contemporaneamente però l'assetto spaziale deve essere caratterizzato da un'alta flessibilità, in modo da poter soddisfare una vasta gamma di utenti e così facilitare la futura gestione dell'immobile. Per individuare meglio le caratteristiche riguardo i differenti tipi di alloggi, sono stati analizzati in un primo passo le particolarità dei vari gruppi di utenti e le loro esigenze da soddisfare. È stato elaborato cioè un identikit delle seguenti figure:

UTENTI



CITYUSER
 Studente o lavoratore



SINGLE
 Persona singola giovane o una coppia di amici



ANZIANO
 Una persona anziana autosufficiente o una coppia anziana

ESIGENZE UTENTE

L'utente richiede un alloggio temporaneo; le richieste sono per questo modeste e basilari

Il single è un utente moderno che dà tanta importanza allo spazio privato. Socializzare assume un'importanza secondaria

L'anziano è un utente che, trascorrendo tanto tempo in casa, vive e socializza all'interno di essa

CARATTERISTICHE ABITAZIONE

Abitazione di piccola dimensione ad alta flessibilità che permette la sovrapposizione di funzioni diverse

Abitazione di dimensione contenuta che mette in secondo piano gli spazi di socializzazione

Alloggio di dimensione contenuta progettato senza barriere architettoniche e facile accesso dall'esterno e che prevede spazi di socializzazione



HOMEWORKER I
Persona singola o coppia
che lavora a casa

Utenza che per comodità o
necessità ha bisogno di
poter lavorare all'interno
dell'alloggio

l'abitazione e studio devono
essere collegati ma avere
un ingresso indipendente.
L'accesso avviene preferibil-
mente dal piano terra e
dallo spazio pubblico



**ANZIANO NON AUTOSUFFI-
CIENTE**
Persona anziana che
necessita assistenza sanita-
ria o domestica tramite
badanti

Questa categoria di utenza,
non essendo autosufficiente,
necessita dell'aiuto di una
persona esterna che vive
nell'appartamento

l'alloggio progettato senza
barriere architettoniche e con
maggiore attenzione verso la
distribuzione e composizione
degli spazi. L'accesso
dall'esterno deve essere
facilitato



FAMIGLIA MOGENITORALI
Famiglia composta da un
genitore, nei maggior casi
madri, e un figlio

Le esigenze cambiano in
base all'età del bambino

l'abitazione con accesso
facilitato con spazi progettati
in modo da garantire la
sicurezza del bambino



COPPIA
Nucleo familiare composto
da 2 persone

Quest'utenza ha la necessi-
tà di poter socializzare e
rilassarsi a casa nel tempo
libero

l'abitazione di dimensione
contenuta che prevede spazi
di socializzazione



PICCOLA FAMIGLIA
Giovane coppia con figlio

La piccola famiglia richiede
la possibilità di poter socia-
lizzare tenendo conto della
cura e sicurezza del bambino

l'abitazione di dimensione
contenuta con accesso
facilitato che prevede spazi
di socializzazione e spazi
progettati in modo da
garantire la sicurezza del
bambino



FAMIGLIA NUMEROSA
Famiglia composta da 4 o 5
persone

l'organizzazione in base alle
esigenze del singolo individuo
in relazione a quelle degli
altri

Particolare attenzione è posta
nella progettazione e
nell'organizzazione degli spazi
di servizio



HOMEWORKER II
Professionista con la propria
famiglia che lavora a casa

Quest'utenza richiede sia le
esigenze del homemaker I
che quelle della famiglia
numerosa

l'abitazione e studio devono
essere collegati ma avere un
ingresso indipendente.
L'accesso avviene preferibil-
mente dal piano terra e da
spazio pubblico



FAMIGLIE COMPOSTE
Struttura familiare non
tradizionale che compren-
de nonni, nuovi partner,...
composta da 4+ persone

L'esigenza dell'utenza è la
possibilità di poter socia-
lizzare senza negare la
sfera privata

L'alloggio deve permettere
il funzionamento familiare
possedendo contempora-
neamente spazi riservati

3.4 INDIVIDUAZIONE DELLA TIPOLOGIA E DIMENSIONE DELLE ABITAZIONI

Una volta individuati le esigenze dei vari tipi di utenti resta da definire la configurazione degli appartamenti: dimensione e disposizione spaziale, distribuzione interna, funzioni. Nella elaborazione di questo compito è stata utilizzata come falsariga le indicazioni dati dal concorso Housing Contest, base per la stesura del progetto. Il bando in 'via meramente indicativa' (HOUSING CONTEST, pp. 6) prevede il 100% della superficie lorda di pavimento dell'edificio in alloggi articolata nel seguente modo:

- **Alloggio tipo A:** minimo 5% monocali 35m² circa di slp
- **Alloggio tipo B:** minimo 25% bilocali 55m² circa di slp
- **Alloggio tipo C:** minimo 15% trilocali 70m² circa di slp dotati di un bagno e cucina a vista
- **Alloggio tipo D:** minimo 25% trilocali 85 m² circa di slp dotati di due bagni e cucina separata
- **Alloggio tipo E:** minimo 10% quadrilocali 100 m² circa di slp dotati di due bagni e cucina abitabile

Questi parametri costituiranno dei minimi prestazionali che verranno rispettati all'interno di un ragionamento più ampio, anche e soprattutto che cosa riguarda la composizione tipologica, con il fine di soddisfare al meglio possibile la domanda abitativa. Per questo sono stati elaborati,

all'interno delle tipologie previste dal concorso, sottocategorie, in modo da poter soddisfare le esigenze individuate nelle precedenti pagine. Come si può comprendere dalla seguente pagina, tipologia di alloggio e tipologia di utente sono state messe in collegamento.

Riferimenti

- COMUNE DI MILANO, *Piano di Governo del Territorio*, Milano 2011;
- M. GILG, W. SCHAEPPI, *Lebensräume – Auf der Suche nach zeitgemäßem Wohnen*, Verlag Niggli AG, Zurigo 2007;
- ISTITUTO REGIONALE DI RICERCA DELLA LOMBARDIA, *Lombardia 2010: Rapporto di Legislatura*, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano 2009;
- E. MARTINI, G. TOSO, *Uno sguardo sulla domanda abitativa a Milano: categorie prioritarie e bisogni emergenti*, Comune di Milano, Milano 2007;
- A. PAOLELLA, *Progettare per abitare. Dalla precezione delle richieste alle soluzioni tecnologiche*, Elèuthera editrice, Milano 2003;
- M. PERRICCIOLI, M. ZARDINI, *Abitare costruire tempo*, Libreria CLUP, Milano 2004;

A Monocale 35m²

A1 Monocale con angolo cottura

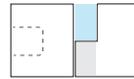


B Bilocale 55m²

B1 Bilocale con angolo cottura



B2 Bilocale con cucina a vista



B3 Bilocale con spazio lavoro

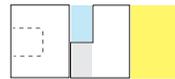


C Trilocale 70m²

C1 Trilocale con cucina a vista

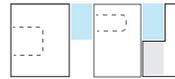


C2 Trilocale con spazio lavoro

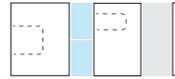


D Trilocale 85m²

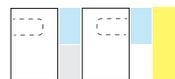
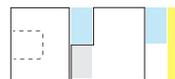
D1 Trilocale con cucina a vista



D2 Trilocale con cucina separata

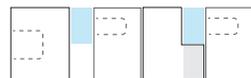


D3 Trilocale con spazio lavoro

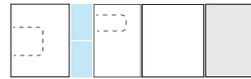


E Quadrilocale 100m²

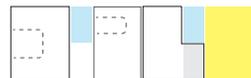
E1 Quadrilocale con cucina a vista



E2 Quadrilocale con cucina abitabile



E3 Quadrilocale con spazio lavoro



04

Il contesto di riferimento

All'alba della fine del secondo conflitto mondiale, il vecchio continente dopo sei anni di battaglie e bombardamenti ne usciva completamente distrutto, e per far fronte all'emergenza abitativa, si ricorreva alla progettazione per modelli, ovvero stereotipi di edifici, economici, facilmente e velocemente realizzabili, che avevano come unico pregio quello di soddisfare la domanda abitativa di milioni di persone che non avevano più una casa.

Il tema del repertorio, proprio nell'anno solare in corso, è riemerso con il concorso *Housing Contest*: Assimpredil Ance, FederlegnoArredo, l'Ordine degli Architetti della Provincia di Milano e IN/ARCH Sezione Lombarda insieme all'Assessorato allo Sviluppo del Territorio del Comune di Milano hanno deciso di

lanciare una sfida a progettisti, imprese di costruzione, produttori di componenti anche di arredo, promuovendo il 'Bando Europeo per la formazione di un Repertorio di Progetti per Edifici Residenziali ad alte prestazioni e basso costo'.

Il concorso si propone di creare un indice per il Comune di Milano, un Repertorio di progetti e soluzioni innovative elaborate da architetti e costruttori per coniugare la qualità abitativa con elevate prestazioni energetiche e acustiche, rimanendo però al di sotto dei 1.600 euro al metro quadrato. L'iniziativa mira ad ottenere proposte progettuali di edilizia residenziale con elevate prestazioni tecniche e tecnologiche, con costi molto contenuti e con tempi di realizzazione garantiti.

Il contesto di riferimento

4.1 COSTRUIRE UN REPERTORIO ARCHITETTONICO: LA PROGETTAZIONE PER MODELLI

Quando si parla di progettazione per modelli, come dice la parola stessa, vengono costruiti dei prototipi di architettura, senza un luogo con cui rapportarsi, senza un contesto di riferimento, senza una tradizione da perseguire, senza un tempo preciso in cui progettare un edificio. La progettazione per modelli è un modo inusuale di fare architettura rispetto a quelli che sono i canoni dell'architettura dal secondo dopoguerra ad oggi. Anche se raramente si è ricorsi a questo tipo di progettazione, in particolare in momenti significativi della storia degli ultimi anni, solitamente per venire incontro a delle esigenze straordinarie, ovvero emergenze come le guerre o le catastrofi naturali, o anche per venire incontro alle esigenze sociali ed economiche degli utenti.

All'alba della fine del secondo conflitto mondiale, il vecchio continente dopo sei anni di battaglie e bombardamenti ne usciva completamente distrutto, e per far fronte all'emergenza abitativa, si ricorreva alla progettazione per modelli, ovvero stereotipi di edifici, economici, facilmente e velocemente realizzabili, che avevano come unico pregio quello di soddisfare la domanda abitativa di milioni di persone che non avevano più una casa. È il caso di quartieri residenziali costruiti negli anni tra il '45 e il '60 dello scorso secolo in Inghilterra, in Francia e, ovviamente, in Germania, il Paese che ha subito più danni alla fine del periodo bellico, in particolare la sua capitale Berlino: la ricostruzione delle più importanti strutture urbane iniziò immediatamente; occorreva rimettere in funzione anche solo provvisoriamente le reti di approvvigionamento, almeno i ponti più importanti e il traffico pub-

blico. Occorreva sgombrare le macerie: questo lavoro venne fatto soprattutto da donne, le cosiddette *Trümmerfrauen* – ‘donne delle macerie’ in italiano; infatti le competenze professionali degli uomini presenti – quelli non morti, non gravemente feriti e prigionieri di guerra non ancora liberati – erano indispensabili. I singoli mattoni riutilizzabili vennero separati e puliti; anche travi, tubi ed altro materiale veniva riutilizzato, mentre le macerie restanti non riutilizzabili venivano portate in diverse zone, soprattutto periferiche, a formare colline, poi coperte di terra e piantumate.

Era in questo scenario storico che venne costruito uno dei primi quartieri in Europa progettato secondo la tipologia del *Plattenbauten*: come dice la parola stessa, *Platte* (pannello) *Bau* (edificio), *Plattenbauten* sta ad indicare un edificio costruito con lastre di calcestruzzo prefabbricato, tipici della Germania dell'Est, dato che lì spesso utilizzavano questo metodo di costruzione. Il metodo della prefabbricazione era stato sperimentato fino ad allora solo nei Paesi Bassi dopo la prima guerra mondiale, sulla base di metodi di costruzione sviluppati negli Stati Uniti. Il primo uso tedesco di costruzione del *Plattenbauten* è il quartiere Berlese Lichtenberg 1926-30. Ma la massima espressione della tecnica si ha nella Germania dell'Est, in cui vennero create delle nuove aree di sviluppo (*Neubaugebiete*): tutti edifici nuovi ad uso residenziale costruiti con questo stile, un modo semplice e poco costoso per risolvere la grave carenza abitativa degli anni '50 e '60. La tecnica permetteva di costruire edifici in linea o a torre (Marzahn e Hellersdorf a Berlino).

Anche se c'è da dire che alla lunga il modello *Plattenbauten* è fallito; uno degli esempi più importanti è la città di Bernau, appena a nord di Berlino: l'intero centro storico della città venne

abbattuto negli anni '70 per dar spazio a edifici di 2-4 piani in calcestruzzo prefabbricato, scelta non approvata dagli enti locali dato che questo intervento venne fatto prettamente per aumentare la densità della città, scelta che si è rivelata infelice quando negli anni successivi c'è stato un forte calo demografico in Germania, e circa un milione di abitazioni erano abbandonate.

Un altro intervento *Plattenbauten* è stato il quartiere *Nikolaiviertel Nikolai*: in quel caso gli edifici hanno una forma che ricorda più le abitazioni storiche della città.

Ciò che però accomuna tutti gli edifici *Plattenbauten* erano il sovraffollamento e la scarsa qualità. Infatti con l'avvento del calo demografico, molti di questi edifici sono stati abbattuti, altri ristrutturati con standard elevati, molti sono stati abbandonati e sono ora in uno stato fatiscente. Grazie alla loro flessibilità modulare, molti edifici sono stati smontati e spostati in un altro luogo.

Anche in Italia si è cercato, nel corso degli anni, di affrontare il tema della progettazione per modelli, in particolare, c'è stato un periodo in cui il tema è stato affrontato attraverso un concorso bandito dalla regione Lombardia teso a creare un repertorio di architettura, in particolare di edifici pluriresidenziali.

L'esperienza del repertorio in Italia ha avuto un'affluenza numerosa di progettisti partecipanti, stimolati dall'interesse per l'argomento, ma, a conti fatti, uno scarso successo architettonico.

Le ragioni sulla cui base l'iniziativa era stata assunta erano giustificati e chiari: si voleva avere un panorama, un quadro, un saggio delle capacità progettuali e produttive di questo settore; si volevano facilitare le procedure esecutive, si

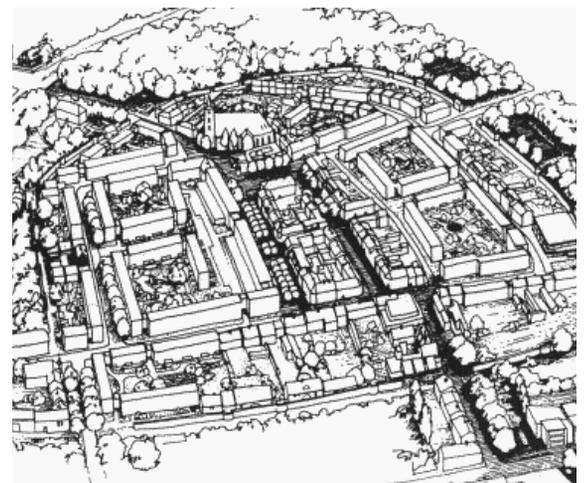


4.01



Bundesarchiv, Bild 103-1087-0120-310
Foto: Ullrich, Hubert | 1. Januar 1977

4.02



4.03

4.01

Berlin- Lichtenberg: *Plattenbau* per lavoratori inaugurato il 08.12.1976, in via *Rhinstraße*, dove oggi si trova l'albergo Comfort

4.02

Berlin-Marzahn: Il *Neubaugebiet* più grande della Germania

4.03

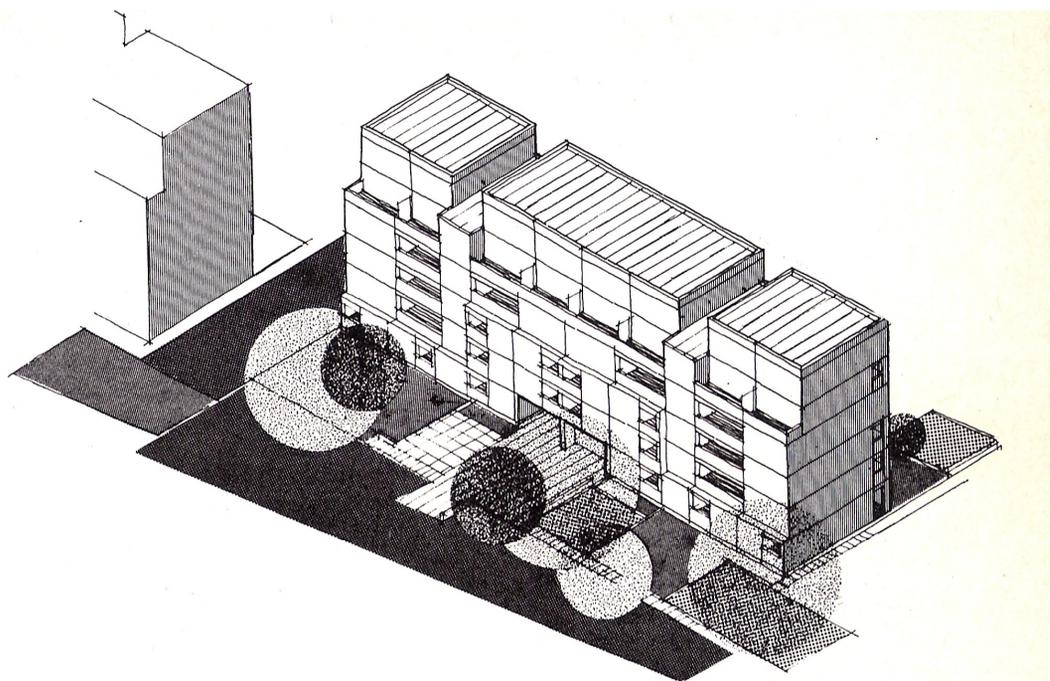
Plattenbauten a Bernau: Illustrazione del centro storico di Bernau, abbattuto negli anni '70 e sostituito con edifici prefabbricati in calcestruzzo

voleva controllare la qualità del prodotto, o meglio promuovere le condizioni per il controllo qualitativo, si voleva insomma elevare la qualità degli edifici intervenendo sulla formazione dei costi, per il loro abbassamento e contenimento. La particolarità di questo concorso stava nei partecipanti al concorso stesso, che non erano, come spesso capitava, solo progettisti, ma questi insieme alle ditte costruttrici e agli investitori. La prospettiva del concorso era quella di una ripresa del settore dell'edilizia pubblica, dato il nuovo approccio della progettazione per modelli.

Ma i risultati alla fine del concorso non hanno avuto successo, perché non hanno prodotto i frutti sperati: a livello tipologico c'è stata una scarsa innovazione dei sistemi presentati, così come anche a livello tecnologico: nessun intervento è riuscito a dare qualche spunto per una nuova prospettiva in merito.

In più, la scelta degli orientamenti e delle caratteristiche di soleggiamento, la scelta di affacci privilegiati risultava in fase pre-progettuale superflua, data la mancanza ancora di un contesto con cui rapportarsi. Inoltre, l'impatto dei progettisti con le localizzazioni, ha fatto sì che si creassero le condizioni per uno snaturamento per molte scelte tipologiche presentate, confermando ancor più la riluttività delle interpretazioni sulla adattabilità dei progetti tipo al contesto territoriale. La richiesta della flessibilità abitativa che corrisponde alla flessibilità nel tempo per la modifica della composizione del taglio degli alloggi risulta non praticabile.

Se da un lato è mancato l'emergere di proposte significative, dall'altro lato sono state evidenziate tratti comuni nei progetti presentati, segno questo di una conquista di alcune scelte destinate a divenire abbastanza obbligate, date le premesse



4.04
Repertorio progetti tipo
Lombardia 1978: Esempio
di progetto, denominato
Canalina; gruppo di pro-
getto: Centro Coop. Arch.
e Ingegneri di Reggio E.;
Collettivo di Architettura
e di Urbanistica di Parma;
Ing. Valli Franco, Reggio
E.; Arch. Muracchini Enzo
- Parma

del bando di ridurre la superficie dei vari tagli di alloggi. Questo ha fatto sì che dei 68 progetti selezionati, pochi sono quelli che hanno presentato prospetti o ipotesi di aggregazione, data la rigidità che si aveva nel bando sul taglio degli alloggi.

Tante richieste non del tutto appagate che hanno fatto sì che questo tipo di progettazione fosse accantonata per anni dati gli scarsi risultati nonostante l'impegno profuso.

Il tema del repertorio, proprio nell'anno solare in corso, è riemerso con il concorso *Housing Contest*: Assimpredil Ance, FederlegnoArredo, l'Ordine degli Architetti della Provincia di Milano e IN/ARCH Sezione Lombarda insieme all'Assessorato allo Sviluppo del Territorio del Comune di Milano hanno deciso di lanciare una sfida a

progettisti, imprese di costruzione, produttori di componenti anche di arredo, promuovendo il 'Bando Europeo per la formazione di un Repertorio di Progetti per Edifici Residenziali ad alte prestazioni e basso costo'.

Il concorso si propone di creare un indice per il Comune di Milano, un Repertorio di progetti e soluzioni innovative elaborate da architetti e costruttori per coniugare la qualità abitativa con elevate prestazioni energetiche e acustiche, rimanendo però al di sotto dei 1.600 euro al metro quadrato. Questo è l'obiettivo del Bando Europeo per la formazione di un Repertorio di progetti per Edifici Residenziali a basso costo. Il bando intendeva anche, secondo Claudio De Albertis, presidente Assimpredil Ance, 'incrementare le sinergie tra costruttori e progettisti per elevare la qualità della nostra produzione: credo che sia giunto il momento di fare tutti insieme uno sforzo per rinnovare il prodotto casa, adeguandolo alle richieste della committenza e ai progressi tecnologici fatti in altri settori' (ALBERTIS, 2011). E gli sforzi dei partecipanti saranno premiati dal mercato, 'che deciderà poi il vero vincitore' (Ibidem).

Alta qualità a basso costo, che verrà catalogata per la prima volta in Italia in un Repertorio disponibile online per i prossimi cinque anni: un catalogo di eccellenze progettuali e costruttive, che diventeranno modello di riferimento per tutti gli operatori del settore dell'edilizia che intendano impegnarsi per dare una risposta concreta al problema della residenza.

L'iniziativa mira ad ottenere proposte progettuali di edilizia residenziale con elevate prestazioni tecniche e tecnologiche, con costi molto contenuti e con tempi di realizzazione garantiti.

Sono ammessi a partecipare le imprese singole,

4.05

Housing Contest: Concorso per la formazione di progetti per edifici residenziali ad alte prestazioni e basso costo, Milano 2011

housingcontest

REPERTORIO DI PROGETTI PER EDIFICI RESIDENZIALI
AD ELEVATE PRESTAZIONI E BASSO COSTO ///

cosa un nuovo prodotto abitativo dall'involucro all'arredo

per chi progettisti e imprese

come partecipa con il tuo progetto alla formazione del repertorio

quando iscriviti entro il 21 gennaio 2011

/// scarica il bando



consorziate o temporaneamente associate, che siano affiancate almeno da un progettista, ingegnere o architetto, regolarmente iscritto per l'anno in corso al rispettivo Ordine professionale secondo l'ordinamento dello Stato di appartenenza. Le imprese si dovranno avvalere, pertanto, delle professionalità necessarie a presentare un progetto definitivo (architetto, ingegnere, strutturista, impiantista, ecc.).

C'è da dire che *Housing Contest*, a differenza del concorso del 1978, ha voluto creare una nuova frontiera: quella del basso costo con una elevata qualità ambientale. La crisi economica degli ultimi anni e l'elevata attenzione politica verso i temi dell'inquinamento e del surriscaldamento globale, han fatto sì che anche l'architettura si spingesse verso una progettazione più attenta a questi temi, venendo incontro a quelle che sono le esigenze delle persone, anche sotto un punto di vista sociale, attraverso la progettazione di spazi confortevoli per gli utenti e che seguono, attraverso i vari tagli di appartamenti, l'evoluzione delle nuove famiglie milanesi e non solo, formate da giovani lavoratori, anziani e così via.

I punti deboli di *Housing Contest* sono le dimensioni dell'edificio, un edificio di cinque piani che prevede una superficie di 1.000 m² di s.l.p. a piano, e la mancanza di un contesto in cui inserire un edificio di una dimensione così elevata. Questo ha stimolato l'interesse dei progettisti che hanno fatto in modo di trasformare le criticità in potenziali, progettando un edificio modulare, scomponibile ed adattabile ad ogni contesto, sempre perseguendo la finalità di una progettazione a basso costo ma ad alto profilo. Anche se è questo ultimo punto che ha fatto sì che nel corso degli anni la progettazione per modelli sia stata sempre presa poco in considerazione, ovvero la

mancanza di un contesto, di un *Genius Loci* con cui rapportarsi.

4.2 LO SPAZIO CONCETTUALE

L'espressione *Genius Loci* viene usata per la prima volta dagli antichi romani per identificare, nella propria religione, un'entità naturale e soprannaturale legata ad un luogo, ad un oggetto di culto.

Nel corso degli anni il significato si è modificato, tanto che nel linguaggio dell'architettura, in particolare quella moderna, per *Genius Loci* si intende il significato culturale e successivamente quello emozionale che viene attribuito ad un luogo, ad uno spazio o ad una città.

Il *Genius Loci* può essere interpretato come l'espressione del carattere del luogo, le sue caratteristiche intrecciate con gli usi e costumi degli uomini che abitano quei luoghi; è come se si stabilisse una sorta di connessione spirituale, emotiva e culturale con il luogo e con il suo territorio.

La società contemporanea è in continuo fermento e cambiamento, i concetti di spazio e tempo subiscono continui cambiamenti, di conseguenza anche il *Genius Loci* muta insieme alla società.

Ci sono luoghi in cui il *Genius Loci* è associato ad un monumento, ad un personaggio, come avviene nelle città d'arte o nei luoghi di culto; a volte anche le caratteristiche del luogo, le tradizioni, la

lingua o meglio il dialetto costituiscono il *Genius Loci*.

Può essere qualcosa di personale e radicato nel luogo, scatenato a volte da un processo emotivo, o qualcosa di oggettivo.

In una società dove globalizzazione e polisemità divengono le caratteristiche predominanti, difficilmente si avrà una identità univoca di un luogo, come avveniva in epoca medievale, ma tante quante sono le forme culturali e sociali che in essa si possono riscontrare, a seconda che si tratti di una persona cresciuta in quei luoghi o per esempio di un turista.

Cercare il *Genius Loci* in un luogo, costituisce a volte un lavoro davvero complesso, che presenta difficoltà diverse a seconda di ciò che viene preso in considerazione, in cui vanno analizzate le modalità e le forme attraverso le quali si esprime in riferimento ai cambiamenti storici, sociali e culturali intervenuti nel tempo.

Nell'architettura contemporanea confrontarsi con il *Genius Loci* costituisce uno degli elementi fondamentali della progettazione, in contrapposizione a quello che pensavo invece i decostruttivisti.

Il decostruttivismo è un movimento architettonico che si è contrapposto al sentimento di incertezza architettonica data dal modernismo e dal post-modernismo: i suoi metodi, in reazione al razionalismo architettonico, vogliono decostruire ciò che è costruito. Il teorico del decostruttivismo è il filosofo francese Jacques Derrida e la nascita del fenomeno è avvenuta con una mostra organizzata a New York nel 1988 da Philip Johnson, nella quale per la prima volta appare il nome di questa nuova tendenza architettonica, che fu



a



b



c

4.06

Genius Loci: a) anfiteatro di Salamina, Grecia; b) muro del Pianto, Gerusalemme, Israele; c) isole Orcadi, Scozia;

4.06

definita *'Deconstructivist Architecture'*. Alla mostra di New York furono esposti progetti di Frank O. Gehry, Daniel Libeskind, Rem Koolhaas, Peter Eisenman, Zaha Hadid, Bernard Tschumi e del gruppo Coop Himmelb(l)au.

In questa esposizione veniva estrapolata un'architettura senza geometria, piani ed assi, con la mancanza di quelle strutture e particolari architettonici, che sono sempre stati visti come parte integrante di quest'arte. Una non architettura, quindi, che si avvolgeva e svolgeva su se stessa con l'evidenza e la plasticità dei suoi volumi.

Il sentimento di caos che predomina in questa architettura è data dal crollo delle certezze date dall'Architettura Moderna, mutatesi in incertezze che hanno generato confusione. La sintesi di ciò è una nuova visione dell'ambiente costruito e dello spazio architettonico, dove non ci si confronta con un *Genius Loci*. Le opere decostruttiviste sono caratterizzate da una geometria instabile con forme pure e disarticolate e decomposte, costituite da frammenti, volumi deformati, tagli, asimmetrie e un'assenza di canoni estetici tradizionali. I metodi del decostruttivismo sono indirizzati a 'decostruire' ciò che è costruito, una destrutturazione delle linee dritte che si inclinano senza una precisa necessità. Siamo davanti a un'architettura dove ordine e disordine convivono. Si arriva a costruire oggetti d'uso quotidiano come edifici come nell'edificio *Walt Disney Concert Hall* a Los Angeles o il *Guggenheim Museum* di Bilbao, entrambi di Gehry, che non si è mai sentito un decostruttivista.

Vittorio Gregotti è stato uno dei più rappresentativi architetti italiani contemporanei che più si è imposto contro il decostruttivismo: secondo l'architetto novarese questo tipo di approccio che si era venuto ad imporre in contrapposizione al

post-modernismo era completamente sbagliato, dato che ogni architettura essendo progettata in uno spazio, in un luogo, ovvero il *Genius Loci*, non può non confrontarsi con esso, quindi con la tradizione, le persone che vivono quel luogo, la tradizione ecc. .



4.07



4.08

4.3 DISPONIBILITÀ TERRITORIALE A MILANO: IL CONTESTO REALE

La domanda di abitazioni di edilizia libera, convenzionata in vendita o in affitto e di edilizia sociale, che tenga conto dell'ampio ventaglio d'utenza a Milano, ha raggiunto livelli molto elevati. Il problema dei gruppi sociali che richiedono alloggi in affitto a canoni accessibili diventa un passaggio-chiave per lo sviluppo della città. Ci troviamo di fronte a nuovi componenti della domanda, a cui il sistema abitativo esistente e i modelli di intervento tradizionali non riescono più a rispondere. Esse sono costituite soprattutto da anziani, dagli studenti universitari fuori sede, dalle nuove tipologie di famiglia e non per ultimo dagli immigrati che si trovano a rischio o afflitti da nuove forme di povertà.

L'amministrazione comunale di Milano, per dare una risposta al problema della casa, approva nel 2004 un programma rivolto alla pianificazione dell'edilizia residenziale pubblica, l' 'Integrazione del Documento di inquadramento delle politiche comunali e definizione delle linee di indirizzo e dei criteri per la promozione dei Programmi comunali per l'edilizia residenziale pubblica'. Inoltre, il 16 maggio 2006 il Consiglio Comunale di Milano approva la delibera n. 26/5, la cosiddetta *delibera Verga*. Con questi provvedimenti la municipalità individua in accordo al Piano regionale per l'edilizia residenziale pubblica (Prerp) aree per residenze sociali al fine di incrementare il patrimonio di edilizia residenziale pubblica. L'amministrazione mette a disposizione 46 aree di proprietà comunale di complessivamente 1.200.000 m² per la realizzazione di edilizia residenziale sociale e convenzionata e per la realizzazione di edilizia residenziale universitaria. Questo programma strategico pre-

vede la realizzazione di 20.000 nuovi alloggi, di cui 15.000 per le fasce più bisognose, 1.000 per studenti e 4.000 ricavati dai grandi progetti di trasformazione. In questo modo si avvia in Lombardia un percorso innovativo che attribuisce sempre più importanza all'azione dell'operatore privato.

Di queste 46 aree rese disponibili, secondo uno studio recente, almeno la metà risultano inutilizzabili, perché già destinate ad altre funzioni con in certi casi cantieri già avviati (ACQUATI LOZEJ & ARISI, tesi di laurea magistrale). Sempre secondo quest'analisi solo 14 risultano oggi effettivamente utilizzabili. Alcune di queste aree ospitano funzioni attive come per esempio parcheggi o mercati rionali.

Con le delibere suddette il Comune di Milano rende operativa in particolare la L.R. 7/2005 (legge Borghini) e la L.R. 12/2005 (legge di governo del territorio), grazie alle quali diventa possibile utilizzare le cosiddette *aree a standard* - finora rimaste bloccate - per l'edilizia popolare tramite accordi quadro con la Regione, permettendo ai Comuni con più forte tensione abitativa di derogare lo strumento urbanistico.

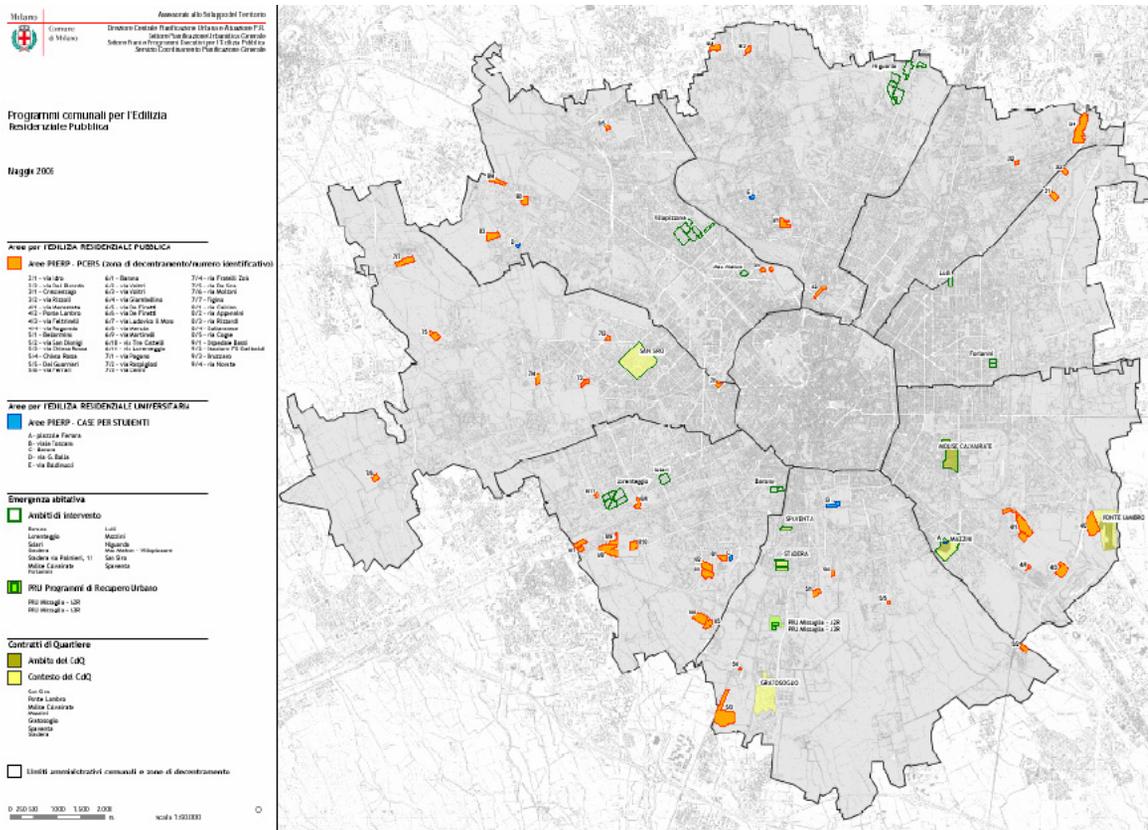
Le aree a standard, aree individuate dal Piano Regolatore milanese del 1980 e vincolate seguendo le prescrizioni del D.M. n.1.444 del 1968, avevano il compito di garantire una presenza adeguata di servizi pubblici come verde o parcheggi. Sono più precisamente la *'quantità minima di aree pubbliche espressa in metri quadrati per abitante, che gli strumenti urbanistici devono riservare per la realizzazione delle dotazioni territoriali: aree verdi par-*

4.07

Decostruttivismo: *Walt Disney Concert Hall* di Frank Gehry, 2003, Los Angeles, Stati Uniti

4.08

Vittorio Gregotti: *contrapposizione al decostruttivismo, Promotion Center*, 2003, Pungjiang, Cina



4.09

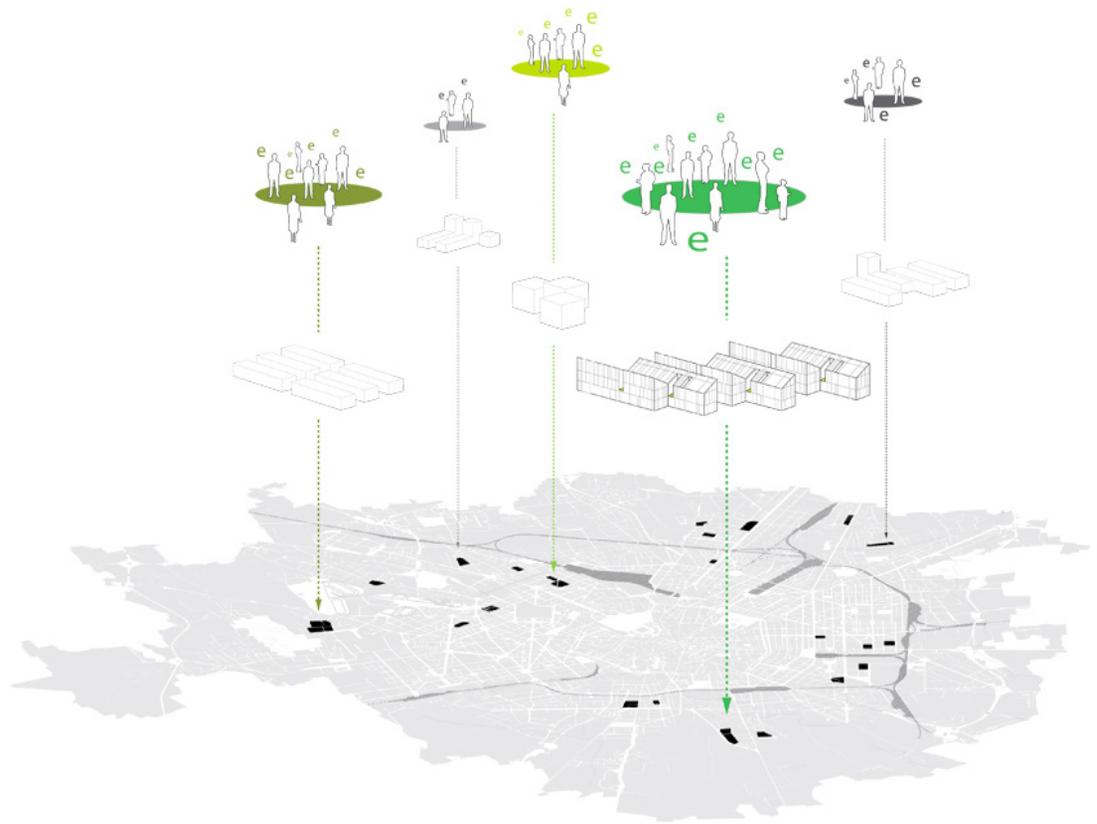
cheggì, scuole ecc. (GLOSSARIO DI TERMINI URBANISTICI).

I vincoli urbanistici accennati hanno una durata limitata di cinque anni a partire dalla data di approvazione dello strumento urbanistico relativo in forza della legge Tamponi L. n.1187/68 che adempie le indicazioni della sentenza 55/68 della Corte Costituzionale. Nel momento in cui il vincolo decade, esso può essere reiterato una sola volta per altri cinque anni, e solo dopo il pagamento di uno specifico indennizzo seguendo la sentenza della Corte Costituzionale 179/99. Dopo questo termine il vincolo espropriativo è giudicato non reiterabile; resta però la possibilità di imporre un nuovo vincolo ricognitivo che rende del tutto in edificabile le aree in questione oppure di assegnare alle stesse una destinazione agricola.

A Milano sono presenti una serie di aree standard con vincolo decaduto rimaste inutilizzate per il procedimento appena esposto. Sono spesso zone abbandonate, aree di transizione, mai state sfruttate. Esse però oggi assumono una grande potenzialità, possedendo oltre ad una localizzazione spesso cardinale, una buona dotazione di infrastrutture e di un buon accesso alla rete di trasporto pubblico. Le aree si trovano nei maggior casi nella fascia periurbana della città, sul margine del Tessuto Urbano Consolidato (TUC) come individuato dal PGT vigente di Milano.

Dopo l'avvio di una nuova politica per la casa con la delibera Verga e la legge Borghini seguono altri provvedimenti in questa direzione, che facilitano l'accesso alle aree standard al minor costo possibile, per incentivare gli interventi a aumentare la capacità e velocità di realizzazione e, nel contempo, per neutralizzare alcuni me-

4.09 Edilizia residenziale pubblica Milano: aree disponibili secondo il Programma comunale per l'Edilizia Residenziale Pubblica di Milano nel maggio 2006



4.10

canismi speculativi dell'attuale mercato edilizio. Quelle più significative sono:

-L.R. n. 4/2008: essa modifica e integra la L.R. n. 12/2005 permettendo più facilmente il mutamento di destinazione d'uso di un'area

-L.R. n. 27/2009: Testo Unico dell'Edilizia Residenziale Pubblica redatto ai sensi della L.R. n. 7/2006 che riprende interamente materie già organicamente disciplinate nelle singole leggi (ad esempio la disciplina delle ALER, la disciplina dei canoni), dall'altra dà una visione sistematica delle competenze regionali e degli altri soggetti ERP

-PGT Milano: è l'attuale Piano di Governo del Territorio di Milano infine che investe nel tema della casa, in particolare alla domanda

di locazione da parte di coloro che mostrano difficoltà di accesso al mercato immobiliare libero. Prevede un piano casa che non si appoggi più, come in passato, sul soggetto pubblico, ma che, attraverso un sistema sussidiario, si affida all'operatore privato. Il meccanismo che il PGT prevede che il privato si occupi sia della realizzazione di nuove quote di edilizia residenziale convenzionata, in vendita ed in affitto, ma anche la gestione di questi alloggi, in modo da superare il binomio soggetto pubblico – edilizia economica popolare. Come incentivo all'operatore viene conferita una volumetria aggiuntiva. Il soggetto pubblico assume quindi un ruolo differente: è garante dell'interesse pubblico e promotore di nuovi interventi.

4.10

Are standard con vincolo decaduto a Milano: si trovano nei maggior casi nella fascia periurbana della città; illustrazione di Stefano Boeri Architetti per Casa Bosco

Come parametri urbanistici riguardo le aree utilizzate per l'edilizia residenziale sociale in questione, cioè interventi di interesse generale per aumentare l'offerta di servizi abitativi a prezzi inferiori al mercato, possiamo assumere i seguenti valori seguendo le norme di attuazione del Piano delle Regole di Milano:

-art. 9: l'*Utilizzazione territoriale* Ut di $0,35 \text{ m}^2/\text{m}^2$ limitato alle aree oggetto di intervento, al quale si aggiunge un indice di Ut pari a $0,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$ per interventi di edilizia libera. Nel caso in cui gli interventi di edilizia residenziale sociale non raggiungano l'indice di cui al primo periodo, l'indice ivi previsto per gli interventi di edilizia libera è proporzionalmente ridotto.

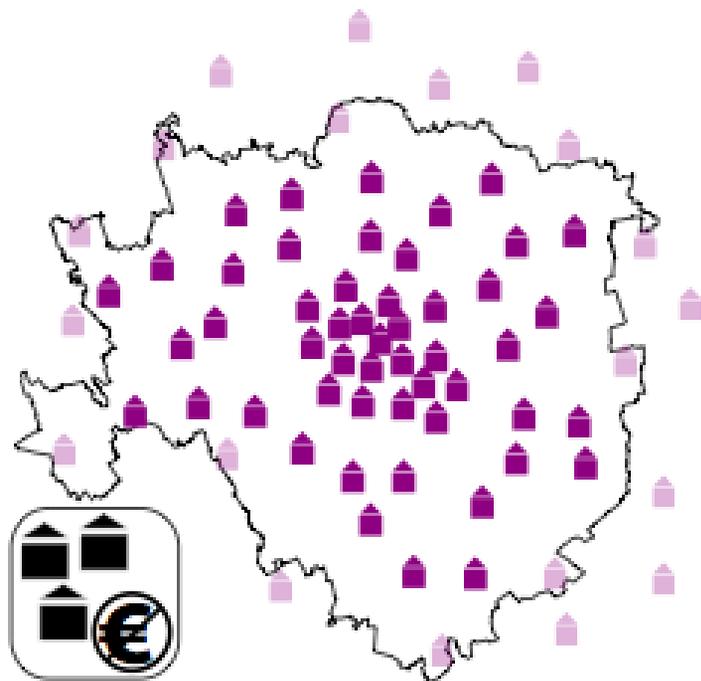
-art. 6: negli interventi di sostituzione edilizia, ampliamento e nuova costruzione all'interno del Tessuto Urbano Consolidato, in ambiti caratterizzati da elevati livelli di accessibilità alle reti di trasporto pubblico deve essere raggiunto un indice fondiario minimo pari a $3 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Il primo intervento di questo tipo è Casa Bosco, un progetto di Stefano Boeri e Camillo Agnolotto, un modello di edilizia privata sociale in affitto (vedi CAP. 1, Strategie low-cost). Esso cerca di rispondere alla domanda di chi non riesce ad accedere al mercato libero con una fascia di reddito fra i 15 e 50 mila euro. Per la prima volta in un'area privata destinata originariamente a verde comunale si è firmata una convenzione per poter costruire in social housing, che comporta la locazione di durata trentennale a canone convenzionato (circa il 30% in meno rispetto al valore standard) con patto di futura vendita dopo i

primi 8 anni di affitto.

4.11

Programmi per l'edilizia residenziale pubblica: Incrementare alloggi e soluzioni abitative a prezzi accessibili, PGT di Milano

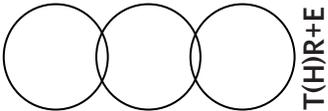


Referenze:

- J. ACQUATI LOZEJ, L. ARISI, *Milano: l'abitare cambia pelle. Residenze temporanee per un progetto a lungo termine*, Tesi di laurea, Politecnico di Milano, Milano 2010;
- B. BOTTERO, *Decostruzione in architettura e in filosofia*, Libreria CLUP, Milano 2002;
- V. GREGOTTI, *Architettura e urbanistica: forma-spazio habitat*, Fabbri Editori, Milano 1975;
- V. GREGOTTI, *Il territorio dell'architettura*, Feltrinelli, Milano 1993;
- Archinfo.it (Internet). *Housing contest; 2011* (consultato 17 luglio 2011). Disponibile all'indirizzo http://www.archinfo.it/housing-contest/0,1254,53_ART_2614,00.html;
- Cridaup.iuav.it (Internet). *Aree a standard*; (consultato 02 maggio 2001). Disponibile all'indirizzo http://cri-daup.iuav.it/g_u_menu.html;

2011

ARCHITETTURA E SOCIETÀ
LAUREA MAGISTRALE IN PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



PARTE SECONDA

ELABORAZIONE DEI PROGETTI ARCHITETTONICI

01

Relazione tecnica

Il nostro progetto ha come base *Housing Contest*, un concorso bandito dall'Assimpredil Ance, col patrocinio del comune di Milano, dell'Ordine degli Architetti di Milano e della Federlegno, con lo scopo di perseguire l'obiettivo *low cost/high profile*, proponendo un sistema di edifici residenziali a basso costo, ma con un notevole risparmio energetico.

Il frutto del nostro lavoro è un edificio modulare residenziale adattabile a qualsiasi contesto dell'area periurbana di Milano, componibile in base alle necessità dell'utenza, grazie alla sua modularità, progettato con un basso

costo di costruzione ma con una alta qualità ambientale.

Il complesso viene declinato in due soluzioni: la prima detta tradizionale vuole rispecchiare il livello tecnologico presente oggi sul mercato, rispettando la normativa 2002/91/CE; la seconda, da noi considerata innovativa è una soluzione provocatoriamente prestante e rispecchierà la direttiva da poco entrata in vigore 2010/31/CE, secondo cui entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione saranno ad energia quasi zero, con un valore di trasmittanza inferiore allo $0,15\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Relazione tecnica

1.1 LA LOGICA AGGREGATIVA

Il punto di partenza del nostro progetto è stato *Housing Contest*, un concorso bandito dall'Assimpredil Ance di Milano, col patrocinio del Comune di Milano, dell'Ordine degli Architetti di Milano e della Federlegno, con la priorità di perseguire l'obiettivo del *low-cost/high-profile*, col fine di promuovere la qualità architettonica, la ricerca e l'innovazione nel settore dell'edilizia residenziale attraverso la creazione di un repertorio architettonico di edifici a basso costo ma con un alto risparmio energetico.

Come tema il bando proponeva la realizzazione o di un edificio a torre di 12 piani residenziali con una superficie lorda di pavimento di 5.000m², con un posto auto e una cantina per alloggio, oppure un edificio in linea di 5 piani residenziali ed abitabili, con una slp sempre di 5.000m², con posto auto e cantina per ogni alloggio.

La progettazione dell'edificio doveva essere considerata nelle condizioni climatiche dell'area della città di Milano, in ambito periurbano, su un lotto non identificato, quindi senza la possibilità di confrontarsi con un *genius loci*, con orientamento specificato dal concorrente.

Poiché gli immobili si considerano localizzati nel comune di Milano, le normative tecniche e regolamentari di riferimento sono quelle vigenti all'atto della pubblicazione del Bando nel Comune di Milano.

Il progetto doveva rispondere ai seguenti obiettivi stabiliti dal bando *Housing Contest* (pp. 5):

- sistema costruttivo prefabbricato e/o tradizionale evoluto ad elevato standard prestazionale

- attenzione al ciclo di vita dell'edificio e ai relativi costi di esercizio e gestione nell'ottica della sensibilità ambientale
- controllo e contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione con assunzione da parte dell'impresa realizzatrice delle relative garanzie di adempimento
- massima fruibilità e flessibilità progettuale
- ottimizzazione dell'efficienza energetica e delle prestazioni acustiche, bassa emissione di CO₂, minimizzazione dell'inquinamento indoor e outdoor
- identità architettonica milanese reinterpretata in chiave contemporanea
- aggregabilità e flessibilità delle soluzioni tipologiche degli alloggi
- utilizzazione di componenti innovativi

L'edificio dovrà prevedere il 100% della slp in alloggi, articolati in via meramente indicativa come segue (pp. 4):

- minimo 5% monocalci 35m² circa di slp
- minimo 25% bilocali 55m² circa di slp
- minimo 15% trilocali 70m² circa di slp dotati di un bagno e cucina a vista
- minimo 25% trilocali 85m² circa di slp dotati di due bagni e cucina separata
- minimo 10% quadrilocali 100m² circa di slp dotati di due bagni e cucina abitabile

Si auspicano soluzioni distributive degli alloggi che interpretino il tema della flessibilità interna e della pianta libera.

Le proporzioni e le superfici richieste hanno un carattere indicativo: si riconosce pertanto alla

proposta progettuale la possibilità di proporre soluzioni differenti.

In base alle richieste fatte dal bando, abbiamo preso spunto e poi rielaborato solo quelle ritenute da noi più significative ed importanti per la progettazione del nostro edificio. Esso si articolerà in due declinazioni: la prima, quella tradizionale, vuole rispecchiare il livello tecnologico di oggi secondo la 2002/91/CE; la seconda, quella innovativa, vuole essere una soluzione provocatoriamente prestante, rispettando la direttiva 2010/31/CE.

Il progetto, così come *Housing Contest*, è orientato alla definizione di un modello costruttivo, nell'ambito della proposta dell'edificio in linea: esso si sviluppa su 5 piani residenziali connessi tra loro da un impianto scala centrale che consente l'accesso ai vari alloggi attraverso un ballatoio, posto sulla facciata principale dell'edificio. Il ballatoio costituisce un elemento importante se non fondamentale della nostra progettazione, dato che è indipendente rispetto all'edificio e per questo può essere posizionato, a seconda delle esigenze, in modi differenti.

Nel nostro caso, per una finalità non solo economica ma soprattutto sociale, è stato pensato, come luogo non meramente di collegamento ma anche di sosta per facilitare la socializzazione, grazie alla sua quasi inusuale profondità per gli standard italiani e milanesi (2,50m), per riprendere quella che è la consolidata tradizione nord-europea. Però per venire incontro alle esigenze degli utenti che abiteranno il nostro edificio, sono state pensate dei sistemi a tenda, scorrevoli in orizzontale, che hanno lo scopo, grazie al loro facile ed immediato sistema di apertura e di chiusura, di garantire, nell'eventualità, la privacy

richiesta dagli utenti.

In più, essendo il ballatoio collocato a sud assolve una funzione anche ambientale, dato che funge da schermo solare durante la stagione estiva, al contrario della stagione invernale in cui l'incidenza solare irraggerà i vari alloggi. È stata data una grande importanza anche al verde grazie a dei sistemi agganciati al ballatoio che fan sì che i raggi solari siano filtrati da questa prima barriera, per aumentare il comfort delle persone che vivono il ballatoio e l'edificio.

Un altro aspetto importante del nostro edificio è la sua composizione: grazie alla sua maglia strutturale regolare 4m x 4m di pilastri, abbiamo creato una griglia di riferimento, che costituisce le

1.01

Vista ballatoio: Esso non vuole essere solamente luogo di collegamento, ma anche di sosta per facilitare la socializzazione tra gli inquilini



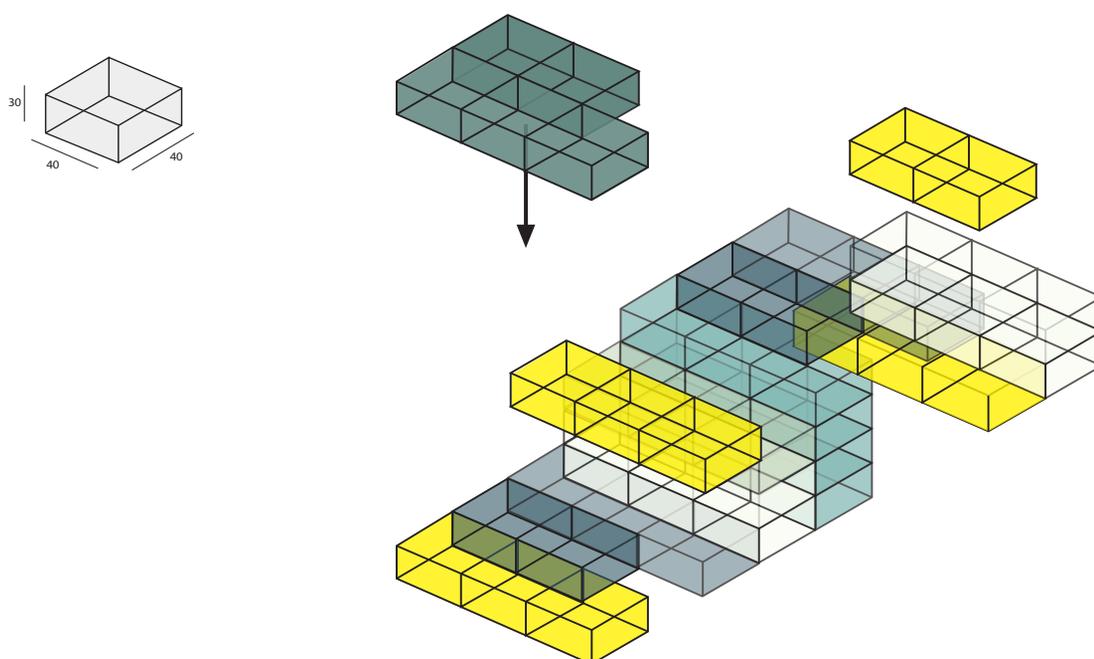
linee guida per l'articolazione di tutto l'edificio: di conseguenza gli alloggi, seguendo la griglia, sono modulari, ed hanno varie dimensioni con differenti destinazioni d'uso, per venire incontro a quelle che sono le esigenze delle persone che vivono oggi la realtà milanese (vedi CAP. 3 Parte 1). In questo modo sarà possibile adottare varie soluzioni per la realizzazione dell'edificio in base alle esigenze dei committenti e degli utenti, dato che i moduli si possono sovrapporre o affiancare a seconda delle esigenze.

La modularità che abbiamo in pianta si rispecchia anche sulla facciata principale, dove le aperture, anch'esse che seguono una griglia, hanno diverse dimensioni rispetto alle funzioni che vengono svolte all'interno dell'alloggio. Le finestre sono dimensionate in modo da rispettare i rapporti aeroilluminanti e da garantire la giusta ventilazione naturale all'edificio. Per una questione economica e per permettere l'entrata di

luce naturale, sono state adottate, regolarmente, delle finestre non apribili, a serramento fisso.

Altro elemento importante per il nostro edificio è l'allineamento in pianta dei cavedi di scarico degli impianti, che consentono una maggiore facilità di costruzione del manufatto, un maggiore comfort interno.

La modularità della composizione strutturale, delle facciate, dei serramenti, delle porte consente una maggiore facilità nella realizzazione e quindi un abbattimento dei costi di costruzione nonostante l'alta qualità ambientale e sociale del fabbricato.



1.02

Sistema modulare: I moduli abitativi si possono sovrapporre o affiancare a seconda delle esigenze. In questo modo è possibile creare appartamenti di dimensione e tipologia diversi

1.2 LO SCENARIO TRADIZIONALE

Il progetto si sviluppa secondo due declinazioni, una tradizionale ed una innovativa.

Per quanto riguarda la composizione tradizionale è stato scelto un sistema strutturale puntiforme con travi e pilastri in calcestruzzo armato. Le strutture di orizzontamento sono previste in laterocemento con pignatte e travetti prefabbricati.

Il calcestruzzo è un materiale da costruzione consolidato che gode di una ampia tradizione e quindi di maggiore facilità nel reperimento, di un basso costo, di una buona esperienza e manodopera nella realizzazione da parte delle ditte. Questo vale anche per il solaio in laterocemento.

Questo sottolinea la rilevanza degli edifici nella vita di ogni giorno e l'importanza dell'attenzione che deve essere posta sui materiali da costruzione quando si deve operare una scelta di lungo termine, con conseguenze di vasta portata.

Il calcestruzzo armato garantisce una importante durabilità, resistenza al fuoco e presenta delle buone caratteristiche di isolamento acustico, di assorbimento delle vibrazioni e capacità termica grazie alla sua massività. In più il calcestruzzo armato non richiede molte opere di manutenzione durante il suo ciclo di vita a differenza del legno, e questo incide molto sugli oneri dell'edificio.

Per quanto riguarda la declinazione in calcestruzzo armato abbiamo seguito la Direttiva Europea 2002/91/CE, la normativa di riferimento in Europa per la certificazione energetica degli edifici.

La 2002/91/CE (*Energy Performance Building Directive*) ha i seguenti obiettivi:

- diminuire del 22% i consumi energetici co-

munitari entro il 2010

- ottenere un risparmio di energia primaria pari a 55 milioni di tep (tonnellata equivalente di petrolio)
- ridurre le emissioni di CO₂ di un valore pari a 100 milioni di tonnellate
- introdurre nuovi standard progettuali

1.3 LO SCENARIO INNOVATIVO

La principale scelta tecnologica per il progetto innovativo è l'impiego, per le strutture in elevazione, della soluzione a travi e pilastri in legno lamellare, che permette di operare con sistemi prefabbricati, grazie anche alla modularità dell'edificio, al tempo stesso sia delle strutture che degli elementi di chiusura perimetrale ottenendo in tempi molto ridotti la realizzazione di un ambiente chiuso entro il quale proseguire le lavorazioni successive fino alle finiture interne. La prefabbricazione in legno abbina l'operatività di un processo altamente industrializzato all'utilizzo di un materiale naturale con caratteristiche fisiche di elevata resistenza meccanica alla compressione, notevole leggerezza, ottime prestazioni di isolamento termico, con una notevole facilità nella riduzione dei ponti termici, e di traspirabilità, rendendo così particolarmente efficace il suo impiego. A fronte di un impegno progettuale che arrivi a definire tutti i componenti, la tecnologia in legno lamellare comporta notevoli vantaggi: profondo controllo del processo di produzione e montaggio, lavorazioni in officina

con macchinari non complessi e con risultati di massima precisione, trasporti e movimentazioni non particolarmente onerosi, lavorazioni strutturali in opera totalmente a secco, semplificazione del cantiere durante la durata dei lavori. Queste caratteristiche si riflettono in maniera incisiva sugli aspetti presi oggi in maggior considerazione nella realizzazione di edifici ad alta qualità quali il rispetto dell'ambiente (materiale rinnovabile, certificato, assemblato con componenti naturali), la certezza e riduzione dei tempi (produzione e montaggio) il risparmio energetico (produzione, montaggio e gestione), la salubrità dell'ambiente realizzato, la sicurezza in cantiere.

Per la proposta innovativa è stata rispettata la direttiva 2010/31/CE che abroga la Direttiva 2002/91/CE.

Come specifica l'articolo 1, la Direttiva *'promuove*

il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi?

La direttiva prevede, inoltre, che per contenere il fabbisogno energetico, gli Stati membri stabiliscano requisiti degli impianti tecnici per l'edilizia relativamente:

- al rendimento energetico globale
- alla corretta installazione e alle dimensioni
- alla regolazione e al controllo adeguati

Tali requisiti, stabiliti per il caso di nuova installazione, sostituzione o miglioramento di sistemi tecnici per l'edilizia, si applicano almeno per i seguenti impianti:



1.03
Facciata del progetto innovativo: Differenti tipi di legno, che rispecchiano le diverse unità abitative

- impianti di riscaldamento
- impianti di produzione di acqua calda
- impianti di condizionamento d'aria
- grandi impianti di ventilazione

Entro il 31 dicembre 2020 è previsto che tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a *energia quasi zero*. Un *edificio a energia quasi zero* è un edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico (molto basso o quasi nullo) dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili.

1.4 PROGETTI DI RIFERIMENTO

Come richiesto dal bando di concorso a cui ci siamo ispirati, *Housing Contest*, il nostro edificio rispecchierà quella che è la tradizione milanese, quindi sarà in linea; anche se la particolarità del nostro progetto, che si distacca molto dalla tradizione italiana, è l'importanza data al ballatoio, più nord europea che non milanese: come si può vedere nei progetti di riferimento scelti (vedi schede che seguono), il ballatoio non sarà più un semplice sistema di distribuzione, ma data la sua maggiore profondità rispetto ai canoni tradizionali, diventa un luogo pubblico ma allo stesso tempo privato, volto a facilitare la socializzazione tra le persone che abitano il nostro edificio: essendo posizionato a sud su cui affacciano gli spazi interni come il soggiorno o la sala da pranzo, l'utente sarà portato ad estendere il proprio living space anche all'esterno dei propri confini residenziali, che possono essere, in un certo senso comunque privatizzati grazie all'uso di tende poste sull'asse mediano del ballatoio che corrono a tutta altezza che, nell'eventualità, vengono a chiudere lo spazio esterno della persona che vive in qualsiasi appartamento dell'edificio.

In più l'importanza del ballatoio e delle tende è data non solo dalla funzione sociale che essi svolgono ma anche ambientale dato che fungono da filtro per la protezione dall'incidenza solare nella stagione estiva data l'esposizione prevista a sud della facciata principale.

KCAP

KOEKOEKSTRAAT

casa di riposo anziani, 1996

progetto
KOEKOEKSTRAAT

ubicazione
Amersfort, Paesi Bassi

data
1996

superficie
100 unità

tipologia
casa di riposo per anziani

Il progetto *Koekoekstraat* fa parte di un intervento di revitalizzazione di un quartiere del dopoguerra ubicato ai margini della città di Amersfort, nei Paesi Bassi. Esso consiste nella costruzione di due nuovi edifici, con l'obiettivo di creare nuovi alloggi per anziani. Nell'edificio più grande sono stati previsti spazi comuni.

È stato scelto di utilizzare come tipologia di accesso quella del ballatoio principalmente per due motivi: da una parte il budget di progetto era assai basso, dall'altra parte il ballatoio permette un accesso dall'esterno senza barriere architettoniche. Per evitare percorsi molto lunghi e monotoni, gli architetti hanno sviluppato una tipologia di ballatoio particolare. Il percorso stesso è collocato ad una distanza di 3m dalla facciata principale e molto largo, in modo da sviluppare una *living street*, una strada vivente. I balconi privati degli inquilini si trovano di conseguenza su dei ponticelli tra il ballatoio principale e l'ingresso agli appartamenti. Questi balconi si estendono spazialmente tra l'interno e l'esterno per l'articolazione della facciata e l'utilizzo del vetro. A seconda degli abitanti, queste zone hanno un aspetto più privato o più pubblico.

Questi spazi sono gli unici esterni per gli alloggi e per questo il ballatoio-balcone viene utilizzato molto intensamente.

Immagini:

1.04 Ponticelli tra ballatoio e ingresso

1.05 Vista ballatoio

1.06 Spazio per socializzare

1.07 Vista facciata principale



1.04



1.05



1.06



1.07

progetto
ALVERSTRAAT

ubicazione
Rotterdam, Paesi Bassi

data
2007

superficie
80 unità

tipologia
residenziale

VMX Architects

ALVERSTRAAT edilizia residenziale, 2007



1.08



1.09

Tanti edifici residenziali del dopoguerra ubicati nei Paesi Bassi sono momentaneamente oggetto di interventi di ristrutturazione. Questo vale anche per Hoogvliet, un quartiere ai margini di Rotterdam, che negli ultimi anni ha avuto grossi problemi sociali.

Il complesso residenziale degli architetti VMX fa parte di un intervento di revitalizzazione di quartieri esistenti. Il compito era di sostituire l'edificio esistente con un nuovo complesso per anziani. Per questo i progettisti sviluppano un sistema architettonico lineare, caratterizzato dalla presenza di un profondo ballatoio, che rappresenta contemporaneamente lo spazio sociale. Per la particolare larghezza del ballatoio gli inquilini possono destinare la zona accanto all'ingresso agli appartamenti a spazi privati, le zone più lontane restano libere per il passaggio delle persone.

Le zone pranzo e i soggiorni all'interno degli appartamenti sono ubicate in modo da poter comunicare con le terrazze esterne. In questo modo gli spazi interni si estendono verso l'esterno, quelli esterni verso l'interno. La zona privata del ballatoio è divisa in corrispondenza degli alloggi attraverso pareti divisorie in materiale traslucente. Il ballatoio viene usato molto intensamente da parte degli abitanti; è visibile anche per la presenza di tante piante e fiori.

Immagini:

1.08 Vista complesso residenziale

1.09 Vista via interna con ballatoi

Claudius Buchinger

APOLLOGASSE edificio residenziale, 1996

progetto
APOLLOGASSE

ubicazione
Vienna, Austria

data
1996

superficie
45 unità

tipologia
residenziale

L'edificio ubicato nella via *Apollogasse* a Vienna costituisce per la presenza del ballatoio un caso abbastanza raro per la capitale austriaca, in quanto questa tipologia si diffondeva solo a partire dell'ultimo secolo. L'edificio ospita una serie di appartamenti di piccole dimensioni, e proprio per questo è stato scelto di utilizzare il ballatoio come tipologia d'accesso, l'unica possibilità razionale possibile.

Esso era costituito in origine in legno e acciaio ed è poi stato sostituito con una struttura in calcestruzzo armato durante una ristrutturazione negli anni 30.

Durante l'ultimo intervento il ballatoio è stato nuovamente sostituito da una struttura in acciaio e elementi prefabbricati in calcestruzzo. Oggi non è solo spazio di accesso agli appartamenti, ma anche spazio sociale, nonostante la ridotta profondità (solo un 1,30m). Esso viene usato molto intensamente dagli abitanti come luogo di sosta. I buoni rapporti tra i vicini è dovuto - proprio secondo gli inquilini - alla presenza di questa tipologia di ballatoio. Sul lato esterno del ballatoio sono fissate delle girglie, sulle quali si possono mettere delle piante e dei fiori. Così il ballatoio si presenta come spazio sociale, molto verde, pubblico, ma allo stesso tempo privato.



1.10



1.11



1.12

Immagini:

1.10 Facciata principale

1.11 Vista ballatoio

1.12 Verde: piante e fiori

progetto
BREITENFURTER STRASSE

ubicazione
Vienna, Austria

data
2002

superficie
140 unità

tipologia
residenziale



1.13



1.14

Helmut Wimmer

BREITENFURTER STRASSE

edilizia residenziale, 2002

L'edificio a cinque piani si trova lungo una strada di transizione molto trafficata, la *Breitenfurter Straße*. Per la normativa edilizia vigente non era possibile collocare delle aperture principali su questo lato della facciata dell'edificio. Per questo è stato scelto di utilizzare un ballatoio chiuso da pannelli vetriati come tipologia di accesso agli alloggi, che funge contemporaneamente come barriera acustica.

Questo ballatoio si estende poi verso l'interno dell'edificio, creando dei veri e propri spazi sociali e privati. Sul lato sud esso si trasforma in terrazze antistanti agli appartamenti, dove si possono deporre biciclette e carrozzine. In quasi tutti i casi questi spazi vengono adottati come giardini privati e sono per questo motivo attrezzati con tanto verde, piante e fiori, tavolini e ombrelloni. Da queste zone gli inquilini si intrattengono con i loro vicini e per tanti addirittura la presenza di questo spazio sociale era il motivo principale di affittare un appartamento in questo complesso residenziale.

Immagini:

1.13 *Breitenfurter Strasse* con il ballatoio chiuso

1.14 Trasformazione del ballatoio in terrazze aperte

kfp Architekten

BRAHMSHOF

edificio residenziale, 1991

progetto
BRAHMSHOF

ubicazione
Zurigo, Svizzera

data
1991

superficie
70 unità

tipologia
residenziale

Il *Brahmshof Zürich* rappresenta uno dei progetti più innovativi e riusciti riguardo la progettazione di *housing sociale* negli ultimi decenni. Commitente del progetto è il *Evangelische Frauenbund Zürich* EFZ, l'associazione evangelica per donne della città di Zurigo.

L'assetto spaziale del progetto doveva essere caratterizzato da spazi sociali in modo da favorire la comunicazione tra gli inquilini e il contatto sociale. Un altro obiettivo era quello di creare una vasta gamma di tipologie di appartamenti differenti, per poter accogliere in modo equo famiglie, monogenitori, adolescenti e persone con handicap. Così si è creato un complesso residenziale che si sviluppa attorno a diversi spazi comuni. Il centro è rappresentato da un grande cortile interno, attorno al quale si trovano i ballatoi che portano agli appartamenti. La cucina degli alloggi guarda verso questo ballatoio, mentre gli spazi più privati sono collocati in zone più interne degli appartamenti. La facciata che dà verso il ballatoio è caratterizzata da grande aperture in vetro, in modo da facilitare la comunicazione tra gli inquilini.

Il ballatoio è staccato dalla facciata, in modo da non compromettere la privacy degli utenti. Piccole passerelle lo collegano con gli alloggi. Dal numero di tavolini, sedie e piante presenti sul ballatoio, si può intendere che si tratta di un progetto sociale molto riuscito.

Immagini:

1.15 Vista ballatoio con struttura in acciaio

1.16 Spazio sociale

1.17 Ballatoio con piccola passerella



1.15



1.16



1.17

progetto

CASA PASSIVA 'ABITARE & LAVORARE'

ubicazione

Freiburg, Germania

data

1999

superficie

16 unità

tipologia

residenziale

Common & Gies

CASA PASSIVA 'ABITARE & LAVORARE'
edilizia residenziale, 1999

1.18



1.19



1.20

Questo edificio è stato realizzato per iniziativa di 16 famiglie che desideravano integrare il luogo di lavoro e di residenza per favorire i contatti sociali, ponendo molta attenzione al comfort e alla sostenibilità del costruito. Si tratta di un'architettura esemplare sotto molti aspetti, che rispetta gli standard di consumo energetico per le case passive.

Il corpo di fabbrica è una scatola lunga e stretta con una struttura portante in blocchi di silicato di calcio e calcestruzzo armato. L'uso di materiali semplici e naturali era una delle priorità poste dalla committenza. Infatti viene utilizzato molto il legno, l'abete rosso per la struttura e i riquadri delle finestre, l'abete Douglas per il rivestimento. Le pareti esterne e solai sono isolati con pannelli in lana minerale e di fibra di legno. In questo modo l'edificio raggiunge un fabbisogno annuo di energia per il riscaldamento inferiore a 13,2 kWh/m².

I quattro piani sono accessibili sul lato nord attraverso scale e ballatoi. Il lato sud è ombreggiato da balconate aperte che si estendono per tutta la lunghezza dell'edificio. Questa struttura è separata dalla struttura principale della costruzione. Questo spazio esterno rappresenta contemporaneamente anche una zona che favorisce i contatti tra gli inquilini dell'edificio.

Questo edificio è stato realizzato come sperimentazione nel quadro di un progetto di ricerca, ottenendo un finanziamento per il monitoraggio delle soluzioni adottate.

Immagini:

1.18 Ballatoio ultimo piano con pannelli fotovoltaici

1.19 Ballatoio come spazio sociale

1.20 Facciata principale

EM2N

HEGIANWANDWEG
edificio residenziale, 2002

L'edificio a cinque piani ubicato a Zurigo rappresenta un intervento di housing sociale, una cooperativa edilizia che dà molta attenzione al valore della sostenibilità nel senso ampio. Infatti il progetto tiene conto delle tre sfere della sostenibilità, ambientale, economica e quella sociale.

L'edificio utilizza materiali naturali e rispetta gli standard di basso consumo energetico. Per controllare l'incidenza solare, sono state previste delle tende termoisolanti esterne, che chiudono il ballatoio d'accesso. In questo modo molto semplice la zona d'accesso viene protetta e ombreggiata.

L'assetto degli spazi è accuratamente studiato, rispettando le zone private e offrendo una serie di spazi comuni. Un esempio è il ballatoio o il cortile che si estende di fronte all'edificio, che funge anche da spazio gioco. Un altro aspetto fondamentale è la flessibilità degli alloggi che possono essere adattati a nuove esigenze. Questa caratteristica è particolarmente importante per una società in continuo cambiamento.

progetto
HEGIANWANDWEG

ubicazione
Zurigo, Svizzera

data
2002

superficie
14.404m²

tipologia
residenziale



1.21



1.22



1.23



1.24

Immagini:

1.21 Facciata principale dell'edificio

1.22 Protezione solare termoisolante in tessuto

1.23 Vista complesso residenziale

1.24 Vista ballatoio

progetto
VAUBAN

ubicazione
Wallisellen, Svizzera

data
2009

superficie
24 unità

tipologia
residenziale + uffici

agps architecture

INTEGRA edilizia residenziale + uffici, 2009



1.25



1.26



1.27



1.28

L'ex-area industriale della *Integra Signum* è stata oggetto di un intervento di ristrutturazione durante il quale è stato trasformato il vecchio stabilimento di produzione in un edificio residenziale. Questa costruzione a 6 piani si caratterizza per la presenza di balconi lungo tutto il perimetro esterno dell'edificio, vetrate a tutta altezza e un sistema di tendaggi che funge da protezione solare. Su ogni piano, alto 2,70m, si trovano 4 appartamenti moderni.

L'edificio possiede un sistema di tende innovativo, sviluppato dalla ditta svizzera *4b-Fassaden*. Il sistema di protezione solare e visiva è costituita da materiale tessile ed è apribile e chiudibile in direzione orizzontale. Quando il sistema è chiuso, il tessuto subisce una piegatura laterale, in modo da non disturbare la vista verso l'esterno. Il tessuto è spesso 0,43mm e pesa 380g/m². Grazie alla tipologia del tessuto, esso riesce a controllare l'incidenza solare in modo da evitare l'effetto serra tra tenda e facciata dell'edificio. Il tessuto possiede un valore di trasmissione solare del 34%. La percentuale di assorbimento solare è del 40%.

Il telaio del sistema è costituito da profili orizzontali in alluminio. I profili verticali hanno una posizione fissa e scandiscono la facciata. I bulloni utilizzati per il passaggio del sistema non sono visibili dall'esterno.

Immagini:

1.25 Vista edificio

1.26 Effetto delle tende dall'interno

1.27 Dettaglio piegatura tenda

1.28 Tende aperte e chiuse

02

Soluzione costruttiva

L'edificio si declina in due soluzioni tecnologiche: la prima detta *tradizionale*, ha la struttura in calcestruzzo armato e un solaio in laterocemento (travetti e pignatte); la coibentazione utilizzata per la parete esterna è la lana di roccia con un sistema a cappotto, rispecchiando quella che è la tradizione italiana e milanese, così come per le pareti che sia all'interno che all'esterno saranno intonacate.

Per il sistema detto *innovativo* il sistema strutturale è costituito da una struttura in legno lamellare, così come per i travetti che reggono il solaio; per quanto riguarda la coibentazione è stato quasi per tutto l'edificio adoperato il sistema in fibra di legno; per la facciata esterna la parete è stata rivestita in legno, mentre all'interno le pareti sono rivestite

di cartongesso.

Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento per entrambe le soluzioni è stato adottato un sistema di riscaldamento a pavimento.

Ciò che differenzia i due edifici è la trasmittanza delle pareti sia orizzontali che verticali, dato che vengono rispettate due normative di riferimento diverse: quella tradizionale deve essere inferiore a $0,34\text{W/m}^2\text{K}$, mentre la trasmittanza del sistema innovativo dovrà essere inferiore a $0,15\text{W/m}^2\text{K}$.

Per entrambe le declinazioni, infine, i livelli di inerzia termica si aggirano intorno alle 11/12 ore, per garantire un livello di comfort interno giorno notte durante l'anno.

Soluzione costruttiva

2.1 SISTEMA COSTRUTTIVO TRADIZIONALE

Per quanto riguarda la progettazione della declinazione tradizionale abbiamo deciso di scegliere materiali facilmente reperibili in zona, ad alte prestazioni energetiche ma allo stesso tempo con un basso impatto ambientale.

Essendo questa tecnica di costruzione molto diffusa nell'area milanese non è un problema per la manodopera qui presente affrontare questo tipo di progettazione.

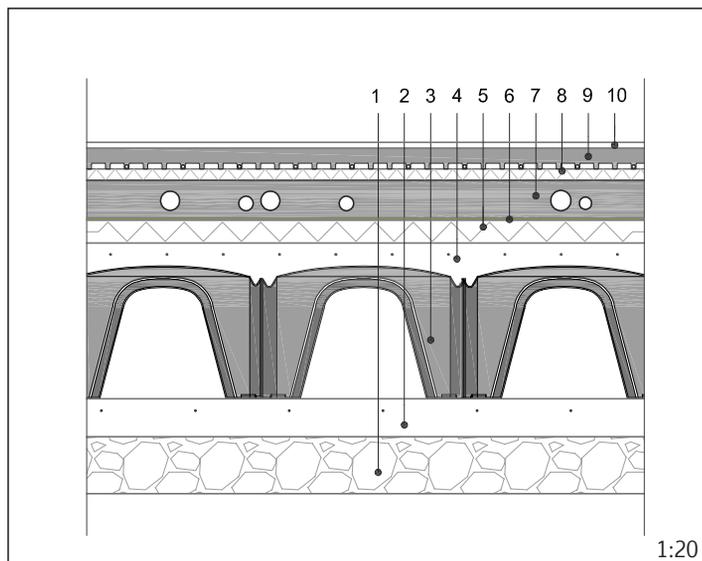
Nella composizione dei pacchetti tecnologici è stata rispettata la direttiva 2002/91/CE, che prevede per l'area milanese una trasmittanza massima di $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, cercando di tenere un valore omogeneo sia per gli orizzontamenti (piano terra e copertura), sia per gli elementi verticali (parete esterna).

Non essendo previsto nel progetto tipo il piano interrato, il piano terra, essendo a contatto con l'esterno, richiede una attenta progettazione: oltre ad essere ben coibentato con un pannello di lana di roccia di 8 cm, è stato previsto, come scelta tecnologica per impedire la risalita di umidità, un vespaio aerato con igloo.

Per la copertura è stato previsto un tetto caldo ed è stato utilizzato per la coibentazione l'XPS in modo da garantire, anche in caso di piccole infiltrazioni, le prestazioni termiche.

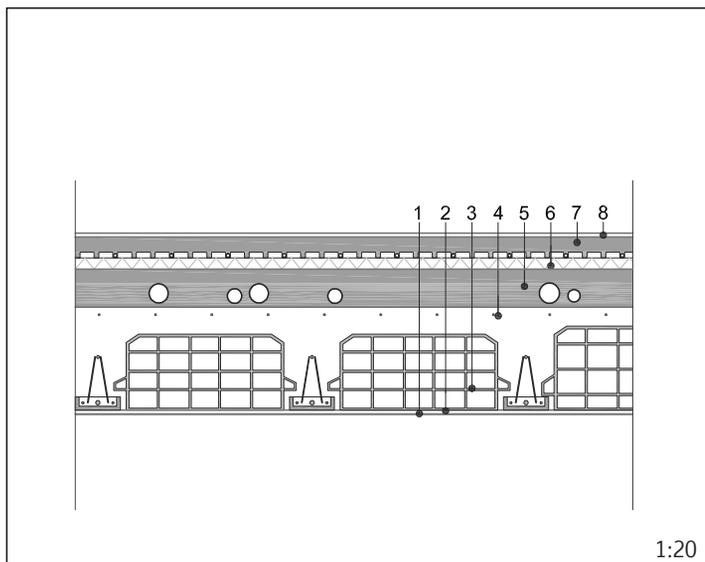
Per l'involucro esterno è stato adoperata come tecnologia il cappotto termico; il materiale coibentante adoperato è la lana di roccia; in questo caso è stato utilizzato un pacchetto già assemblato della **Roefix**, che garantisce un ottimo comportamento tra i diversi strati che compongono la parete.

Infine, nella progettazione dei pacchetti è stato controllato anche il valore dell'inerzia termica, sempre intorno alle 11-12 ore, in modo da garantire all'edificio un comfort interno giorno/notte nei periodi invernali.

TRADIZIONALE S1 SOLAIO CONTRO TERRA


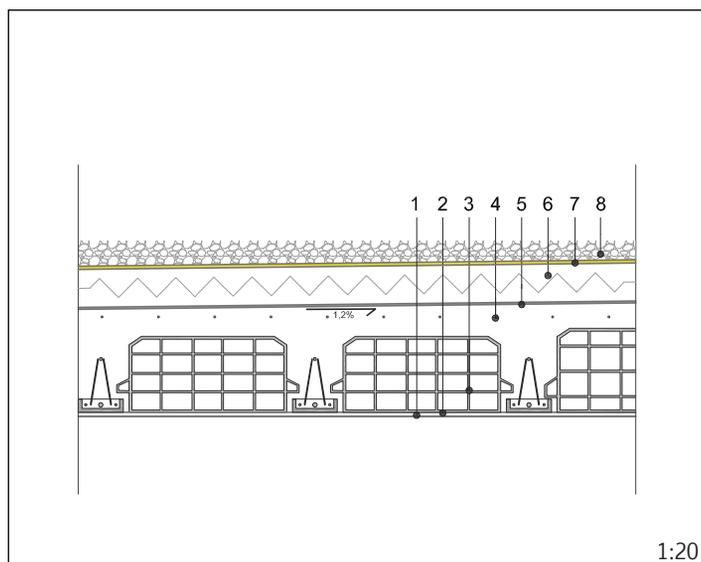
Spessore totale S [cm] = 77,60
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,29
 Sfasamento F [h] = 11,34
 Peso proprio [kN/m²] = 4,50

nr.	Tipo materiale	Conduktività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Sottofondo compatto	-	-	-
02	Magrone armato con rete elettrosaldata 25x25cm	0,500	1.000	10,00
03	Vespaio aerato con Iglu (DALIFORM; Iglù 35)	1,000	1.400	35,00
04	Getto di completamento in cls con rete elettrosaldata 15x15cm	0,500	2.500	5,00
05	Coibentazione termica in lana di roccia (ROCKWOOL; Durock C (038))	0,038	150	6,00
06	Strato di separazione (ITALIANA MEMBRANE; Cartonfeltro)	-	300	0,30
07	Massetto in cls alleggerito con argilla espansa per impianti	0,500	1.250	10,00
08	Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)	0,037	13	3,00
09	Massetto in cls alleggerito	0,500	1.250	6,80
10	Rivestimento pavimento ceramica	1,200	2.000	1,50

TRADIZIONALE  SOLAIO INTERPIANO


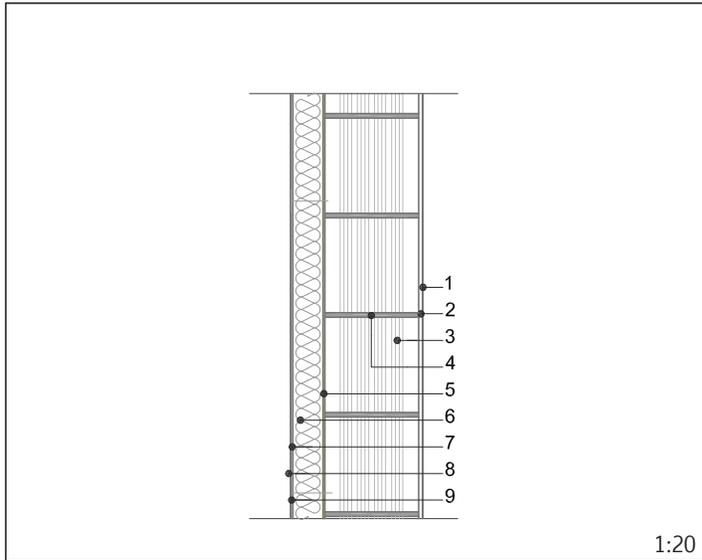
Spessore totale S [cm] = 47,50
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,65
 Peso proprio [kN/m²] = 2,78

nr.	Tipo materiale	Conduktività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Solaio travetti e pignatte (WIENERBERGER; Blocchi 25x42)	0,900	850	20,00
04	Getto di completamento in cls con rete elettrosaldata 15x15cm	0,500	2.500	5,00
05	Massetto in cls alleggerito con argilla espansa per impianti	0,500	1.250	10,00
06	Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)	0,037	13	3,00
07	Massetto di cls alleggerito	0,500	1.250	6,80
08	Rivestimento pavimento ceramica	1,200	2.000	1,50

TRADIZIONALE  SOLAIO COPERTURA


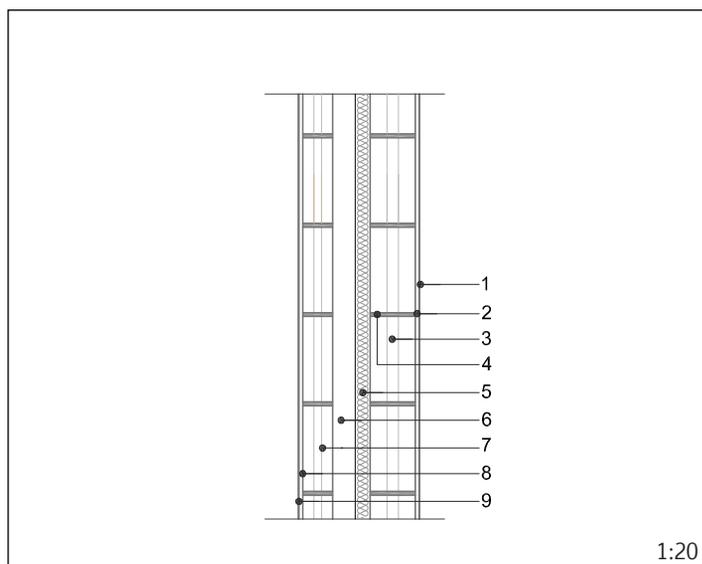
Spessore totale S [cm] = 41,51
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,28
 Sfasamento F [h] = 11,47
 Peso proprio [kN/m²] = 2,62

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Solaio travetti e pignatte (WIENERBERGER; Blocchi 25x42)	0,900	850	20,00
04	Getto di completamento pendente (1,2%) in cls con rete elettrosaldata 15x15cm	0,500	2.500	min 5,00
05	Barriera vapore (SILPLAST; Monarflex polykraft STD)	-	800	0,01
06	Coibentazione termica in XPS (URSA; XPS NIII - I)	0,036	30	10,00
07	Guaina bituminosa autoadesiva (ITALIANA MEMBRANE; Scudotene P)	0,170	1.200	0,30
08	Ghiaia	0,810	1.800	5,00

TRADIZIONALE P1 PARETE ESTERNA


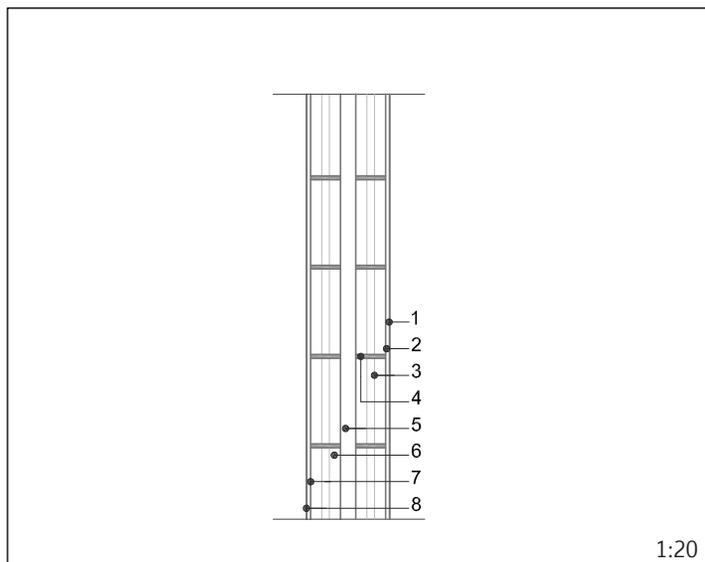
Spessore totale S [cm] = 35,30
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,29
 Sfasamento F [h] = 11,12
 Peso proprio [kN/m²] = 3,64

nr.	Tipo materiale	Conducibilità termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Modulare 35 x 25/25)	0,250	630	25,00
04	Malta (EDILTECNICA; SIMAR CN 21)	1,200	1.800	0,12 (giunto)
05	Collante (RÖFIX; Unistar Light)	0,540	1.150	0,40
06	Coibentazione termica in lana di roccia lamellare (MW) (RÖFIX; SPEED 040 (2B))	0,041	105	8,00
07	Rasatura (RÖFIX; Unistar Light)	0,540	1.150	0,50
08	Rivestimento (RÖFIX; SiSi)	0,700	1.800	0,30
09	Tasselli a percussione (RÖFIX; NDT-8Z Medium)	-	-	-

TRADIZIONALE P2 PARETE TRA DUE UNITÀ IMMOBILIARI


Spessore totale S [cm] = 32,40
 Potere fonoassorbente R [dB] =
 min. 50
 Peso proprio [kN/m²] = 3,64

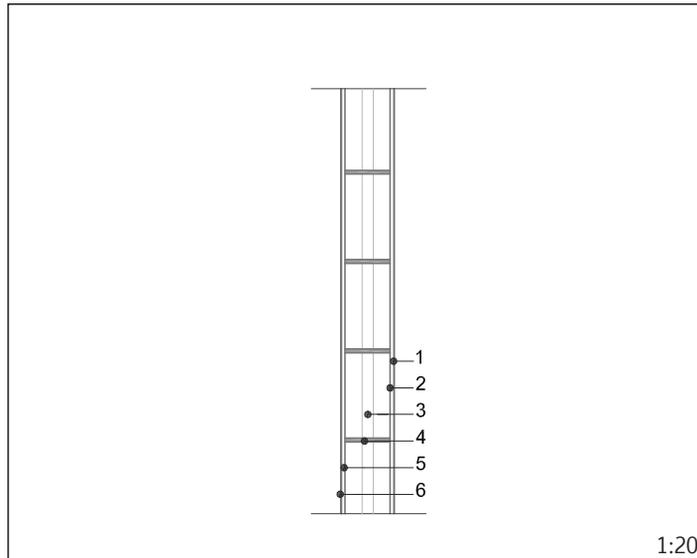
nr.	Tipo materiale	Conductività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Porotherm 12 - 50/22,5)	0,205	920	12,00
04	Malta (EDILTECNICA; SIMAR CN 21)	1,200	1.800	0,12 (giunto)
05	Coibentazione acustica in lana di roccia (ROCKWOOL; Pannello Acoustic 225)	0,035	70	5,00
06	Intercapedine d'aria	0,900	1	5,00
07	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Porotherm 8 - 50/22,5)	0,215	920	8,00
08	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
09	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20

TRADIZIONALE P3 PARETE ATTREZZATA


Spessore totale S [cm] = 23,40
 Peso proprio [kN/m²] = 5,39

nr.	Tipo materiale	Conduktività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Porotherm 8 - 50/22,5)	0,215	920	8,00
04	Malta (EDILTECNICA; SIMAR CN 21)	1,200	1.800	0,12 (giunto)
05	Intercapedine d'aria	0,900	1	5,00
06	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Porotherm 8 - 50/22,5)	0,215	920	8,00
07	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
08	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20

TRADIZIONALE  TRAMEZZA



Spessore totale S [cm] = 14,40
 Peso proprio [kN/m²] = 4,32

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20
02	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
03	Blocchi di laterizio (WIENERBERGER; Porotherm Porotherm 12 - 50/22,5)	0,205	920	12,00
04	Malta (EDILTECNICA; SIMAR CN 21)	1,200	1.800	0,12 (giunto)
05	Intonaco sottofondo (RÖFIX; Intonaco di sottofondo a base di calce- cemento nr. 510)	0,500	1.350	1,00
06	Finitura interna (RÖFIX; Rivestimento minerale bianco a base di calce nr. 360)	0,540	1.450	0,20

2.2 SISTEMA COSTRUTTIVO INNOVATIVO

Per quanto riguarda la progettazione innovativa, è stato utilizzato come principale materiale da costruzione il legno, sia per gli elementi strutturali (travi, travetti e pilastri), sia per la composizione dei pacchetti tecnologici, date le buone prestazioni ecologiche del materiale.

