



**POLITECNICO
DI MILANO**

Polo Territoriale di Lecco
Scuola di Ingegneria Edile – Architettura
Corso di studi in Ingegneria Edile - Architettura
A.A. 2012/2013

TESI DI LAUREA

RELATORE: Prof. Matteo Ruta
CO-RELATORE: Prof. Matteo Colombo

ESPErience:

La nuova cittadella dell'edilizia di Como

Fusione di tecnologie, funzioni e materiali diversi in un unico Campus urbano
con interazione tra costruito e parco per la riqualificazione di un'area periferica
della città di Como

Anna **FARINA**_712958

Dario **FORMICA**_701914

Aaron **MONTICELLI**_704864

INDICE

Abstract	13
1. Introduzione	15
1.1. Bando	15
1.1.1. Ente Banditore	15
1.1.2. Tema del concorso.....	15
1.2. Linee guida	16
1.3. Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE)	17
1.4. Ente Scuola Professionali Edili (ESPE)	18
1.5. Cassa Edile.....	18
2. Inquadramento	20
2.1. La Provincia di Como: inquadramento territoriale, amministrativo e fisico.....	20
2.2. La città di Como: inquadramento territoriale	23
2.3. Clima	25
2.3.1. I venti.....	26
2.4. Analisi storica	27
2.4.1. Castel Baradello (1158).....	29
2.5. Servizi	30
2.5.1. Culturali.....	30
2.5.2. Sanitari	30
2.5.3. Scolastici.....	31
2.5.4. Sportivi.....	31
2.5.5. Verde pubblico	31
2.6. Viabilità	32
2.6.1. Rete stradale	32
2.6.2. Pedemontana	33
2.6.3. Ferrovie	35
2.6.4. Mezzi di trasporto	36
2.7. Inquadramento fotografico	37
2.7.1. Rilievo Fotografico	38
2.8. FDOM	71
2.8.1. Forze	72
2.8.2. Debolezze.....	72
2.8.3. Opportunità	72
2.8.4. Minacce	73

2.9.	Indagini e studi pre-progettuali	73
2.10.	Questionari ed interviste.....	74
2.10.1.	Residenti	74
2.10.2.	Lavoratori	75
2.10.3.	Dipendenti ESPE	75
2.11.	Riferimenti progettuali	76
2.11.1.	Museum of Holocaust, Los Angeles - Belzberg Architects.....	76
2.11.1.	Aula Magna, Stockholm - Ralph Erskine	77
2.11.2.	Vitra Museum, Weil am Rhein - Siza, Tadao Ando, Gehry.....	78
2.11.3.	Auditorium e Palazzo congressi Castellón, Valencia Ferrater	79
2.11.4.	John Lewis Center, Leicester - Foreign Office Architects	80
2.11.5.	Sportplaza Mercator, Amsterdam - Venhoeven CS Architects	81
3.	Definizioni scelte progettuali e concept.....	82
3.1.	Inquadramento del problema.....	82
3.2.	Project Management applicato al progetto	82
3.2.1.	Il progetto come sistema	83
3.2.2.	Il modello	84
3.3.	Fase di concezione del progetto (CONCEPT)	85
3.3.1.	Attori, obiettivi e vincoli.....	85
3.3.2.	Definizione degli attori	85
3.4.	Definizione di obiettivi e vincoli.....	86
3.4.1.	Variabili decisionali e variabili ambientali	88
3.4.2.	Scelta delle alternative migliori: concept	90
3.5.	Fase di definizione del progetto	99
3.5.1.	Obiettivi della pianificazione	99
3.5.2.	Analisi delle competenze	100
3.5.3.	L'articolazione delle attività	101
3.5.4.	Politiche realizzative	111
3.5.5.	Aree di rischio	112
3.5.6.	Sistemi di pianificazione e controllo	114
3.5.7.	Chiusura del progetto	115
3.6.	Conclusioni	115
4.	Progetto architettonico	116
4.1.	Il percorso progettuale.....	116
4.2.	Scelte progettuali	117
4.3.	Nuova viabilità	118
4.4.	Masterplan	119

4.5.	Piante	120
4.5.1.	Edificio Espe	123
4.5.2.	Edificio Aule e Cantiere Scuola.....	123
4.5.3.	Edificio Cassa Edile	124
4.6.	Prospetti	125
4.7.	Sezioni	126
4.8.	Materiali.....	127
4.8.1.	Edificio Espe	127
4.8.2.	Edificio Aule e Cantiere Scuola.....	128
4.8.3.	Edificio Cassa Edile	130
4.8.4.	Passerelle vetrate.....	131
4.9.	Concorso 2010: analisi dei progetti finalisti.....	132
4.9.1.	Il progetto vincitore	132
4.9.2.	Gli altri progetti in concorso.....	134
4.9.3.	Confronto tra i progetti finalisti e il nostro progetto.....	138
5.	Progetto Tecnologico	139
5.1.	Trasmittanze	139
5.2.	Sfasamento Termico	140
5.3.	Il software: TempEst	140
5.4.	Acustica.....	141
5.4.1.	Normativa vigente.....	143
5.5.	Il software: Echo 4.0.....	144
5.6.	Le chiusure orizzontali	145
5.6.1.	CO. 01	145
5.6.2.	CO. 02	146
5.6.3.	CO. 03	147
5.6.4.	CO. 04	148
5.6.5.	CO. 05	149
5.6.6.	CO. 06	150
5.7.	Le chiusure verticali.....	151
5.7.1.	CV. 01	151
5.7.2.	CV. 02.....	152
5.7.3.	CV. 03.....	153
5.7.4.	CV. 04.....	154
5.7.5.	CV. 05.....	155
5.7.6.	CV. 06.....	156
5.7.7.	CV. 07.....	157

5.7.8.	CV. 08.....	158
5.7.9.	CV. 09.....	159
5.7.10.	CV. 10.....	160
5.8.	Le partizioni orizzontali	161
5.8.1.	PO. 01	161
5.8.2.	PO. 02.....	162
5.8.3.	PO. 03.....	163
5.9.	Le partizioni verticali.....	164
5.9.1.	PV. 01	164
5.9.2.	PV. 02	165
5.9.3.	PV. 03	166
5.9.4.	PV. 04	167
5.9.5.	PV. 05	168
5.9.6.	PV. 06	169
5.9.7.	PV. 07	170
5.9.8.	PV. 08	171
5.9.9.	PV. 09	172
5.9.10.	PV. 10	173
6.	Progetto strutturale	174
6.1.	Caratteristiche generali del progetto	174
6.2.	Caratteristiche strutturali	174
6.3.	Azioni Agenti.....	175
6.3.1.	Peso proprio dei materiali strutturali (G_1)	176
6.3.2.	Carichi permanenti non strutturali (G_2).....	176
6.3.3.	Peso proprio dei materiali strutturali	176
6.3.4.	Carichi permanenti non strutturali	177
6.3.5.	Elementi divisori interni	177
6.3.6.	Carichi variabili.....	178
6.4.	Azione del vento.....	179
6.5.	Azione della neve.....	182
6.6.	Azione sismica	184
6.6.1.	Spettro di risposta elastico (accelerazione componenti orizzontali)	185
6.6.2.	Spettro di risposta elastico (accelerazione componente verticale)	189
6.7.	Azione della temperatura.....	189
6.8.	Struttura in acciaio: analisi strutturale	190
6.8.1.	Verifica agli stati limite ultimi (SLU)	192
6.8.2.	Verifica agli stati limite di esercizio (SLE)	192