La costruzione in legno, in questo caso lamellare, nell'area milanese non è molto praticata, tanto è vero che oltre alla mancanza di manodopera, c'è anche quella di materiale per questa tecnica, più diffusa sicuramente nel nord-Europa.

Nella composizione dei pacchetti tecnologici è stata rispettata la normativa 2010/31/CE, che a partire dal 2021 porrà il progettista di fronte a nuove sfide progettuali, ovvero progettare delle case quasi Zero Energy, con un valore massimo di trasmittanza pari circa a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Anche in questo caso si è tenuto un valore omogeneo di trasmittanza sia per le partizioni orizzontali che per quelle verticali.

Come per la declinazione tradizionale, anche in questo caso per il pacchetto del piano terreno è stato utilizzato il vespaio aerato con igloo per evitare la risalita di umidità, mentre per la coibentazione è stata scelta la lana di roccia, che grazie alla sua densità, ha un'ottima resistenza a compressione.

Per la progettazione del tetto è stato pensato ad un tetto caldo in fibra di legno, un materiale che garantisce ottime prestazioni tecnologiche e ha buoni valori in materia di energia incorporata ed in emissioni di CO₂.

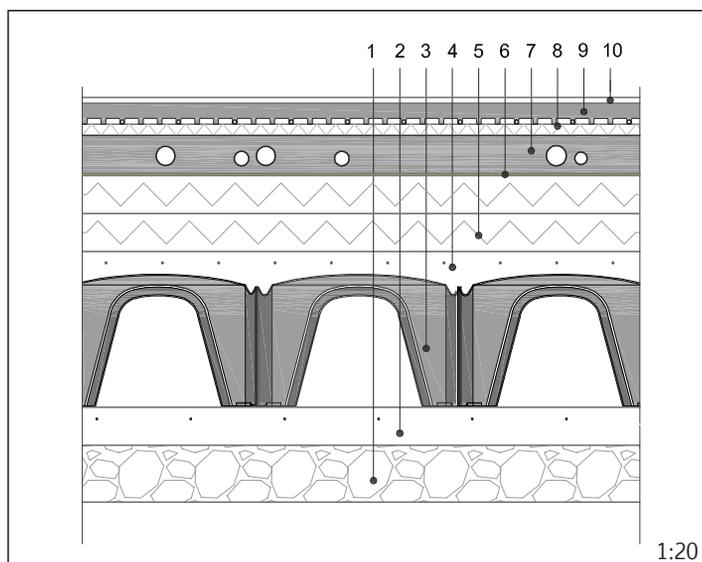
Per la parete esterna è stato composto un pacchetto tecnologico in legno e fibra di legno.

Anche in questo caso siamo stati attenti ai valori di sfasamento, per un confort ottimale nel periodo invernale.

INNOVATIVO

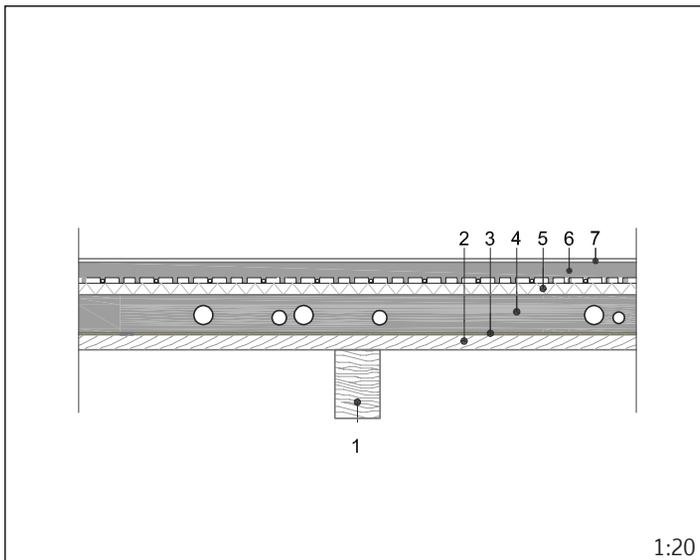


SOLAIO CONTRO TERRA



Spessore totale S [cm] = 91,60
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,13
 Sfasamento F [h] = 12,05
 Peso proprio [kN/m²] = 4,54

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Sottofondo compatto	-	-	-
02	Magrone armato con rete elettrosaldata 25x25cm	0,500	1.000	10,00
03	Vespaiο aerato con Iglu (DALIFORM; Iglù 35)	1,000	1.400	35,00
04	Getto di completamento in cls con rete elettrosaldata 15x15cm	0,500	2.500	5,00
05	Coibentazione termica in lana di roccia (ROCKWOOL; Durock C (038))	0,038	150	20,00
06	Strato di separazione (ITALIANA MEMBRANE; Cartonfeltro)	-	300	0,30
07	Massetto in cls alleggerito con argilla espansa per impianti	0,500	1.250	10,00
08	Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)	0,037	13	3,00
09	Massetto in cls alleggerito	0,500	1.250	6,80
10	Rivestimento pavimento ceramica	1,200	2.000	1,50

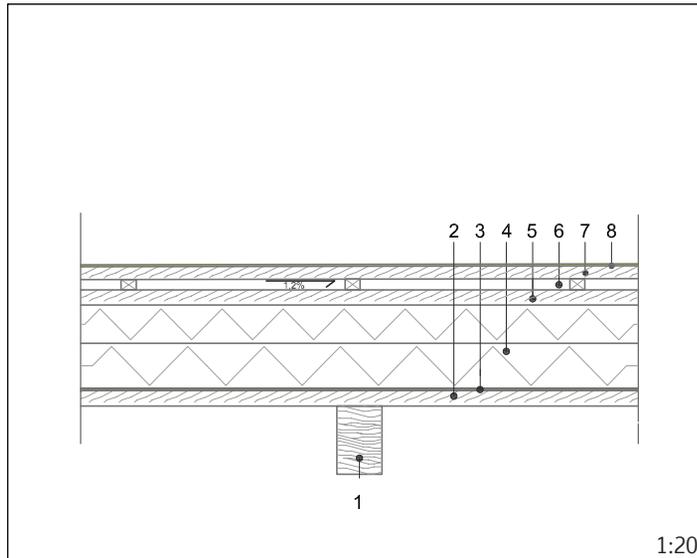


Spessore totale S [cm] = 25,60

Trasmittanza U [W/m²K] = 0,64

Peso proprio [kN/m²] = 2,23

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Travetti in legno lamellare 12/19,6	-	360	-
02	Assito in legno di abete	0,130	500	4,00
03	Strato di separazione (ITALIANA MEMBRANE; Layertex)	0,170	1.200	0,30
04	Massetto in cls alleggerito con argilla espansa per impianti	0,500	1.250	10,00
05	Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)	0,037	13	3,00
06	Massetto cls alleggerito	0,500	1.250	6,80
07	Rivestimento pavimento ceramica	1,200	2.000	1,50

INNOVATIVO  SOLAIO COPERTURA


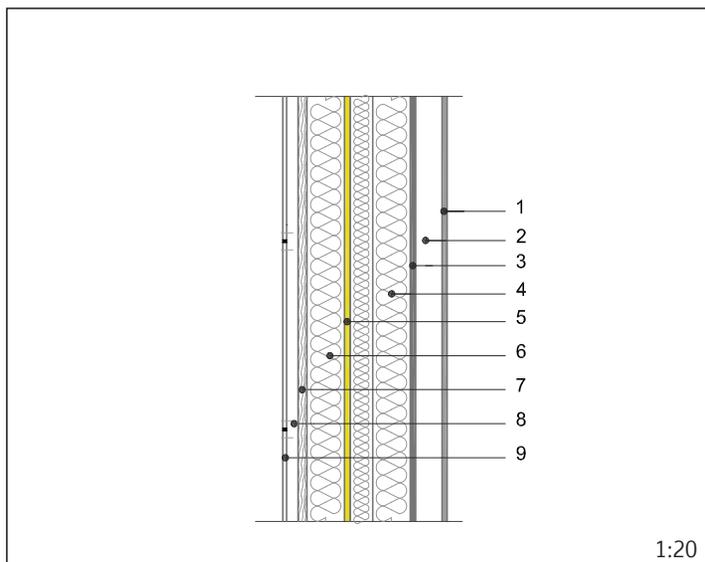
Spessore totale S [cm] = 39,36
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,14
 Sfasamento F [h] = 10,14
 Peso proprio [kN/m²] = 0,70

nr.	Tipo materiale	Conduktività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Travetti in legno lamellare 12/19,6	-	360	-
02	Assito in legno di abete	0,130	500	4,00
03	Barriera vapore (SILPLAST; Monarflex polykraft STD)	-	800	0,01
04	Coibentazione termica in XPS (URSA; XPS NIII - I)	0,034	28	10,00 + 12,00
05	Assito in legno di abete	0,130	500	4,00
06	Controlistellatura con intercapedine d'aria	0,900	1	5,00
07	Assito in legno di abete	0,130	500	4,00
08	Membrana bituminosa da finitura (DERBIGUM; Derbibrute NT)	0,170	1.200	0,35

INNOVATIVO



PARETE ESTERNA



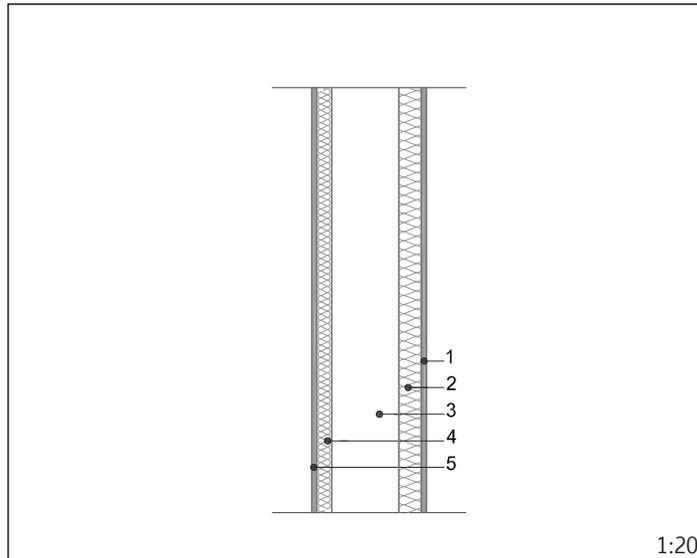
Spessore totale S [cm] = 45,45
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,13
 Sfasamento F [h] = 10,31
 Peso proprio [kN/m²] = 1,97

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall K 811)	0,290	1.050	1,25
02	Intercapedine d'aria	0,900	1	7,00
03	OSB (incollato in modo impermeabile)	0,130	550	1,50
04	Coibentazione termica in fibra di legno (MAXITALIA; Fibralegno Flex)	0,038	45	10,00 + 6,00
05	MDF	0,120	600	1,50
06	Coibentazione termica in fibra di legno (MAXITALIA; Fibralegno Flex)	0,038	45	10,00
07	Assito in legno di abete	0,130	500	4,00
08	Controllostellatura con intercapedine d'aria	0,900	1	3,00
09	Rivestimento in legno (PRODIMA; ProdEX)	0,130	1.350	1,20

INNOVATIVO



PARETE TRA DUE UNITÀ IMMOBILIARI



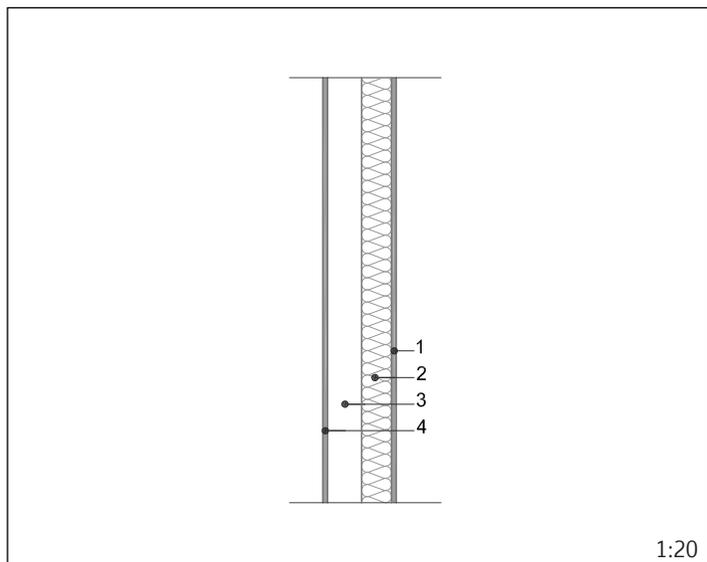
Spessore totale S [cm] = 30,50
 Potere fonoassorbente R [dB] =
 min. 50
 Peso proprio [kN/m²] = 0,63

nr.	Tipo materiale	Conduktività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ m ³	[kg/	Spessore s [cm]
01	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall K 811)	0,290	1.050		1,25
02	Coibentazione termica in fibra di legno (TASSULLO; T- Brown)	0,045	210		4,00
03	Intercapedine d'aria	0,900	1		18,00
04	Coibentazione termica in fibra di legno (TASSULLO; T- Brown)	0,045	210		6,00
05	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall K 811)	0,290	1.050		1,25

INNOVATIVO



PARETE ATTREZZATA

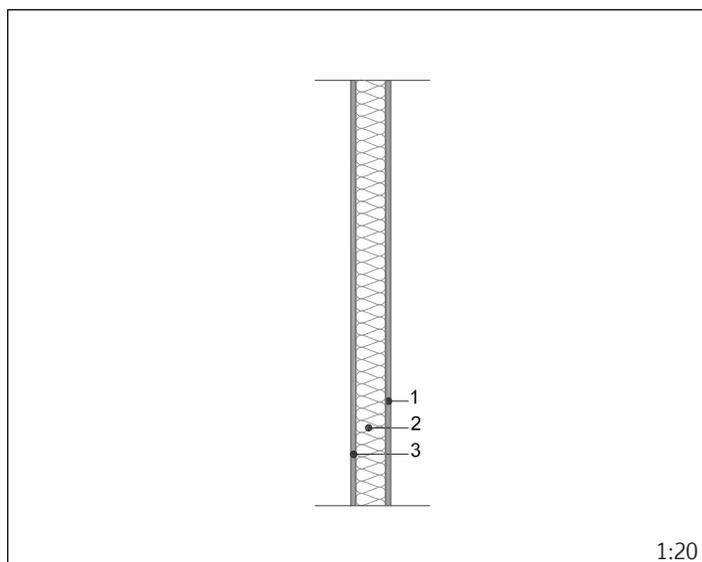
Spessore totale S [cm] = 18,50Peso proprio [kN/m²] = 0,51

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall KP11)	0,290	1.050	1,25
02	Coibentazione termica in fibra di legno (TASSULLO; T- Brown)	0,045	210	8,00
03	Intercapedine d'aria	0,900	1	8,00
04	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall KP11)	0,290	1.050	1,25

INNOVATIVO



TRAMEZZA



Spessore totale S [cm] = 10,50
 Peso proprio [kN/m²] = 0,51

nr.	Tipo materiale	Conduttività termica λ [W/(m °K)]	Densità ρ [kg/m ³]	Spessore s [cm]
01	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall KP11)	0,290	1.050	1,25
02	Coibentazione termica in fibra di legno (TASSULLO; T- Brown)	0,045	210	8,00
03	Lastra in gesso- fibra (KNAUF; Vidiwall KP11)	0,290	1.050	1,25

03

Dimensionamento strutturale

Per garantire un corretto funzionamento e una sufficiente sicurezza di entrambi i progetti architettonici proposti, è necessario determinare e verificare la struttura portante degli edifici, cioè individuare il carico massimo presente per potere poi calcolare le dimensioni dei pilastri, travi e fondazioni.

Per il progetto tradizionale si propone una struttura puntiforme in calcestruzzo armato con una griglia regolare a 4m x 4m. La normativa di riferimento è l'*Eurocodice 2*, dedicato alle strutture in calcestruzzo non armato, armato e precompresso e la specifica normativa nazionale, il D.M. del 16/01/1996, che applica il metodo *degli stati limite*. Il criterio di verifica adottato è quello definito come metodo *semiprobabilistico*

o metodo *dei coefficienti parziali*.

Il progetto innovativo propone invece una struttura puntiforme in legno lamellare. La norma, che viene applicata per determinare e verificare la struttura, è la *Norma Tecniche per le Costruzioni* del 2008, che finalmente contempla anche il legno come materiale strutturale. Il legno lamellare è un modo nuovo di usare un materiale antico quanto la storia abitativa dell'uomo. L'impiego del legno lamellare, come materiale ed elemento strutturale trova sempre più spazio e credito nel settore costruttivo offrendo possibilità alternative e concorrenziali, soprattutto nel settore di strutture a grandi luci (unico vincolo è il trasporto) e dimensioni e in quello della ristrutturazione.

Dimensionamento strutturale

3.1 PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO

3.1.1 INTRODUZIONE

Il fabbricato sotto esame è un edificio ad uso residenziale che si basa sui principi della progettazione modulare. L'aggregazione del modulo di partenza di 4 x 4m permette la realizzazione di tipologie insediative diverse, dalla villa a schiera, all'edificio in linea o sviluppato a corte. L'unione del modulo base permette contemporaneamente la creazione di appartamenti di dimensione e tipologia diversa, secondo la domanda abitativa da soddisfare. L'edificio, sempre per la sua modularità, possiede di conseguenza una forma e un impianto strutturale regolare. Gli appartamenti vengono raggiunti, grazie alla flessibilità, tramite un ballatoio strutturalmente indipendente collocabile su ogni lato dell'edificio secondo le necessità. Anche il vano scale, per la sua autonomia, può essere posizionato secondo le esigenze e vincoli presenti nel luogo di insediamento.

Nel presente caso viene analizzata un'aggregazione 'standard': essa è composta da cinque piani fuori terra e senza piano interrato. Il ballatoio si trova sul lato sud dell'edificio, il vano scale in una posizione centrale. La copertura è piana e non praticabile (solo ispezionabile).

La struttura prevista è di tipo puntiforme in cemento armato.

La normativa di riferimento è l'Eurocodice 2, dedicato alle strutture in calcestruzzo non armato, armato e precompresso e la specifica normativa nazionale, il D.M. del 16/01/1996, norme tecniche relative ai 'criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovracarichi'. L'Eurocodice 2, parte 1-1, è stato approvato dal Comitato europeo di normalizzazione (CEN) nel dicembre 1991 come norma europea provvisoria (ENV). La traduzione ufficiale italiana è stata pubblicata nel gennaio 1993 dall'UNI (ente italiano di unificazione). Il già citato D.M. 16/01/1996 autorizza l'uso di tale norma e fornisce specifiche prescrizioni integrative, sostitutive e oppressive delle indicazioni contenute nell'Eurocodice stesso.

Il metodo applicato dall'Eurocodice è il *metodo degli stati limite*. Esso rappresenta la formulazione completa del criterio di verifica, alternativo al metodo delle tensioni ammissibili, che integra l'approccio semiprobabilistico con verifiche nelle condizioni di esercizio. Si definisce in generale come stato limite uno stato al di là del quale la struttura, o una sua parte, non soddisfa più le esigenze di comportamento per le quali è stata progettata.

Occorre distinguere tra due situazioni limite completamente differenti, denominate rispettivamente *stato limite ultimo* e *stato limite di esercizio*. Lo *stato limite ultimo* corrisponde al valore estremo della capacità portante (limite di collasso) o ad altre forme di cedimento strutturale che possono mettere in pericolo la sicurezza delle persone (quali ribaltamento o instabilità). Lo *stato limite di esercizio* è uno stato al di là del quale non risultano più soddisfatti i requisiti di esercizio prescritti; comprende quindi situazioni che comportano un rapido deterioramento della struttura (come tensioni di compressione eccessive

o fessurazione, per il calcestruzzo) o la perdita di funzionalità (deformazioni o vibrazioni eccessive).

Per garantire una sufficiente sicurezza nei confronti del collasso sarebbe a rigore necessario esaminare il comportamento della struttura con analisi non lineari, ma ciò comporterebbe un onere di calcolo non accettabile per un comune progettista. È quindi prassi comune adottare l'analisi lineare anche quando ci si preoccupa dello stato limite ultimo.

Il criterio di verifica adottato è quello già definito come *metodo semiprobabilistico* o *metodo dei coefficienti parziali*. Il valore di calcolo della generica azione F è quindi determinato moltiplicando il valore caratteristico F_k per il coefficiente parziale γ_p , mentre il valore di calcolo della generica proprietà f del materiale (per esempio la resistenza) è ottenuto dividendo il valore caratteristico f_k per il coefficiente parziale γ_M . Nel valutare le caratteristiche limite della sollecitazione in una sezione si utilizza sempre una legge costitutiva σ - ε del materiale non lineare.

Poiché in condizioni di esercizio lo stato tensionale è ben distante dai valori di rottura, sia la legge costitutiva σ - ε del materiale che il metodo di analisi strutturale adottato sono sempre lineari. In quanto ai carichi, si utilizzano per essi valori aventi una probabilità di essere superati maggiore rispetto a quelli utilizzati per le verifiche allo stato limite ultimo (e quindi più bassi). Si distinguono condizioni di carico rare, frequenti o quasi permanenti, con probabilità di superamento via via maggiori e valori del carico progressivamente minori.

3.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI: CALCESTRUZZO E ACCIAIO

Vengono analizzati le caratteristiche dei due principali materiali utilizzati nella realizzazione della struttura: il calcestruzzo e l'acciaio.

Il calcestruzzo, o conglomerato cementizio, è costituito da un aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco di varie dimensioni) legati da una pasta cementizia costituita da acqua e cemento che si forma per idratazione del cemento stesso (formando principalmente il gel di silicato di calcio idrato e cristalli di idrossido di calcio). Le proprietà meccaniche di tale agglomerato lapideo artificiale dipendono da quelle dei singoli componenti e dal legame che si realizza tra loro.

I calcestruzzi vengono classificati in base alla resistenza caratteristica cilindrica, f_{ck} , e cubica, $f_{ck, cube}$, a compressione (prove di compressione uniassiale effettuate su provini di forma cilindrica e cubica, rispettivamente). Il termine *caratteristica* sta ad indicare che si fa riferimento al frattile del 5%, cioè, quel particolare valore che, con riferimento ad una densità di probabilità ottenuta sperimentalmente, ha una probabilità del 5% di essere minorato. L'EC-2 per la classificazione dei calcestruzzi rimanda alla norma EN 206-1, sulla cui base viene fornito la FIG. 3.02 in cui sono riportate le proprietà meccaniche necessarie per la progettazione.



a



b



c

3.01

La scelta della classe del calcestruzzo non viene effettuata solo in base alla resistenza meccanica richiesta in fase di progetto, ma anche in base ai requisiti di durabilità. Infatti, l'EC-2 nella Sezione 4 richiede che una struttura durevole deve soddisfare i requisiti di attitudine al servizio, resistenza e stabilità durante la sua vita utile di progetto, senza presentare perdite significative di funzionalità né richiedere manutenzioni straordinarie eccessive. Le condizioni ambientali sono classificate secondo l'EC-2 (basato sulla EN 206-1), in cui la classe di esposizione è stabilita in base alle condizioni chimiche e fisiche alle quali la struttura è esposta (vedi sempre FIG. 3.03). Nel caso in esame l'ambiente in cui si trova la struttura è caratterizzato da umidità moderata. Secondo la suddetta tabella la classe di esposizione che si adatta al caso in esame è la XC3. In riferimento al prospetto E.1N (Appendice E dell'EC-2), che fornisce un'indicazione sulle classi di resistenza da impiegare in funzione delle classi di esposizione, si sceglie di impiegare per la realizzazione della struttura un calcestruzzo di classe C20/25.

Le principali caratteristiche meccaniche del calcestruzzo da impiegare nella progettazione sono legate alla resistenza caratteristica a compressione. Nel Prospetto 3.1 dell'EC-2 sono elencate le caratteristiche meccaniche relative al calcestruzzo C20/25, di seguito riportate:

- $f_{ck,cube} = 25\text{MPa}$ (resistenza a compressione caratteristica cubica);

- $f_{ck} = 20\text{MPa}$ (resistenza a compressione caratteristica cilindrica);

- $f_{cm} = 28\text{MPa}$ (resistenza media a compressione a 28 giorni);

- $f_{ctm} = 2,2\text{MPa}$ (resistenza media a trazione assiale);

3.01
Composizione calcestruzzo: a) inerti; b) cemento; c) acqua

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9858	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Rck minima N/mm ²	Contenuto minimo di aria %	Copriero minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15		5
2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5 c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C 30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4°, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

3.02

UNI EN 206-1: Classificazione dei calcestruzzi e classi di esposizione

- $f_{ctm,0.05} = 1,5 \text{MPa}$ (resistenza caratteristica a trazione assiale (frattile 5%));
- $f_{ctm,0.95} = 2,9 \text{MPa}$ (resistenza caratteristica a trazione assiale (frattile 95%));
- $E_{cm} = 30 \text{GPa}$ (modulo di elasticità secante);
- $\varepsilon_{cu2} = 0,35\%$ (deformazione ultima (o di rottura));

Le resistenze di progetto a compressione e trazione vengono definite secondo il punto 3.1.6 dell'EC-2, ottenendo:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctm,0.05}}{\gamma_c}$$

dove α_{cc} è un coefficiente che tiene conto degli effetti a lungo termine sulla resistenza a compressione e degli effetti sfavorevoli risultanti dal modo in cui il carico è applicato, il cui valore si può reperire nell'appendice nazionale ed è pari a 0,85. Il coefficiente α_{ct} tiene conto degli effetti a lungo termine sulla resistenza a trazione e degli effetti sfavorevoli risultanti dal modo in cui il carico è applicato, il cui valore si può reperire nell'appendice nazionale ed è pari a 1. Il coefficiente γ_c è il coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo, il cui valore, anch'esso viene reperito nell'appendice nazionale, è pari ad 1,5. Al punto 3.1.7 dell'EC-2 sono indicati i vari legami costitutivi (relazione sforzo-deformazione) per il calcestruzzo che possono essere utilizzati per la progettazione, come, ad esempio, il legame denominato parabola-rettangolo. Per semplificare i calcoli, si è consentito

Classi di esposizione secondo il prospetto 4.1										
Corrosione										
	Corrosione indotta da carbonatazione				Corrosione indotta da ioni cloro			Corrosione indotta da ioni cloro di origine marina		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Classi di resistenza indicativa	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	
Danni al calcestruzzo										
	Nessun rischio	Attacco gelo/disgelo					Attacco chimico			
	X0	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3			
Classi indicative di resistenza	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45			

3.03
Eurocodice 2: Indicazione sulle classi di resistenza da impiegare in funzione delle classi di esposizione

adottare una distribuzione rettangolare di tensioni su di un'altezza compressa ridotta come mostrato in FIG. 3.04.

Nel cemento armato normale e precompresso si utilizzano, per le armature, solitamente, barre nervate di acciaio fornite in fasci di verghe dritte di lunghezza di 12m. Le proprietà delle barre di armatura ordinaria necessarie per l'utilizzo con l'EC-2 sono fornite nell'appendice C, in accordo con la EN 10080. Le regole applicative per la progettazione e i dettagli costruttivi dell'EC-2 sono valide per acciai con tensioni di snervamento f_{yk} = da 400 MPa a 600 MPa e con superficie nervata in modo da assicurare adeguata aderenza al calcestruzzo.

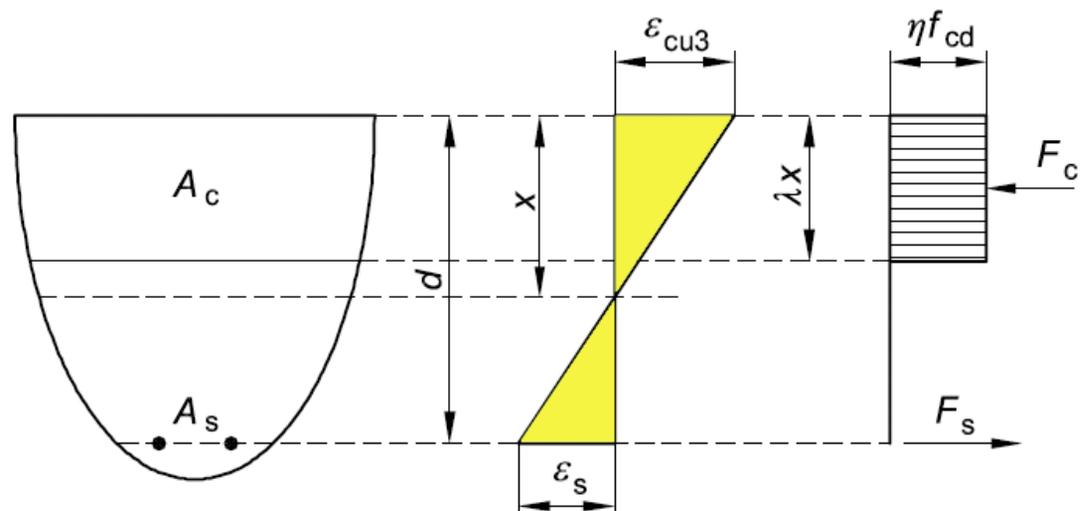
Si è scelto di utilizzare barre di armatura ad aderenza migliorata del tipo B 450 C. In FIG. 3.05 sono mostrate alcune barre ad aderenza migliorata. Le principali caratteristiche dell'acciaio utilizzato vengono di seguito elencate:

- f_{yk} = 450 MPa (tensione di snervamento);
- f_{tk} = 540 MPa (tensione di rottura);
- f_{yd} = 391,30 MPa (tensione di snervamento di progetto);
- ε_{sd} = 1% (limite ultimo di deformazione dell'acciaio);
- E_s = 200 GPa (modulo elastico dell'acciaio, punto)

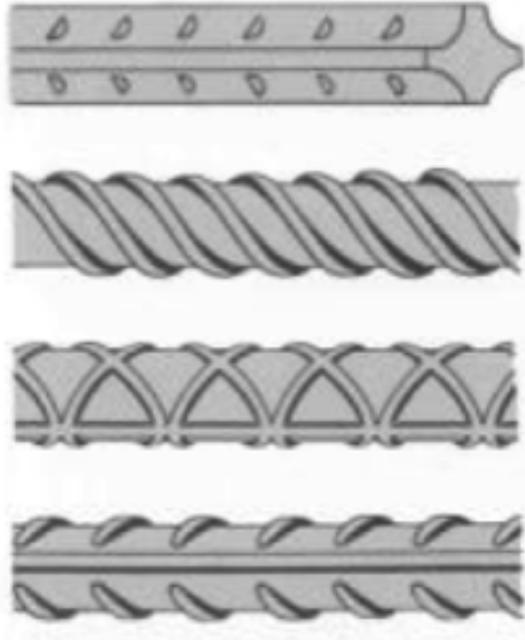
La tensione di snervamento di progetto viene così calcolata:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

essendo γ_s il coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio, reperito nell'appendice nazionale, pari ad



1,15. Al punto 3.2.7 dell'EC-2 vengono indicate le possibili relazioni sforzi deformazioni per l'acciaio da utilizzare in sede di progetto; viene scelto il legame elastico-perfettamente plastico, con deformazione massima dell'acciaio pari all'1%.



3.1.3 ELEMENTI STRUTTURALI E CARICHI

Al fine di trovare le azioni interne della struttura, necessarie per la successiva progettazione dei vari elementi strutturali, è necessario ricondursi ad un efficace schema statico ed effettuare una corretta analisi dei carichi.

3.05

La schematizzazione utilizzata in questo esempio consiste nel considerare i vari elementi strutturali portanti distintamente gli uni dagli altri, evitando così un grande onere di calcolo in caso di esempio in un'analisi tridimensionale. Pertanto, lo schema di calcolo utilizzato in questo lavoro consiste nello studiare indipendentemente i travetti del solaio, le travi, i pilastri e le fondazioni.

I carichi agenti sulla struttura dipendono, in parte, dalle dimensioni della struttura stessa, che, a loro volta, dipendono dai carichi. Pertanto, la progettazione degli elementi strutturali è un processo iterativo che necessita di un punto di partenza che consiste nel predimensionare gli elementi strutturali. Nel caso studio, gli elementi da predimensionare sono il solaio e le travi di piano.

Solaio:

La regola empirica vuole che lo spessore del solaio, h , non risulti maggiore di $1/25$ della luce massima. Utilizzando queste indicazioni è possibile effettuare il dimensionamento imponendo:

$$h = l/25$$

Anche lo sbalzo, secondo l'EC-2, per evitare la sua eccessiva deformabilità, deve avere un rapporto luce/altezza utile dello sbalzo non superiore a 7 per calcestruzzo molto sollecitato o 10 per calcestruzzo poco sollecitato.

La luce massima per il solaio dell'edificio in esame è di 4,00m; con riferimento alla equazione suddetta, l'altezza del solaio deve essere di almeno 16,00cm. La luce massima degli sbalzi è di

3.05
Acciaio per armature:
Tipologie di barre

1,50m; in base alle indicazioni dell'EC-2 l'altezza utile dello sbalzo deve essere di almeno 15,00cm (o 21,43cm nel caso di elevate sollecitazioni). Si è quindi deciso di assegnare sia allo sbalzo che al solaio uno spessore costante di 25,00cm.

Travi:

Si decide di utilizzare travi in spessore, cioè travi di altezza uguale allo spessore del solaio. Esse consentono di ottenere impalcati perfettamente piani, senza ingombri particolari, e quindi con una più articolata distribuzione degli spazi e soluzioni planimetriche più libere nel disporre tavolati e tramezzi divisorii avendo il solo vincolo dei pilastri. L'altezza viene calcolata imponendo:

$$h = l / 20$$

Questa formula empirica da come risultato 20,00cm. Per motivi di sicurezza si adotta un'altezza per la trave di 25,00cm.

Nell'analisi e nel progetto di una struttura è necessario avere un quadro chiaro della natura e dell'entità dei carichi agenti sulla struttura. La loro determinazione è necessaria per il predimensionamento di qualsiasi elemento strutturale. È di fondamentale importanza la distinzione tra carichi statici e dinamici. I carichi statici sono quelli che sono applicati lentamente alla struttura e hanno carattere stazionario. I carichi dinamici sono quelli che vengono applicati alla struttura in modo repentino e sono caratterizzati da rapidi cambiamenti di intensità e di posizione.

Le azioni agenti sulla struttura sono classificabili poi in carichi permanenti (G_k) e carichi accidentali (Q_k). I carichi permanenti G_k sono quelli non rimovibili dalla costruzione come il peso proprio della struttura stessa, il peso di qualsiasi elemento permanente della costruzione, i divisori non mobili e così via. Il metodo per calcolare il carico permanente secondo il D.M. 16/01/1996 è basato sulla determinazione del volume dell'elemento e del peso per unità di volume del materiale di cui è costituito.

I carichi variabili Q_k hanno una posizione mobile e comprendono le persone, il mobilio, i materiali immagazzinati e altri elementi simili a questi. Fa parte di questa categoria anche il carico della neve. I carichi da vento e forze sismiche sono tipi particolari di carichi accidentali e non vengono considerati nella determinazione del carico complessivo a causa dei loro effetti dinamici. Il carico variabile per ambienti ad uso residenziale è di 2kN/m² (vedi FIG. 3.06).

L'analisi delle azioni si effettua calcolando e sommando i carichi degli elementi partendo dall'ultimo piano a scalare verso il basso della struttura. Come rappresentato in FIG. 3.07 e come detto sopra (cioè dall'alto verso il basso), viene determinato il carico presente per le varie aree di influenza, che

sono definite come l'area che pesa sul pilastro.

L'area maggiormente caricata risulta essere la A_8 con un area di $16,00\text{m}^2$ (vedi Fig.3.08). Per essa i carichi presenti sono stati determinati in un primo momento indipendentemente per i diversi piani, non tenendo conto del carico aggiuntivo dei piani superiori gravante su quelli inferiori. Questi carichi indipendenti vengono conseguentemente sommati e moltiplicati per i coefficienti parziali di sicurezza γ , per ottenere il carico di design massimo delle forze verticali N_{Ed} .

$$N_{Ed} = Q_k \times \gamma_Q + G_k \times \gamma_G$$

γ_Q ...coefficiente parziale per carichi variabili = 1,5

γ_G ...coefficiente parziale per carichi permanenti = 1,4

N_{Ed} ...carico di design delle forze verticali

Nella tabella (FIG. 3.09) sono riportati i carichi presenti per i diversi piani. N_{Ed} per i diversi piani risultata:

$$N_{Ed \text{ piano } 4^{\circ}} = 32,00 \text{ kN} \times 1,5 + 41,92 \text{ kN} \times 1,4 = 106,69 \text{ kN}$$

$$N_{Ed \text{ piano } 3^{\circ}} = 32,00 \text{ kN} \times 1,5 + 114,16 \text{ kN} \times 1,4 = 207,82 \text{ kN}$$

$$N_{Ed \text{ piano } 2^{\circ}} = 32,00 \text{ kN} \times 1,5 + 112,22 \text{ kN} \times 1,4 = 205,11 \text{ kN}$$

$$N_{Ed \text{ piano } 1^{\circ}} = 32,00 \text{ kN} \times 1,5 + 88,59 \text{ kN} \times 1,4 = 172,03 \text{ kN}$$

$$N_{Ed \text{ piano } 0^{\circ}} = 32,00 \text{ kN} \times 1,5 + 103,98 \text{ kN} \times 1,4 = 193,57 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 885,22 \text{ kN}$$

Il carico massimo risulta quindi essere di 885,22 kN.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00

3.06
D.M. 16/01/1996: Carico variabile per ambienti ad uso residenziale è di $2\text{kN}/\text{m}^2$

3.1.4 DIMENSIONAMENTO DEL PILASTRO

Sezione del pilastro:

Il pilastro è quell'elemento dell'edificio che contribuisce al sostegno dei carichi assiali provenienti dall'alto, siano esse coperture, solai o travi. Il carico complessivo agente su ciascuna area di influenza permette di determinare la sezione minima necessaria per l'elemento strutturale del pilastro.

I materiali da utilizzare per l'opera sono stati già scelti in precedenza e sono (per le caratteristiche vedi CAP. 3.02) per il calcestruzzo il C25/30 e l'acciaio B 450C.

Il carico di design delle forze verticali N_{Ed} ottenuto, diviso per la resistenza di calcolo, determina la sezione minima necessaria per ciascun carico. Questo permette di individuare i lati di sezione minimi possibili. Il pilastro maggiormente caricato risulta essere il pilastro P_8 . Per esso il lato minimo risulta:

$$b^2 = \frac{N_{Ed}}{0,8 \cdot f_{cd} + \frac{f_{yd}}{100}}$$

b...lato minimo della sezione del pilastro

f_{cd} ... resistenza di calcolo a compressione

f_{yd} ... resistenza di calcolo acciaio

3.07

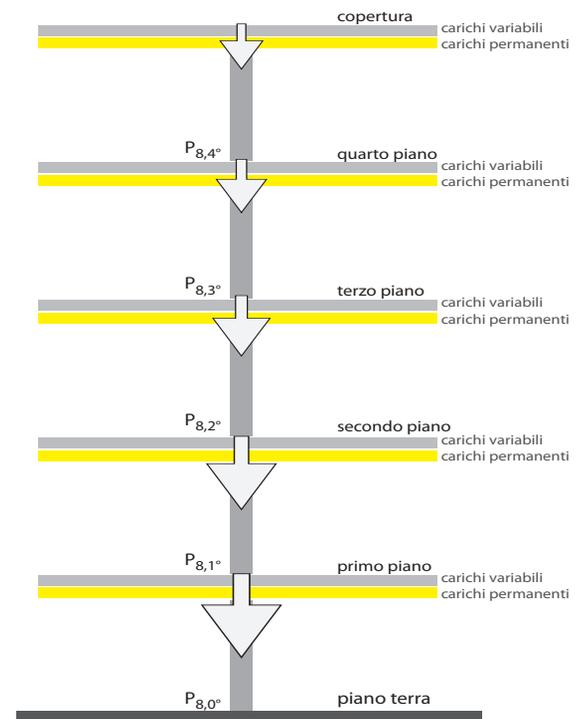
Determinazione carico:
L'analisi delle azioni si effettuava calcolando e sommando i carichi degli elementi partendo dall'ultimo piano a scalare verso il basso della struttura

$$b^2 = 885,22 \times 10^3 \text{ N} / 0,80 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 + (391,30 \text{ N/mm}^2 / 100)$$

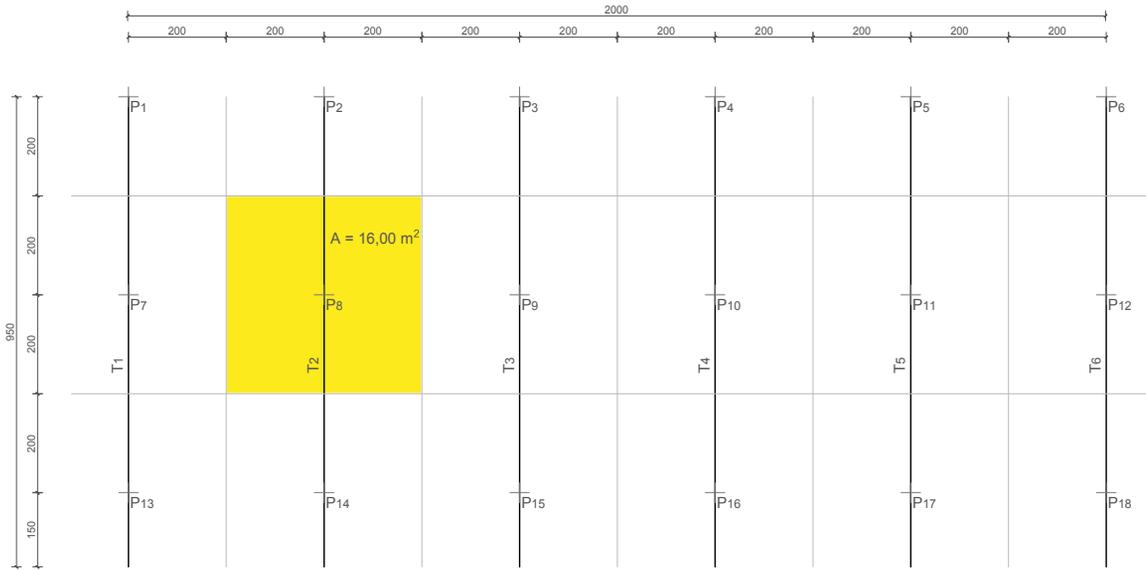
$$b^2 = 58.051,02 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{580,51 \text{ cm}^2} = 24,09 \text{ cm}$$

Arrotondando il valore, tenendo conto della tecnologia utilizzato per il tamponamento delle pareti verticali, si assume un pilastro con dimensioni di 25x25cm (vedi FIG 3.10).



3.07



3.08

Piano 4° - P₈

Carico accidentale	Tipologia	Peso proprio [kN/m ²]		Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Carico d'esercizio	2,00		16,00	32,00
Carico permanente	Elemento strutturale	Peso proprio [kN/m ² o kN/m]	Lunghezza [m]	Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Solaio copertura	2,62	-	16,00	41,92

Piano 3° - P₈

Carico accidentale	Tipologia	Peso proprio [kN/m ²]		Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Carico d'esercizio	2,00		16,00	32,00
Carico permanente	Elemento strutturale	Peso proprio [kN/m ² o kN/m]	Lunghezza [m]	Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Solaio interpiano	2,78	-	16,00	44,48
	muro tra due unità immobiliari	6,44	4	-	25,76
	muro attrezzato	5,34	2,4	-	12,82
	tramezza	4,32	7,2	-	31,10
					114,16

3.08

Area di influenza: I carichi vengono determinati per l'area maggiormente caricata (area A₀)

Piano 2° - P₈

Carico accidentale	Tipologia	Peso proprio [kN/m ²]		Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Carico d'esercizio	2,00		16,00	32,00
Carico permanente	Elemento strutturale	Peso proprio [kN/m ² o kN/m]	Lunghezza [m]	Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Solaio interpiano	2,78	-	16,00	44,48
	muro tra due unità immobiliari	6,44	4	-	25,76
	muro attrezzato	5,34	0,5	-	2,67
	tramezza	4,32	9,1	-	39,31
					112,22

Piano 1° - P₈

Carico accidentale	Tipologia	Peso proprio [kN/m ²]		Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Carico d'esercizio	2,00		16,00	32,00
Carico permanente	Elemento strutturale	Peso proprio [kN/m ² o kN/m]	Lunghezza [m]	Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Solaio interpiano	2,78	-	16,00	44,48
	muro tra due unità immobiliari	6,44	4	-	25,76
	muro attrezzato	5,34	1,9	-	10,15
	tramezza	4,32	1,9	-	8,21
					88,59

Piano Terra - P₈

Carico accidentale	Tipologia	Peso proprio [kN/m ²]		Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Carico d'esercizio	2,00		16,00	32,00
Carico permanente	Elemento strutturale	Peso proprio [kN/m ² o kN/m]	Lunghezza [m]	Area influenza [m ²]	Forza agente [kN]
	Solaio interpiano	2,78	-	20,40	56,71
	muro tra due unità immobiliari	6,44	0	-	0,00
	muro attrezzato	5,34	0,6	-	3,20
	tramezza	4,32	10,2	-	44,06
					103,98

3.09

Determinazione carichi: I carichi presenti sono stati determinati in un primo momento indipendentemente per i diversi piani, non tenendo conto del carico aggiuntivo dei piani superiori gravante su quelli inferiori

Armatura del pilastro

La normativa prevede la presenza di un'armatura longitudinale e di una trasversale (D.M. 14/01/08 4.1.6.1.2).

Armatura longitudinale dei pilastri

Le barre parallele all'asse del pilastro devono avere, sempre secondo la normativa citata, un diametro \geq di 12mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm per assicurare stabilità alle barre compresse. Inoltre, l'area dell'armatura longitudinale non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = \frac{0,10 N_{Ed}}{f_{yd}} \text{ e non minore di } 0,003 \cdot A_c$$

$$A_{s,min} = (0,10 \times 885,22 \times 10^3 \text{ N} / 391,30 \text{ N/mm}^2) = 226,23 \text{ mm}^2$$

$$0,003 A_c = 0,0003 \times 250^2 \text{ mm}^2 = 187,50 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} \geq 0,003 A_c$$

Il massimo valore dell'armatura longitudinale corrisponde a:

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 250,00^2 \text{ mm}^2 = 2.500,00 \text{ mm}^2$$

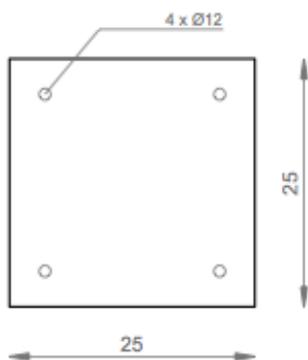
La legge impone di utilizzare minimo 4 ferri con un diametro di 12mm (vedi FIG. 3.11). Questo minimo corrisponde a:

$$A_s = n_{barre} \times A_{barre}$$

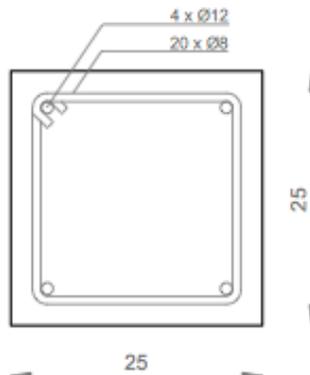
$$= 4 \times (\pi \times 1,2^2 / 4) = 452,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} < 452,00 \text{ mm}^2$$

$$187,50 \text{ mm}^2 < 452,00 \text{ mm}^2$$



3.10



3.11

3.10
Sezione pilastro: Sezione di 25cm x 25cm

3.11
Armatura longitudinale pilastro: 4 ferri con diametro di 12mm, secondo l'armatura minima prevista dalla legge

Si adottano quindi 4 ferri da 12 mm come armatura longitudinale per il pilastro.

Armatura trasversale dei pilastri

La legge prevede per l'armatura trasversale un interasse minore di 12 volte il diametro minimo utilizzato per le barre longitudinali per evitare il rischio di sbandamento per carico di punta. Il diametro minimo previsto per le staffe è \geq di 6mm. L'interasse massima è di 250 mm.

$$I_{min} = 12,00 \times 12,00 = 144mm$$

Per le staffe si sceglie di utilizzare barre da $\varnothing 8$ mm. Perciò è possibile determinare il numero delle staffe:

$$\begin{aligned} n_{staffe} &= h_{pilastro} / I_{min} \\ &= 2.700,00 \text{ mm} / 144,00 \text{ mm} = 18,75 \end{aligned}$$

Incrementando il numero di staffe minime ottenuto si utilizzano 20 staffe per l'armatura trasversale (vedi FIG. 3.12). La loro area corrisponde a:

$$A_{s, staffe} = 20 (\pi \times 8^2 / 4) = 1.005,31mm^2$$

L'armatura complessiva, cioè quella longitudinale e quella trasversale, risulta quindi:

$$\begin{aligned} A_{s, complessivo} &= A_s + A_{s, staffe} = 452,39 \text{ mm}^2 + 1.005,31 \text{ mm}^2 \\ &= 1.457,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Verifiche

a) Verifica allo SLU

$$\begin{aligned} N_{Rd} &\geq N_{Ed} \\ N_{Rd} &= A_c \times f_{cd} + A_s \times f_{yd} \\ &= 625,00 \times 10^2 \text{ mm}^2 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 + 1457,70 \text{ mm}^2 \times 391,30 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1.456.023,01 \text{ N} = 1.845,55 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$1.845,55 \text{ kN} \geq 1.077,97 \text{ kN}$$



b) Verifica allo SLE

$$\sigma_c \leq f_{cd}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{n \cdot A_{s, complessivo} + A_c}$$

$$= 620,87 \times 1.000 \text{ N} / (15,00 \times 1.457,70 \text{ mm}^2 + 625,00 \times 100 \text{ mm}^2)$$

$$= 7,36 \text{ N/mm}^2 \leq 14,17 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

In cui N rappresenta la forza di compressione agente sul pilastro, mentre n il coefficiente di omogeneizzazione, che è pari a 15.

c) Verifica mediante domini M-N

Il dominio di resistenza M-N consiste nel luogo dei punti del piano N-M corrispondenti alle coppie di coordinate M (momento flettente) ed N (sforzo normale) che determinano la crisi della sezione.

Si presentano due possibilità:

- | | |
|------------------------------------------------|------------------------|
| 1) (N_{sd}, M_{sd}) punto interno al dominio | sezione verificata |
| 2) (N_{sd}, M_{sd}) punto esterno al dominio | sezione non verificata |

Come evidente nella figura riportata (FIG. 3.13), elaborato con il programma Verifica C.A. S.L.U. del Prof. Gelfi, l'armatura longitudinale risulta verificata. 

3.1.5 DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE

Schema statico

Al fine di determinare correttamente le azioni sollecitanti si adotta uno schema statico a trave continua su 3 appoggi e con uno sbalzo, come indicato in FIG. 3.14. Per l'analisi statica viene preso in considerazione una trave interpiano. Il carico permanente è costituito dalla somma del peso proprio dell'interpiano e il peso derivante dalle tramezze. Il contributo di ultime viene determinato considerando il peso delle strutture verticali presenti su tutto il piano, che viene poi diviso per l'area di pertinenza. Risulta essere:

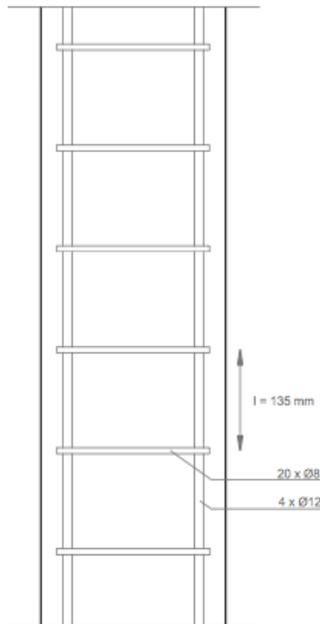
$$(\text{peso proprio tramezza}_1 \times m \text{ lineari} + \text{peso proprio tramezza}_2 \times m \text{ lineari}) / \text{area di pertinenza} =$$

$$(4,32 \text{ kN} \times 3,75 \text{ m} + 6,44 \text{ kN} \times 7,70 \text{ m}) / 16,16 \text{ m}^2 = 4,11 \text{ kN/m}^2$$

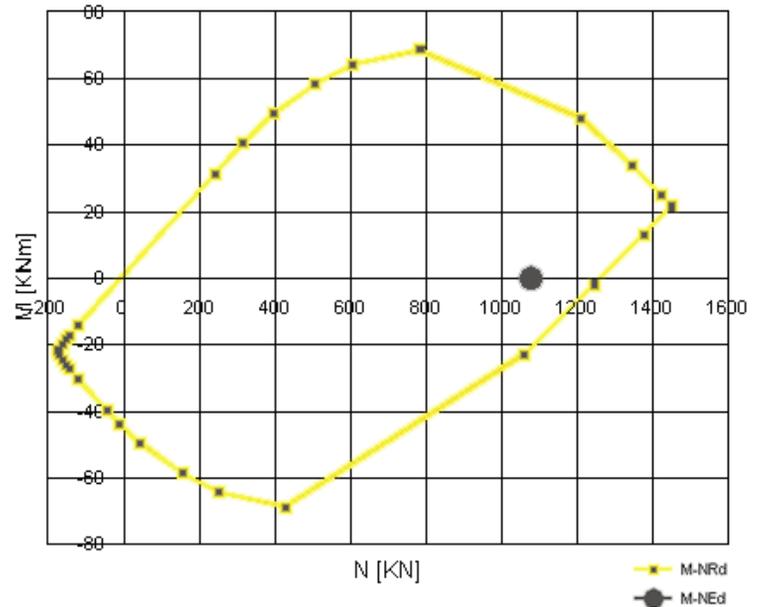
A questo valore viene sommato il peso proprio dell'interpiano, che risulta essere $2,78 \text{ kN/m}^2$. Il peso permanente è quindi:

$$2,78 \text{ kN/m}^2 + 4,11 \text{ kN/m}^2 = 6,89 \text{ kN/m}^2$$

Il carico variabile è dato dalla normativa, la quale prescrive di adottare un valore di carico d'esercizio q_k di 2 kN/m^2 per ambienti ad uso residenziale (FIG. 3.06).



3.12



3.13

Il momento massimo sollecitante di design e la forza di taglio massima presente sono stati determinati utilizzando il programma Gelfi che ha dato come risultato (vedi FIG. 3.15):

$$M_{sd} = 87,90 \text{ kNm (valore negativo)}$$

$$V_{sd} = 117,60 \text{ kN (valore negativo)}$$

Per il progetto della trave si sceglie di utilizzare i seguenti materiali, come per il pilastro, il calcestruzzo C25/30 e l'acciaio B 450C (per le caratteristiche vedi capitolo 3.2). Per poter determinare la base della trave è necessario calcolare l'armatura della trave. L'altezza viene determinata in questo momento attraverso la relazione (vedi anche il predimensionamento, capitolo 3.2):

$$h = l / 20 = 400 \text{ cm} / 20 = 20 \text{ cm}$$

Per essere sicuri si adotta un'altezza di 25cm con un'altezza utile di 22cm.

Armatura longitudinale della trave

Un valore minimo della sezione di armatura deve essere in generale imposto mirando ai seguenti obiettivi prestazionali, EC2, 9.1:

- evitare rotture fragili all'atto della formazione delle prime fessure;
- limitare l'ampiezza di fessurazione
- resistere ad azioni di contrasto (coazione)

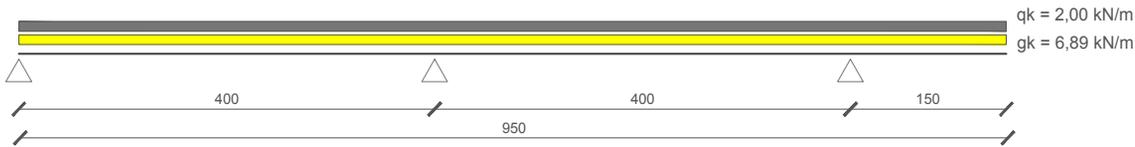
L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore, secondo il D.M.

3.12

Armatura pilastro: Barre longitudinali

3.13

Dominio M-N: Sezione risultata verificata



3.14

14/01/2008, a:

$$A_{s, min} = \frac{0,26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk} \cdot b_t \cdot d} \text{ e comunque non minore di } 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

dove:

 b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa d è l'altezza utile della sezione f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione assiale f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria

L'area dell'armatura longitudinale della trave in zona tesa può essere determinata:

$$A_{sd} = \frac{M_{sd}}{0,9 \cdot d \cdot f_y}$$

$$= 87,90 \times 10^6 \text{ Nmm} / 0,90 \times 220,00 \text{ mm} \times 391,30 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1.134,52 \text{ mm}^2 = 11,34 \text{ cm}^2$$

Si ipotizza di utilizzare ferri da Ø16, in modo da potere calcolare il numero dei ferri:

$$n^\circ \text{ ferri} = A_{sd} / A_{\text{Ø16}}$$

$$= 1.134,52 \text{ mm}^2 / (\pi \times 16^2) / 4$$

$$= 5,64$$

Si decide di utilizzare 6 ferri da Ø16. La loro area risulta essere:

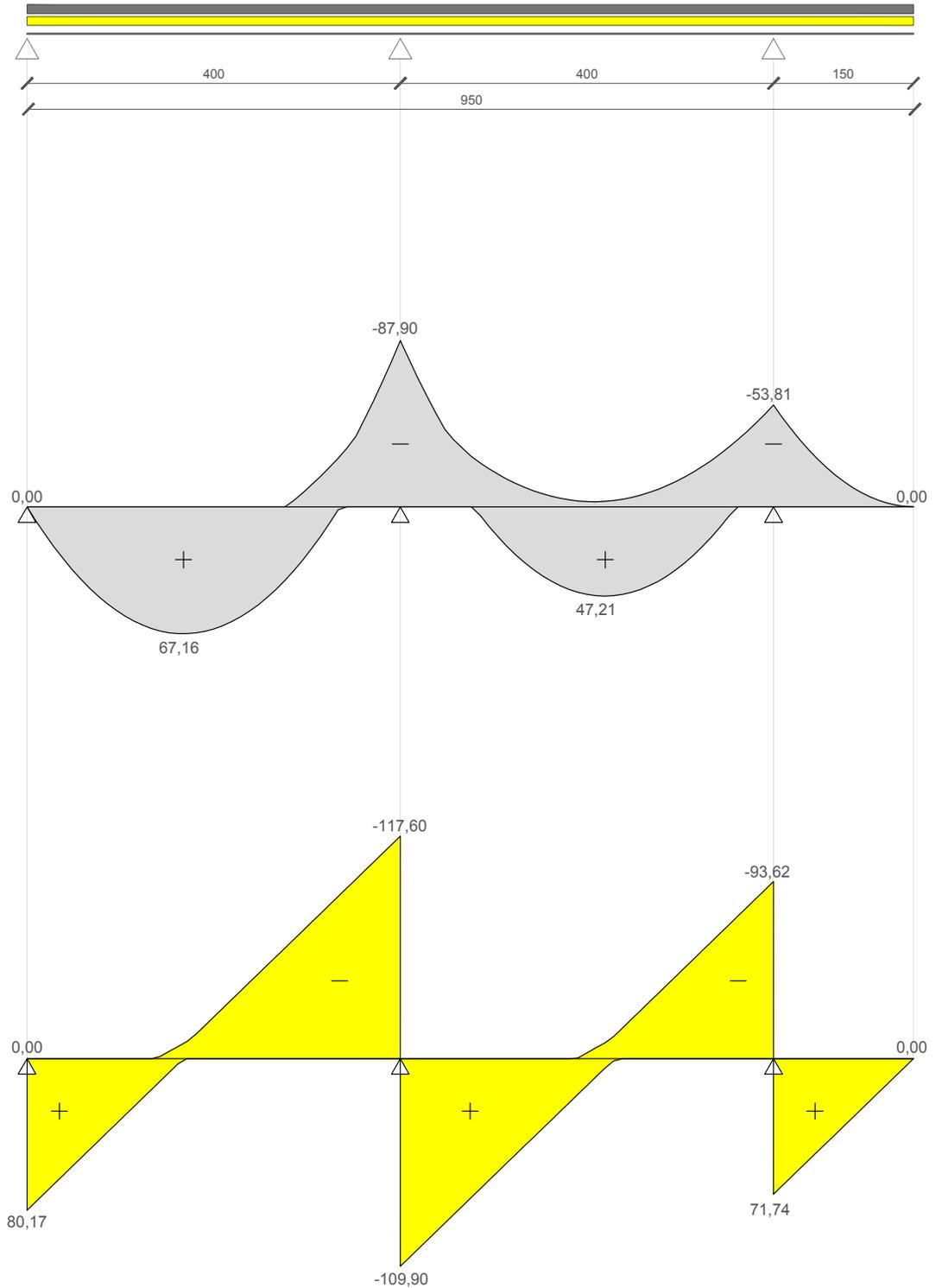
$$A_s = 6 \times (\pi \times 16^2) / 4 = 1.206,37 \text{ mm}^2 = 12,06 \text{ cm}^2$$

Per la zona compressa l'area dell'armatura longitudinale è:

$$A'_s = 50\% \times A_s$$

3.14

Schema strutturale: Trave continua su 3 appoggi e con uno sbalzo



3.15
 Risultati calcolo carichi:
 Momento massimo sollecitante di design e la forza di taglio massima

$$= 50\% \times 1.206,37\text{mm}^2$$

$$= 603,19\text{mm}^2$$

Si sceglie di utilizzare 4 ferri da Ø16. La loro area è:

$$A_s^* = 4 \times (\pi \times 16^2) / 4 = 804,25\text{mm}^2$$

La legge prevede per una trave in spessore per solai almeno 4 ferri correnti. Proseguiamo a stabilire la disposizione e la lunghezza necessaria dei ferri. L'area dei ferri che corrono lungo tutta la sezione è:

$$A_s^* = R / f_{cd}$$

$$= (117,60 \times 1.000\text{N}) / 391,30\text{N/mm}^2$$

$$= 300,54\text{mm}^2$$

dove R corrisponde alla forza di taglio massima presente.

L'area individuata corrisponde a:

$$n^{\circ} \text{ferri} = A_s^* / A_{\text{Ø16}}$$

$$= 300,54 \text{mm}^2 / (\pi \times 16^2) / 4$$

$$= 1,49$$

Adottiamo 2 ferri Ø16 a tutta lunghezza delle trave sia per l'armatura inferiore che superiore.

Per determinare la lunghezza dei singoli ferri prendiamo in considerazione il momento resistente di una sezione, nel nostro caso il momento resistente di una barra Ø16. Il momento resistente $M_{r(\text{Ø})}$ relativo ad una sezione armata con un certo quantitativo A_{eff} di armatura può essere calcolata invertendo la formula semplificata con cui abbiamo calcolato i quantitativi minimi di armatura:

$$A_{s,\text{min}} = \frac{M_{sd}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}}$$

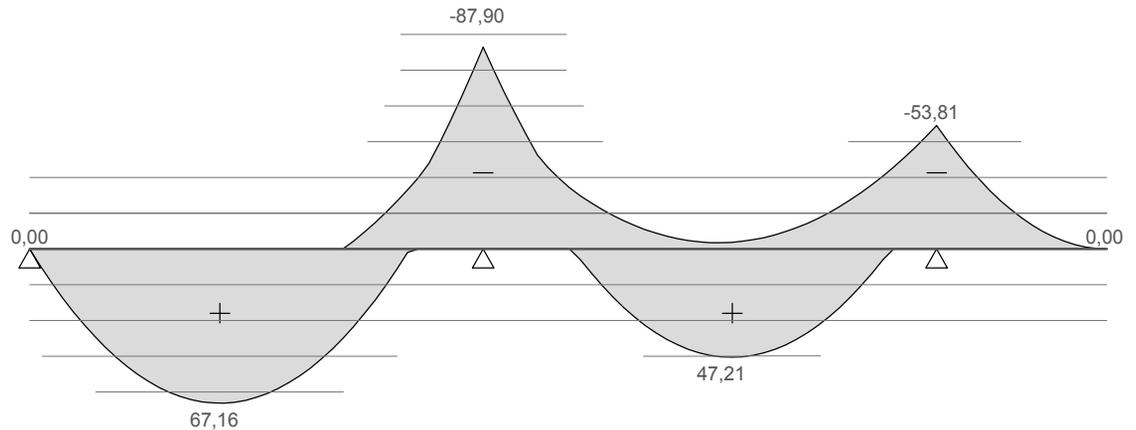
$$M_{r(\text{Ø})} = A_{s,\text{eff}} \times 0,9 \times d \times f_{yd}$$

Il momento resistente risulta essere:

$$M_{r(\text{Ø})} = 201,06\text{mm}^2 \times 0,90 \times 220,00\text{mm} \times 391,30\text{N/mm}^2 = 15,57\text{kNm}$$

Applicando questo valore al grafico del momento è possibile individuare la lunghezza di ogni ferro (vedi FIG. 3.16). A questa lunghezza si deve aggiungere quella di ancoraggio: I ferri devono essere convenientemente ancorati. Senza ricorrere alla normativa che fornisce una formula precisa per calcolare la lunghezza di ancoraggio in funzione del diametro del tondino, assumiamo forfettariamente:

$$L_b = 40\text{mm} \times \text{Ø16}$$



3.16

$$= 40,00\text{mm} \times 16 = 64,00\text{mm}$$

Inoltre i ferri non possono avere lunghezza superiore ai 12m. Per questo essi vengono spezzati in più tratti ricorrendo ad una adeguata sovrapposizione ($80\varnothing = 40\varnothing + 40\varnothing$). I ferri inferiori possono essere spezzati in corrispondenza degli appoggi (momento positivo nullo). I ferri superiori invece possono essere spezzati in campata (momento negativo nullo). L'intero progetto di trave è rappresentato in seguito.

Determinazione base b

A questo punto è possibile individuare la base della trave attraverso seguente relazione:

$$b = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\omega_s \cdot d \cdot f_{cd}}$$

$$= (1.206,37\text{mm}^2 \times 391,30\text{N/mm}^2) / (0,52 \times 220,00\text{mm} \times 14,17\text{N/mm})$$

$$= 291,20\text{mm} = 29,12\text{cm}$$

Verifichiamo ora ω_s la percentuale meccanica caratteristica di armatura longitudinale da disporre in una trave. Con tale accorgimento al momento della formazione delle prime fessure di flessione la resistenza dell'armatura non è vinta, dalla forza – su di essa trasferitasi – che ha provocato la rottura per trazione del calcestruzzo. Il valore di ω_s viene imposto dalla legge tra 0,21 e 0,52. Assumiamo il valore massimo possibile per calcolare il valore minimo possibile di base della trave.

Adottiamo una base b di 35cm. Invertendo la relazione sopra citata è possibile verificare che la percentuale meccanica sia tra i valori imposti dalla legge.

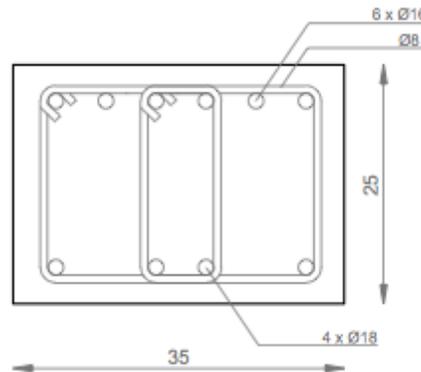
$$\omega_s = (A_s \times f_{yd}) / (b \times d \times f_{cd})$$

3.16

Armatura longitudinale trave principale: Determinazione della lunghezza dei singoli ferri

$$\begin{aligned}
 &= 1.206,37\text{mm}^2 \times 391,30\text{N/mm}^2 / (350,00\text{mm} \\
 &\times 220,00\text{mm} \times 14,17\text{N/mm}^2) \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

Assumiamo una base per la trave di 35cm. Le dimensioni complessive della trave risultano essere 35cm x 25cm (vedi FIG. 3.17).



3.17

Verifiche

a) Verifica dell'armatura

$$\begin{aligned}
 A_{s,min} &= 0,0013 \times b \times d \\
 &= 0,0013 \times 350,00\text{mm} \times 220,00\text{mm} \\
 &= 100,10\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s,min} \leq A_s$$

$$100,10\text{mm}^2 \ll 1.206,37\text{mm}^2$$



b) Interferro

L'interferro delle armature deve essere rapportato alla dimensione massima degli inerti impiegati e deve essere dimensionato con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo. L'interferro minimo previsto dalla legge è di 20mm. L'interferro nel nostro caso, considerando una presenza di 6 ferri di Ø16 e una base di 35cm, è di

$$6 \times \text{Ø}16 = 96,00\text{mm}$$

$$350,00\text{mm} - 96,00\text{mm} = 254\text{mm}$$

$$254\text{mm} / 7 = 36,29\text{mm}$$

$$36,29\text{mm} > 20\text{mm}$$



c) SLU

La verifica allo SLU consiste nel verificare che il momento di progetto M_{sd} sia più piccolo del momento resistente ultimo M_{Rd} (capacità di resistere al collasso):

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

Il procedimento della verifica è il seguente:

Impongo l'equazione di equilibrio a traslazione, determinando l'asse neutro della sezione:

$$N_{sd} = F_c + F_s' - F_s$$

3.17

Sezione tipo trave principale (momento massimo): Armatura longitudinale e trasversale

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times b \times x f_{cd} + A_s' x f_{yd} - A_s x f_{yd} \\
 x &= [f_{yd} x (A_s - A_s')] / 0,8 \times b \times x f_{cd} \\
 &= [391,30 \text{ N/mm}^2 \times (1.206,37 \text{ mm}^2 - 804,25 \text{ mm}^2)] / (0,8 \times 350 \text{ mm} \times 14,17 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 39,66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Determino il momento resistente ultimo imponendo l'equazione di equilibrio alla rotazione:

$$M_{Rd} = A_s x f_{yd} x (d - 0,4x) + A_s' x \delta_s' x (0,4x - d')$$

Calcolo ϵ_s' attraverso l'equazione di equilibrio di congruenza:

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s' &= \epsilon_{cu} x (x - d') / x \\
 &= 3,5\% \times (39,66 \text{ mm} - 30 \text{ mm}) / 39,66 \text{ mm} \\
 &= 0,85 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Posso adesso calcolare M_{Rd} :

$$\begin{aligned}
 &= [1.206,37 \text{ mm}^2 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 \times (220,00 \text{ mm} - 0,4 \times 39,66 \text{ mm})] + \\
 &[804,25 \text{ mm}^2 \times 200.000 \times 0,85 \times 10^{-3} \times (0,4 \times 39,66 \text{ mm} - 30 \text{ mm})] \\
 &= 96.362.925,68 \text{ Nmm} - 1.932.709,26 \text{ Nmm} = 94.430.216,42 \text{ Nmm} \\
 &= 94,43 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Il momento resistente ultimo risulta più grande del momento di progetto e la verifica è di conseguenza soddisfatta:

$$\begin{aligned}
 M_{sd} &\leq M_{Rd} \\
 87,90 \text{ kNm} &\leq 94,43 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



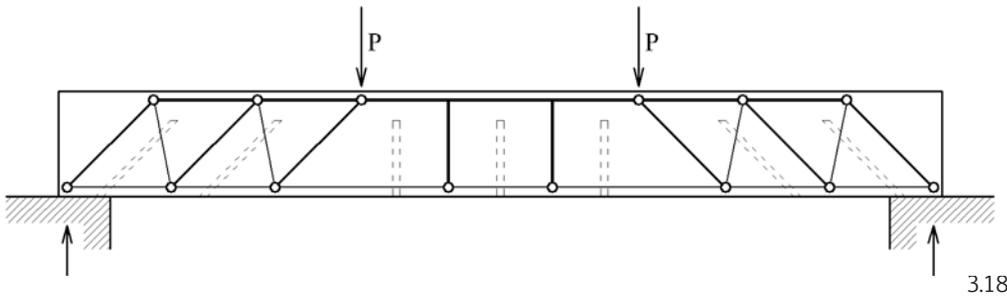
Armatura trasversale

A partire da una certa sollecitazione a taglio, la trave necessita di un armatura trasversale. Questa verifica avviene conseguentemente. La legge impone che nelle travi dovranno disporsi staffe aventi sezione complessiva non inferiore a $1,5 \times b_{\text{mm}2}/m$, essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

Il taglio massimo presente è stato calcolato in precedenza attraverso il programma Gelfi ed è di V_{Ed} pari a 117,60 kN. Per il calcolo delle armature a taglio si fa riferimento al metodo del traliccio di Morsch (vedi FIG. 3.18).

Come prima cosa verifichiamo che il taglio resistente di progetto per trave con armatura trasversale è minore di V_{Rd2} :

$$V_{Rd2} = v x f_{cd} x z x b_w$$



$$= 0,50 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 \times 198 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$$

$$= 490,99 \text{ kN}$$

dove:

v = coefficiente di riduzione di resistenza delle bielle compresse, adottato con 0,50

z = 0,9 x altezza utile della sezione

b_w = larghezza della membratura resistente al taglio

$$490,99 \text{ kN} > 117,60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Valutiamo ora l'angolo θ formato dal puntone e il corrente teso nello schema del traliccio di Morsch:

$$\theta = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{2 \times 117,60 \times 10^3 \text{ N}}{350 \text{ mm} \times 198 \text{ mm} \times 0,50 \times 14,17 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \arcsin 0,48 = 14,34^\circ$$

Questo valore corrisponde a $\text{ctg}\theta = 3,91$. In quanto $\text{ctg}\theta$ non risulta compreso tra $1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$ o $45^\circ \leq \theta \leq 21,80^\circ$, si utilizza il limite minimo e cioè $\text{ctg}\theta = 2,5$ per determinare l'area necessaria per le staffe. Essa viene determinata attraverso la seguente relazione:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta}$$

$$= 117,60 \times 10^3 \text{ N} / (198 \text{ mm} \times 391,30 \text{ N/mm}^2 \times 2,5) = 0,61 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Ipotizzando di utilizzare ferri da $\text{Ø}8$ a quattro bracci, che corrisponde a $A_{sw} = 201,06 \text{ mm}^2$, la relazione precedente può essere risolta individuando l'interasse s delle staffe:

$$A_{sw}/s = 0,61 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$201,06 \text{ mm}^2/s = 0,61 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$s = 201,06 \text{ mm}^2 / 0,61 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 329,61 \text{ mm}$$

3.18

Traliccio di Morsch: Il modello è stato dedotto dal comportamento fessurativo delle travi in c.a. ed è costituito da una struttura reticolare costituita da un corrente compresso, corrispondente al calcestruzzo reagente a compressione, da un corrente teso, corrispondente all'armatura metallica reagente a trazione e da un reticolo di aste di parete, formate da conci compressi di calcestruzzo isolati dalle fessure a 45° e dalle armature trasversali tese ovvero dalle staffe e/o dai ferri piegati distribuiti lungo la trave.

Controlliamo se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 220,00\text{mm} = 176,00\text{mm} = 17,60\text{cm}$$

La relazione non è verificata perché $329,61\text{mm} > 176,00\text{mm}$; quindi calcoliamo il numero delle staffe minime da norma imponendo la distanza massima adottabile di $176,00\text{mm}$:

$$1000,00\text{mm} / 176,00\text{mm} = 5,68 \text{ staffe/m}$$

Di conseguenza inseriremo 6 staffe ogni metro, quindi una staffa ogni $16,60\text{cm}$. Nell'area della sezione sollecitata maggiormente del taglio medio V_{Rd1} , è prevista quindi un'armatura trasversale di $\varnothing 8$ con una distanza di 166mm . Di sotto al taglio medio si inserisce l'armatura trasversale prevista dalla legge. Questa è costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a $A_{st} = 1,5 \times b\text{mm}^2/\text{m}$ con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a $0,8$ volte l'altezza utile della sezione:

$$A_{st} = 1,5 \times 350\text{mm} = 525\text{mm}^2/\text{m}$$

L'area individuata corrisponde a:

$$\begin{aligned} n^\circ \text{ferri} &= A_{st} / A_{\varnothing 8} \\ &= 525 \text{ mm}^2/\text{m} / (\pi \times 8^2) / 4 \\ &= 2,61 \text{ staffe/m} \end{aligned}$$

quindi adottiamo il valore di 3 staffe al metro che soddisfa la richiesta di normativa di un minimo di 3 staffe al metro.

Resta ora il calcolo del taglio medio V_{Rd1} . Esso viene determinato tramite la seguente formula:

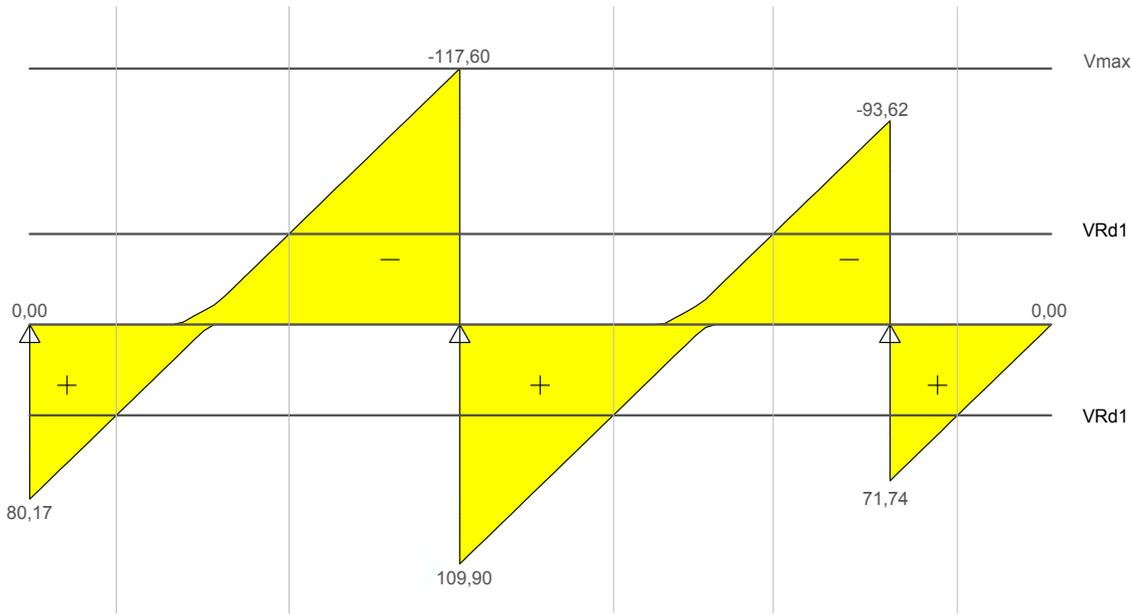
$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0,15 \cdot \delta_{ep}} \cdot b_w \cdot z \\ &= [0,18 \times 1,95 \times (100 \times 0,0068 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \times 350,00\text{mm} \times 198,00\text{mm} \\ &= 41,70\text{kN} \end{aligned}$$

dove:

$$\begin{aligned} k &= 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00 \\ &= 1 + (200 / 220,00 \text{ mm})^{1/2} \\ &= 1,95 \leq 2,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} = A_{st} / b_w \times d \leq 0,02 \\ &= 525\text{mm}^2/\text{m} / 350\text{mm} \times 220\text{mm} \\ &= 0,0068 \leq 0,022 \end{aligned}$$

$$\delta_{ep} = 0 \text{ perché non utilizziamo travi precomprese}$$



3.19

In figura (FIG. 3.19) è mostrato il diagramma del taglio con relativa distribuzione delle staffe.

Trave di collegamento – trave perimetrale

Per queste tipologie di travi vengono usate le dimensioni di una base di 30cm e un'altezza pari a 25cm. Per l'armatura longitudinale invece si ipotizza di usare 4 ferri da $\varnothing 12$. L'area di quest'armatura corrisponde a:

$$A = 4 \times (\pi \times 12^2) / 4 = 4,52 \text{ cm}^2$$

Quest'area deve risultare maggiore di $2/1000 \times b \times h$:

$$4,52 \text{ cm}^2 > 2/1000 \times 30 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$4,52 \text{ cm}^2 > 1,50 \text{ cm}^2$$

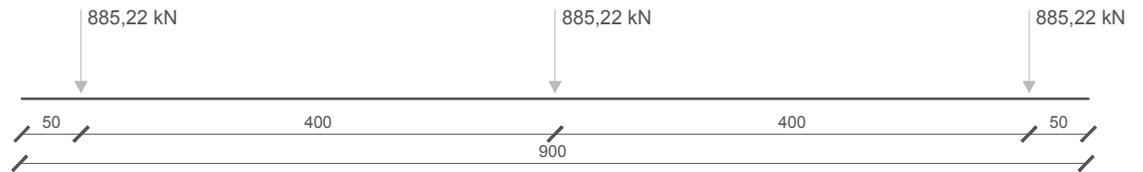
Adottiamo quindi 4 $\varnothing 12$ (vedi Fig. 15).

Per l'armatura trasversale si utilizza la quantità fissata dalla legge. Questa è costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a $A_{st} = 1,5 \times b \text{ mm}^2/\text{m}$ con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione:

$$A_{st} = 1,50 \times 300 \text{ mm} = 450 \text{ mm}^2/\text{m}$$

L'area individuata corrisponde a:

3.19
Distribuzione staffe trave
principale: Taglio massimo
e medio



3.20

$$\begin{aligned}
 n^{\circ} \text{ferri} &= A_s / A_{\phi_8} \\
 &= 450 \text{ mm}^2 / \text{m} / (\pi \times 8^2) / 4 \\
 &= 2,24 \text{ staffe/m}
 \end{aligned}$$

quindi adottiamo il valore di 3 staffe al metro che soddisfa la richiesta di normativa di un minimo di 3 staffe al metro (vedi Fig. 16).

3.1.6 DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI

Predimensionamento

Progettiamo una fondazione del tipo a trave rovescia, che si sviluppa per tutta la lunghezza del telaio e che sporge di 0,50m da un estremo e dall'altro. Per il predimensionamento si farà riferimento ad un valore di riferimento della pressione sul terreno, posta pari a 2,00kg/cm². Mettiamo in evidenza che per un corretto dimensionamento delle fondazioni si dovrebbe essere a conoscenza delle caratteristiche del terreno in questione.

Il dimensionamento può essere svolto come segue:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} = 2 \text{ kg/cm}^2$$

dove N corrisponde alla somma degli sforzi normali dei pilastri ed ha un valore di 2.655,66kN come schematizzato in FIG. 17. Dato che siamo in conoscenza della lunghezza della trave di fondazione (= 900cm) possiamo calcolare la base delle fondazione attraverso la sudetta formula:

$$b = \frac{N}{l \cdot \sigma_{\max}}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 2.655,66 \times 10^3 \text{ N} / 900,00 \text{ cm} \times 2,00 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 147,54 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Adottiamo una base di 150,00cm.