6.8.3.	Calcolo del coefficiente $g_{GLOBALE}$	194
6.9.	Travi	195
6.9.1.	Verifica trave secondaria luce massima solaio piano tipo.....	195
6.9.2.	Verifica trave secondaria luce minima solaio piano tipo	198
6.9.3.	Verifica trave secondaria luce massima solaio piano copertura	199
6.9.4.	Verifica trave secondaria luce minima piano copertura	202
6.9.5.	Verifica trave principale di spina piano tipo	203
6.9.6.	Verifica trave principale di bordo piano tipo.....	206
6.10.	Pilastri.....	207
6.10.1.	Dimensionamento e verifica pilastro centrato.....	207
6.10.2.	Predimensionamento	207
6.10.3.	Verifica a stabilità delle membrature per aste compresse	208
6.11.	Controventi in acciaio.....	211
6.12.	Pilastrini copertura parcheggio	213
6.13.	Passerella Calastrellata	214
6.13.1.	Caratteristiche generali.....	214
6.13.2.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU)	215
6.13.3.	Correnti: verifica a pressoflessione	217
6.13.4.	Correnti: verifica ad instabilità pressoflessionale	219
6.13.5.	Correnti: Verifica a taglio	223
6.13.6.	Predimensionamento e verifica Calastrelli	224
6.13.7.	Calcolo deformazione.....	226
6.14.	Calastrellata e reticolare: un problema e due soluzioni	227
6.15.	Reticolare in acciaio.....	230
6.15.1.	Verifica a trazione.....	234
6.15.2.	Verifica a compressione.....	235
6.15.3.	Verifica degli spostamenti laterali	235
6.16.	Reticolare in legno	237
6.16.1.	Il legno lamellare.....	237
6.16.2.	Caratteristiche generali.....	239
6.16.3.	Dimensionamento correnti e montanti	240
6.16.4.	Verifiche correnti.....	241
6.16.5.	Verifiche montanti compressi e diagonali tese.....	242
6.17.	Platea di fondazione in calcestruzzo armato	243
6.17.1.	Verifiche plinto di fondazione	243
6.17.2.	Dimensionamento dell'armatura trasversale	244
6.17.3.	Verifica al punzonamento	245

6.18.	Controventi in calcestruzzo armato	248
6.18.1.	Predimensionamento dell'armatura	250
6.18.2.	Verifiche di resistenza	251
6.18.3.	Calcolo degli sforzi nel calcestruzzo e nelle barre di armatura	252
6.18.4.	Verifica a taglio	253
6.18.5.	Armatura trasversale	254
6.19.	Muro controterra	255
6.19.1.	Verifica scivolamento	256
6.19.2.	Verifica ribaltamento	257
6.19.3.	Verifica sprofondamento	258
6.20.	Struttura in prefabbricato	259
6.20.1.	Vantaggi delle costruzioni in prefabbricato	259
6.20.2.	Azione sismica e normativa vigente	260
6.20.3.	Pilastri	262
6.20.4.	Copertura	264
6.20.5.	Pannelli di tamponamento	265
6.20.6.	Dimensionamento elementi in prefabbricato	266
7.	Progetto Impiantistico	267
7.1.	Fabbisogno invernale	268
7.1.1.	Condizioni di progetto	268
7.1.2.	Scambio termico per trasmissione	268
7.1.3.	Chiusura orizzontale controterra	269
7.1.4.	Dispersioni per ventilazione	269
7.2.	Fabbisogno estivo	270
7.2.1.	Condizioni di progetto	271
7.2.2.	Calore entrante attraverso le parti vetrate per radiazione solare	272
7.2.3.	Trasmissione di calore attraverso le parti vetrate	272
7.2.4.	Trasmissione di calore attraverso le pareti opache	273
7.3.	Apporti interni e Calore latente	273
7.3.1.	Apporti interni dovuti alle persone	273
7.3.2.	Apporti interni dovuti alle apparecchiature	273
7.3.3.	Calore latente	274
7.4.	Le apparecchiature	275
7.4.1.	Caldaia	275
7.4.2.	Gruppo frigorifero	275
7.4.3.	Unità di trattamento dell'aria (U.T.A.)	277
7.4.4.	Sistema a pannelli radianti	280

7.4.5.	Fotovoltaico	281
7.5.	Acqua calda sanitaria	282
7.5.1.	Dimensionamento autoclave	284
7.5.2.	Serpentino	286
7.5.3.	Volume boiler	286
7.6.	Prevenzione Antincendio	287
7.6.1.	Normativa vigente	287
7.6.2.	Categorie di rischio	287
7.6.3.	Lunghezza dei percorsi di fuga	288
7.6.4.	Numero e dimensione delle uscite di sicurezza	289
7.6.5.	Numero e larghezza delle scale	290
7.7.	Accessibilità dei locali	291
7.7.1.	Normativa vigente	291
7.7.2.	Accessibilità	291
7.7.3.	Visitabilità	292
7.7.4.	Adattabilità	292
7.7.5.	Dimensionamento spazi minimi	292
7.8.	Illuminotecnica	294
7.8.1.	Fabbisogno termico delle classi	294
7.8.2.	I parametri illuminotecnici	294
7.8.3.	Riferimenti Normativi	296
7.8.4.	Strategie progettuali	297
7.8.5.	Calcolo degli ombreggiamenti sulle superfici finestrate	297
7.8.6.	Il software: Daylight visualizer	298
7.8.7.	Fattore medio di luce diurna	298
7.8.8.	Rendering	298
7.8.9.	Distribuzione lux	298
7.8.10.	Controllo abbagliamento mensile	298
7.8.11.	Conclusioni	305
8.	Progettazione del verde	306
8.1.	Morfologia del territorio	306
8.2.	Flora e Fauna locale	306
8.3.	Analisi dello stato attuale: servizi	307
8.3.1.	Sistema di indicatori per valutare la qualità degli spazi verdi urbani	307
8.3.2.	Funzionalità	309
8.3.3.	Qualità estetica	310
8.3.4.	Sicurezza	311

8.3.5.	Servizi e arredo	312
8.3.6.	Fattori di pressione	313
8.3.7.	Manutenzione	313
8.3.8.	Risultati analisi degli indicatori di qualità	314
8.4.	Il parco urbano: analisi e funzioni	315
8.5.	Riferimenti progettuali	317
8.5.1.	Parco Portello, Milano	317
8.5.2.	Parco CityLife, Milano	319
8.6.	Interventi sulla morfologia	322
8.7.	Essenze arboree scelte	325
8.7.1.	Pioppo Bianco	325
8.7.2.	Pioppo Nero	327
8.7.3.	Cipresso	328
8.7.4.	Castagno	330
8.7.5.	Quercia	332
8.7.6.	Acerò	334
8.7.7.	Betulla	335
8.7.8.	Ciliegio	336
8.7.9.	Nocciolo	337
8.7.10.	Prunus	338
8.7.11.	Siepi e arbusti	339
8.8.	Pavimentazione	341
8.8.1.	La pietra di Luserna	342
8.8.2.	Pietra di Trani	344
8.9.	Arredo urbano	345
8.9.1.	Lampioni	346
8.9.2.	Panchine Piazza	347
8.9.3.	Panchine Parco	348
8.9.4.	Panchine Querce	349
8.9.5.	Tavoli pic-nic	350
8.9.6.	Cubotti di seduta	351
8.9.7.	Portabiciclette	352
8.9.8.	Chiosco ristoro	353
8.9.9.	Fioriere	354
8.9.10.	Cestino rifiuti	355
8.9.11.	Pilastrini fotovoltaici	356
8.10.	Pista ciclabile	357