Per determinare l'altezza della trave usiamo la relazione: $h = 1/4 \div 1/8 \times l$. La luce massima presente è 4,00m. In quanto utilizziamo una trave a T rovesciata decidiamo di calcolare l'altezza come:

$$h = 1/6 \times 400,00\text{cm} = 66,67\text{cm}$$

Adottiamo un'altezza di 70,00cm per la trave di fondazione come si comprende dalla FIG. 18. Attraverso il programma UNACAMP sviluppato dal Prof. Gelfi possiamo determinare il momento e taglio massimo presente. Essi risultano:

$$M_{max} = 626,10\text{kNm} \text{ (valore negativo)}$$

$$V_{max} = 682,70\text{kN} \text{ (valore positivo)}$$

Armatura longitudinale

L'area dell'armatura longitudinale della trave in zona tesa può essere determinata:

$$\begin{aligned} A_{st} &= 626,10 \times 10^6 \text{Nmm} / 0,90 \times 670\text{mm} \times 391,30\text{N/mm}^2 \\ &= 2.653,48\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Si ipotizza di utilizzare ferri da Ø18, in modo da potere calcolare il numero dei ferri:

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ferri} &= A_{st} / A_{\text{Ø18}} \\ &= 2.653,48\text{mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4 \\ &= 10,43 \end{aligned}$$

Si decide di utilizzare 12 ferri da Ø18. La loro area risulta essere:

$$A_s = 12 \times (\pi \times 18^2) / 4 = 3.053,63\text{mm}^2$$

Per la zona compressa l'area dell'armatura longitudinale è:

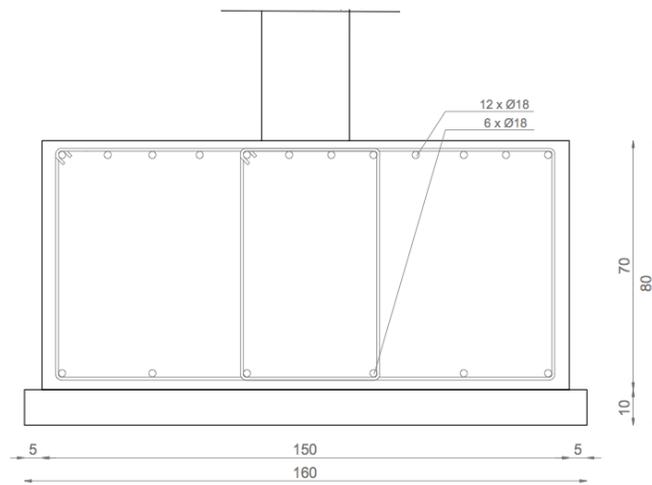
$$\begin{aligned} A'_s &= 50\% \times A_s \\ &= 50\% \times 3.053,63\text{mm}^2 \\ &= 1.526,81\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Ipotizzando di utilizzare sempre ferri da Ø18, il numero dei ferri è pari a:

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ferri} &= A'_s / A_{\text{Ø18}} \\ &= 1.526,81\text{mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4 \\ &= 5,00 \end{aligned}$$

Si sceglie di utilizzare 6 ferri da Ø18.

Proseguiamo a stabilire la disposizione e la lunghezza necessaria dei ferri. L'area dei ferri che corrono lungo tutta la sezione è:



3.21

$$A_s^* = (682,70 \times 10^3 \text{ N}) / 391,30 \text{ N/mm}^2$$

$$= 1.744,70 \text{ mm}^2$$

dove R corrisponde alla forza di taglio massima presente. L'area individuata corrisponde a:

$$n^\circ \text{ ferri} = A_s^* / A_{\text{Ø18}}$$

$$= 1.744,70 \text{ mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4$$

$$= 8,45$$

5 Ø18 sia per l'area inferiore che superiore di armatura corrono lungo tutta la sezione.

Armatura trasversale

Il taglio massimo presente è stato calcolato in precedenza attraverso il programma Gelfi ed è di V_{Ed} è pari a 682,70 kN. Per il calcolo delle armature a taglio si fa riferimento al metodo del traliccio di Morsch (vedi FIG. 3.18). Come prima cosa verificiamo che il taglio resistente di progetto V_{Ed} è minore di V_{Rd2} :

$$V_{Rd2} = v \times f_{cd} \times z \times b_w$$

$$= 0,5 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 \times 603,00 \text{ mm} \times 1.500 \text{ mm}$$

$$= 6.408,38 \text{ kN}$$

dove:

v = coefficiente di riduzione di resistenza delle bielle compresse, adottato con 0,5

z = 0,9 x altezza utile della sezione

b_w = larghezza della membratura resistente al taglio

$$6.408,38 \text{ kN} >> 682,70 \text{ kN}$$



Valutiamo ora l'angolo θ formato dal puntone e il corrente teso nello schema del traliccio di Morsch:

3.21

Fondazioni in c.a.: Dimensione ed armatura

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{1}{2} \arcsin (2 \times 682,70 \times 10^3 N / (1.500,00 \text{ mm} \times 603,00 \text{ mm} \times 0,5 \times 14,17 \text{ N/mm}^2)) \\ &= \frac{1}{2} \arcsin 0,21 = 6,15^\circ\end{aligned}$$

Questo valore corrisponde a $\text{ctg}\theta = 9,28$. In quanto $\text{ctg}\theta$ non risulta compreso tra $1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$ o $45^\circ \leq \theta \leq 21,80^\circ$, si utilizza il limite minimo e cioè $\text{ctg}\theta = 2,5$ per determinare l'area necessaria per le staffe. Essa viene determinata attraverso la seguente relazione:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta}$$

$$= 682,70 \times 10^3 N / (603,00 \text{ mm} \times 391,30 \text{ N/mm}^2 \times 2,50) = 1,16 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Ipotizzando di utilizzare ferri da Ø8 a quattro bracci, che corrisponde a $A_{sw} = 201,06 \text{ mm}^2$, la relazione precedente può essere risolta individuando l'interasse s delle staffe:

$$\begin{aligned}A_{sw}/s &= 1,16 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ 201,06 \text{ mm}^2/s &= 1,16 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ s &= 201,06 \text{ mm}^2 / 1,16 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 173,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Controlliamo se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 760 \text{ mm} = 536 \text{ mm} = 53,6 \text{ cm}$$

La relazione è verificata: $53,60 \text{ cm} > 17,33 \text{ cm}$; di sotto al taglio medio si inserisce l'armatura trasversale prevista dalla legge. Quindi adottiamo il valore di 3 staffe al metro che soddisfa la richiesta di normativa di un minimo di 3 staffe al metro. Resta ora il calcolo del taglio medio V_{Rd1} . Esso viene determinato tramite la seguente formula:

$$\begin{aligned}V_{Rd1} &= [0,18 \times 1,62 \times (100 \times 0,0022 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \times 1.500 \text{ mm} \times 603 \text{ mm} \\ &= 668,69 \text{ kN}\end{aligned}$$

dove:

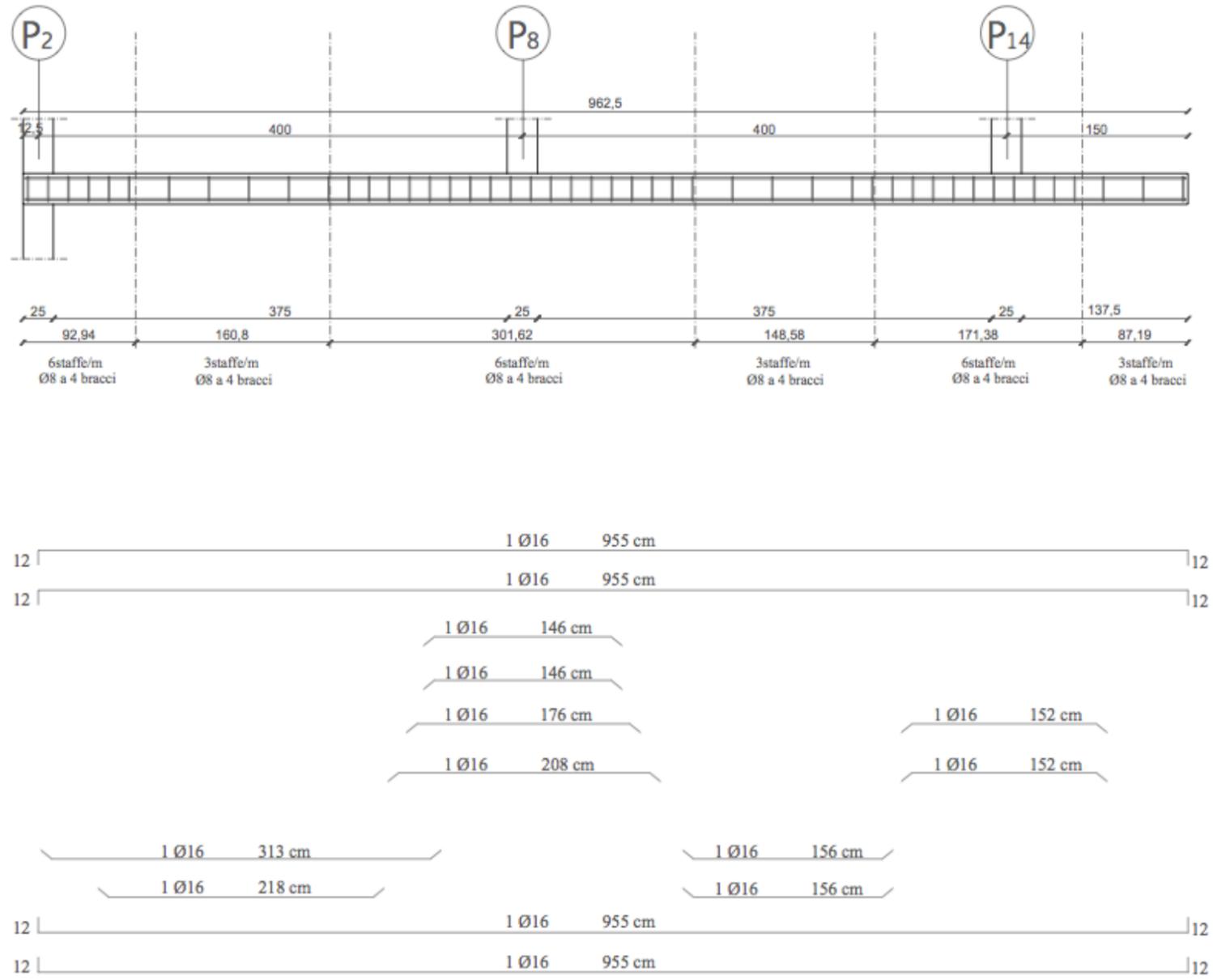
$$\begin{aligned}k &= 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00 \\ &= 1 + (200 / 670)^{1/2} \\ &= 1,55 \leq 2,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} = A_s / b_w \times d \leq 0,02 \\ &= 2.250 \text{ mm}^2 / 1.500 \text{ mm} \times 670 \text{ mm} \\ &= 0,0022 \leq 0,02\end{aligned}$$

$$\delta_{cp} = 0 \text{ perché non utilizziamo travi precomprese}$$



PIANTA STRUTTURALE
M 1:100



PROGETTO TRAVE
M 1:50

3.2 PROGETTAZIONE DI ELEMENTI IN LEGNO

3.2.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio ad uso residenziale, con una maglia regolare 4 x 4m che genera una griglia modulare che permette la realizzazione di tipologie insediative diverse, dalla villa a schiera, all'edificio in linea o sviluppato a corte. Quindi gli appartamenti sono una generazione del modulo base, ed hanno dimensioni diverse in base alle esigenze dell'utenza.

Gli appartamenti vengono raggiunti tramite un ballatoio strutturalmente indipendente collocabile su ogni lato dell'edificio secondo le necessità. Anche il vano scale, per la sua autonomia, può essere posizionato secondo le esigenze e vincoli presenti nel luogo di insediamento.

Nel presente caso viene analizzato un edificio composto da quattro piani fuori terra e senza piano interrato. Il ballatoio si trova sul lato sud dell'edificio, il vano scale in una posizione centrale. La copertura è piana e non praticabile (solo ispezionabile).

La struttura prevista è di tipo puntiforme in legno lamellare.

Normativa di riferimento

Col decreto del 14 settembre 2005 prima, rivisto poi dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, finalmente si contempla anche il legno come materiale strutturale e si dettano le modalità di calcolo, esecuzione, collaudo, con particolare riguardo alla certificazione e controllo della qualità. Finalmente dunque anche in Italia c'è una norma che legittima il legno ed i prodotti derivati per l'uso costruttivo. Le norme tecniche contengono molte interessanti novità anche sul piano scientifico, soprattutto in materia sismica e nell'impostazione semiprobabilistica della sicurezza.

Il D.M. 14 gennaio 2008 è divenuto, in data 1 luglio 2009, l'unica normativa italiana cogente riguardante la progettazione in strutture in legno lamellare. Quindi per progettare in legno lamellare bisognerà far riferimento solo a tale decreto, mentre in precedenza si faceva riferimento alla normativa tedesca DIN 1052, dato che in Italia non c'erano normative cogenti.

In alternativa si potevano utilizzare le normative francesi REGLES C.B. 71.

Nel quadro europeo, e nell'ambito dell'attuazione della Direttiva CEE 89/106/EEC relativa ai prodotti dell'industria, è stato preparato a cura del CEN (Comitato Europeo di Normazione) l'Eurocodice 5 sulle strutture in legno, e anche l'Eurocodice 8, in particolare la parte riguardante il legno. L'Eurocodice è una formulazione di normativa da applicarsi ai paesi europei aderenti alla CEE che coinvolge tecnici, produttori, ditte operanti nel settore, al fine di giungere a una codificazione unica, anche a difesa della qualità e della produzione del legno lamellare, nonché della qualificazione del personale che deve essere specializzato.

L'EC5 indica con la sigla BS il legno lamellare in genere, mentre con la sigla BSH si indica il legno lamellare di conifera che è quello maggiormente utilizzato. Attualmente sono previste quattro classi: BS 11, BS 14, BS 16, BS 18. Il numero BS progressivo indica una classe di legname migliore.

<i>Tipo di sollecitazione e moduli</i>		Classificazione secondo EC5			
		<i>BS 11</i>	<i>BS 14</i> K ^a - H ^b	<i>BS16</i> K ^a - H ^b	<i>BS18</i> K ^a - H ^b
Flessione // $f_{m,g,k}$ //		24	28	32	36
Trazione // $f_{t,0,g,k}$ //		17	17,5 – 20,5	10,5 – 23	23,5 – 25
Trazione \perp $f_{t,90,g,k}$ \perp		0,45	0,45	0,45	0,45
Compressione // $f_{c,0,g,k}$ //		24	27,5 – 29	28 – 31	30,5 – 32
Compressione \perp $f_{c,90,g,k}$ \perp		5,5	5,5	5,5	6,5
Taglio e torsione $f_{v,g,k}$		2,7	2,7	2,7	3,2
Modulo	$E_{g, //}$ fibre				
	$E_{0,g}$ medio	11.500	12.500	12.000	13.500
	$E_{g,0,05}$	9.200	10.000	10.800	11.600
Modulo	$E_{g, \perp}$ fibre				
	$E_{90,g}$ medio	380	420	450	480
Modulo a torsione G_g					
G_{medio}		720	780	840	900
Densità $\rho_{g,k}$ (Kg/m ³)		410	410	410 - 430	430 – 450

3.22

Verifiche

a) Verifiche allo stato limite ultimo

Vale la pena ricordare che per gli stati limite ultimi deve risultare:

$$S_d \leq R_d$$

dove:

S_d = è il valore dell'azione di progetto o di design inteso come sollecitazione di progetto

R_d = è il valore della Resistenza di progetto o di design

Anche per la verifica agli stati limite per le strutture in legno massiccio e lamellare nulla cambia rispetto ai criteri generali adottati per qualunque altro materiale, salvo la specifica diversificazione dei parametri e coefficienti (γG , γQ , ψ_0 , k_{def} ...) legati alle caratteristiche proprie del materiale.

b) Verifiche allo stato limite di esercizio

La verifica riguarda il comportamento della struttura sotto i carichi normali a cui è sottoposta durante il suo utilizzo, in modo da assicurare la sua efficienza anche nei riguardi delle opere accessorie portate (tramezzi, pavimenti, elementi di copertura etc.). Più raramente la verifica si estende al controllo di

3.22

Legno lamellare: Resistenze caratteristiche e i moduli elastici per legno lamellare

altri possibili comportamenti nocivi per la funzionalità in esercizio della struttura. (es. vibrazioni eccessive, malfunzionamenti di macchine e servizi etc.).

Generalmente si tratta di contenere la deformazione in limiti accettabili sotto l'azione di un carico ridotto.

c) Verifica della freccia

Per il calcolo delle deformazioni (freccie) allo stato limite di esercizio o di utilizzo si deve tener conto anche degli effetti nel tempo e, pertanto, la deformata elastica riferita alla freccia f_0 viene amplificata mediante l'introduzione del coefficiente k_{def} per tener conto della viscosità e della umidità del materiale:

$$f_{finale} = f_0 (1 + k_{def})$$

Lunghezza di esposizione al carico (LED)	Numero di classe di utilizzo (NKL)		
	Classe 1 $u \leq 12\%$	Classe 2 $u \leq 20\%$	Classe 3 $u > 20\%$
Permanente o infinita	0,6	0,8	2
Lunga	0,5	0,5	1,5
Media	0,25	0,25	0,75
Breve o istantanea	0,0	0,0	0,30

3.23

Il coefficiente k_{def} è funzione della lunghezza di esposizione al carico (LED) e della classe di utilizzo (NKL). Se una combinazione di carico è costituita da carichi che agiscono con durata di (LED) e classi di utilizzo (NKL) diverse è opportuno calcolare la freccia finale adottando il fattore k_{def} proprio di ogni azione di carico.

L'Eurocodice EC5 raccomanda che la freccia elastica dovuta all'azione dei carichi non debba superare 1/300 della luce per travi ed 1/150 della luce nel caso di mensole e strutture a sbalzo, mentre la freccia finale, tenendo conto dei fenomeni viscosi, non deve superare 1/200 della luce per travi e 1/100 della luce per sbalzi.

3.2.2 CARATTERISTICHE DEL LEGNO

Viene analizzata la caratteristica del principale materiale utilizzato nella realizzazione della struttura: il legno. Tra le peculiarità del legno vanno evidenziati alcuni aspetti legati all'ambiente e alla sua tutela. Il legno, infatti, è un materiale naturale e una delle energie rinnovabili, richiede un basso contenuto di energia durante la fase di produzione ed è biodegradabile oltre che facilmente inseribile nel processo di rigenerazione. La coltivazione della materia prima aiuta il pianeta Terra. Infatti, per uso industriale, il legname viene sottoposto a segagione solo in fase di invecchiamento, mentre sono le piante giovani quelle che trasformano più anidride carbonica in ossigeno, attraverso la fotosintesi

3.23

Legno lamellare: Fattore di deformazione k_{def}

clorofilliana. A confronto con materiali metallici, plastici o cementizi, gli elementi strutturali in legno richiedono poca energia primaria per essere prodotti. Assumendo come unità di misura le MJ/ton: il valore per le strutture in legno è 1, per il cemento armato 4, per il laterizio 6, per il vetro 24, per l'acciaio 60, per l'alluminio 250, per il titanio 800 e per le fibre composite 4.000. Nel ciclo completo di vita di una costruzione, lo smaltimento e il relativo riciclaggio dei rifiuti di una struttura in legno costituisce un onere minore rispetto ad altre tecnologie costruttive, se non addirittura una risorsa, laddove è possibile riutilizzarlo in altre forme.

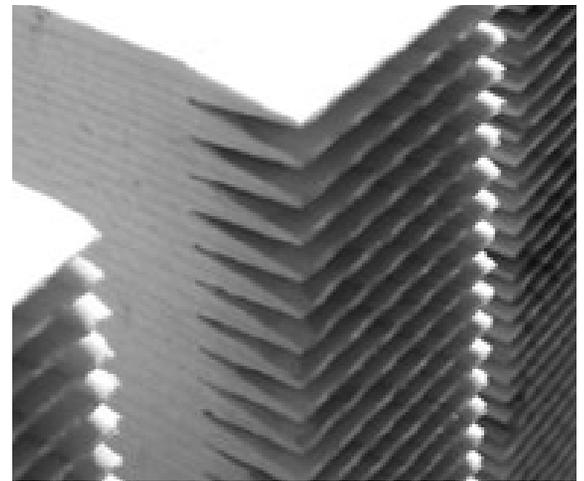
3.24

Ciclo produttivo legno lamellare: a) Preparazione delle tavole: la prima fase del ciclo produttivo è interamente finalizzata alla preparazione delle tavole, onde garantire stabilità dimensionale ed un perfetto grado di incollaggio; b) Formazione delle lamelle: le singole tavole vengono unite tra loro per mezzo del cosiddetto giunto a pettine (finger joint), eseguito secondo le prescrizioni della normativa. La conformazione del giunto è tale da trasformare le tensioni di trazione longitudinale in sforzi di taglio lungo le linee di incollaggio. c) Incollaggio e composizione dei pezzi: l'applicazione dell'adesivo avviene mediante una incollatrice a tendina. Adesivo e induritore sono applicati separatamente, su una singola faccia, facendo scorrere la lamella sotto degli augelli.

Il **legno lamellare** è un modo nuovo di usare un materiale antico quanto la storia abitativa dell'uomo. L'impiego del legno lamellare, come materiale ed elemento strutturale, trova sempre più spazio e credito nel settore costruttivo offrendo possibilità alternative e concorrenziali, soprattutto nel settore di strutture a grandi luci e dimensioni (le dimensioni sono solo condizionate dai limiti imposti dal trasporto) e in quello della ristrutturazione (si fa presente che la maggior parte delle costruzioni nei centri storici ha l'orditura dei solai e dei tetti realizzata in legno). La novità tecnologica di questo materiale è di essere ottenuto mediante l'incollaggio di assi (lamelle) di legno di limitata larghezza e lunghezza, in modo da formare elementi strutturali ad ampia flessibilità compositiva e formale, non disgiunta da una certa validità estetica (archi anche a sezione variabile). Ulteriori vantaggi derivano dalla possibilità di una prefabbricazione che consente di ottenere un materiale con caratteristiche di omogeneità ed uniformità di resistenza superiore alla corrispondente essenza legnosa, nonché un migliore sfruttamento della materia prima (il legno) con minore scarto di materiale, che



a



b



c

diventa sempre più raro e costoso sul mercato mondiale.

Pertanto, già il processo produttivo del lamellare offre indicazioni importanti per il suo impiego. La possibilità di curvare il lamellare con raggi di curvatura intorno ai cinque metri per normale lavorazione (che però si può spingere anche sotto i due metri usando microlamelle), era impensabile con il legno tradizionale. Tale possibilità consente non solo di aumentare le tipologie strutturali, ma soprattutto di adattare gli elementi strutturali a prefissate esigenze, come la riduzione degli spazi da riscaldare (piscine con coperture curvilinee), o, come nel caso del tennis di seguire con l'intradosso della copertura la linea d'ingombro regolamentare per il gioco. Non trascurabile è la motivazione ecologica (bioedilizie) legata al così detto 'impatto ambientale'. La ricerca di materiali che non siano inquinanti e possano rigenerarsi come il legno ripropone, tale materiale ed i suoi derivati in una posizione di primaria attenzione. Una oculata programmazione di taglio e di piantumazione e degli alberi non solo non arreca alcun danno ambientale, ma può continuamente fornire del legno da impiegare nell'edilizia. Si pensi, inoltre, ai problemi legati alla demolizione e smaltimento di strutture in c.a.. Dal disuso delle strutture in legno, oltre al più semplice smantellamento, si può recuperare almeno l'energia combustibile.

Peculiarità fisico-meccaniche del legno lamellare

La formatura di travi lamellari avviene in ambiente con caratteristiche controllate (umidità e temperatura) e ogni fase (scelta delle lamelle, incollaggio, pressione di incollaggio, finitura) è sottoposta a severi controlli. Ciò permette di ottenere un prodotto finito omogeneo, caratterizzato da prestazioni meccaniche con limitate dispersioni che consente l'adozione di bassi coefficienti di sicurezza e quindi il totale sfruttamento della resistenza del lamellare. Per quanto riguarda le dimensioni limite degli elementi strutturali, esse sono determinate solo dall'ingombro di trasporto (lunghezza massima 42m, altezza massima 3,80m), mentre l'altezza della sezione non può superare i due metri per ragioni di piallatura. La limitazione dello spessore della sezione (fra i 10 ed i 18cm), è dovuta alla precauzione di evitare tensioni interne che tavole maggiori di 20cm potrebbero innescare. Riguardo alle caratteristiche proprie del lamellare, è importante parlare della sua leggerezza (peso specifico $\gamma = 550\text{kg/m}^3$, circa 1/5 del calcestruzzo). Considerando le elevate prestazioni meccaniche, la sua leggerezza è molto importante per le ricadute positive che si hanno sul dimensionamento delle strutture in elevazione e di fondazione e per i risparmi sulle spese di trasporto e messa in opera. La concezione della struttura in lamellare deve essere di tipo spaziale e pertanto controventata nei tre piani ortogonali. L'attenzione ai controventi è imposta non solo dal limitato peso proprio, ma dalla sezione degli elementi con un lato piccolo (base da 10 a 20cm) rispetto ad uno generalmente alto (fino a 200cm). Tale situazione induce fenomeni di instabilità (carichi di punta e svergolamenti) da controllare attentamente, perché il legno è caratterizzato da modesti moduli E e G . Il lamellare è per sua natura un materiale 'unidirezionale' (il legno è un materiale anisotropo), nel senso che lavora bene se sollecitato in senso parallelo alle fibre e male in senso perpendicolare ad esse, pertanto poco si adatta alle realizzazioni di strutture che si sviluppano liberamente nello spazio.

3.2.3 ELEMENTI STRUTTURALI E CARICHI

Determinazione dei Carichi

L'analisi delle azioni si effettua calcolando e sommando i carichi degli elementi partendo dall'ultimo piano a scalare verso il basso della struttura. Come rappresentato in FIG. 3.07 (cioè dall'alto verso il basso), viene determinato il carico presente per le varie aree di influenza, che sono definite come l'area che pesa sul pilastro.

L'area maggiormente caricata risulta essere la A_8 con un area di 16.00m^2 (vedi FIG. 3.08). Per essa i carichi presenti sono stati determinati in un primo momento indipendentemente per i diversi piani, non tenendo conto del carico aggiuntivo dei piani superiori gravante su quelli inferiori. Questi carichi indipendenti vengono conseguentemente sommati e moltiplicati per il coefficienti parziali di sicurezza γ , per ottenere il carico di design massimo delle forze verticali N_{Ed} .

$$N_{Ed} = Q_k \times \gamma_Q + G_k \times \gamma_G$$

γ_Q ...coefficiente parziale per carichi variabili = 1,5

γ_G ...coefficiente parziale per carichi permanenti = 1,4

N_{Ed} ...carico di design delle forze verticali

Per calcolare l' N_{Ed} per i diversi piani, abbiamo preso in considerazione il carico dato non solo dal peso proprio e dal carico permanente del solaio, ma anche quello dato dalle partizioni verticali.

L' N_{Ed} risulta:

$$N_{Ed} = 490,90\text{kN}$$

Il carico massimo risulta quindi essere di 490,90kN.

3.2.4. DIMENSIONAMENTO DEI TRAVETTI

Dimensionamento travetti in legno

Per quanto riguarda i travetti in legno, abbiamo deciso di utilizzare il legno lamellare GL24, classe di servizio I (edificio civile per residenze).

In base al pacchetto preso in considerazione per la progettazione del solaio interpiano in legno, ne abbiamo calcolato il peso dei pacchetti tecnologici, vedi CAP. 2.2..

Abbiamo innanzitutto calcolato il peso totale dei tramezzi in base all'area di pertinenza maggiore presa in considerazione diversificando i tamponamenti verticali in base alla loro funzione: tramezza

semplice e parete tra due unità abitative, calcolando il loro peso in base alla loro lunghezza rispetto all'area presa in considerazione. In base alle tipologie di partizioni individuate scelte abbiamo calcolato il peso che hanno sull'area di pertinenza del pilastro maggiormente caricato, ovvero 16m². Il peso dei muri è di 0,46kN/m².

Sommando il carico della soletta al carico dei tramezzi possiamo avere il peso totale:

$$N_{SD} = 0,46 \cdot 2,23 = 2,69 \text{ kN/m}^2$$

Il carico variabile è dato dalla normativa, la quale prescrive di adottare un valore di carico d'esercizio q di 2kN/m² per ambienti ad uso residenziale. (vedi FIG. 3.06)

Per calcolare il momento sollecitante di design calcoliamo l'Azione di progetto E_d considerando l_i , ovvero l'interasse dei travetti pari a 0,8m, moltiplicato per i carichi permanenti e variabili incrementati per i rispettivi coefficienti di sicurezza:

$$\begin{aligned} E_d &= 1,35 \times G_k \times i + 1,5 \times Q_k \times i = \\ &= 1,35 \times 2,69 \times 0,80 + 1,5 \times 2,00 \times 0,80 \\ &= 4,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Calcolata l'Azione di progetto possiamo calcolare il momento sollecitante di design e il taglio:

$$\begin{aligned} M_{SD} &= E_d \times l / 8 \\ &= 4,50 \times 4^2 / 8 = 9,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{SD} &= E_d \times l / 2 \\ &= 4,50 \times 4 / 2 = 9,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

A questo punto abbiamo scelto il tipo di legno da utilizzare per la realizzazione dei travetti, optando per un legno lamellare GL 24 con classe di servizio 1 che ha le seguenti caratteristiche tecniche:

modulo elastico $E = 11.600 \text{ MPa}$; $k_{mod} = 0,24$; $f_{mod} = 1,30$; $f_{mk} = 24 \text{ MPa}$; $f_{vk} = 2,70 \text{ MPa}$.

Grazie a questi dati abbiamo calcolato la resistenza di progetto a flessione:

$$f_{mod} = k_{mod} \times f_{mk} / f_{mod} = 14,77 \text{ MPa}$$

e la resistenza di progetto a taglio:

$$f_{vd} = k_{mod} \times f_{vk} / f_{mod} = 1,66 \text{ MPa}$$

Per calcolare la base dei nostri travetti, sapendo che $W = bh^2 / 6$ e che $W = M_{SD} / f_{mod}$, eguagliamo $bh^2 / 6 = M_{SD} / f_{mod}$ in cui ricaviamo la formula per calcolarci la base dei nostri travetti, ponendo l'altezza h pari a 18cm:

$$b = M_{SD} \times 6 / f_{mod} \times h^2$$

in cui $b = 11,28\text{cm}$

A questo punto abbiamo ipotizzato il travetto di legno con $b=12\text{cm}$ e $h=18\text{cm}$

Verifica di Resistenza

A differenza del calcestruzzo e dell'acciaio non calcoliamo il momento resistente e il taglio resistente. Appliciamo quindi la legge di *De Saint Venant*, in cui $\sigma_{SD} = M_{SD} / W$, per la verifica a flessione.

a) Flessione

Sapendo che $W = b \times h^2 / 6$, possiamo calcolarci la tensione ammissibile $\sigma_{SD} = M_{SD} / W$, ponendo tale valore inferiore, seconda la normativa di riferimento, al f_{mod} :

$$\sigma_{SD} = 9,01 \times 10^3 / 648 = 13,88\text{MPa} < 14,77\text{MPa}$$

La resistenza a flessione risulta verificata. ✓

b) Taglio

Adesso verifichiamo la resistenza a taglio con la formula di *Jourawski* $T_{SD} = 1,5 V_{SD}$ che deve essere inferiore f_{vd} :

$$T_{SD} = 1,5 \times 9,00 \times 10^3 / 21.600 = 1,0625\text{MPa} < 1,66\text{MPa}$$

Anche la resistenza a taglio risulta verificata. ✓

c) Freccia istantanea

Verifichiamo la freccia istantanea $W_{IST} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ}$, in cui E è il modulo elastico del legno e J

è il momento di inerzia ($b \times h^3 / 12$) il cui risultato deve essere inferiore a $l/300$ in cui l è la luce:

$$W_{IST} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2 \cdot 400^4}{11600 \cdot 5832} = 0,98\text{cm} < 1,33$$

La freccia istantanea in questo caso è verificata. ✓

d) Freccia finale

Verifichiamo infine la freccia finale $W_{GK} \times (1 + k_{def}) + W_{QK} \times (1 + \Psi_{21} \times k_{def})$ il cui risultato deve essere inferiore ad $l/200$ in cui l è la luce.

Calcoliamo dapprima:

$$W_{GK} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1.36 \cdot 400^4}{11600 \cdot 5832} = 0,67$$

$$W_{nefin} = W_{GK} \cdot (1 + k_{def}) + W_{QK} \cdot (1 + \psi_{21} \cdot k_{def})$$

$$W_{nefin} = 0,67 \cdot (1 + 0,6) + 0,796 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,6) = 1,96 < 1 / 200$$

La verifica per il travetto di base 12cm e altezza di 18 risulta verificata.



3.2.5 DIMENSIONAMENTO DEL PILASTRO

Dimensionamento pilastro in legno

Per il dimensionamento dei pilastri consideriamo due tipi di carichi: quello permanente pari al peso della soletta e quello accidentale dato dalla normativa, la quale prescrive di adottare un valore di carico d'esercizio q di 2kN/m^2 per ambienti ad uso residenziale

$$Q_K = 2,00\text{kN/m}^2$$

$$G_K = 2,69\text{kN/m}^2$$

Per quanto riguarda il pilastro aumentiamo subito il peso permanente in modo da considerare il peso proprio delle travi:

$$Q_K = 2,00\text{kN/m}^2$$

$$G_K = 2,69\text{kN/m}^2 + 10\% = 2,96\text{kN/m}^2$$

Per il calcolo del pilastro consideriamo quello più sollecitato ovvero quello con la maggiore area di influenza.

Moltiplichiamo quindi i carichi per l'area di influenza, incrementandoli per i coefficienti di sicurezza.

$$\begin{aligned} N_{ED} &= 1,35G_K + 1,5 Q_K = \\ &= 1,35 \times 47,36 + 1,5 \times 32 = 111,94\text{kN} \end{aligned}$$

Considerando il numero di piani, moltiplichiamo il carico totale per quattro. Aggiungiamo a tale valore anche il carico della copertuta, diverso rispetto agli altri data la composizione del pacchetto, moltiplicato per l'area di pertinenza.

$$N_{ED} = 111,94 + 43,2 = 490,96\text{kN}$$

Ipotizzando l'area minima che deve reggere il carico considerando che il pilastro sia tozzo, calcoliamo

l'area come rapporto tra il carico e il sigma ammissibile:

$$A = N / \sigma_{amm} = 490,96 \times 10^3 N / 11 MPa = 44.632,73 mm^2$$

Ipotizzando come un quadrato la base del pilastro, facciamo la radice quadrata del valore ottenuto:

$$\sqrt{44.632,73} = 211,26 cm$$

Approssimiamo per eccesso il valore ottenuto considerando un pilastro di base quadrata con base 22cm.

$$A = 48400 mm^2$$

$$I = b \times h^3 / 12 = 1,95 \times 10^8$$

Per quanto riguarda i pilastri in legno, abbiamo deciso di utilizzare il legno lamellare GL24, classe di servizio 1 (edificio civile per residenze). Così facendo abbiamo i determinati valori:

$$E_{0,05} = 9.400 MPa$$

$$G = 720 MPa$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$f_{cok} = 24 MPa$$

$$f_{cool} = 16,61 MPa$$

Verifica di resistenza 1

Verifichiamo la struttura, ipotizzando il lato del pilastro di base quadrata con lato pari a 22cm.

$$\rho_{min} = \sqrt{I / A} = 63,47 mm$$

$$\lambda = l_e / \rho_{min} = 2.700 / 63,47 = 42,54$$

$$\sigma_{cr} = \Pi^2 E / \lambda^2$$

$$\sigma_{cr} = 51,27 N/mm^2$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{f_{cok} / \sigma_{cr}} = \sqrt{(24 N/mm^2) / (51,27 N/mm^2)} = 0,68$$

$$k_z = 0,52 \times [1 + 0,1 (0,68 - 0,3) + 0,682] = 0,79$$

$$k_c = 1 / (k_z + \sqrt{k_z \lambda + \lambda_{rel}^2}) = 0,51$$

$$\sigma_{COD} = N_{ED} / A = 490,96 \times 10^3 / 48.400 mm^2 = 10,14 MPa < 8,60$$

La sezione del pilastro quadrato di base 22cm non risulta verificata.



Verifica di resistenza 2

Aumentiamo la base della sezione a 24cm. Verifichiamo la struttura.

$$A = 57600 \text{ mm}^2$$

$$I = b \times h^3 / 12 = 2,76 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\rho_{min} = \sqrt{I / A} = 69,28 \text{ mm}$$

$$\lambda = l_e / \rho_{min} = 2.700 / 69,28 = 38,97$$

$$\sigma_{cr} = \Pi^2 E / \lambda^2$$

$$\sigma_{cr} = 61,09 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{f_{cok} / \sigma_{cr}} = \sqrt{(24 \text{ N/mm}^2) / (61,09 \text{ N/mm}^2)} = 0,63$$

$$k_{\lambda} = 0,52 \times [1 + 0,1 (0,63 - 0,3) + 0,63] = 0,78$$

$$k_c = 1 / (k_{\lambda} + \sqrt{k_{\lambda}^2 + \lambda_{rel}^2}) = 0,53$$

$$\sigma_{COD} = N_{ED} / A = 490,96 \times 10^3 / 57.600 \text{ mm}^2 = 8,52 \text{ MPa} < 8,60$$

La sezione del pilastro quadrato di base 24cm è verificata. 

3.2.6 DIMENSIONAMENTO DELLA TRAVE

Dimensionamento trave in legno

Per calcolare la trave, abbiamo deciso di utilizzare il legno lamellare GL24, classe di servizio 1 (edificio civile per residenze).

In base al pacchetto preso in considerazione per la progettazione del solaio interpiano in legno, avendo calcolato il peso già prima, sappiamo che il carico $N_{SD} = 2,69 \text{ kN/m}^2$.

Come per i travetti, calcoliamoci l'azione di progetto E_d , considerando però in questo caso che l'interasse viene posto pari a alla luce della trave:

$$\begin{aligned} E_d &= 1,35 \times G_k \times i + 1,5 \times Q_k \times i = \\ &= 1,35 \times 2,69 \times 4,00 + 1,5 \times 2,00 \times 4,00 \\ &= 26,53 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Calcolato l' E_d possiamo calcolare il momento sollecitante di design e il taglio:

$$\begin{aligned} M_{SD} &= E_d \times l / 8 \\ &= 26,53 \times 4^2 / 8 = 53,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_{SD} = E_d \times l / 2$$

$$= 26,53 \times 4/2 = 53,05 \text{ kNm}$$

A questo punto abbiamo scelto il tipo di legno da utilizzare per la realizzazione dei travetti, optando per un legno lamellare GL 24 con classe di servizio 1 che ha le seguenti caratteristiche tecniche: modulo elastico $E = 11.600 \text{ MPa}$; $k_{mod} = 0,24$; $f_{mod} = 1,30$; $f_{mk} = 24 \text{ MPa}$; $f_{vk} = 2,70 \text{ MPa}$

Grazie a questi dati abbiamo calcolato la resistenza di progetto a flessione:

$$f_{mod} = k_{mod} \times f_{mk} / f_{mod} = 14,77 \text{ MPa}$$

e la resistenza di progetto a taglio:

$$f_{vd} = k_{mod} \times f_{vk} / f_{mod} = 1,66 \text{ MPa}$$

Per calcolare la base delle nostre travi, sapendo che $W = bh^2 / 6$ e che $W = M_{SD} / f_{mod}$, eguagliamo $bh^2 / 6 = M_{SD} / f_{mod}$ in cui ricaviamo la formula per calcolare la base dei nostri travetti, con per ipotesi $h = 30 \text{ cm}$:

$$b = M_{SD} \times 6 / f_{mod} \times h^2$$

in cui $b = 24 \text{ cm}$

A questo punto abbiamo ipotizzato il travetto di legno con $b = 24 \text{ cm}$ e $h = 30 \text{ cm}$.

Verifica di Resistenza

a) Flessione

A differenza del cls e dell'acciaio non calcoliamo il momento resistente e il taglio resistente. Applichiamo quindi la legge di *De Saint Venant*, in cui $\sigma_{SD} = M_{SD} / W$, per la verifica a flessione.

Sapendo che $W = b \times h^2 / 6$, possiamo calcolarci la tensione ammissibile $\sigma_{SD} = M_{SD} / W$, ponendo tale valore inferiore, seconda la normativa di riferimento, al f_{mod} :

$$\sigma_{SD} = 53,05 \times 10^3 / 3.600 = 14,72 \text{ MPa} < 14,77 \text{ MPa}$$

La resistenza a flessione risulta verificata



b) Taglio

Adesso verifichiamo la resistenza a taglio con la formula di *Jourawski* $T_{SD} = 1,5 V_{SD}$ che deve essere inferiore f_{vd} :

$$T_{SD} = 1,5 \times 53,05 \times 10^3 / 56.000 = 1,10 \text{ MPa} < 1,66 \text{ MPa}$$

Anche la resistenza a taglio risulta verificata. ✓

c) Freccia istantanea

Verifichiamo la freccia istantanea $W_{IST} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ}$, in cui E è il modulo elastico del legno e J è il momento di inerzia ($b \times h^3 / 12$) il cui risultato deve essere inferiore a $l/300$ in cui l è la luce:

$$W_{IST} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2 \cdot 400^4}{11600 \cdot 54000} = 1,06 \text{ cm} < 1,33 \text{ cm}$$

La freccia istantanea in questo caso è verificata. ✓

d) Freccia finale

Verifichiamo infine la freccia finale $W_{GK} \times (1 + k_{def}) + W_{QK} \times (1 + \Psi_{21} \times k_{def})$ il cui risultato deve essere inferiore ad $l/200$ in cui l è la luce.

Calcoliamo dapprima:

$$W_{GK} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,36 \cdot 400^4}{11600 \cdot 54000} = 0,72$$

$$W_{netfin} = W_{GK} \cdot (1 + k_{def}) + W_{QK} \cdot (1 + \psi_{21} \cdot k_{def})$$

$$W_{netfin} = 0,72 \cdot (1 + 0,6) + 0,796 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,6) = 1,98 < 2$$

La freccia risulta verificata. ✓

3.2.7 DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONE

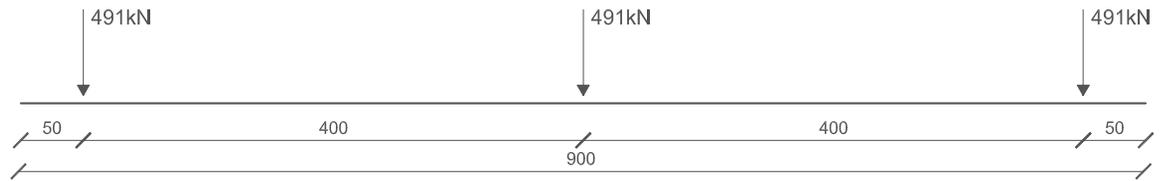
Predimensionamento

Progettiamo una fondazione del tipo a trave rovescia, che si sviluppa per tutta la lunghezza del telaio e che sporge di 0,5m da un estremo e dall'altro. Per il predimensionamento si farà riferimento ad un valore di dato della pressione sul terreno, posta pari a $2,00 \text{ kg/cm}^2$. Mettiamo in evidenza che per un corretto dimensionamento delle fondazioni si dovrebbe essere a conoscenza delle caratteristiche del terreno in questione.

Il dimensionamento può essere svolto come segue:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} = 2 \text{ kg/cm}^2$$

dove N corrisponde alla somma degli sforzi normali dei pilastri ed ha un valore di $1.472,88 \text{ kN}$ come schematizzato in FIG. 3.25. Dato che siamo a conoscenza della lunghezza della trave di fondazione ($= 900 \text{ cm}$) possiamo calcolare la base delle fondazione attraverso la sudetta formula:



3.25

$$b = \frac{N}{l \cdot \sigma_{\max}}$$

$$\begin{aligned} b &= 1.472,88 \times 10^2 \text{ N} / 900,00 \text{ cm} \times 2,00 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 81,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

Adottiamo una base di 85 cm.

Per determinare l'altezza della trave usiamo la relazione $h = 1/4 \div 1/8 \times l$. La luce massima presente è 4,00m. Decidiamo di calcolare l'altezza della trave predimensionandola con la seguente formula:

$$h = 1/6 \times 400,00 \text{ cm} = 66,67 \text{ cm}$$

Adottiamo un'altezza di 70cm per la trave di fondazione come si comprende dalla FIG. 3.26. Attraverso il programma 1CAMP sviluppato dal Prof. Gelfi possiamo determinare il momento e taglio massimo presente. Essi risultano:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= -347,3 \text{ kN} \\ V_{\max} &= 378,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Armatura longitudinale

L'area dell'armatura longitudinale della trave in zona tesa può essere determinata:

$$\begin{aligned} A_{st} &= 347,03 \times 10^6 \text{ Nmm} / 0,90 \times 670 \text{ mm} \times 391,30 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1.471,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Si ipotizza di utilizzare ferri da Ø18, in modo da potere calcolare il numero dei ferri:

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ ferri} &= A_{st} / A_{\text{Ø18}} \\ &= 1.471,90 \text{ mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4 \\ &= 5,78 \end{aligned}$$

3.25

Fondazioni: Schema strutturale

Si decide di utilizzare 6 ferri da Ø18.

La loro area risulta essere:

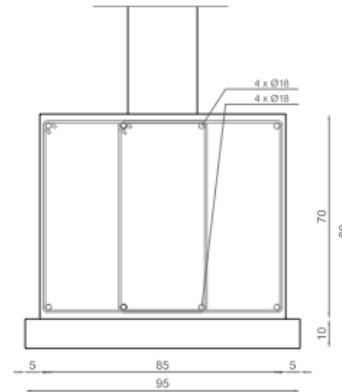
$$A_s = 6 \times (\pi \times 18^2) / 4 = 1.526,81 \text{ mm}^2$$

Per la zona compressa l'area dell'armatura longitudinale è:

$$\begin{aligned} A'_s &= 50\% \times A_s \\ &= 50\% \times 1.526,81 \text{ mm}^2 \\ &= 763,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Ipotizzando di utilizzare sempre ferri da $\varnothing 18$, il numero dei ferri è pari a:

$$\begin{aligned} n^\circ \text{ ferri} &= A'_s / A_{\varnothing 18} \\ &= 763,41 \text{ mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4 \\ &= 3,00 \end{aligned}$$



3.26

Si sceglie di utilizzare 4 ferri da $\varnothing 18$.

Proseguiamo a stabilire la disposizione e la lunghezza necessaria dei ferri. L'area dei ferri che corrono lungo tutta la sezione è:

$$\begin{aligned} A_s^* &= (378,70 \times 10^3 \text{ N}) / 391,30 \text{ N/mm}^2 \\ &= 967,80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dove R corrisponde alla forza di taglio massima presente. L'area individuata corrisponde a:

$$\begin{aligned} n^\circ \text{ ferri} &= A_s^* / A_{\varnothing 18} \\ &= 967,80 \text{ mm}^2 / (\pi \times 18^2) / 4 \\ &= 3,80 \end{aligned}$$

Tutti i ferri corrono lungo tutta la sezione.

Armatura trasversale

Il taglio massimo presente è stato calcolato in precedenza attraverso il programma Gelfi ed è di $V_{Ed} = 378,7 \text{ kN}$. Per il calcolo delle armature a taglio si fa riferimento al metodo del traliccio di Mörsh (vedi Fig. 3.18). Come prima cosa verifichiamo che il taglio resistente di progetto V_{Ed} è minore di V_{Rd2} :

$$\begin{aligned} V_{Rd2} &= v \times f_{cd} \times z \times b_w \\ &= 0,5 \times 14,17 \text{ N/mm}^2 \times 603,00 \text{ mm} \times 850,00 \text{ mm} \\ &= 3.631,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

dove:

- v = coefficiente di riduzione di resistenza delle bielle compresse, adottato con 0,5
- z = 0,9 x altezza utile della sezione
- b_w = larghezza della membratura resistente al taglio

3.26

Fondazioni in c.a. per il progetto innovativo: Dimensione ed armatura

$$3.631,42kN >> 682,70kN$$

Valutiamo ora l'angolo θ formato dal puntone e il corrente teso nello schema del traliccio di Morsch:

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{1}{2} \arcsin (2 \times 378,70 \times 10^3 N / (850,00mm \times 603,00mm \times 0,5 \times 14,17N/mm^2)) \\ &= \frac{1}{2} \arcsin 0,21 = 6,02^\circ\end{aligned}$$

Questo valore corrisponde a $\text{ctg}\theta = 9,48$. In quanto $\text{ctg}\theta$ non risulta compreso tra $1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$ o $45^\circ \leq \theta \leq 21,80^\circ$, si utilizza il limite minimo e cioè $\text{ctg}\theta = 2,5$ per determinare l'area necessaria per le staffe. Essa viene determinata attraverso la seguente relazione:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta}$$

$$= 378,70 \times 10^3 N / (603,00mm \times 391,30N/mm^2 \times 9,48) = 0,17mm^2/mm$$

Ipotizzando di utilizzare ferri da $\varnothing 8$ a quattro bracci, che corrisponde a $A_{sw} = 201,06 \text{ mm}^2$, la relazione precedente può essere risolta individuando l'interasse s delle staffe:

$$\begin{aligned}A_{sw}/s &= 0,17mm^2/mm \\ 201,06mm^2/s &= 0,17mm^2/mm \\ s &= 201,06mm^2 / 0,17mm^2/mm \\ &= 1.182,71mm\end{aligned}$$

Controlliamo se da normativa il valore di interasse non è troppo elevato:

$$s < 0,8 \times d = 0,8 \times 670,00mm = 536,00mm = 53,60cm$$

La relazione non è verificata, adottiamo allora 3 staffe al metro come richiesto dalla legge .

Resta ora il calcolo del taglio medio V_{Rd1} . Esso viene determinato tramite la seguente formula:

$$\begin{aligned}V_{Rd1} &= [0,18 \times 1,62 \times (100 \times 0,0021 \times 25)^{1/3} / 1,5 + 0,15 \times 0] \times 850mm \times 603mm \\ &= 170,38kN\end{aligned}$$

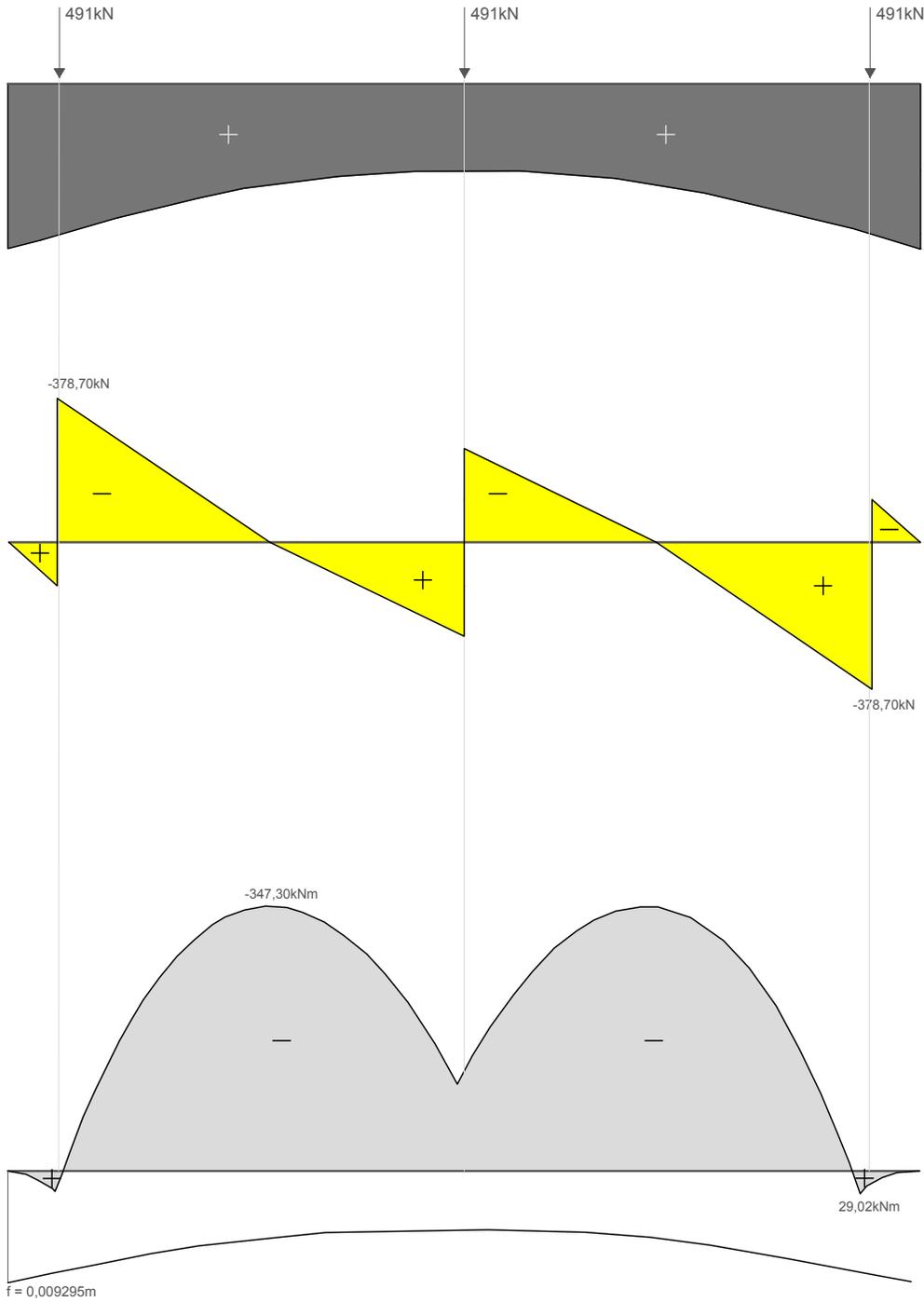
dove:

$$\begin{aligned}k &= 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,00 \\ &= 1 + (200 / 670)^{1/2} \\ &= 1,62 \leq 2,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \text{rapporto geometrico di armature longitudinale} = A_{s_t} / b_w \times d \leq 0,02 \\ &= 1.275 \text{ mm}^2 / 850 \text{ mm} \times 700\text{mm} \\ &= 0,0021 \leq 0,022\end{aligned}$$

$$\delta_{ep} = 0 \text{ perché non utilizziamo travi precomprese}$$

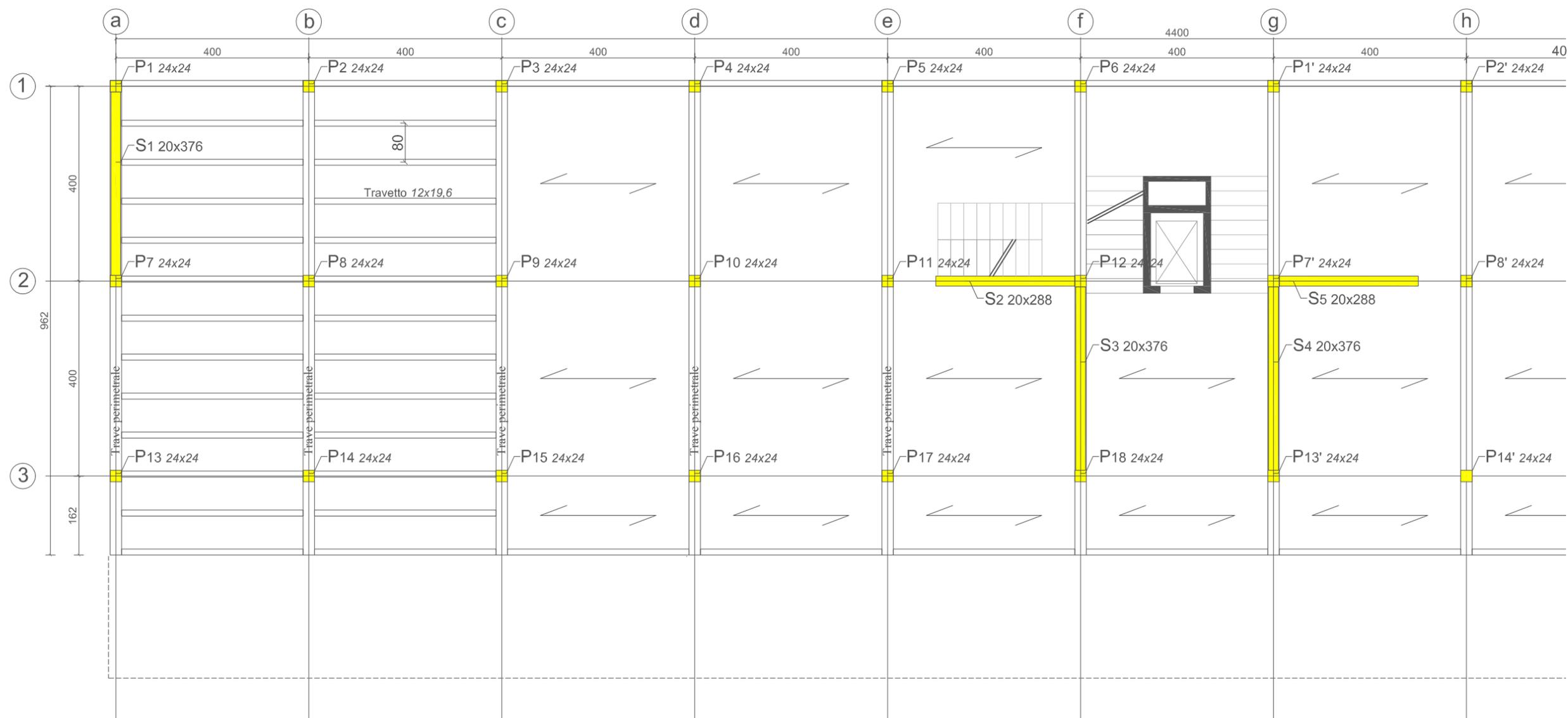
Luce = 9m; $E = 25.000\text{MPa}$; $J = 2.429.583\text{cm}^4$; $K = 3\text{daN/cm}^3$; $b = 0,85\text{m}$



3.27

Fondazioni: In alto è rappresentata l'azione assiale, in mezzo il taglio e in basso il momento presente

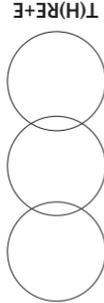
3.27



PIANTA STRUTTURALE
M 1:100

04 TAVOLE DI PROGETTO

RIDUZIONE

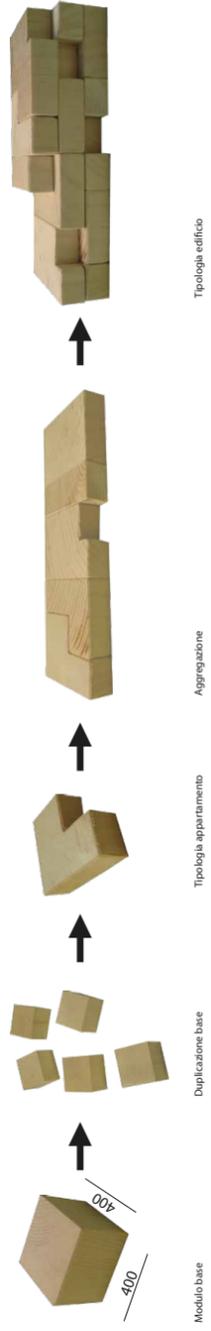


towards real ecology + economy

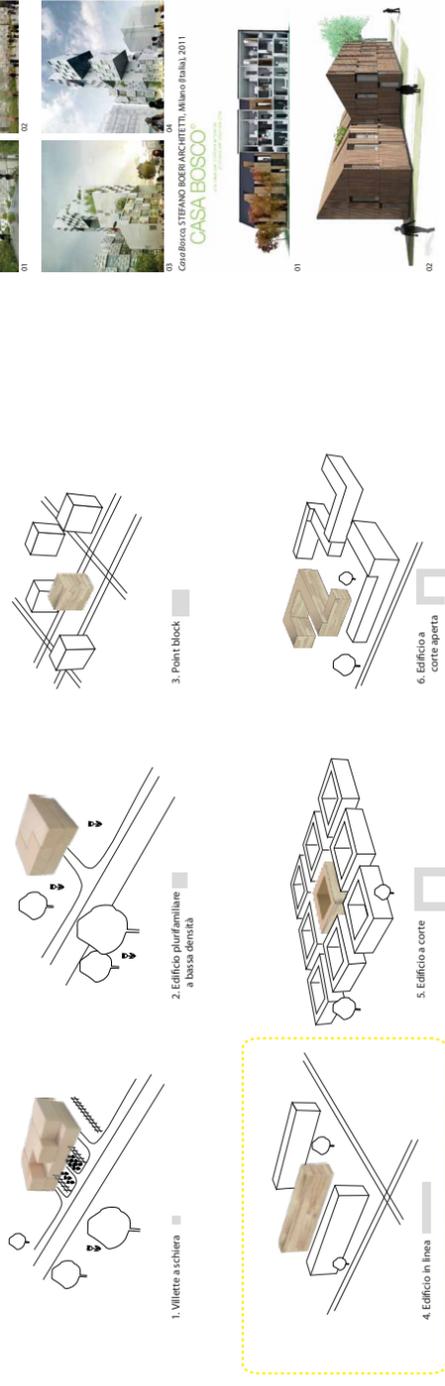
T(H)RE+E è un sistema modulare sviluppato per realizzare edifici residenziali. Esso nasce da un modulo base di 4m x 4m in superficie. L'aggregazione di questi blocchi permette la creazione di apparati di tipologia e taglio differenti. A loro volta questi alloggi possono essere assemblati a seconda delle necessità morfologiche e del mercato immobiliare, dando vita a infinite possibilità di aggregazione: edificio plurifamiliare, edificio in linea, a corte... (vedi par. 1). Perché il sistema cresca è un sistema modulare. **T(H)RE+E** è un sistema modulare costruito su tre piani del concetto di sostenibilità: ambientale, sociale ed economico. **T(H)RE+E** ha tre pilastri: sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Indistintamente tutte e tre le sfere della sostenibilità, cercando di dare una proposta di insediamento innovativo.

IDEA PROGETTUALE

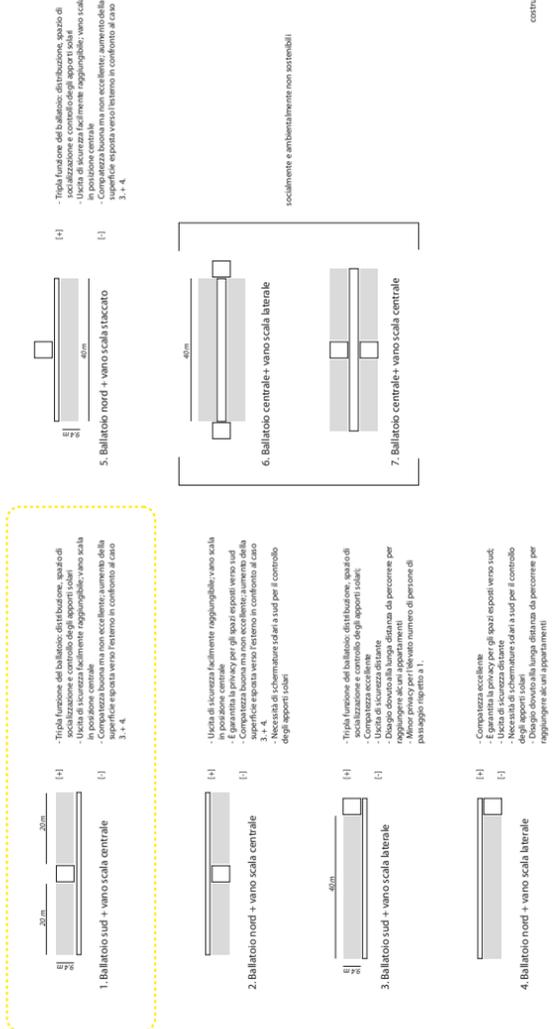
T(H)RE+E



TIPOLOGIA EDIFICIO

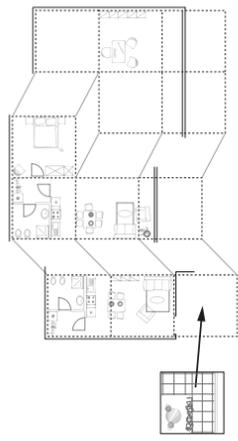


DISTRIBUZIONE

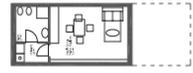




towards real ecology + economy



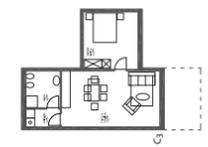
TIPO A
Monocale 32m²



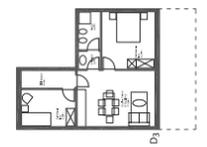
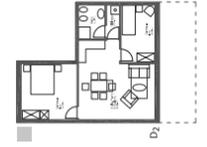
TIPO B
Monocale 38m²



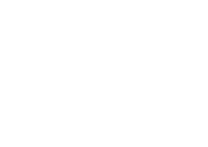
TIPO C
Bilocale 54m²



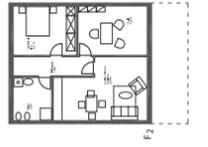
TIPO D
Bilocale 60m²



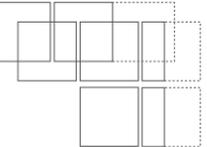
TIPO E
Trilocale 70m²



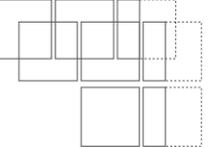
TIPO F
Trilocale 76m²



TIPO G
Trilocale Duplex 86m²



TIPO H
Quadrilocale Duplex 96m²



■ accesso da nord non possibile



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
A. P. 2010/2011

Tesi di Laurea Magistrale
LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo tra tradizione e innovazione

Rettori
Prof. Andrea Comptoni
Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Luca Leone 740692

MODULI ABITATIVI
PROTOTIPI
1,200
TAV 02
T(H)RE+E



towards real ecology + economy



LOCALIZZAZIONE FIGINO



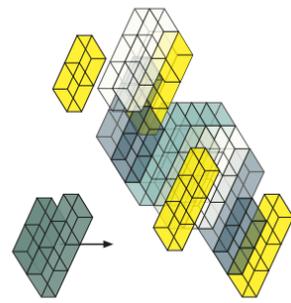
AMSTERRE, AN ADATTATO (GRUPPO SIRONA, GIUNGATO, PIRELLI) IL BORGO SOSTENIBILE, FIGINO, MILANO 2010
1:200

Di fronte alla richiesta di Housing Center di elaborare un modello di architettura adattabile al contesto periurbano di Milano, è stato adattato come area esemplificativa un Masterplan (gruppo Sirona, Giungato, Pirelli) inerente al concorso di riqualificazione del quartiere, situato a nord-ovest della città, Figino (Borgo Sostenibile).
La proposta progettuale individua come caso ideale un edificio modulare in linea a cinque piani con un volume di circa 4.500m³, costituito da diverse tipologie di appartamenti facilmente aggregabili, in modo da poter soddisfare le richieste del mercato immobiliare. I piani residenziali sono connessi tra loro da un impianto scale centrale che consente l'accesso a vari alloggi attraverso un ballatoio posto a sud. Esso costituisce un elemento fondamentale per il progetto dato che è stato pensato non solo come luogo di collegamento, ma anche come spazio di sosta per facilitare la socializzazione tra gli inquilini. Questo tipo di ballatoio di estrazione nord-europea, viene adattato alle esigenze di privacy richieste dagli utenti tramite un sistema a tenda sovrastante in orizzontale.

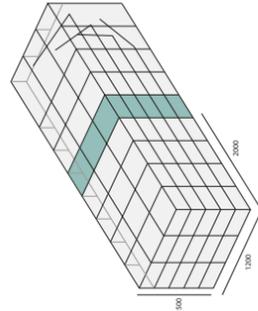
LOGICA AGGREGATIVA



BASE



AGGREGAZIONE

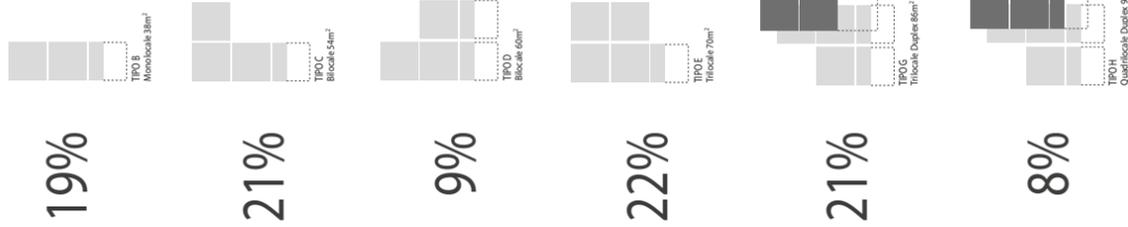


VOLUME

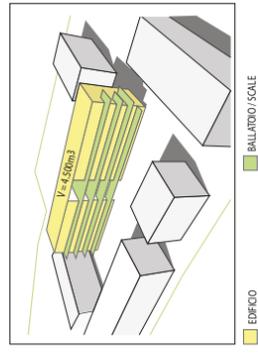
RICHIESTA UTENZA / MERCATO IMMOBILIARE



INDIVIDUAZIONE ALLOGGI



PROGETTO ARCHITETTONICO



9%

22%

21%

8%



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione dell'Architettura Sostenibile
A.C. 2010 - 2011

Tesi di Laurea Magistrale

LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo in un'area di riqualificazione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campoli
Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Lorenzo Leone 746092

PROGETTO TIPO
COMPOSIZIONE PROGETTUALE

THRE+E
TAV 03



T(H)RE+E

towards real ecology + economy



SEZIONE - A - 1:100



PIANTA PRIMO PIANO 1:100



PIANTA PRIMO PIANO 1:100



PIANTA SECONDO PIANO 1:100



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
A. R. 2010-2011

Tesi di Laurea Magistrale

LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo da tradizione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campoldi
Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Luca Leone 740692

PROGETTO TIPO
PIANTE + SEZIONE
1:100

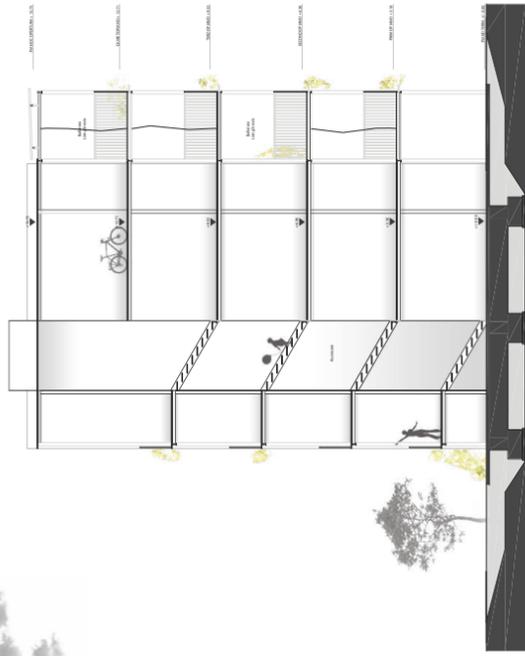
TAV 04





T(H)RE+E

towards real ecology + economy



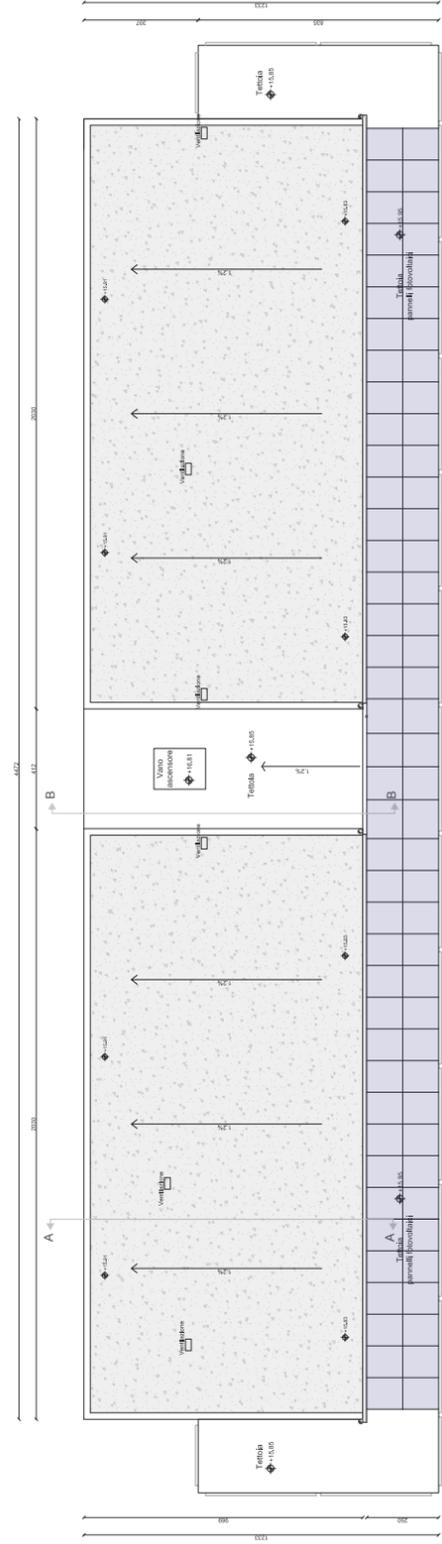
SEZIONE B-B 1:100



PIANTA TERZO PIANO 1:100



PIANTA QUARTO PIANO 1:100



PIANTA COPERTURA 1:100



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
A. R. 2010-2011



Testi di Laurea Magistrale

LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo da tradizione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campoldi
Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Luca Bontè 740692

PROGETTO TIPO
PIANTE + SEZIONE
1:100

TAV 05



towards real ecology + economy

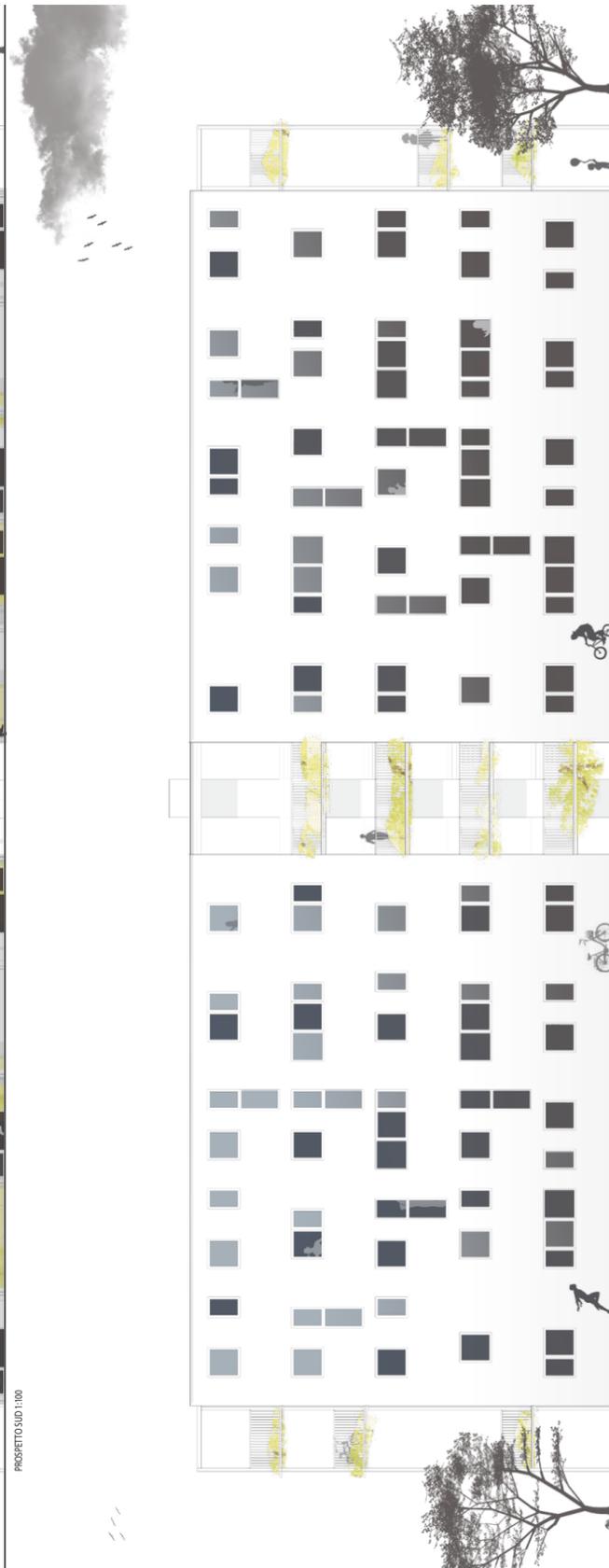


PROSPETTO OVEST 1:100

PROSPETTO ESTI 1:100



PROSPETTO SUD 1:100



PROSPETTO NORD 1:100



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progetto dell'Architettura Sostenibile
A. A. 2010 - 2011



Tesi di Laurea Magistrale
LOW BUDGET LIVING
per la realizzazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo tra tradizione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campioli
Prof. Giancarlo Paganini

Coordinatori
Marta Lanzinger 740310
Luca Leone 740692

PROGETTO TIPO
PROSPETTI
1:100

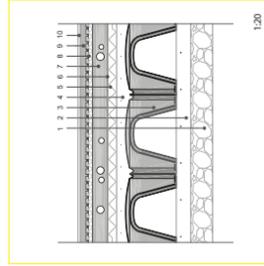
TAV 06
(THRE+)



towards real ecology + economy



SOLAIO CONTRO TERRA

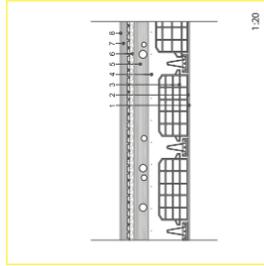


Spessore totale S (cm) = 77,60
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,29
 Peso proprio (kN/m³) = 4,50

- 01 Sottotelo compatto
- 02 Maggione armato con rete elettrosaldata 25x25cm, 10cm
- 03 Vespai aereo con iglia 35cm
- 04 Getto di completamento in ds con rete elettrosaldata 15x15cm, 5cm
- 05 Cabonazione termica in lana di roccia 6cm
- 06 Isolante in EPS 10cm
- 07 ITALIANMARBANE Carotrifolij
- 08 Massetto in ds alleggerito con argilla espansa per impianti, 10cm
- 09 Membrana impermeabile con membrana per riscaldamento a pavimento integrato, 3cm
- 10 Massetto alleggerito in ck, 6,80cm
- 11 Rivestimento pavimento ceramica, 1,50cm



SOLAIO INTERPIANO

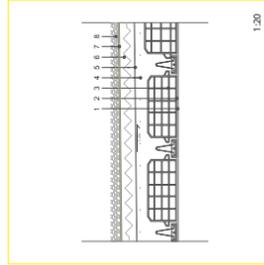


Spessore totale S (cm) = 47,50
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,65
 Peso proprio (kN/m³) = 2,78

- 01 Finitura interna
- 02 Rivestimento minerale bianco a base di calce (RDF), intonaco di isotondato a base di calce (WENERBERG; Bocchi 25x42)
- 03 Getto di completamento in ds con rete elettrosaldata 15x15cm
- 04 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento irregolare, 3cm
- 05 Massetto alleggerito in ck, 6,80cm
- 06 Rivestimento pavimento ceramica, 1,50cm

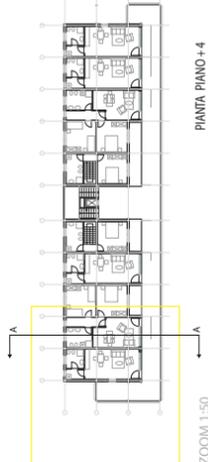


SOLAIO COPERTURA



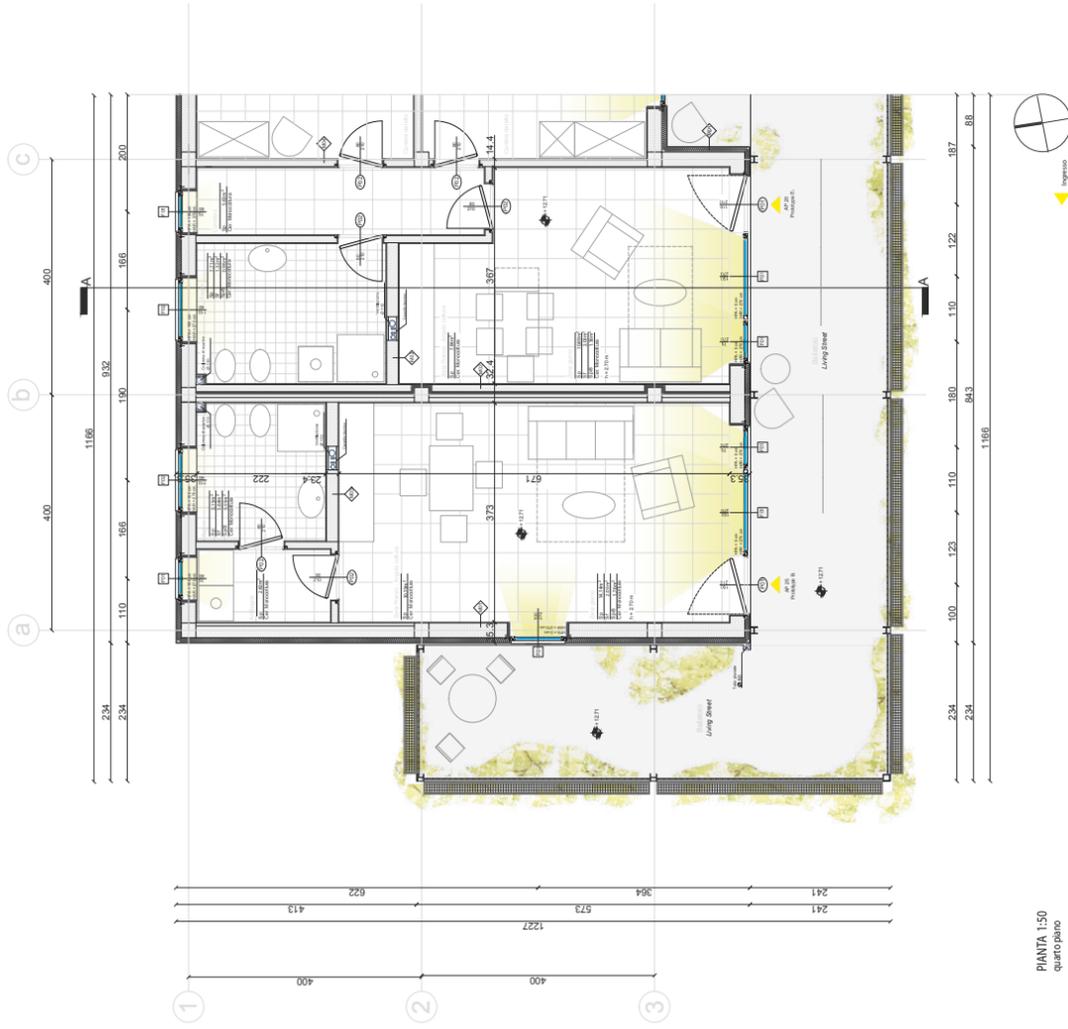
Spessore totale S (cm) = 41,51
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,28
 Sraamento F(h) = 11,47
 Peso proprio (kN/m³) = 2,62

- 01 Finitura interna
- 02 (RDF); Rivestimento minerale bianco a base di calce (RDF); Intonaco di isotondato a base di calce (WENERBERG; Bocchi 25x42)
- 03 Getto di completamento in ds con rete elettrosaldata 15x15cm, min. 5cm
- 04 Isolante in EPS 10cm
- 05 Cabonazione termica in XPS, 10cm
- 06 Guaina bituminosa arcaquadrata, 0,30cm
- 07 (RDF); Rivestimento minerale bianco a base di calce (WENERBERG; Bocchi 25x42)
- 08 Ghiaia, 5cm

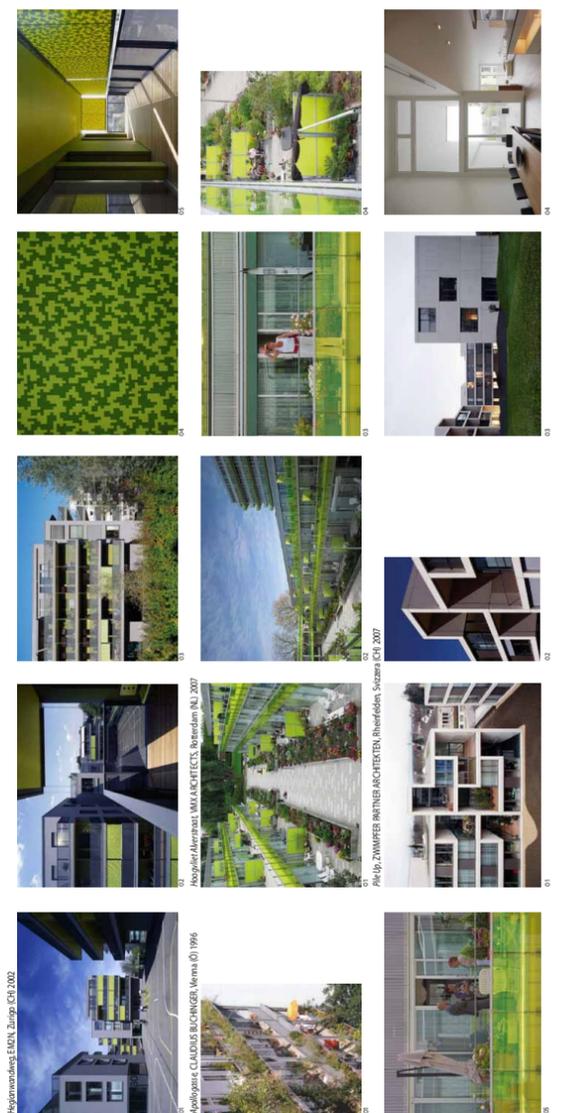


PIANTA PIANO +4

ZOOM 1:50



PIANTA 1:50 quarto piano



POLITECNICO DI MILANO
 Scuole di Architecture e Società
 Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
 A. R. 2019 - 2011

Tesi di Laurea Magistrale
 LOW BUDGET LIVING
 Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
 di un edificio residenziale a basso costo tra tradizione e innovazione

Rettori
 Prof. Andrea Campopoli
 Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
 Melane Lanzinger 740310
 Lucio Leone 740692

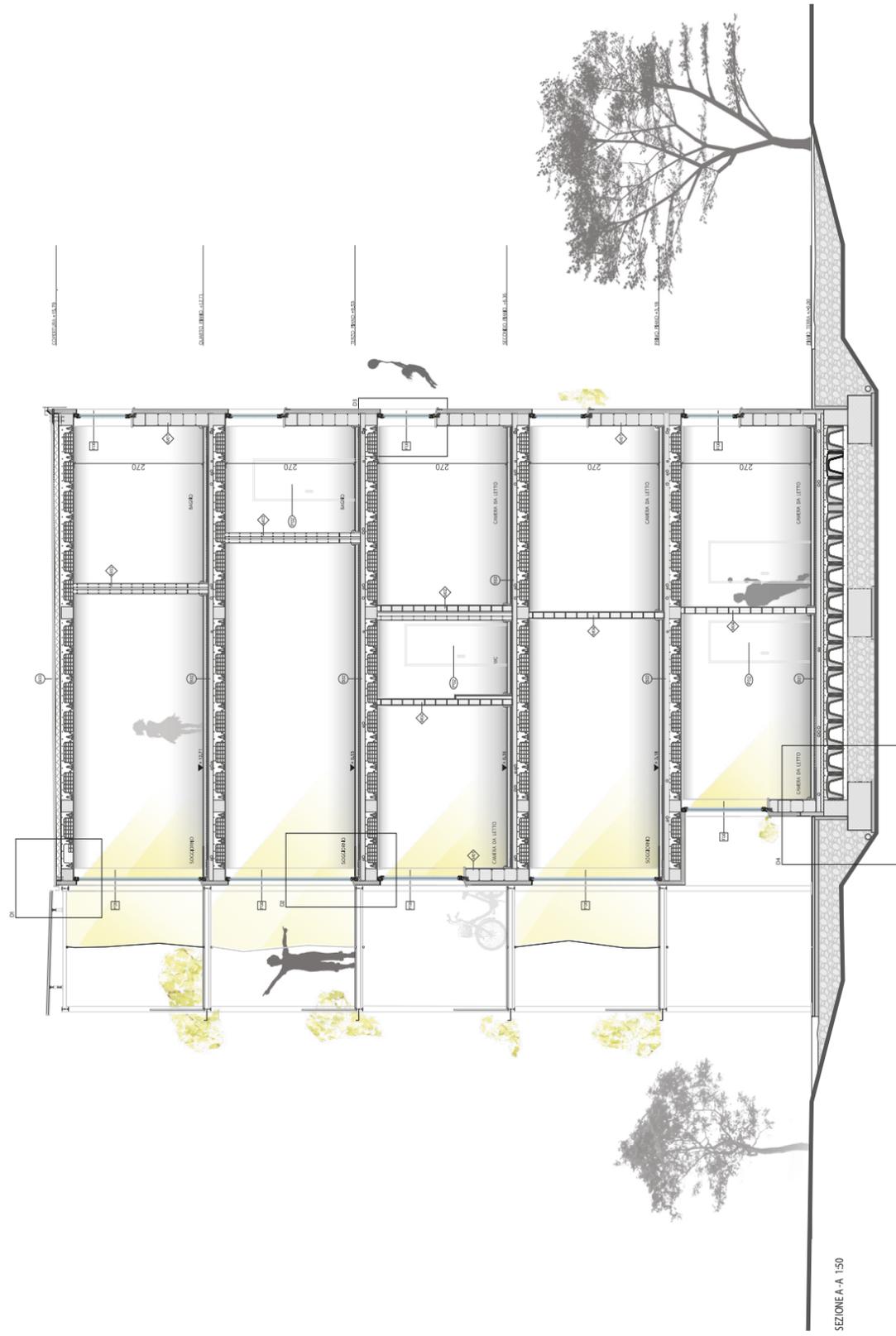
PROGETTO TRADIZIONALE
 PIANTA
 1:50

THRE+E

TAV 07

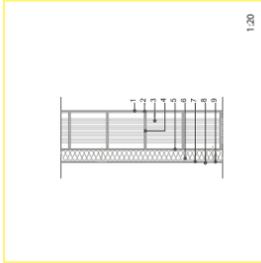


towards real ecology + economy



SEZIONE A - 150

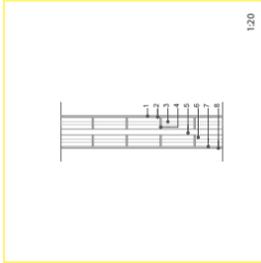
PARETE ESTERNA



Spessore totale S [cm] = 41,51
 Trasmissione U [W/m²K] = 0,28
 Stappamento F [h] = 1,147
 Peso proprio [kN/m³] = 2,62