8.10.1.	Normativa vigente e dimensioni standard	358
8.10.2.	Segnaletica.....	359
8.10.3.	Pavimentazione: tipologie e materiali	360
8.11.	Funzioni parco	362
8.11.1.	Percorso Vitae	362
8.11.2.	Urban design e aspetti normativi.....	369
8.11.3.	Campi da gioco	372
8.11.4.	Aree di sosta	373
8.11.5.	Parco giochi per bambini	375
9.	Progetto Ergotecnico	377
9.1.	Introduzione	377
9.2.	Riferimenti normativi.....	378
9.3.	Computo metrico estimativo per voci d'opera.....	379
9.3.1.	Computo metrico elementi strutturali	380
9.3.2.	Computo metrico scavi.....	388
9.3.3.	Computo metrico elementi tecnologici	388
9.3.4.	Computo metrico serramenti.....	399
9.3.5.	Valutazione costi tra trave reticolare e calastrellata.....	402
9.3.6.	Resoconto spese totali.....	403
9.4.	Program Evaluation and Review Technic (P.E.R.T.)	404
9.4.1.	Descrizione P.E.R.T.....	406
9.5.	Disarticolazione ergotecnica	410
9.5.1.	Schede ergotecniche.....	411
9.5.2.	Le movimentazioni.....	413
9.5.3.	Lavorazione 1: Scavo	419
9.5.4.	Lavorazione 2: Reinterro sottofondazione.....	422
9.5.5.	Lavorazione 3: Magrone armato sottofondazione non armato	424
9.5.6.	Lavorazione 4: Trave rovescia di fondazione	426
9.5.7.	Lavorazione 5: Impermeabilizzazione della fondazione.....	436
9.5.8.	Lavorazione 6: Posa della membrana bugnata e del tubo drenante	438
9.5.9.	Lavorazione 7: Reinterro	440
9.5.10.	Lavorazione 8: Magrone armato sotto vespaio.....	442
9.5.11.	Lavorazione 9: Vespaio areato	445
9.5.12.	Lavorazione 10: Impermeabilizzazione orizzontale sopra vespaio	449
9.5.13.	Lavorazione 11: Struttura portante stratificata a secco	451
9.5.14.	Lavorazione 12: Magrone di sottofondo per pavimentazione esterna	453
9.5.15.	Lavorazione 13: Pavimentazione esterna in pietra di Luserna	455

9.5.16.	Lavorazione 14: Rivestimento esterno in mattoni.....	457
9.5.17.	Lavorazione 15: Strato di isolamento	459
9.5.18.	Lavorazione 16: Sottofondo	460
9.5.19.	Lavorazione 17: Lastre in gesso rivestito.....	463
9.5.20.	Lavorazione 18: Linoleum	466
9.5.21.	Lavorazione 19: Tinteggiatura	468
9.6.	Organizzazione cantiere	470
9.6.1.	Ubicazione dei lavori e interferenze con il contesto	470
9.6.2.	Sottoservizi	471
9.6.3.	Vincoli di superficie e aerei.....	471
	Bibliografia	472
	Elenco siti consultati	478
	Indice didascalie.....	479
	Fonti iconografiche.....	487
	Indice Tabelle	488
	Allegati	496
	Indice allegati.....	497

Ringraziamenti

Desideriamo ricordare tutti coloro che hanno contribuito alla stesura della tesi con suggerimenti, critiche ed osservazioni. Ogni aiuto è stato prezioso per la buona riuscita del lavoro ed è sempre stato accolto con favore.

Ringraziamo innanzitutto il nostro relatore, Matteo Ruta, senza il cui prezioso supporto sapiente questa tesi non esisterebbe.

Si ringrazia il co-relatore, Matteo Colombo, per il prezioso supporto per lo studio e la progettazione della parte strutturale del lavoro.

Ringraziamo immensamente il dott. Mauro Fumagalli, direttore della sede di Lecco dell'Espe, per il sopralluogo presso la sede lecchese, per la disponibilità e per l'aiuto fornito con la sua esperienza.

Infine, si ringraziano tutti i professori che sia durante i brainstorming che con appuntamenti privati hanno fornito indicazioni importanti ai fini della realizzazione del lavoro.

ABSTRACT

Il lavoro sviluppato nel seguente volume si occupa in maniera approfondita di alcune delle più attuali tematiche che riguardano il costruire.

L'obiettivo da cui muove il progetto della Cittadella dell'edilizia di Como prende spunto da un bando di concorso promosso dall'Ance della provincia di Como per la realizzazione della nuova sede dell'Espe.