01 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360
 02 Intonaco sottofondo
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 03 Blocchi di laterizio
 (MENSBERGER) Porotherm Modulare SX 2323
 04 Colatura
 (EDITECNICA) SMAR CN 21
 05 Intonaco esterno
 (RDPX) Intonaco esterno in base di calce - cementose n. 518
 06 Ammasso
 (MATERIA) Ammasso in base di calce - cementose n. 518
 07 Rivestimento
 (RDPX) Rivestimento
 08
 09 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360

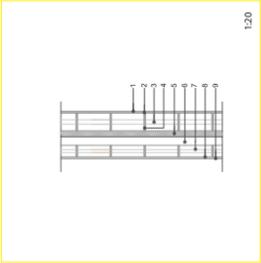
PARETE
ATTREZZATA



Spessore totale S [cm] = 23,40
 Peso proprio [kN/m³] = 5,39

01 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360
 02 Intonaco sottofondo
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 03 Blocchi di laterizio
 (MENSBERGER) Porotherm 8 - 5022,3
 04 Malta
 (MATERIA) Malta M448 CN 21
 05 Intonaco esterno
 (RDPX) Intonaco esterno in base di calce - cementose n. 518
 06 Ammasso
 (MATERIA) Ammasso in base di calce - cementose n. 518
 07 Rivestimento
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360

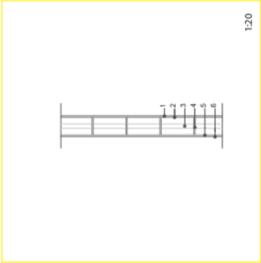
PARETE TRA DUE
UNITÀ IMMOBILIARI



Spessore totale S [cm] = 32,40
 Potere fonoassorbente R [dB] = min. 50
 Peso proprio [kN/m³] = 3,64

01 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360
 02 Intonaco sottofondo
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 03 Blocchi di laterizio
 (MENSBERGER) Porotherm 12 - 5022,3
 04 Colatura
 (EDITECNICA) SMAR CN 21
 05 Intonaco esterno
 (RDPX) Intonaco esterno in base di calce - cementose n. 518
 06 Ammasso
 (MATERIA) Ammasso Acoustic 252
 07 Intonaco esterno
 (RDPX) Intonaco esterno in base di calce - cementose n. 518
 08 Intonaco sottofondo
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 09 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360

TRAMIEZZA



Spessore totale S [cm] = 14,40
 Peso proprio [kN/m³] = 4,32

01 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360
 02 Intonaco sottofondo
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 03 Blocchi di laterizio
 (MENSBERGER) Porotherm 12 - 5022,3
 04 Malta
 (MATERIA) Malta M448 CN 21
 05 Intonaco esterno
 (RDPX) Intonaco sottofondo a base di calce - cementose n. 518
 06 Finitura interna
 (RDPX) Rivestimento minerale bianco a base di calce n. 360



POLITECNICO DI MILANO
 Scuola di Architettura e Società
 Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
 A. P. 2010 - 2011

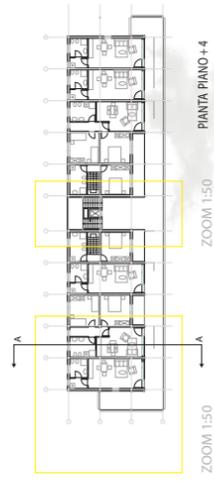
Tesi di Laurea Magistrale
 LOW BUDGET LIVING
 Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
 di un edificio residenziale a basso costo via tradizione e innovazione

Relatori
 Prof. Andrea Campioli
 Prof. Giancarlo Paganini

Studenti
 Melara Lanzinger 740310
 Lucio Leone 746592



towards real ecology + economy



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione dell'Architettura Sostenibile
A. A. 2010-2011

Testi di Laurea Magistrale
LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo tra tradizione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campioli
Prof. Giancarlo Paganini

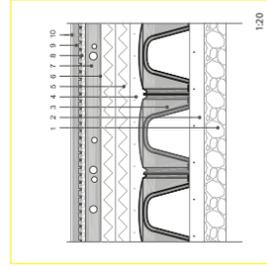
Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Luca Leone 746092

PROGETTO TRADIZIONALE
PROSPETTO PRINCIPALE
1:30
TAV 09
(H)R(E)+E



towards real ecology + economy

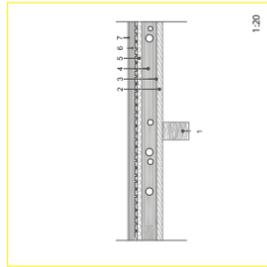
SOLAIO CONTRO TERRA



Spessore totale 5 (cm) = 9,160
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,13
 Trasmittanza F (h/m²K) = 0,14
 Peso proprio (kN/m³) = 4,54

- 01 Sottofondo compatto
- 02 Magrone armato con rete elettrosaldata
- 03 (DALCOWA/198/32)
- 04 Vespajo ariato con ghia. 35cm
- 05 Membrana impermeabile in bitume in c/c con rete elettrosaldata 1,5x1,5cm, 5cm
- 06 Combinazione termica in lana di roccia, 20cm
- 07 Spessore (D) Durisol® C 800
- 08 (ITALIANA FABBRICAZIONE: Cerrosifalco)
- 09 Massetto in c/c alleggerito con agulla espansa a pavimento integrato, 3cm
- 10 Massetto alleggerito in c/c, 6,80cm
- 11 Rivestimento pavimento ceramica, 1,50cm

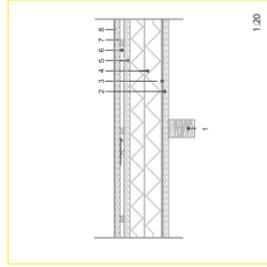
SOLAIO INTERPIANO



Spessore totale 5 (cm) = 25,60
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,04
 Trasmittanza F (h/m²K) = 2,23

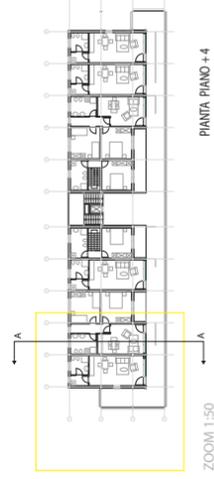
- 01 Travi in legno lamellare 12/19,6
- 02 Isolante in lana di roccia, 10cm
- 03 Strato di aerazione, 0,30cm
- 04 ITALIANA MEMBRANE: Loyretec
- 05 Membrana impermeabile in bitume in c/c con rete elettrosaldata 1,5x1,5cm, 5cm
- 06 Rivestimento in c/c alleggerito con agulla espansa a pavimento integrato, 3cm
- 07 Massetto alleggerito in c/c, 6,80cm
- 08 Rivestimento pavimento ceramica, 1,50cm

SOLAIO COPERTURA

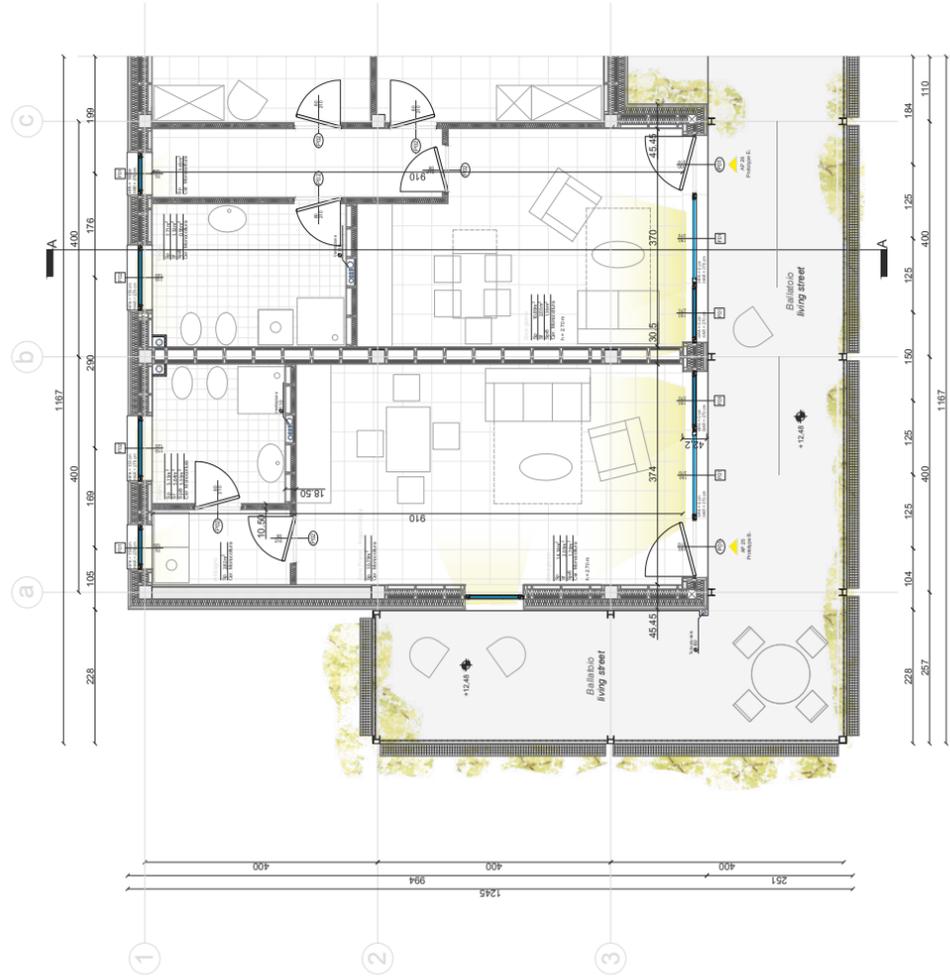


Spessore totale 5 (cm) = 30,36
 Trasmissanza U (W/m²K) = 0,14
 Trasmittanza F (h/m²K) = 10,14
 Peso proprio (kN/m³) = 0,70

- 01 Travi in legno lamellare 12/19,6
- 02 Isolante in legno di abete, 4cm
- 03 (SAP/AS7: Morofit pro/kyocera 5TD)
- 04 Combinazione termica in EPS, 22cm
- 05 Membrana impermeabile in bitume in c/c con rete elettrosaldata 1,5x1,5cm, 5cm
- 06 Controllo della tua con intercapedine d'aria, 5cm
- 07 Isolante in legno di abete, 4cm
- 08 Membrana impermeabile in bitume in c/c con rete elettrosaldata, 0,35cm (DBRREG/CA, Durbelone NT)



PIANTA PIANO +4



PIANTA 1:50 quarto piano



POLITECNICO DI MILANO
 Scuole di Architettura e Società
 Progettazione e valutazione dell'Architettura Sostenibile
 A. P. 2010/2011

Tesi di Laurea Magistrale
 LOW BUDGET LIVING
 Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
 di un edificio residenziale a basso costo tra l'Italia e l'Inghilterra

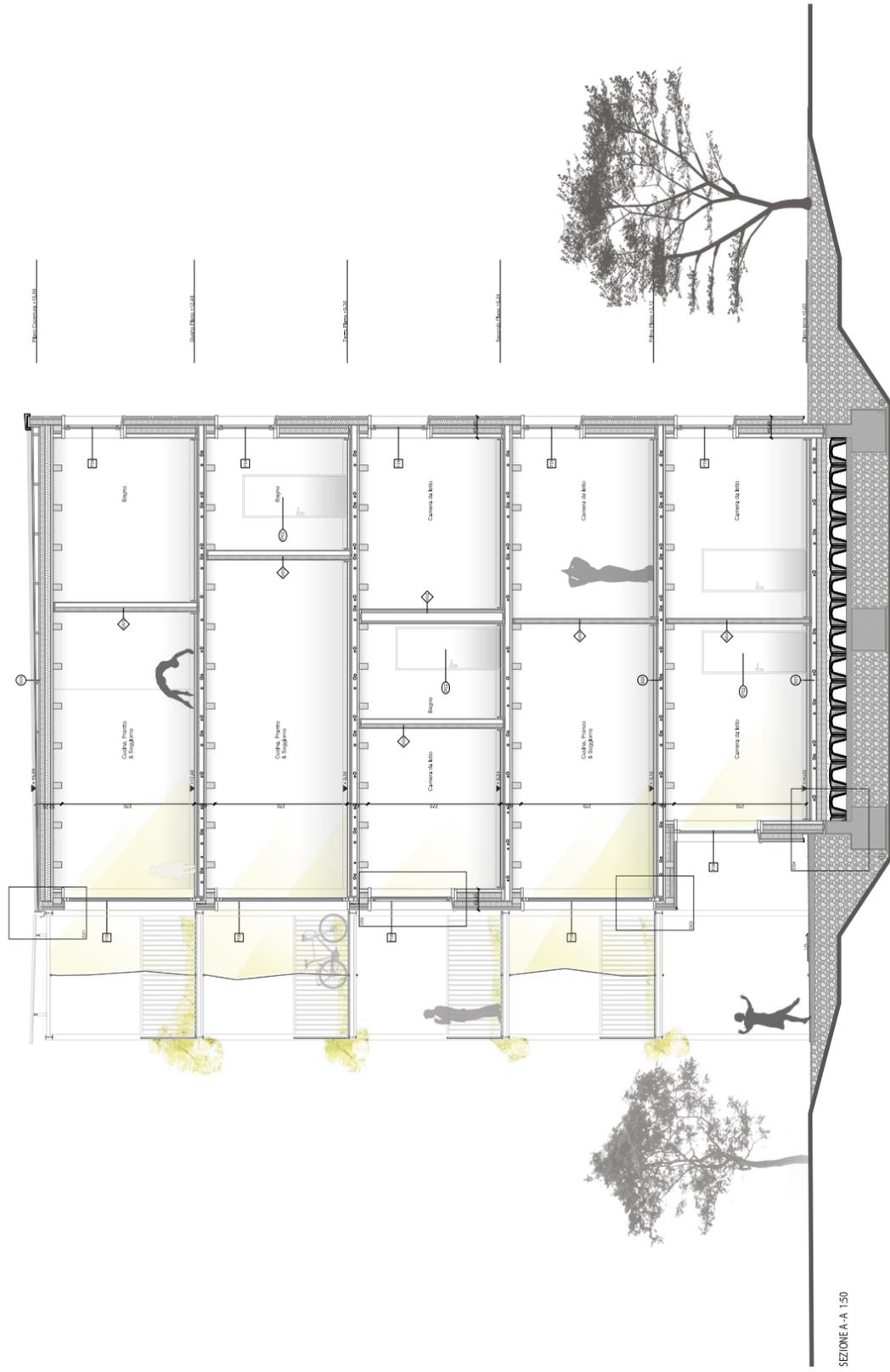
Rettori
 Prof. Andrea Cusani
 Prof. Giancarlo Pagnani

Studenti
 Melane Lanzinger 740310
 Lucio Leone 740992

PROGETTO INNOVATIVO
 PIANTA
 1:50
TAV 10
 T(H)R(E)+E

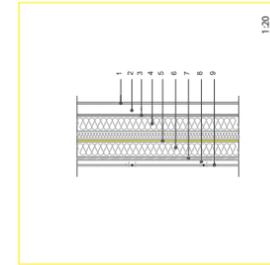


towards real ecology + economy



SEZIONE A - 1:50

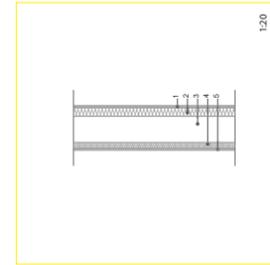
PARETE ESTERNA



Spessore totale S [cm] = 45,45
 Trasmittanza U [W/m²K] = 0,13
 Sfasamento F [h] = 1,931
 Peso proprio [kN/m³] = 1,97

- 01 Lattina in gesso-fibra (ANAF, Veduggio RB I)
- 02 OSB in colla in modo impermeabile
- 03 Isolamento termico in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 04 Isolamento termico in fibra di legno (ANAF, Veduggio RB I)
- 05 Colonnatura termica in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 06 Isolamento termico in fibra di legno (ANAF, Veduggio RB I)
- 07 Autolo in legno di abete
- 08 Controisolatura con intercapedine d'aria (PRODOMA ProD50)
- 09

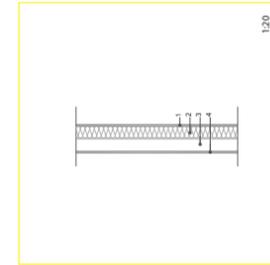
PARETE TRA DUE UNITA' IMMOBILIARI



Spessore totale S [cm] = 20,50
 Potenza fonosorbente R [dB] = min. 50
 Peso proprio [kN/m³] = 0,63

- 01 Lattina in gesso-fibra (ANAF, Veduggio RB I)
- 02 Colonnatura termica in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 03 Colonnatura termica in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 04 Colonnatura termica in fibra di legno (ANAF, Veduggio RB I)
- 05

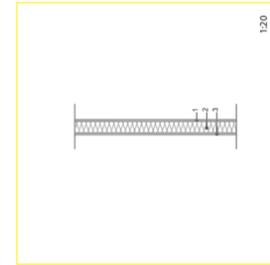
PARETE ATTREZZATA



Spessore totale S [cm] = 18,50
 Peso proprio [kN/m³] = 0,31

- 01 Lattina in gesso-fibra (ANAF, Veduggio RB I)
- 02 Colonnatura termica in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 03 Intercapedine d'aria (ANAF, Veduggio RB I)
- 04

TRAMIEZZA

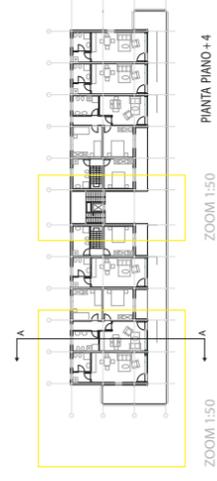


Spessore totale S [cm] = 10,50
 Peso proprio [kN/m³] = 0,31

- 01 Lattina in gesso-fibra (ANAF, Veduggio RB I)
- 02 Colonnatura termica in fibra di legno (TASULLO, T. Boveri)
- 03 Colonnatura termica in fibra di legno (ANAF, Veduggio RB I)



towards real ecology + economy



PIANTA PIANO+4

ZOOM 1:50

ZOOM 1:50



POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Architettura e Società
Progettazione di Architettura Sostenibile
A. P. 2010-2011

Tesi di Laurea Magistrale

LOW BUDGET LIVING
Progettazione e valutazione economica, ambientale e sociale
di un edificio residenziale a basso costo tra tradizione e innovazione

Relatori
Prof. Andrea Campoldi
Prof. Giancarlo Paganini

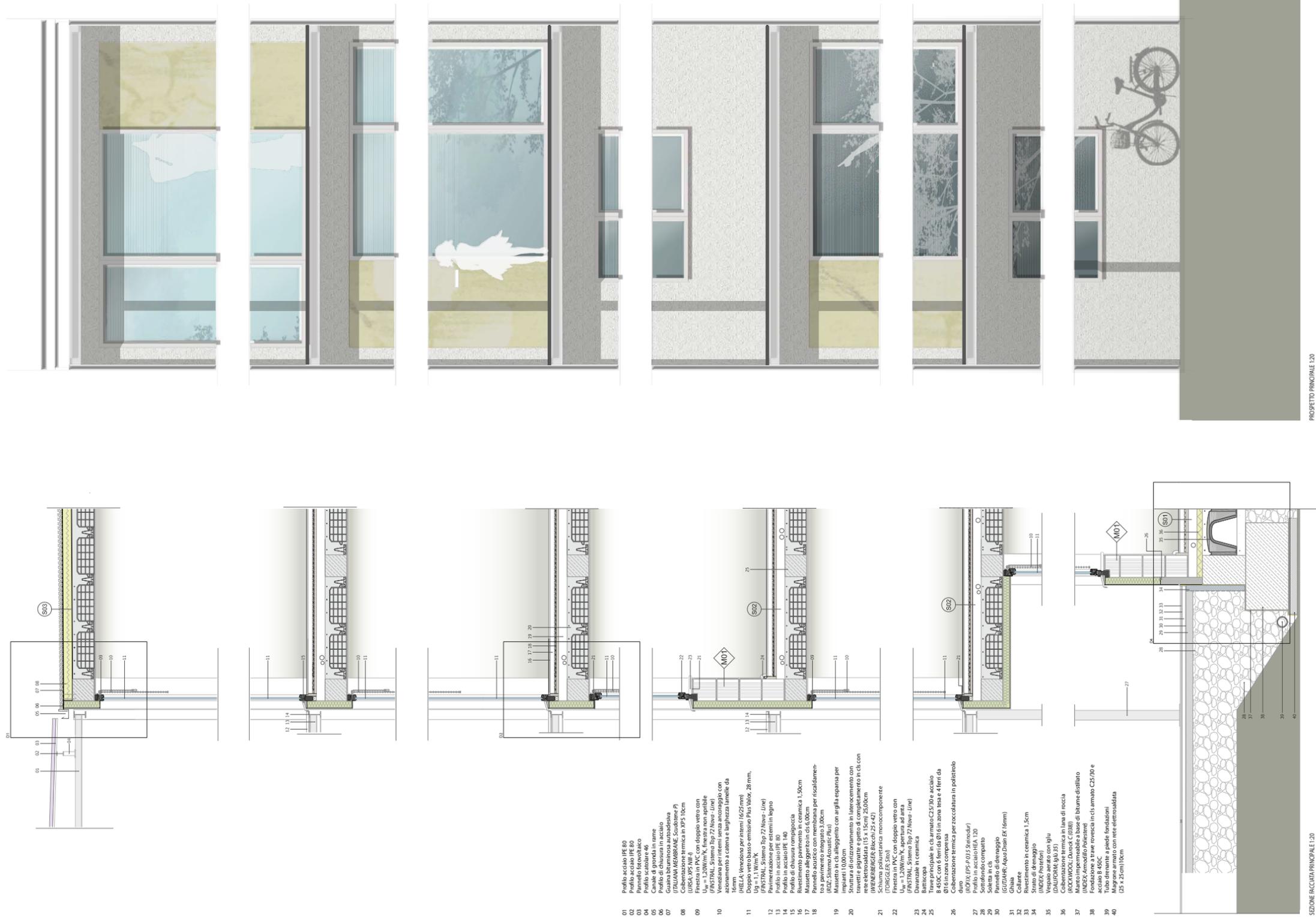
Studenti
Melanie Lanzinger 740310
Luca Leone 746092

PROGETTO INNOVATIVO
PROSPETTO PRINCIPALE
1:30

TAV 12
(H)R+E

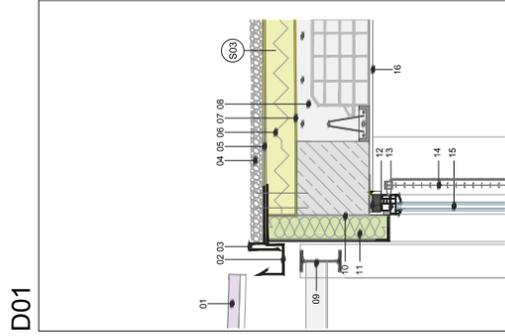


towards real ecology + economy

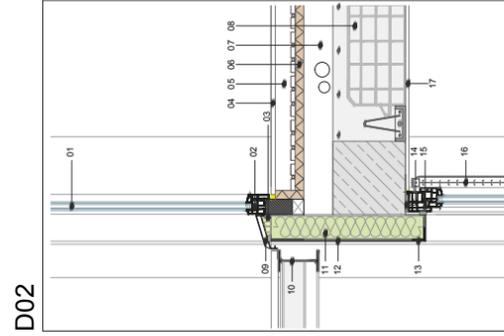




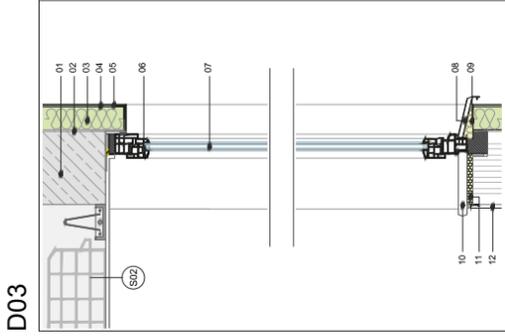
towards real ecology + economy



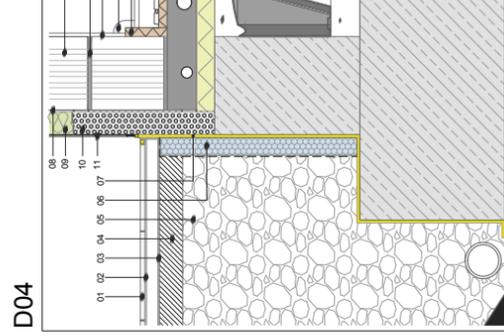
- DETTAGLIO 01 1:10**
- 01 Pannello fessato bianco
 - 02 Canale di gronda in rame
 - 03 Profilo di chiusura in acciaio
 - 04 Gomma di tenuta in PVC
 - 05 Gomma di tenuta in PVC
 - 06 Gomma di tenuta in PVC
 - 07 Barriera vapore
 - 08 Struttura di ancoramento in laterocemento con travetti e pignoni e getto di completamento in pendente
 - 09 Profilo acciaio IFE 80
 - 10 (ROFIX) Iniziat Light
 - 11 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 12 (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 13 Finestra in PVC con doppio vetro con (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 14 Vetrata per interni senza ancoraggio con ancoramento a (HECLA) Membranepan/interim (6/25mm)
 - 15 Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 28 mm.
 - 16 (FINSTRAL) Sistema Top 72 Nova - Line



- DETTAGLIO 02 1:10**
- 01 Doppio vetro basso-emissivo Plus Valor, 28 mm.
 - 02 (FINSTRAL) Sistema Top 72 Nova - Line
 - 03 Finestra in PVC con doppio vetro con (FINSTRAL) Sistema Top 72 Nova - Line
 - 04 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 05 (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 06 Massetto alleggerito in c.s. 6/00cm
 - 07 (ROFIX) Sistema Acoustic Panel
 - 08 Massetto in c.s. alleggerito con argilla espansa per (ROFIX) Iniziat Light
 - 09 Struttura di ancoramento in laterocemento con travetti e pignoni e getto di completamento in c.s.
 - 10 (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 11 Profilo di chiusura compagocchia
 - 12 (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 13 (ROFIX) Speed 040 (28)
 - 14 (ROFIX) Iniziat Light + Rivestimento S50
 - 15 (ROFIX) Iniziat Light + Rivestimento S50
 - 16 Vetrata per sistemi senza ancoraggio con ancoramento a (HECLA) Membranepan/interim (6/25mm)
 - 17 Finestra interna di minerale bianco a base di calcare 2mm e intonaco sottofondo a base di calcare-cemento 1,50cm

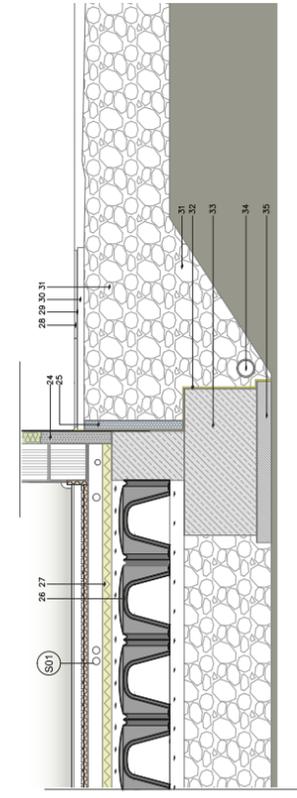


- DETTAGLIO 03 1:10**
- 01 Trave principale in c.s. armato C25/30 e acciaio B 400C con 6 ferri da Ø16 in zona testa e 4 ferri da Ø16 in zona compresa
 - 02 (ROFIX) Iniziat Light
 - 03 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 04 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 05 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 06 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 07 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 08 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 09 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 10 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 11 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)
 - 12 Colibazione termica in lana di roccia lamellare (MW)



- DETTAGLIO 04 1:10**
- 01 Rivestimento in ceramica 1,50cm
 - 02 Colibante
 - 03 Pannello di drenaggio
 - 04 Solaio in c.s.
 - 05 Solaio in c.s.
 - 06 Solaio in c.s.
 - 07 Solaio in c.s.
 - 08 Solaio in c.s.
 - 09 Solaio in c.s.
 - 10 Solaio in c.s.
 - 11 Solaio in c.s.
 - 12 Solaio in c.s.
 - 13 Solaio in c.s.
 - 14 Solaio in c.s.
 - 15 Solaio in c.s.
 - 16 Solaio in c.s.

- SEZIONE FACCIATA SECONDARIA 1:20**
- 01 Ghiaia
 - 02 Ghiaia
 - 03 Colibazione termica in XPS 10cm
 - 04 (URSA) XPS MIF-A
 - 05 (SUP)AST (Mondadori polystyrene ST7)
 - 06 (WENBERGER) Blocchi 23 x 47
 - 07 Elemento di chiusura in acciaio
 - 08 Elemento di chiusura in acciaio
 - 09 Elemento di chiusura in acciaio
 - 10 Elemento di chiusura in acciaio
 - 11 Elemento di chiusura in acciaio
 - 12 Elemento di chiusura in acciaio
 - 13 Elemento di chiusura in acciaio
 - 14 Elemento di chiusura in acciaio
 - 15 Elemento di chiusura in acciaio
 - 16 Elemento di chiusura in acciaio
 - 17 Elemento di chiusura in acciaio
 - 18 Elemento di chiusura in acciaio
 - 19 Elemento di chiusura in acciaio
 - 20 Elemento di chiusura in acciaio
 - 21 Elemento di chiusura in acciaio
 - 22 Elemento di chiusura in acciaio
 - 23 Elemento di chiusura in acciaio
 - 24 Elemento di chiusura in acciaio
 - 25 Elemento di chiusura in acciaio
 - 26 Elemento di chiusura in acciaio
 - 27 Elemento di chiusura in acciaio
 - 28 Elemento di chiusura in acciaio
 - 29 Elemento di chiusura in acciaio
 - 30 Elemento di chiusura in acciaio
 - 31 Elemento di chiusura in acciaio
 - 32 Elemento di chiusura in acciaio
 - 33 Elemento di chiusura in acciaio
 - 34 Elemento di chiusura in acciaio
 - 35 Elemento di chiusura in acciaio

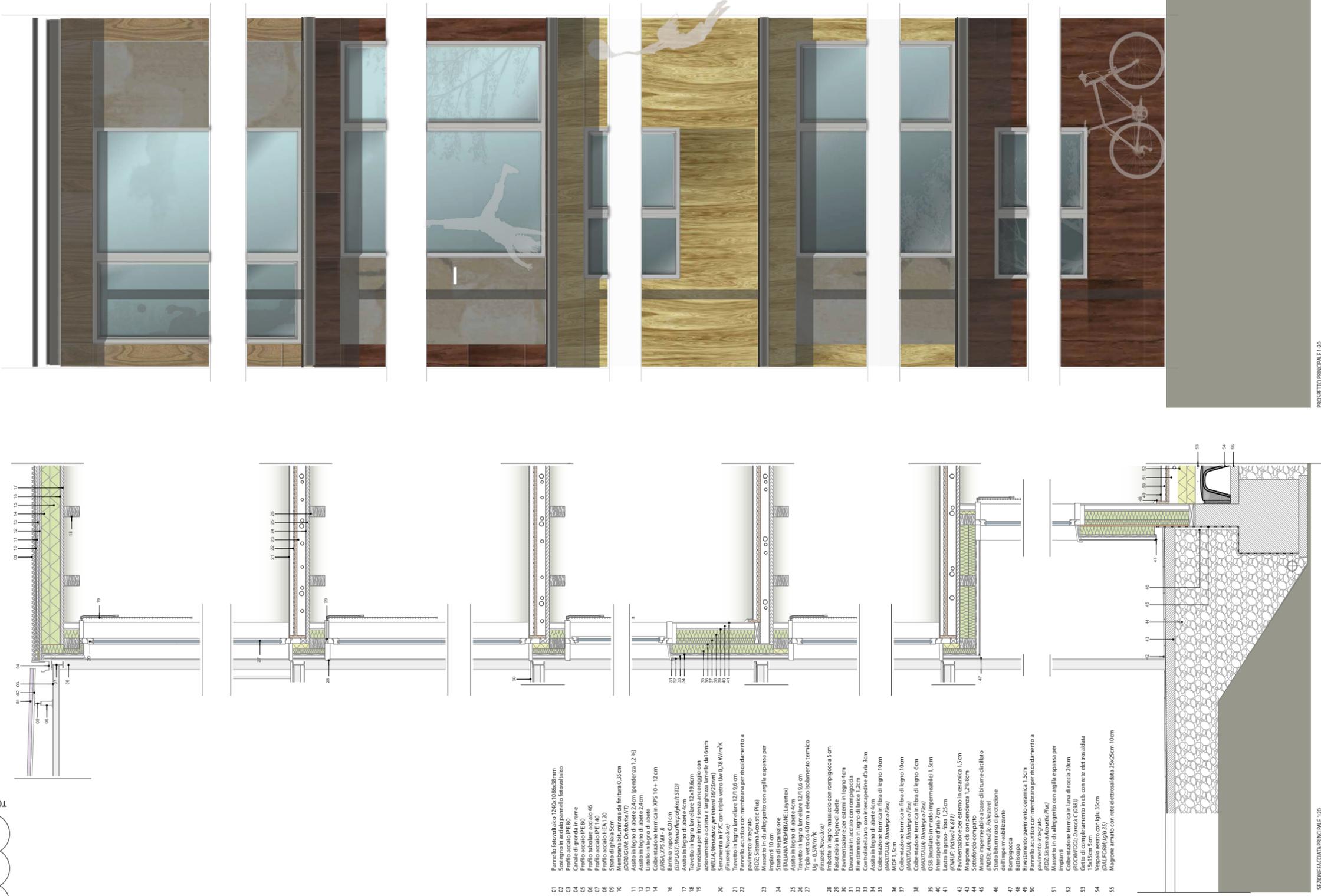


SEZIONE FACCIATA NORD 1:20

DETTAGLI 1:10



towards real ecology + economy

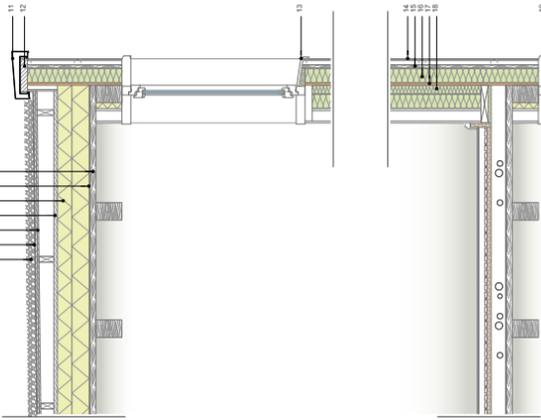


- 01 Pannello fotovoltaico 1240x1086x38mm
- 02 Sostegno in acciaio pannello fotovoltaico
- 03 Profilo acciaio IPE 80
- 04 Canale di gronda in rame
- 05 Luce
- 06 Profilo tubolare acciaio 46
- 07 Profilo acciaio IPE 140
- 08 Profilo acciaio HEA 120
- 09 Membrana bituminosa di finitura 0,35cm (DERBEGUM; Derbitrite NT)
- 10 Asfalto in legno di abete 24cm (pendenza 1,2 %)
- 11 Luce
- 12 Luce
- 13 Luce
- 14 Coibentazione termica in XPS 10 + 12 cm (URSA; XPS ME- F)
- 15 Barriera vapore 0,01 cm (Knauf; Knauf STB)
- 16 Asfalto in legno di abete 4cm
- 17 Travetto in legno lamellare 12x19,6cm
- 18 Venetiana per interni senza ancoraggio con (VELLA; Venetiana per interni 16/25mm)
- 19 Serramento in PVC con triplo vetro Uw 0,78W/m²K (Fristos; Novol Inve)
- 20 Pavimento in legno lamellare 127,96 cm (Fristos; Novol Inve)
- 21 Pavimento in legno lamellare per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)
- 22 Massetto in calce alleggerito con argilla espansa per (ITALIANA MEMBRANE; Layertec)
- 23 Asfalto in legno di abete 4cm
- 24 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 25 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 26 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 27 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 28 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 29 Trave in legno di abete 19,6 cm
- 30 Pavimentazione per esterni in legno 4cm
- 31 Davanale in acciaio con rompicoda
- 32 Rivestimento in legno di larice 1,2cm
- 33 Coibentazione termica in lana di roccia 10cm (MAXITALL; Filonigno Fik)
- 34 Asfalto in legno di abete 4cm
- 35 Coibentazione termica in fibra di legno 10cm (MAXITALL; Filonigno Fik)
- 36 Coibentazione termica in fibra di legno 10cm (MAXITALL; Filonigno Fik)
- 37 Coibentazione termica in fibra di legno 6cm (MAXITALL; Filonigno Fik)
- 38 Coibentazione termica in lana di roccia 20cm (ROCKWOOL; Durack C 038//)
- 39 Coibentazione termica in lana di roccia 1,5cm (ROCKWOOL; Durack C 038//)
- 40 Intercapedine di aria 7cm
- 41 Latta in gesso-fibra 1,25cm (DALFORS; Iglo 35)
- 42 Magrone in c/c con pendenza 1,2% 8cm
- 43 Sotofondo compatto
- 44 Manto impermeabile a base di bitume distillato
- 45 Sotofondo compatto
- 46 Strato bimodulo di protezione dell'impermeabilizzante
- 47 Rompicoda
- 48 Battente
- 49 Battente
- 50 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato (RDZ; Sistema Acoustic Plus)
- 51 In c/c alleggerito con argilla espansa per impianti
- 52 Coibentazione termica in lana di roccia 20cm (ROCKWOOL; Durack C 038//)
- 53 Sotofondo compatto
- 54 Vespajo arieto con Iglo 35cm (DALFORS; Iglo 35)
- 55 Magrone armato con rete elettrosaldata 25x25cm 10cm

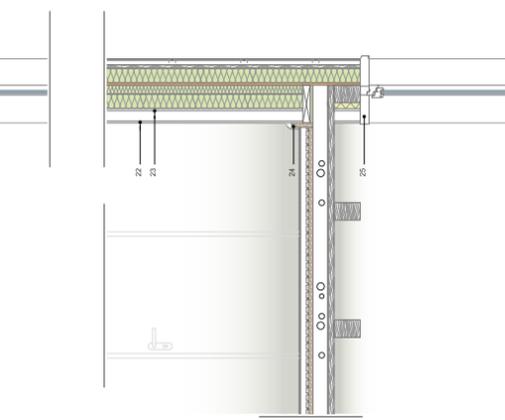
SEZIONE FACCIATA PRINCIPALE 1:20



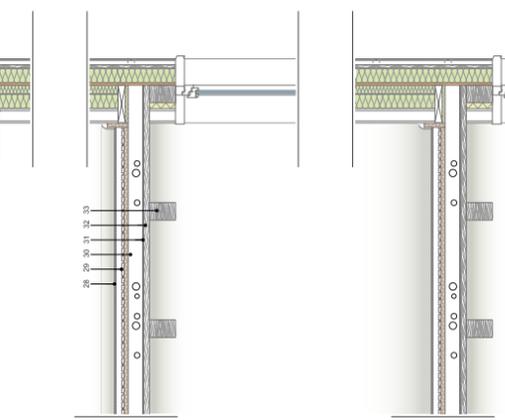
towards real ecology + economy



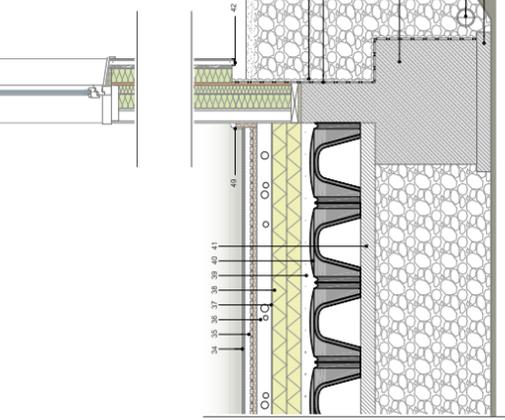
- DETTAGLIO 01 1:10**
- 01 Pannello fotovoltaico 1240x1086x8mm
 - 02 Profilo acciaio PE 80
 - 03 Sottilegno in acciaio pannello fotovoltaico
 - 04 Membrana impermeabile in PVC
 - 05 Profilo in acciaio di sostegno per pannello fotovoltaico
 - 06 Membrana impermeabile in PVC
 - 07 Impermeabilizzazione in bitume
 - 08 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 09 Asfalto in legno 2,4cm
 - 10 Colazione termica in XPS 10 + 12cm
 - 11 Barriera vapore 0,01cm
 - 12 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 13 Asfalto in legno 2,4cm
 - 14 Canale di gronda in rame
 - 15 Colazione termica in fibra di legno 10cm
 - 16 Profilo acciaio PE 140
 - 17 Asfalto in legno 2,4cm
 - 18 Barriera vapore 0,01cm
 - 19 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 20 Asfalto in legno 2,4cm
 - 21 Rompiacqua
 - 22 Triplo vetro da 40 mm a elevato isolamento termico Ug = 0,78W/m²K
 - 23 Latra in gesso-fibra 1,25cm
 - 24 KNAUF: Velvetik 8111
 - 25 Colazione termica in fibra di legno 10cm
 - 26 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 27 Vetrata per interni senza ancoraggio con azionamento a catena e larghezza lamelle 6x16mm
 - 28 HELIA: Vetroson per interni 1925mm



- DETTAGLIO 02 1:10**
- 01 Rivestimento in legno di larice 1,20cm
 - 02 Asfalto in legno 2,4cm
 - 03 Colazione termica in fibra di legno 6cm
 - 04 Travetto in legno lamellare 12/19,6cm
 - 05 Imbottito in legno massiccio con omopiegocca
 - 06 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 07 Telaio mobile in PVC con triplo vetro Uw = 0,78W/m²K
 - 08 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 09 Latra in gesso-fibra 1,25cm
 - 10 KNAUF: Velvetik 8111
 - 11 Colazione termica in fibra di legno 10cm
 - 12 MDF 1,5cm
 - 13 Vetrata per interni senza ancoraggio con azionamento a catena e larghezza lamelle 6x16mm
 - 14 Davanzale in acciaio con omopiegocca
 - 15 Colazione termica in fibra di legno
 - 16 Rivestimento in legno di larice 1,20cm
 - 17 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 18 Colazione termica in fibra di legno 10cm
 - 19 Davanzale interno in legno massiccio
 - 20 KNAUF: Velvetik 8111
 - 21 Latra in gesso-fibra 1,25cm
 - 22 KNAUF: Velvetik 8111
 - 23 MATTALIA: Rivestigio Flex



- DETTAGLIO 03 1:10**
- 01 Pavimentazione per esterni in legno 4cm
 - 02 Profilo in acciaio PE 140
 - 03 Profilo in acciaio PE 140
 - 04 Davanzale con omopiegocca
 - 05 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 06 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 07 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 08 Rivestimento pavimento ceramica 1,5cm
 - 09 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato
 - 10 RIZZ: Sistema Acoustic Plus
 - 11 RIZZ: Sistema Acoustic Plus
 - 12 Asfalto in legno 2,4cm
 - 13 Colazione termica in fibra di legno 6cm
 - 14 Travetto in legno lamellare 12/19,6cm
 - 15 Rompiacqua
 - 16 Falcotelaio in legno di abete
 - 17 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 18 Rivestimento in legno di larice 1,20cm
 - 19 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 20 Colazione termica in fibra di legno 10/4cm
 - 21 Asfalto in legno 2,4cm
 - 22 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 23 Massetto in c.s. alleggerito con argilla espansa per impianti



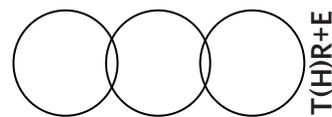
- DETTAGLIO 04 1:10**
- 1 Rivestimento in legno di larice 1,20cm
 - 2 Asfalto in legno 2,4cm
 - 3 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 4 MDF 1,5cm
 - 5 Colazione termica in fibra di legno 10/4cm
 - 6 Rompiacqua
 - 7 Manto impermeabile a base di bitume distillato
 - 8 Latra in gesso-fibra 1,25cm
 - 9 KNAUF: Velvetik 8111
 - 10 Rivestimento pavimento ceramica 1,5cm
 - 11 Massetto in c.s. alleggerito 6,8cm
 - 12 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato
 - 13 RIZZ: Sistema Acoustic Plus
 - 14 Massetto in c.s. alleggerito con argilla espansa per impianti
 - 15 Colazione termica in lana di roccia 20cm
 - 16 Vespatoio aereo con igli 35cm
 - 17 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 18 Manto impermeabile a base di bitume distillato
 - 19 Strato di separazione in legno di abete
 - 20 Pannello impermeabilizzante
 - 21 Pianto di fondazione in c.s. armato

- SEZIONE FACCIATA SECONDARIA 1:20**
- 01 Ghiaia 5cm
 - 02 Membrana bituminosa da finitura 0,35cm
 - 03 Asfalto in legno 2,4cm (pendenza 1,2%)
 - 04 Membrana impermeabile in PVC
 - 05 Colazione termica in XPS 10 + 12cm
 - 06 Barriera vapore 0,01cm
 - 07 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 08 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 09 Copertura in lamiera di alluminio ancorata con tiranti in acciaio VZA
 - 10 Latra in legno di abete
 - 11 Rivestimento in legno di larice 1,20cm
 - 12 Asfalto in legno 2,4cm
 - 13 Colazione termica in fibra di legno 10cm
 - 14 MDF 1,5cm
 - 15 Colazione termica in fibra di legno 10/4cm
 - 16 MATTALIA: Rivestigio Flex
 - 17 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 18 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 19 Manto impermeabile a base di bitume distillato
 - 20 Strato di separazione in legno di abete
 - 21 Triplo vetro da 40mm a elevato isolamento termico Ug = 0,78W/m²K
 - 22 Latra in gesso-fibra 1,25cm
 - 23 KNAUF: Velvetik 8111
 - 24 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 25 Falcotelaio in legno di abete
 - 26 Falcotelaio in legno di abete
 - 27 CESPAST: Monoverrific polykraft STD
 - 28 Rivestimento pavimento ceramica 1,5cm
 - 29 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato 3cm
 - 30 RIZZ: Sistema Acoustic Plus
 - 31 Massetto in c.s. alleggerito con argilla espansa per impianti
 - 32 Strato di separazione 0,3cm
 - 33 Asfalto in legno 2,4cm
 - 34 MANTALIA: Rivestigio Flex
 - 35 Pannello impermeabile a base di bitume distillato
 - 36 Pannello acustico con membrana per riscaldamento a pavimento integrato 3cm
 - 37 RIZZ: Sistema Acoustic Plus
 - 38 Massetto in c.s. alleggerito con argilla espansa per impianti
 - 39 Strato di separazione 0,3cm
 - 40 (ITALIANA MEMBRANE: Granoflex)
 - 41 (ROCKWOOL: Durock C 0388)
 - 42 Getto di completamento in c.s. con rete elettrosaldata (15x15cm) 5cm
 - 43 (ITALIANA MEMBRANE: Granoflex)
 - 44 (ITALIANA MEMBRANE: Granoflex)
 - 45 Magrone armato con rete elettrosaldata (25x25cm) 10cm
 - 46 Rompiacqua
 - 47 Strato bituminoso di protezione dell'impermeabilizzante
 - 48 (KDEX: Armadillo Plus ete)
 - 49 (KDEX: Armadillo Plus ete)
 - 50 Pianto di fondazione in c.s. armato
 - 51 Tubo drenante a piede fondazioni
 - 52 Manto impermeabile a base di bitume distillato con rete elettrosaldata (25 x 25cm) 10cm

SEZIONE FACCIATA NORD 1:20

2011

ARCHITETTURA E SOCIETÀ
LAUREA MAGISTRALE IN PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



PARTE TERZA

VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E ECONOMICA

01

Life cycle assessment: valutare l'impatto ambientale

La *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), durante il congresso di Vermont in Canada del 1993 ha così definito la Life Cycle Assessment: *è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.*

Per la valutazione del metodo LCA, sono molti gli indicatori che si dovrebbero considerare (per esempio l'eutrofizzazione, l'acidificazione, la tossicità per l'uomo ecc.) ma i costi e i vincoli di tempo associati agli studi LCA completi, ha fatto sì che venissero sviluppate una serie

di metodologie di LCA semplificate. Infatti, il nostro studio si sofferma su due indicatori, l'energia incorporata (energia utilizzata nel ciclo di produzione dei materiali per trasformare le materie prime in prodotti per l'edilizia) e la CO₂ inglobata (tutte le emissioni di anidride carbonica prodotte durante tutto il ciclo di vita dei materiali), che costituiscono a nostro avviso quelli più significativi per una valutazione LCA semplificata.

Il metodo LCA è molto oneroso, infatti è ancora poco diffuso, anche se è considerato il sistema migliore per la valutazione della qualità ambientale di un edificio dato che viene preso in considerazione l'intero ciclo di vita del processo progettuale, senza tralasciare nessuna fase. Per ciclo di vita si intendono gli stadi consecutivi e collegati del sistema produttivo, dall'acquisizione della materia prima, al ciclo produttivo, all'uso e allo smaltimento finale.

1.1 IL METODO LCA IN EDILIZIA

Il metodo *Life Cycle Assessment* (Valutazione del Ciclo di Vita) rappresenta uno degli strumenti fondamentali per l'attuazione di una Politica Integrata dei Prodotti, nonché il principale strumento operativo del '*Life Cycle Thinking*': si tratta di un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita. La rilevanza di tale tecnica risiede principalmente nel suo approccio innovativo che consiste nel valutare tutte le fasi di un processo produttivo come correlate e dipendenti.

Tra gli strumenti nati per l'analisi di sistemi industriali l'LCA ha assunto un ruolo preminente



1.01

ed è in forte espansione a livello nazionale ed internazionale. A livello internazionale la metodologia LCA è regolamentata dalle norme ISO della serie 14040 in base alle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita prevede: la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi (ISO 14041), la compilazione di un inventario degli input e degli output di un determinato sistema (ISO 14041), la valutazione del potenziale impatto ambientale correlato a tali input ed output (ISO 14042) e infine l'interpretazione dei risultati (ISO 14043). A livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA come strumento di base e scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi è espressa chiaramente all'interno del Libro Verde COM 2001/68/CE e della COM 2003/302/CE sulla Politica Integrata dei Prodotti, ed è suggerita, almeno in maniera indiretta, anche all'interno dei Regolamenti Europei: EMAS (761/2001/CE) ed Ecolabel 1980/2000/CE (RUGGERI & ROBASTO, 2002).

L'LCA del resto rappresenta un supporto fondamentale allo sviluppo di schemi di *Etichettatura Ambientale*: nella definizione dei criteri ambientali di riferimento per un dato gruppo di prodotti (etichette ecologiche di tipo I: *Ecolabel*), o come principale strumento atto ad ottenere una *Dichiarazione Ambientale di Prodotto*: DAP (etichetta ecologica di tipo III).

Potenzialmente quindi le sue applicazioni sono innumerevoli:

- Sviluppo e Miglioramento di prodotti/processi
- Marketing Ambientale

1.01
Ciclo di vita del materiale:
Disegno di Leberecht
Migge

- Pianificazione strategica
- Attuazione di una Politica Pubblica

Tuttavia, poiché uno studio dettagliato di LCA può risultare a volte costoso (in termini economici e di tempo) e complesso da eseguirsi (si deve acquisire una notevole quantità di dati ambientali durante ogni fase del ciclo di vita, e si devono conoscere in modo approfondito sia gli aspetti metodologici standardizzati della metodologia che gli strumenti di supporto quali software e banche dati), si stanno sempre più sviluppando strumenti di LCA semplificata che consentano una verifica immediata del ciclo di vita dei prodotti anche a coloro che non possiedono tutte le competenze e le risorse necessarie per realizzare uno studio dettagliato.

Per prima cosa, è necessario definire l'obiettivo e l'ambito dell'indagine; successivamente, bisogna costruire la cosiddetta 'analisi dell'inventario': in questa fase vengono annotati (secondo regole ben precise) i flussi di materiale ed energia dei diversi passaggi del procedimento in esame, in relazione ad una grandezza che tiene conto dei benefici (unità di beneficio). In un terzo passaggio, dopo aver completato tutti i bilanci, è possibile iniziare la valutazione dell'impatto ambientale: tale stima serve per identificare e quantificare i potenziali effetti ambientali dei sistemi analizzati e fornisce informazioni essenziali per le interpretazioni successive, che vengono realizzate nel quarto passaggio. A questo punto, i risultati dei bilanci di massa ed energia e la valutazione del rischio vengono riassunti, discussi e valutati in relazione all'obiettivo precedentemente fissato. Per ottenere delle risposte alla domanda posta inizialmente, possono comunque essere presi in considerazione altri contributi (raccomandazio-

ni circa il modo di procedere o altre decisioni), che vanno oltre il puro risultato ottenuto. Lo stesso vale per elementi soggettivi come i principi morali, la realizzabilità tecnica, nonché gli aspetti socio-politici ed economici.

Il metodo scientifico dell'analisi dell'LCA consente di quantificare i danni ambientali causati da prodotti, procedure o servizi. *'Tale procedura serve per la comparazione degli effetti ambientali di due o più prodotti diversi, di gruppi di prodotti, di sistemi, di procedure o di comportamenti, aiuta nell'individuazione dei punti deboli e nel miglioramento delle proprietà ambientali dei prodotti, nel confronto tra diverse modalità di comportamento, nonché fornisce le motivazioni alla base di svariate raccomandazioni che vengono normalmente fatte'* (Agenzia Ambientale Tedesca - German Federal Environment Agency, 1992). In origine, lo strumento LCA è stato sviluppato con lo scopo di determinare la durata massima della vita di un prodotto. I primi sistemi di analisi comparativa di prodotti, soprattutto dei contenitori per le bevande, hanno fatto il loro debutto attorno agli anni '70 negli Stati Uniti e in Germania; tematiche come le materie prime, la richiesta di energia, il problema delle emissioni e lo smaltimento dei rifiuti erano già allora molto importanti e sono state quindi introdotte all'interno del bilancio complessivo. A quel tempo, erano già stati intrapresi i primi passi per valutare determinati flussi di materiale con un occhio di riguardo ai loro effetti ambientali: il profondo significato di queste procedure, tuttavia, non è stato subito colto e non c'è stato alcuno sviluppo in questo senso prima degli anni '80 (German Federal Environment Agency, 1996). Dopo anni di progressi, dal 1997 è disponibile un protocollo molto dettagliato e largamente riconosciuto per il LCA (ISO/EN/DIN 14040, 1997); allo stesso tempo, è stato raggiunto un ampio consenso circa la definizione precisa delle parti individuali del me-



1.02

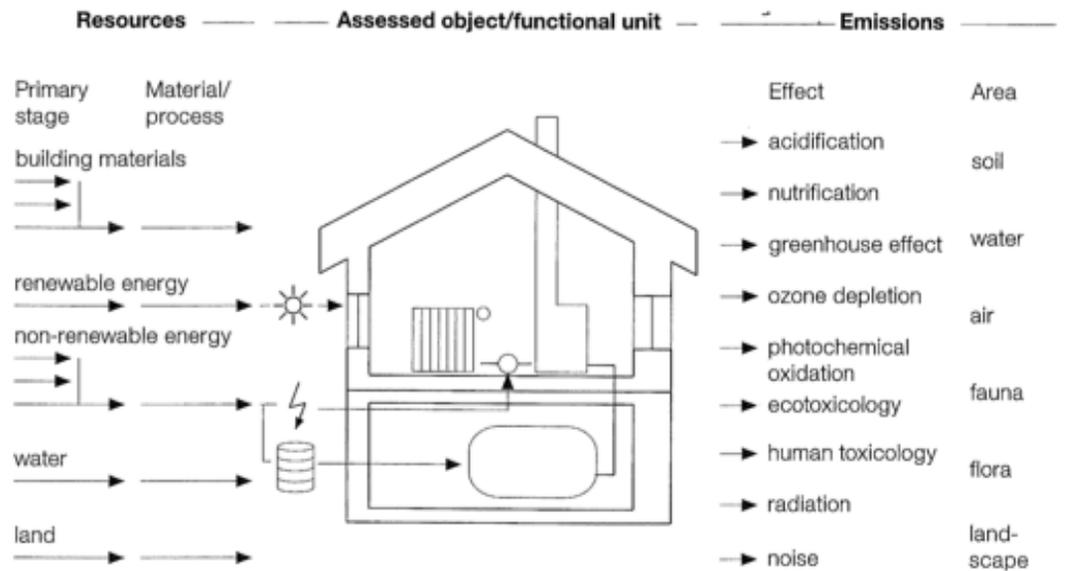
todo (ad esempio: la definizione dell'obiettivo e dell'estensione del bilancio, così come l'analisi dell'inventario) grazie a notevoli sforzi volti alla standardizzazione a livello internazionale (ISO/EN/DIN 14041, 1998). Altre parti, come la stima dell'impatto (ISO/EN/DIN 14042, 2000) o la valutazione (ISO/EN/DIS 14043, 2000), invece, sono tuttora al centro di numerose discussioni. Il metodo LCA può essere usato, almeno in linea di principio, per svariati processi e non solo per i prodotti di una certa reazione (BURGESS & BRENNAN, 2001, CURRAN, 2000), anche se in questo settore non c'è alcuna linea-guida standardizzata.

L'idea di base del metodo LCA è la registrazione di tutti i flussi di materiale ed energia connessi con un prodotto, un processo o un servizio. L'intera vita di un composto o di un sistema viene considerata *dalla culla fino alla tomba*. Questo significa che non vengono presi in considerazione solo gli effetti ambientali a livello dell'impianto di produzione, bensì l'intero processo che porta ad un prodotto, a partire dall'approvvigionamento delle materie prime, fino allo smaltimento, passando attraverso l'utilizzo e il consumo. Questo approccio di tipo estensivo è molto importante in quanto, se si considerasse un panorama troppo ristretto, si potrebbe arrivare a delle conclusioni distorte a proposito di vantaggi o svantaggi; in questo modo, invece, è possibile spingere l'ottimizzazione fino a raggiungere il reale minimo scientifico del soggetto dell'indagine. Questa riflessione viene illustrata (nell'ambito delle reazioni chimiche) dal grafico a pagina seguente e dalla relativa spiegazione (FIG. 1.03)

Come già sottolineato, la struttura e le richieste di LCA sono fissate nelle normative DIN/ISO 14040 -14043. In accordo con queste regolamentazioni, il metodo si divide in 4 parti:

1.02

Risolvere il problema, non spostarli: Il concetto di *life cycle assessment*



1.03

- Definizione di ambito ed obiettivo
- Analisi dell'inventario
- Stima dell'impatto
- Interpretazione

La definizione di ambito ed obiettivo di uno studio LCA è un passaggio cruciale, in quanto è la fase in cui vengono prese le decisioni più importanti. In accordo con le intenzioni e gli interessi specifici, viene definito il contesto dell'indagine e vengono fissate le richieste per le fasi successive. Questo aspetto potrebbe riguardare il livello di approfondimento dello studio, la qualità dei dati richiesta, la selezione dei parametri per la realizzazione della stima dell'impatto ambientale e le possibili interpretazioni all'interno del contesto della valutazione; il risultato nasce dai processi che compongono l'LCA.

I fini concreti e gli interessi specifici di uno studio LCA devono essere fissati durante la fase di definizione dell'obiettivo; allo stesso modo, anche i gruppi a cui è indirizzata l'indagine devono essere indicati chiaramente. Se necessario, bisognerebbe sottolineare quale sia il ruolo di LCA all'atto di prendere una decisione e, eventualmente, se questa indagine sia collegata o meno ad altre (ad esempio: di taglio economico, tecnologico o sociale). All'atto di rendere noti i risultati, inoltre, è molto importante sottolineare quali siano le domande per le quali LCA è adatto e quali non lo siano.

Per quanto riguarda i confini del sistema, essi devono essere definiti in accordo con quelli che sono gli obiettivi di LCA. Innanzitutto, è necessario vagliare attentamente i mezzi utilizzabili, il contesto temporale e la disponibilità (o meno) di tutti i dati necessari; entrando più nel dettaglio, bisogna determinare tutti gli aspetti temporali, spaziali, pratici e tecnici (cioè la scala del bilan-

1.03

Flussi di energia e materiale: Flussi durante il ciclo di vita di un edificio

cio) relativi allo studio. I confini del sistema costituiscono l'interfaccia con l'ambiente e con gli altri sistemi di prodotti; essi definiscono anche quali procedure vadano incluse e quali escluse dall'indagine. Per quanto riguarda l'acquisizione dei dati, è necessario determinarne la scala, il tipo (specifico, medio) e la qualità.

Emergono due problemi quando si stabilisce l'estensione del bilancio; per prima cosa, è necessario definire i criteri limite e le procedure di allocazione dei prodotti accoppiati (cioè coinvolti in più fasi dell'analisi) per ciascuno dei singoli processi considerati nel bilancio.

Altro aspetto fondamentale da considerare sono i benefici e le unità funzionali: i benefici (o le funzioni) dei sistemi di prodotti analizzati devono essere determinati chiaramente. Per quantificare un certo beneficio, è necessario definire un'unità funzionale (ad esempio: una tonnellata di prodotto), che serva da riferimento per tutti i flussi in entrata e in uscita rispetto al sistema e per i potenziali effetti ambientali. Comparando tra loro differenti prodotti o procedure, risulta di particolare importanza che il criterio dell'equivalenza funzionale (le proprietà e le funzioni dei prodotti devono essere simili; ad esempio: contenitori di bevande da 1l) sia valido per i sistemi analizzati: solo in queste condizioni, infatti, è possibile tracciare un paragone! Le differenze negli effetti ambientali riscontrabili a livello di sistemi alternativi possono essere attribuite ai prodotti o alle procedure in esame, solo qualora le funzioni dei sistemi analizzati siano equivalenti.

Per l'analisi dell'inventario, i flussi di materiale ed energia vengono annotati minuziosamente, prendendo in considerazione l'intera vita del prodotto in esame. In un primo momento, vengono modellate le strutture del processo complessivo,

così da avere un supporto per assemblare tutti i dati. I flussi di materiale ed energia vengono quindi determinati sulla base delle entrate e delle uscite di ciascun processo parziale, in relazione ai confini del sistema. Successivamente, connettendo tra loro i vari passaggi analizzati, si riesce a simulare la rete di connessioni che intercorrono tra i moduli e l'ambiente: in questo modo si possono tracciare i bilanci di massa e di energia, che diventano l'inventario vero e proprio del sistema complessivo. Per finire, tutti i flussi di materiale ed energia che passano i confini precedentemente fissati vengono annotati quantitativamente (come unità di misura si usano quelle normalmente impiegate in fisica), facendo sempre riferimento all'unità funzionale.

Viene così stimato l'impatto ambientale, il cui obiettivo è la valutazione (secondo precisi parametri ambientali) dei flussi di materiale e di energia calcolati durante l'analisi dell'inventario: tale stima, quindi, serve per riconoscere, riassumere e quantificare i possibili effetti ambientali dei sistemi esaminati, nonché per fornire informazioni essenziali intese alla loro valutazione. Diverse commissioni lavorano ancora oggi sullo sviluppo di questo metodo; un primo riconoscimento internazionale può essere trovato nella normativa ISO DIN 14042, in accoglimento delle raccomandazioni SETAC (1993). I singoli passaggi della valutazione dell'impatto (ad esempio: la definizione delle categorie di impatto, la classificazione e la caratterizzazione) sono riportati di seguito.

Nel contesto della 'Classificazione', i flussi di materiale ed energia, esaminati nell'analisi dell'inventario, vengono assegnati alle categorie ambientali (assimilabili a veri e propri effetti ambientali), che sono state fissate in precedenza. In LCA vengono normalmente impiegate le se-

guenti categorie di impatto:

- Riscaldamento globale (GWP)
- Riduzione dell'ozono presente nella stratosfera (ODP)
- Formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera (POCP)
- Eutrofizzazione (NP)
- Acidificazione (AP)
- Tossicità per l'uomo (HTP)
- Eco-tossicità (ETP)
- Utilizzo del territorio

Le categorie di impatto descrivono i potenziali effetti sull'uomo e sull'ambiente; tra le altre cose, esse differiscono in relazione alla loro collocazione spaziale (effetti globali, regionali e locali). In linea di principio, ciascun effetto ambientale potrebbe essere incluso all'interno di un'indagine, a patto che i dati necessari all'analisi e un modello adatto per la descrizione e parametrizzazione dell'effetto stesso siano disponibili. Per finire, occorre ricordare che un flusso di materiale può essere assegnato a diversi effetti ambientali. Nella fase di 'Caratterizzazione', vengono quantificate le porzioni precedentemente assegnate: con l'aiuto dei fattori di equivalenza, infatti, i differenti contributi dei materiali vengono aggregati in un determinato effetto ambientale e rapportati ad una sostanza (presa come riferimento). I flussi registrati nell'analisi dell'inventario vengono moltiplicati per i rispettivi fattori di equivalenza e sommati tra loro: il potenziale d'impatto così determinato rappresenta la misura di un possibile danno ambientale.

1.04

Emergenza ambientale:
 a) causa principale della moria delle foreste è l'acidificazione del suolo e la pioggia acida; b) fenomeno dell'eutrofizzazione, cioè la proliferazione di alghe; c) smog estivo per la creazione di ozono



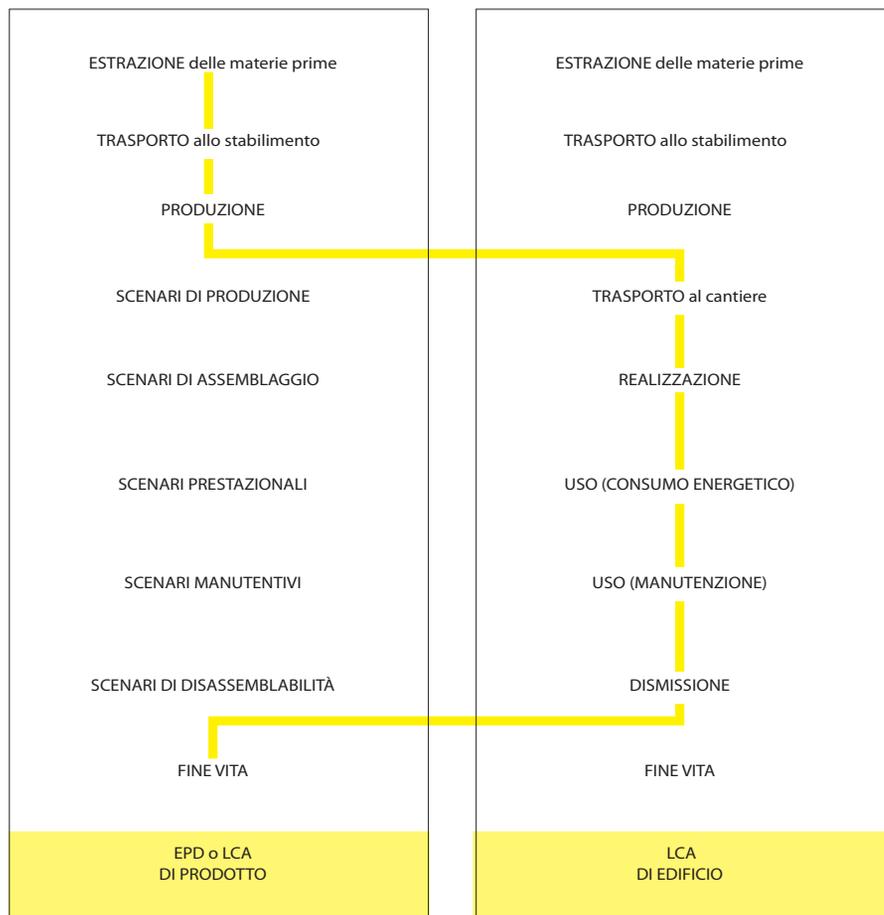
a



b



c



1.05

Durante la ‘Standardizzazione’, il potenziale d’impatto determinato viene messo in relazione con un valore di riferimento all’interno della stessa area. Non viene condotta alcuna aggregazione delle categorie d’impatto in uno (o più) indici riassuntivi; la valutazione dei singoli criteri può quindi essere condotta esclusivamente sulla base di parametri individuali (marginali), che spesso non possono essere tradotti in un linguaggio scientifico.

L’obiettivo della fase di interpretazione è l’analisi dei risultati ottenuti, nonché la spiegazione del significato che essi assumono e delle restrizioni che pongono. I fatti essenziali, basati sui risultati dell’analisi dell’inventario e sulla stima dell’impatto ambientale, devono essere determinati e verificati in merito alla loro completezza, sensibilità e consistenza. Le assunzioni fatte nella fase di definizione dell’obiettivo e dell’ambito dell’a-

nalisi devono essere richiamate in questo passaggio: solo sulla base di questi presupposti, infatti, è possibile trarre delle conclusioni e fornire delle raccomandazioni.

1.2 LCA SEMPLIFICATA: ENERGIA INCORPORATA E CO2 INGLOBATA

Per la valutazione del metodo LCA, sono molti gli indicatori che si dovrebbero considerare, ma i costi e i vincoli di tempo associati agli studi LCA completi, ha fatto sì che venissero sviluppate una serie di metodologie di LCA semplificate.

1.05

LCA di un edificio o prodotto: Fasi caratterizzanti la scala del prodotto edilizio e la scala dell’edificio. Solo l’integrazione delle informazioni permette di valutare l’intero ciclo di vita di un edificio

Sono numerosi gli approcci che si possono adottare per un'analisi del ciclo di vita semplificata: lo studio si è soffermato su due indicatori, l'energia incorporata e la CO₂ inglobata, che costituiscono quelli più significativi per una valutazione LCA semplificata.

L'*energia incorporata* è una misura dell'energia utilizzata nel ciclo di produzione dei materiali, per trasformare le materie prime in prodotti per l'edilizia, fino al loro utilizzo finale. I prodotti con una elevata energia incorporata di solito sono caratterizzati anche da elevati impatti ambientali legati alle emissioni associate al consumo di energia, in particolare l'effetto serra.

Si parla di energia incorporata perché il prodotto non è più costituito da materia prima, ma da materia trasformata e lavorata. È importante sapere che per il calcolo dell'energia incorporata si include anche il *feedstock*, ovvero la quantità di energia che alla fine del ciclo di vita può essere recuperata dalle materie prime combustibili.

Per ultimo, l'energia incorporata può essere recuperata a fine vita dell'edificio, qualora i componenti venissero riutilizzati o riciclati. Questo costituisce una notevole riduzione di energia incorporata per i materiali. I dati relativi all'energia incorporata vengono elaborati utilizzando analisi input-output basate su dati economici nazionali.

Negli edifici possiamo distinguere due forme di energia incorporata:

- energia incorporata iniziale
- energia incorporata per manutenzione e ricambio dei materiali nel ciclo di vita dell'edificio

L'*energia incorporata iniziale* rappresenta l'energia non rinnovabile consumata dall'estrazione di materie prime, nella successiva elaborazione, nella manifatturazione, nel trasporto e nella fase di costruzione.

L'*energia incorporata per manutenzione*, invece, rappresenta l'energia non rinnovabile consumata per manutenzione, ripristino, restauro e rimpiazzo dei materiali, componenti e sistemi durante tutto il ciclo di vita dell'edificio. L'energia incorporata è misurata come la quantità di energia non rinnovabile per unità di materiale edile, componente o sistema, essa può essere espressa in MJ.

Con l'analisi della *CO₂ inglobata*, come dice la parola stessa, si andranno a considerare tutte le emissioni di anidride carbonica prodotte durante tutto il ciclo di vita dei materiali, dall'estrazione delle materie prime fino al riciclo o dismissione.

1.3 DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA INCORPORATA E CO₂ INGLOBATA

Il database di riferimento per la determinazione dell'energia incorporata e della CO₂ inglobata è la *Inventory of Carbon & Energy ICE*, sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Bath (HAMMOND & JONES, 2008), Inghilterra. Contiene solo i valori per i suddetti indicatori.

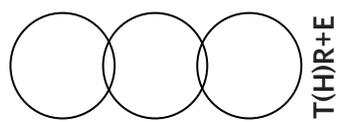
La banca dati, inoltre, ha molte informazioni, tra cui:

- Oltre 400 valori di energia grigia ed emissioni di CO₂ incorporata suddivisi in circa

170 differenti materiali, la maggior parte dei quali applicabili anche al di fuori del settore delle costruzioni con sufficiente accuratezza

- *Embodied energy* di materiali primari e secondari
- Un profilo dettagliato dei materiali per più di 30 classificazioni principali, aggregati, alluminio, cemento, acciaio, ecc...
- Le proprietà dei materiali quali densità, calore specifico e conducibilità termica

Per quanto riguarda il calcolo del LCA semplificata si vuole sottolineare che qualora fossero stati utilizzati i valori EPD (Environmental Product Declarations), il risultato finale dell'analisi sarebbe stato maggiore, in quanto lo studio EPD considera alcuni fattori non contenuti nello studio ICE.



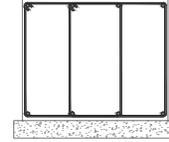
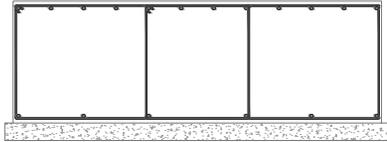
01. ELEMENTI STRUTTURALI

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TRAVI DI FONDAZIONE 900cm x 150cm x 70cm

TRAVI DI FONDAZIONE 900cm x 85cm x 70cm



Numero travi 12,00

Numero travi 12,00

01 - Calcestruzzo strutturale

Volume [m³] 1,50mx0,70mx9,00m = 9,45
 Densità [kg/m³] 2.500,00
 Unità funzionale [kg] 9,45x 2.500 = 23.625,00
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 1,110
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	26.223,75
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	3.756,38

02 - Armatura

Volume [m³] 18 ∅18 + 25 ∅8 = 0,050
 Densità [kg/m³] 7.860,00
 Unità funzionale [kg] 0,005x7.860 = 393,00
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 8,80
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,42

Energia inglobata manufatto	[MJ]	3.458,40
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	165,06

03 - Magrone

Volume [m³] 0,1mx1,60mx9,00m = 1,44
 Densità [kg/m³] 1.000,00
 Unità funzionale [kg] 1,44x1.000 = 2.390
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 0,77
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,096

Energia inglobata manufatto	[MJ]	1.840,30
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	229,44

01 - Calcestruzzo strutturale

Volume [m³] 0,85mx0,70mx9,00m = 5,355
 Densità [kg/m³] 2.500,00
 Unità funzionale [kg] 4,081x 2.500 = 13.387,50
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 1,110
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	14.860,13
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	2.128,61

02 - Armatura

Volume [m³] 0,03
 Densità [kg/m³] 7.860,00
 Unità funzionale [kg] 0,0342x7.860 = 268,461
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 8,80
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,42

Energia inglobata manufatto	[MJ]	2.362,46
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	112,75

03 - Magrone

Volume [m³] 0,1mx0,95mx9,00m = 0,855
 Densità [kg/m³] 1.000,00
 Unità funzionale [kg] 0,855x1.000 = 855
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 0,77
 CO₂ incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,096

Energia inglobata manufatto	[MJ]	658,35
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	82,08

TOT Energia inglobata fondazioni	[MJ]	378.269,40
TOT CO ₂ incorporata fondazioni	[kgCO ₂]	49.810,56

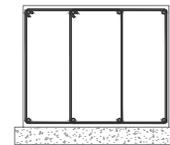
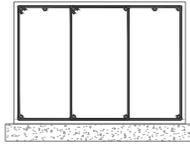
TOT Energia inglobata fondazioni	[MJ]	214.571,18
TOT CO ₂ incorporata fondazioni	[kgCO ₂]	27.881,35

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TRAVI DI FONDAZIONE DI COLLEGAMENTO 325cm x 100cm x 70cm

TRAVI DI FONDAZIONE DI COLLEGAMENTO 325cm x 85cm x 70cm



Numero travi	30,00	
01 - Calcestruzzo strutturale		
Volume	[m ³] 1,00mx0,70mx3,2 m = 2,28	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 2,28x 2.500 = 5.687,5	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,159	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	6.313,13
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	904,31

02 - Armatura		
Volume	[m ³] 10 Ø18 + 10 Ø8 = 0,010	
Densità	[kg/m ³] 7.860,00	
Unità funzionale	[kg] 0,010x7.860 = 78,60	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,42	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	691,68
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	33,01

03 - Magrone		
Volume	[m ³] 0,1mx1,10mx3,25m = 0,358	
Densità	[kg/m ³] 1.000,00	
Unità funzionale	[kg] 0,358x1.000 = 357,5	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 0,77	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,096	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	275,28
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	34,32

Numero travi	30,00	
01 - Calcestruzzo strutturale		
Volume	[m ³] 0,85mx0,7mx3,25m = 1,934	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 1,934x 2.500 = 4.834,375	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,159	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	5.366,16
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	768,67

02 - Armatura		
Volume	[m ³] 0,01	
Densità	[kg/m ³] 7.860,00	
Unità funzionale	[kg] 0,006x7.860 = 47,16	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,42	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	415,01
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	19,81

03 - Magrone		
Volume	[m ³] 0,1mx0,95mx9,00m = 0,855	
Densità	[kg/m ³] 1.000,00	
Unità funzionale	[kg] 0,855x1.000 = 855	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 0,77	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,096	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	658,35
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	82,08

TOT Energia inglobata fondazioni	[MJ]	218.402,40
TOT CO ₂ incorporata fondazioni	[kgCO ₂]	29.149,20

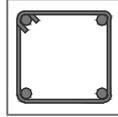
TOT Energia inglobata fondazioni	[MJ]	193.185,43
TOT CO ₂ incorporata fondazioni	[kgCO ₂]	26.116,59

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

PILASTRI 25cm x 25cm x 270cm

PILASTRI 20cm x 20cm x 270cm



Numero pilastri		180,00
01 - Calcestruzzo strutturale		
Volume	[m ³] 0,25m x 0,25m x 2,70m = 0,169	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,169 x 2.500 = 421,88	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,159	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	468,29
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	67,08

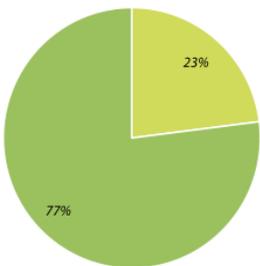
02 - Armatura		
Volume	[m ³] 4 ∅ 12 + 20 ∅ 8 = 0,002	
Densità	[kg/m ³] 7.860,00	
Unità funzionale	[kg] 0,002 x 7.860 = 15,72	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,42	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	138,34
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	6,60

TOT Energia inglobata pilastri	[MJ]	109.193,40
TOT CO₂ incorporata pilastri	[kgCO ₂]	13.262,40

Numero pilastri		180,00
01 - Legno lamellare		
Volume	[m ³] 0,24m x 0,24m x 2,85m = 0,164	
Densità	[kg/m ³] 360,00	
Unità funzionale	[kg] 0,16 4x 360 = 59,04	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 12,00	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,65	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	708,48
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	38,38

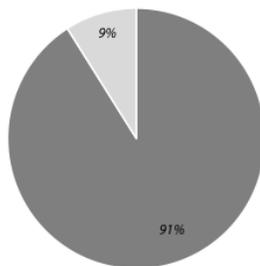
TOT Energia inglobata pilastri	[MJ]	127.526,40
TOT CO₂ incorporata pilastri	[kgCO ₂]	6.907,68

ENERGIA INGLOBATA [MJ]
PILASTRO IN CLS



■ Calcestruzzo
■ Acciaio

CO₂ INGLOBATA [kgCO₂]
PILASTRO IN CLS



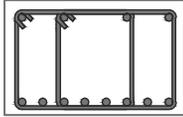
■ Calcestruzzo
■ Acciaio

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TRAVE PRINCIPALE 950cm x 35cm x 25cm

TRAVI PRINCIPALE 950cm x 24cm x 30cm



Numero travi		60,00
01 - Calcestruzzo strutturale		
Volume	[m ³] 0,35mx0,25mx9,50m = 0,83	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,83x 2.500 = 2.075,00	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110	
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgC02/kg] 0,159	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	2.303,25
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgC02]	329,93

02 - Armatura		
Volume	[m ³] 10 Ø16 + 52 Ø8 = 0,0234	
Densità	[kg/m ³] 7.860,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0234x7.860 = 183,82	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80	
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgC02/kg] 0,42	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	1.617,61
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgC02]	77,20

TOT Energia inglobata trave	[MJ]	235.251,60
TOT C0 ₂ , incorporata trave	[kgC02]	24.427,50

Numero travi		60,00
01 - Legno lamellare		
Volume	[m ³] 0,24mx0,30mx9,50m = 0,684	
Densità	[kg/m ³] 360,00	
Unità funzionale	[kg] 0,684 x 360 = 246,24	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 12,00	
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgC02/kg] 0,65	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	2.954,88
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgC02]	160,06

Energia inglobata trave	[MJ]	177.292,80
C0 ₂ , incorporata trave	[kgC02]	9.603,60

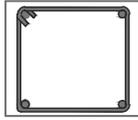


1.06

1.06

Cantiere tradizionale: Sistema massivo con calcestruzzo armato e laterizio

TRAVE SECONDARIA 365cm x 25cm x 25cm



vedi solaio interpiano (travetti)

Numero travi 150,00

01 - Calcestruzzo strutturale

Volume [m³] $0,25 \times 0,25 \times 3,65 \times 150 = 2,83$
 Densità [kg/m³] 2.500,00
 Unità funzionale [kg] $2,83 \times 2.500 = 7.075$
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 1,110
 CO₂, incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	633,04
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	90,68

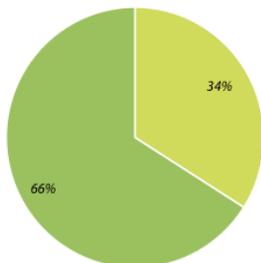
02 - Armatura

Volume [m³] $4 \times \pi \times (12^2 + 20^2) \times 8 = 0,0024$
 Densità [kg/m³] 7.860,00
 Unità funzionale [kg] $0,0024 \times 7.860 = 18,98$
 Energia inglobata materiale [MJ/kg] 8,80
 CO₂, incorporata materiale [kgCO₂/kg] 0,42

Energia inglobata manufatto	[MJ]	167,06
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	7,97

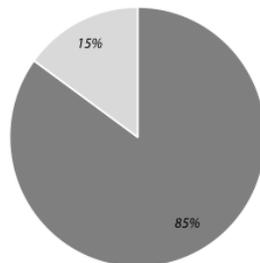
TOT Energia inglobata trave	[MJ]	120.015,00
TOT CO₂, incorporata trave	[kgCO₂]	14.797,50

ENERGIA INGLOBATA [MJ]
TRAVI IN CLS



■ Calcestruzzo
■ Acciaio

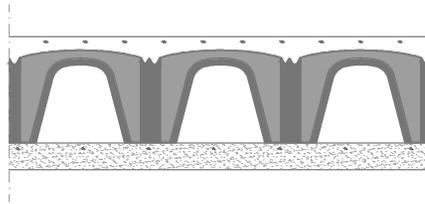
CO₂ INGLOBATA [kgCO₂]
TRAVI IN CLS



■ Calcestruzzo
■ Acciaio

TRADIZIONALE + INNOVATIVO

SOLAIO CONTRO TERRA



Area di valutazione

1 m²**01 - Magrone**

Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,1m = 0,1
Densità	[kg/m ³] 1.000,00
Unità funzionale	[kg] 0,01 x 1.000 = 10
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 0,770
CO ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,096

Energia inglobata manufatto	[MJ]	7,70
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,96

02 - Rete elettrosaldata

Volume	[m ³] ∅5 /passo 25x25cm = 0,0000016
Densità	[kg/m ³] 7.860,00
Unità funzionale	[kg] 0,0000016 x 7.860 = 0,012
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80
CO ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,42

Energia inglobata manufatto	[MJ]	0,11
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,01

03 - Iglù

Volume	[m ³] 4pz (0,50 x 0,50 x 0,35)
Densità	[kg/m ³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 4pz/m ² x 1,85kg/pz = 7,4
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 99,20
CO ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 2,70

Energia inglobata manufatto	[MJ]	734,08
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	19,98

04 - Rete elettrosaldata

Volume	[m ³] ∅8 /passo 15x15cm = 0,0000069
Densità	[kg/m ³] 7.860,00
Unità funzionale	[kg] 0,0000069 x 7.860 = 0,0527
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80
CO ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,42

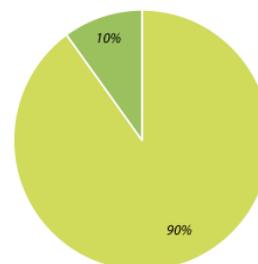
Energia inglobata manufatto	[MJ]	0,46
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,02

05 - Getto di completamento in cls

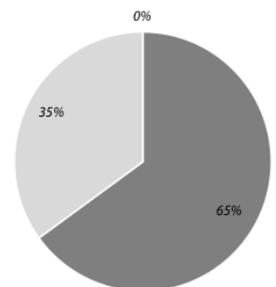
Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,05m = 0,05
Densità	[kg/m ³] 2.500,00
Unità funzionale	[kg] 0,05 x 2.500 = 125
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110
CO ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	69,38
CO ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	9,94

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	811,73
TOT CO₂, incorporata	[kgCO ₂ /m ²]	30,91

ENERGIA INGLOBATA [MJ/m²]
SOLAIO CONTRO TERRA

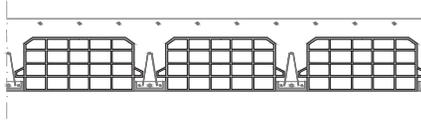
■ Calcestruzzo
■ Iglù

CO₂ INGLOBATA [kgCO₂/m²]
SOLAIO CONTRO TERRA

■ Iglù
■ Calcestruzzo

TRADIZIONALE

SOLAIO LATERO- CEMENTO

Area di valutazione 1 m²**01 - Pignatta**

Volume	[m ³] 8pz (0,25 x 0,42 x 0,20)
Densità	[kg/m ³] 850,00
Unità funzionale	[kg] 8pz/m ² x 12,10kg/pz = 96,80
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,22

Energia inglobata manufatto	[MJ]	290,40
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	21,30

02 - Travetto: fondello in laterizio

Volume	[m ³] 0,000017
Densità	[kg/m ³] 850,00
Unità funzionale	[kg] 0,000017x 850 = 0,015
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,22

Energia inglobata manufatto	[MJ]	0,05
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,0033

03 - Travetto: Getto di malta

Volume	[m ³] 0,000025
Densità	[kg/m ³] 1.800,00
Unità funzionale	[kg] 0,000025x 1.800 = 0,045
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	0,08
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,01

04 - Travetto: armatura

Volume	[m ³] 3 Ø8 + 1 Ø10 = 0,0000023
Densità	[kg/m ³] 7.860,00
Unità funzionale	[kg] 0,0000023x7.860 = 0,018
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,42

Energia inglobata manufatto	[MJ]	0,16
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,01

05 - Getto di completamento in cls tra pignatte

Volume	[m ³] 0,04
Densità	[kg/m ³] 2.500
Unità funzionale	[kg] 0,04x1.000 = 40
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,11
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	44,4
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	6,36

06 - Rete elettrosaldata

Volume	[m ²] Ø8 /passo 15x15cm = 0,00069
Densità	[kg/m ²] 7.860,00
Unità funzionale	[kg] 0,00069x 7.860 = 5,27
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,42

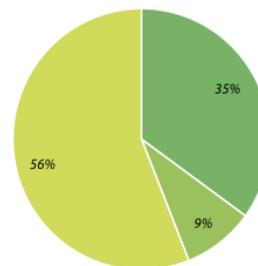
Energia inglobata manufatto	[MJ]	46,40
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	2,20

07 - Getto di completamento in cls

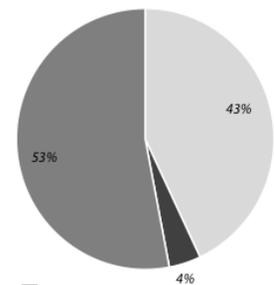
Volume	[m ³] 1mx1mx0,05m = 0,05
Densità	[kg/m ³] 2.500,00
Unità funzionale	[kg] 0,05x 2.500 = 125
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,110
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,159

Energia inglobata manufatto	[MJ]	138,75
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	19,88

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	520,23
TOT C0, incorporata	[kgCO2/m ²]	49,75

ENERGIA INGLOBATA [MJ/m²]
SOLAIO LATERO-CEMENTO

■ Calcestruzzo
■ Acciaio
■ Laterizio

CO2 INGLOBATA [kgCO2/m²]
SOLAIO LATERO-CEMENTO

■ Acciaio
■ Laterizio
■ Calcestruzzo

INNOVATIVO

SOLAIO LEGNO



Area di valutazione	1 m ²	
01 - Travetti legno lamellare		
Volume	[m ³] 2pz (0,12mx0,196mx1m) = 0,047	
Densità	[kg/m ³] 360,00	
Unità funzionale	[kg] 0,047 x 360 = 16,92	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 12,00	
C0, incorporata materiale	[kgC02/kg] 0,65	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	203,04
C0, incorporata manufatto	[kgC02]	11,00

02 - Assito legno		
Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,04m = 0,04	
Densità	[kg/m ³] 500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,04 x 500 = 20	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50	
C0, incorporata materiale	[kgC02/kg] 0,46	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	170,00
C0, incorporata manufatto	[kgC02]	9,20



1.07



1.08

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	373,04
TOT C0, incorporata	[kgC02/m ²]	20,20

1.07
Legno lamellare: Materiale composto da tavole di legno incollate

1.08
Solaio in legno: Travi principali e travetti

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

SINTESI ELEMENTI STRUTTURALI PROGETTO TRADIZIONALE

SINTESI ELEMENTI STRUTTURALI PROGETTO INNOVATIVO

01.01 - Totale fondazioni

TOT Energia inglobata	[MJ]	596.671,80
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	78.959,76

01.01 - Totale fondazioni

TOT Energia inglobata	[MJ]	407.756,61
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	53.997,94

01.02 - Totale pilastri

TOT Energia inglobata	[MJ]	109.193,40
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	13.262,40

01.02 - Totale pilastri

TOT Energia inglobata	[MJ]	127.526,40
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	6.907,68

01.03 - Totale travi

TOT Energia inglobata	[MJ]	355.266,60
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	39.225,00

01.03 - Totale travi

TOT Energia inglobata	[MJ]	177.292,80
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	9.603,36

01.04 - Totale orizzontamenti

TOT Energia inglobata	[MJ]	$811,73\text{MJ/m}^2 \times 357,62\text{m}^2 + 473,83\text{MJ/m}^2 \times 1.577,12\text{m}^2 =$	1.037.577,65
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	$30,91\text{kgCO2/m}^2 \times 357,62\text{m}^2 + 49,75\text{kgCO2/m}^2 \times 1.577,12\text{m}^2 =$	89.515,75

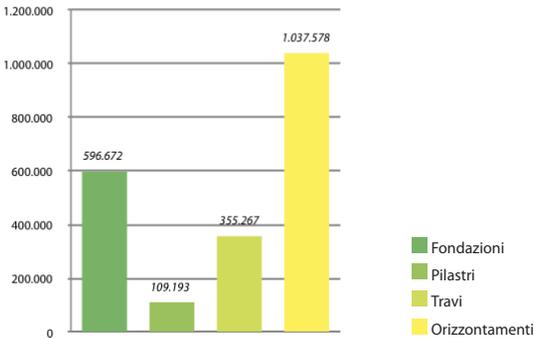
01.04 - Totale orizzontamenti

TOT Energia inglobata	[MJ]	$811,73\text{MJ/m}^2 \times 357,62\text{m}^2 + 373,04\text{MJ/m}^2 \times 1.577,12\text{m}^2 =$	878.619,73
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	$30,91\text{kgCO2/m}^2 \times 357,62\text{m}^2 + 20,20\text{kgCO2/m}^2 \times 1.577,12\text{m}^2 =$	42.911,86

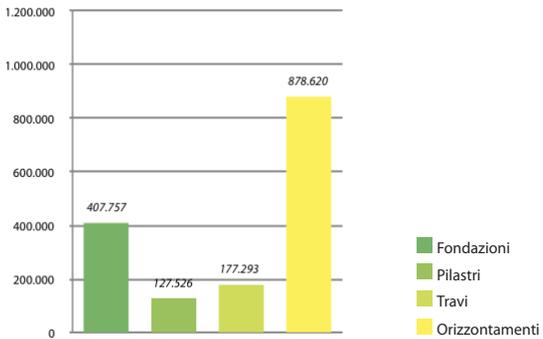
TOT Energia inglobata	[MJ/m²]	2.098.709,45
TOT CO2 incorporata	[kgCO2/m²]	220.962,91

TOT Energia inglobata	[MJ/m²]	1.591.195,54
TOT CO2 incorporata	[kgCO2/m²]	113.420,84

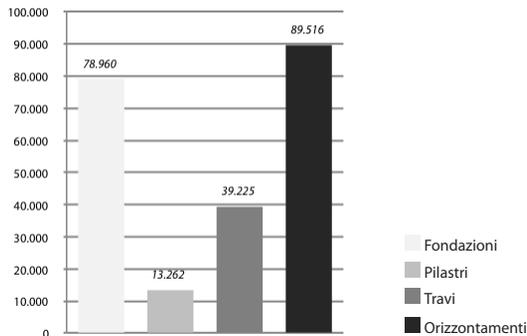
ENERGIA INGLOBATA [MJ]
ELEMENTI STRUTTURALI TRADIZIONALE



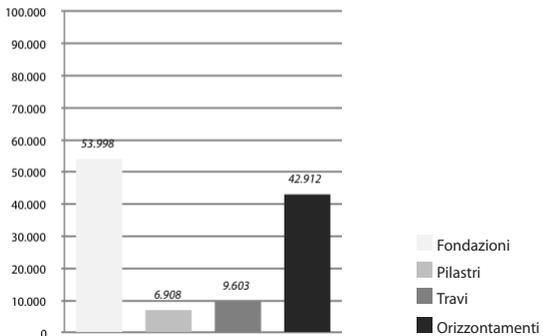
ENERGIA INGLOBATA [MJ]
ELEMENTI STRUTTURALI INNOVATIVO

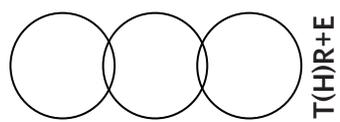


CO2 INCORPORATA [kgCO2]
ELEMENTI STRUTTURALI TRADIZIONALE



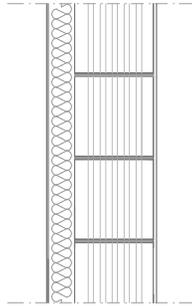
CO2 INCORPORATA [kgCO2]
ELEMENTI STRUTTURALI INNOVATIVO





02. CHIUSURA PARETE ESTERNA

PARETE DI CHIUSURA - SOLUZIONE MASSIVA

Area di valutazione 1m²**01 - Finitura interna**

Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,002 = 0,002
Densità	[kg/m ³] 1.450,00
Unità funzionale	[kg] 0,002 x 1.450 = 2,9
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,35

02 - Intonaco sottofondo

Volume	[m ³] 1 m x 1 m x 0,01 m = 0,01
Densità	[kg/m ³] 1.350,00
Unità funzionale	[kg] 0,01 x 1.350 = 13,50
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	1,62

03 - Blocchi laterizio

Volume	[m ³] 10,50pz (0,25mx0,25mx0,35m)
Densità	[kg/m ³] 630,00
Unità funzionale	[kg] 10,50pz/m ² x 13,90kg/pz = 145,95
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,22

Energia inglobata manufatto	[MJ]	437,85
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	32,11

04 - Malta

Volume	[m ³] 0,0267
Densità	[kg/m ³] 1.800,00
Unità funzionale	[kg] 0,0267 x 1.800 = 48,06
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	86,51
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	5,77

05 - Coibentazione lana di roccia

Volume	[m ³] 1 m x 1 m x 0,08 m = 0,08
Densità	[kg/m ³] 105,00
Unità funzionale	[kg] 0,08 x 105,00 = 8,4
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 16,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 1,05

Energia inglobata manufatto	[MJ]	141,12
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	8,82

06 - Rasatura

Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,005 = 0,005
Densità	[kg/m ³] 1.150,00
Unità funzionale	[kg] 0,005 x 1.150 = 5,75
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	10,35
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,69

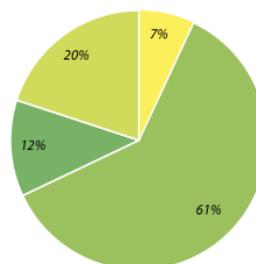
07 - Finitura esterna

Volume	[m ³] 1 m x 1 m x 0,003 m = 0,003
Densità	[kg/m ³] 1.800,00
Unità funzionale	[kg] 0,003 x 1.800 = 5,40
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80
C0 ₂ , incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12

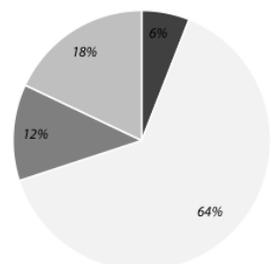
Energia inglobata manufatto	[MJ]	9,72
C0 ₂ , incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,65

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	715,07
TOT C0 ₂ , incorporata	[kgCO ₂ /m ²]	50,01

TOT Energia inglobata edificio	[MJ]	715,07MJ/m ² * 1.463,46 m ² = 1.046.476,34
TOT C0 ₂ , incorporata edificio	[kgCO ₂]	50,01kgCo ₂ /m ² * 1.463,46 m ² = 73.187,64

ENERGIA INGLOBATA [MJ/m²]
PARETE DI CHIUSURA TRADIZIONALE

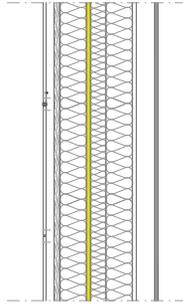
■ Laterizio
■ Coibentazione
■ Intonaco
■ Malta

CO₂ INGLOBATA [kgCO₂/m²]
PARETE DI CHIUSURA TRADIZIONALE

■ Laterizio
■ Coibentazione
■ Malta
■ Intonaco

INNOVATIVO

PARETE DI CHIUSURA - SOLUZIONE LEGNO

1m²

Area di valutazione

01 - Rivestimento in legno

Volume	[m ³] 1m ² x0,012m= 0,012
Densità	[kg/m ³] 1.350,00
Unità funzionale	[kg] 0,012x 1350 = 16,20
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 9,50
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,51

Energia inglobata manufatto	[MJ]	153,90
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	8,26

02 - Assito in legno

Volume	[m ³] 1m ² x0,04m= 0,04
Densità	[kg/m ³] 500,00
Unità funzionale	[kg] 0,04x 500 = 20
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,46

Energia inglobata manufatto	[MJ]	170,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	9,20

03 - Fibra di Legno

Volume	[m ³] 1m ² x0,1m= 0,1
Densità	[kg/m ³] 45,00
Unità funzionale	[kg] 0,1x 45 =4,5
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 20,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,98

Energia inglobata manufatto	[MJ]	90,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,41

04 - MDF

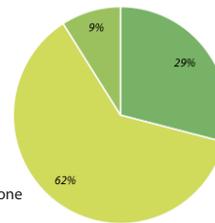
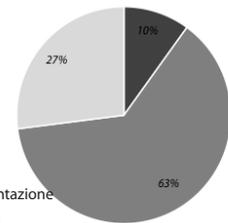
Volume	[m ³] 1m ² x0,015m= 0,015
Densità	[kg/m ³] 600,00
Unità funzionale	[kg] 0,015x 600 = 9,00
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 11,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,59

Energia inglobata manufatto	[MJ]	99,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	5,31

05 - Fibra di Legno

Volume	[m ³] 1m ² x0,16m= 0,16 -0,0416=0,2184
Densità	[kg/m ³] 45,00
Unità funzionale	[kg] 0,084 x 45= 9,828
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 20,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,98

Energia inglobata manufatto	[MJ]	196,56
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	9,63

ENERGIA INGLOBATA [MJ/m²]
PARETE DI CHIUSURA INNOVATIVACO2 INGLOBATA (kgCO2/m²)
PARETE DI CHIUSURA INNOVATIVA**06 - Legno da Costruzione**

Volume	[m ³] 1m ² x0,24m=0,24
Densità	[kg/m ³] 500,00
Unità funzionale	[kg] 0,24x 500 =120
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,46

Energia inglobata manufatto	[MJ]	81,60
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,42

07 - OSB

Volume	[m ³] 1m ² x0,015=0,015
Densità	[kg/m ³] 550,00
Unità funzionale	[kg] 0,015x 550 = 8,25
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 11,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,59

Energia inglobata manufatto	[MJ]	90,75
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,87

08 - Legno da Costruzione

Volume	[m ³] 1m ² x0,04m=0,04
Densità	[kg/m ³] 500,00
Unità funzionale	[kg] 0,04x 500 = 20
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,46

Energia inglobata manufatto	[MJ]	11,90
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,64

09 - Cartongesso

Volume	[m ³] 1m ² x0,0125m=0,0125
Densità	[kg/m ³] 1.050,00
Unità funzionale	[kg] 0,0125x1.050 = 13,125
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 6,75
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,38

Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,60
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,99

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	982,31
TOT C0, incorporata	[kgCO2/m ²]	51,73

TOT Energia inglobata edificio	982,31MJ/m ² * 1.463,46m ² =	
	[MJ]	1.437.571,39
TOT C0, incorporata edificio	51,73kgCo2/m ² * 1.463,46m ² =	
	[kgCO2]	75.704,79

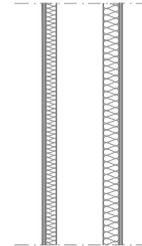
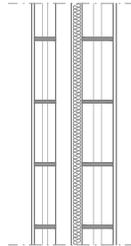


TRADIZIONALE

INNOVATIVO

PARETE TRA 2 UNITÀ IMMOBILIARI - SOLUZIONE MASSIVA

PARETE TRA 2 UNITÀ IMMOBILIARI - SOLUZIONE LEGNO



Area di valutazione

1m²**01 - Finitura interna**

Volume	[m ³]	1m x 1m x 0,002 = 0,002
Densità	[kg/m ³]	1.450,00
Unità funzionale	[kg]	0,002 x 1.450 = 2,9
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,35

02 - Intonaco sottofondo

Volume	[m ³]	1 m x 1 m x 0,01 m = 0,01
Densità	[kg/m ³]	1.350,00
Unità funzionale	[kg]	0,01 x 1.350 = 13,50
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,62

03 - Blocchi laterizio

Volume	[m ³]	8,4pz (0,12m x 0,50m x 0,225m)
Densità	[kg/m ³]	920,00
Unità funzionale	[kg]	8,4pz/m ³ x 11,40kg/pz = 95,76
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	3,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,22

Energia inglobata manufatto	[MJ]	287,28
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	21,07

04 - Malta

Volume	[m ³]	0,0089
Densità	[kg/m ³]	1.800,00
Unità funzionale	[kg]	0,0089 x 1.800 = 16,02
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	28,84
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,92

05 - Coibentazione lana di roccia

Volume	[m ³]	1m x 1m x 0,05m = 0,05
Densità	[kg/m ³]	70,00
Unità funzionale	[kg]	0,05 x 70 = 3,50
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	16,18
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	1,05

Energia inglobata manufatto	[MJ]	56,63
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	3,68

Area di valutazione

1m²**01 - Cartongesso**

Volume	[m ³]	1m x 0,0125 = 0,0125
Densità	[kg/m ³]	1.050,00
Unità funzionale	[kg]	0,0125 x 1.050 = 13,125
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	6,75
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,38

Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,99

02 - Fibra di Legno

Volume	[m ³]	1m x 0,04m = 0,04
Densità	[kg/m ³]	210,00
Unità funzionale	[kg]	0,04 x 210 = 8,40
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	20,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,98

Energia inglobata manufatto	[MJ]	168,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	8,23

03 - Legno da Costruzione

Volume	[m ³]	1m x 0,24m x 0,05m = 0,012 x 2 = 0,024
Densità	[kg/m ³]	500,00
Unità funzionale	[kg]	0,024 x 500 = 12
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	8,50
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,46

Energia inglobata manufatto	[MJ]	102,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	5,52

04 - Fibra di Legno

Volume	[m ³]	1m x 0,06m = 0,06
Densità	[kg/m ³]	210,00
Unità funzionale	[kg]	0,06 x 210 = 12,60
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	20,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,98

Energia inglobata manufatto	[MJ]	252,00
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	12,35

05 - Cartongesso

Volume	[m ³]	1m x 0,0125 = 0,0125
Densità	[kg/m ³]	1.050,00
Unità funzionale	[kg]	0,0125 x 1.050 = 13,125
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	6,75
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,38

Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	4,99

TRADIZIONALE

06 - Blocchi laterizio

Volume	[m ³]	8,4pz x (0,08mx0,50mx0,225m)
Densità	[kg/m ³]	920,00
Unità funzionale	[kg]	8,4pz/m ² x 7,60kg/pz = 63,84
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	3,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,22

Energia inglobata manufatto	[MJ]	191,52
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	14,05

07 - Malta

Volume	[m ³]	0,0059
Densità	[kg/m ³]	1.800,00
Unità funzionale	[kg]	0,0059x1.800 = 10,62
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	19,12
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,27

08 - Intonaco sottofondo

Volume	[m ³]	1 m x 1 m x 0,01 m = 0,01
Densità	[kg/m ³]	1.350,00
Unità funzionale	[kg]	0,01x1.350 = 13,50
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,62

09 - Finitura interna

Volume	[m ²]	1mx1mx0,002 = 0,002
Densità	[kg/m ²]	1.450,00
Unità funzionale	[kg]	0,002x1.450 = 2,9
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,35

INNOVATIVO



1.09

1.09
Cantiere innovativo: Pareti
con costruzione in legno

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	642,43
TOT C0, incorporata	[kgCO2/m ²]	45,93

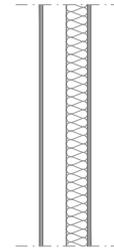
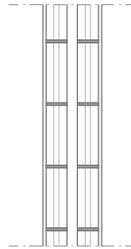
TOT Energia inglobata parete	[MJ/m ²]	699,18
TOT C0, incorporata parete	[kgCO2/m ²]	36,08

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

PARETE ATTREZZATA - SOLUZIONE MASSIVA

PARETE ATTREZZATA - SOLUZIONE LEGNO



Area di valutazione	1m ²	
01 - Finitura interna		
Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,002 = 0,002	
Densità	[kg/m ³] 1.450,00	
Unità funzionale	[kg] 0,002 x 1.450 = 2,9	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	0,35

02 - Intonaco sottofondo		
Volume	[m ³] 1m x 1m x 0,01m = 0,01	
Densità	[kg/m ³] 1.350,00	
Unità funzionale	[kg] 0,01 x 1.350 = 13,50	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	1,62

03 - Blocchi laterizio		
Volume	[m ³] 8,4pz x (0,08m x 0,50m x 0,225m)	
Densità	[kg/m ³] 920,00	
Unità funzionale	[kg] 8,4pz/m ³ x 7,60kg/pz = 63,84	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,22	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	191,52
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	14,05

04 - Malta		
Volume	[m ³] 0,0059	
Densità	[kg/m ³] 1.800,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0059 x 1.800 = 10,62	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	19,12
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	1,27

05 - Blocchi laterizio		
Volume	[m ³] 8,4pz x (0,08m x 0,50m x 0,225m)	
Densità	[kg/m ³] 920,00	
Unità funzionale	[kg] 8,4pz/m ³ x 7,60kg/pz = 63,84	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,22	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	191,52
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	14,05

Area di valutazione	1m ²	
01 - Cartongesso		
Volume	[m ³] 1m x 0,0125 = 0,0125	
Densità	[kg/m ³] 1.050,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0125 x 1.050 = 13,125	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 6,75	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,38	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	4,99

02 - Fibra di Legno		
Volume	[m ³] 1m x 0,08m = 0,08 - 0,004 = 0,076	
Densità	[kg/m ³] 210,00	
Unità funzionale	[kg] 0,076 x 210 = 15,96	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 20,00	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,98	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	319,20
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	15,64

03 - Legno da Costruzione		
Volume	[m ³] 1m x 0,05m x 0,17m = 0,0085 x 2 = 0,017	
Densità	[kg/m ³] 500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,017 x 500 = 8,5	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,46	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	72,25
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	3,91

04 - Cartongesso		
Volume	[m ³] 1m x 0,0125 = 0,0125	
Densità	[kg/m ³] 1.050,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0125 x 1.050 = 13,125	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 6,75	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg] 0,38	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]	4,99

03.02

TRADIZIONALE

06 - Malta

Volume	[m ³]	0,0059
Densità	[kg/m ³]	1.800,00
Unità funzionale	[kg]	0,0059x1.800 = 10,62
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	19,12
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,27

07 - Intonaco sottofondo

Volume	[m ³]	1mx1mx0,01m = 0,01
Densità	[kg/m ³]	1.350,00
Unità funzionale	[kg]	0,01x1.350 = 13,50
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	1,62

08 - Finitura interna

Volume	[m ³]	1mx1mx0,002 = 0,002
Densità	[kg/m ³]	1.450,00
Unità funzionale	[kg]	0,002x1.450 = 2,9
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,12

Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
C0, incorporata manufatto	[kgCO2]	0,35

INNOVATIVO

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	480,32
TOT C0, incorporata	[kgCO2/m ²]	34,58

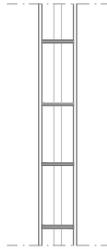
TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	568,63
TOT C0, incorporata	[kgCO2/m ²]	29,53

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TRAMEZZA - TRADIZIONALE

TRAMEZZA - INNOVATIVO



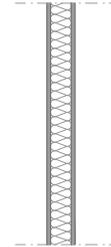
Area di valutazione	1m ²	
01 - Finitura interna		
Volume	[m ³] 1m x 1mx0,002 = 0,002	
Densità	[kg/m ³] 1.450,00	
Unità funzionale	[kg] 0,002x1.450 = 2,9	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	5,22
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	0,35

02 - Intonaco sottofondo		
Volume	[m ³] 1m x 1mx0,01m = 0,01	
Densità	[kg/m ³] 1.350,00	
Unità funzionale	[kg] 0,01x1.350 = 13,50	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	1,62

03 - Blocchi laterizio		
Volume	[m ³] 8,4pz (0,12mx0,50mx0,225m)	
Densità	[kg/m ³] 920,00	
Unità funzionale	[kg] 8,4pz/m ² x 11,40kg/pz = 95,76	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 3,00	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,22	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	287,28
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	21,07

04 - Malta		
Volume	[m ³] 0,0089	
Densità	[kg/m ³] 1.800,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0089x1.800 = 16,02	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	28,84
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	1,92

05 - Intonaco sottofondo		
Volume	[m ³] 1m x 1mx0,01m = 0,01	
Densità	[kg/m ³] 1.350,00	
Unità funzionale	[kg] 0,01x1.350 = 13,50	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 1,80	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,12	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	24,30
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	1,62



Area di valutazione	1m ²	
01 - Cartongesso		
Volume	[m ³] 1m ² x0,0125=0,0125	
Densità	[kg/m ³] 1.050,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0125 x 1.050 = 13,125	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 6,75	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,38	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	4,99

02 - Fibra di Legno		
Volume	[m ³] 1m ² x0,08m = 0,08-0,0064=0,0736	
Densità	[kg/m ³] 210,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0736x 210 = 15,456	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 20,00	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,98	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	309,12
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	15,15

03 - Cartongesso		
Volume	[m ³] 1m ² x0,0125=0,0125	
Densità	[kg/m ³] 1.050,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0125 x 1.050 = 13,125	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 6,75	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,38	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	88,59
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	4,99

04 - Legno da Costruzione		
Volume	[m ³] 1m x 0,24mx0,08m = 0,0032x2=0,0064	
Densità	[kg/m ³] 500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0064x 500 = 3,2	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 8,50	
C0 ₂ incorporata materiale	[kgC0 ₂ /kg] 0,46	
<hr/>		
Energia inglobata manufatto	[MJ]	27,20
C0 ₂ incorporata manufatto	[kgC0 ₂]	1,47

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

06 - Finitura interna

Volume	[m ³]	1m x 1m x 0,002 = 0,002	
Densità	[kg/m ³]	1.450,00	
Unità funzionale	[kg]	0,002 x 1.450 = 2,9	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	1,80	
CO ₂ incorporata materiale	[kgCO ₂ /kg]	0,12	
<hr/>			
Energia inglobata manufatto	[MJ]		5,22
CO ₂ incorporata manufatto	[kgCO ₂]		0,35

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	375,16
TOT CO ₂ incorporata	[kgCO ₂ /m ²]	26,93

TOT Energia inglobata	[MJ/m ²]	513,50
TOT CO ₂ incorporata	[kgCO ₂ /m ²]	26,60



1.10

1.10

Cantiere tradizionale: Tramezze in laterizio

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

SINTESI - PARTIZIONI INTERNE

SINTESI - PARTIZIONI INTERNE

03.01 - Totale parete tra due unità immobiliari

TOT Energia inglobata	642,43MJ/m ² x 668,52m ² =	
	[MJ]	429.477,30
TOT CO2 incorporata	45,93kgCO2/m ² x 668,52m ² =	
	[kgCO2]	30.705,12

03.01 - Totale parete tra due unità immobiliari

TOT Energia inglobata	699,18MJ/m ² x 705,66m ² =	
	[MJ]	493.383,36
TOT CO2 incorporata	36,08kgCO2/m ² x 705,66m ² =	
	[kgCO2]	25.460,21

03.02 - Totale parete attrezzata

TOT Energia inglobata	480,32MJ/m ² x 240,57m ² =	
	[MJ]	115.550,58
TOT CO2 incorporata	34,58kgCO2/m ² x 240,57m ² =	
	[kgCO2]	8.318,91

03.02 - Totale parete attrezzata

TOT Energia inglobata	568,63MJ/m ² x 253,94m ² =	
	[MJ]	144.397,90
TOT CO2 incorporata	29,53kgCO2/m ² x 253,94m ² =	
	[kgCO2]	7.498,85

03.03 - Totale tramezza

TOT Energia inglobata	375,16MJ/m ² x 635,13m ² =	
	[MJ]	238.275,37
TOT CO2 incorporata	26,93kgCO2/m ² x 635,13m ² =	
	[kgCO2]	17.104,05

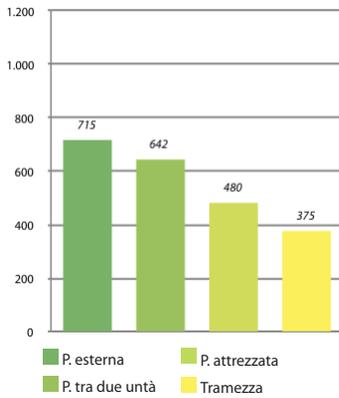
03.03 - Totale tramezza

TOT Energia inglobata	513,50MJ/m ² x 680,78m ² =	
	[MJ]	349.565,13
TOT CO2 incorporata	26,60kgCO2/m ² x 680,78m ² =	
	[kgCO2]	18.107,95

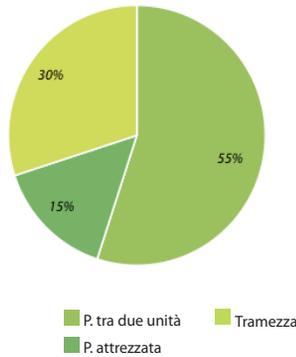
TOT Energia inglobata	[MJ]	783.303,25
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	56.128,08

TOT Energia inglobata	[MJ]	987.346,39
TOT CO2 incorporata	[kgCO2]	51.067,01

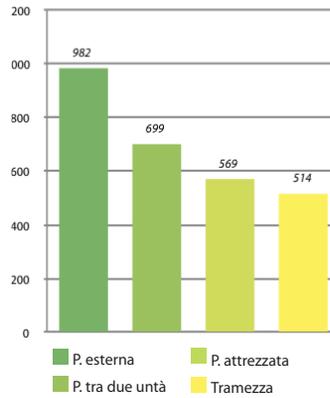
ENERGIA INGLOBATA [MJ/m2]
PARTIZIONI VERTICALI+PARETE ESTERNA TRADIZIONALE



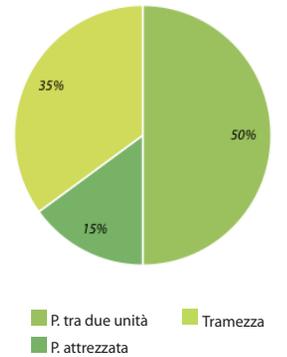
ENERGIA INGLOBATA [MJ]
PARTIZIONI VERTICALI TRADIZIONALE



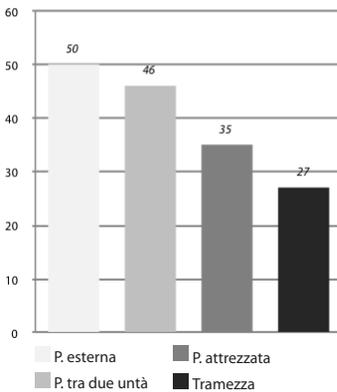
ENERGIA INGLOBATA [MJ/m2]
PARTIZIONI VERTICALI + PARETE ESTERNA INNOVATIVA



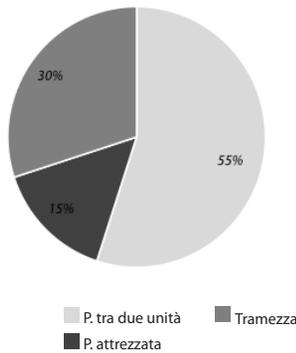
ENERGIA INGLOBATA [MJ]
PARTIZIONI VERTICALI INNOVATIVI



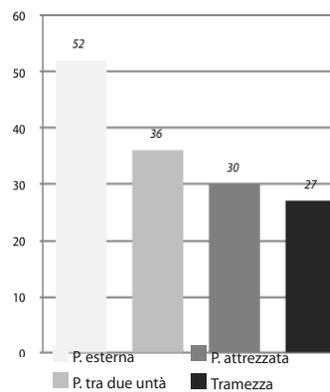
CO2 INCORPORATA [kgCO2/m2]
PARTIZIONI VERTICALI+PARETE ESTERNA TRADIZIONALE



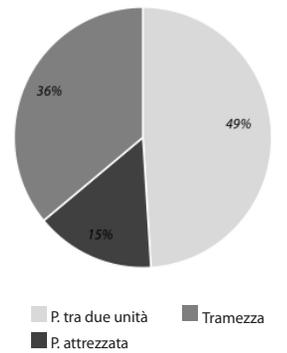
CO2 INGLOBATA [kgCO2]
PARTIZIONI VERTICALI TRADIZIONALE

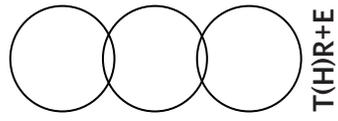


CO2 INCORPORATA [kgCO2]
PARTIZIONI VERTICALI + PARETE ESTERNA INNOVATIVA



CO2 INGLOBATA [kgCO2]
PARTIZIONI VERTICALI INNOVATIVI





04. CHIUSURE TRASPARENTI

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

SERRAMENTI PVC TRADIZIONALI

01 - 150x270 anta non apribile

Volume	[m³] pz 30 (0,0002m³x8,4m)=pz 30x0,0019
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0019x1.400,00=2,63
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	203,20
C0, incorporata componente	[kgCO2]	6,34

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	6.096,04
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	190,30

02 - 110x270 anta apribile

Volume	[m³] pz 30 (0,0005m³x7,6m)=pz 30x0,0041
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0041x1.400,00=5,74
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	443,47
C0, incorporata componente	[kgCO2]	13,84

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	13.304,10
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	415,32

03 - 75x180 anta non apribile

Volume	[m³] pz 20 (0,0002m³x5,1m)=pz 20x0,0011
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0011x1.400,00=1,60
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	123,37
C0, incorporata componente	[kgCO2]	3,85

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	2.467,40
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	77,00

04 - 110x180 anta apribile

Volume	[m³] pz 20 (0,0005m³x5,8m)=pz 20x0,0031
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0031x1.400,00=4,38
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	338,44
C0, incorporata componente	[kgCO2]	10,57

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	6.768,80
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	211,30

05 - 110x120 anta apribile

Volume	[m³] pz 50 (0,0005m³x4,6m)=pz 50x0,0025
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0025x1.400,00=3,48
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	268,41
C0, incorporata componente	[kgCO2]	8,38

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	13.420,73
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	418,96

SERRAMENTI PVC INNOVATIVI

01 - 150x265 anta non apribile

Volume	[m³] pz 30 (0,0003m³x8,3m)=pz 30x0,0024
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0024x1.400,00=3,38
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	261,02
C0, incorporata componente	[kgCO2]	8,15

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	7.830,60
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	244,45

02 - 110x265 anta apribile

Volume	[m³] pz 30 (0,0007m³x7,5m)=pz 30x0,0053
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0053x1.400,00=7,37
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	568,92
C0, incorporata componente	[kgCO2]	17,76

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	17.067,67
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	532,81

03 - 75x175 anta non apribile

Volume	[m³] pz 20 (0,0003m³x5,0m)=pz 20x0,0015
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0015x1.400,00=2,04
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	157,24
C0, incorporata componente	[kgCO2]	4,91

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	3.144,78
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	98,17

04 - 110x175 anta apribile

Volume	[m³] pz 20 (0,0007m³x5,7m)=pz 20x0,0040
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0040x1.400,00=5,60
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	432,38
C0, incorporata componente	[kgCO2]	13,50

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	8.647,62
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	269,96

05 - 110x115 anta apribile

Volume	[m³] pz 50 (0,0007m³x4,5m)=pz 50x0,0032
Densità	[kg/m³] 1.400,00
Unità funzionale	[kg] 0,0032x1.400,00=4,42
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41

Energia inglobata componente	[MJ]	341,35
C0, incorporata componente	[kgCO2]	10,66

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	17.067,67
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	532,81

TRADIZIONALE

06 - 110x120 anta non apribile

	8,00	
Volume	[m ³] pz 8 (0,0002m ³ ×4,6m)=pz 8x0,0010	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0010x1.400,00=1,44	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	111,28
C0, incorporata componente	[kgCO2]	3,47

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	890,24
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	27,79

07 - 75x120 anta apribile

Volume	[m ³] pz 40 (0,0005m ³ ×3,9m)=pz 40x0,0021	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0021x1.400,00=2,95	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	227,57
C0, incorporata componente	[kgCO2]	7,10

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	9.102,80
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	284,17

08 - 75x150 anta non apribile

Volume	[m ³] pz 10 (0,0002m ³ ×4,5m)=pz 8x0,0010	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0010x1.400,00=1,41	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	108,86
C0, incorporata componente	[kgCO2]	3,40

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	1.088,57
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	33,98

INNOVATIVO

06 - 110x115 anta non apribile

Volume	[m ³] pz 8 (0,0003m ³ ×4,5m)=pz 8x0,0013	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0013x1.400,00=1,83	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	141,52
C0, incorporata componente	[kgCO2]	4,42

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	1.132,12
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	35,34

07 - 75x115 anta apribile

Volume	[m ³] pz 40 (0,0007m ³ ×3,8m)=pz 40x0,0027	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0027x1.400,00=3,73	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	288,25
C0, incorporata componente	[kgCO2]	9,00

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	11.530,16
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	359,94

08 - 75x150 anta non apribile

Volume	[m ³] pz 10 (0,0003m ³ ×4,5m)=pz 10x0,0013	
Densità	[kg/m ³] 1.400,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0013x1.400,00=1,83	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 77,20	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 2,41	

Energia inglobata componente	[MJ]	141,52
C0, incorporata componente	[kgCO2]	4,42

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	1.415,15
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	44,18

TOT Energia inglobata	[MJ]	53.138,68
TOT C0, incorporata	[kgCO2]	1.658,82

TOT Energia inglobata	[MJ]	67.835,77
TOT C0, incorporata	[kgCO2]	2.117,66

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

VETRO DOPPIO 4-15-4

VETRO TRIPLO 4-12-4-12-4

01 - 150x270

Volume	[m ³]	30pz (1,5mx2,7mx0,008m)=30pzx0,0324
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0324x2.500,00=81,00
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	1.215,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	68,85

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	36.450,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	2.065,50

02 - 110x270

Volume	[m ³]	30pz (1,1mx2,7mx0,008m)=30pzx0,0238
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0238x2.500,00=59,40
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	891,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	50,49

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	26.730,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	1.514,70

03 - 75x180

Volume	[m ³]	20pz (0,75mx1,8mx0,008m)=20pzx0,0108
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0108x2.500,00=27,00
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	405,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	22,95

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	8.100,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	459,00

04 - 110x180

Volume	[m ³]	20pz (1,1mx1,8mx0,008m)=20pzx0,0158
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0158x2.500,00=39,60
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	594,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	33,66

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	11.880,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	673,20

05 - 110x120

Volume	[m ³]	50pz (1,1mx1,2mx0,008m)=50pzx0,0106
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0106x2.500,00=26,40
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	396,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	22,44

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	19.800,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	1.122,00

01 - 150x265

Volume	[m ³]	30pz (1,5mx2,65mx0,012m)=30pzx0,0477
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0477x2.500,00=119,25
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	1.788,75
C0, incorporata componente	[kgCO2]	101,36

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	53.662,50
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	3.040,88

02 - 110x265

Volume	[m ³]	30pz (1,1mx2,65mx0,012m)=30pzx0,0350
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0350x2.500,00=87,45
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	1.311,75
C0, incorporata componente	[kgCO2]	74,33

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	39.352,50
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	2.229,98

03 - 75x175

Volume	[m ³]	20pz (0,75mx1,75mx0,012m)=20pzx0,0158
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0158x2.500,00=39,38
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	590,63
C0, incorporata componente	[kgCO2]	33,47

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	11.812,60
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	669,38

04 - 110x175

Volume	[m ³]	20pz (1,1mx1,75mx0,012m)=20pzx0,0231
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0231x2.500,00=57,75
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	866,25
C0, incorporata componente	[kgCO2]	49,09

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	17.325,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	981,75

05 - 110x115

Volume	[m ³]	50pz (1,1mx1,15mx0,012m)=50pzx0,0152
Densità	[kg/m ³]	2.500,00
Unità funzionale	[kg]	0,0152x2.500,00=37,95
Energia inglobata materiale	[MJ/kg]	15,00
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg]	0,85

Energia inglobata componente	[MJ]	569,25
C0, incorporata componente	[kgCO2]	32,26

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	28.462,50
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	1.612,88

TRADIZIONALE

06 - 110x120	8,00	
Volume	[m ³] 8pz (1,1mx1,2mx0,008m)=8pzx0,0106	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0106x2.500,00=26,40	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	396,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	22,44

TOT Energia inglobata	[MJ]	3.168,00
TOT C0, incorporata	[kgCO2]	179,52

07 - 75x120		
Volume	[m ³] 40pz (0,75mx1,2mx0,008m)=40pzx0,0072	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0072x2.500,00=18,00	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	270,00
C0, incorporata componente	[kgCO2]	15,30

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	10.800,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	612,00

08 - 75x150		
Volume	[m ³] 10pz (0,75mx1,5mx0,008m)=10pzx0,0090	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0090x2.500,00=22,50	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	337,50
C0, incorporata componente	[kgCO2]	19,13

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	3.375,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	191,25

INNOVATIVO

06 - 110x115		
Volume	[m ³] 8pz (1,1mx1,15mx0,012m)=8pzx0,0152	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0152x2.500,00=37,95	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	569,25
C0, incorporata componente	[kgCO2]	32,26

TOT Energia inglobata	[MJ]	4.554,00
TOT C0, incorporata	[kgCO2]	258,08

07 - 75x115		
Volume	[m ³] 40pz (0,75mx1,15mx0,012m)=40pzx0,0104	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0104x2.500,00=25,88	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	388,13
C0, incorporata componente	[kgCO2]	21,99

TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	15.525,00
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	879,75

08 - 75x150		
Volume	[m ³] 10pz (0,75mx1,50mx0,012m)=10pzx0,0135	
Densità	[kg/m ³] 2.500,00	
Unità funzionale	[kg] 0,0135x2.500,00=33,75	
Energia inglobata materiale	[MJ/kg] 15,00	
C0, incorporata materiale	[kgCO2/kg] 0,85	

Energia inglobata componente	[MJ]	506,25
C0, incorporata componente	[kgCO2]	28,69

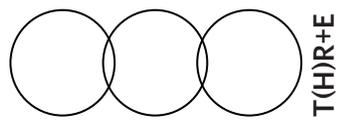
TOT Energia inglobata componenti	[MJ]	5.062,50
TOT C0, incorporata componenti	[kgCO2]	286,88

TOT Energia inglobata vetro	[MJ]	120.303,00
TOT C0, incorporata finestra vetro	[kgCO2]	6.817,17

TOT Energia inglobata vetro	[MJ]	175.756,60
TOT C0, incorporata finestra vetro	[kgCO2]	9.959,58

TOT Energia inglobata chiusure trasparenti	[MJ]	173.441,68
TOT C0, incorporata chiusure trasparenti	[kgCO2]	8.475,99

TOT Energia inglobata chiusure trasparenti	[MJ]	243.592,37
TOT C0, incorporata chiusure trasparenti	[kgCO2]	12.077,24

**05. COMPARAZIONE FINALE**

COMPARAZIONE FINALE

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

01. ELEMENTI STRUTTURALI

01.01 - Travi di fondazione

Energia inglobata	[MJ]	596.671,80
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	78.959,76

01.02 - Pilastrri

Energia inglobata	[MJ]	109.193,40
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	13.262,40

01.03 - Travi

Energia inglobata	[MJ]	355.266,60
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	39.225,00

01.04 - Orizzontamenti

Energia inglobata	[MJ]	1.037.577,65
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	89.515,75

TOT Energia inglobata	[MJ]	2.098.709,45
TOT C0₂ incorporata	[kgCO2]	220.962,91

01.01 - Travi di fondazione

Energia inglobata	[MJ]	407.756,61
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	53.997,94

01.02 - Pilastrri

Energia inglobata	[MJ]	127.526,40
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	6.907,68

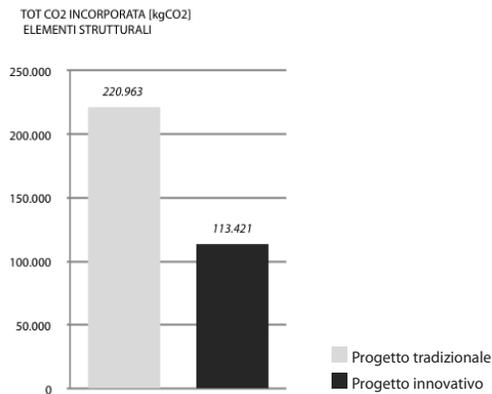
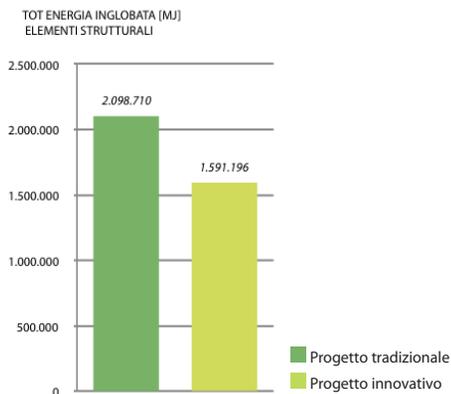
01.03 - Travi

Energia inglobata	[MJ]	177.292,80
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	9.603,36

01.04 - Orizzontamenti

Energia inglobata	[MJ]	878.619,73
C0 ₂ incorporata	[kgCO2]	42.911,86

TOT Energia inglobata	[MJ]	1.591.195,54
TOT C0₂ incorporata	[kgCO2]	113.420,84



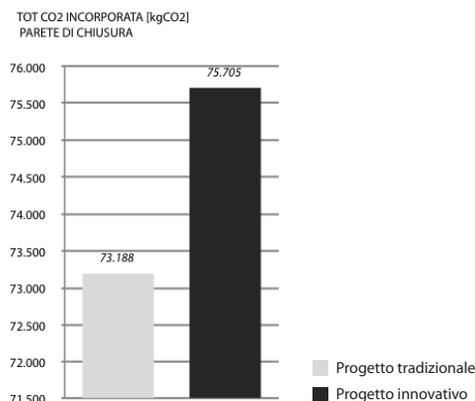
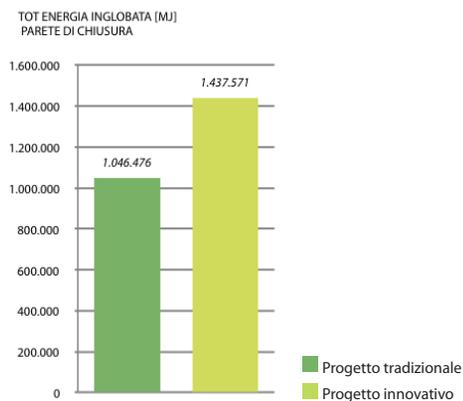
02. PARETE ESTERNA

Soluzione tradizionale

Energia inglobata	[MJ]	1.046.476,34
C0₂ incorporata	[kgCO2]	73.187,64

Soluzione innovativa

Energia inglobata	[MJ]	1.437.571,39
C0₂ incorporata	[kgCO2]	75.704,79



COMPARAZIONE FINALE

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

03. PARTIZIONI INTERNE

03.01 - Parete tra due unità immobiliari

Energia inglobata	[MJ]	429.477,30
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	30.705,12

03.02 - Parete attrezzata

Energia inglobata	[MJ]	115.550,58
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	8.318,91

03.03 - Tramezza

Energia inglobata	[MJ]	238.275,37
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	17.104,05

TOT Energia inglobata	[MJ]	783.303,25
TOT CO₂ incorporata	[kgCO₂]	56.128,08

03.01 - Parete tra due unità immobiliari

Energia inglobata	[MJ]	493.383,36
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	25.460,21

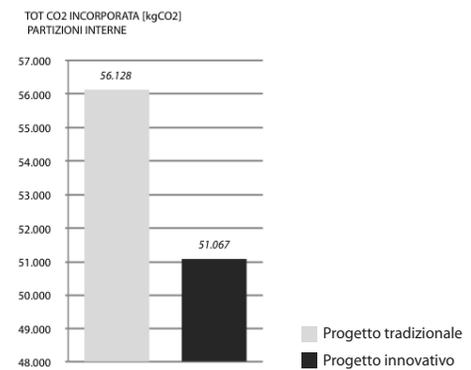
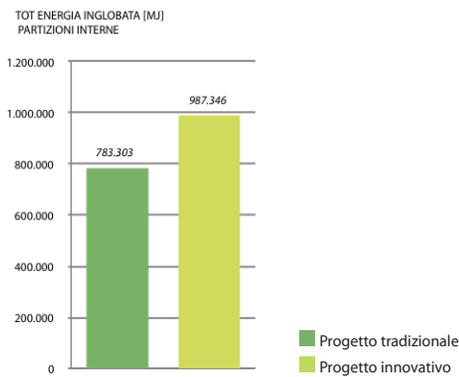
03.02 - Parete attrezzata

Energia inglobata	[MJ]	144.397,90
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	7.498,85

03.03 - Tramezza

Energia inglobata	[MJ]	349.565,13
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	18.107,95

TOT Energia inglobata	[MJ]	987.346,39
TOT CO₂ incorporata	[kgCO₂]	51.067,01



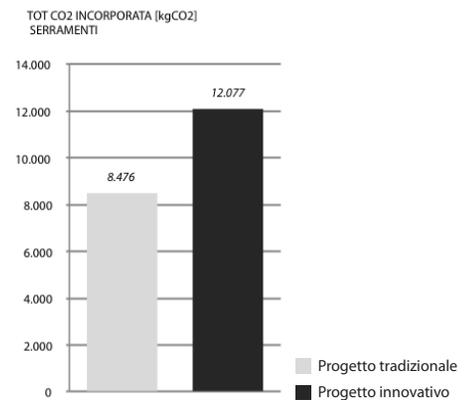
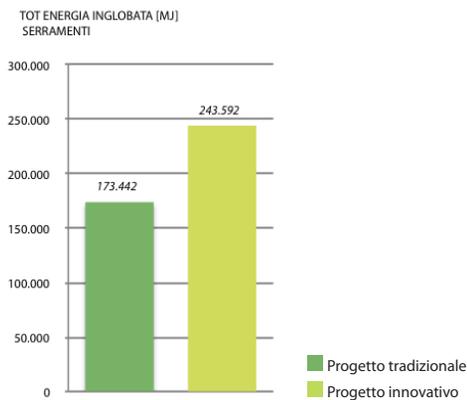
04. CHIUSURE TRASPARENTI

Serramenti in PVC con doppio vetro

Energia inglobata	[MJ]	173.441,68
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	8.475,99

Serramenti in PVC con triplo vetro

Energia inglobata	[MJ]	243.592,37
CO ₂ incorporata	[kgCO ₂]	12.077,24



COMPARAZIONE FINALE

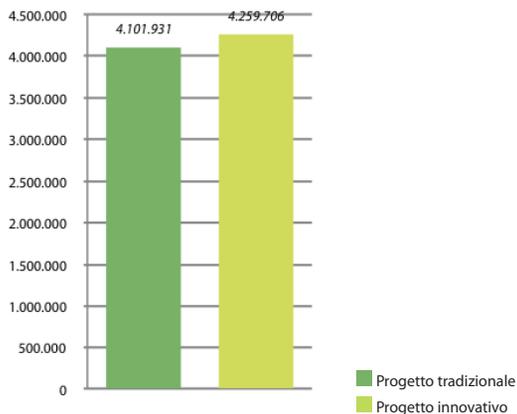
TRADIZIONALE

TOT Energia inglobata soluzione tradizionale	[MJ]	4.101.930,72
TOT CO₂ incorporata soluzione tradizionale	[kgCO ₂]	358.754,62

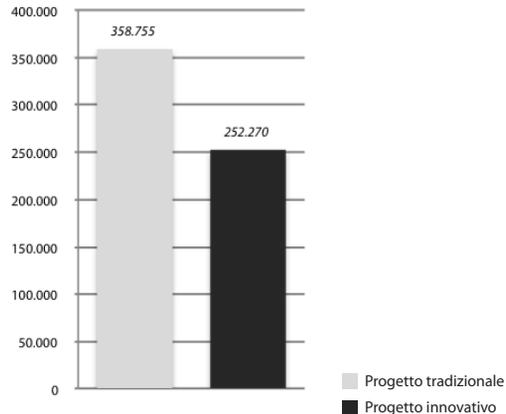
INNOVATIVO

TOT Energia inglobata soluzione innovativa	[MJ]	4.259.705,69
TOT CO₂ incorporata soluzione innovativa	[kgCO ₂]	252.269,88

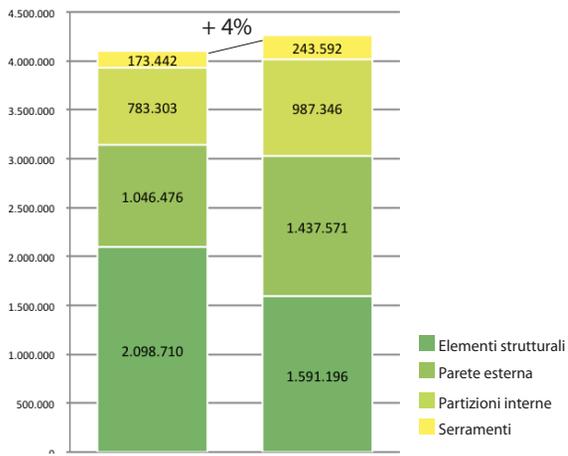
TOT ENERGIA INGLOBATA [MJ]



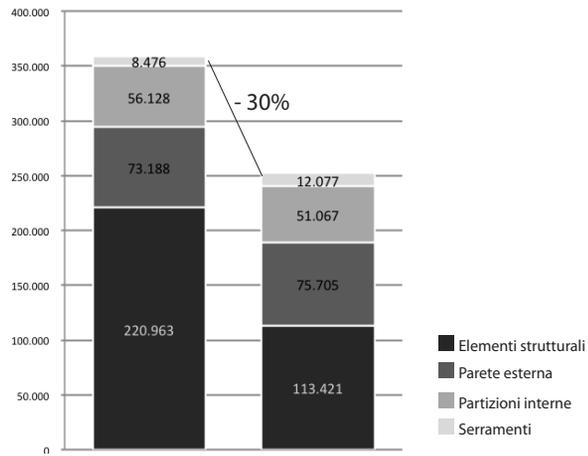
TOT CO₂ INCORPORATA [kgCO₂]



TOT ENERGIA INGLOBATA [MJ] - SCOMPOSIZIONE



TOT CO₂ INCORPORATA [kgCO₂] - SCOMPOSIZIONE



Referenze:

- A. A. BURGESS, D. J. BRENNAN, "Application of life cycle assessment to chemical processes", *Chemical Engineering Science*, nr. 56, 2001, pp. 2589 - 2604;
- M. A. CURRAN, "Life Cycle Assessment: An International Experience", *Environmental Progress*, nr. 19, 2002, pp. 65 - 71;
- G. HAMMOND, C. JONES, *Inventory of Carbon & Energy (ICE), Version 1.6a*, University of Bath, Bath 2008;
- ISO 14040:2006, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*;

02

Life cycle costing: l'economicità degli investimenti di capitale

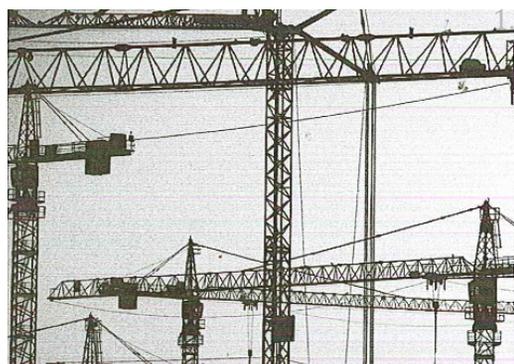
La *life cycle cost analysis* LCC, emersa alla fine degli anni '70 del secolo scorso, è un metodo di valutazione economica estramente efficace. Essa si basa non solo sul costo iniziale d'investimento di un progetto architettonico o di una componente edilizia, come spesso avviene, ma considera anche tutta una serie di costi a lungo termine. Questi sono per esempio i costi associati alla gestione di un edificio o di un sistema tecnologico o i costi riguardanti la manutenzione.

La determinazione del *life cycle cost* LCC è particolarmente adeguato per valutare alternative di progetti, che soddisfano le stesse esigenze, ma in modo diverso. Un ottimo esempio per l'applicazione di un'analisi LCC è rappresentato dai progetti di risparmio e conservazione energetica: la valutazione può determinare

se il costo iniziale maggiore associato ai progetti ad alta efficienza energetica è economicamente giustificato dal punto di vista dell'investitore o meno, tenendo conto della riduzione dei costi di gestione dovuta alla diminuzione del fabbisogno di energia di questi progetti rispetto a soluzioni tradizionali.

Nonostante l'importanza attribuita al metodo economico da parte da tanti autori e ricercatori, la LCCA oggi è presente soprattutto nel mondo accademico. I motivi per la difficile applicazione della valutazione all'interno del settore delle costruzioni è fondamentalmente dovuto alla necessità di dover considerare una moltitudine di gruppi di costi per determinare il LCC, accanto alla mancanza di un'adeguata conoscenza dei processi e meccanismi.

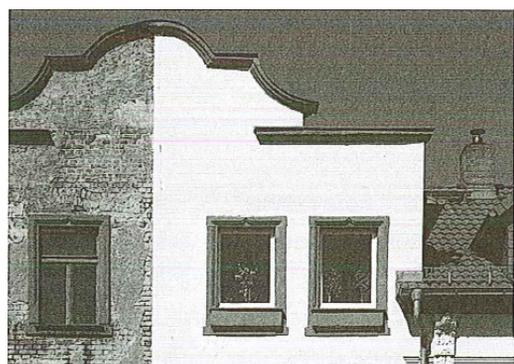
Life cycle costing: l'economicità degli investimenti di capitale



a



b



c



d

2.1 INTRODUZIONE

Il rapporto di qualità-prezzo spesso viene considerato quando un individuo o un'organizzazione sta per fare un acquisto o un investimento. I fattori che determinano l'acquisizione, per esempio, di una nuova macchina piuttosto di un'altra, riguardano una serie di costi come in questo caso il risparmio di carburante, l'assicurazione, la manutenzione, la disponibilità di pezzi di ricambio, ecc. Implicitamente vengono considerati nel processo decisionale i costi di lungo periodo. Inoltre, si potrebbe sostenere che maggiore è il costo di un prodotto, più importante diviene la considerazione proprio di questi costi di lungo termine (BOUSSABAIN & KIRKHAM, 2004). Gli edifici sono un ottimo esempio di acquisti ad alto costo, ma alla determinazione dei costi a lungo termine non viene data l'attenzione necessaria. Spesso all'iniziale costo d'investimento viene conferita una maggiore importanza, questo però coincide solo in piccola parte se andiamo a valutare i costi complessivi di un edificio nel suo ciclo di vita. La società inglese 'Royal Academy of Engineering' afferma che i costi tipici di un edificio per uffici in 30 anni stanno in un rapporto di 1:5:200 rispettivamente tra costi di costruzione, costi di manutenzione e i costi di esercizio (OGC, 2007).

Negli ultimi 30 anni sono stati fatti diversi tentativi per incoraggiare un approccio olistico dei costi, cioè l'approccio dei costi di vita, particolarmente nel Regno Unito, ma con scarso successo. Tra queste tecniche troviamo l'analisi 'Life Cycle Costing' (LCCA), chiamato anche 'Whole Life Costing'. Si tratta di un metodo economico per stabilire il costo totale di possesso, cioè che considera tutti i costi complessivi di progettazione,

2.01
Ciclo di vita di un edificio:
Costruzione, gestione, manutenzione e dismissione

costruzione, gestione, manutenzione e dismissione di un progetto. Il LCCA può essere usato per (EVANS *et alii*, 2010):

- Compiere decisioni d'investimento di capitale determinando la più vantaggiosa variante tra diverse opzioni di progetti architettonici, parti di edifici, componenti edilizi o sistemi tecnici in termini di costi o efficienza economica
- Determinare i *trade-offs* tra costo d'investimento e costi di esercizio
- Stabilire le basi per graduatorie tra due o più alternative di soluzioni per edifici, parti di edifici, componenti o sistemi tecnici
- Creare informazioni addizionali per componenti di edifici e sistemi tecnici da parte del produttore
- Accedere a certificazioni sostenibili (per esempio il *whole life costing* è uno dei punti considerati nella valutazione BREEAM)

I benefici che i metodi LCC o WLCC possono portare al settore delle costruzioni vengono messi in evidenza soprattutto dalla metà degli anni '90. Diversi rapporti, compresi quelli di LATHAM (1994) e EGAN (1998) hanno fortemente sottolineato l'importanza della considerazione del costo a lungo termine delle decisioni progettuali. Non da ultimo oggi l'approccio LCC sta diventando parte integrante del concetto di sostenibilità.

2.2 BACKGROUND STORICO

Prima del 1970, la maggior parte delle figure coinvolte nel mondo della costruzione, come progettisti, committenti, costruttori e sviluppatori, prendeva le decisioni d'investimento di capitale unicamente in base del costo iniziale di investimento. L'idea di includere *tutti* i costi rilevanti connessi all'acquisizione di un bene per un calcolo sistematico dei costi però non è nuova. I pionieri del pensiero del ciclo di vita riguardo ai costi sono i fisiocrati francesi Anne Robert-Jacques Turgot e François Quesnay, i quali, alla fine del XVIII secolo, hanno coniato termini come 'investimento di capitale' e 'rendimenti marginali', evoluti in seguito da Adam Smith, il primo degli economisti classici. L'idea del costo complessivo lungo il ciclo di vita si afferma poi nel XX secolo, dapprima in settori al di fuori di quello delle costruzioni, dove si afferma che spendendo di più in termini di costi di capitale, nel lungo periodo sarebbero stati realizzati notevoli risparmi sui costi rispetto ad un'alternativa economica. Questa scuola di pensiero è conosciuta come 'terotecnologia', ed è in effetti l'inizio di tutta la teoria del ciclo di vita dei costi. All'interno del settore delle costruzioni, tuttavia, la terotecnologia (vedi FIG. 1.02) era in gran parte ignorata. Alcune delle ragioni alla base di questo comprendono l'ignoranza rispetto all'importanza dei costi a lungo termine, la mancanza di dati disponibili e dei meccanismi di raccolta di ultimi, e per il fatto che coloro che fornirono il capitale in generale non avevano alcun interesse sui successivi costi di gestione della costruzione. Nei primi anni del 1970, il termine '*cost-in-use*' inizia a comparire nel settore dell'industria e della letteratura. Questo concetto si riferisce alle spese concernenti il funzionamento di un bene o di un'opera. Anche se non legate specificamente al settore edile, è

stato riconosciuto che i principi alla base del 'cost-in-use' potrebbero essere applicati alla valutazione di edifici. Il concetto però non prendeva in considerazione la necessità di prevedere i costi futuri in modo accurato. Divenne chiaro allora che si doveva sviluppare un metodo per raggiungere questo scopo.

Solo alla fine del 1970 il metodo LCC – *life cycle costing* - è emerso come una soluzione a questo problema. Il LCC favoriva un ampio approccio alla valutazione dei costi, comprendendo tutti i costi a partire dalla costruzione fino alla dismissione finale, cioè considerando tutto il ciclo di vita di un'opera. Nonostante questo, il metodo, nel settore edile, venne scarsamente utilizzato per la mancanza di dati riguardo i costi di manutenzione e di gestione. Quest'assenza di dati si è rivelata l'ostacolo principale risentito da coloro che mostravano disponibilità a impiegare le tecniche del LCC.

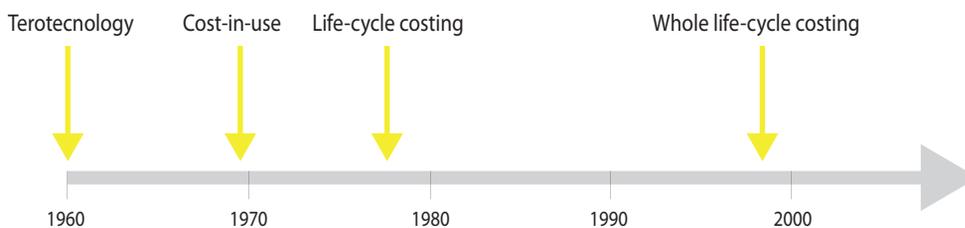
Nel 1977, il 'UK Department of Industry' pubblicò 'Life-cycle costing in the management of assets', testo nel quale si trova una delle prime definizioni di LCC:

'A concept which brings together a number of techniques – engineering, accounting, mathematical and statistical – to take account of all significant net expenditures arising during the ownership of an asset. Life-cycle costing is concerned with quantifying options to ascertain the optimum choice of asset configuration. It enables the total life-cycle cost and the trade-off between cost elements, during the asset life phases to be studied and for their optimum selection use and replacement.'

La ISO 15 686-5 rappresenta oggi lo standard internazionale più attuale per il *life cycle costing*. È parte degli standard ISO 15 686 'Building and constructed assets – Service life planning' e fornisce le definizioni dei principali terminologie utilizzate nonché i principi del metodo economico. Essa definisce il metodo LCC in seguente modo:

'Life-cycle costing is a valuable technique that is used for predicting and assessing the cost performance of constructed assets. Life-cycle costing is one form of analysis for determining whether a project meets the client's performance requirements.'

Le due precedenti definizioni di LCC, anche se di valore legale, sono definizioni vaghe e forse scoraggianti di fronte alla moltitudine di gruppi di costi che possono essere inclusi all'interno



2.02
Sviluppo storico della
LCCA: Dalla terotecnologia
all'approccio moderno
del *whole life-cycle costing*

di ogni categoria di costo, come mostra la FIG. 1.04, pubblicata dall'ISO 15 686-5, che classifica in modo dettagliato i costi di ciclo di vita divisi per tipologia di costi. Tanti ricercatori (BOUSSABAIN&KIRKHAM, 2004) credono che questo sia uno dei motivi principali per cui il metodo di LCC è ancora poco utilizzato all'interno del settore delle costruzioni, accanto alla mancanza di dati di riferimenti per la manutenzione e gestione di un fabbricato. KIRKHAM *et alii* (1999) sostengono che per certi aspetti LCC è rimasto una tecnica accademica, piuttosto che uno strumento pratico e che attualmente l'onere finanziario per la realizzazione di un'analisi LCC supera i benefici sostenuti.

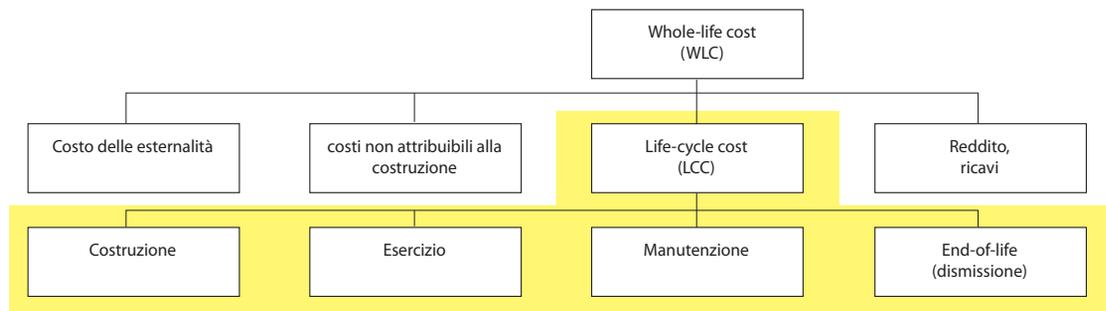
Nonostante questi ostacoli, il metodo è stato e viene applicato in altri settori. Si tratta di un approccio ampiamente utilizzato per i contratti della difesa degli Stati Uniti e Australia (*US Department of Defense 1997, 2001*). L'entità dei costi coinvolti in questi tipi di progetto sottolinea la necessità di un'analisi LCC. Per certi versi, la ricerca ha dimostrato che il LCC viene applicata solo a progetti di costo di capitale molto alto (SMITH, 1999).

Verso la fine del 1990 emergono i concetti di

'*whole life costing*' (WLC) e '*whole life-cycle costing*' (WLCC). Questo concetto, che considera il ciclo di vita in senso più ampio rispetto al metodo LCC, viene riconosciuto anche dalla ISO 15 686-5 (FIG. 1.03). Nonostante questo riconoscimento dalla norma internazionale ancora oggi esiste un acceso dibattito da parte di professionisti e ricercatori sulla differenza tra i concetti di LCC e WLCC. Secondo alcune definizioni il WLCC tiene conto dei costi di gestione e di funzionamento lungo l'intera vita di un edificio al contrario di un determinato periodo di studio (BOUSSABAIN & KIRKHAM, 2004). Altri invece sostengono che WLCC è semplicemente un sinonimo di LCC:

'...Theoretically speaking, there is no difference between LCC and WLCC. Each sector adopts a different term. For example, the manufacturing and military [sectors] use LCC, whilst the construction industry may use WLCC and...oil, gas and prime contracting [companies] use through life cost (TLC). However, in the concept of the Private Finance Initiative (PFI), LCC means life-cycle replacement cost which is a part of WLC.'

Per non complicare il seguente studio di analisi sui costi si farà riferimento alla terminologia LCC. Attualmente l'applicazione del metodo



Life cycle costs in the wider sense (whole-life cost, WLC)

1. Other costs not directly attributable to the building (non-construction costs)

	Examples of cost types
<input type="checkbox"/> Cost of the land and preparation of the plot	Plot price (construction site and any existing buildings)
<input type="checkbox"/> Finance costs	Interest or other financing costs and further financial instruments
<input type="checkbox"/> Costs of strategic property management	Includes internal resources, real estate/property management/general inspections, purchase, sale, moving in and out
<input type="checkbox"/> Utility charges	General charges, parking fees, charges for communal amenities
<input type="checkbox"/> Administration costs	E. g. costs of reception, information counter, telephone switchboard, IT, library, catering, vending machines, workplace equipment, furniture, plants (plant care and maintenance), stationery, waste disposal, janitorial and portering services, security, internal alterations to information and communications technology, winter maintenance
<input type="checkbox"/> Taxes	Taxes for non-building-related costs
<input type="checkbox"/> Miscellaneous costs	

2. Income and revenue (income)

<input type="checkbox"/> Income and revenue from sales	Residual value on the sale of portions of the site, construction equipment, surplus materials, including subsidies, grants etc.
<input type="checkbox"/> Salaries of third parties during operation	Rent and ancillary costs
<input type="checkbox"/> Taxes to be paid on income and revenue	E. g. on land transactions
<input type="checkbox"/> Interruptions in operation	Non-availability, loss of income
<input type="checkbox"/> Other income and revenue	

3. Costs in conjunction with external effects (externalities)

4. Life cycle cost in the narrower sense (life cycle cost, LCC)

a) Building costs (construction)

<input type="checkbox"/> Costs of design and technical consultancy services	Project design and engineering services, official approvals
<input type="checkbox"/> Costs of plot	Site clearance
<input type="checkbox"/> Construction costs	Including infrastructure, fixed installations, internal fit-out, commissioning, asset valuation and handover
<input type="checkbox"/> Costs of first modification or renovation	Including infrastructure, fixed installations, internal fit-out, commissioning, asset valuation and handover
<input type="checkbox"/> Taxes	Taxes on construction products and services, (e. g. VAT)
<input type="checkbox"/> Miscellaneous costs	

b) Operating costs

<input type="checkbox"/> Rent	
<input type="checkbox"/> Insurance	For building owner and/or user
<input type="checkbox"/> Costs of external monitoring	Fire inspections (fire safety and escape routes)
<input type="checkbox"/> Supply and disposal services	Including fuel for heating, cooling, electricity, lighting, fresh water and waste water charges
<input type="checkbox"/> Taxes	E. g. land taxes, community charges, environmental charges
<input type="checkbox"/> Miscellaneous costs	

c) Cost of cleaning, care and maintenance

<input type="checkbox"/> Costs of care and maintenance management	Regular inspections, planning of the necessary measures, management/award of planned maintenance contracts
<input type="checkbox"/> Costs of modification or renovation during building operation	Including infrastructure, internal fit-out, commissioning, acceptance and handover
<input type="checkbox"/> Costs of repair and refurbishment of minor components and parts of systems	Defined by the value, the size of the system parts, contractual conditions
<input type="checkbox"/> Costs of renewal of systems replacement of major components	Including associated design and project management
<input type="checkbox"/> Costs of building cleaning	Including routine, regular cleaning and periodic special cleaning measures
<input type="checkbox"/> Costs of care and maintenance of external facilities	Within the boundaries of the plot
<input type="checkbox"/> Costs of internal refurbishment, incl. redecoration, refit etc.	Including routine periodic and special internal refurbishment measures
<input type="checkbox"/> Taxes	Taxes on care and maintenance goods and services
<input type="checkbox"/> Miscellaneous costs	

d) Costs at the end of the service life (end of life)

<input type="checkbox"/> Costs of technical reports	End condition reports
<input type="checkbox"/> Costs of demolition and disposal	Including disposal of materials and site clearance
<input type="checkbox"/> Costs of reinstatement to the contractually agreed state	Costs of compliance with the contractual conditions applicable at the end of the contract
<input type="checkbox"/> Taxes	Taxes on goods and services
<input type="checkbox"/> Miscellaneous costs	

LCC o WLCC nel settore delle costruzioni è ancora ostacolata in modo significativo dalla mancanza di metodi standard e la mancanza di dati attendibili riguardo i costi di gestione e manutenzione. Una ricerca pubblicata dall' 'UK Building Research Establishment' (CLIFT & BOURKE, 1998) sul whole life costing individua diversi 'fattori barriere' ad un'applicazione diffusa dell'analisi LCC:

- Mancanza di metodi internazionali e formati standard per il calcolo dei costi durante il ciclo di vita
- Difficoltà d'integrazione delle strategie operative e di manutenzione in fase di progettazione di un'opera
- Mancanza di una database attendibile sui costi di gestione e manutenzione, incoerenza dei dati
- Necessità di una database *indipendente* sulle prestazioni e costi di gestione e manutenzione di componenti di edifici

Queste barriere possono essere direttamente connesse alla mancanza di un'adeguata conoscenza dei processi e dei meccanismi del LCC. BOUSSABAIN & KIRKHAM (2004) sostengono che esiste anche una mancanza di volontà dalle parti interessate ad istituire meccanismi appropriati per risolvere questi problemi. Se, per esempio – così dicono gli autori – tutti gli inquilini di un edificio fossero tenuti a presentare annualmente profili di costi di gestione, il rischio associato a tecniche di LCC potrebbe essere significativamente ridotto.

Concludendo possiamo affermare che esiste una serie di modelli LCC, ma essi sono presenti soprattutto nel mondo accademico. Attualmente esiste una mancanza di informazioni adeguate o

know-how da utilizzare per applicare in pratica i modelli teorici e così come casi pratici di riferimento da seguire.

2.3 PERCHÉ UTILIZZARE IL METODO LCC?

L'analisi *Life cycle cost* è un metodo economico di valutazione di progetti che considera tutti i costi connessi al possesso, gestione, manutenzione e dismissione del progetto ritenuti rilevanti. LCCA è particolarmente adeguato per valutare alternative di progetti di edifici, i quali soddisfano una certa esigenza o prestazione (per esempio sicurezza, trasmittanza o consumo energetico), ma che si differenziano per il costo d'investimento o per altri tipi di costi (costi di manutenzione, gestione, dismissione – vedi CAP. 3 per approfondimento) diversi. LCCA può essere utilizzato per qualsiasi decisione d'investimento nella quale costi iniziali d'investimento iniziali più alti devono essere giustificati e confrontati ai costi futuri.

Un ottimo esempio per l'applicazione di un'analisi LCC è rappresentato dai progetti di risparmio e conservazione energetica: esiste una moltitudine di possibilità riguardo la tecnologia e i sistemi tecnici per aumentare l'efficienza energetica di un edificio. Pensiamo per esempio come la riduzione della trasmittanza dei pacchetti tecnologici di pareti esterne, solai contro terra o tetti possa ridurre le perdite di calore durante le stagioni invernale e gli apporti solari durante l'estate. Pensiamo poi ai sistemi tecnici di riscaldamento e condizionamento che, producendo un livello di

2.04

Tipologie di costi: I costi del ciclo di vita secondo la ISO 15686-5

comfort simile per gli inquilini di un edificio, si distinguono notevolmente per le loro prestazioni e consumo di energia. Quando questi progetti di conservazione energetica aumentano il costo iniziale d'investimento di una nuova costruzione o di un progetto di ristrutturazione, il metodo LCC può determinare se il dispendio maggiore è economicamente giustificato dal punto di vista dell'investitore o meno, considerando la riduzione dei costi di energia durante il ciclo di vita dell'edificio o durante un altro periodo di studio.

È importante sottolineare che il LCCA si presta

particolarmente per la valutazione di alternative di progetti che soddisfano le stesse esigenze, ma in modo diverso. Per esempio, la coibentazione termica di una parete esterna o di una copertura può essere installata su un'ampia gamma di valori di spessore e trasmittanza termica. È disponibile una notevole varietà di finestre e infissi con un'efficienza di isolamento termico e di protezione solare differente. In questi casi il metodo LCC può essere usato per identificare la proposta con il miglior rapporto efficacia-costi. Di solito la proposta individuata dall'analisi si caratterizza per il minor *life cycle cost*.



2.05

LCCA può essere usato anche per individuare il miglior investimento o stanziamento di finanziamenti tra investimenti di capitale indipendenti quando non è possibile finanziare tutti i progetti presenti contemporaneamente. In questi casi l'applicazione del metodo LCC comporta la creazione di una graduatoria dei progetti secondo il loro *'Savings-to-Investment Ratio'* (SIR) o secondo l'AIIR, il *'Adjusted Internal Rate of Return'*, misure supplementari di valutazione della prestazione economica basati sul LCCA.

LCCA è un metodo di analisi economica molto efficace. Come tale richiede maggiori informazioni rispetto ad analisi basati unicamente sul costo d'investimento o costi di breve termine. Inoltre richiede la comprensione di concetti economici come per esempio *'cash flow'*, *'contant/current dollars'*, e differenti tassi di interesse, concetti che approfondiremo fra poco.

2.05

Valutazione economica
LCC: L'analisi permette di individuare una serie di misure economiche, in modo da poter scegliere l'investimento con il miglior rapporto efficacia-costi

Referenze:

- A. BOUSSABAIN, R. J. KIRKHAM, *Whole Life-cycle Costing: Risk and Risk Responses*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford 2004;
- M. CLIFT, K. BOURKE, *Study on Whole Life Costing for the Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR)*, Building Research Establishment, Watford 2009;
- J. EGAN, *Rethinking Construction. The report of the Construction Task Force to the Deputy Prime Minister, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction*, Department of Trade and Industry, The Stationery Office, London 1998;
- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;
- R. J. KIRKHAM, "Developing a Framework for Whole of Life Costing", *Construction Cost Engineering Research Unit*, nr. 2, 2000, pp. 567 - 576;
- M. LATHAM, *Constructing the Team. Final report of the government/industry review of procurement and contractual arrangements in the UK construction industry*. Department of the Environment, The Stationery Office, London 1994;
- OGC, *Whole-life costing and cost management Achieving Excellence in Construction Procurement Guide*, London 2007;
- D. K. SMITH, *Total life-cycle cost. Proceedings of the 8th International Conference on the Durability of Building Materials and Components*, National Research Council Press, Canada 1999;
- OGC, *Whole-life costing and cost management Achieving Excellence in Construction Procurement Guide*, London 2007;

03

Principi economici dell'analisi life cycle costing

Prima di applicare una *life cycle analysis* è necessario prendere una serie di decisioni iniziali. Il metodo economico sta in un rapporto reciproco con il progetto architettonico da valutare e le aspettative del cliente: saranno loro a dettare lo scopo dell'analisi, la sua complessità e livello di analisi, l'identificazione dei fattori da considerare e il periodo di studio. Inoltre, la LCCA permette di determinare, accanto al *life cycle cost*, una serie di altre misure economiche come per esempio il rapporto tra risparmi e investimento SIR, permettendo in questo modo il confronto tra opzioni di investimento diversi.

La determinazione delle diverse misure economiche richiede la conoscenza di una serie di concetti matematico-economici. La definizione di nozioni econo-

miche base, come per esempio il tasso d'interesse, il tasso d'attualizzazione o il metodo di valore attuale netto VAN, deve essere chiara per poter comprendere e controllare tutti i processi e meccanismi di una LCCA. È importante sottolineare, che l'attualizzazione dei costi associati all'utilizzo di energia non segue le stesse leggi economiche come lo fanno articoli di commercio comuni. È necessario utilizzare un tasso d'interesse speciale per valutare i costi dell'energia, il quale viene pubblicato annualmente dal *Department of Energy* DOE americano.

È cioè di importanza primaria conoscere i vari metodi di attualizzazione per portare tutti i costi e benefici futuri allo stesso momento temporale e per eseguire in modo corretto l'analisi economica di LCC.

Principi economici dell'analisi life cycle costing

3.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Il metodo di analisi economica di *life cycle cost* (LCC) è l'elemento base del LCCA. Il metodo LCC, come viene applicato in questo studio seguendo le linee guida date dal DOE (*U.S. Department of Energy*) nel '*Life-cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*' e dal ISO 15 686-5 - '*Life Cycle Costing*', è utilizzato per calcolare il costo di ciclo di vita di due o più alternative di progetti architettonici o sistemi edilizi. Il LCC è la somma dei costi di possesso, gestione, manutenzione e dismissione delle proposte progettuali da analizzare durante un certo periodo di studio, con tutti i costi rettificati (attualizzati) in modo da riflettere il valore attuale del denaro. Ma il costo di vita è poco significativo se viene determinato per la valutazione di un unico progetto. È particolarmente utile quando vengono comparate diverse proposte progettuali che sono in grado di eseguire la stessa funzione, in modo da individuare quale proposta possiede il miglior rapporto efficacia/prezzo per il suo scopo. Questa proposta è nominata '*mutually exclusive alternative*' e costituisce l'alternativa individuata per l'esclusione a vicenda tra due o più progetti.

Quando si calcola il LCC di un progetto architettonico, tutti i costi vengono generalmente scontati al loro valore attuale (*present-value*) utilizzando come tasso di attualizzazione l'indice di redditività del capitale investito (*rate of return ROR* o *return on investment ROI*) minimo accettabile da parte dell'investitore. Questo metodo, denominato '*present-value method*', sarà utilizzato per questo studio.

Esistono altre tre misure di prestazione economica basati sul metodo di calcolo della LCCA

per valutare progetti o sistemi architettonici. Essi sono:

- **Net Savings NS** (Risparmio netto): Si tratta del valore attuale dei risparmi dovuti alla gestione meno il valore attuale del costo d'investimento iniziale aggiuntivo.

Questa misura viene determinata per valutare vantaggi, soprattutto quando essi si presentano sotto forma di riduzione dei costi. Un progetto è considerato conveniente se il net saving è positivo. Il presente metodo può anche essere usato per confrontare opzioni di investimento. Scegliere la proposta con il valore di net savings più alto corrisponde alla proposta del LCC più basso tra opzioni diverse.

- **Savings-to-Investment Ratio SIR** (rapporto tra risparmi e investimento): Il SIR è il rapporto tra il valore attuale dei risparmi connessi alla gestione di una proposta progettuale e il valore attuale del costo d'investimento aggiuntivo attribuibile a tale opzione.

Questa misura può essere utilizzata per determinare se un investimento è efficace dal punto di vista dei costi (il SIR deve essere maggiore di 1) o per selezionare tra opzioni diverse, scegliendo la proposta con il SIR più alto. La determinazione può essere utilizzata inoltre per decidere il finanziamento di un progetto, quando non sono presenti abbastanza stanziamenti per finanziare più di un progetto contemporaneamente.

- **Adjusted Internal Rate of Return AIRR** (Tasso di rendimento interno corretto): Que-

sta misura è la tasso di interesse composta, la quale, quando è usata per attualizzare i costi e i benefici di un certo periodo di studio, rende i costi pari ai benefici reinvestendo il cash flow con un specifico tasso di interesse.

Usando l'AIRR è possibile determinare il tasso di attualizzazione che genera un *net present value* pari a zero. AIRR può allora essere utilizzato per classificare investimenti di scala diversa e modelli di cash flow nel tempo. Se tutti i cash flows risultano essere negativi, allora la misura non può essere calcolata.

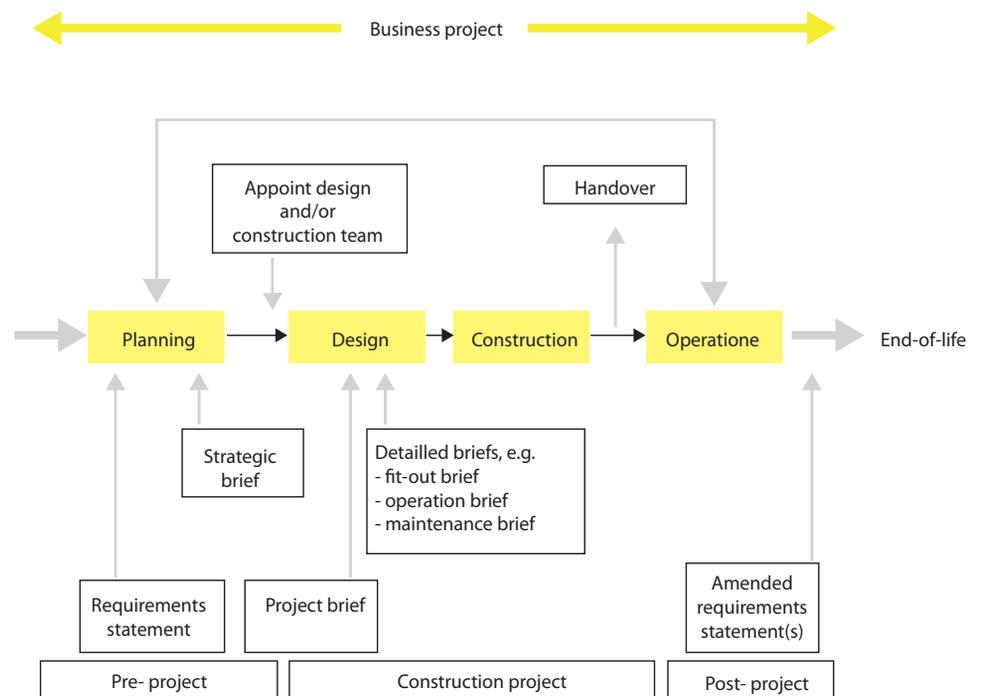
Per quest'analisi si determinerà il valore di LCC. Le altre misure economiche non saranno determinate.

3.2 ORGANIZZAZIONE PRINCIPALE DELL'ANALISI

Un'analisi LCC può variare ampiamente in termini di complessità. Le caratteristiche e peculiarità di ogni singolo progetto andranno a dettare il livello di complessità richiesta per la LCCA e la sua documentazione. Qualunque sia la sua complessità, è di fondamentale importanza, sin dall'inizio, definire l'obiettivo, l'assetto, il livello e il periodo di analisi:

- Identificare l'obiettivo dell'analisi

Il primo passo da intraprendere in un'analisi di life cycle costing è l'identificazione dei fattori che devono essere analizzati. È importante capire come l'analisi sarà utilizzata in seguito e che tipo di decisione deve essere fatta nell'impostare l'analisi e nel decidere il



3.01

Obiettivo dell'analisi: Obiettivi e scopi vengono dichiarati dal cliente attraverso dei brief, che possono essere adattati a seconda della fase di progettazione

3.01

metodo di valutazione economica. Fondamentale nel definire lo scopo e l'assetto della LCCA sono le intenzioni e obiettivi dichiarati da parte del cliente. Questo può avvenire tramite un brief iniziale, che può essere riesaminato man mano che avanza la progettazione. Vari documenti di briefing possono essere prodotti in fasi di progettazione diverse, e le richieste identificate possono essere correlate alla rispettiva fase del ciclo di vita come è possibile comprendere dalla Fig. 3.01.

- **Determinare il livello di analisi**

Poiché un'analisi economia richiede sia risorse di tempo che di denaro, l'impegno deve essere relazionato alle necessità del progetto. Il livello di analisi può variare da uno studio superficiale (back-to-the-envelope) a un'analisi dettagliata con dati di input accuratamente ricercati e documentati in modo completo e minuzioso.

La ISO 15686-5 individua 3 livelli di analisi principali, quali l'analisi strategica, quella sistemica e l'analisi dettagliata. Sempre questa normativa propone per la valutazione di due o più opzioni progettuali l'analisi strategica come livello di indagine.

- **Definire il periodo di analisi**

Il periodo di analisi per una LCCA è il periodo nel quale i costi e benefici riguardo una decisione di investimento di capitale sono di interesse per un investitore. Esso viene cioè definito in base alle esigenze del cliente. Siccome investitori differenti possiedono prospettive temporali diverse per progetti d'investimento di capitale, non esiste il periodo giusto di studio per un progetto. Importante è utilizzare lo stesso periodo di studio per valutare alternative di progetti architettonici permettendo una

comparazione tra essi.

Oltre alle esigenze implicite del cliente possono essere presi in considerazione altri fattori:

-il periodo di prevedibile necessità o occupazione della costruzione (il ciclo di vita). Secondo la ISO 15686-5 questo periodo di studio è quello preferito e qualora lo studio si riferisca ad un periodo più breve, questo deve essere indicato in modo esplicito nella documentazione. La norma permette quindi periodi di studio anche superiori ai 100 anni, considerando questo valore però come valore limite per la LCCA (pp.17):

'Where the life cycle is longer than 100 years, the period used in calculations can be 100 years (by agreement) as the calculation is unlikely to be significantly affected beyond this point.'

Il DOE invece, come si può leggere nel *Handbook 135*, permette per la LCCA dei progetti appartenenti al FEMP un periodo di studio massimo di 25 anni più il periodo di progettazione e costruzione (pp.12):

'The current maximum service period for a FEMP LCCA (...) is 25 years. The maximum study period is therefore 25 years plus the P/C period.'