Dalle prime fasi dello sviluppo del progetto si è cercato di puntare sulla realizzazione di un campus urbano armonico che andasse a racchiudere al suo interno diverse funzioni con diverse tecnologie e diversi materiali. Il campus si inserisce all'interno di un'ampia area, segnata in maniera netta dalla realizzazione di un tratto della Pedemontana Lombarda e dalla linea ferroviaria. La progettazione del parco urbano, annesso alla Cittadella e al contempo a servizio del quartiere periferico di Como Camerlata, è stata approfondita in modo tale da ovviare a tutte le problematiche inerenti la progettazione del verde in relazione al costruito e alle infrastrutture di trasporto. Il progetto del campus si articola in tre edifici separati, collegati solo da elementi neutri in vetro strutturale

Le tematiche principali trattate riguardano la costruzione integrata di tre corpi di diversa forma con materiali differenti in facciata e la realizzazione di un parco urbano con varie funzioni. Dal punto di vista strutturale l'aspetto più significativo riguarda l'utilizzo del vetro come materiale strutturale per la creazione di passerelle di collegamento. L'aspetto economico, infine, è stato approfondito rispettando i valori contenuti nel bando di progetto cercando di ottimizzare le varie scelte a seconda di criteri economici, tecnici ed estetici.

I risultati ottenuti ci hanno permesso di capire come si svolge un lavoro di progettazione integrata, utilizzando conoscenze e tecniche apprese durante il nostro corso di studi.

Questi sono solo alcuni dei temi affrontati in questo lavoro che ci auguriamo possa anche essere d'aiuto per i futuri progetti con tematiche e problematiche simili.

ABSTRACT

The work developed in the following volume deals in depth with some of the most current topics that have to do with the act of building.

The goal that underlies the design of the “Cittadella dell’edilizia” in Como was inspired by a competition promoted by Ance within the province of Como for the construction of the new Espe headquarters.

Since the earliest developments of this project, we have tried to focus on the creation of a harmonious urban campus that would comprise different functions with different technologies and different materials. The campus is part of a large area, sharply marked by the construction of a portion of the Pedemontana Lombarda highway and the railway line. The design of the urban park (adjacent to the Cittadella and serving the suburb, Como Camerlata) is thoughtfully projected to deal with problems relating to the green with respect to the building and the transportation infrastructures. The project is divided into three separate buildings connected only by neutral elements made of structural glass.

The main issues concern the integrated construction of three differently shaped bodies with different materials on the façade and the creation of an urban park with various functions. From the structural point of view, the most significant aspect is the use of glass as a structural material for the creation of connecting walkways. Economic Issues are dealt with by attempting to optimize the choices according to economic, technical and aesthetic criteria without sacrificing the project requirements.

The results we obtained allowed us to understand how a work of integrated design can be carried out, using knowledge and techniques we learned during the course of our studies.

These are just some of the issues addressed in this work that we hope will also be helpful for future projects with similar issues and problems.

1. INTRODUZIONE

1.1. Bando

Il bando preso in esame per lo studio del progetto di tesi ha per oggetto un Concorso di Progettazione proposto dall'Associazione "Parti Sociali Edili Como" e dalla segreteria del concorso ANCE Como.

1.1.1. Ente Banditore

Tra ANCE COMO e le organizzazioni Sindacali dei lavoratori della Provincia di Como Fe.N.E.A.L.-U.I.L., C.I.S.L. e C.G.I.L., è stata costituita un'associazione non riconosciuta, denominata "Parti Sociali Edili Como". L'associazione in questione è lo strumento per l'attuazione degli accordi sindacali provinciali stipulati tra le Associazioni Imprenditoriali¹ e le suddette Organizzazioni Sindacali Provinciali. Nell'ambito degli accordi sindacali sottoscritti dalle parti sociali si è ravvisata l'opportunità di indire il Concorso di progettazione, finalizzato alla realizzazione della Cittadella di Como.

1.1.2. Tema del concorso

Il concorso ha come specifico tema la progettazione di un nuovo edificio destinato a CENTRO FORMAZIONE EDILE E SEDE ENTI PARITETICI EDILI TERRITORIALI da realizzarsi sull'area sita in Como, in via del Lavoro. E' oggetto di progettazione anche la sistemazione degli spazi esterni di pertinenza dell'edificio.