Solo recentemente la norma 'Section 441 of the Energy Independence and Security Act of 2007 (EISA)' aumenta il periodo di studio per condurre FEMP LCCA da 25 anni a 40 anni, aggiungendo sempre a questi il periodo di progettazione e costruzione (P/C period). Questo periodo, in confronto all'intero ciclo di vita di un edificio, coincide con il periodo entro quale l'investimento di capitale deve essere ammortizzato. Inoltre, un periodo più breve comporta una notevole riduzione dei rischi di valutazione. Questo fatto deve essere conside-

3.02

I CERTIFICATI BIANCHI

I certificate bianchi CB o Titoli di Efficienza Energetica TEE sono titoli che certificano i risparmi energetici conseguiti attraverso la realizzazione di specifici interventi di risparmio energetico e vengono emessi dal gestore del mercato elettrico.

Si tratta di un sistema di incentivazione innovativo istituito in Italia con i D.M. 20 luglio 2004 emanati dal Ministero per le attività produttive di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio ed entrati in vigore nel gennaio 2005. L'obiettivo che si propongono i decreti è quello di conseguire alla fine del primo quinquennio di applicazione (2005-2009) un risparmio di energia pari a 2,9 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) all'anno, valore equivalente all'incremento annuo dei consumi nazionali di energia registrato nel periodo 1999-2001. La riduzione dei consumi complessivi nazionali di energia concorrerà al conseguimento degli obiettivi di riduzione del gas serra in relazione agli impegni assunti dall'Italia nell'ambito del Protocollo di Kyoto. I certificati bianchi consistono in titoli acquistabili e successivamente rivendibili il cui valore è stato originariamente fissato a 100€/tep, valore soggetto a variazioni stabilite anche in funzione dell'andamento del mercato. Il valore energetico di un tep è comparabile col consumo annuale di energia elettrica di una famiglia media. La compravendita di questi titoli avviene tramite contratti bilaterali. La possibilità di scambiare titoli di efficienza energetica consente ai distributori che incorrerebbero in costi marginali relativamente elevate per il risparmio di energia attraverso la realizzazione diretta di progetti, di acquistare titoli di efficienza energetica da quei soggetti che invece presentano costi marginali di risparmio energetico relativamente inferiori e che pertanto hanno convenienza a vendere i propri titoli sul mercato.

Possono ottenere i TEE:

- I distributori di energia elettrica e gas naturali (I distributori con più di 100.000 clienti sono soggetti obbligati)
- Società controllate dai distributori di energia elettrica e di gas naturale
- Soggetti volontari (ESCO) accreditate dall'Autorità all'utilizzo del sistema telematico per l'invio delle richieste di verifica di certificazione dei risparmi energetici

Esistono tre differenti tipologie di titoli:

- per il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica

3.02

Certificati bianchi: Esempio per un periodo di studio imposto da una concessione

- per il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi finali di gas naturale
- per il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi diversi come per esempio la riduzione dei consumi finali di altri combustibili

La soglia minima per il conseguimento del certificato bianco varia in funzione della tipologia di progetto sottoscritto e può consistere da un minimo di 25tep annui (progetti standardizzati) a un massimo di 200tep annui (progetti a consuntivo). Il periodo di concessione generale per gli interventi di risparmio energetico è di 5 anni, mentre per gli interventi di isolamento termico degli edifici e di architettura bioclimatica il periodo di concessione è di 8 anni.

rato soprattutto quando vengono valutati i costi di gestione riguardo progetti di risparmio e conservazione energetica.

- un periodo determinato da un contratto per esempio un contratto per la manutenzione di un bene o di un mutuo. Un altro esempio di periodo imposto attraverso un contratto o concessione sono i certificate bianchi (vedi FIG. 3.02).
- Un periodo di studio standard utilizzato per valutare investimenti effettuati da un'organizzazione o impresa

Per qualsiasi arco temporale preso in considerazione per la LCCA, il periodo di studio inizia sempre con il *date base* (data base) e include il periodo di progettazione/costruzione (se viene considerato) e il periodo di gestione (*service period*).

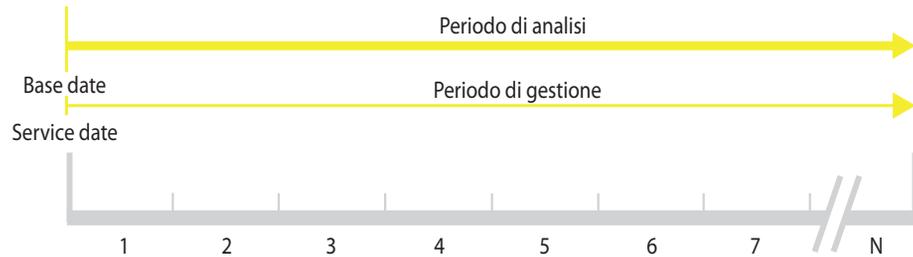
La *base date* è il punto temporale al quale vengono scontati tutti i costi e benefici prodotti da un dato progetto di una LCCA. Esso coincide di solito con il primo giorno del periodo di analisi. Il metodo più semplice per selezionare la *base date* per una valutazione è la dichiarazione un anno di riferimento, per esempio il 2010. Questa decisione

comporta che i costi d'investimento si riferiscano all'inizio di quest'anno e che tutti i costi futuri si riferiscano altrettanto ad un certo anno senza assegnarle loro una particolare data. Se l'analisi di LCC lo richiede, è comunque possibile specificare un giorno esatto sia per la *date base* che per tutti i costi futuri. Nel caso che i costi futuri vengano specificati per anno conviene attualizzare questi costi dalla fine dell'anno nel quale si verificano. È importante sottolineare che i cosiddetti 'costi irrecuperabili' (*sunk costs*) non devono essere inclusi in una LCCA. I costi irrecuperabili o costi affondati sono quei costi in cui si è già incorso

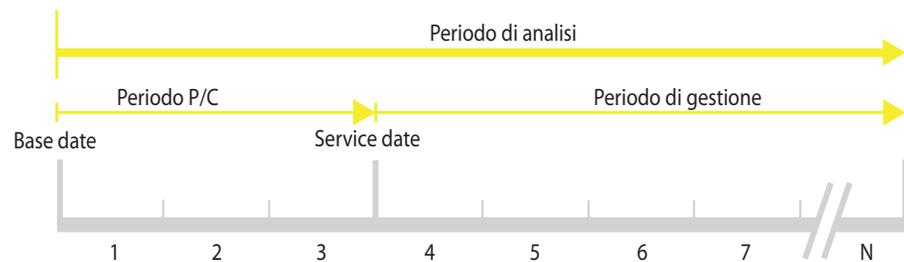


3.03

Service Date: Essa coincide con la data della presa in gestione di un edificio



3.04



3.05

e che non possono essere recuperati in alcuna maniera significativa. Prodotti prima della data base, essi non influenzano il LCC.

La *service date* (data dell'inizio del periodo di gestione) è quella data nella quale si prevede la presa in gestione del progetto. Per semplificare la LCCA conviene attribuire tutti i costi iniziali d'investimento alla data base e la presa in gestione immediata dell'edificio o progetto. In questo caso, la *date base* e la *service date* coincidono, come mostrato in FIG. 3.04. In un'analisi più complessa, la *service date* può accadere in un punto temporale posteriore della *date base*, come si può comprendere dalla FIG. 3.05.

Il periodo di progettazione e costruzione (*planning/construction P/C period*) si presenta qualora esista uno sfasamento temporale tra la *date base* e la *service date*. Il *P/C period* coincide proprio con questo sfasamento (vedi sempre FIG. 3.05).

3.2 METODI DI VALUTAZIONE

La *life cycle cost analysis* è una valutazione economica dinamica, che in confronto a metodi statici, tiene conto dell'accadimento di costi e benefici nel tempo. I costi risultanti da un dato investimento non avvengono allo stesso punto temporale. È però necessario, per potere considerare questi costi e benefici in una LCCA, di attualizzarli al loro valore attuale (*present value*). Il punto temporale del valore attuale coincide con la data base dell'analisi. Il metodo correlato al *present value* è il cosiddetto *Net present value method NPV* (FIG. 3.10), il metodo di valore attuale netto VAN, conosciuto anche come metodo del tasso di redditività attualizzato. Con questo metodo, che è la base di una serie di strumenti usati nel campo di real estate, si attualizzano (cioè si riducono ad un unico momento temporale) i redditi futuri derivanti dall'investimento, in modo da permettere

3.04

Periodo di studio: *Base date* e *service date* coincidono

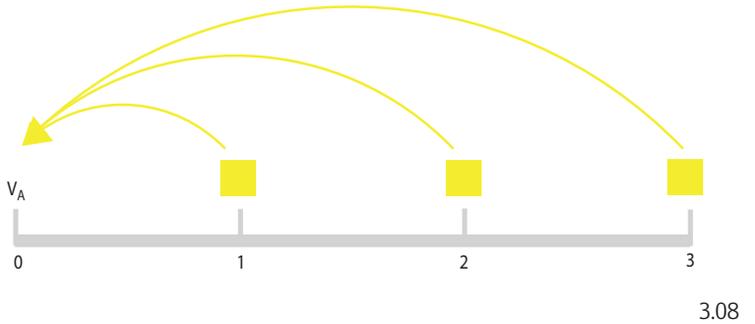
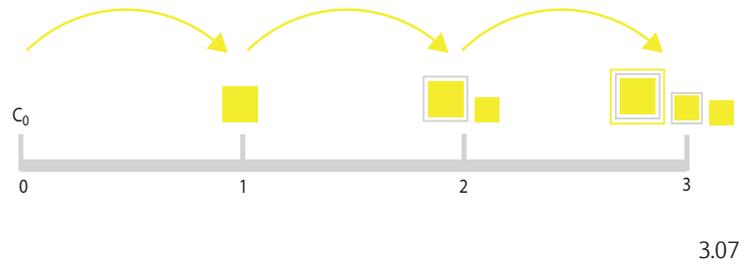
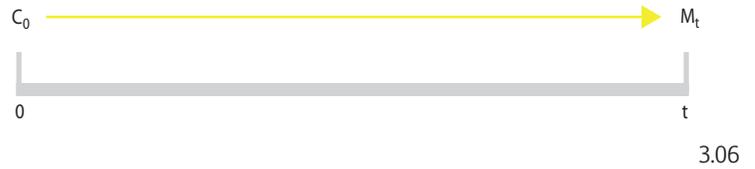
3.05

Periodo di studio: *Base date* e *service date* sono sfasati temporalmente; questo periodo coincide con il *P/C period*

una comparazione di progetti alternativi. Con esso si può valutare anche l'accettabilità di ciascun progetto, cioè stabilire se la sua redditività attualizzata sia superiore al costo del capitale. Come criterio di accettazione di un investimento si considerano accettabili tutti i progetti che possiedono un VAN positivo. Questi progetti generano ricchezza per l'impresa o l'investitore. Nel caso di comparazione d'investimenti diversi sarà da preferire l'investimento con il VAN positivo più elevato. Questo metodo presenta anche la base della LCCA. Per comprendere meglio il metodo è necessario introdurre una serie di definizioni economiche, come il tasso d'interesse, il tasso di attualizzazione e i diversi metodi matematici di valutazione per poter determinare il present value di costi e benefici futuri:

- **Il tasso d'interesse:** Esso rappresenta la misura dell'interesse su un prestito (vedi Fig. 3.09). È l'importo della remunerazione spettante al prestatore. Viene espresso come una percentuale per un dato periodo di tempo e indica quanta parte della somma prestata debba essere corrisposta come interesse al termine del tempo considerato o, da un altro punto di vista, indica il costo del denaro. Il debitore, infatti, ricevendo una somma di denaro, si impegna a pagare una somma superiore a quella ricevuta. La differenza costituisce l'interesse, che viene solitamente calcolato in percentuale sulla somma prestata. Tale percentuale costituisce il tasso d'interesse. Esso è variabile anche in funzione della moneta di riferimento, del rischio connesso alla solvibilità del debitore e della lunghezza del periodo di riferimento. Il tasso d'interesse è caratterizzato anche dal cosiddetto regime di capitalizzazione degli interessi, che può essere semplice o composto. L'interesse viene detto semplice (FIG. 3.06) quando è proporzionale al capitale

- 3.06 Tasso d'interesse semplice: L'interesse è proporzionale al capitale e al tempo
- 3.07 Tasso d'interesse composto: L'interesse del capitale produce anch'esso un valore aggiuntivo
- 3.08 Fattore di attualizzazione: Tutti i costi e benefici vengono riportati al punto temporale 0
- 3.09 Fattori annuali per i tassi d'interesse



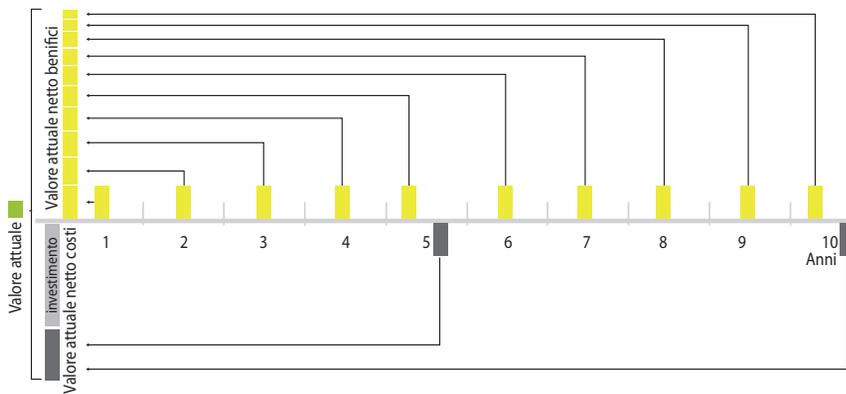
Tempo (anni)	Fattori annuali per un tasso d'interesse di								
	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%
1	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100
5	0.212	0.218	0.225	0.231	0.237	0.244	0.250	0.257	0.264
10	0.111	0.117	0.123	0.130	0.136	0.142	0.149	0.156	0.163
15	0.078	0.084	0.090	0.096	0.103	0.110	0.117	0.124	0.131
20	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087	0.094	0.102	0.110	0.117
25	0.051	0.057	0.064	0.071	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110
30	0.045	0.051	0.058	0.065	0.073	0.081	0.089	0.097	0.106
40	0.037	0.043	0.051	0.058	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102
50	0.032	0.039	0.047	0.055	0.063	0.072	0.082	0.091	0.101
60	0.029	0.036	0.044	0.053	0.062	0.071	0.081	0.091	0.100
70	0.027	0.034	0.043	0.052	0.061	0.071	0.080	0.090	0.100
80	0.025	0.033	0.042	0.051	0.061	0.070	0.080	0.090	0.100
90	0.024	0.032	0.041	0.051	0.600	0.070	0.080	0.090	0.100
100	0.023	0.032	0.041	0.050	0.600	0.070	0.080	0.090	0.100

3.10

Metodo di valutazione:
Net Present Value Method

3.11

Fattori di attualizzazione



3.10

Tempo (anni)	Fattori di attualizzazione (present value of annuity factor) per un tasso di attualizzazione di								
	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%
1	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91
5	4.71	4.58	4.45	4.33	4.21	4.10	3.99	3.89	3.79
10	8.98	8.53	8.11	7.72	7.36	7.02	6.71	6.42	6.14
15	12.85	11.94	11.12	10.38	9.71	9.11	8.56	8.06	7.61
20	16.35	14.88	13.59	12.46	11.47	10.59	9.82	9.13	8.51
25	19.52	17.41	15.62	14.09	12.78	11.65	10.67	9.82	9.08
30	22.40	19.60	17.29	15.37	13.76	12.41	11.26	10.27	9.43
35	25.00	21.49	18.66	16.37	14.50	12.95	11.65	10.57	9.64
40	27.36	23.11	19.79	17.16	15.05	13.33	11.92	10.76	9.78
45	29.49	24.52	20.72	17.77	15.46	13.61	12.11	10.88	9.86
50	31.42	25.73	21.48	18.26	15.76	13.80	12.23	10.96	9.91
60	34.76	27.68	22.62	18.93	16.16	14.04	12.38	11.05	9.97
70	37.50	29.12	23.39	19.34	16.38	14.16	12.44	11.08	9.99
80	39.74	30.20	23.92	19.60	16.51	14.22	12.47	11.10	10.00
90	41.59	31.00	24.72	19.75	16.58	14.25	12.49	11.11	10.00
100	43.10	31.60	24.50	19.85	16.62	14.27	12.49	11.11	10.00

3.11

e al tempo. Ovvero gli interessi, maturati da un dato capitale nel periodo di tempo considerato, non vengono aggiunti al capitale che li ha prodotti (capitalizzazione) e, quindi, non maturano a loro volta interessi. Esso è definito in seguente modo:

$$M_t = C_0 + I_t$$

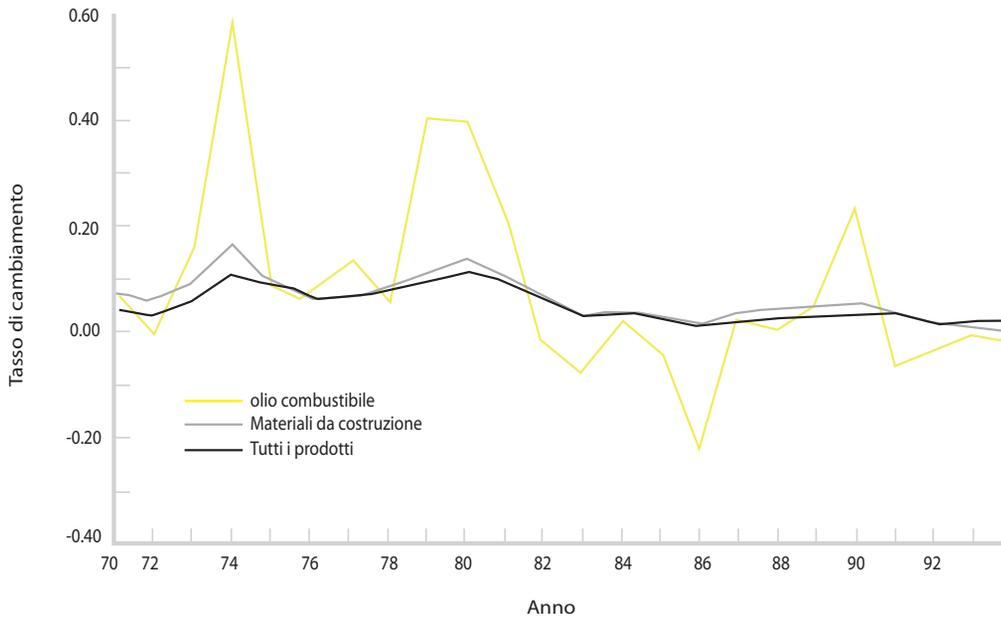
C_0 ... capitale iniziale

I_t ... compenso per l'uso del capitale

M_t ... capitale finale, detto anche montante, pari alla somma di capitale iniziale più gli interesse maturati

L'interesse composto (FIG. 3.07) invece si aggiunge al capitale, divenendo anch'esso produttivo d'interesse. Se per esempio consideriamo una somma di 100€ al primo di gennaio di un dato anno con un tasso netto dell'1%, alla fine di quest'anno avrò una somma pari a 101€. L'euro in più va ad aggiungersi al capitale, e se le condizioni non mutano, alla fine del secondo anno non avrò 102€, ma 102€ e un centesimo, dove il centesimo rappresenta l'1% dell'euro maturato dopo il primo anno.

- **Il tasso di attualizzazione:** Esso è un particolare tasso d'interesse utilizzato al fine di determinare il valore attuale di un flusso monetario futuro derivante da un impiego di capitali (FIG. 3.09). Il tasso di attualizzazione trasferisce cioè al tempo 0 (ad oggi) un capitale finanziario esigibile ad una certa data futura. La misura di questo tasso dipende dal valore attribuito al denaro da parte dell'investitore nel tempo. Nel settore privato, il tasso di attualizzazione dell'in-



3.12

vestitore è generalmente determinato dal minimo di tassi di rendimento accettabile (MARR – *Minimum Acceptable Rate of Return*). Dal punto di vista matematico la formula di attualizzazione è determinata dalla seguente:

$$V_a = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + i_a)^t}$$

V_a... valore attualizzato
 V_t... valori nei periodi di tempo t
 i... tasso di attualizzazione

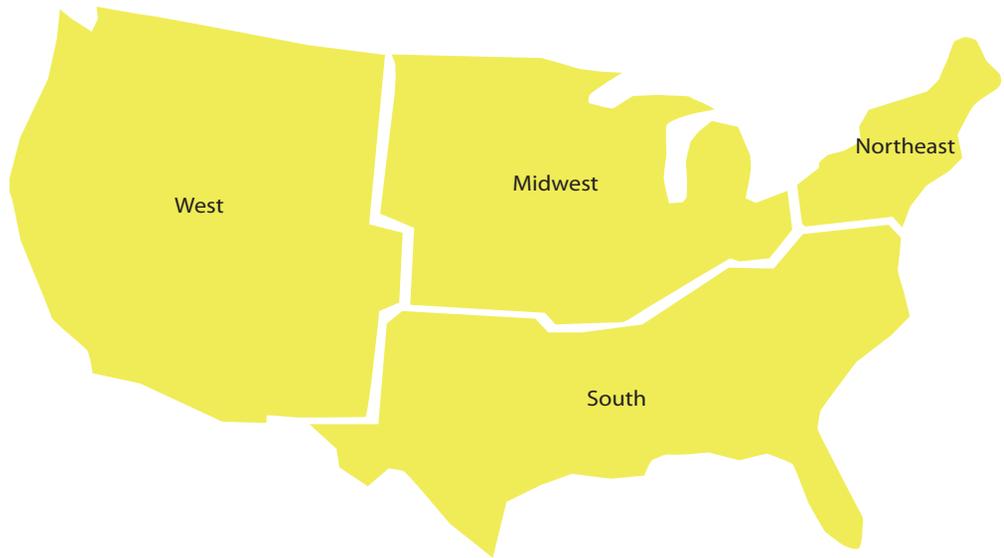
- **Il tasso per progetti di risparmio e conservazione energetica:** L'andamento dei prezzi del petrolio ed altri carburanti non segue il tasso di inflazione generale come lo fanno articoli di commercio comuni, come si può

evincere dalla FIG. 3.12. Per questo è necessario utilizzare un tasso d'interesse speciale per LCCA che valutano i costi riguardo il risparmio energetico di progetti. In mancanza di una normativa internazionale o europea si fa qui riferimento al cosiddetto fattore FEMP UPV* (*FEMP Modified Uniform Present Value*) pubblicato annualmente dal DOE. Gli indici forniti si basano su due diversi fonti federali: il tasso di attualizzazione DOE per progetti di risparmio energetico per gli anni 2010-2040 e il tasso di attualizzato dell'OMB (*Office of Management and Budget*). Gli indici dei prezzi energetici e i corrispondenti fattori di valore attuale sono calcolati in previsione dei prezzi di energia forniti al NIST (*National Institute of Standards and Technology*) da parte della EIA (*Energy Information Administration*).

I fattori FEMP UPV* si differenziano per il tipo di energia e la regione nella quale si trova il pro-

3.12

Inflazione prezzi: Il prezzo dell'olio combustibile non segue l'andamento di articoli di commercio



3.13

Table Ba-1. FEMP UPV* Discount Factors adjusted for fuel price escalation, by end-use sector and fuel type.

Discount rate = 3.0 % (DOE)

Census Region 1 (Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvania, Rhode Island, Vermont)

N	RESIDENTIAL				COMMERCIAL					INDUSTRIAL					TRANSPORT	N
	Elec	Dist	LPG	NtGas	Elec	Dist	Resid	NtGas	Coal	Elec	Dist	Resid	NtGas	Coal	GasIn	
1	0.91	0.97	0.96	1.01	0.87	0.98	0.97	1.04	0.95	0.83	1.00	0.98	1.12	0.96	1.01	1
2	1.83	1.96	1.92	2.03	1.74	1.99	2.01	2.10	1.88	1.65	2.03	2.02	2.32	1.89	2.04	2
3	2.76	2.98	2.90	2.99	2.60	3.03	3.14	3.14	2.77	2.48	3.09	3.14	3.49	2.78	3.11	3
4	3.66	4.00	3.87	3.92	3.42	4.09	4.31	4.12	3.64	3.25	4.18	4.30	4.61	3.65	4.20	4
5	4.53	5.02	4.85	4.82	4.21	5.15	5.50	5.09	4.48	4.00	5.27	5.47	5.70	4.49	5.28	5
6	5.38	6.05	5.81	5.69	4.99	6.23	6.70	6.02	5.30	4.74	6.37	6.65	6.75	5.29	6.36	6
7	6.22	7.09	6.76	6.54	5.76	7.31	7.90	6.93	6.08	5.47	7.48	7.84	7.78	6.08	7.42	7
8	7.04	8.12	7.70	7.37	6.52	8.39	9.12	7.81	6.84	6.18	8.59	9.03	8.77	6.84	8.47	8
9	7.83	9.14	8.62	8.18	7.25	9.47	10.35	8.68	7.57	6.88	9.69	10.23	9.74	7.57	9.51	9
10	8.60	10.15	9.52	8.97	7.97	10.53	11.57	9.52	8.28	7.56	10.78	11.42	10.69	8.28	10.53	10
11	9.35	11.14	10.40	9.74	8.68	11.57	12.77	10.34	8.96	8.23	11.85	12.59	11.62	8.96	11.53	11
12	10.09	12.11	11.26	10.50	9.37	12.60	13.95	11.15	9.62	8.89	12.91	13.74	12.54	9.63	12.51	12
13	10.81	13.06	12.10	11.25	10.05	13.60	15.11	11.95	10.27	9.54	13.94	14.87	13.44	10.28	13.48	13
14	11.51	13.98	12.93	11.97	10.72	14.58	16.25	12.73	10.90	10.18	14.95	15.99	14.32	10.91	14.42	14
15	12.19	14.90	13.73	12.68	11.37	15.55	17.38	13.48	11.51	10.80	15.94	17.09	15.18	11.51	15.34	15
16	12.85	15.79	14.52	13.37	11.99	16.50	18.48	14.22	12.10	11.41	16.91	18.16	16.03	12.11	16.24	16
17	13.49	16.67	15.29	14.05	12.61	17.43	19.56	14.95	12.68	12.00	17.87	19.21	16.86	12.68	17.13	17
18	14.12	17.53	16.04	14.72	13.21	18.34	20.62	15.67	13.24	12.59	18.80	20.24	17.69	13.24	18.00	18
19	14.74	18.37	16.78	15.38	13.81	19.24	21.67	16.38	13.78	13.17	19.73	21.25	18.51	13.79	18.85	19
20	15.34	19.20	17.50	16.04	14.40	20.12	22.69	17.09	14.32	13.75	20.63	22.25	19.33	14.32	19.69	20
21	15.94	20.02	18.20	16.69	14.98	20.99	23.71	17.79	14.84	14.32	21.53	23.24	20.16	14.83	20.51	21
22	16.52	20.82	18.89	17.33	15.56	21.85	24.72	18.48	15.34	14.89	22.41	24.21	20.97	15.34	21.31	22
23	17.09	21.62	19.57	17.96	16.13	22.70	25.70	19.16	15.83	15.44	23.27	25.16	21.77	15.82	22.10	23
24	17.64	22.40	20.24	18.57	16.68	23.53	26.67	19.82	16.31	15.99	24.13	26.11	22.56	16.30	22.88	24
25	18.19	23.16	20.89	19.17	17.22	24.35	27.62	20.48	16.78	16.53	24.97	27.03	23.33	16.77	23.64	25
26	18.72	23.92	21.53	19.76	17.76	25.16	28.56	21.11	17.23	17.05	25.80	27.94	24.09	17.22	24.39	26
27	19.23	24.66	22.16	20.34	18.28	25.96	29.49	21.74	17.67	17.57	26.61	28.84	24.84	17.66	25.13	27
28	19.74	25.39	22.77	20.91	18.78	26.74	30.41	22.36	18.11	18.07	27.41	29.72	25.58	18.09	25.85	28
29	20.23	26.10	23.37	21.47	19.28	27.50	31.32	22.97	18.52	18.56	28.20	30.60	26.31	18.50	26.55	29
30	20.71	26.80	23.96	22.01	19.76	28.26	32.21	23.56	18.93	19.04	28.97	31.46	27.03	18.91	27.25	30

3.13

Fattore FEMP UPV*: Il fattore per attualizzare costi energetici si differenzia per regione e tipo di energia

3.14

Fattore FEMP UPV*: Esempio di fattori per la regione 'northeast'

3.14

getto da valutare (vedi FIG. 3.14). Il metodo di calcolo matematico per la determinazione del valore attuale dei costi energetici futuri o di risparmio è il seguente:

$$P = A_0 \times \sum_{t=1}^N \frac{I_{(2010+t)}}{(1+d)^t} = A_0 \times UPV_N^*$$

- P... valore attuale
- A₀... costo annuale di energia a partire dalla base date
- t... tempo t di solito in anni
- N... numero di periodi, per esempio anni
- I_(2010+t)... prezzo medio del carburante proiettato
- d... tasso di attualizzazione

- **Metodi di attualizzazione:** Esistono diversi operazioni di frequente utilizzo per l'attualizzazione di costi e benefici futuri per il calcolo di una LCCA, che possono essere divisi in due gruppi principali. Il primo gruppo riguarda l'attualizzazione di valori futuri che emergono una sola volta nel tempo. Esempi di costi una tantum sono interventi di manutenzione come il rifacimento dell'intonaco di una facciata. Il secondo gruppo riguarda invece l'attualizzazione di quei valori che si ripetono annualmente nel tempo. Esempi per essi sono costi connessi ad interventi di manutenzione regolari o costi energetici. Inoltre il DOE individua quattro procedimenti principali ricorrenti nella valutazione economica di progetti per i quali vengono utilizzati differenti fattori di attualizzazione del capitale investito: il *Single Present Value SPV factor* (fattore del valore attualizzato unico), il *Uniform Present Value UPV factor* (fattore del valore attua-

A) Formula PV per importi una tantum

Il fattore *Single Present Value SPV* è usato per calcolare il valore attualizzato, PV, di un importo futuro una tantum

$$PV = F_t \times \frac{1}{(1+d)^t}$$

$$PV = F_t \times SPV(t,d)$$



B) Formula PV per importi annuali dello stesso valore

Il fattore *Uniform Present Value UPV* calcola il valore attualizzato, PV, di importi uniformi A₀ che accadono annualmente

$$PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = A_0 \times \frac{(1+d)^n - 1}{d(1+d)^n}$$

$$PV = A_0 \times UPV(n,d)$$



C) Formula PV per importi annuali di valore diverso

Il fattore *Modified Uniform Present Value UPV** calcola il valore attualizzato, PV, di importi che cambiano annualmente secondo un tasso di cambiamento costante

$$PV = A_0 \times \sum_{t=1}^n \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^t = A_0 \times \frac{(1+e)}{(d-e)} \left[1 - \left(\frac{1+e}{1+d} \right)^n \right]$$

$$PV = A_0 \times UPV^*(n,d,e)$$



D) Formula PV per costi energetici annuali

Per attualizzare costi associati all'uso di energia di utilizza il fattore attualizzato FEMP UPV*, pubblicato annualmente dal DOE.

$$PV = A_0 \times UPV^*(reg,ft,rt, d,n)$$



lizzato uniforme), il *Uniform Present Value factor modified for price escalation UPV** (fattore del valore attualizzato modified per l'aumento del prezzo) e il *FEMP UPV* factor for use with Energy cost* (fattore FEMP del valore attualizzato uniforme per costi energetici).

La FIG. 3.15 riassume questi quattro operazioni principali nella LCCA e contiene le formule matematiche per eseguire i procedimenti.

Referenze:

- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis - 2010*, U.S. Government Printing Office, Washington 2010;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;

04

Il valore del costo: Tipologie e metodiche di stima

Esistono numerosi tipologie di costi, che devono essere considerati in una *life cycle cost analysis*, in quanto sono associati alle attività di acquisto, gestione, manutenzione e dismissione di un edificio o di un sistema costruttivo. Quali di questi costi devono essere inclusi in un'analisi di *life cycle costing* è una delle prime scelte da compiere.

Di particolare importanza è il *costo di costruzione*. Esso è il fattore che cambia più facilmente tra due o più opzioni di progetti architettonici. *Il costo di gestione* è fortemente dipendente dal fabbisogno di energia per il riscaldamento e raffrescamento di un edificio e gioca un ruolo particolare nei progetti di conservazione e risparmio energetico. *Il costo della manutenzione* è il complesso delle attività volte al fine di conservare ele-

menti strutturali e di finitura, ripristinare la funzionalità e l'efficienza di apparecchi o impianti in modo da garantirne le prestazioni di un edificio.

Infine vi è il *valore residuale* di un sistema edilizio o di un edificio. Si tratta di quel valore monetario rimasto alla fine del periodo di analisi di una LCCA e può essere positivo o addirittura negativo per i costi associati alla dismissione.

Non è necessario considerare tutti i costi riguardo un progetto. Solo quei costi che sono rilevanti nel processo decisionale e significanti nel loro importo per un investimento di capitale devono essere presi in considerazione in un LCCA. Costi simili per ognuna delle opzioni non sono determinanti nel processo decisionale e possono per questo essere tralasciati.

Il valore del costo: Tipologie e metodiche di stima

4.1 INTRODUZIONE

Esistono numerosi costi associati alle attività di acquisto, gestione, manutenzione e dismissione di un edificio o di un sistema costruttivo (DOE). Quali di questi costi devono essere inclusi in un'analisi di *life cycle costing* è una delle prime scelte da compiere quando si va a valutare opzioni progettuali differenti. Non è necessario considerare tutti i costi riguardo un progetto. Solo quei costi che sono rilevanti nel processo decisionale e significanti nel loro importo per un investimento di capitale devono essere presi in considerazione in un LCCA. Costi sono rilevanti in una valutazione quando cambiano notevolmente da un'opzione progettuale ad un'altra. Costi che sono simili per ognuna delle opzioni non sono determinanti nel processo decisionale tra due o più opzioni architettoniche e possono per questo essere esclusi dalla LCCA. Inoltre un costo è definito significativo, quando la sua entità crea una differenza rilevante del LCC di un progetto alternativo. Costi di energia, per esempio, sono con grande probabilità di rilevanza quando si valuta un progetto che prevede la sostituzione delle finestre di prestazione energetica, ma non nell'analisi di apparecchi a basso flusso.

I costi irrecuperabili devono essere esclusi dalla LCCA.

4.2 IL COSTO D'INVESTIMENTO DEL CAPITALE

Stimare il costo d'investimento è probabilmente il fattore meno difficilmente determinabile tra tutti i fattori variabili che possono essere di importanza in una LCCA, in quanto accadono re-

lativamente vicini al presente. Il concetto di costo in edilizia fa riferimento al concetto di costo in economia ed è la somma di una serie di componenti che risultano necessari alla produzione per realizzare la costruzione. Il costo d'investimento può essere definito come (UTICA, 2007):

$$C_{TOT} = K_C + V_A + S_T + O_N + I_N + I_{IMP} + A_S + U$$

C_{TOT}	Costo totale
K_C	Costo di costruzione
V_A	Costo (valore) dell'area
S_T	Spese tecniche e onorari professionali
O_N	Oneri concessori
I_N	Interessi sul capitale finanziario
I_{IMP}	Imposte
A_S	Altre spese (contributi vari di ordine di grandezza inferiore)
U	Utile del promotore immobiliare

Di particolare importanza è il costo di costruzione. Esso è il fattore che cambia più facilmente tra due o più opzioni di progetti architettonici. Il costo di costruzione K_C è definito come la somma delle spese che una struttura organizzativa, l'impresa di costruzione, deve sostenere per raggiungere l'obiettivo della realizzazione della costruzione. Essa riguarda la sola componente edilizia del processo di produzione e comprende tre fattori: il costo tecnico di costruzione, le spese generali d'impresa e l'utile dell'impresa edile:

$$K_C = K_{TC} + S_{GIE} + U_{IE}$$

K_C	Costo di costruzione
K_{TC}	Costo tecnico di costruzione
S_{GIE}	Spese generali d'impresa
U_{IE}	Utile dell'impresa edile

La determinazione del costo di costruzione è un compito di particolare importanza non solo ai fini della corretta preventivazione della spesa occorrente, ma anche nella scelta della soluzione progettuale ottimale in grado di garantire gli obiettivi prefissati con il minimo costo complessivo. Esistono fondamentalmente due approcci per stimare il costo di costruzione che si trovano in diretta dipendenza con la definizione dell'elaborato (principio di dipendenza):

- Stime dirette o sintetico comparative:

Per progetti preliminari o sommari che sono caratterizzati da una scarsità di informazioni progettuali si ricorre all'utilizzazione di costi parametrici storici e statistici di immobili qualitativamente e quantitativamente comparabili

li all'edificio oggetto di stima. Questa metodologia si basa sulla comparazione.

- Stime indirette o analitico deduttive:

Il procedimento analitico di stima del costo di costruzione avviene tramite la stesura del computo metrico estimativo, *una precisa contabilizzazione preventiva delle componenti di un edificio o, in generale, di un'opera complessa di ingegneria civile* (REALFONZO, 1994), e della stima dei 'prezzi' unitari dati. Questo procedimento viene applicato per progetti di livello di definizione maggiore di quelli preliminare, cioè per progetti in fase definitiva o esecutiva.

Il computo metrico estimativo *individua le lavorazioni (o le risorse), la loro estensione fisica (ovvero la quantità dei materiali necessari, l'impegno di manodopera e di attrezzature), i prezzi di mercato dei fattori di produzione (prezzi di mercato delle lavorazioni ovvero prezzi di mercato dei materiali, della manodopera e della attrezzature)* (UTICA, 2007).

I prezzi unitari sono dati da un prezzario ufficiale, come per esempio il 'Listino Prezzi del Comune di Milano 2011' (FIG. 4.02). I prezzi, indicati per singoli voci (movimenti di terra, murature, calcestruzzi ecc.) sono elencati nell'ordine cronologico del consueto ordine naturale dell'esecuzione dei lavori in cantiere e suddivise per tre valori: Lavorazioni, Sicurezza e Totale, dove la voce 'Totale' corrisponde alla somma delle due precedenti voci. Esso tiene conto dei tempi di esecuzione dei lavori, dei costi della mano d'opera, di quelli dei materiali, della sicurezza e dei costi dei noli. La sommatoria dei valori delle singole voci, aumentata di una percentuale per spese generali e di una quota per utile dell'impresa, costituirà il costo di costruzione complessivo.

4.01

Costo di costruzione: Determinabile attraverso stime dirette (costi parametrici) o stime indirette (attraverso il computo metrico estimativo)



LISTINO

1C.10 - Isolamenti termici e acustici

Codice	DESCRIZIONE	U.m.	LAVORAZIONI	SICUREZZA	TOTALE
1C.10.100.0010.c	- 40 mm	m ²	13,13	0,14	13,27
1C.10.100.0010.d	- 50 mm	m ²	14,65	0,15	14,80
1C.10.100.0010.e	- 75 mm	m ²	19,77	0,21	19,98
1C.10.100.0020	Isolamento termico a tetto caldo di coperture piane con pavimentazioni pedonabili, realizzato con pannelli costituiti da lana di legno mineralizzata magnesite ad alta temperatura; conduttività termica W/mK 0,097 per spessore 25 mm (variabile in relazione allo spessore), resistenza alla compressione kPa 440 per spessore di 25 mm (variabile in relazione allo spessore); reazione al fuoco euroclasse (A2-s1,d0) (A2-s2,d0) (A2-s1,d1) (B-s1,d0) (B-s2,d0) (B-s1,d1); conformi alla norma UNI EN 13168. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				
1C.10.100.0020.a	- 15 mm	m ²	12,98	0,14	13,12
1C.10.100.0020.b	- per ogni 5 mm in più	m ² x cm	1,83	0,02	1,85
1C.10.100.0030	Isolamento termico a tetto rovescio o a tetto caldo di coperture piane pedonabili, realizzato con lastre di polistirene espanso estruso, superficie liscia con pelle, bordi battentati, prodotte con gas senza CFC e HCFC; conduttività termica W/mK 0,032 per spessori fino a 40 mm, e W/mK 0,034 per spessori da 50 mm e oltre, resistenza alla compressione kPa 250 per spessori fino a 40 mm, e kPa 300 per spessori da 50 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13164, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				
1C.10.100.0030.a	- 30 mm	m ²	8,59	0,09	8,68
1C.10.100.0030.b	- per ogni 10 mm in più	m ² x cm	1,95	0,02	1,97
1C.10.100.0040	Isolamento termico a tetto caldo di coperture piane carrabili, realizzato con lastre di polistirene espanso estruso, superficie liscia con pelle, bordi battentati, prodotte con gas senza CFC e HCFC; conduttività termica W/mK 0,034 per spessori fino a 40 mm, e W/mK 0,036 per spessori da 50 mm e oltre, resistenza alla compressione kPa 350 per spessori fino a 40 mm, e kPa 400 per spessori da 50 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13164, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				
1C.10.100.0040.a	- 30 mm	m ²	9,61	0,10	9,71
1C.10.100.0040.b	- per ogni 10 mm in più	m ² x cm	2,68	0,03	2,71
1C.10.100.0050	Isolamento termico a tetto rovescio di coperture piane a giardino, realizzato con lastre di polistirene espanso stampato per termocompressione, superficie estradosso sagomata drenante con geotessile filtrante, prodotte con materie prime vergini esenti da rigenerato; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13163, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				
1C.10.100.0050.a	- Classe 150 RF - a bordi battentati - spess. 28 mm	m ²	12,96	0,14	13,10
1C.10.100.0050.b	- per ogni 10 mm in più	m ² x cm	1,59	0,02	1,61
1C.10.100.0060	Isolamento termico a tetto caldo di coperture piane con pavimentazioni pedonabili, realizzato con lastre di schiuma polivso prodotte con gas senza CFC e HCFC, superficie superiore con velo vetro bitumato e inferiore con velo vetro saturato; conduttività termica W/mK 0,028, resistenza alla compressione kPa 150 per spessori fino a 30 mm, e kPa 170 per spessori da 40 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse F; conformi alla norma UNI EN 13165, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				
1C.10.100.0060.a	- 30 mm	m ²	9,82	0,10	9,92
1C.10.100.0060.b	- per ogni 10 mm in più	m ² x cm	1,64	0,02	1,66
1C.10.100.0070	Isolamento termico a tetto caldo di coperture piane con pavimentazioni pedonabili, realizzato con pannelli costituiti da strato interno di lana di roccia ad alta densità a fibre orientate, conforme alle norme UNI EN 13162, rivestito sui due lati da pannelli in lana di abete mineralizzata e legata con cemento, spessore 5 mm, rispondente alle norme UNI EN13168. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori:				

4.02

Estratto listino prezzi di Milano del 2011: Il costo di costruzione è diviso per tre valori: Lavorazioni, Sicurezza e Totale

4.3 IL COSTO DI GESTIONE

I progetti di conservazione e risparmio di energia sono volti a ridurre il consumo annuo di energia e così i costi di gestione a lungo termine di un edificio. Ma questi risparmi non vengono utilizzati direttamente in una LCCA di un progetto architettonico. Si considera il valore attualizzato del costo di energia associato al consumo annuo di energia per ogni alternativa di progetto per la determinazione del LCC. Il DOE consiglia di considerare i seguenti punti quando si calcolano costi energetici in una LCCA:

- Misurare la quantità di energia consumata (o risparmiata) dall'edificio tenendo conto del tipo di energia (elettricità, olio, gas, ecc.)
- Utilizzare prezzi energetici attuali e locali per il tipo di energia utilizzato. Non si deve far riferimento a prezzi medi internazionali
- Utilizzare un tasso di attualizzazione specifico per portare i costi di energia futuri al valore attualizzato (fattori FEMP UPV*) tenendo conto della variazione del costo futuro per l'energia

Vediamo in modo più preciso le sudette considerazioni:

la stima della quantità annua di energia richiesta per lo svolgimento di una certa funzione o per il funzionamento di tutto l'edificio è principalmente un compito di tipo meccanico. Questa valutazione può essere basata su specifiche tecniche o simulazioni computerizzate. Oggi esistono una serie di software di supporto appositamente sviluppate per la determinazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento (Software CENED, XClimate, CASAnova,...). La presenza di un numero consistente di applicazioni per il calcolo si deve non per ultimo al recepimento delle direttive europee 2002/91/CE 'Energy Performance Building Directive' e la direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici attuate rispettivamente in Italia dal D.lgs. n. 192/05 e dal D.lgs. n. 115/2008. Esse hanno reso obbligatorio l'Attestato di Certificazione energetica (vedi BOX 4.03) di un edificio per gli atti notarili di compravendita e per i contratti di locazione. Inoltre l'attestato è necessario per l'accesso alle detrazioni del 55% sul reddito IRPEF.

L'ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA ACE

L'attesto previsto dalla Direttiva europea 2002/91/CE, è il documento sintetico per il controllo dell'efficienza energetica degli edifici. Esso contiene informazioni riguardo il livello di efficienza energetica e il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento e il raffrescamento. In accordo con gli intenti legislativi europei, la certificazione energetica degli edifici è uno strumento di evoluzione del mercato immobiliare teso a migliorarne la trasparenza e finalizzato alla ottimizzazione dell'efficienza energetica complessiva. Il sistema infatti consente agli interessati di pretendere dal venditore di un immobile informazioni affidabili sui costi di gestione del prodotto immobiliare: Il documento di certificazione determina la classe energetica dell'edificio che si estende dalla classe peggiore G (fabbisogno $\geq 160\text{kNh/m}^2\text{anno}$) a quella di A+ (fabbisogno $\leq 15\text{kNh/m}^2\text{anno}$) considerando la prestazione energetica per la climatizzazione estiva o il raffrescamento dell'edificio.

4.03

Attestato di Certificazione energetica: Documento sintetico per il controllo dell'efficienza energetica

Il prezzo dell'energia è necessario al fine di convertire il fabbisogno energetico annuo in un costo monetario. Una LCCA deve essere basata su prezzi energetici attuali e locali. Il DOE consiglia l'utilizzo del prezzo di energia attuale per la *date base* e la conversione di questi prezzi al loro costo futuro equivalente di ogni anno del periodo di gestione utilizzando tassi d'inflazione per costi energetici per il specifico tipo di energia. I fattori di attualizzazione FEMP UPV*, pubblicate annualmente dal DOE nel *Annual Supplement to Handbook 135*, tengono conto di quest'inflazione. Se per esempio il prezzo per l'elettricità alla *date base* (2011) è di 0.14€/kWh, e il fattore di attualizzazione FEMP UPV* per l'anno 2021 è di 8.60, allora il prezzo attualizzato del consumo di elettricità fino all'anno 2021 corrisponde ad un valore di:

$$0.14\text{€/kWh} \times 8.60 = 1.204\text{€/kWh}$$

Il prezzo di energia è un valore di input alla LCCA caratterizzato da un'incertezza molto elevata. È consigliato di variare il suo impatto sul risultato LCC tramite un'analisi di sensitività (ISO 15 686-5, pp.28)(vedi CAP. 5 per approfondimento). Esistono infatti, accanto alle previsioni DOE, altri fonti, che prospettano diversamente l'andamento del costo dell'energia. L'*International Energy Agency IEA*, per esempio, nella sua annuale pubblicazione *World Energy Outlook Report 2011 WEO*, predice l'aumento consistente del costo dell'energia nei prossimi anni. Responsabile di questo incremento è lo sviluppo economico rapido dei paesi di Cina e India (FIG. 4.04), accanto ad un utilizzo consistente di energia nei paesi industrializzati. La pubblicazione prevede un aumento del costo del petrolio annuale dell'1,6% fino al 2030. L'*IEA* aumenta notevolmente le sue proiezioni dei costi futuri di energia nel rapporto di quest'anno: se le previsioni dell'anno

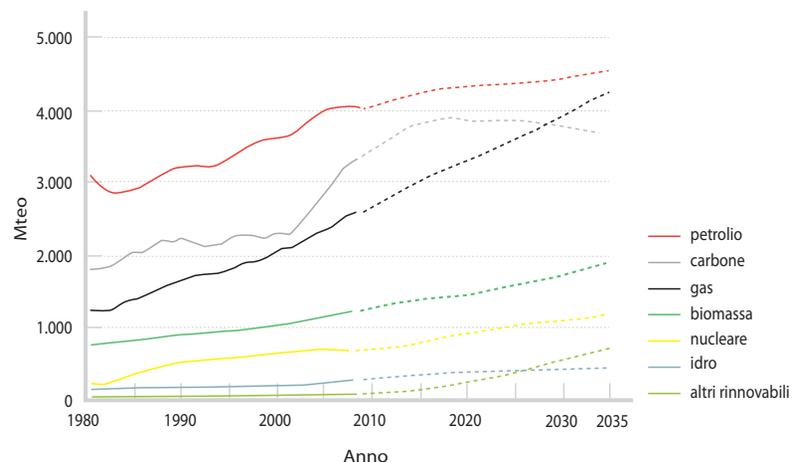
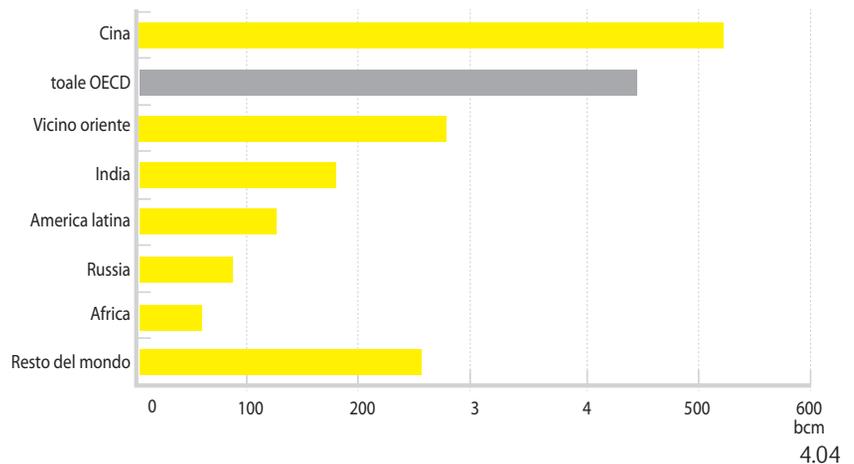
scorso stimavano un prezzo per un barile di petrolio a 108\$ per l'anno 2030, la pubblicazione di quest'anno prevede, sempre per l'anno 2030, un costo maggiore ai 200\$. Il fattore cruciale responsabile del forte aumento del costo è l'incremento notevole della domanda mondiale di energia (FIG. 4.05). Il *WEO* prevede un aumento dagli attuali 85 milioni di barili di petrolio al giorno a 106 milioni barili al giorno nel 2030 (aumento dell' 1% ogni anno). La domanda di gas naturale è destinata a crescere ancora più velocemente, ad un tasso del 1,8% all'anno. E la domanda di carbone, sempre secondo il rapporto, crescerebbe del 2% all'anno.

4.04

Incremento della richiesta di energia primaria dal 2010 al 2035 secondo il WEO: I paesi non OECD rappresentano il circa 80% dell'aumento di domanda - la Cina da sola è responsabile del quasi 30%

4.05

Richiesta di energia primaria mondiale secondo il WEO: Il gas supera la richiesta di carbone prima del 2030 e rappresenta un quarto della domanda di energia nel 2035 - questo incremento di gas corrisponde ad una crescita annuale del 2%



In questo studio Cina e India rappresentano oltre la metà della domanda di energia aggiuntiva, e addirittura l'80% della domanda di carbone addizionale. In totale, i paesi non membri dell'OECD rappresentano l'87% della domanda di energia supplementare. Quest'aumento consistente dell'utilizzo di energia è collegato ad un incremento costante delle emissioni gas serra. Nella prospettiva di questo scenario l'IEA prevede un aumento della temperatura media globale di 6° centigradi entro la fine del XXI secolo. L'unica via di uscita è l'incentivazione delle energie rinnovabili a livello mondiale.

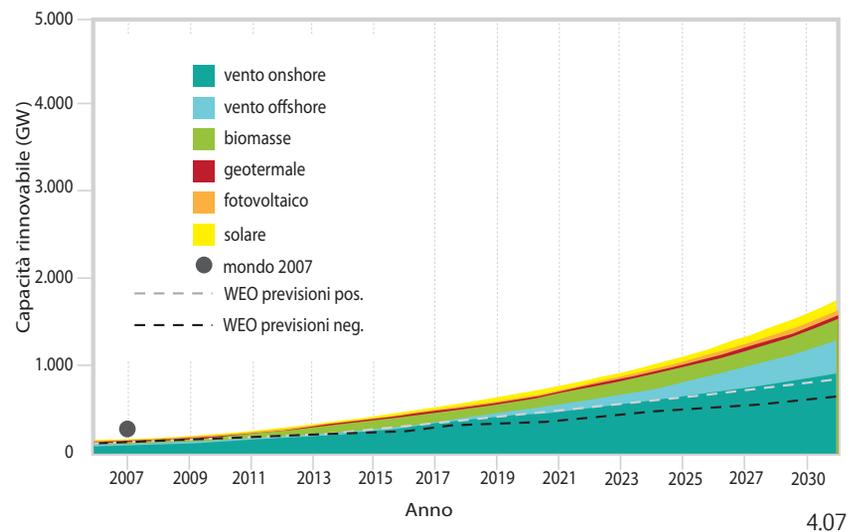
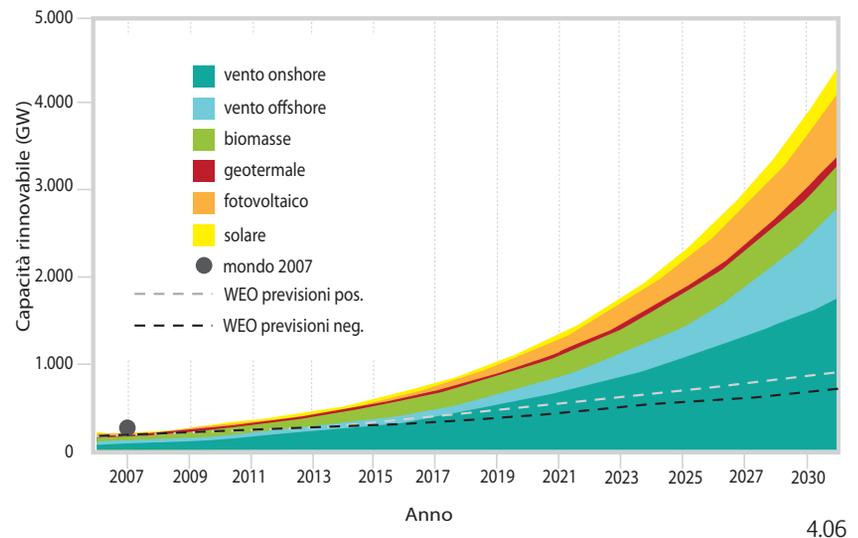
Basato comunque su un approccio di consumo di energia *business-as-usual*, il rapporto *WEO* di quest'anno è stato criticato da rappresentanti del settore delle energie rinnovabili in quanto la sottovaluta il potenziale futuro dell'energia pulita: 'Ci dispiace che l'IAE non tiene ancora pienamente conto della dinamica e dell'economia delle energie rinnovabili', così dice GSÄNGER, segretario generale della *World Wind Energy Association* in un comunicato stampa.

L'*Energy Watch Group*, una rete internazionale di scienziati con base in Germania, pubblica anch'essa di recente uno studio, il '*Renewable Energy Outlook 2030 - Energy Watch Group Global Renewable Energy Scenarios*', nel quale prevede che le energie rinnovabili potrebbero coprire tra il 17 e 30% della richiesta globale di elettricità e del fabbisogno energetico per riscaldamento entro il 2030 - qualora vengano effettuati nuovi investimenti significativi.

Anche il *Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung DIW*, l'istituto tedesco per la ricerca economica, prevede uno scenario più verde per il futuro della produzione energetica. In un articolo, pubblicato a giugno di quest'anno (*Strompreise: Künftig nur noch geringe Erhöhung durch erneuerbare Energien*),

4.06 + 4.07

Sviluppo delle fonti rinnovabili secondo EWG: In alto le previsioni positive, in basso quello negative. Entrambi gli scenari superano le previsioni del WEO



il *DIW* prevede la stabilizzazione dei prezzi di elettricità dovuta all'aumento dell'energia rinnovabile. Secondo un modello di calcolo sviluppato dall'istituto, il costo dell'elettricità, nonostante l'aumento dei prezzi del carburante e delle quote di emissioni di CO₂, incrementerebbe solo dell'11% dal 2010 al 2020. Senza un'ulteriore diffusione delle energie rinnovabili, il prezzo dell'elettricità subirebbe un aumento del 20% anziché del 10% fino al 2020.

Queste pubblicazioni fanno capire, che il prezzo futuro dell'energia è un dato molto incerto. Non resta che assumere, per la LCCA, variazioni di prezzi di energia, simulando diversi scenari futuri, positivi e negativi.

4.4 IL COSTO DI MANUTENZIONE

La manutenzione è il complesso delle attività volte al fine di conservare elementi strutturali e di finitura, ripristinare la funzionalità e l'efficienza di apparecchi o impianti in modo da garantirne le prestazioni. La previsione degli interventi di manutenzione, cioè la loro frequenza temporale, il tipo specifico d'intervento e i costi relativi associati, è di difficile reperimento (DOE, MOLINARI, TALAMO). Sono disponibili ancora pochi dati sul comportamento futuro e frequenza temporale più idonea per interventi di manutenzione di materiali o componenti edilizi. I motivi per questa carenza informativa sono diversi: da un lato è presente un disinteresse per la raccolta di dati riguardo interventi di manutenzione, dall'altro, la carenza è dovuta alle caratteristiche tecniche complesse associate alla realizzazione di un edificio. Esiste infatti una molteplicità di possibili

soluzioni tecniche per costruire un'opera, che a loro volta differiscono per la variabilità di realizzazione delle soluzioni in cantiere.

Nonostante questa difficoltà è sempre meglio considerare in una LCCA i futuri costi associati alla manutenzione, anziché negarli. Riguardo la possibilità di errore nella determinazione degli interventi di manutenzione, MOLINARI (2008, pp.4) afferma che *si potrebbe facilmente dimostrare come sia più utile sbagliare tutte le previsioni che non prevedere alcunché. Perché il non avere previsto alcunché sortisce lo stesso effetto dell'aver sbagliato tutte le previsioni, con l'aggravante di non avere alcuna ipotesi sbagliata da correggere.*

Gli interventi di manutenzione si avviano generalmente con la presa in gestione dell'edificio e continuano lungo tutta la vita utile dell'edificio o di una componente edilizia. Fondamentale per la loro previsione è *la valutazione dei tempi e delle modalità con cui un sistema edilizio perde la sua*

4.08

Attività di manutenzione: La parte sinistra dell'edificio è stato ristrutturato, la parte destra non è stata sottoposta ad interventi di manutenzione



capacità originaria di funzionare (TALAMO, 2008). È indispensabile indicare alcuni dati conoscitivi per poter determinare gli interventi di manutenzione (ALBANO, 2005):

- l'individuazione della durata di vita utile dei componenti che compongono l'edificio o il sistema
- all'interno del periodo di vita utile, l'elencazione dei più plausibili e probabili degradi e guasti
- l'indicazione delle operazioni da eseguire per le attività di ispezione e di interventi di manutenzione
- la frequenza di tali attività
- la percentuale di costo di queste attività in rapporto al valore della costruzione a nuovo

Gli interventi di manutenzione in via più generale si suddividono in *ordinaria* e *straordinaria* la cui definizione in base alle norme UNI 8364 sull'esercizio, manutenzione e la conduzione degli impianti termici è la seguente:

- **Manutenzione ordinaria:** è quella che si attua in luogo, con strumenti ed attrezzi di uso corrente, si limita a riparazioni di lievi entità, abbisognevole unicamente di minuterie, comporta l'impiego di materiali di consumo di uso corrente, o la sostituzione di parti di modesto valore, espressamente previsti (guarnizioni, cerniere, lampade, cinghie fusibili ecc.)
- **Manutenzione straordinaria:** è quella che non può essere eseguita in loco, o che pure essendo eseguita in luogo, richiede mezzi di particolare importanza (scavi, ponteggi, mezzi di sollevamento, ecc.), oppure attrezzature o strumentazioni particolari, abbisognevole di predisposizioni (prese, riporto di materiale, inserzioni nelle tubazioni ecc.) e che comporta

riparazioni e/o qualora si rendono necessarie parti di ricambio, ripristini, ecc., prevede la revisione di elementi strutturali, di apparecchiature e/o la sostituzione di esse e materiali per i quali non siano possibili o convenienti le riparazioni

Nonostante l'importanza attribuita agli interventi di manutenzione, in quanto assume valenza tecnica, economica, ambientale e sociale (PAGANIN, 2008) non risulta attualmente che esista una guida alla manutenzione degli edifici nella letteratura italiana. Il testo principale al quale si fa quindi riferimento in questa sede è 'La manutenzione degli edifici - 250 schede tecniche' di ALBANO (2005), tradotto dal francese e adatto alla normativa italiana. Rappresentando uno dei contributi più rilevanti nella gestione e pianificazione delle attività manutentive, esso classifica i diversi livelli d'intervento in relazione allo stato di funzionamento e alle patologie (pp. 19):

- **Livello 1: fenomeni importanti di degrado e di obsolescenza**
Concerne la sostituzione totale o parziale di parti d'opera e impianti interessati da uno stato di usura o da uno stato di degrado generalizzato
- **Livello 2: anomalie considerevoli**
Richiede interventi o riparazioni pesanti, spesso dovuto a carenze di manutenzione o a circostanze particolari
- **Livello 3: anomalie limitate o primi segnali di anomalie**
Riguarda interventi leggeri rivolti ad alcune opere o impianti. Costituiscono spesso l'essenza stessa di molte azioni manutentive che consistono nell'intervenire man mano che si riscontrano problemi (sia attraverso segnalazioni, sia attraverso azioni di ispezione e monitoraggio)

IMPIANTI IDRICI

APPARECCHI SANITARI

IMPIANTI IDRAULICI
E DI CLIMATIZZAZIONE

5.48

Operazioni di manutenzione	Frequenza	Valore
Ispezione - Controllo dello stato degli apparecchi sanitari. - Verifica dell'assenza di perdite tra gli apparecchi, le pareti verticali e le canalizzazioni.	Semestrale	
Manutenzione preventiva - Procedere alla pulizia e allo scrostamento mediante soluzione acida. - Pulire gli scarico e i sifoni. - Pulire gli aeratori sulla rubinetteria. - Verificare le guarnizioni di tenuta e i dispositivi di fissaggio.	A seconda dell'uso Semestrale	30%
Intervento leggero - Riparazione (livello 3) <u>Diagnosi</u> - Scheggiatura localizzata dello smalto. <u>Intervento</u> - Ripresa delle scheggiature di smalto con smalto a freddo (vasca da bagno smaltata, ad esempio). - Sostituzione del coperchio del blocco W.C.	Secondo necessità	5%
Intervento pesante (livello 2) <u>Diagnosi</u> - Difetto di funzionamento. <u>Intervento</u> - Sostituzione del meccanismo di scarico sui blocchi W.C. in caso di perdite. - Rifacimento completo del sistema di scarico in caso di perdite o di fissaggi difettosi. - Sostituzione o rimessa in opera di mensole e di viti di fissaggio.	Da 5 a 10 anni	14%
Sostituzione (livello 1) -		100%

4.09

Esempio di scheda di manutenzione da 'La manutenzione degli edifici' (ALBANO, 2005): operazione di manutenzione da eseguire, frequenza e costo percentuale rispetto al costo nuovo

- Manutenzione preventiva

Questa categoria riguarda la manutenzione preventiva, che ha per oggetto gli interventi periodici sugli elementi tecnici da effettuare per garantire il loro buon funzionamento il più lungo possibile.

Il manuale comprende 250 schede (FIG. 4.10) articolate per sette sub-sistemi dell'opera edilizia (strutture, chiusure, coperture, partizioni interne, impianti di climatizzazione e idraulici, sistemazioni esterne) che sono a loro volta articolate in parti d'opera (strutture – fondazioni, pilastri, solai...) e comprendono l'operazione di manutenzione da eseguire, la frequenza temporale e il valore del costo dell'intervento di manutenzione rispetto al costo di costruzione nuovo.

4.5 IL VALORE RESIDUALE DI UN'OPERA O SISTEMA EDILIZIO

Il valore residuale di un sistema edilizio o di un edificio è quel valore monetario rimasto alla fine del periodo di analisi di una LCCA. Esso può essere positivo o negativo (a causa del costo di dismissione) se l'edificio o il sistema edilizio deve essere sostituito o demolito. Una costruzione, che alla fine del periodo di analisi è ancora in funzione, possiede un valore non da tralasciare. Come regola generale si può assumere che il valore residuale di un sistema possa essere determinato ponendo la vita utile rimasta in proporzione lineare al costo iniziale d'investimento (DOE). Un sistema tecnologico per esempio con una vita utile prevista di 15 anni, il quale è stato installato 5 anni prima della fine del periodo di studio della LCCA, possiede un valore residuale approssimato di $2/3$ ($= (15-5)/15$) del costo iniziale.

I RIFIUTI C&D

Il campo dei rifiuti, la loro gestione, trasporto, tipologia ed analisi è regolato in Italia dalla Parte IV del D.lgs. n. 152/06. I rifiuti derivanti dalla costruzione e demolizione di edifici C&D sono classificati, secondo questa norma che rimanda al Catalogo Europeo Rifiuti CER, come rifiuti speciali. Nell'ambito di questa classificazione, basata su una numerazione a sei cifre, le prime due rappresentano il settore produttivo di provenienza del rifiuto (per l'edilizia 17) mentre la presenza del simbolo * identifica il rifiuto quale pericoloso.

Conglomerati di diverso tipo, detriti di tufo, di materiali lapidei, ceramici, di laterizi, ferro, vetro, legno e plastica, sono classificati come rifiuti speciali non pericolosi e possono essere quindi soggetti al processo di riciclo. La maggior parte dei rifiuti da C&D che viene riciclata è costituita da frazioni inerti che vengono fondamentalmente riutilizzati nell'industria delle costruzioni stradali come materiale di sottofondazione o come riempimento.

I rifiuti classificati come pericolosi invece, per esempio materiali contenenti amianto (cemento amianto), devono essere smaltiti nell'ambito di discariche per rifiuti pericolosi ovvero per rifiuti non pericolosi con cella monodedicata.

4.10

Rifiuti da costruzione e demolizione C&D: normativa vigente, tipologie e classificazione

Inoltre, l'importanza di questo valore sta in relazione al periodo di analisi: più corto il periodo della LCCA, maggiore è il valore residuale di un sistema o edificio.

Da un punto di vista diverso, il valore residuale è strettamente collegato alla possibilità di riciclaggio dei rifiuti da attività da demolizione e costruzione, i cosiddetti rifiuti D&C (vedi BOX 4.10). L'interesse verso il riciclaggio è in costante aumento per diversi fattori, come la considerevole quantità di rifiuti prodotti, la difficoltà di smaltimento e la crescita dei costi relativi. Inoltre la rapida acquisizione di consapevolezza della necessità di un comportamento fortemente orientato alla limitazione del consumo e all'uso

responsabile delle risorse naturali ha incrementato fortemente l'attenzione verso il riciclo.

La stessa Comunità Europea, nell'intraprendere una nuova strategia per una più razionale politica e gestione del rifiuto, ha attribuito una notevole importanza alle azioni volte ad aumentare il riciclaggio ed il riutilizzo, non per ultimo per l'entità di rifiuti derivanti da attività di demolizione.

LEGNANTE (2004) afferma riguardo questo, che *il volume di macerie prodotte dalle attività di demolizione parziale o totale dovuta alla manutenzione o riconversione di fabbricati si può attendibilmente stimare in 28-30 milioni di tonnellate annue su tutto il territorio*

PREZZI RICICLAGGIO RIFIUTI C&D

Codice rifiuti	Materiale	Prezzo [€/t]
170302	Solo asfalto	€11,00
170302	Materiale proveniente da scavi con presenza di asfalto	€11,00
170101	Materiale composto da calcestruzzo in elementi di qualsiasi dimensione da 0,5 a 1m3	€17,00
170107	Materiale inerte proveniente da cantieri edili, tipo calcinacci o simile, anche piastrelle, escluso legname, plastiche o altre impurità	€9,00
170107	Materiale inerte e mattoni proveniente da cantieri edili, mescolato con parti di impurità (legname, metallo e plastica) fino ad un percentuale del 10%	€22,00
170107	Materiale inerte proveniente da cantieri edili, mescolato con parti di impurità (legname, metallo e plastica) fino ad un percentuale del 20%	€49,00
170107	Materiale inerte impuro, mescolato con parti di impurità (legname, metallo e plastica) fino ad una percentuale di 30%	€95,00
170904	Rifiuti misti di costruzione e demolizione	€180,00
170802	Cartongesso	€125,00
200307	Rifiuti ingombranti	€200,00
170201	Legname trattato come porte e finestre verniciate, avvolgibili, ecc.	€200,00
170201	Legname non trattato come pallets, tavolame, travi, cassette, ecc.	€200,00
200201	Radici	€200,00
170405	Ferro e metalli (puliti)	gratuito
Cat. 9	Rifiuti velenosi e nocivi come vernici, medicinali, amianto, eternit, ecc.	non ammessi

4.11

Prezzi riciclaggio rifiuti C&D P.R.A. Brunico (BZ): Prezzo indicato per tipo di rifiuto edile; solo i metalli possono essere riciccati senza spese

nazionale, (una collina artificiale con diametro di circa 500 metri e alta 250). Considerando questo dato si comprende bene perché i rifiuti C&D assumono rilevanza ambientale.

Sviluppare e approfondire le possibilità del riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione risulta quindi essere una questione estremamente importante. Accanto all'importanza ambientale, l'impiego dei materiali riciclati al posto dei materiali vergini risulta essere anche sempre più interessante dal punto di vista economico. Per esempio, le sabbie ottenute dalla triturazione d'inerti hanno un prezzo di 7€/m³ contro i 14€/m³ dello stesso materiale proveniente da una cava (ARPA LIGURIA, 2007).

L'aspetto economico del potenziale di riciclo diventa cioè sempre più importante e non solo al fine di determinare il valore residuale di un edificio o di una componente edile. La convenienza economica di un riciclo è dipendente da una serie di fattori (APICELLA&AVERSA, 2004): dalla tipologia di rifiuti, dalla percentuale dei costi di smantellamento, della percentuale dei costi di trasporto e da quella dei costi di recupero. Inoltre è importante considerare la presenza o meno di un mercato locale o a scala più ampia. Alcuni dei rifiuti C&D già oggi possiedono dei canali di riciclo assestati, come per esempio i metalli. Questa tipologia di rifiuti ha dei canali di raccolta e gestione ampiamente consolidati: buona parte dell'acciaio, per esempio, viene oggi riciclato. Altri rifiuti C&D invece, per esempio tramezze in gesso e il legno, che possono raggiungere in certe costruzioni il 75% del materiale della struttura demolita, hanno mercati molto meno definiti e stabili. Nonostante, per esempio, il legno, recuperato da infissi, travature o da strutture di cantiere, può essere venduto, smaltito gratuitamente (per esempio da aziende produttrici



a



b



c

4.12

Demolizione selettiva: a) recupero della costruzione lignea a traliccio; b) recupero delle architravi delle finestre; c) massiccio impiego di mano d'opera per il recupero dei diversi componenti edili o materiali da riciclare

di pannelli in truciolato che dispongono di una propria rete di raccolta) o smaltiti a pagamento (APICELLA&AVERSA, 2004). Il riciclaggio oggi di rifiuti C&D è ancora poco sviluppato in Italia, generalmente connesso a costi piuttosto che a benefici economici (FIG.4.11).

Fondamentale per il riciclo è la scelta del metodo di demolizione. Esso si deve relazionare non solo alla struttura da demolire, ma anche alle possibilità di riciclaggio del materiale di demolizione. Il metodo di demolizione scelto può costituire un efficace strumento per migliorare la qualità dei rifiuti e per aumentarne la quantità di frazione riciclabile. Sempre più spesso si sente nominare la cosiddetta *demolizione selettiva*, che rappresenta una strategia di smaltimento volta a riciclare la maggiore quantità di rifiuti possibile. Essa prevede il recupero delle attrezzature e impianti tecnologici, la scomposizione di tutto ciò che è possibile smontare (per esempio infissi) e la separazione per frazioni omogenee della struttura rimasta da demolire (ferro, legno, vetro, ecc.). Il metodo, per il suo costo aggiuntivo rispetto ad tecnologie di demolizione tradizionali dovuto al massiccio impiego di mano d'opera (ARPA LIGURA stima un costo addizionale del circa 10 al 20%), è ancora poco praticato.

17 RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E CEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI)

1701 cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche

- 170101 cemento
- 170102 mattoni
- 170103 mattonelle e ceramiche
- 170106* miscugli di scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
- 170107 miscugli di scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 170106

1702 legno, vetro e plastica

- 170201 legno
- 170202 vetro
- 170203 plastica
- 170204* legno, vetro e plastica contenenti sostanze pericolose

1703 miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti catrame

- 170301* miscele bituminose contenenti catrame di carbone
- 170302 miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 170301*
- 170303* catrame di carbone e prodotti contenenti catrame

1704 metalli inclusi le loro leghe

- 170401 rame, bronzo, ottone
- 170402 alluminio
- 170403 piombo
- 170404 zinco
- 170405 ferro e acciaio
- 170406 stagno
- 170407 metalli misti
- 170409* rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
- 170410* cavi impregnati di olio, catrame di carbone o altre sostanze pericolose
- 170411 cavi diversi da quelli di cui alla voce 170401

1705 terra, compreso il terreno proveniente da siti contaminati, rocce e fanghi di dragaggio

- 170503* terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
- 170504 terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503
- 170505* fanghi di dragaggio, contenenti sostanze pericolose
- 170506 fanghi di dragaggio, diversi da quelli di cui alla voce 170505
- 170507* pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
- 170508 pietrisco per massicciate ferroviarie, diversi da quelli di cui alla voce 170507
- 1706 materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto**
- 170601* materiali isolanti contenenti amianto
- 170603* altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
- 170604 materiali da
- 170605 materiali da costruzione contenenti amianto
- 1708 materiali da costruzione a base di gesso
- 170801* materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
- 170802 materiali da costruzione a base di gesso diversi da quelli di cui alla voce 170801
- 1709 altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione**
- 170901* rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
- 170902* rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB
- 170903* altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti)
- 170904 rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901, 170902 e 170903

Referenze:

- AA. VV., *Il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione: valutazioni sperimentali delle prestazioni degli aggregati riciclati*, F. Angeli, Milano 2003;
- J. ALBANO, *La manutenzione degli edifici: 250 schede pratiche: schede tecniche, pianificazione, diagnostica e controlli regolamentari, patologie, interventi*, a cura di C. TALAMO, Esselibri-Simone, Napoli 2008;
- ARPA LIGURIA, *La Gestione dei Rifiuti nelle Attività di Costruzione e Demolizione*, 2007;
- ENERGYWATCHGROUP, *Renewable Energy Outlook 2030: Energy Watch Group Global Renewable Energy Scenarios*, Bonn 2011
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *World Energy Outlook 2011: Special Report*, 2011
- PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07, *Linee Guida sui Rifiuti Speciali: Costruzione e Demolizione*, 2007
- A. REALFONZO, *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, NIS, Roma 1994;
- T. TRABER, C. KEMFERT, J. DIEKAMANN, "Strompreise: Künftig nur noch geringe Erhöhung durch erneuerbare Energien", *Wochenbericht des DIW Berlin*, n. 6, 2011, pp. 2 - 9;
- G. UTICA, *Introduzione al valore di costo, il procedimento sintetico di stima del costo di costruzione, il procedimento analitico di stima del costo di costruzione*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna 2007;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis – 2010*, U.S. Government Printing Office, Washington 2010;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;

05

Applicare LCCA: Il caso studio

Valutazione della efficacia economica di un progetto architettonico ad alta efficienza energetica

Questo caso studio sulla valutazione della convenienza economica di un progetto architettonico ad alta efficienza energetica mette a confronto due declinazioni progettuali, una con tecnologie e materiali tradizionali dell'area milanese e una innovativa ad energia quasi zero.

Obiettivo dello studio è capire, se l'investimento iniziale di capitale addizionale del progetto innovativo è economicamente efficace rispetto al progetto tradizionale, tenendo conto del costo di costruzione, dei costi associati alla gestione e manutenzione e del valore resi-

duale delle opere.

Dopo la stima dei costi per anno delle due opzioni progettuali, l'individuazione del tasso di attualizzazione e del periodo di studio, è possibile determinare il *life cycle cost* per ogni alternativa.

Questa valutazione consente di capire l'incidenza dei singoli fattori sul costo complessivo lungo il ciclo di vita del manufatto, permettendo al progettista, già in fase di analisi, di variare i valori che risultano essere più sfavorevoli.

Applicare LCCA: Il caso studio

Valutazione della efficacia economica di un progetto architettonico ad alta efficienza energetica

5.1 INTRODUZIONE

La LCCA ci permette di organizzare e determinare costi associati all'acquisto, alla gestione, manutenzione e alla dismissione di un edificio o di una componente edilizia. Una volta stimati i costi, per anno, di due o più opzioni progettuali competitivi, il tasso di attualizzazione e un periodo di studio, è possibile calcolare il LCC per ogni alternativa. È importante aggiornare i diversi costi al loro valore attuale, cioè attualizzare i costi alla data corrispondente all'inizio del periodo di studio della LCCA. La somma dei singoli valori attuali costituisce poi il LCC, il costo del ciclo di vita. L'opzione con il LCC più basso sarà il progetto preferito per una possibile realizzazione: È la proposta progettuale con il rapporto efficacia/costo migliore per il periodo di studio considerato.

Questo caso studio sulla valutazione della convenienza economica di un progetto architettonico ad alta efficienza energetica mette a confronto due opzioni di progetti: Il primo, denominato in seguito tradizionale, prevede tecniche di realizzazione e materiali tradizionali, cioè prevede l'utilizzo di laterizio e calcestruzzo armato. Il fabbisogno energetico corrisponde ad un edificio appartenente alla classe B. Il progetto di confronto, denominato in seguito innovativo, è costituito da materiali a basso impatto ambientale come il legno e prevede tecnologie a secco. L'efficienza energetica è altissima trattandosi di un edificio ad energia quasi zero. Una descrizione esaustiva sui due progetti si trova in CAP. 1, seconda parte.

Obiettivo dello studio è capire, se l'investimento iniziale di capitale addizionale del progetto innovativo è economicamente efficace rispetto al progetto tradizionale, tenendo conto dei costi di



5.01



5.02

gestione e manutenzione appartenenti al periodo di gestione dell'edificio. Particolare importanza investono in questo caso i costi associati alla gestione, cioè i costi energetici. Essi, assieme al valore del costo di costruzione, sono i fattori di maggior rilevanza tra i valori da considerare in una LCCA. Nonostante questo, non vengono comunque tralasciati i costi di manutenzione e il valore residuale delle due opzioni progettuali.

5.01 + 5.02

Progetti sotto valutazione: In alto il progetto 'tradizionale' con finitura esterna in intonaco; in basso il progetto 'innovativo', rivestito con pannelli in legno

5.2 IPOTESI GENERALI

È di fondamentale importanza assumere le stesse ipotesi riguardo la determinazione dei costi, il tasso di attualizzazione e il periodo di studio per tutte le opzioni da valutare, cioè sia per il progetto detto tradizionale, sia per quello innovativo. Per questo essi devono essere determinati da subito per entrambi i progetti da valutare:

Metodo di valutazione economica: La valutazione economica utilizzata per questo studio è la LCCA. I costi e benefici associati al periodo di studio vengono attualizzati al loro valore attuale. Si fa quindi riferimento al metodo 'net present value', il metodo di valore attuale netto VAN, che riduce i costi del periodo di studio ad un unico momento temporale, permettendo così la loro comparazione. La formula matematica di LCC alla quale si fa riferimento è la seguente:

$$LCC = C_I + C_{Gest} + C_{Man} +/- V_{Re} + F_T$$

LCC... Valore attualizzato del costo del ciclo di vita

C_I ... Costo di investimento

C_{Gest} ... Costo di gestione

C_{Man} ... Costo di manutenzione

V_{Re} ... Valore residuale

F_T ... Fattore di rischio

Il calcolo può avvenire a mano o attraverso l'utilizzo di un software. Il DOE mette a disposizione diversi programmi per facilitare la valutazione economica. Tra questi quello più completo ed

importante è il 'Building Life-Cycle Cost Program BLCC'. Per questo studio si utilizza il calcolo a mano in modo da poter comprendere tutti i passaggi.

Criterio di valutazione: Si considera l'opzione con il valore di LCC più basso come progetto preferito. Si tratta del progetto con il rapporto efficacia/costo migliore.

Convenzione Cash-Flow: Tutti i costi vengono considerati annualmente. Il valore dei costi e ricavi generati durante un certo anno vengono riportati alla fine di questo anno.

Periodo di studio: Il periodo di studio inizia sempre con la *date base*, che coincide con la data del 01.01.2012. Essa rappresenta contemporaneamente la *service date*. Come arco temporale vengono presi in considerazione due diverse ipotesi:

- In un primo caso si utilizza un periodo di studio di **25 anni**. Essi corrispondono al limite temporale previsto dal DOE. Questo arco temporale si presta particolarmente per il caso studio, in quanto coincide con il periodo entro quale l'investimento di capitale deve essere ammortizzato (valutazione economica *business-as-usual*). Inoltre permette la stima dei costi gestione associati all'energia in modo più attendibile che durante un periodo di studio più lungo.
- La seconda ipotesi è di **8 anni**. Questo arco temporale si riferisce al periodo di concessione per il conseguimento dei certificati bianchi riguardo interventi di isolamento termico degli edifici e di architettura bioclimatica. La scelta di questo periodo ha fondamentalmente due motivi: da un lato un arco temporale più corto

permette di stimare i costi energetici in modo più attendibile e esatto. Dall'altra parte si cerca di indagare sul tempo di ammortamento necessario per un progetto di risparmio energetico in confronto ad un progetto tradizionale.

Tasso di attualizzazione: Viene ipotizzato un tasso di attualizzazione del **3%**. Visto l'ultimo dato pubblicato per l'inflazione in Italia (giugno 2011), che è del 2,7%, un tasso di attualizzazione del 3% sembra un valore attendibile. Inoltre sono stati considerati i valori Euribor, i tassi d'interesse medi al quale le banche panel si concedono reciprocamente prestiti scoperti. Sono considerati il benchmark più importante nel settore dei prestiti in euro. Il valore di Euribor – 12mesi è di 2,083% il giorno 10.08.2011.

Per attualizzare i costi associati all'energia invece si utilizza il fattore **FEMP UPV*** pubblicato annualmente dal DOE. Esso si relaziona non solo al tasso di attualizzazione scelto, ma anche al periodo di studio. Oltre a ciò, il fattore FEMP UPV* si differenzia per il tipo di energia, la tipologia di costruzione (residenziale, commerciale e industriale) e subisce variazioni a seconda dell'ubicazione del progetto considerato nella valutazione (vedi FIG.3.14). Considerando la latitudine e longitudine di Milano e confrontando i valori con le regioni individuate dal DOE per i fattori FEMP, ha deciso di utilizzare i fattori riguardo la regione n. 1 (Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvania, Rhode Island, Vermont). I fattori per il periodo di analisi di 25 anni sono per gas metano (caldaia a condensazione) **19,70** e per elettricità (climatizzatore) **18,19**. Per un periodo di analisi di 8 anni i fattori sono rispettivamente **7,37** e **7,04**.

Costo di investimento: Il costo di investimento si limita alla determinazione del costo di costruzione. Gli altri fattori che compongono il costo totale d'investimento, come gli oneri concessori o il costo dell'area rimangono uguali per entrambe le opzioni considerati. La differenza di costo riguardo le spese tecniche o gli onorari tra i due progetti può essere tralasciato, in quanto incide solo in minima parte. Il costo di costruzione viene determinato attraverso i prezzi unitari indicati nel 'Listino Prezzi del Comune di Milano 2011' (vedi Allegato A – Determinazione del costo di costruzione). Nel calcolo non è stato considerato il costo di costruzione del ballatoio e il costo associato all'utilizzo dei ponteggi, in quanto risultano essere uguali per entrambi i progetti architettonici da valutare. Secondo questi calcoli il costo totale del progetto tradizionale è di **997.326,50€**, il costo totale della proposta innovativa è di **1.091.888,47€**. La differenza è di **94.561,97€**, valore che corrisponde ad un aumento del **9,5%** rispetto al costo del progetto tradizionale.

5.03

Casa passiva esemplificativa 'Arbeiten und Wohnen', Friburgo, Germania, 1999: Secondo il gruppo di committenti il costo d'investimento aggiuntivo è del 7% rispetto ad una costruzione tradizionale



5.04

Costo d'investimento edifici ad alta prestazione energetica: Secondo una ricerca pubblicata dal WBCSD il costo d'investimento aggiuntivo è minore del 10% per raggiungere il livello energetico massimo LEED PLATINUM

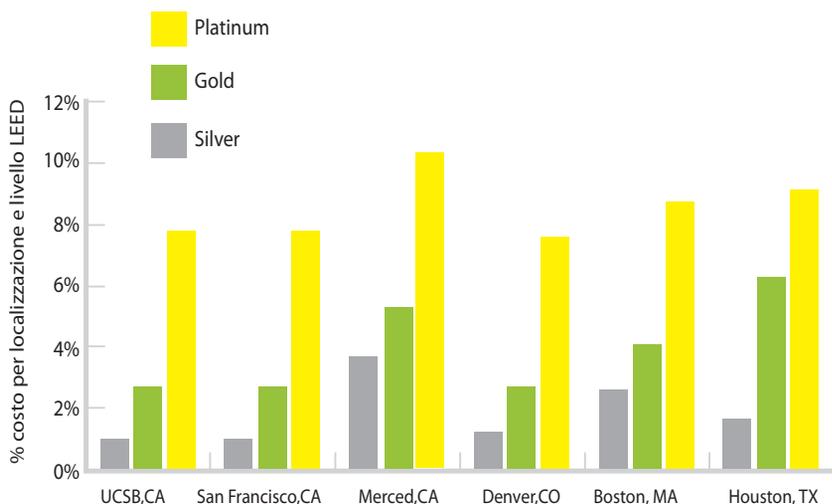
5.05

Sondaggio costo d'investimento aggiuntivo per edifici ad alta efficienza energetica: Secondo il WBCSD il costo aggiuntivo rispetto edifici tradizionali viene stimato in media con un valore del 17%

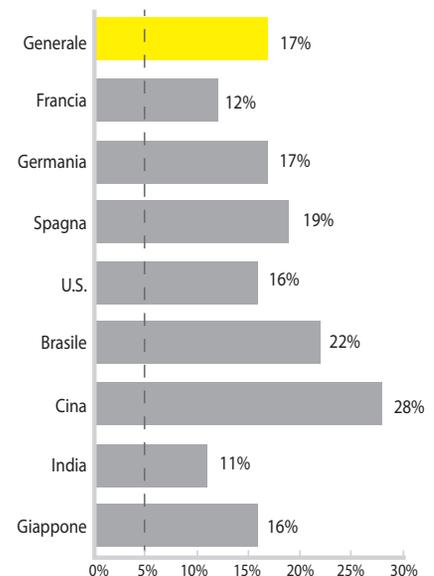
Questa differenza è confrontabile con casi studi simili: La realizzazione di una casa passiva esemplificativa avvenuta a Friburgo, Germania, nel 1999, ha comportato un costo aggiuntivo del 7% rispetto una costruzione tradizionale. Così dichiara il gruppo di committenti sul sito internet del progetto (www.vauban.de). Anche il *World Business Council for Sustainable Development* pubblica nel 2007 una ricerca sui costi addizionali di edifici ad alta efficienza energetica certificati LEED che si basa su 40 casi studio (*Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities*). Secondo i dati pubblicati, il costo di costruzione addizionale per raggiungere un edificio certificato LEED silver è di massimo 3% rispetto ad una costruzione tradizionale (vedi FIG. 5.04); per raggiungere il livello di certificazione più alto (LEED platinum) la percentuale è meno del 10%. Quest'analisi è particolarmente interessante, in quanto il costo aggiuntivo di un edificio certificato LEED, sempre secondo questo studio, viene stimato dai professionisti attivi nel settore edile generalmente a 17% (vedi FIG 5.05).

Costo di gestione: Il costo di gestione è in prima linea il costo associato al fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento di un edificio. In un'analisi economica su progetti di risparmio energetico il costo di gestione è un fattore particolarmente importante, in quanto subisce delle variazioni consistenti. Infatti, il fabbisogno di energia finale per riscaldamento e raffrescamento (cioè l'energia primaria necessaria per riscaldare e raffrescare meno le perdite per il processo di trasformazione e per il trasporto) per il caso tradizionale è di **36,00 kWh/m²a**, per il caso innovativo è di **12,30kWh/m²a**.

Confrontando questi valori, ottenuti tramite il software CASAnova, (vedi Allegato B) con uno studio pubblicato nel 2008 dall' *Institut für Wohnen und Umwelt IWU*, l'istituto tedesco per l'abitare e l'ambiente, essi sembrano affidabili: L'analisi (*Heizkosten im Passivhaus – Warmmiete oder Flatrate-Modell*) sui costi di riscaldamento per case passive, basato su circa 125 casi studi, attesta dei valori di fabbisogno di energia finale per il riscaldamento



5.04



5.05

e il raffrescamento di 13kWh/m²a per case passive e di 35kWh/m²a per edifici a basso consumo energetico (vedi FIG. 5.06). L'energia necessaria per il riscaldamento dell'acqua viene in questa sede trascurata, in quanto è uguale per i due casi di valutazione.

Per il calcolo dei costi associati ai fabbisogni di energia finale si deve tener conto anche del tipo di impianto termico di produzione del calore, in quanto ogni sistema possiede un rendimento termico diverso. Attraverso il fattore di rendimento è possibile risalire al fabbisogno di energia primaria. Per l'analisi economica in questione sono state fatte due ipotesi: nella prima si considera un impianto di produzione tradizionale, quale una caldaia a condensazione a gas metano. Il valore di fabbisogno di energia primaria per il caso tradizionale è allora di **44kWh/m²a**, per il caso innovativo è di **19,40kWh/m²a**. La seconda ipotesi considera come impianto di produzione uno a biomassa, cioè l'allacciamento ad un teleriscaldamento, che oggi, dove presente, spesso è reso obbligatorio per edifici di nuova costruzione. Per l'utilizzo di fonti rinnovabili, il rendimento di un impianto a biomassa risulta essere maggiore del 100%. Infatti, il valore di fabbisogno di energia primaria per il caso tradizionale è di **17,40kWh/m²a**, per il caso innovativo è di **10,50kWh/m²a**. I valori di fabbisogno ottenuti per i diversi casi di studio riguardo i due ipotesi di impianti di produzione sono riassunte in FIG. 5.07.

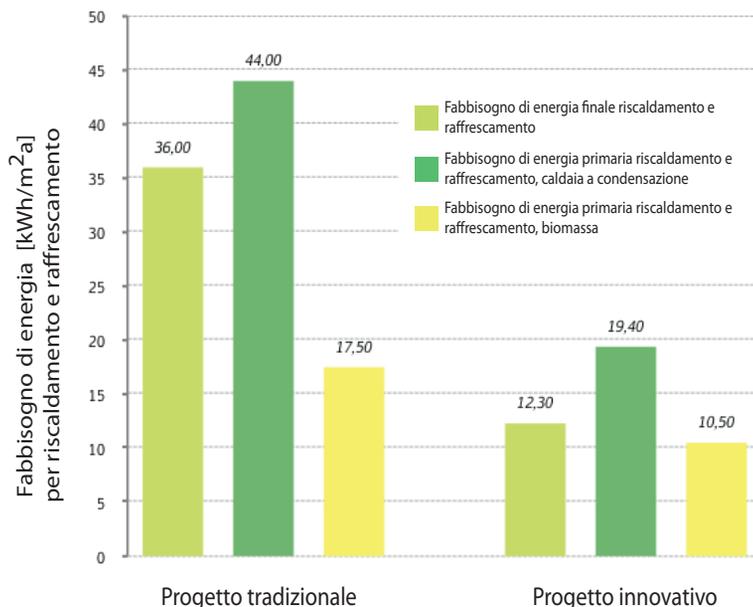
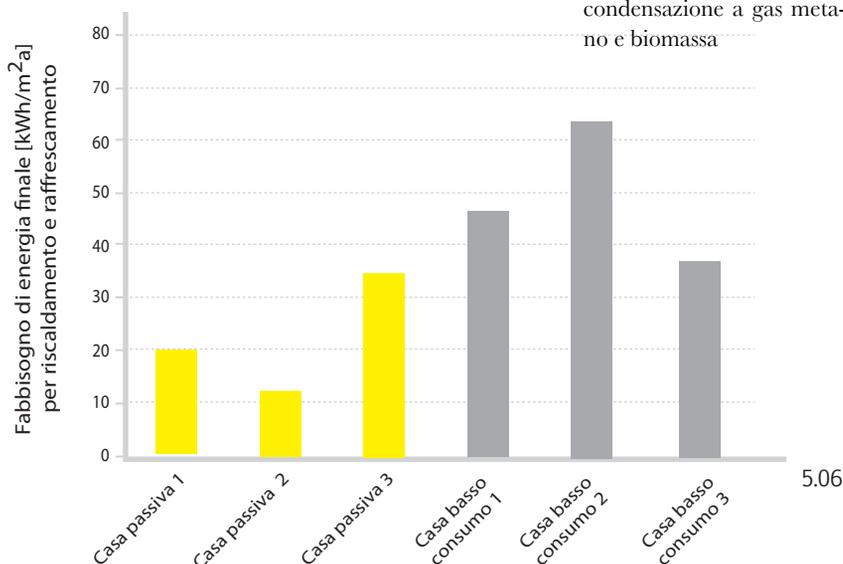
Per la determinazione del costo di riscaldamento di tutto l'edificio, basta moltiplicare i valori di fabbisogno di energia primaria di riscaldamento e raffrescamento con la superficie lorda di pavimento dell'edificio e per il prezzo dell'energia considerata:

5.06

Fabbisogno di energia finale per riscaldamento e raffrescamento: Ricerca pubblicata dal IWU: Il fabbisogno medio per case passive è di 13 kWh/m²a, per edifici a basso consumo è di 35 kWh/m²a

5.07

Fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento caso studio: In confronto i valori per il fabbisogno finale e il fabbisogno di energia primaria per due impianti di generazione di calore diversi: caldaia a condensazione a gas metano e biomassa

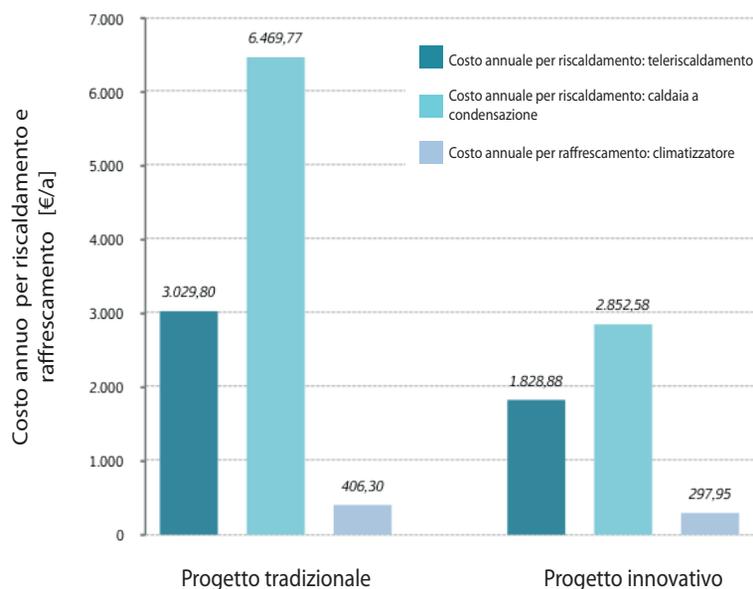


5.06

5.07

COMBUSTIBILE	PREZZO UNITARIO	VALORE ENERGETICO	PREZZO PER kWh	CONFRONTO %
Gasolio	1,290€/l	10kWh	€0,129	100,00%
Gas liquido (in cisterna)	2,148€/kg	12,8kWh	€0,168	130,00%
Gas metano	0,743€/m ³	9,8kWh	€0,076	59,00%
Pellets	0,2445€/kg	4,8kWh	€0,051	39,00%
Minuzzoli di legno	0,148€/kg	5,5kWh	€0,027	21,00%
Legna spezzata (mista)	0,151€/kg	4,3kWh	€0,035	27,00%
Teleriscaldamento (incl. eventuale tassa fissa annuale)	0,090€/kWh	1kWh	€0,090	70,00%
				5,08

NOME OFFERTA ENEL	COSTO €/kWh fino a 1.500kWh	COSTO €/kWh fino a 2.700kW	COSTO €/kWh fino a 4.500kW	COSTO €/kWh fino a 7.500kW
E light	€0,120	€0,130	€0,170	€0,210
Energia pura casa	€0,140	€0,150	€0,180	€0,230
Energia tutto compreso	€0,144	€0,124	€0,183	€0,237
Tariffa regolata (standard)	€0,140	€0,140	€0,180	€0,230
				5,09



$$C_{EN} = F_{E.P.} \times s.l.p_{ED} \times P_{EN}$$

C_{EN} = Costo Energia

$F_{E.P.}$ = Fabbisogno di energia primaria di riscaldamento e raffrescamento

$s.l.p_{ED}$ = Superficie lorda di pavimento dell'edificio

P_{EN} = Prezzo dell'energia considerata

Per i prezzi di fonti combustibile si fa riferimento a quelli pubblicati dal 'Centro Tutela Consumatori Utenti': Esso da un valore di 0,076€/kWh per il gas metano e un prezzo di 0,90€/kWh per l'energia fornita dal teleriscaldamento (vedi FIG. 5.08). Per calcolare i costi associati all'utilizzo di elettricità si utilizzano i valori ENEL: Il kWh di elettricità possiede secondo questa fonte un prezzo di 0,14€ (FIG. 5.09).

Il costo di riscaldamento annuale risulta quindi essere, per il caso di analisi tradizionale, di **3.029,80€**, ipotizzando un allacciamento al teleriscaldamento, e di **6.469,77€**, ipotizzando l'uso di una caldaia a condensazione a gas metano. Per il caso innovativo si ha determinato un costo annuale di rispettivamente **1.828,88€** e **2.852,58€**. Il costo di raffrescamento annuale invece, utilizzando un climatizzatore, è di **406,30€** per il caso tradizionale e di **297,95€** per il caso innovativo sotto analisi (FIG. 5.10).

Costo di manutenzione: Per la determinazione del costo di manutenzione (vedi Allegato C) si fa riferimento al manuale 'La manutenzione degli edifici - 250 schede tecniche' di ALBANO (2005). Gli interventi di manutenzione considerate per questa stima sono quelle attività che si differiscono principalmente tra il caso studio

tradizionale e quello innovativo, cioè pilastri e orizzontamenti, la chiusura esterna, le partizioni interne e gli impianti di ventilazione. Le voci si suddividono, seguendo come falsariga il manuale suddetto, in quattro categorie: 1)Struttura, 2) Chiusura, 3)Sistemazioni interne, 4) Impianti idraulici di climatizzazione. L'edificio tradizionale tiene allora conto dei seguenti interventi di manutenzione:

- Struttura: Pilastri in calcestruzzo armato
- Struttura: Solaio alleggerito con pignatte
- Chiusure: Muratura con intonaco a base di cemento
- Sistemazioni interne: Pitturazione

L' edificio innovativo tiene conto delle seguente voci:

- Struttura: Pilastri in legno lamellare
- Struttura: Solai in legno (travi + travetti)
- Struttura: Protezione antincendio delle strutture
- Chiusure: Rivestimento in legno
- Sistemazioni interne: Parete in tavelloni di gesso
- Impianti idraulici di climatizzazione: Ventilazione meccanica controllata

Per causa della complessità di calcolo è stato determinato direttamente il valore del costo di manutenzione attualizzato. Esso è diverso secondo il periodo di studio considerato: per il caso tradizionale è stato determinato un valore di **44.507,80€** per un periodo di studio di 25 anni; per un periodo di 8 anni il valore è di **7.719,94€**. Il caso innovati invece possiede in costo attualizzato di manutenzione di rispettivamente **168.432,52€** e

41.677,62€. Si tratta di una differenza di costo, per entrambi i periodi di studio, del circa 75% tra un caso e l'altro. Questa notevole differenza è dovuta soprattutto a due motivi: da una parte l'utilizzo del legno, soprattutto come rivestimento esterno, richiede molta più cura e mantenimento rispetto a materiali tradizionali. Inoltre le strutture in legno necessitano, oltre ad una maggiore manutenzione, di una verniciatura ignifuga per poter garantire la sicurezza in caso di incendio. Il secondo motivo riguarda la presenza di una ventilazione meccanica a recupero di calore nel progetto innovativo. Anche se oggi è molto difficile stimare i futuri costi associati ad un corretto funzionamento del sistema e la vita utile, il valore determinato per la manutenzione della ventilazione meccanica influenza il costo di manutenzione totale in modo rilevante.

5.08

Prezzi energia da fonti combustibili: Valori forniti da 'Centro Tutela Consumatori Utenti'

5.09

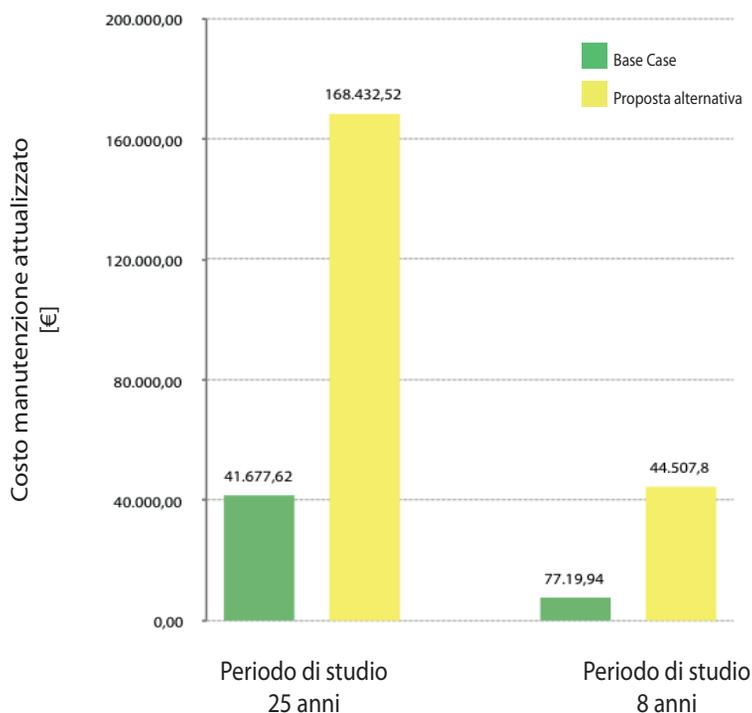
Prezzi energia elettrica ENEL

5.10

Costi annuali per riscaldamento e raffrescamento: In confronto i due casi studi secondo impianto di produzione di calore utilizzato

5.11

Costo manutenzione: Costo attualizzato per le due ipotesi di periodo di studio: a)25anni b)8anni



Valore residuale: Per la determinazione del valore residuale degli edifici si seguono le linee guida date dal DOE. Si assume quindi, che il valore residuale di un sistema è determinabile mettendo la vita utile rimasta in proporzione lineare al costo iniziale d'investimento. Riguardo il valore della vita utile di un edificio residenziale si fa riferimento alle norme ISO 15686-1 e 15685-5 sul '*Building and constructed assets – Service life planning*': la parte prima di questi standard prevede una vita utile per componenti edili difficilmente sostituibili (ISO 15686-1, pp.16) di 100 anni. La parte quinta della normativa consiglia poi di considerare per LCCA una vita utile per edifici di 100 anni. Questo valore viene inteso inoltre come valore limite, in quanto un ulteriore aumento non comporterebbe cambiamenti rilevanti sul LCC. Il valore residuale può essere calcolato tramite la seguente formula:

$$V_{RES} = [(Vita\ utile - Periodo\ di\ analisi) Vita\ utile] \times C_{INV}$$

V_{RES} = Valore residuale

C_{INV} = Costo d'investimento

Il valore residuale per il progetto tradizionale, considerando un periodo di analisi di 25 anni e di 8 anni è rispettivamente **747.994,88€** e **917.540,38€**. Per il caso innovativo è stato calcolato sempre, in relazione ai suddetti periodi di studio, un valore residuale di **818.916,35€** e **1.004.537,39€**.

Fattore di rischio: Il fattore di rischio, cioè il fattore che esprime il rischio riguardo per esempio la probabilità di avvenimento di un incendio o la riduzione imprevista della durata di vita di una componente edilizia, associato a progetti residenziale è poco rilevante e può per questo essere trascurato.

5.3 IL BASE CASE: LCC DELL'OPZIONE ARCHITETTONICA TRADIZIONALE

I diversi costi (costo d'investimento, costo di gestione, costo di manutenzione, ecc.) associati al *base case* (BC), cioè al progetto base, sono elencati nelle tabelle seguenti. Essi contengono il valore di costo attualizzato per ogni tipologia di costo. Ricordiamo le ipotesi di fondo assunte per il calcolo del valore attualizzato:

- tasso di attualizzazione: 3% (esclusi i costi energetici)
- fattore di attualizzazione costi energetici: fattori FEMP UPV*
- metodo di calcolo: Net present value method
- fattori considerati nella LCCA: costo d'investimento, costo di gestione (inverno e estate), costo di manutenzione, valore residuale, fattore di rischio
- base date: 01.01.2012
- service date: coincidente con la base date
- periodo di studio: A) 25anni
B) 8 anni



Le tabelle A fanno riferimento all'analisi economica che assume un periodo di studio di 25 anni, dove A.1) ipotizza come impianti di produzione di calore il teleriscaldamento e A.2) una caldaia a condensazione a gas metano. Le tabelle B contengono i dati riguardo un periodo di studio di 8 anni, dove B.1) immagina di nuovo un impianto di produzione di calore a biomassa e B.2) una caldaia a condensazione a gas metano.

L'opzione con il LCC più basso è il caso studio n. B.1) con un valore di **105.303,33€**: si tratta dell'analisi lungo un periodo di studio di 8 anni con un impianto di produzione di calore a biomassa. La differenza di questo dato relativo al caso studio B.2), che possiede un LCC di **138.048,62€**, è attribuibile completamente all'impianto di generazione di calore scelto: l'allacciamento al teleriscaldamento anziché l'utilizzo di una caldaia tradizionale a condensazione a gas metano lungo un periodo di studio di 8 anni fa risparmiare **32.745,29€**.

Il valore di risparmio dovuto alla scelta dell'impianto di generazione di calore per un periodo di 25 anni è di **85.456,14€**.

5.13

Calcolo LCC 25 anni: Progetto tradizionale caso A.1)

5.14

Calcolo LCC 25 anni: Progetto tradizionale caso A.2)

A.1) SOMMARIO DATI BASE CASE

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = teleriscaldamento

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€997.326,50	base date	1,000	€997.326,50
Costo di gestione inverno	€3.029,80	annuale	12,73*	€38.569,35
Costo di gestione estate	€406,30	annuale	18,190	€7.390,60
Costo di manutenzione	€44.507,80	base date	1,000	€44.507,80
Valore residuale (+)	€747.994,88	25	0,057	€747.994,88
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€339.799,37

* il fattore di attualizzazione per biomassa è stato determinato sottraendo il 30% di quello previsto dal DOE per l'energia elettrica

5.13

A.2) SOMMARIO DATI BASE CASE

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = caldaia a condensazione a gas metano

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€997.326,50	base date	1,000	€997.326,50
Costo di gestione inverno	€6.469,77	annuale	19,170	€124.025,49
Costo di gestione estate	€406,30	annuale	18,190	€7.390,60
Costo di manutenzione	€44.507,80	base date	1,000	€44.507,80
Valore residuale (+)	€747.994,88	25	0,057	€747.994,88
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€425.255,51

5.14

5.15

Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.1)

5.16

Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.2)

B.1) SOMMARIO DATI BASE CASE

periodo di studio = 8 anni; impianto di produzione di calore = teleriscaldamento

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€997.326,50	base date	1,000	€997.326,50
Costo di gestione inverno	€3.029,80	annuale	4,93*	€14.936,91
Costo di gestione estate	€406,30	annuale	7,040	€2.860,35
Costo di manutenzione	€7.719,94	base date	1,000	€7.719,94
Valore residuale (+)	€917.540,38	8	0,057	€917.540,38
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€105.303,33

* il fattore di attualizzazione per biomassa è stato determinato sottraendo il 30% di quello previsto dal DOE per l'energia elettrica

5.15

B.2) SOMMARIO DATI BASE CASE

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = caldaia a condensazione a gas metano

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€997.326,50	base date	1,000	€997.326,50
Costo di gestione inverno	€6.469,77	annuale	7,370	€47.682,20
Costo di gestione estate	€406,30	annuale	7,040	€2.860,35
Costo di manutenzione	€7.719,94	base date	1,000	€7.719,94
Valore residuale (+)	€917.540,38	25	0,057	€917.540,38
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€138.048,62

5.16

4.4 LA PROPOSTA ALTERNATIVA:
LCC DI UN EDIFICIO AD ENERGIA
QUASI ZERO

Come per il *base case*, tutti i dati rilevanti per la LCCA sono elencate nelle seguenti tabelle. Esse seguono lo stesso ragionamento come per il caso base: le tabelle nominate A) riguardano un periodo di studio di 25 anni, con un impianto di generazione di calore a biomassa nel caso A.1) e una caldaia a condensazione a gas metano nel caso A.2). Le tabelle B fanno riferimento ai casi con un periodo di studio di 8 anni, nominate rispettivamente B.1) e B.2).

5.5 COMPARAZIONE DEI VALORI LCC

In nessuno dei casi ipotizzati la proposta progettuale innovativa è riuscita a convincere. Vediamo il caso B.1), che utilizza come periodo di studio un arco temporale di 25 anni, ipotizzando un impianto di generazione calore a biomassa (caso più conveniente): il valore LCC per il *base case* è di **105.303,33€** rispetto al caso innovativo che possiede un LCC di **140.142,65€**. Si tratta di una differenza di **34.839,32€** che corrisponde a circa **25%**. Questa diversità è dovuta principalmente al costo di manutenzione, che per il progetto innovativo, che utilizza una grande quantità di legno e che possiede una ventilazione meccanica a recupero calore, è del 75% maggiore rispetto al caso tradizionale. Visto che anche il *base case* possiede già delle caratteristiche buone riguardo l'efficienza energetica, il costo di gestione, cioè i costi associati ai valori energetici non riescono a compensare i costi addizionali prodotti dall'incremento del costo di investimento e di manutenzione.

Come si evince dall'analisi conseguita, l'importanza che assume la fase di manutenzione dell'edificio innovativo è lampante, mentre in Italia il discorso della manutenzione nel processo della progettazione è la maggior parte delle volte completamente trascurato (come accade, tra l'altro, nel concorso a cui abbiamo fatto riferimento *Housing Contest*); quindi per tentare una valutazione di massima si deve guardare all'estero, in particolare cosa accade per esempio in Francia, in cui l'agenzia *Qualité Construction*, un'organizzazione fondata per migliorare la qualità del manufatto e ridurre i sinistri, fornisce suggerimenti ed elementi di riflessione per una progettazione più cosciente e consapevole nel suo intero ciclo di vita (SINOPOLI, 1998).

5.17

Calcolo LCC 25 anni: Progetto innovativo caso A.1)

5.18

Calcolo LCC 25 anni: Progetto innovativo caso A.2)

A.1) SOMMARIO DATI PROPOSTA ALTERNATIVA

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = teleriscaldamento

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€1.091.888,47	base date	1,000	€1.091.888,47
Costo di gestione inverno	€1.828,88	annuale	12,73*	€23.281,64
Costo di gestione estate	€297,95	annuale	18,190	€5.419,71
Costo di manutenzione	€168.432,52	base date	1,000	€168.432,52
Valore residuale (+)	€818.916,35	25	0,057	€818.916,35
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€470.105,99

* il fattore di attualizzazione per biomassa è stato determinato sottraendo il 30% di quello previsto dal DOE per l'energia elettrica

5.17

A.2) SOMMARIO DATI PROPOSTA ALTERNATIVA

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = caldaia a condensazione a gas metano

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€1.091.888,47	base date	1,000	€1.091.888,47
Costo di gestione inverno	€2.852,58	annuale	19,170	€54.683,96
Costo di gestione estate	€297,95	annuale	18,190	€5.419,71
Costo di manutenzione	€168.432,52	base date	1,000	€168.432,52
Valore residuale (+)	€818.916,35	25	0,057	€818.916,35
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€501.508,31

5.18

5.19

Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.1)

5.20

Calcolo LCC 8 anni: Progetto tradizionale caso B.2)

B.1) SOMMARIO DATI PROPOSTA ALTERNATIVA

periodo di studio = 8 anni; impianto di produzione di calore = teleriscaldamento

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€1.091.888,47	base date	1,000	€1.091.888,47
Costo di gestione inverno	€1.828,88	annuale	4,93*	€9.016,38
Costo di gestione estate	€297,95	annuale	7,040	€2.097,57
Costo di manutenzione	€41.677,62	base date	1,000	€41.677,62
Valore residuale (+)	€1.004.537,39	8	0,057	€1.004.537,39
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€140.142,65

* il fattore di attualizzazione per biomassa è stato determinato sottraendo il 30% di quello previsto dal DOE per l'energia elettrica

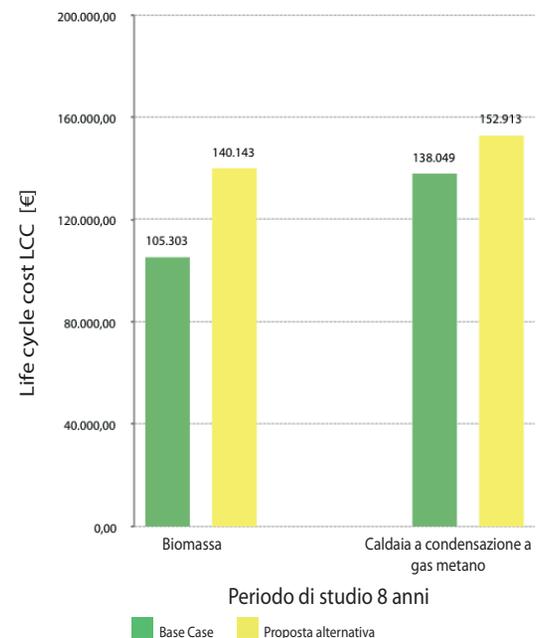
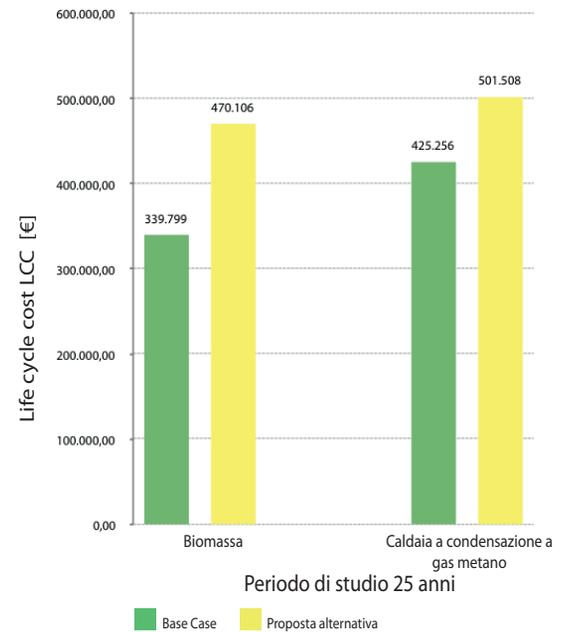
5.19

B.2) SOMMARIO DATI PROPOSTA ALTERNATIVA

periodo di studio = 25 anni; impianto di produzione di calore = caldaia a condensazione a gas metano

Tipologia di costo	Costo associato all'anno di avvenimento	Anno di avvenimento	Fattore di attualizzazione	Costo attualizzato
-1-	-2-	-3-	-4-	-5- = -2- x -4-
Costo di investimento	€1.091.888,47	base date	1,000	€1.091.888,47
Costo di gestione inverno	€2.852,58	annuale	7,370	€21.023,51
Costo di gestione estate	€406,30	annuale	7,040	€2.860,35
Costo di manutenzione	€41.677,62	base date	1,000	€41.677,62
Valore residuale (+)	€1.004.537,39	25	0,057	€1.004.537,39
Fattore di rischio	€0,00	-	-	€0,00
TOTALE LCC				€152.912,57

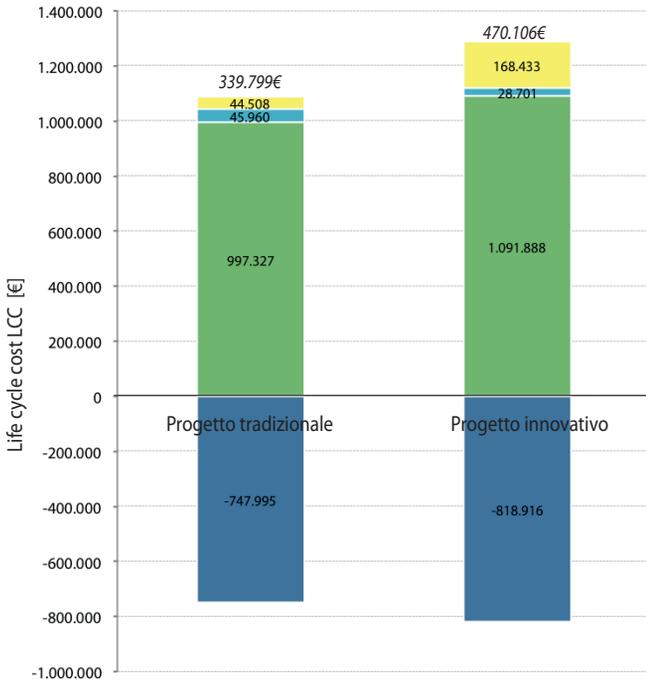
5.20



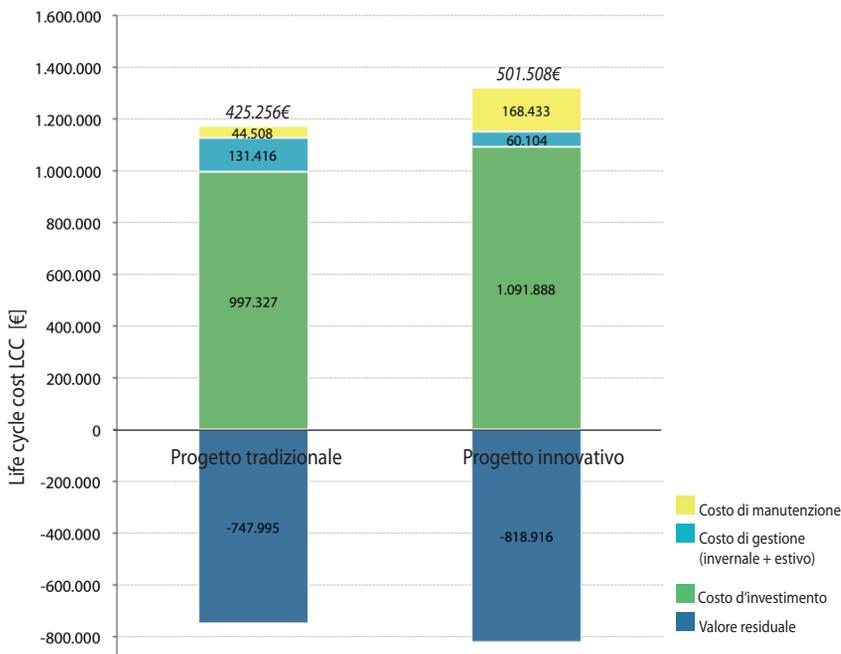
5.21

SCOMPOSIZIONE LIFE CYCLE COST

periodo di studio = 25 anni; impianto produzione calore = biomassa



periodo di studio = 25 anni; impianto produzione calore = caldaia a condensazione a gas metano



5.21

Comparazione LCC tra progetto tradizionale e innovativo: In altro considerando con un periodo di studio di 25 anni, in basso un periodo di studio di 8 anni

5.22

Life cycle cost: Più il costo di gestione si equipara tra le due declinazioni di progetto, più diventa importante il costo di manutenzione

Referenze:

- J. ALBANO, *La manutenzione degli edifici: 250 schede pratiche: schede tecniche, pianificazione, diagnostica e controlli regolamentari, patologie, interventi*, a cura di C. TALAMO, Esselibri-Simone, Napoli 2008;
- COMUNE DI MILANO, *Listino dei prezzi per l'esecuzione di opere per l'esecuzione di opere pubbliche e manutenzioni*, Milano 2011;
- ISO 15686-1:2011, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 1: General principles and framework*;
- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;
- IWU, *Heizkosten im Passivhaus – Warmmiete oder Flatrate- Modell*, Darmstadt 2008;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis – 2010*, U.S. Government Printing Office, Washington 2010;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;
- WBCSD, *Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities*, 2007;

06

Gestire il rischio e l'incertezza in analisi LCC

La *life cycle analysis* si basa sull'assunzione più probabile dei fattori inerenti al calcolo. Investimenti a lungo termine però, come la costruzione di edifici, comprendono esplicitamente incertezze riguardo la vita del progetto, costi di gestione, costi di manutenzione e molti ulteriori fattori che influenzano la economicità di un progetto. Per questo è utile misurare il livello dell'incertezza associato ai risultati di una LCCA e di considerare queste informazioni aggiuntive nella valutazione.

Esistono numerose possibilità di analisi del rischio, che possono essere divise in tre categorie: metodologie deterministiche, metodologie qualitative e infine metodologie quantitative. Non ci sono regole per quanto riguarda la scelta della tecnica più appropriata. L'approccio

scelto deve sapersi adattare alle particolari esigenze e caratteristiche intrinseche della situazione da valutare.

Di particolare importanza per la valutazione del rischio in questa sede si considerano *l'analisi di sensitività* e la *break-even analysis*. Esse fanno parte del gruppo delle analisi deterministiche del rischio e misurano l'impatto del cambiamento di uno o più valori di input chiave sui quali vi è incertezza per i risultati di un progetto. Di solito l'analisi viene eseguita modificando un valore alla volta, anche se una modificazione contemporanea di più di un'ipotesi è possibile.

Un'altra valutazione popolare è la *Monte Carlo simulation*, simulazione basata sulle teorie statistiche e probabilistiche.

Gestire il rischio e l'incertezza in analisi LCC

6.1 INTRODUZIONE

Determinare una serie di misure economiche non significa che il lavoro di un'analisi LCC è terminato.

Le analisi LCC richiedono alcune considerazioni critiche e la ponderazione dei risultati ottenuti. Quando si esegue una LCCA, essa si basa sull'assunzione più probabile dei fattori principali inerenti al calcolo. Investimenti a lungo termine però, come la costruzione di edifici, comprendono esplicitamente incertezze riguardo la vita del progetto, costi di gestione, costi di manutenzione e molti ulteriori fattori che influenzano la economicità di un progetto (DOE), come per esempio il tasso di interesse o di attualizzazione utilizzato per la compilazione di un'analisi LCC. Se una LCCA è afflitta da una quota d'incertezza notevole, il suo risultato avrà poco valore nella valutazione di un investimento o nella comparazione di opzioni di progetti di investimento. Per questo è utile misurare il livello dell'incertezza associato ai risultati di una LCCA e di considerare queste informazioni aggiuntive nella valutazione. Soprattutto negli ultimi decenni l'importanza del concetto di rischio è cresciuta notevolmente, per la rapidità di cambiamento dei fattori economici e del contesto di riferimento (BABETTO, 2004) (dissertazione). È importante sottolineare che in una valutazione economica è sempre meglio considerare valori appartenenti al futuro, anche se sono incerti. Ignorare costi incerti di lungo termine significa equiparare essi ad un valore di 0, un'assunzione molto povera. Per questo una LCCA dovrebbe includere la considerazione dell'incertezza e del rischio (ISO 15686-5, pp. 26).

6.2 IL CONCETTO DI RISCHIO ED INCERTEZZA

L'importanza della valutazione del rischio e dell'incertezza negli approcci di life cycle costing è innegabile. Uno dei primi ostacoli che si incontra nello studio del concetto di rischio e incertezza è la definizione dei due termini. Esiste una differenza tra incertezza e rischio e se si quale?

Le due locuzioni vengono solitamente utilizzate in modo sinonimico, nonostante esista una chiara differenza: la parola rischio si utilizza in riferimento a misure incerte che possono essere stimate, invece il concetto di incertezza implica l'impossibilità della stima. L'economista FRANK KNIGHT (1960), il quale lavoro si presenta come uno dei primi contributi organici dedicati al rischio e all'incertezza, stabilisce la distinzione tra i due termini nel seguente modo:



6.01
Gestione del rischio: Proteggere i propri interessi

L'incertezza va considerata in un senso radicalmente distinto dalla nozione familiare di rischio, dalla quale non è mai stata propriamente separata[...]. Il fatto essenziale è che 'rischio' significa in alcuni casi una quantità suscettibile di misura, mentre altre volte è qualcosa distintamente non di questo tipo; e ci sono differenze cruciali e di vasta portata nell'influenza di questi fenomeni a seconda di quale dei due è realmente presente ed operante[...]. Si comprenderà che un'incertezza misurabile, o propriamente 'rischio', per come useremo il termine, è così tanto differente da una non misurabile che in effetti non è un'incertezza affatto'

Quando il rischio di un investimento di capitale può essere determinato in termini di probabilità di successo o fallimento, allora si parla di un rischio oggettivo. Si parla invece d'incertezza, quando questa probabilità non può essere terminata in termini matematici, in quanto non si conoscono a sufficienza i fattori decisivi di una LCCA.

6.3 METODI DELLA VALUTAZIONE DI RISCHIO

L'analisi del rischio deve essere inteso come metodologia che è di aiuto sistematico al processo decisionale. Appaiono numerose possibilità di analisi del rischio nella letteratura tecnica (DOE). Ma il punto centrale è sempre l'identificazione dei fattori decisivi esposti maggiormente al rischio e una loro valutazione critica. In questo modo una LCCA viene resa molto più attendibile. Le tecniche di analisi del rischio possono essere divise in tre categorie (BOUSSABAIN & KIRKHAM 2004):

- Metodologie deterministiche (basate sul calcolo numerico)
- Metodologie qualitative (metodi che utilizzano tecniche di valutazione soggettive)
- Metodologie quantitative (approcci statistici e probabilistici di quantificazione)

La FIG. 6.02 mostra le tecniche della valutazione del rischio più popolari, divise per le tre categorie

DETERMINISTICHE	QUALITATIVE	QUANTITATIVE
Analisi conservative su benefici e stima dei costi	Matrice di rischio	Simulazioni Monte Carlo
Analisi costi-volumi-risultati	Registro del rischio	Simulazioni di probabilità
Tasso di attualizzazione rettificato secondo il rischio	Albero decisionale (qualitativo)	Tecniche matematiche
Net present value	Analisi SWOT	Teoria fuzzy set
Analisi di sensitività	Brainstorming	Albero decisionale (quantitativo)

6.02

Metodi della valutazione del rischio: Esistono tre gruppi principali di metodi, che sono quelli deterministiche, qualitative e i metodi quantitative

appena esposte. Successivamente discuteremo in primo luogo di due approcci deterministici, l'analisi di sensitività e la *break-even analysis*, l'analisi di pareggio. Esse si prestano particolarmente bene per la valutazione di rischi in LCCA, perché sono semplici da eseguire e non richiedono metodi di comparazione addizionali a quelli utilizzati in analisi LCC. Metodi probabilistici richiedono una serie d'informazioni aggiuntive e rendono la valutazione del rischio molto più complicato e complesso. Per questo ha senso condurre in un primo momento l'analisi di sensitività.

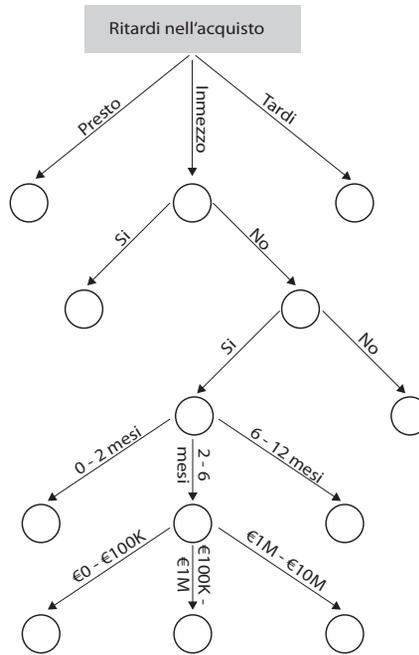
Non ci sono regole per quanto riguarda la scelta della tecnica più appropriata. L'approccio scelto deve sapersi adattare alle particolari esigenze e caratteristiche intrinseche della situazione da valutare.

6.3.1 ANALISI QUALITATIVE DI RISCHIO

L'analisi qualitativa affonda le sue radici in quelle correnti delle scienze sociali contemporanee che si affermano in opposizione agli indirizzi oggettivistici e normativi. Nella valutazione del rischio condurre un'analisi qualitativa significa esprimere la probabilità o l'entità delle conseguenze di un evento in termini qualitativi (cioè non in termini matematici). Spesso questo tipo di analisi è usato in un primo momento per ottenere delle indicazioni generali del livello di rischio associato ad un progetto. I risultati di quest'analisi possono poi indicare che è necessario effettuare analisi più specifiche e dettagliate. L'analisi qualitativa utilizza scale non numeriche o scale descrittive per descrivere la probabilità di accadimento. Le scale possono essere adattate

a specifiche circostanze e numerose modalità descrizione possono essere utilizzate per definire le diverse tipologie di rischi. Questo tipo di analisi può essere utilizzato:

- come attività di screening iniziale per identi-



6.03

		Probabilità di rischio				
		1	2	3	4	5
Conseguenze del rischio (magnitudo)	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

6.03
Analisi qualitativa di rischio: Esempio di albero decisionale

6.04
Analisi qualitativa di rischio: Esempio di matrice di rischio

6.04

ficare i rischi principali

- quando il livello di rischio non giustifica il tempo e gli sforzi necessari per un'analisi più completa
- quando i dati numerici non sono sufficienti per un'analisi di tipo diverso

Esiste una vasta gamma di tecniche disponibili per effettuare un'analisi di sensitività. Quelle più usate sono la matrice del rischio, i registri del rischio, metodi dell'albero decisionale, diagrammi di influenza e l'analisi SWOT.

6.3.2 ANALISI QUANTITATIVE DI RISCHIO

Le applicazioni delle analisi quantitative del rischio non sono molto diffuse nella pratica, anche se tecniche ben sviluppate esistono già da qualche tempo (BOUSSABAIN & KIRKHAM, 2004). Questo tipo di analisi si basa sulle teorie statistiche e probabilistiche. Anche se in pratica vengono preferite le tecniche qualitative, perché più facili e veloci da condurre, i metodi quan-

titativi di valutazione del rischio permettono di ottenere molte più informazioni sul rischio di un investimento e facilitare il processo decisionale. I metodi quantitativi di analisi dei rischi possono essere raggruppati in approcci statistici e approcci probabilistici. Gli approcci statistici utilizzano sistemi di statistica descrittiva, come per esempio variazioni da un dato standard per quantificare il rischio. Approcci probabilistici invece utilizzano funzioni di distribuzione della probabilità e tecniche di simulazione.

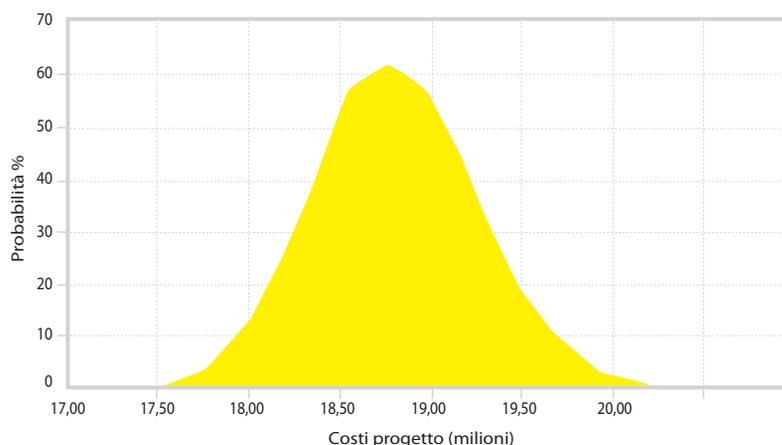
Fa parte di quest'ultimo gruppo la spesso nominata *Monte Carlo simulation*, la simulazione Monte Carlo (ISO 15686-5, E 917 - 05, BOUSSABAIN & KIRKHAM). Essa è una tecnica nata per risolvere situazioni, nelle quali esistono una serie di variabili decisive per la valutazione del rischio non controllabili o imprevedibili. Simulare un processo significa sperimentare una certa situazione variando i componenti di questo sistema un gran numero di volte, rilevando ogni volta lo stato finale. La simulazione Monte Carlo, nata all'inizio della seconda guerra mondiale per valutare le possibili dinamiche delle esplosioni del celebre progetto *Manhattan* per conto di Neumann e Ulam, si basa su un algoritmo che genera una serie di numeri tra loro correlati, e che seguono la distribuzione di probabilità che si suppone abbia il fenomeno da indagare.

Ai fini aziendali questa tecnica è particolarmente utile quando si devono risolvere situazioni e problemi caratterizzati da rischio e incertezza nei casi in cui i consueti modelli di previsione risultano inadeguati.

Questo tipo di simulazione rivela la sua massima utilità nelle seguenti situazioni (BABETTO, 2004)(dissertazione):

6.05

Analisi quantitativa di rischio: Esempio di una simulazione Monte Carlo



6.05

- in presenza di variabili caratterizzate da un'incertezza notevole.
Si tratta di una situazione spesso presente in ambito aziendale, che comprende tipicamente gruppi di variabili le cui interrelazioni sono troppo complesse da descrivere o da comprendere
- in cui il modello esiste, ma la sua risoluzione è talmente complessa da rendere la simulazione Monte Carlo uno strumento più semplice e veloce
- in cui i modelli analitici appaiono forzati e difficili da accettare

- variare valori di input incerti, uno alla volta
- ricalcolare la misura economica di valutazione (LCC, NS, SIR, AIRR)
- considerare il cambiamento ottenuto dalla variazione e trarre conclusioni dal livello di incertezza

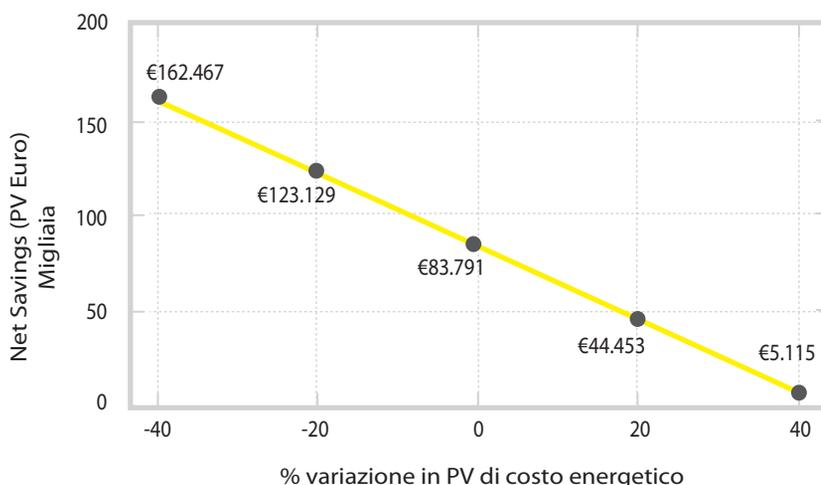
Per esempio, nella LCCA di un investimento di risparmio e conservazione energetica, il costo futuro dell'energia presenta una variabile caratterizzata da un alto livello di incertezza. Può essere opportuno allora ricalcolare il LCC variando il prezzo dell'energia, diciamo del 10% e confrontare il nuovo risultato con quello precedente. In questo modo è possibile determinare il rischio di progetto. Procedendo in questo modo è possibile determinare la soglia inferiore e superiore di una misura economica calcolando la possibilità di LCC con il valore rispettivamente più basso e alto. Per esempio si potrebbe considerare una variazione del costo dell'energia di 20 ÷ 40% più basso o alto rispetto al costo utilizzato per

6.3.3 ANALISI DETERMINISTICHE DEL RISCHIO

Questo tipo di analisi misura l'impatto del cambiamento di uno o più valori di input chiave sui quali vi è incertezza per i risultati di un progetto. Di solito l'analisi viene eseguita modificando un assunto alla volta, anche se la contemporanea modificazione di più di un'ipotesi è possibile. Fanno parte di questo gruppo di valutazione del rischio l'analisi di sensitività e la *break-even analysis*, considerati di particolare importanza per la valutazione del rischio in questa sede.

L'analisi di sensitività può aiutare in diversi modi per valutare il rischio di una LCCA. La tecnica determina quali valori di input, se differenti, creerebbero un risultato notevolmente differente dell'analisi LCC. Può anche determinare, sulla base di una gamma di risultati, la soglia superiore ed inferiore del LCC di un progetto o di un'altra misura economica. Esistono diverse metodologie per eseguire un'analisi di sensitività, ma per utilizzarla nel suo modo più semplice basta:

6.06
Analisi di sensitività:
Esempio di variazione del costo energetico



la LCCA. La FIG. 6.06 raffigura una valutazione economica di un sistema di condizionamento in termini di *Net Savings*. Sono stati determinati *Net Savings* riguardo una variazione di costo di energia del 20 e 40% in più e in meno, come assunto in precedenza. I *Net Savings* diminuirebbero a 44.453€ con un consumo di energia minore del 20% in confronto al valore di partenza di 83.701€ e aumenterebbero a 123.129€ se il sistema di condizionamento in questione usasse il 20% di energia in più.

Un'altra tecnica che fa parte delle analisi deterministiche del rischio è quella di break-even, detta anche analisi costi-volumi-risultati. Essa si basa sulla determinazione del punto di pareggio che consiste nel punto in cui si ha la coincidenza tra ricavi totali e costi totali di un progetto, relativi a un determinato volume di attività. Si tratta di un modello di previsione semplice ma molto utile. Considerando l'esempio fatto sul sistema di condizionamento può essere utile individuare il minimo importo di risparmi energetici che il sistema deve produrre per coprire i costi di investimento addizionali iniziali. Per condurre un'analisi costi.volumi-risultati è necessario:

- Costruire un'equazione nella quale i risparmi di gestione sono equiparati al costo di investimento aggiuntivo
- Specificare il valori per tutti gli input tranne per la variabile da pareggiare
- Risolvere l'equazione determinando la variabile da pareggiare

L'equazione di un tipico progetto di risparmio energetico metterebbe i risparmi di gestione pari ai costi di investimento:

$$S = \Delta C$$

$$(\Delta E + \Delta \text{OM\&R}) = (\Delta I_0 + \Delta_{\text{Repl}} - \Delta_{\text{Res}})$$

dove

S	= Risparmi
ΔC	= Costi di investimento aggiuntivi
ΔE	= Risparmi di energia
$\Delta \text{OM\&R}$	= Differenza in costi di manutenzione
ΔI_0	= Costi di investimento aggiuntivo rispetto all'opzione di progetto alternativa
Δ_{Repl}	= Differenza dei costi di sostituzione tra l'opzione e base e l'alternativa
Δ_{Res}	= Differenza nel valore residuale

Referenze:

- D. BABETTO, *Rischio di Business e Performance: Problemi e misure*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, Padova 2004;
- A. BOUSSABAIN, R. J. KIRKHAM, *Whole Life-cycle Costing: Risk and Risk Responses*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford 2004;
- E 917 - 05:2005, *Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems*;
- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;
- F. KNIGHT, *Intelligence & Democratic Action*, Harvard University Press, Cambridge 1960;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;

CONCLUSIONI

La crisi economica ha segnato più che mai l'inizio di questo nuovo Millennio comportando la crisi del mercato globale mondiale coinvolgendo le sorti di tutti i cittadini del mondo, in particolare quelli che già di per sé vivono in una condizione precaria. Il basso costo costituisce un valore aggiunto se non fondamentale per una buona fetta della popolazione mondiale. Il settore edilizio ne risulta particolarmente coinvolto data la rilevanza che costituisce in un sistema macroeconomico.

Questo ha portato ad interrogarsi su come costruire una architettura *low cost*, senza tralasciare quella che è la questione ambientale, considerando che il settore edilizio è responsabile del 40% delle emissioni di CO2 mondiali e del 30% del consumo di energia primaria, e la questione sociale, considerando la crescente pluralità e mutevolezza dei concetti di vita che fan sì che la progettazione soddisfi le esigenze delle persone che vivono l'edificio.

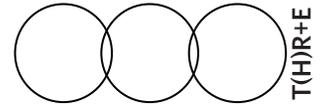
Non sempre però è così facile soddisfare in un progetto il concetto di sostenibilità in tutti i suoi sensi: a volte la ricerca del basso costo comporta una scarsa qualità ambientale e sociale, o un edificio con una buona prestanza energetica comporta un maggiore investimento nella sua costruzione; accade ciò perché molto spesso mancano le conoscenze e l'educazione da parte di molti operatori del processo edilizio che sottovalutano la questione non affrontando il concetto di sostenibilità attraverso un approccio olistico.

Nell'ambito italiano, un'esperienza interessante che ha posto l'attenzione su questi temi è il concorso di progettazione architettonica *Housing Contest*, la cui finalità era l'elaborazione di edifici residenziali *low cost - high profile*. In questo modo si è cercato di affrontare il problema legato alle

tre sfere della sostenibilità, l'economicità, la qualità sociale e quella ambientale, stimolando per lo meno l'interesse dei progettisti a perseguire l'obiettivo di conciliare il binomio alta qualità ambientale con un basso costo di investimento.

Con il lavoro di tesi abbiamo cercato di soddisfare, mettendole sullo stesso livello, tutti gli ambiti che definiscono la sostenibilità: seguendo delle strategie *low cost* individuate per progettare un'architettura qualitativamente alta e performante, riuscendo a limitare al massimo i costi di costruzione; tutto questo in un'ottica sostenibile, declinando il progetto in due soluzioni: una detta tradizionale, con materiali e tecniche maggiormente adoperati nell'area milanese, che rispecchia il livello tecnologico di oggi secondo la direttiva 2002/91/CE; l'altra detta innovativa, con materiali che mirano alla massima compatibilità ambientale, molto più prestante, che rispecchia la direttiva 2010/31/CE. Il tutto senza tralasciare la sfera sociale sottolineata nel progetto grazie a diverse strategie architettoniche, come il ballatoio inteso come *living street* (EBNER & KLAFFKE, 2009) o le diverse tipologie di alloggi, proponendo un mix sociale in base alle nuove tendenze sociali, proponendo soluzioni che varcano il limite tradizionale.

Il metodo di analisi e di valutazione ambientale ed economico adottato è andato oltre quelli che sono i sistemi di valutazione usati ordinariamente nel campo edilizio. La stima, infatti, si è basata sul ciclo di vita dell'edificio, e non solo sulla fase di costruzione, con i sistemi di valutazione LCA (*Life Cycle Assessment*) semplificata, ed LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*): facendo in questo modo è stato possibile studiare per quanto riguarda la sfera ambientale, l'energia inglobata e la CO2 incorporata dalla produzione dei singoli elementi fino



alla dismissione o al riuso degli stessi; si è agito similmente per quanto riguarda la valutazione economica: il metodo LCCA si basa non solo sul costo iniziale di investimento (come accade comunemente in una valutazione economica di un edificio oggi in Italia), ma considera una serie di costi legati all'acquisto, alla gestione, alla manutenzione e dismissione dell'edificio.

Vediamo i risultati dei singoli fattori analizzati:

- Per quanto riguarda lo studio LCA, i dati emersi riguardo all'**energia inglobata** vedono un valore maggiore per il progetto innovativo del 4% rispetto a quello tradizionale: la composizione strutturale in calcestruzzo armato risulta essere più impattante rispetto a quella in legno, al contrario la composizione delle partizioni interne e in particolar modo della parete esterna per la soluzione in legno sono più sfavorevoli ai fini di una valutazione LCA rispetto alla soluzione tradizionale. Ma la cosa più rile-

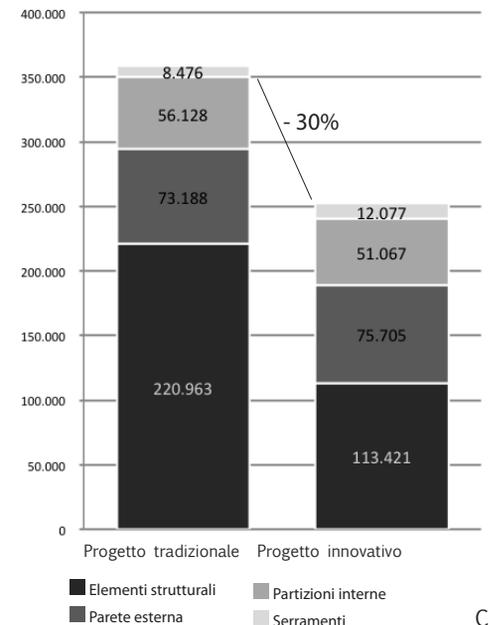
vante da tener conto è che la declinazione innovativa, molto più performante rispetto a quella tradizionale, impiega una quantità di coibente maggiore rispetto al sistema tradizionale, così come utilizza chiusure esterne molto più performanti; quindi data la piccola differenza tra i due sistemi, possiamo dire che i risultati ottenuti sotto questo punto di vista sono a vantaggio del sistema innovativo.

- Per lo studio della **CO2 incorporata**, il risultato ottenuto rispecchia in modo netto l'utilizzo di materiali più ecocompatibili nel caso innovativo rispetto a quello tradizionale: si è riscontrato un valore per l'edificio tradizionale maggiore del 30% rispetto a quello innovativo, dovuto soprattutto alla snellezza della struttura portante in legno rispetto a quella in calcestruzzo armato. Considerando gli obblighi di riduzione di emissione di sostanze inquinanti tra cui la CO2 in una misura non inferiore del 5% rispetto alle

SCOMPOSIZIONE TOT ENERGIA INGLOBATA [MJ]



SCOMPOSIZIONE TOT CO2 INCORPORATA [kgCO2]



C.01

Risultati valutazione energia inglobata e CO2 incorporata

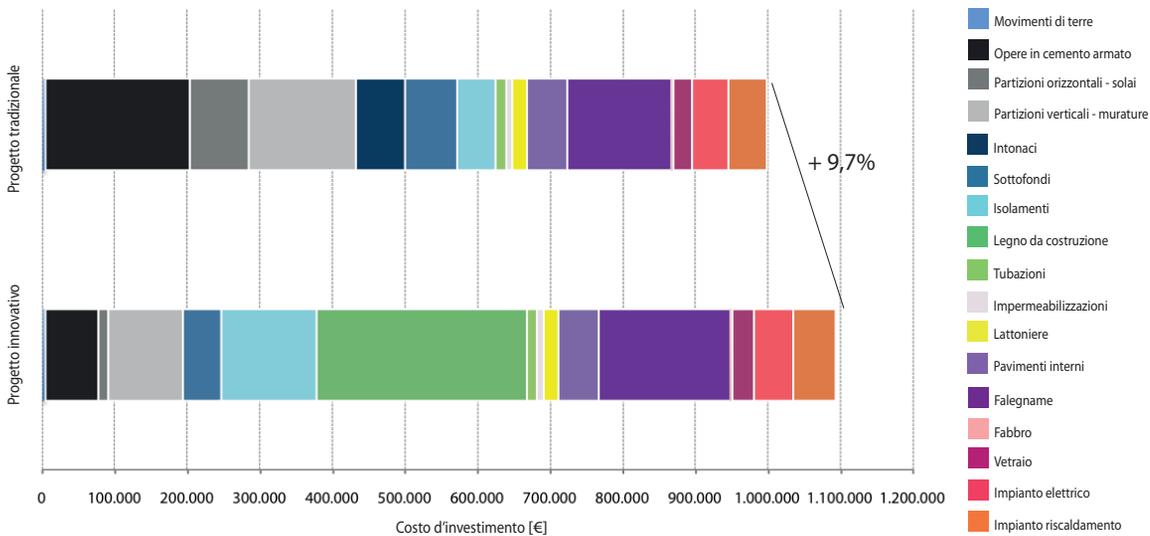
emissioni registrate nel 1990 nel periodo 2008-2012, come è stato pattuito con il trattato di Kyoto nel 1997, entrato in vigore solo nel 2005 con la ratifica da parte della Russia, la differenza di emissione di CO2 tra il progetto tradizionale e quello innovativo risulta essere particolarmente rilevante.

I fattori considerati per la determinazione del *Life cycle cost*, quali il costo d'investimento, il costo di gestione del manufatto, il costo di manutenzione e il valore residuale, sono stati esaminati per due periodi di studio differenti: in un primo caso è stato preso in considerazione un periodo di 25 anni, ovvero il limite temporale previsto dal DOE statunitense, che coincide con il periodo entro il quale l'investimento di capitale deve essere ammortizzato secondo prassi *business-usuale*; la seconda ipotesi considerata è di 8 anni: questo arco temporale si riferisce al periodo di

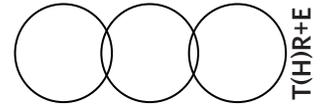
concessione dei certificati bianchi. Vediamo i singoli fattori:

- I dati emersi dallo studio LCC riguardo al valore ottenuto per il **costo d'investimento**, determinato con riferimento al 'Listino Prezzi del Comune di Milano 2011', il totale del progetto innovativo è superiore di circa il 9,5% rispetto al progetto tradizionale, in linea con le ricerche internazionali (WBCSD, 2007). Questo valore può essere attribuibile maggiormente a due fattori: il primo riguardante la maggiore coibentazione adoperata nell'edificio innovativo essendo un edificio quasi *zero energy*, ma soprattutto ciò che ha influito di più è il costo delle parti strutturali in legno, materiale più pregiato e ancora poco reperibile sul mercato italiano.
- Per la determinazione dei **costi di gestione** si è tenuto conto degli oneri dovuti per

SCOMPOSIZIONE COSTO D'INVESTIMENTO



C.02
Scomposizione del costo d'investimento: Il costo d'investimento aggiuntivo per il progetto innovativo è del 9,7% rispetto a quello tradizionale



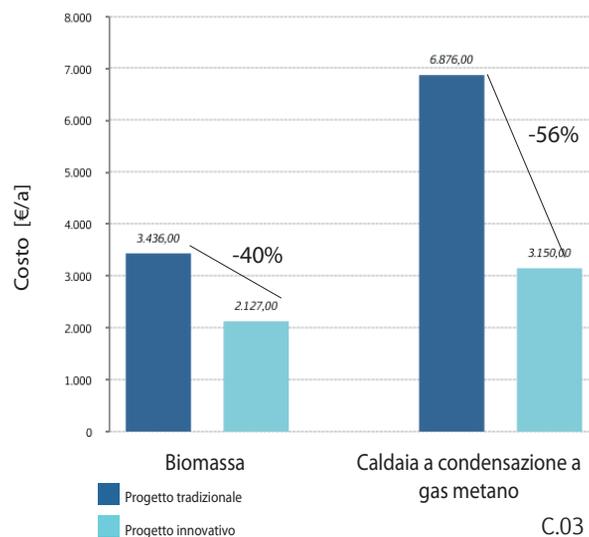
soddisfare il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento: ovviamente il caso tradizionale risulta essere meno prestante di quello innovativo: il valore del fabbisogno di energia finale per il riscaldamento e il raffrescamento per il caso tradizionale risulta essere 44kWh/m²a mentre per il caso innovativo è stato rilevato un valore di 19,40kWh/m²a. Questo risultato corrisponde ad una diminuzione del 56% del fabbisogno energetico finale. Il costo di gestione dipende anche dall'impianto utilizzato per la produzione di energia, determinando in questo modo il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento e il raffrescamento: in una prima ipotesi si è considerato un impianto tradizionale, ovvero una caldaia a condensazione a gas metano, la seconda un impianto a biomassa, molto più prestante, con l'allacciamento al teleriscaldamento, reso obbligatorio, ove presente, per edifici di nuova costruzione. Il diverso rendimento dei

due tipi di produzione di calore si ripercuote sui costi complessivi di gestione: nel caso di utilizzo di un impianto a biomassa la differenza tra l'edificio innovativo e quello tradizionale è inferiore di circa il 40% (3.436€/a contro 2.127€/a). Valore che aumenta nel caso in cui venisse utilizzato una caldaia a condensazione a gas metano, il cui costo nel progetto innovativo diminuisce di circa il 56% (6.876€ /a contro 3.150€/a).

C.03

Costo di gestione: Il costo annuo per il fabbisogno di energia finale per il riscaldamento e raffrescamento è notevolmente minore per il progetto innovativo

COSTO DI GESTIONE [€/a]



- Il **valore residuale**, ovvero il valore monetario che un edificio possiede alla fine del periodo di studio considerato per la valutazione LCCA è stato determinato in proporzione lineare al costo di investimento iniziale (DOE, 1996) rispetto alla vita utile residuale del manufatto con una vita utile complessiva considerata di 100 anni (ISO 15 686-1 e ISO 15 686-5). Il valore residuale per il progetto tradizionale, considerando un periodo di analisi di 25 anni e di 8 anni è rispettivamente 747.994,88€ e 917.540,38€. Per il caso innovativo è stato calcolato sempre, in relazione ai suddetti periodi di studio, un valore residuale di 818.916,35€ e 1.004.537,39€.

- Il **fattore di rischio**, altra componente intrinseca dell'analisi di *Life cycle cost* è stato tralasciato dato che associato a progetti residenziali è trascurabile.

- Il valore che però più spicca tra i costi considerati per la determinazione del LCC per le due soluzioni è il **costo della manutenzione**, ovvero il complesso delle attività svolte al fine di conservare gli elementi strutturali e di finitura, di ripristinare la funzionalità e l'efficienza di apparecchi o impianti in modo da garantirne le prestazioni.

La valutazione di questo costo risulta essere

sommatoria data la scarsità di dati presenti in letteratura e data la scarsa documentazione fornita dalle aziende produttrici a riguardo; vista la mancanza di riferimenti si è fatto riferimento al manuale tradotto dal francese ‘La manutenzione degli edifici – 250 schede tecniche’ di ALBANO (2005).

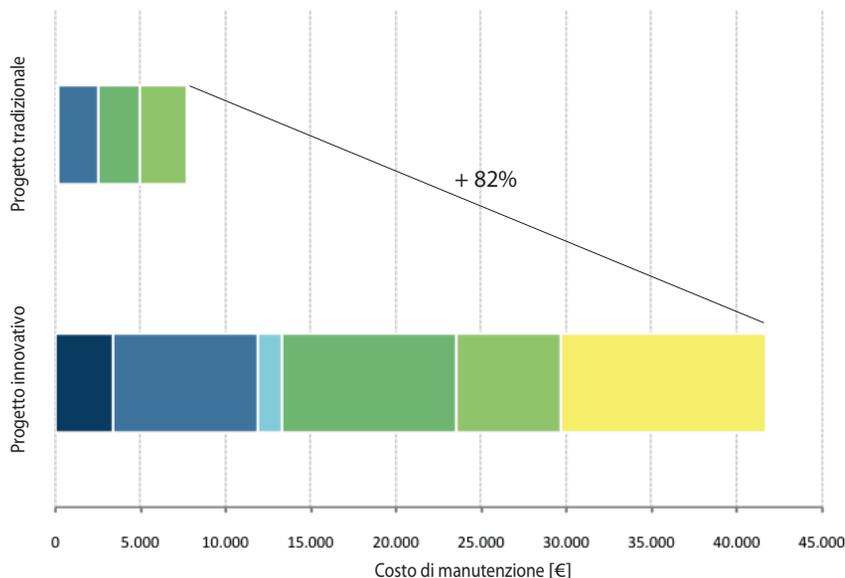
Sono stati presi in considerazione gli elementi principali che più differiscono tra le due declinazioni progettuali. Per quanto riguarda l’edificio detto tradizionale è stato determinato il costo di manutenzione per i pilastri in calcestruzzo armato, il solaio alleggerito con pignatte, la muratura con intonaco a base di cemento e la pitturazione. Per l’edificio detto innovativo abbiamo considerato i pilastri in legno lamellare, il solaio in legno (travi e travetti), la protezione antincendio, il rivestimento in legno di larice non trattato per la parete esterna, le pareti interne rivestite in gesso-fibra e l’impianto di ventilazione meccanica controllata.

Considerando anche in questo caso un ciclo di vita di 8 e 25 anni, nel primo caso per la declinazione tradizionale è stato determinato un costo di manutenzione di 7.719,94€ mentre per quella innovativa il costo è di 44.507,8€. Questa differenza si riscontra analogamente nel secondo caso, 25 anni: per la declinazione tradizionale abbiamo un costo di manutenzione pari a 41.677,62€ mentre per quello innovativo il costo è di 168.432,52, circa il 75% in più.

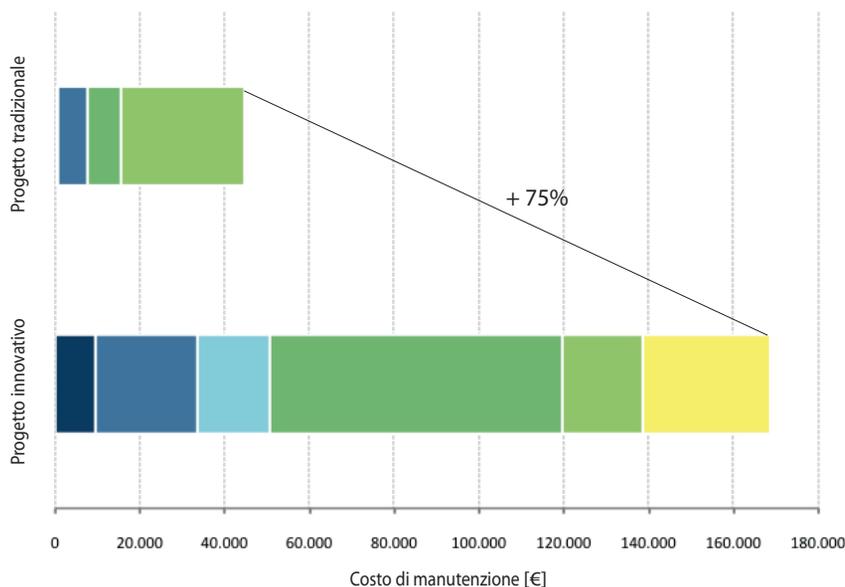
I fattori che più influiscono sul risultato ottenuto sono principalmente due: da una parte l’utilizzo del legno come rivestimento in facciata che richiede molta più cura e manutenzione rispetto ad altri sistemi; l’altro fattore è la presenza di una ventilazione meccanica a recupero di calore di cui necessita un progetto quasi *zero energy*.

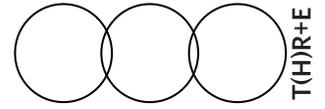
C.04
 Costo di manutenzione:
 Notevole aumento del costo per il progetto innovativo, soprattutto per due motivi: il rivestimento della facciata in legno e la ventilazione meccanica a recupero calore

SCOMPOSIZIONE COSTO DI MANUTENZIONE
 periodo di studio = 8 anni



periodo di studio = 25 anni



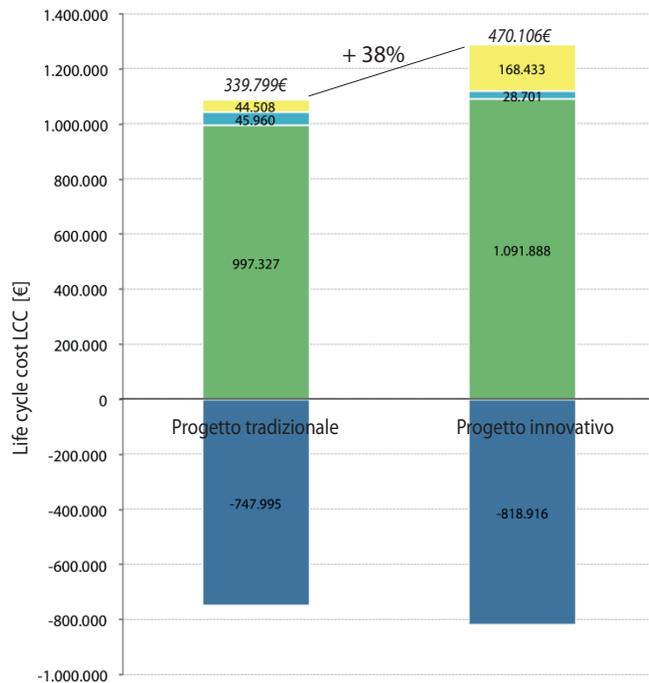


C.05

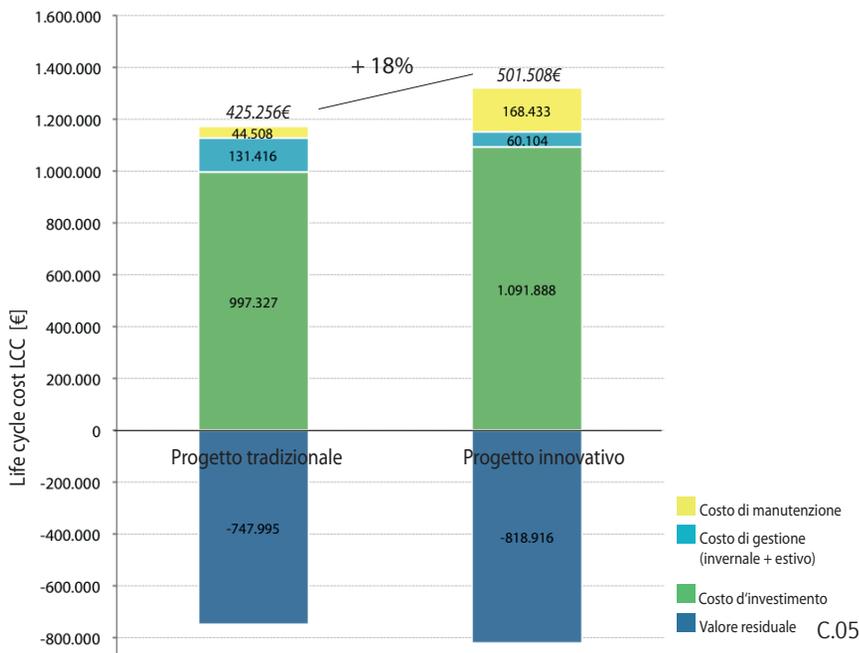
Life cycle cost: Più il costo di gestione si equipara tra le due declinazioni di progetto, più diventa importante il costo di manutenzione

SCOMPOSIZIONE LIFE CYCLE COST

periodo di studio = 25 anni; impianto produzione calore = biomassa



periodo di studio = 25 anni; impianto produzione calore = caldaia a condensazione a gas metano



Il fattore di costo che subisce la maggior differenza tra il progetto tradizionale e quello innovativo non è, come si aspettava, il costo d'investimento o il costo per la gestione, ma quello associato alla manutenzione. In più esso diventa di primaria importanza nel momento in cui il costo di gestione si equipara tra progetti diversi (vedi FIG. C.05). Un valore *poco o nulla presente nel processo edilizio corrente e nelle prassi dei suoi principali operatori* (SINOPOLI, 1998), a dispetto della sua importanza, in quanto il costo della manutenzione già in pochi anni può superare i costi iniziali di progettazione e costruzione (*ibidem*, 1998).

Il trascurare di questo fattore e la mancanza di una consolidata tradizione di manutenzione programmata in Italia si rispecchia anche nel difficile reperimento di dati sulla frequenza e costo di manutenzione e la quasi inesistenza di testi di riferimento nella letteratura italiana o banche dati su scala nazionale. Sembra inoltre che anche da parte dei produttori dei materiali impiegati nel processo edilizio non venga fatto nessuno sforzo per contraddire questa situazione.

Il costo di manutenzione, se considerato come *variabile indipendente rispetto al progetto* (MANFRON, 1998), può comportare inconvenienti rilevanti e difetti di costruzione notevoli fin da subito, che possono compromettere non solo un adeguato livello di sicurezza e funzionalità del costruito, ma anche obiettivi posti all'inizio della progettazione come quelli della sostenibilità ambientale o il *low cost*. Facciamo un esempio pratico:

Le facciate in legno sono oggi di largo impiego nell'architettura moderna, e ormai diventate sinonimo di sostenibilità ambientale e bioedilizia, anche in ambiti non tradizionali. Nonostante la simpatia espressa da costruttori e soprattutto da parte dei committenti rispetto a questa soluzione tecnica, si devono evidenziare i limiti offerti

dal legno, ed in particolar modo quelli per gli elementi posti in contatto diretto con l'ambiente esterno: la presenza nel legno di anomalie e difetti e la facilità con cui questo materiale può essere oggetto di attacchi da parte di organismi viventi (BONAFEDE, 1998) richiedono particolare attenzione riguardo la selezione del materiale, il suo posizionamento e la messa in opera. L'utilizzo di questo materiale, tralasciando l'applicazione a regola d'arte, comporta il deterioramento e degrado delle tinture e dei fissanti a causa di fenomeni meteorologici in pochissimo tempo (vedi FIG. C.06). Una manutenzione regolare a frequenza ravvicinata diventa inevitabile e spesso estremamente onerosa e non solamente in termini economici, *manu-tenere* questo materiale.

Volendo prolungare il più possibile il ciclo di vita di una facciata in legno e in questo modo abbassare il costo di manutenzione principale durante l'intera vita utile dell'edificio (100 anni), si devono applicare vernici e pitture, seguendo la ricerca *Leistungsfähige Holzfassadensysteme* (sistemi di facciate in legno efficienti), pubblicata nel



C.06

2005 da parte di *Holzforchung Austria*, l'istituto di ricerca sul legno austriaco. Questo metodo però è considerabile critico dal punto di vista ambientale: le sostanze e i solventi costituenti le vernici convenzionali sono altamente inquinanti per l'ambiente e peggiorano notevolmente l'impatto ambientale, compromettendo valutazioni come quella del *life cycle assessment*. Ipotizzando di applicare una pitturazione a 3 mani si riesce a diminuire il costo di manutenzione del 45%* durante il ciclo di vita, contemporaneamente peggiorano i fattori considerati nel LCA semplificata: l'energia inglobata aumenta del 60%, la CO2 del 58%*.

C'è da sottolineare, che esistono delle particolari vernici naturali per le facciate in legno, come il *Rosso Falun* svedese, che riesce a prolungare la durata del legno senza influire negativamente sugli impatti ambientali. La mancanza di dati di riferimento riguardo questi materiali rende impossibile una valutazione esatta.

Questa semplice comparazione evidenzia come non sempre l'utilizzo di materiali ecocompatibili, considerando l'intero del ciclo di vita, sia meno impattante, sia dal punto di vista ecologico che economico, rispetto a materiali tradizionalmente considerati inquinanti. La ricerca austriaca sottolinea soprattutto come solo attraverso una *corretta* progettazione si riescano ad ottenere buoni risultati ai fini della qualità e durabilità del manufatto, evitando per esempio il legno per la zoccolatura e proteggendolo dall'esposizione diretta dell'incidenza solare.

Questo esempio comporta delle riflessioni su quello che è il sistema progettuale, gli attori che lo compongono e il loro *modus operandi*: in fase progettuale si dovrebbero prendere opportune decisioni per far sì che vengano assunte im-

* Il caso base considera 1m² di facciata in legno di larice di 1,2cm non trattato con un costo d'investimento di 44,60€/m² e un costo di manutenzione dell'1% del costo nuovo annualmente per l'ispezione, del 10% ogni 5 anni per la manutenzione preventiva e una sostituzione ogni 20 anni.

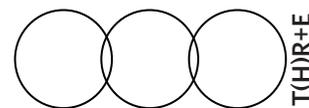
Per l'energia inglobata e la CO2 incorporata si fa riferimento al database ICE, che assume rispettivamente un valore di 8,5MJ/kg e 0,46kgCO2/kg per legno convenzionale.

L'alternativa ipotizza 1m² di facciata in legno di larice di 1,2cm verniciato a tre mani con un costo d'investimento di 56,60€/m² e un costo di manutenzione dell'1% ogni due anni per l'ispezione, del 10% ogni 15 anni per la manutenzione preventiva e una sostituzione ogni 30 anni.

Per l'energia inglobata e la CO2 incorporata si fa riferimento al database ICE, che assume rispettivamente un valore di 8,5MJ/kg e 0,46kgCO2/kg per legno convenzionale e 30,6MJ/m² e 1,60kgCO2/m² per una vernice a tre mani.

C.06

Deterioramento facciata in legno: Chesa Futura di Foster + Partners, St. Moritz (CH) Switzerland, 2004



portanti decisioni riguardo agli interventi da adoperare non solo in fase pre-progettuale, ma durante il ciclo di vita dell'edificio allargando quelli che sono gli orizzonti attuali della progettazione, portandola ad una valutazione complessiva in una fase preliminare, consentendo un'ottimizzazione del processo progettuale e migliorando la qualità del progetto nell'intero ciclo di vita.

Come si evince dall'analisi conseguita, l'importanza che assume la fase di manutenzione dell'edificio innovativo è lampante, mentre in Italia il discorso della manutenzione nel processo della progettazione è la maggior parte delle volte completamente trascurato (come accade, tra l'altro, nel concorso a cui abbiamo fatto riferimento *Housing Contest*); quindi per tentare una valutazione di massima si deve guardare all'estero, in particolare cosa accade per esempio in Francia, in cui l'agenzia *Qualité Construction*, un'organizzazione fondata per migliorare la qualità del manufatto e ridurre i sinistri, fornisce suggerimenti ed elementi di riflessione per una progettazione più cosciente e consapevole nel suo intero ciclo di vita (SINOPOLI, 1998).

È stato dimostrato come gran parte dei dissesti tecnici e delle cause di degrado dei materiali che diventa la matrice principale dell'inadeguatezza, possono essere contrastati attraverso opportune decisioni da assumersi nel momento del progetto diminuendo in questo modo il costo e l'impatto ambientale globale: questo comporta che accadimenti ragionevolmente prevedibili nel corso del ciclo di vita devono diventare oggetto di riflessione progettuale tanto quanto lo sono le ragioni tecniche e quelle dell'architettura (*ibidem*, 1998). Il nuovo modo di rapportarsi verso la progettazione parlando non più di realizzazione del manufatto ma del ciclo di vita del manufatto fa sì

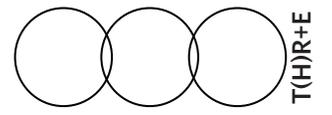
che la problematica qualitativa, della quale la manutenzione costituisce una componente fondamentale, stia assumendo un'importanza cruciale: l'opinione pubblica tende a prendere atto che è interesse collettivo dotarsi di manufatti che possano garantire nel tempo adeguati livelli di sicurezza, funzionalità e decoro.

In Italia si dovrebbe operare a livello legislativo per le opere private così come avviene per le opere pubbliche (L.216/95) che richiedono la presenza in conto, fin dalle fasi di progettazione, dell'attività di manutenzione, in modo da garantire livelli di qualità ed affidabilità corrispondenti alle ipotesi progettuali, come è accaduto per esempio a Bologna con il progetto *Civic Offices* di Mario Cucinella: così la legislazione italiana si potrà adeguare a quella di altri Paesi europei che praticano procedure di questo tipo e che grazie a questa pratica, possono godere di consolidate conoscenze in materia.

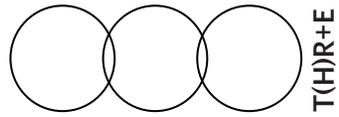
Il ritardo che noi stiamo accumulando rispetto ad altri Paesi europei fa sì che vengano a mancare in Italia delle banche dati di riferimento sul costo della manutenzione (MANFRON, 1998); questo sottolinea ancor di più quanto sia di fondamentale importanza avere un approccio olistico nella progettazione in tutte le sue fasi, per garantire così una corretta progettazione sostenibile in tutte e tre le fasi che la compongono.

Referenze:

- J. ALBANO, *La manutenzione degli edifici: 250 schede pratiche: schede tecniche, pianificazione, diagnostica e controlli regolamentari, patologie, interventi*, a cura di C. TALAMO, Esselibri-Simone, Napoli 2008;
- L. BONDAFEDE, “Manutenzione del legno”, in *Manutenzione delle costruzioni: progetto e gestione*, a cura di V. MANFRON, E. SIVIERO, UTET, Torino 1998;
- P. EBNER, J. KLAFFKE, *Living streets: access galleries in residential buildings*, Springer, Vienna 2009;
- G. GRÜLL, “Dauerhafte Holzfassaden durch fachgerechte Ausführung, Wartung und Instandhaltung”, *Ap-plica*, 8, 2005, Vienna, pp.4-12;
- ISO 15686-1:2011, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 1: General principles and framework*;
- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;
- V. MANFRON, E. SIVIERO, *Manutenzione delle costruzioni: progetto e gestione*, UTET, Torino 1998;
- N. SINOPOLI, *La tecnologia invisibile: il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, F. Angeli, Milano 1997;
- N. SINOPOLI, “Presentazione”, in *Manutenzione delle costruzioni: progetto e gestione*, a cura di V. MANFRON, E. SIVIERO, UTET, Torino 1998;
- WBCSD, *Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities*, 2007;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;



ALLEGATI



ALLEGATO A: DETERMINAZIONE DEL COSTO DI COSTRUZIONE

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

1. SCAVI - MOVIMENTI TERRE		SCAVI - MOVIMENTI TERRE		
1.1	Scavo generale	Scavo generale		
	Scavo di sbancamento con mezzi meccanici, a qualunque profondità, di materiali di qualsiasi natura e consistenza, asciutti, bagnati, melmosi, esclusa la roccia, inclusi i trovanti rocciosi o i relitti di murature fino a 0.750m ³ . Compreso lo spianamento e la configurazione del fondo anche a gradoni, la profilatura di pareti e scarpate; le sbadacchiature ove occorrenti; le opere provvisionali di segnalazione e protezione: con carico, trasporto ed accatastamento del materiale nell'ambito del cantiere	Scavo di sbancamento con mezzi meccanici, a qualunque profondità, di materiali di qualsiasi natura e consistenza, asciutti, bagnati, melmosi, esclusa la roccia, inclusi i trovanti rocciosi o i relitti di murature fino a 0.750m ³ . Compreso lo spianamento e la configurazione del fondo anche a gradoni, la profilatura di pareti e scarpate; le sbadacchiature ove occorrenti; le opere provvisionali di segnalazione e protezione: con carico, trasporto ed accatastamento del materiale nell'ambito del cantiere		
	Volume [m ³]	980,00	Volume [m ³]	955,00
	Unità di misura [m ³]		Unità di misura [m ³]	
	Costo per unità [€/U.M.]	3,66	Costo per unità [€/U.M.]	3,66
	Costo totale [€]	3.586,80	Costo totale [€]	3.495,30
	TOT SCAVI MOVIMENTI TERRE [€]	3.586,80	TOT SCAVI MOVIMENTI TERRE [€]	3.495,30
2. OPERE IN CEMENTO ARMATO - INIEZIONI - ANCORAGGI - RIPRISTINI				
2.1	Getto di fondazioni armate	Getto di fondazioni armate		
	Fondazioni armate in conglomerato cementizio (plinti, travi rovesce, platee, ecc.) realizzate mediante getto, con l'ausilio di gru o qualsiasi altro mezzo di movimentazione, di calcestruzzo confezionato in betoniera, con inerti ad assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto e diametro massimo degli stessi pari a 31,5mm, compresa la vibratura, esclusi ferro e casseri; resistenza: Rck = 30 N/mm ² - esposizione XC1 o XC2 - consistenza S3	Fondazioni armate in conglomerato cementizio (plinti, travi rovesce, platee, ecc.) realizzate mediante getto, con l'ausilio di gru o qualsiasi altro mezzo di movimentazione, di calcestruzzo confezionato in betoniera, con inerti ad assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto e diametro massimo degli stessi pari a 31,5mm, compresa la vibratura, esclusi ferro e casseri; resistenza: Rck = 30 N/mm ² - esposizione XC1 o XC2 - consistenza S3		
	Volume [m ³]	181,80	Volume [m ³]	122,28
	Unità di misura [m ³]		Unità di misura [m ³]	
	Costo per unità [€/U.M.]	130,82	Costo per unità [€/U.M.]	130,82
	Costo totale [€]	23.783,08	Costo totale [€]	15.996,67
2.2	Getto di murature armate	Getto di murature armate		
	Murature armate in conglomerato cementizio, entro e fuori terra, realizzate mediante getto, con l'ausilio di gru o qualsiasi altro mezzo di movimentazione, di calcestruzzo confezionato in betoniera, con inerti ad assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto e diametro massimo degli stessi pari a 31,5 mm, per spessori non inferiori a 17 cm; compresa la vibratura, esclusi ferro e casseri; resistenza: Rck = 30 N/mm ² - esposizione XC1 o XC2 - consistenza S3	Murature armate in conglomerato cementizio, entro e fuori terra, realizzate mediante getto, con l'ausilio di gru o qualsiasi altro mezzo di movimentazione, di calcestruzzo confezionato in betoniera, con inerti ad assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto e diametro massimo degli stessi pari a 31,5 mm, per spessori non inferiori a 17 cm; compresa la vibratura, esclusi ferro e casseri; resistenza: Rck = 30 N/mm ² - esposizione XC1 o XC2 - consistenza S3		
	Volume [m ³]	75,36	Volume [m ³]	74,40
	Unità di misura [m ³]		Unità di misura [m ³]	
	Costo per unità [€/U.M.]	146,08	Costo per unità [€/U.M.]	146,08
	Costo totale [€]	11.008,59	Costo totale [€]	10.868,35
2.3	Getto di strutture varie in C.A.	Getto di strutture varie in C.A.		
	Strutture armate in conglomerato cementizio (pilastri, travi, corree, solette, murature di vani scala e ascensori) realizzate mediante getto con l'ausilio di gru o qualsiasi altro mezzo di movimentazione, di calcestruzzo confezionato in betoniera, con inerti ad assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto e diametro massimo degli stessi pari a 31,5 mm, per spessori non inferiori a 17 cm, esclusi ferro e casseri, compresa la vibratura; resistenza: Rck = 25 N/mm ² - esposizione X0 - consistenza S3			
	Volume [m ³]	114,72		
	Unità di misura [m ³]			
	Costo per unità [€/U.M.]	151,05		
	Costo totale [€]	17.328,46		
2.4	Casseforme per C.A.	Casseforme per C.A.		
	Casseforme per getti in calcestruzzo, eseguite fino a 4,50 m dal piano d'appoggio, con impiego di pannelli di legno lamellare, comprese armature di sostegno, disarmante, manutenzione e disarmo:	Casseforme per getti in calcestruzzo, eseguite fino a 4,50 m dal piano d'appoggio, con impiego di pannelli di legno lamellare, comprese armature di sostegno, disarmante, manutenzione e disarmo:		
2.4.1	per fondazioni, plinti, travi rovesce, platee	per fondazioni, plinti, travi rovesce, platee		
	Superficie [m ²]	873,90	Superficie [m ²]	687,03
	Unità di misura [m ²]		Unità di misura [m ²]	
	Costo per unità [€/U.M.]	16,57	Costo per unità [€/U.M.]	16,57
	Costo totale [€]	14.480,52	Costo totale [€]	11.384,09
2.4.2	per strutture in C.A., muri scala ed ascensore	per strutture in C.A., muri scala ed ascensore		
	Superficie [m ²]	2.570,13	Superficie [m ²]	790,80
	Unità di misura [m ²]		Unità di misura [m ²]	
	Costo per unità [€/U.M.]	36,82	Costo per unità [€/U.M.]	36,82
	Costo totale [€]	94.632,19	Costo totale [€]	29.117,26

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

2.5 Acciaio per C.A.

Acciaio tondo in barre nervate per cemento armato con caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 10080 e prodotto con sistemi di controllo di produzione in stabilimento di cui al D.M.14/01/2008, in opera compresa lavorazione, posa, sfrido, legature; qualità:

2.5.1	B450C		
	Peso	[kg]	24.302,02
	Unità di misura	[kg]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	1,41
	Costo totale	[€]	34.265,85
2.5.2	Rete di acciaio elettrosaldato in opera		
	Peso	[kg]	2.960,54
	Unità di misura	[kg]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	1,30
	Costo totale	[€]	3.848,70

Acciaio per C.A.