Una parte della costruzione dovrà ospitare un centro formativo, con annesso cantiere scuola e zona parcheggi, che verrà utilizzato dall'E.S.P.E. (Ente Scuola Professionale Edile) ente accreditato presso Regione Lombardia per lo svolgimento di corsi di formazione in diritto-dovere e formazione continua delle maestranze edili del territorio comasco.

La restante parte della costruzione verrà destinata agli uffici degli altri due Enti paritetici: C.P.T. (Comitato Paritetico Territoriale) e Cassa Edile di Mutualità ed Assistenza. Il **CPT** ha per scopo lo studio di problemi generali e specifici inerenti alla prevenzione degli infortuni, all'igiene del lavoro ed, in generale, al miglioramento dell'ambiente di lavoro. La **Cassa Edile** è lo strumento che mutualizza le diverse prestazioni previste dalle norme contrattuali, sia per le Imprese che per i lavoratori del settore edile, garantendone l'assolvimento dei relativi adempimenti.

¹ ANCE, Confartigianato di Como, Confederazione Nazionale Artigianato di Como.

1.2. Linee guida

- Alta qualità progettuale: valore fortemente simbolico e rappresentativo dell'evoluzione a regola d'arte del costruire;
- Alto livello di innovazione tecnologica con particolare indirizzo alla sostenibilità e alla autosufficienza in campo energetico;
- Ampia flessibilità degli spazi interni e del loro utilizzo;
- Funzionalità prestazionale degli spazi esterni di pertinenza dell'edificio;
- Fattibilità e coerenza economica dell'intervento.



Fig. 1 Insegna dell'attuale sede Espe di Como.

1.3. Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE)

L'Ance rappresenta l'industria italiana delle costruzioni.

L'Associazione Nazionale dei Costruttori è stata costituita il 5 maggio 1946, data nella quale l'Assemblea Costituente - formata dai delegati della quasi totalità delle Associazioni territoriali in rappresentanza di tutti gli imprenditori del settore operanti sull'intero territorio nazionale - decise il nome dell'Organizzazione in Associazione Nazionale dei Costruttori Edili ANCE, approvandone il relativo Statuto.

All'Ance aderiscono circa 20.000 imprese private, specializzate in opere pubbliche, edilizia abitativa, commerciale e industriale, tutela ambientale, promozione edilizia e lavorazioni specialistiche. Il sistema associativo - cui aderisce anche l'Agi (l'Associazione Imprese Generali) - copre tutto il territorio nazionale ed è articolato in 102 Associazioni Territoriali e 20 Organismi Regionali.

L'azione dell'Ance è diretta alla promozione e al rafforzamento dei valori imprenditoriali e del lavoro dell'industria edile e del suo indotto, e concorre al perseguimento degli interessi generali del Paese.

In particolare, l'Ance Nazionale rappresenta e tutela gli interessi della categoria nei confronti del Governo, del Parlamento e delle altre Istituzioni centrali; procede alla stipula del contratto nazionale di lavoro; dialoga col mondo esterno e con le forze politiche; promuove e realizza iniziative mirate ad ampliare il mercato delle costruzioni, con particolare attenzione al rilancio dei sistemi urbani; assiste il sistema territoriale per le problematiche d'interesse delle imprese associate.

Nel campo del lavoro, l'Ance gestisce insieme al sindacato una rete nazionale per la formazione (Scuole Edili), l'assistenza (Casse Edili) e la sicurezza dei lavoratori del settore (CPT).

1.4. Ente Scuola Professionali Edili (ESPE)

Ente bilaterale senza scopo di lucro, nasce nell'Ottobre del 1981, costituito dal Collegio delle Imprese Edili ed Affini e dalle organizzazioni sindacali FILLEA-CGIL, FILCA-CISL e FENEAL-UIL della provincia di Como.

ESPE è oggi un Ente gestito pariteticamente dall'Associazione dei Costruttori Edili (ANCE Como), dalle associazioni delle Imprese artigiane (APA e CNA) e dai sindacati di categoria comaschi (FILLEA-CGIL, FILCA-CISL, FENEAL-UIL): ciò lo rende un Ente con finalità sociali e con compiti di interesse pubblico e fa parte del sistema formativo nazionale paritetico di categoria, coordinato dal FORMEDIL nazionale e dalle sue articolazioni regionali.