Acciaio tondo in barre nervate per cemento armato con caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 10080 e prodotto con sistemi di controllo di produzione in stabilimento di cui al D.M.14/01/2008, in opera compresa lavorazione, posa, sfrido, legature; qualità:

	B450C		
	Peso	[kg]	4.640,54
	Unità di misura	[kg]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	1,41
	Costo totale	[€]	6.543,16
	Rete di acciaio elettrosaldato in opera		
	Peso	[kg]	23,89
	Unità di misura	[kg]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	1,30
	Costo totale	[€]	31,06

TOT OPERE IN CEMENTO ARMATO [€] 199.347,38

TOT OPERE IN CEMENTO ARMATO [€] 73.940,58

3. SOLAI - PARTIZIONI ORIZZONTALI

3.1 Solai misti con travetti prefabbricati

Solaio piano in cemento armato con blocchi in laterizio e travetti a traliccio con suola in laterizio. Compresi: travetti a traliccio, i blocchi in laterizio, il calcestruzzo con resistenza Rck 25 N/mm² gettato in opera e vibrato per nervature, travetti di ripartizione e massetti all'incastro, la soletta superiore di spessore non inferiore a 4 cm, il cassero e l'armatura provvisoria di sostegno fino a 4,50 mt di altezza dal piano di appoggio, il relativo disarmo. Escluso il ferro tondo di armatura. Altezza totale 24 cm (20 laterizio + 4 soletta)

	Superficie	[m ²]	1.577,12
	Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	43,12
	Costo totale	[€]	68.005,41

Solai misti con travetti prefabbricati

3.2 Vespai aerati

Formazione di vespaio formato da un sottofondo di appoggio degli elementi in plastica dello spessore di cm 8 con calcestruzzo Rck = 15 N/mm², posa degli elementi in plastica a perdere nelle varie altezze, getto di riempimento con calcestruzzo Rck 25 N/mm², fino a costituire una soletta superiore dello spessore minimo di 3 cm. Esclusa eventuale armatura in ferro e i bordi di contenimento se necessari. Compresa tutte le attività ed i materiali necessari a dare l'opera finita in ogni sua parte. Altezza elementi cm 25-30

	Superficie	[m ²]	357,62
	Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	35,41
	Costo totale	[€]	12.663,32

Vespai aerati

Formazione di vespaio formato da un sottofondo di appoggio degli elementi in plastica dello spessore di cm 8 con calcestruzzo Rck = 15 N/mm², posa degli elementi in plastica a perdere nelle varie altezze, getto di riempimento con calcestruzzo Rck 25 N/mm², fino a costituire una soletta superiore dello spessore minimo di 3 cm. Esclusa eventuale armatura in ferro e i bordi di contenimento se necessari. Compresa tutte le attività ed i materiali necessari a dare l'opera finita in ogni sua parte. Altezza elementi cm 25-30

	Superficie	[m ²]	357,62
	Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	35,41
	Costo totale	[€]	12.663,32

TOT SOLAI - PARTIZIONI ORIZZONTALI [€] 80.668,74

TOT SOLAI - PARTIZIONI ORIZZONTALI [€] 12.663,32

4. MURATURE - TAVOLATI - ANCORAGGI - PARTIZIONI VERTICALI

4.1 Murature in laterizio

Muratura in blocchi multifori doppio UNI semiportante 24 x 12 x 12 cm, con malta cementizia o bastarda, compreso l'onere per la formazione di spalle, voltini, spigoli, lesene, piani di lavoro interni

	Volume	[m ³]	570,89
	Unità di misura	[m ³]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	260,00
	Costo totale	[€]	148.431,40

Murature in laterizio

4.2 Contropareti in lastre di cartongesso

Contropareti in lastre di cartongesso

Controparete in lastre di gesso a bordi assottigliati, idrorepellenti, a basso grado di assorbimento, per bagni e cucine, spessore 13 mm, applicata direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria fornita dall'impresa:

	Superficie	[m ²]	1.463,46
	Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	21,90
	Costo totale	[€]	32.049,77

TRADIZIONALE

4.3 Parete divisorie in lastre di cartongesso

INNOVATIVO

Parete divisorie in lastre di cartongesso

Parete divisoria realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati sulle due faccie ed interposta armatura in profilati di acciaio zincati da 6/10 mm per guide a pavimento e a soffitto e per montanti ad interasse di 60 cm, compresi i fissaggi, la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria dell'impresa con una lastra da 13 mm per faccia

Superficie	[m ²]	1.544,22
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	45,88
Costo totale	[€]	70.848,81

TOT MURATURE	[€]	148.431,40	TOT MURATURE	[€]	102.898,99
---------------------	------------	-------------------	---------------------	------------	-------------------

5. INTONACI - RASATURE - FINITURE

5.1 Intonaci interni con malte tradizionali

Rinzafo su superfici interne, verticali ed orizzontali, in ambienti di qualsiasi dimensione, con malta di sabbia e cemento, dosaggio a 400 kg di cemento 32,5 R, compresi i piani di lavoro interni

Superficie	[m ²]	4.551,90
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	6,99
Costo totale	[€]	31.817,78

Intonaci interni con malte tradizionali

5.2 Intonaci completi e rasati per esterni

Intonaco completo per esterni ad esecuzione meccanica, con finitura liscia, su superfici orizzontali e verticali, costituito da rinzafo, intonaco rustico con premiscelato a base di leganti aerei ed idraulici, ed arricciatura eseguita con rasante a base di cemento, calce, inerti selezionati, additivi; esclusi i ponteggi esterni.

Superficie	[m ²]	1.463,46
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	20,82
Costo totale	[€]	30.469,24

Intonaci completi e rasati per esterni

5.3 Sovrapprezzi agli intonaci

Armatura di rasature sottili con rete in fibra di vetro di peso fino a 100 gr/m²

Superficie	[m ²]	1.463,46
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	3,93
Costo totale	[€]	5.751,40

Sovrapprezzi agli intonaci

TOT INTONACI - RASATURE	[€]	68.038,42	TOT INTONACI - RASATURE	[€]	0,00
--------------------------------	------------	------------------	--------------------------------	------------	-------------

6. SOTTOFONDI - MASSETTI - CAPPE

6.1 Sottofondi e massetti con malte tradizionali

Sottofondo di riempimento, con impasto a 150 kg di cemento 32,5 R per m³ di sabbia, costipato e tirato a frattazzo lungo senza obbligo di piani, spessore fino a cm 5 (minimo 4 cm)

Superficie	[m ²]	1.934,74
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	12,94
Costo totale	[€]	25.035,54

Sottofondi e massetti con malte tradizionali

Sottofondo di riempimento, con impasto a 150 kg di cemento 32,5 R per m³ di sabbia, costipato e tirato a frattazzo lungo senza obbligo di piani, spessore fino a cm 5 (minimo 4 cm)

Superficie	[m ²]	357,62
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	12,84
Costo totale	[€]	4.591,84

6.2 Sottofondi e massetti alleggeriti con argilla espansa

Sottofondo di riempimento alleggerito con impasto a 150 kg di cemento 32,5 R per m³ di argilla espansa granulometria 8-12 mm, costipato e tirato a frattazzo lungo senza obbligo di piani, spessore cm 5: 14,18 €; Per ogni cm in più o in meno, in aggiunta o detrazione, (spessore totale minimo 3 cm, massimo 8 cm, esclusi i sottofondi di riempimento che possono avere spessori maggiori quanto necessari) sulle voci precedenti: 2,75 €;

Superficie	[m ²]	1.619,32
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	27,93
Costo totale	[€]	45.227,61

Sottofondi e massetti alleggeriti con argilla espansa

Sottofondo di riempimento alleggerito con impasto a 150 kg di cemento 32,5 R per m³ di argilla espansa granulometria 8-12 mm, costipato e tirato a frattazzo lungo senza obbligo di piani, spessore cm 5: 14,18 €; Per ogni cm in più o in meno, in aggiunta o detrazione, (spessore totale minimo 3 cm, massimo 8 cm, esclusi i sottofondi di riempimento che possono avere spessori maggiori quanto necessari) sulle voci precedenti: 2,75 €;

Superficie	[m ²]	1.619,32
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	27,93
Costo totale	[€]	45.227,61

6.3 Strati separatori

Strato separatore in teli di polietilene espanso estruso con spessore fino a 3 mm

Superficie	[m ²]	673,04
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	2,08
Costo totale	[€]	1.399,92

Strati separatori

Strato separatore in teli di polietilene espanso estruso con spessore fino a 3 mm

Superficie	[m ²]	1.934,74
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	2,08
Costo totale	[€]	4.024,26

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TOT SOTTOFONDI - MASSETTI	[€]	71.663,07	TOT SOTTOFONDI - MASSETTI	[€]	53.843,71
----------------------------------	------------	------------------	----------------------------------	------------	------------------

7. ISOLAMENTI TERMICI ED ACUSTICI						
7.1	Isolamento termico coperture piane	<p>Isolamento termico a tetto rovescio o a tetto caldo di coperture piane pedonabili, realizzato con lastre di polistirene espanso estruso, superficie liscia con pelle, bordi battentati, prodotte con gas senza CFC e HCFC; conduttività termica W/mK 0,032 per spessori fino a 40 mm, e W/mK 0,034 per spessori da 50 mm e oltre, resistenza alla compressione kPa 250 per spessori fino a 40 mm, e kPa 300 per spessori da 50 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13164, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori 30 mm: 8,68 €/m²; per ogni 10 mm in più 1,97 €/m²</p>		<p>Isolamento termico coperture piane</p> <p>Isolamento termico a tetto rovescio o a tetto caldo di coperture piane pedonabili, realizzato con lastre di polistirene espanso estruso, superficie liscia con pelle, bordi battentati, prodotte con gas senza CFC e HCFC; conduttività termica W/mK 0,032 per spessori fino a 40 mm, e W/mK 0,034 per spessori da 50 mm e oltre, resistenza alla compressione kPa 250 per spessori fino a 40 mm, e kPa 300 per spessori da 50 mm e oltre; reazione al fuoco Euroclasse E; conformi alla norma UNI EN 13164, con marcatura CE. Compresi: tagli e relative sigillature, adattamenti, fissaggi di qualsiasi tipo a qualsiasi struttura, raccordi, assistenza muraria; negli spessori 30 mm: 8,68 €/m²; per ogni 10 mm in più 1,97 €/m²</p>		
	Superficie	[m ²]	315,42	Superficie	[m ²]	315,42
	Unità di misura	[m ²]		Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	22,47	Costo per unità	[€/U.M.]	46,11
	Costo totale	[€]	7.087,49	Costo totale	[€]	14.544,02
7.2	Isolamento termico solai	<p>Isolamento termico di locali su zone non riscaldate, realizzato all'intradosso dei solai (cappotto orizzontale), con pannelli rigidi in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,035, conforme alla norma UNI EN 13162, reazione al fuoco in Euroclasse A1, con marcatura CE. Compresi: tagli e sigillature relative, adattamenti, fissaggi con qualsiasi struttura, raccordi, assistenze murarie e piani di lavoro. Esclusa la eventuale formazione di finiture superficiali. Negli spessori 30 mm 13,39€/m²; per ogni 10 mm in più 2,05€/m²</p>		<p>Isolamento termico solai</p> <p>Isolamento termico di locali su zone non riscaldate, realizzato all'intradosso dei solai (cappotto orizzontale), con pannelli rigidi in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,035, conforme alla norma UNI EN 13162, reazione al fuoco in Euroclasse A1, con marcatura CE. Compresi: tagli e sigillature relative, adattamenti, fissaggi con qualsiasi struttura, raccordi, assistenze murarie e piani di lavoro. Esclusa la eventuale formazione di finiture superficiali. Negli spessori 30 mm 13,39€/m²; per ogni 10 mm in più 2,05€/m²</p>		
	Superficie	[m ²]	357,62	Superficie	[m ²]	357,62
	Unità di misura	[m ²]		Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	19,54	Costo per unità	[€/U.M.]	48,24
	Costo totale	[€]	6.987,89	Costo totale	[€]	17.251,59
7.3	Isolamento termico pareti esterne	<p>Isolamento termico a parete o intercapedini perimetrali, realizzato con pannelli rigidi a tutta altezza in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,035, conforme alla norma UNI EN 13162, reazione al fuoco in Euroclasse A1, con marcatura CE. Compresi: tagli e sigillature relative, adattamenti, fissaggi con qualsiasi struttura, raccordi, assistenze murarie e piani di lavoro. Negli spessori 40 mm 9,46 €/m²; per ogni 10 mm in più 1,60 €/m²</p>		<p>Isolamento termico pareti esterne</p> <p>Isolamento termico a parete o intercapedini perimetrali, realizzato con pannelli rigidi a tutta altezza in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,035, conforme alla norma UNI EN 13162, reazione al fuoco in Euroclasse A1, con marcatura CE. Compresi: tagli e sigillature relative, adattamenti, fissaggi con qualsiasi mezzo su qualsiasi struttura, raccordi, assistenze murarie e piani di lavoro. Negli spessori 40 mm 9,46 €/m²; per ogni 10 mm in più 1,60 €/m²</p>		
	Superficie	[m ²]	1.463,46	Superficie	[m ²]	1.463,46
	Unità di misura	[m ²]		Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	15,86	Costo per unità	[€/U.M.]	44,66
	Costo totale	[€]	23.210,48	Costo totale	[€]	65.358,12
7.4	Isolamento acustico solai intermedi	<p>Isolamento acustico sotto pavimento, realizzato con feltro composto da un velo di fibra di vetro e miscela bituminosa, spessore 2,8 mm, in rotoli. Compresi: tagli e relativa sigillatura, adattamenti, fissaggi, raccordi, assistenza muraria</p>		<p>Isolamento acustico solai intermedi</p> <p>Isolamento acustico sotto pavimento, realizzato con feltro composto da un velo di fibra di vetro e miscela bituminosa, spessore 2,8 mm, in rotoli. Compresi: tagli e relativa sigillatura, adattamenti, fissaggi, raccordi, assistenza muraria</p>		
	Superficie	[m ²]	1.619,32	Superficie	[m ²]	1.619,32
	Unità di misura	[m ²]		Unità di misura	[m ²]	
	Costo per unità	[€/U.M.]	5,56	Costo per unità	[€/U.M.]	5,56
	Costo totale	[€]	9.003,42	Costo totale	[€]	9.003,42
7.5	Isolamento acustico pareti divisorie interne	<p>Isolamento acustico divisorio interni in tavolato e cartongesso, realizzato con pannelli rigidi in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,034, conforme alla norma UNI EN 13162: Negli spessori 20 mm 4,31€/m²; per ogni 10 mm in più 1,31€/m²</p>		<p>Isolamento acustico pareti divisorie interne</p> <p>Isolamento acustico divisorio interni in tavolato e cartongesso, realizzato con pannelli rigidi in lana di roccia con resine termoindurenti, conduttività termica W/mK 0,034, conforme alla norma UNI EN 13162: Negli spessori 20 mm 4,31€/m²; per ogni 10 mm in più 1,31€/m²</p>		
7.5.1	Parete tra due unità immobiliari	<p>Superficie [m²] 668,52</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 8,24</p> <p>Costo totale [€] 5.508,60</p>		<p>Parete tra due unità immobiliari</p> <p>Superficie [m²] 703,95</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 14,79</p> <p>Costo totale [€] 10.411,42</p>		
7.5.2	Parete attrezzata	<p>-</p> <p>Superficie [m²] 253,94</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 12,17</p> <p>Costo totale [€] 3.090,45</p>		<p>Parete attrezzata</p> <p>Superficie [m²] 253,94</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 12,17</p> <p>Costo totale [€] 3.090,45</p>		
7.5.3	Tramezza	<p>-</p> <p>Superficie [m²] 867,26</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 12,17</p> <p>Costo totale [€] 10.554,55</p>		<p>Tramezza</p> <p>Superficie [m²] 867,26</p> <p>Unità di misura [m²]</p> <p>Costo per unità [€/U.M.] 12,17</p> <p>Costo totale [€] 10.554,55</p>		

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

TOT ISOLAMENTI	[€]	51.797,88	TOT ISOLAMENTI	[€]	130.213,57
-----------------------	------------	------------------	-----------------------	------------	-------------------

8. SISTEMI DI COPERTURA - LEGNO DA COSTRUZIONE

8.1 **Orditura tetti in legname****Orditura tetti in legname**

Grossa orditura di tetto costituita da capriate, colmi e puntoni in legname abete, con interasse di m. 3/3,50 e luce fino a 12 m. Sono compresi: tagli a misura, adattamenti, incastri, lavorazioni con ascia, montaggi, chioderia, ferramenta d'uso; spalmatura delle teste con carbolineum; immorsature nelle murature; opere provvisoriale e di protezione. Eseguita con travi squadrate in abete uso Trieste, a m³ di legname

Volume	[m ³]	63,08
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	702,56
Costo totale	[€]	44.317,48

8.2 **Legno lamellare per elementi strutturali *****Legno lamellare per elementi strutturali ***

Struttura di copertura in legno lamellare incollato, superfici in vista piallate, abete, caratteristiche secondo le DTC, sezione rettangolare, elementi costruttivi diritti; fornita e posta in opera, inclusi gli oneri per la formazione di fori e incastri per unioni in acciaio. Esecuzione conforme disegno. S'intendono compresi nel prezzo i trasporti, i sollevamenti, l'avvicinamento a piè d'opera dei materiali, gli sfridi, ogni altra prestazione accessoria occorrente

Volume	[m ³]	127,01
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	909,82
Pilastrini	[m ³]	29,52
Travi	[m ³]	41,04
Travetti	[m ³]	56,45
Costo totale	[€]	115.556,24

8.3 **Legno da costruzione per pareti verticali - partizioni interne *****Legno da costruzione per pareti verticali - partizioni interne ***

Costruzione in legno, consistente in montanti, traverse e controventi in travetti a spigolo vivo, classe di assortimento e caratteristiche secondo le DTC, sezione rettangolare, senza anima, superfici in vista piallate, forniti e posti in opera, inclusi gli oneri per la formazione di fori ed incastri. Esecuzione conforme disegno. S'intendono compresi nel prezzo i collegamenti, gli sfridi, i materiali di fissaggio nonché ogni altra prestazione accessoria occorrente, massima conducibilità termica 0,13 W/mK, densità 500 kg/m³: abete

Parete tra due unità immobiliari		
Volume	[m ³]	6,27
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	831,56
Costo totale	[€]	5.213,88
Parete attrezzata		
Volume	[m ³]	1,51
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	831,56
Costo totale	[€]	1.255,66
Tramezza		
Volume	[m ³]	19,46
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	831,56
Costo totale	[€]	16.182,16

8.4 **Legno da costruzione per pareti verticali - parete esterna *****Legno da costruzione per pareti verticali - parete esterna ***

Costruzione in legno, consistente in montanti, traverse e controventi in travetti a spigolo vivo, classe di assortimento e caratteristiche secondo le DTC, sezione rettangolare, senza anima, superfici in vista piallate, forniti e posti in opera, inclusi gli oneri per la formazione di fori ed incastri. Esecuzione conforme disegno. S'intendono compresi nel prezzo i collegamenti, gli sfridi, i materiali di fissaggio nonché ogni altra prestazione accessoria occorrente, massima conducibilità termica 0,13 W/mK, densità 500 kg/m³: abete

Volume	[m ³]	128,73
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	831,56
Costo totale	[€]	107.046,72

	TRADIZIONALE		INNOVATIVO
8.5	Verniciature ignifughe		Verniciature ignifughe
			Protezione di opere in legno contro il fuoco con vernice ignifuga bicomponente a base acqua, euroclasse (A2-s1,d0) (A2-s2,d0) (B-s1,d0) (B-s2,d0) se impiegata lungo le vie di esodo o, oltre alle precedenti, (A2-s1,d1) (A2-s3,d0) (A2-s2,d1) (A2-s3,d1) (B-s2,d0) (B-s3,d) se impiegata in altri ambienti, applicata in due mani su superfici grezze o carteggiate, in ragione di almeno 500 g/m ²
			Volume [m ²] 998,40
			Unità di misura [m ²]
			Costo per unità [€/U.M.] 21,14
			Costo totale [€] 21.106,18
	TOT SISTEMI COPERTURA [€] 0,00		TOT SISTEMI COPERTURA [€] 289.572,14
9.	TUBAZIONI - CANALIZZAZIONI - POZZETTI - FOSSE		
9.1	Rete di scarico acque chiare e nere, calde e fredde		Rete di scarico acque chiare e nere, calde e fredde
	Fornitura e posa tubi in polietilene alta densità (PEAD) malleabilizzato per condotte di scarico acque civili e industriale, libere o interrate, colore nero, conforme norme UNI 7613 tipo 303, da giuntare mediante saldatura; compresi gli oneri di fissaggio a pareti e soffitti e di attraversamento delle strutture. Diametro esterno (De) e spessore (s):		Fornitura e posa tubi in polietilene alta densità (PEAD) malleabilizzato per condotte di scarico acque civili e industriale, libere o interrate, colore nero, conforme norme UNI 7613 tipo 303, da giuntare mediante saldatura; compresi gli oneri di fissaggio a pareti e soffitti e di attraversamento delle strutture. Diametro esterno (De) e spessore (s):
9.1.1	De 32 - s = 3,0		De 32 - s = 3,0
	Lunghezza [m] 930,00		Lunghezza [m] 930,00
	Unità di misura [m]		Unità di misura [m]
	Costo per unità [€/U.M.] 7,63		Costo per unità [€/U.M.] 7,63
	Costo totale [€] 7.095,90		Costo totale [€] 7.095,90
9.1.2	De 75 - s = 3,0		De 75 - s = 3,0
	Lunghezza [m] 74,73		Lunghezza [m] 74,73
	Unità di misura [m]		Unità di misura [m]
	Costo per unità [€/U.M.] 11,76		Costo per unità [€/U.M.] 11,76
	Costo totale [€] 878,82		Costo totale [€] 878,82
9.1.3	De 110 - s = 4,3		De 110 - s = 4,3
	Lunghezza [m] 74,73		Lunghezza [m] 74,73
	Unità di misura [m]		Unità di misura [m]
	Costo per unità [€/U.M.] 15,69		Costo per unità [€/U.M.] 15,69
	Costo totale [€] 1.172,51		Costo totale [€] 1.172,51
9.2	Tubi per drenaggio		Tubi per drenaggio
	Fornitura e posa tubo per drenaggio in PVC, flessibile, corrugato, microforato, monoparete, adatto per uso agricolo, campi sportivi, edilizia. Escluso scavo, piano appoggio, rinfianco e riempimento. Diametro esterno (De):125		Fornitura e posa tubo per drenaggio in PVC, flessibile, corrugato, microforato, monoparete, adatto per uso agricolo, campi sportivi, edilizia. Escluso scavo, piano appoggio, rinfianco e riempimento. Diametro esterno (De):125
	Lunghezza [m] 108,20		Lunghezza [m] 108,20
	Unità di misura [m]		Unità di misura [m]
	Costo per unità [€/U.M.] 6,71		Costo per unità [€/U.M.] 6,71
	Costo totale [€] 726,02		Costo totale [€] 726,02
9.3	Esalazione cucine, bagni, canne fumarie		Esalazione cucine, bagni, canne fumarie
	Fornitura e posa di canna fumaria in acciaio inox AISI 316, a parete semplice, utilizzabili per generatori funzionanti con qualsiasi combustibile. Compresi sfridi, accessori e fascette per la posa, assistenze murarie e piani di lavoro. Esclusi solo i raccordi e pezzi speciali di seguito elencati ed i ponteggi esterni se non esistenti: Ø interno 110-120 mm		Fornitura e posa di canna fumaria in acciaio inox AISI 316, a parete semplice, utilizzabili per generatori funzionanti con qualsiasi combustibile. Compresi sfridi, accessori e fascette per la posa, assistenze murarie e piani di lavoro. Esclusi solo i raccordi e pezzi speciali di seguito elencati ed i ponteggi esterni se non esistenti: Ø interno 110-120 mm
	Lunghezza [m] 74,73		Lunghezza [m] 74,73
	Unità di misura [m]		Unità di misura [m]
	Costo per unità [€/U.M.] 65,81		Costo per unità [€/U.M.] 65,81
	Costo totale [€] 4.917,98		Costo totale [€] 4.917,98
	TOT TUBAZIONI [€] 14.791,24		TOT TUBAZIONI [€] 14.791,24
10.	OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE - SIGILLATURE		
10.1	Barriera di vapore		Barriera di vapore
	Barriera al vapore con foglio in polietilene dello spessore di 0,3 mm, applicato a secco, compresi sormonti e assistenze murarie alla posa con foglio in polietilene dello spessore di 0,3 mm, sigillato mediante nastro adesivo, su tessuto non tessuto di poliestere o polipropilene da 200 gr/m ² comprese assistenze edili alla posa		Barriera al vapore con foglio in polietilene dello spessore di 0,3 mm, applicato a secco, compresi sormonti e assistenze murarie alla posa con foglio in polietilene dello spessore di 0,3 mm, sigillato mediante nastro adesivo, su tessuto non tessuto di poliestere o polipropilene da 200 gr/m ² comprese assistenze edili alla posa
	Superficie [m ²] 315,42		Superficie [m ²] 315,42
	Unità di misura [m ²]		Unità di misura [m ²]
	Costo per unità [€/U.M.] 5,04		Costo per unità [€/U.M.] 5,04
	Costo totale [€] 1.589,72		Costo totale [€] 1.589,72

TRADIZIONALE

10.2 Manti con membrane bituminose

Manto impermeabile costituito da doppia membrana bituminosa plastomerica (BPP) armata con velo di fibra di vetro, rispondente alla Classe 1° della Norma UNI 8629/2, applicata a fiamma su idoneo piano di posa orizzontale o inclinato, compresa imprimitura a base bituminosa del fondo, formazione di colli perimetrali di raccordo, sfridi, sormonti e assistenze murarie spessore 2 + 2 mm

Superficie	[m ²]	315,42
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	21,45
Costo totale	[€]	6.765,76

TOT IMPERMEABILIZZAZIONI	[€]	8.355,48
---------------------------------	------------	-----------------

INNOVATIVO

Manti con membrane bituminose

Manto impermeabile costituito da doppia membrana bituminosa plastomerica (BPP) armata con velo di fibra di vetro, rispondente alla Classe 1° della Norma UNI 8629/2, applicata a fiamma su idoneo piano di posa orizzontale o inclinato, compresa imprimitura a base bituminosa del fondo, formazione di colli perimetrali di raccordo, sfridi, sormonti e assistenze murarie spessore 2 + 2 mm

Superficie	[m ²]	315,42
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	21,45
Costo totale	[€]	6.765,76

TOT IMPERMEABILIZZAZIONI	[€]	8.355,48
---------------------------------	------------	-----------------

11. OPERE DA LATTONIERE

11.1 Gronde, pluviali, lattonerie

Canali di gronda completi di cicogne o tiranti; pluviali, compresa la posa dei braccioli; converse, scossaline, copertine. Tutti lavorati con sagome e sviluppi normali, in opera, comprese le assistenze murarie e accessori di fissaggio. Esclusi i pezzi speciali di canali di gronda, pluviali, lattonerie speciali; in lamiera zincata spess. 0.8 mm o superiore (peso specifico = 7,86 kg/dm³)

Peso	[kg]	2.607,00
Unità di misura	[kg]	
Costo per unità	[€/U.M.]	7,96
Costo totale	[€]	20.751,72

TOT OPERE LATTONIERE	[€]	20.751,72
-----------------------------	------------	------------------

Gronde, pluviali, lattonerie

Canali di gronda completi di cicogne o tiranti; pluviali, compresa la posa dei braccioli; converse, scossaline, copertine. Tutti lavorati con sagome e sviluppi normali, in opera, comprese le assistenze murarie e accessori di fissaggio. Esclusi i pezzi speciali di canali di gronda, pluviali, lattonerie speciali; in lamiera zincata spess. 0.8 mm o superiore (peso specifico = 7,86 kg/dm³)

Peso	[kg]	2.607,00
Unità di misura	[kg]	
Costo per unità	[€/U.M.]	7,96
Costo totale	[€]	20.751,72

TOT OPERE LATTONIERE	[€]	20.751,72
-----------------------------	------------	------------------

12. PAVIMENTI INTERNI

12.1 Pavimenti in piastrelle di ceramica smaltata

Pavimento in piastrelle di ceramica, monocottura, con superficie smaltata, spessore 8 ÷ 10 mm, posato con boiaccia di puro cemento su letto di malta di legante idraulico, o incollato su idoneo massetto; compresa la fornitura della boiaccia o del collante, gli sfridi, l'assistenza muraria, la pulizia finale, escluso il massetto o il letto di malta, con piastrelle ,30 x 30 cm, tipo tinte unite

Superficie	[m ²]	1.619,32
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	34,24
Costo totale	[€]	55.445,52

TOT PAVIMENTI INTERNI	[€]	55.445,52
------------------------------	------------	------------------

Pavimenti in piastrelle di ceramica smaltata

Pavimento in piastrelle di ceramica, monocottura, con superficie smaltata, spessore 8 ÷ 10 mm, posato con boiaccia di puro cemento su letto di malta di legante idraulico, o incollato su idoneo massetto; compresa la fornitura della boiaccia o del collante, gli sfridi, l'assistenza muraria, la pulizia finale, escluso il massetto o il letto di malta, con piastrelle ,30 x 30 cm, tipo tinte unite

Superficie	[m ²]	1.619,32
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	34,24
Costo totale	[€]	55.445,52

TOT PAVIMENTI INTERNI	[€]	55.445,52
------------------------------	------------	------------------

13. OPERE DA FALEGNAME

13.1 Serramenti e persiane in PVC ad un battente

Finestre e porte finestre in pvc antiurto, ad alta resistenza, colori di serie. Telaio armato con profilati di acciaio, sezione pluricamera, angoli termosaldati, finitura superficiale liscia, adatti per vetro camera. Comprese le guarnizioni in materiale elastomero, tutte le necessarie ferramenta con maniglia, e comando a doppio effetto ove opportuno. Sono comprese altresì le prestazioni di assistenza muraria alla posa con tutte le movimentazioni e la sigillatura tra falso telaio e telaio con

Superficie	[m ²]	264,80
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	238,94
Costo totale	[€]	63.271,31

Serramenti e persiane in PVC ad un battente

Finestre e porte finestre in pvc antiurto, ad alta resistenza, colori di serie. Telaio armato con profilati di acciaio, sezione pluricamera, angoli termosaldati, finitura superficiale liscia, adatti per vetro camera. Comprese le guarnizioni in materiale elastomero, tutte le necessarie ferramenta con maniglia, e comando a doppio effetto ove opportuno. Sono comprese altresì le prestazioni di assistenza muraria alla posa con tutte le movimentazioni e la sigillatura tra falso telaio e telaio con

Superficie	[m ²]	264,80
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	264,45
Costo totale	[€]	70.026,36

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

13.2

Serramenti e persiane in PVC fisse

Finestre e porte finestre in pvc antiurto, ad alta resistenza, colori di serie. Telaio armato con profilati di acciaio, sezione pluricamera, angoli termosaldati, finitura superficiale liscia, adatti per vetro camera. Compresa le guarnizioni in materiale elastomero, tutte le necessarie ferramenta con maniglia, e comando a doppio effetto ove opportuno. Sono comprese altresì le prestazioni di assiste

Serramenti e persiane in PVC fisse

Finestre e porte finestre in pvc antiurto, ad alta resistenza, colori di serie. Telaio armato con profilati di acciaio, sezione pluricamera, angoli termosaldati, finitura superficiale liscia, adatti per vetro camera. Compresa le guarnizioni in materiale elastomero, tutte le necessarie ferramenta con maniglia, e comando a doppio effetto ove opportuno. Sono comprese altresì le prestazioni di assistenza muraria alla posa con tutte le movimentazioni e la sigillatura tra falso telaio e telaio con

Superficie	[m ²]	134,30
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	143,36
Costo totale	[€]	19.253,25

Superficie	[m ²]	134,30
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	158,67
Costo totale	[€]	21.309,38

13.3

Porte - Impennate

Porte interne a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, spessore finito mm 48, intelaiatura perimetrale in legno di abete e pannelli fibrolegnosi, battente con spalla, completa di mostre e contromostre, telaio ad imbotte da mm 80 a 120. Compresa la maniglia in alluminio tipo pesante, le cerniere tipo anuba in acciaio da 13 mm, la serratura con due chiavi; la finitura con mano di fondo e verniciatura con lacche poliuretaniche, la fornitura e posa falso telaio. Compresa la posa in opera nonchè le prestazioni di assistenza muraria per movimentazioni, pulizia ed allontanamento dei materiali di risulta. Dimensioni standard da cm 60-65-70-75-80-85-90x210-220. Rivestite sulle due facce in noce tanganika lucidato

Porte - Impennate

Porte interne a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, spessore finito mm 48, intelaiatura perimetrale in legno di abete e pannelli fibrolegnosi, battente con spalla, completa di mostre e contromostre, telaio ad imbotte da mm 80 a 120. Compresa la maniglia in alluminio tipo pesante, le cerniere tipo anuba in acciaio da 13 mm, la serratura con due chiavi; la finitura con mano di fondo e verniciatura con lacche poliuretaniche, la fornitura e posa falso telaio. Compresa la posa in opera nonchè le prestazioni di assistenza muraria per movimentazioni, pulizia ed allontanamento dei materiali di risulta. Dimensioni standard da cm 60-65-70-75-80-85-90x210-220. Rivestite sulle due facce in noce tanganika lucidato

Pezzi	[cad]	141,00
Unità di misura	[cad]	
Costo per unità	[€/U.M.]	335,64
Costo totale	[€]	47.325,24

Pezzi	[cad]	141,00
Unità di misura	[cad]	
Costo per unità	[€/U.M.]	335,64
Costo totale	[€]	47.325,24

13.4

Porte ingresso

Porte principali a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, spessore finito mm 48, intelaiatura perimetrale in legno di abete e pannelli fibrolegnosi, battente con spalla, completa di mostre e contromostre, telaio ad imbotte da mm 80 a 120. Compresa la maniglia in alluminio tipo pesante, le cerniere tipo anuba in acciaio da 13 mm, la serratura con due chiavi; la finitura con mano di fondo e verniciatura con lacche poliuretaniche, la fornitura e posa falso telaio. Compresa la posa in opera nonchè le prestazioni di assistenza muraria per movimentazioni, pulizia ed allontanamento dei materiali di risulta. Dimensioni standard da cm 60-65-70-75-80-85-90x210-220. Rivestite sulle due facce in noce tanganika lucidato

Porte ingresso

Porte principali a battente ad un'anta, in legno di abete tamburate, con struttura interna cellulare a nido d'ape, spessore finito mm 48, intelaiatura perimetrale in legno di abete e pannelli fibrolegnosi, battente con spalla, completa di mostre e contromostre, telaio ad imbotte da mm 80 a 120. Compresa la maniglia in alluminio tipo pesante, le cerniere tipo anuba in acciaio da 13 mm, la serratura con due chiavi; la finitura con mano di fondo e verniciatura con lacche poliuretaniche, la fornitura e posa falso telaio. Compresa la posa in opera nonchè le prestazioni di assistenza muraria per movimentazioni, pulizia ed allontanamento dei materiali di risulta. Dimensioni standard da cm 60-65-70-75-80-85-90x210-220. Rivestite sulle due facce in noce tanganika lucidato

Pezzi	[cad]	30,00
Unità di misura	[cad]	
Costo per unità	[€/U.M.]	461,00
Costo totale	[€]	13.830,00

Pezzi	[cad]	30,00
Unità di misura	[cad]	
Costo per unità	[€/U.M.]	505,00
Costo totale	[€]	15.150,00

13.5

Rivestimenti**Rivestimenti**

Rivestimento con perline lavorate a maschio e femmina, posate in opera comprese le prestazioni in assistenza per carico, scarico, trasporto a piè d'opera; spessore finito 15 mm, in legno abete

Superficie	[m ²]	1.463,46
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	18,72
Costo totale	[€]	27.395,97

TOT OPERE FALEGNAME [€] **143.679,80**

TOT OPERE FALEGNAME [€] **181.206,95**

14.

OPERE DA FABBRO

TRADIZIONALE

Ferramenta - manufatti vari - corrimano

Corrimano a sezione circolare, diametro mm 38 circa, composto da profilo tubolare in alluminio estruso, adeguatamente resistente alle sollecitazioni meccaniche con rivestimento completo in materiale acrovinilico di spessore 2-2,5 mm, con superficie gofrata antiscivolo, colorata in pasta, aporoso, ignifugo, antisettico, resistente agli agenti disinfettanti. Classificazione al fuoco in euroclasse equivalente alla classe 1 italiana .Compresa la fornitura, lo sfrido e l'incidenza dei supporti e dei terminali, la posa in opera, le assistenze murarie ed i piani di lavoro interni

Lunghezza	[m]	42,60
Unità di misura	[m]	
Costo per unità	[€/U.M.]	54,19
Costo totale	[€]	2.308,49

TOT OPERE DA FABBRIO	[€]	2.308,49
-----------------------------	------------	-----------------

INNOVATIVO

Ferramenta - manufatti vari - corrimano

Corrimano a sezione circolare, diametro mm 38 circa, composto da profilo tubolare in alluminio estruso, adeguatamente resistente alle sollecitazioni meccaniche con rivestimento completo in materiale acrovinilico di spessore 2-2,5 mm, con superficie gofrata antiscivolo, colorata in pasta, aporoso, ignifugo, antisettico, resistente agli agenti disinfettanti. Classificazione al fuoco in euroclasse equivalente alla classe 1 italiana .Compresa la fornitura, lo sfrido e l'incidenza dei supporti e dei terminali, la posa in opera, le assistenze murarie ed i piani di lavoro interni

Lunghezza	[m]	42,60
Unità di misura	[m]	
Costo per unità	[€/U.M.]	54,19
Costo totale	[€]	2.308,49

TOT OPERE DA FABBRIO	[€]	2.308,49
-----------------------------	------------	-----------------

OPERE DA VETRAIO

Vetro basso emissivo

Vetro basso emissivo di spessore forte 8 mm (± 0,3)

Superficie	[m ²]	343,88
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	71,50
Costo totale	[€]	24.587,42

Riempimento intercapedine dei vetri

Riempimento dell'intercapedine di gas Argon in sostituzione dell'aria disidratata per migliorare l'isolamento termico ed acustico (Ug = -0,3 - Rw = +0,5/1 dB) in funzione del riempimento della intercapedine. Valutato per uno spessore medio dell'intercapedine pari a 12 mm

Superficie	[m ²]	343,88
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	5,08
Costo totale	[€]	1.746,91

TOT OPERE DA VETRAIO	[€]	26.334,33
-----------------------------	------------	------------------

Vetro basso emissivo

Vetro basso emissivo extraspeso 12 mm (± 0,3)

Superficie	[m ²]	334,18
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	81,09
Costo totale	[€]	27.098,66

Riempimento intercapedine dei vetri

Riempimento dell'intercapedine di gas Argon in sostituzione dell'aria disidratata per migliorare l'isolamento termico ed acustico (Ug = -0,3 - Rw = +0,5/1 dB) in funzione del riempimento della intercapedine. Valutato per uno spessore medio dell'intercapedine pari a 12 mm

Superficie	[m ²]	687,76
Unità di misura	[m ²]	
Costo per unità	[€/U.M.]	5,08
Costo totale	[€]	3.493,82

TOT OPERE DA VETRAIO	[€]	30.592,48
-----------------------------	------------	------------------

IMPIANTO ELETTRICO**	5%
----------------------	----

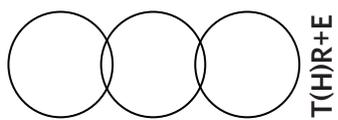
L'impianto elettrico è costituito da linee di distribuzione che partono dal locale contatori situato all'esterno dell'edificio. Le tracce avranno andamento parallelo alle pareti o alle solette, non potranno accavallarsi, seguiranno il percorso più breve, verranno inserite scatole di derivazione rompitratta e di derivazione. Ogni alloggio è provvisto di tubazione telefonica e di impianto citofonico con comando elettrico di apertura della porta di ingresso di ciascuna scala. L'impianto TV è di tipo centralizzato con colonne discendenti agli alloggi. Il centralino elettronico considererà l'amplificazione e la distribuzione di tutti i segnali ricevibili in loco, il cui rapporto segnale/rumore dia un valore non inferiore a 34 dB; verrà collocato in locale chiuso al pubblico,oppure in armadio metallico con chiusura chiave. La linea di alimentazione sarà derivata dal quadro posto nel piano seminterrato e sarà opportunamente protetta. La linea discendente sarà contenuta in tubazione in PVC dedicata. L'impianto citofonico sarà del tipo a 2 fili. L'impianto avrà un proprio posto esterno, un posto esterno a piè scala ed un centralino modulare dove saranno installati l'alimentatore e l'interruttore di protezione. Per ogni appartamento sarà installato un citofono dotato di regolazione volume chiamata e pulsanti apertura delle serrature. Il cablaggio del sistema avviene utilizzando due soli conduttori che collegano in modo non polarizzato tutti i componenti; possono inoltre essere derivati in parallelo da qualsiasi punto dell'impianto permettendo quindi di realizzare un cablaggio seriale o a stella

TOT IMPIANTO ELETTRICO	[€]	49.866,33
-------------------------------	------------	------------------

IMPIANTO ELETTRICO**	5%
----------------------	----

L'impianto elettrico è costituito da linee di distribuzione che partono dal locale contatori situato all'esterno dell'edificio. Le tracce avranno andamento parallelo alle pareti o alle solette, non potranno accavallarsi, seguiranno il percorso più breve, verranno inserite scatole di derivazione rompitratta e di derivazione. Ogni alloggio è provvisto di tubazione telefonica e di impianto citofonico con comando elettrico di apertura della porta di ingresso di ciascuna scala. L'impianto TV è di tipo centralizzato con colonne discendenti agli alloggi. Il centralino elettronico considererà l'amplificazione e la distribuzione di tutti i segnali ricevibili in loco, il cui rapporto segnale/rumore dia un valore non inferiore a 34 dB; verrà collocato in locale chiuso al pubblico,oppure in armadio metallico con chiusura chiave. La linea di alimentazione sarà derivata dal quadro posto nel piano seminterrato e sarà opportunamente protetta. La linea discendente sarà contenuta in tubazione in PVC dedicata. L'impianto citofonico sarà del tipo a 2 fili. L'impianto avrà un proprio posto esterno, un posto esterno a piè scala ed un centralino modulare dove saranno installati l'alimentatore e l'interruttore di protezione. Per ogni appartamento sarà installato un citofono dotato di regolazione volume chiamata e pulsanti apertura delle serrature. Il cablaggio del sistema avviene utilizzando due soli conduttori che collegano in modo non polarizzato tutti i componenti; possono inoltre essere derivati in parallelo da qualsiasi punto dell'impianto permettendo quindi di realizzare un cablaggio seriale o a stella

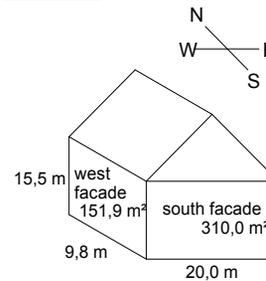
TOT IMPIANTO ELETTRICO	[€]	54.594,42
-------------------------------	------------	------------------



ALLEGATO B: DETERMINAZIONE DEL COSTO DI GESTIONE

CASAnova**Data sheet (1):****Geomerty:**

Length (North-South):	20,0 m
Width (West-East):	9,8 m
Height (without roof):	15,5 m
Number of floors:	5
Deviation from South direction (west positive):	0 °
Useful area:	784,0 m ²
Air volume	2430,4 m ³
A/V - value	0,43 1/m
Facade North/South:	310,0 m ²
Facade West/East	151,9 m ²

Sketch:**Insulation:**

U value walls:	
North:	0,29 W/(m ² K)
South:	0,29 W/(m ² K)
East:	0,29 W/(m ² K)
West:	0,29 W/(m ² K)
Absorption coefficient of the walls:	0,7
Upper floor towards:	outside or non-insulated roof
U value upper floor:	0,28 W/(m ² K)
Lower floor towards:	non-heated cellar (with insulation)
U value lower floor:	0,29 W/(m ² K)
Door area:	0,0 m ²
U value door	2,00 W/(m ² K)
Heat bridges:	ignore heat bridges

Building:

Interior temperature:	21,0 °C
Limit of overheating:	27,0 °C
Natural ventilation (infiltration):	0,80 1/h
Mechanical ventilation:	0,00 1/h
Heat recovery (only mech. ventilation):	0 %
efficiency factor of air conditioning:	2,5 kWh(cool)/kWh(electr.)
Internal Gains:	25,0 kWh/(m ² a)
Kind of indoor walls:	medium construction
Kind of outdoor walls:	medium construction

Climate:

Climatic data:	Milano (Italia)
----------------	-----------------

CASAnova

Output: Primary and end energy demand for heating

Heat:

Heat energy demand:	36,0 kWh/(m ² a)
Losses of the heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Heat losses from the distribution:	1,9 kWh/(m ² a)
Looses at the transmission to the rooms:	1,1 kWh/(m ² a)
Expense number of heat generation:	0,98

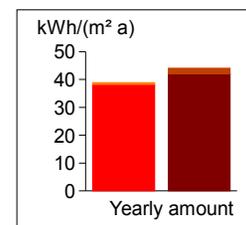
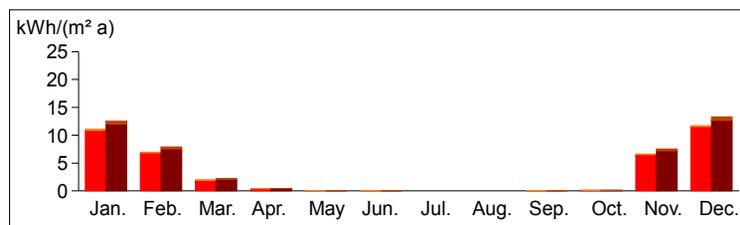
End energy demand fuel oil:	38,2 kWh/(m ² a)
Primary energy factor fuel oil:	1,1
Primary energy demand fuel oil:	42,0 kWh/(m ² a)

Auxiliary energy (electricity):

Auxiliary energy for heat generation:	0,3 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat distribution:	0,4 kWh/(m ² a)

End energy demand auxiliary energy (electricity):	0,7 kWh/(m ² a)
Primary energy factor electricity:	3,0
Primary energy demand auxiliary energy (electricity):	2,0 kWh/(m ² a)

	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²
January	10,9	0,2	11,1	12,0	0,6	12,5
February	6,8	0,1	7,0	7,5	0,4	7,9
March	1,9	0,0	1,9	2,1	0,1	2,2
April	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	0,4
May	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
June	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
July	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
October	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
November	6,5	0,1	6,6	7,2	0,3	7,5
December	11,5	0,2	11,7	12,7	0,6	13,3
Sum specific in kWh/(m ² a)	38,2	0,7	38,9	42,0	2,0	44,0
Sum absolute in kWh/a	29932	531	30463	32925	1594	34519

Legend:

■	End energy demand electricity	■	Primary energy demand electricity
■	End energy demand fuel oil	■	Primary energy demand fuel oil

CASAnova

Output: Primary and end energy demand for heating

Heat:

Heat energy demand:	36,0 kWh/(m ² a)
Losses of the heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Heat losses from the distribution:	1,9 kWh/(m ² a)
Losses at the transmission to the rooms:	1,1 kWh/(m ² a)
Expense number of heat generation:	1,45

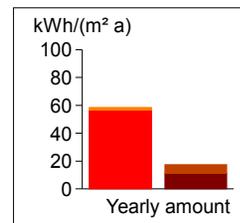
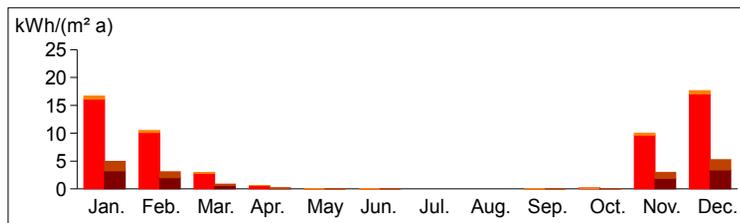
End energy demand wood:	56,5 kWh/(m ² a)
Primary energy factor wood:	0,2
Primary energy demand wood:	11,3 kWh/(m ² a)

Auxiliary energy (electricity):

Auxiliary energy for heat generation:	1,7 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat distribution:	0,4 kWh/(m ² a)

End energy demand auxiliary energy (electricity):	2,0 kWh/(m ² a)
Primary energy factor electricity:	3,0
Primary energy demand auxiliary energy (electricity):	6,1 kWh/(m ² a)

	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²
January	16,1	0,6	16,7	3,2	1,7	4,9
February	10,1	0,4	10,5	2,0	1,1	3,1
March	2,8	0,1	2,9	0,6	0,3	0,9
April	0,6	0,0	0,6	0,1	0,1	0,2
May	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
June	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
July	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
October	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1
November	9,7	0,3	10,0	1,9	1,0	3,0
December	17,0	0,6	17,7	3,4	1,8	5,2
Sum specific in kWh/(m ² a)	56,5	2,0	58,5	11,3	6,1	17,4
Sum absolute in kWh/a	44287	1586	45873	8857	4759	13616



Legend:

	End energy demand electricity		Primary energy demand electricity
	End energy demand wood		Primary energy demand wood

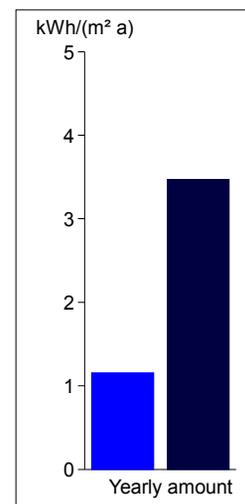
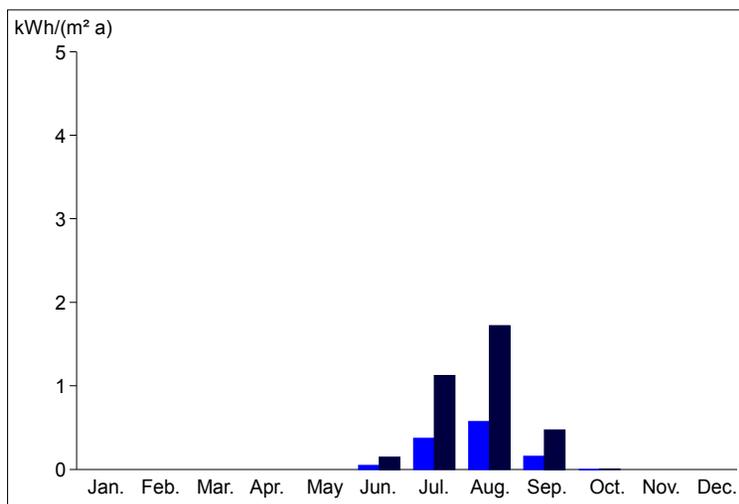
CASAnova

Output: Primary and end energy demand for cooling

Efficiency factor air-conditioning:

2,5 kWh cooling / kWh electricity

	Cooling demand in kWh/m ²	End energy demand cooling (electricity) in kWh/m ²	Primary energy demand (electricity) in kWh/m ²
January	0,0	0,0	0,0
February	0,0	0,0	0,0
March	0,0	0,0	0,0
April	0,0	0,0	0,0
May	0,0	0,0	0,0
June	0,1	0,0	0,1
July	0,9	0,4	1,1
August	1,4	0,6	1,7
September	0,4	0,2	0,5
October	0,0	0,0	0,0
November	0,0	0,0	0,0
December	0,0	0,0	0,0
Sum specific in kWh/(m ² a)	2,9	1,2	3,5
Sum absolute in kWh/a	2267,7	907,1	2721,2



Legend:

Cooling energy demand



Primary energy demand



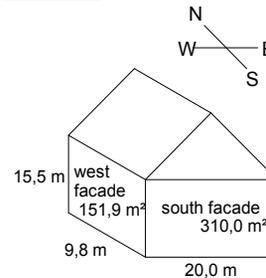
CASAnova

Data sheet (1):

Geomerty:

Length (North-South):	20,0 m
Width (West-East):	9,8 m
Height (without roof):	15,5 m
Number of floors:	5
Deviation from South direction (west positive):	0 °
Useful area:	784,0 m ²
Air volume	2430,4 m ³
A/V - value	0,43 1/m
Facade North/South:	310,0 m ²
Facade West/East	151,9 m ²

Sketch:



Insulation:

U value walls:	
North:	0,13 W/(m ² K)
South:	0,13 W/(m ² K)
East:	0,13 W/(m ² K)
West:	0,13 W/(m ² K)
Absorption coefficient of the walls:	0,7
Upper floor towards:	outside or non-insulated roof
U value upper floor:	0,13 W/(m ² K)
Lower floor towards:	non-heated cellar (with insulation)
U value lower floor:	0,13 W/(m ² K)
Door area:	0,0 m ²
U value door	2,00 W/(m ² K)
Heat bridges:	ignore heat bridges

Building:

Interior temperature:	21,0 °C
Limit of overheating:	27,0 °C
Natural ventilation (infiltration):	0,50 1/h
Mechanical ventilation:	0,00 1/h
Heat recovery (only mech. ventilation):	0 %
efficiency factor of air conditioning:	2,5 kWh(cool)/kWh(electr.)
Internal Gains:	25,0 kWh/(m ² a)
Kind of indoor walls:	medium construction
Kind of outdoor walls:	medium construction

Climate:

Climatic data:	Milano (Italia)
----------------	-----------------

CASAnova

Output: Primary and end energy demand for heating

Heat:

Heat energy demand:	12,8 kWh/(m ² a)
Losses of the heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Heat losses from the distribution:	1,9 kWh/(m ² a)
Looses at the transmission to the rooms:	1,1 kWh/(m ² a)
Expense number of heat generation:	0,98

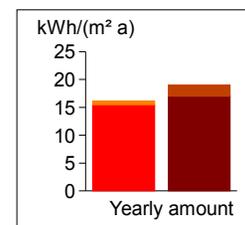
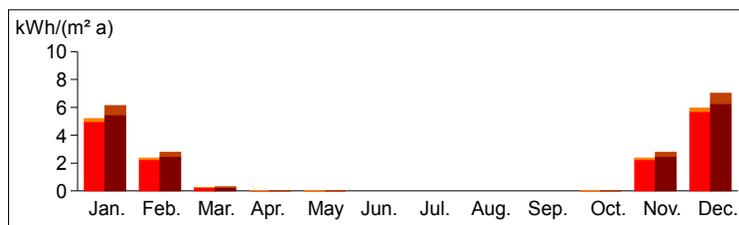
End energy demand fuel oil:	15,4 kWh/(m ² a)
Primary energy factor fuel oil:	1,1
Primary energy demand fuel oil:	17,0 kWh/(m ² a)

Auxiliary energy (electricity):

Auxiliary energy for heat generation:	0,3 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat distribution:	0,4 kWh/(m ² a)

End energy demand auxiliary energy (electricity):	0,7 kWh/(m ² a)
Primary energy factor electricity:	3,0
Primary energy demand auxiliary energy (electricity):	2,0 kWh/(m ² a)

	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²
January	5,0	0,2	5,2	5,5	0,7	6,1
February	2,3	0,1	2,4	2,5	0,3	2,8
March	0,2	0,0	0,2	0,3	0,0	0,3
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
May	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
June	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
July	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
October	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
November	2,3	0,1	2,4	2,5	0,3	2,8
December	5,7	0,2	5,9	6,3	0,7	7,0
Sum specific in kWh/(m ² a)	15,4	0,7	16,1	17,0	2,0	19,4
Sum absolute in kWh/a	12111	531	12642	13322	1594	14916

Legend:

End energy demand
electricity
End energy demand
fuel oil



Primary energy demand
electricity
Primary energy demand
fuel oil

CASAnova

Output: Primary and end energy demand for heating

Heat:

Heat energy demand:	12,2 kWh/(m ² a)
Losses of the heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Heat losses from the distribution:	1,9 kWh/(m ² a)
Losses at the transmission to the rooms:	1,1 kWh/(m ² a)
Expense number of heat generation:	1,45

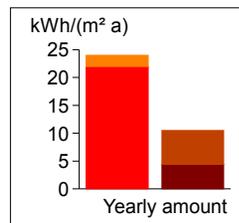
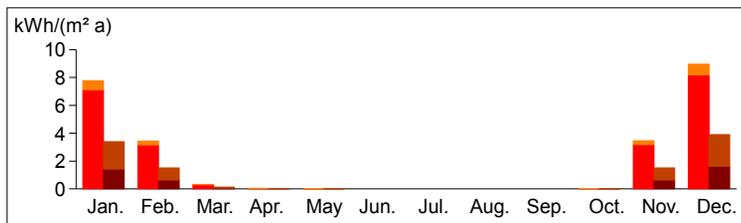
End energy demand wood:	22,0 kWh/(m ² a)
Primary energy factor wood:	0,2
Primary energy demand wood:	4,4 kWh/(m ² a)

Auxiliary energy (electricity):

Auxiliary energy for heat generation:	1,7 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat storage:	0,0 kWh/(m ² a)
Auxiliary energy for heat distribution:	0,4 kWh/(m ² a)

End energy demand auxiliary energy (electricity):	2,0 kWh/(m ² a)
Primary energy factor electricity:	3,0
Primary energy demand auxiliary energy (electricity):	6,1 kWh/(m ² a)

	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	End energy demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²	Primary demand in kWh/m ²
January	7,1	0,7	7,8	1,4	2,0	3,4
February	3,2	0,3	3,4	0,6	0,9	1,5
March	0,3	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
May	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
June	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
July	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
September	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
October	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
November	3,2	0,3	3,5	0,6	0,9	1,5
December	8,2	0,8	9,0	1,6	2,3	3,9
Sum specific in kWh/(m ² a)	22,0	2,0	24,0	4,4	6,1	10,5
Sum absolute in kWh/a	17236	1586	18822	3447	4759	8206



Legend:

■	End energy demand electricity	■	Primary energy demand electricity
■	End energy demand wood	■	Primary energy demand wood

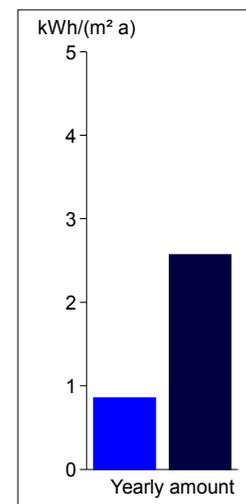
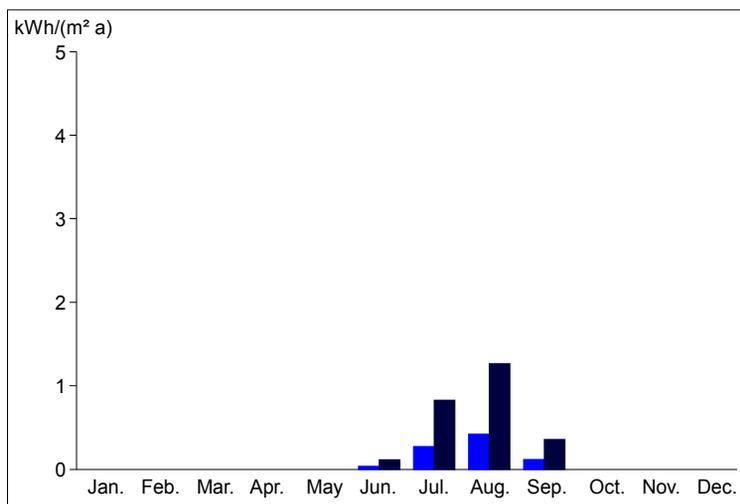
CASAnova

Output: Primary and end energy demand for cooling

Efficiency factor air-conditioning:

2,5 kWh cooling / kWh electricity

	Cooling demand in kWh/m ²	End energy demand cooling (electricity) in kWh/m ²	Primary energy demand (electricity) in kWh/m ²
January	0,0	0,0	0,0
February	0,0	0,0	0,0
March	0,0	0,0	0,0
April	0,0	0,0	0,0
May	0,0	0,0	0,0
June	0,1	0,0	0,1
July	0,7	0,3	0,8
August	1,1	0,4	1,3
September	0,3	0,1	0,4
October	0,0	0,0	0,0
November	0,0	0,0	0,0
December	0,0	0,0	0,0
Sum specific in kWh/(m ² a)	2,1	0,9	2,6
Sum absolute in kWh/a	1680,2	672,1	2016,3



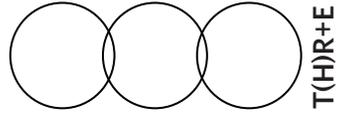
Legend:

Cooling energy demand



Primary energy demand





**ALLEGATO C: DETERMINAZIONE DEL COSTO DI
MANUTENZIONE**

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

1. STRUTTURA

1. STRUTTURA

01.01 - Pilastro in calcestruzzo armato

Volume	[m ³]	30,42
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	151,05
Costo totale	[€]	4.594,94

Operazione di manutenzione

	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
Ispezione visiva dello stato delle superfici degli elementi in calcestruzzo armato	Annuale	0,50%	22,97

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **399,98**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **161,24**

Manutenzione preventiva

Pulire i pilastri in facciata, asportare muschio o vegetazione di vario tipo; limitare tramite rifacimento superficiale o con l'aggiunta di un intonaco particolare l'evoluzione dei fenomeni di carbonatazione; impermeabilizzare i pilastri in facciata	15 anni	3,00%	137,85
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	-------	--------

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **88,48**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€]

Sostituzione > 30 anni 100,00% 4.594,94

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] **488,46**

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] **161,24**

01.02 - Solaio alleggerito con pignatte

Volume	[m ³]	1.577,12
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	43,12
Costo totale	[€]	68.005,41

Operazione di manutenzione

	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
Il solaio alleggerito con pignatte si riconosce per il suo aspetto eterogeneo nell'intradosso: travetti prefabbricati precompressi e pignatte di riempimento tra i travetti; ispezione visiva dello stato delle superfici e degli intradossi del solaio; verifica delle frecce; verifica dello stato del sottofondo	Annuale	0,50%	340,03

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **5.920,94**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **2.386,89**

Manutenzione preventiva

Le informazioni sulle caratteristiche del solaio sono da conservare per tutta la durata di vita dell'edificio	15 anni	3,00%	2.040,16
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	-------	----------

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **1.309,50**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€]

Sostituzione > 30 anni 100,00% 68.005,41

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] **7.230,44**

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] **2.386,89**

01.01 - Pilastri in legno lamellare

Volume	[m ³]	30,42
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	909,82
Costo totale	[€]	27.676,72

Operazione di manutenzione

	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
Controllo visivo; monitoraggio delle fessurazioni dell'incollaggio delle lamelle, controllo dello stato di piastre, cerniere e bulloneria degli assemblaggi; monitoraggio dell'invecchiamento degli elementi esposti alle intemperie	Annuale	1,00%	276,77

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **4.819,44**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **1.942,84**

Manutenzione preventiva

Il legno deve essere protetto in base alla sua esposizione; le parti metalliche devono essere trattate contro la corrosione e il serraggio dei bulloni deve essere controllato; monitorare le reazioni dei prodotti di pulizia e di sgrassatura con la colla strutturale; realizzazione periodica di una protezione delle parti in legno e degli appoggi	3 anni	3,00%	830,30
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	-------	--------

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **4.549,35**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **1.455,21**

Sostituzione > 20 anni 100,00% 27.676,72

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] **9.368,79**

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] **3.398,05**

01.02 - Solaio in legno (travi + travetti)

Volume	[m ³]	97,49
Unità di misura	[m ³]	
Costo per unità	[€/U.M.]	909,82
Costo totale	[€]	88.698,35

Operazione di manutenzione

	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
Ispezione visiva dello stato delle superfici e degli intradossi; esame minuzioso volto a constatare l'eventuale putrefazione, la presenza di insetti xilofagi, un forte degrado del rivestimento della superficie interessata da una deformazione importante delle travi e dei travetti, lo spostamento degli appoggi per effetto di deformazioni importanti	Annuale	1,00%	886,98

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **15.445,17**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **6.226,35**

Manutenzione preventiva

Trattamento delle alterazioni del legno (colorazione grigiastra o bluastria) tramite applicazione di un prodotto di protezione colorato e di strati di stabilizzazione incolori; trattamenti fungicida e insetticida; trattamento antiruggine degli elementi metallici del solaio; collegare gli elementi tra loro in modo da impedire deformazioni a lungo termine	5 anni	3,00%	2.660,95
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	-------	----------

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **8.727,51**

Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **2.295,36**

Sostituzione > 20 anni 100,00% 88.698,35

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] **24.172,68**

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] **8.521,71**

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

3. SISTEMAZIONI INTERNE

3. SISTEMAZIONI INTERNE

03.01 Pitturazione			
Volume	[m ²]		4.551,90
Unità di misura	[m ²]		
Costo per unità	[€/U.M.]		6,99
Costo totale	[€]		31.817,78

Operazione di manutenzione	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
<i>Controllare l'aspetto della pitturazione; identificare la natura della pittura (pittura a base oleosa, vinilica, acrilica, ecc.); verificare le condizioni igrometriche: in caso di forte umidità degli strati di supporto, rischio di deterioramento accelerato delle pitture</i>			
	Triennale	-	-

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] -
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] -

Manutenzione preventiva			
<i>Per le pitture impermeabili: lavaggio in presenza di macchie di varia natura</i>			
	Triennale	5,00%	1.590,89

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **8.716,74**
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **2.788,24**

Sostituzione	15 anni	100,00%	31.817,78
Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€]			20.422,62

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] 29.139,36
TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] 2.788,24

03.01 Parete in tavelloni di gesso (contropareti in lastre di cartongesso)			
Volume	[m ²]		1.463,46
Unità di misura	[m ²]		
Costo per unità	[€/U.M.]		21,90
Costo totale	[€]		32.049,77

Operazione di manutenzione	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
<i>Esame visivo della parete per rilevare eventuali fessurazioni (deterioramento dei tavelloni di gesso o del rivestimento superficiale) ed identificazione dell'eventuale presenza di umidità (controllo tattile sulla parete, presenza di aureole, di macchie e di segnali di condensa, distacco parziale del rivestimento superficiale, ecc.); identificazione della prestazione della parete rispetto all'isolamento acustico; ricerca di ponti acustici</i>			
	Triennale	1,00%	320,50

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **1.756,07**
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **561,72**

Intervento leggero			
<i>Presenza di fessurazioni leggere; presenza di macchie d'umidità</i>			
	6 anni	5,00%	1.602,49

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **4.195,63**
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **1.342,06**

Sostituzione	30 anni	100,00%	30.469,24
--------------	---------	---------	-----------

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] 5.951,70
TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] 1.903,78

03.02 Parete in tavelloni di gesso (pareti divisorie in lastre di cartongesso)			
Volume	[m ²]		1.544,22
Unità di misura	[m ²]		
Costo per unità	[€/U.M.]		45,88
Costo totale	[€]		70.848,81

Operazione di manutenzione	Frequenza	Valore [%]	Costo [€]
Ispezione			
<i>Esame visivo della parete per rilevare eventuali fessurazioni (deterioramento dei tavelloni di gesso o del rivestimento superficiale) ed identificazione dell'eventuale presenza di umidità (controllo tattile sulla parete, presenza di aureole, di macchie e di segnali di condensa, distacco parziale del rivestimento superficiale, ecc.); identificazione della prestazione della parete rispetto all'isolamento acustico; ricerca di ponti acustici</i>			
	Triennale	1,00%	708,49

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **3.881,93**
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **1.241,72**

Intervento leggero			
<i>Presenza di fessurazioni leggere; presenza di macchie d'umidità; deterioramento della funzione di tagliafuoco della parete</i>			
	6 anni	5,00%	3.542,44

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€] **9.274,79**
 Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€] **2.966,74**

Sostituzione	30 anni	100,00%	30.469,24
--------------	---------	---------	-----------

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€] 13.156,72
TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€] 4.208,46

TRADIZIONALE

INNOVATIVO

4. IMPIANTI IDRAULICI E DI CLIMATIZZAZIONE

4. IMPIANTI IDRAULICI E DI CLIMATIZZAZIONE

04.01 Ventilazione meccanica controllata

Volume	[cad]	1,00
Unità di misura	[cad]	
Costo per unità	[€/U.M.]	-
Costo totale	[€]	57.214,96

Operazione di manutenzione**Frequenza Valore [%] Costo [€]**

Manutenzione preventiva

Prova di funzionamento; verifica di giochi anomali, dello stato e della tensione delle cinghie; controllo dell'allineamento motore-ventilatore e del serraggio dei fissaggi; ingrassaggio di motori e cuscinetti; sostituzione di filtri se si tratta di un ventilatore da cucina; pulizia completa (elica, albero, voluta); verifica dell'equilibratura delle eliche, del funzionamento degli interruttori orari; riserraggio delle connessioni elettriche motore/quadro; controllo e rilievo delle intensità assorbite; controllo del funzionamento delle spie di segnalazione; verifica dello stato dei cavi elettrici e dei cappelli parapioggia

Annuale 3,00% 1.716,45

Costo attualizzato (periodo di studio = 25 anni) [€]**29.888,78****Costo attualizzato (periodo di studio = 8 anni) [€]****12.048,94**

Sostituzione

Toretta d'estrazione completa interna; motoventilatore interno (cassone e ventilazione)

25 anni 100,00% 57.214,96

TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 25 anni) [€]**29.888,78****TOT COSTO ATTUALIZZATO (periodo di studio = 8 anni) [€]****12.048,94****TOT COSTO ATTUALIZZATO MANUTENZIONE
(periodo di studio = 25 anni) [€]****44.507,80****TOT COSTO ATTUALIZZATO MANUTENZIONE
(periodo di studio = 25 anni) [€]****168.432,52****TOT COSTO ATTUALIZZATO MANUTENZIONE
(periodo di studio = 8 anni) [€]****7.719,94****TOT COSTO ATTUALIZZATO MANUTENZIONE
(periodo di studio = 8 anni) [€]****41.677,62**

Bibliografia

- AA. VV., *Architettura e approccio sistemico*, Polimetrica, Milano 2006;
- AA.VV., *A life cycle approach to buildings: principles, calculations, design tools*, Detail: Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Berlin 2010;
- AA. VV., *Il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione: valutazioni sperimentali delle prestazioni degli aggregati riciclati*, F. Angeli, Milano 2003;
- AA.VV., *Industrializzazione edilizia e politica della casa : le esperienze straniere / Tecnocasa Società di ricerca per l'edilizia industrializzata*, F. Angeli, Milano 1976;
- AA.VV., *Open-close: windows, door, gates, loggias, filters*, Birkhäuser, Basel 2010;
- AA.VV., *Una nuova stagione per l'housing: low cost, low energy, quality architecture*, BE-MA, Milano 2009;
- AA.VV., *Wohnen in Zürich: Programme, Reflexionen, Beispiele, 1998-2006*, Niggli, Sulgen 2006;
- J. ACQUATI LOZEJ, L. ARISI, *Milano: l'abitare cambia pelle. Residenze temporanee per un progetto a lungo termine*, Tesi di laurea, Politecnico di Milano, Milano 2010;
- J. ALBANO, *La manutenzione degli edifici: 250 schede pratiche: schede tecniche, pianificazione, diagnostica e controlli regolamentari, patologie, interventi*, a cura di C. TALAMO, Esselibri-Simone, Napoli 2008;
- ARPA LIGURIA, *La Gestione dei Rifiuti nelle Attività di Costruzione e Demolizione*, 2007;
- D. BABETTO, *Rischio di Business e Performance: Problemi e misure*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, Padova 2004;
- W. BENJAMIN, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Einaudi, Torino 2000;
- B. BERGDOLL, P. CHRISTENSEN, *Home delivery: fabricating the modern dwelling*, New York: The Museum of Modern Art, New York 2008;
- B. BOTTERO, *Decostruzione in architettura e in filosofia*, Libreria CLUP, Milano 2002;
- A. BOUSSABAIN, R. J. KIRKHAM, *Whole Life-cycle Costing: Risk and Risk Responses*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford 2004;
- M. CLIFT, K. BOURKE, *Study on Whole Life Costing for the Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR)*, Building Research Establishment, Watford 2009;
- COMUNE DI MILANO, *Listino dei prezzi per l'esecuzione di opere per l'esecuzione di opere pubbliche e manutenzioni*, Milano 2011;
- COMUNE DI MILANO, *Piano di Governo del Territorio*, Milano 2011;
- H. J. DEUBNER, *Bioarchitettura: un'ipotesi di bioedilizia*, Maggioli, Rimini 1993;
- P. EBNER, J. KLAFFKE, *Living streets: access galleries in residential buildings*, Springer, Vienna 2009;
- J. EGAN, *Rethinking Construction. The report of the Construction Task Force to the Deputy Prime Minister, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction*, Department of Trade and Industry, The Stationery Office, London 1998;
- ENERGYWATCHGROUP, *Renewable Energy Outlook 2030: Energy Watch Group Global Renewable Energy Scena-*

- rios*, Bonn 2011
- EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION, *Roadmap 2050. A practical guide to a prosperous, low-carbon Europe*, Ginevra 2010;
 - D. FRANCESE, *Architettura bioclimatica: risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, UTET, Torino 1996;
 - M. GAGGI, E. NARDUZZI, *La fine del ceto medio e la nascita della società low cost*, Einaudi, Torino 2006;
 - D. GAUZIN-MÜLLER, *Architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano 2007;
 - M. GILG, W. SCHAEPPPI, *Lebensräume – Auf der Suche nach zeitgemäßem Wohnen*, Verlag Niggli AG, Zurigo 2007;
 - G. GILI, *Lacaton & Vassal*, Dep leg, Barcelona 2006;
 - V. GREGOTTI, *Architettura e urbanistica : forma-spazio habitat*, Fabbri Editori, Milano 1975;
 - V. GREGOTTI, *Il territorio dell'architettura*, Feltrinelli, Milano 1993;
 - G. HAMMOND, C. JONES, *Inventory of Carbon & Energy (ICE), Version 1.6a*, University of Bath, Bath 2008;
 - A. HRAUSKY, *SixPach: Bevk Perovic', Dekleva Gregoric', Elastik, Machtig Vrhunc, Ofis, Sadar Vuga: contemporary Slovenian architecture*, Vale-Novak, Ljubljana 2004;
 - O. J. IKEGBUMAN, *Casa a basso costo*, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, Milano 1889;
 - IACP LOMBARDIA, *Sommario dei progetti qualificati idonei al concorso per la formazione di un repertorio regionale di progetti tipo*, BE-MA, Milano 1978;
 - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *World Energy Outlook 2011: Special Report*, 2011
 - ISTITUTO REGIONALE DI RICERCA DELLA LOMBARDIA, *Lombardia 2010: Rapporto di Legislatura*, Edizioni Angelo Guerini e Associati SpA, Milano 2009;
 - IWU, *Heizkosten im Passivhaus – Warmmiete oder Flatrate- Modell*, Darmstadt 2008;
 - P. JESBERG, *Ästhetik der Sparsamkeit, Forschungsbericht zum Thema 'Wechselwirkungen kostendämpfender Aspekte*, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 1986;
 - F. KNIGHT, *Intelligence & Democratic Action*, Harvard University Press, Cambridge 1960;
 - R. KOOLHAAS, *Junkspace. Per un ripensamento radicale dello spazio urbano*, a cura di G. Mastrigli, Quodlibet, Macerata 2006;
 - C. LANDI, *Progettare le abitazioni: funzioni, arredi, spazi d'uso e impianti*, Epc, Roma 2007;
 - M. LATHAM, *Constructing the Team. Final report of the government/industry review of procurement and contractual arrangements in the UK construction industry. Department of the Environment*, The Stationery Office, London 1994;
 - M. LAVAGNA, *Life cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, HO-EPLI, Milano 2008;
 - V. MANFRON, E. SIVIERO, *Manutenzione delle costruzioni: progetto e gestione*, UTET, Torino 1998;

- E. MARTINI, G. TOSO, *Uno sguardo sulla domanda abitativa a Milano: categorie prioritarie e bisogni emergenti*, Comune di Milano, Milano 2007;
- G. MORABITO, R. BIANCHI, *La decrescita prosperosa dell'edificio: architecture from hight tech to low cost*, Gangemi, Roma 2010;
- MULTIPLICITY.LAB., *Milano: cronache dell'abitare*, Mondadori, Milano 2007;
- OGC, *Whole-life costing and cost management Achieving Excellence in Construction Procurement Guide*, London 2007;
- A. PAOLELLA, *Progettare per abitare. Dalla precezione delle richieste alle soluzioni tecnologiche*, Elèuthera editrice, Milano 2003;
- M. PERRICCIOLI, M. ZARDINI, *Abitare costruire tempo*, Libreria CLUP, Milano 2004;
- PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07, *Linee Guida sui Rifiuti Speciali: Costruzione e Demolizione*, 2007
- H. POTYKA, *Kostengünstiger Wohnungsbau*, OIAV, Vienna 2007;
- ROCKWOOL, *Efficienza Energetica degli Edifici*, <<http://www.rockwool.it/download/pubblicazioni/efficienza+energetica+degli+edifici>>, 2011;
- B. RUGGERI, A. ROBASTO, *Progettare per l'ambiente: guida alla progettazione ecoefficiente dei prodotti*, Ranieri Editore, Milano 2002;
- C. SCHITTICH, *Building simply*, Birkhäuser, Basel 2005;
- C. SCHITTICH, *Cost-effective building: economic concepts and constructions*, Birkhäuser, Basel 2007;
- C. SCHITTICH, *High-density housing: concepts, planning, construction*, Birkhäuser, Basel 2004;
- C. SCHITTICH, *Housing for people of all ages: flexible, unrestricted, senior-friendly*, Birkhäuser, Basel 2007;
- C. SCHITTICH, *Involucri edilizi: progetti, strati funzionali, materiali*, Birkhäuser, Basel 2003;
- T. SCHNEIDER, J. TILL, *Flexible housing*, Elsevier: Architectural Press, Oxford 2007;
- M. A. SEGANTINI, *Atlante dell'abitare contemporaneo*, Skira, Milano 2008;
- D. K. SMITH, *Total life-cycle cost. Proceedings of the 8th International Conference on the Durability of Building Materials and Components*, National Research Council Press, Canada 1999;
- G. TURCHINI, M. GRECCHI, *Nuovi modelli per l'abitare: evoluzione dell'edilizia residenziale di fronte alle nuove esigenze*, Il Sole 24 ore, Milano 2006;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis – 2010*, U.S. Government Printing Office, Washington 2010;
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, *Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*, U.S. Government Printing Office, Washington 1996;
- G. UTICA, *Introduzione al valore di costo, il procedimento sintetico di stima del costo di costruzione, il procedimento analitico di stima del costo di costruzione*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna 2007;

- WBCSD, *Energy Efficiency in Buildings – Business realities and opportunities*, 2007;
- U. WIENKE, *L'edificio passivo. Standard Requisiti Esempi*, Alinea, Firenze 2002;

ARTICOLI

- AA.VV., “Tridimensionale finito. L'esperienza Zanussi - Farsura”, *Modulo*, n. 9, 1977, pp. 651 -655;
- W. BRUNELLI, “Edilizia industrializzata e problema normativo”, *Modulo*, n. 6, 1979, pp. 663 -671;
- W. BRUNELLI, “Per un glossario dell'edilizia industrializzata”, *Modulo*, n. 9, 1979, pp. 1045 -1050;
- A. A. BURGESS, D. J. BRENNAN, “Application of life cycle assessment to chemical processes”, *Chemical Engineering Science*, nr. 56, 2001, pp. 2589 - 2604;
- A. CAMPIOLI, “Misurare la sostenibilità ambientale”, *Costruzioni metalliche*, ACAI, n. 4, 2003, pp. 56 - 62;
- A. CAMPIOLI, V. GIURDANELLA, M. LAVAGNA, “Energia per costruire, energia per abitare”, *Costruire in Laterizio*, n.134, 2009, pp. 60 - 65;
- A. CAMPIOLI, M. LAVAGNA, R. PAROLINI, “Cicli di vita dell'acciaio. Valutazione ambientale LCA di un edificio temporaneo, il Campus Point di Lecco”, *Costruzioni metalliche*, ACAI, n. 4, 2008, pp. 60 - 66;
- D. CRAWLEY, “Quattro modi per intendere gli NZEB”, *AiCARR Journal*, Quine srl, n. 4, 2011, pp. 12 - 18;
- M. A. CURRAN, “Life Cycle Assessment: An International Experience”, *Environmental Progress*, nr.19, 2002, pp. 65 - 71;
- D. EBERLE, “Kostengünstig bauen bedeutet nachhaltig bauen”, *DETAIL*, n.4, 2009, pp. 288 - 291;
- M. FIAMENI, “Le procedure esecutive dei progetti del concorso indetto dalla regione Lombardia per interventi da finanziare secondo la legge 513/77: indicazioni e prospettive”, *Modulo*, n. 1, 1979, pp. 73 -77;
- M. FILIPPI, “Sostenibilità degli edifici. Cosa significa?”, *AiCARR Journal*, Quine srl, n. 4, 2011, pp. 6-8;
- A. GABRIEL, “Architektur soll Emotionen wecken - Ein Gespräch mit Anne Lacaton und Jean-Philippe Vassal”, *DETAIL*, n.4, 2007, pp. 310 - 316;
- R. HIERL, “Kosten- und qualitätsbewusstest Bauen”, *DETAIL*, n.4, 2007, pp. 374 - 380;
- W. KALUSCHE, “Lebenszykluskosten - Optimierung von Baukonstruktionen”, *DETAIL*, n.4, 2009, pp. 360 - 363;
- R. J. KIRKHAM, “Developing a Framework for Whole of Life Costing”, *Construction Cost Engineering Research Unit*, nr. 2, 2000, pp. 567 - 576;
- S. MARCHIGIANI, O. MARINONI, “Il concorso per proposte di residenze temporanee, bandito dal consorzio regionale IACP dell'Emilia Romagna: un'esperienza da valutare”, *Modulo*, n. 12, 1977, pp. 1053 - 1059;
- M. PERRICCIOLI, “L'opinione di Massimo Perriccioli. Low-cost(ruction). Basso costo e qualità ambien-

- tale”, *DETAIL nuovo inserto italiano*, n.4, 2007, pp. 2 - 6;
- A. PICCARRETA, “Repertorio si...repertorio no...”, *Modulo*, n. 6, 1980, pp. 825 -831;
 - E. PIZZI, “Case o progetti tipo? Il problema della gestione del repertorio in assenza di un programma per gli interventi di edilizia residenziale pubblica.”, *Modulo*, n. 7, 1978, pp. 729 -753;
 - E. PIZZI, “La progettazione per modelli: crisi o evoluzione del processo edilizio?”, *Modulo*, n. 2, 1978, pp. 165 -172;
 - G. PRADERIO, R. MINGUCCI, “Procedure automatiche per l’aggregazione di nuclei funzionali e componenti edilizi”, *Modulo*, n. 5, 1979, pp. 519 - 523;
 - G. PRADERIO, R. MINGUCCI, “Verso una gestione interattiva di cataloghi di componenti edilizi e di archivi progettuali”, *Modulo*, n. 9, 1979, pp. 1037 - 1044;
 - M. SCHÖNAU, “Progettare significa “impreziosire l’ossatura grezza dell’edificio”: a basso costo, a funzione neutra e solida”, *DETAIL nuovo inserto italiano*, n.4, 2007, pp. 13 - 14;
 - SCHULTZ & SCHULTZ, “Strategien der Kostenplanung”, *DETAIL*, n.4, 2009, pp. 354 - 362;
 - T. TRABER, C. KEMFERT, J. DIEKAMANN, “Strompreise: Künftig nur noch geringe Erhöhung durch erneuerbare Energien”, *Wochenbericht des DIW Berlin*, n. 6, 2011, pp. 2 - 9;
 - M. ZANI, S. MARTELLOSIO, “Il servizio energia non decolla. Perché?”, *AiCARR Journal*, Quine srl, n. 5, 2011, pp. 8 - 15;

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell’edilizia;
- DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell’edilizia;
- E 917 - 05:2005, *Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems*;
- ISO 14040:2006, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*;
- ISO 15686-1:2011, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 1:General principles and framework*;
- ISO 15686-5:2008, *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing*;

SITOGRAFIA

- www.alejandroaravena.com
- www.archinfo.it

- www.archweb.it
- www.big.dk
- www.casabosco.net
- www.cridaup.iuav.it
- www.edilportale.com
- www.em2n.ch
- www.enel.it
- www.europaconcrosi.it
- www.finstral.com
- www.kierantimberlake.com
- www.knauf.com
- www.gettyimages.com
- www.google.com
- www.lacatonvassal.com
- www.maxitalia.it
- www.ofis-a.si
- www.paselkuenzel.com
- www.richardrogers.co.uk
- www.rockwool.com
- www.roefix.com
- www.vauban.de
- www.vmxarchitects.nl
- www.wikipedia.com
- www.zapco.ch
- www.zedfactory.com
- www.zpa.ch

Un approccio sostenibile

I grandi cambiamenti connessi alla crisi economica e di mercato, ai modelli sociali e alla questione ambientale, hanno stimolato il nostro interesse verso due importanti temi di attualità dell'architettura di oggi: quello della componente economica, in particolare il contenimento dei costi di costruzione nei progetti di architettura, senza tralasciare la qualità architettonica del manufatto, e il tema della sostenibilità ambientale.

La trattazione di questi due argomenti, le modalità e le strategie di attuazione, ma soprattutto la relazione e l'interrelazione che si va ad instaurare e la loro ricaduta sull'iter progettuale architettonico, saranno oggetto del nostro lavoro di tesi, cercando di trovare il giusto equilibrio tra essi.