L'ESPE è accreditato dalla Regione Lombardia ed opera nel campo della Formazione Professionale. E' inoltre dotato di un Sistema di Gestione della Qualità certificato UNI EN ISO 9001:2008 e opera nel campo della formazione professionale; in particolare i servizi offerti rientrano nelle seguenti aree:

- Diritto Doveri Istruzione e Formazione (DDIF)
- Formazione Continua

In collaborazione con il CPT di Como vengono attivate una serie di attività formative specifiche nel campo della sicurezza in cantiere.

1.5. Cassa Edile

Le Casse Edili sono organismi tipici del settore delle costruzioni, sorti in relazione alla peculiarità dei rapporti di lavoro con gli operai, caratterizzati da una rilevante mobilità interaziendale.

Sono Enti costituiti in ciascuna provincia sulla base della previsione contenuta nel contratto collettivo nazionale di lavoro per i lavoratori dipendenti dalle imprese edili, gestiti pariteticamente dalle organizzazioni locali dei datori di lavoro aderenti all'Ance e dei lavoratori aderenti a Fe.N.E.A.L, Filca e Fillea.

In base al CCNL², la Commissione nazionale paritetica per le Casse Edili (CNCE) è l'ente nazionale cui è demandato l'indirizzo, il controllo e il coordinamento delle Casse Edili.

Le Casse Edili erogano ai lavoratori una parte importante del trattamento retributivo dovuto dalle imprese: si tratta in particolare del trattamento economico per ferie e gratifica natalizia che le imprese, in relazione alla mobilità dei

² Contratto Collettivo Nazionale del Lavoro, art. 1362 del Codice Civile.

lavoratori, accantonano presso la Cassa Edile la quale provvede al pagamento agli interessati alle scadenze previste.

Inoltre erogano altre significative prestazioni quali il premio annuo per l'anzianità professionale edile (APE); una prestazione retributiva al momento del pensionamento (che verrà sostituita dalla previdenza complementare con un fondo nazionale di settore); l'integrazione al trattamento economico nei casi di malattia e infortunio (attraverso le imprese); prestazioni sanitarie integrative (rimborso spese dentarie, ricovero ospedaliero, protesi ortopediche, ecc.); gli assegni e le borse di studio; i soggiorni estivi ecc.

La trasparenza nella gestione amministrativa delle risorse viene garantita oltreché dal funzionamento degli organi interni³ anche dal fatto che le Casse Edili operano su uno schema unitario di bilancio e di piano dei conti. Per un accordo nazionale il bilancio, pur non avendo le Casse Edili alcun obbligo di legge a riguardo, viene certificato da una Società di revisione iscritta all'Albo Consob. In sostanza le Casse Edili svolgono un ruolo di grande rilievo per assicurare ai lavoratori una parte importante del trattamento economico derivante dal contratto di lavoro e prestazioni integrative sul piano previdenziale e assistenziale. Ciò significa che l'iscrizione alla Cassa Edile è condizione affinché sia realizzata da parte dell'impresa l'osservanza della contrattazione collettiva di settore.

Si deve inoltre aggiungere che l'iscrizione alla Cassa comporta automaticamente l'iscrizione anche agli Enti scuola ed ai comitati paritetici per la prevenzione, altri importanti organismi provinciali a carattere bilaterale del settore, i quali svolgono attività nel campo della formazione professionale e della sicurezza in edilizia.

Il ruolo di questi enti bilaterali, che attuano una esperienza avanzata ed appropriata di relazioni industriali in un settore, come quello delle costruzioni, che presenta caratteristiche specifiche, è stato anche considerato in sede legislativa.

Infatti la legge 9 marzo 1990 n.55 afferma che tutte le imprese che svolgono opere pubbliche debbono rispettare la normativa delle Casse Edili, delle quali peraltro è rimasta confermata la natura privatistica. Pur conservando natura privatistica di associazione non riconosciuta di cui all'art. 36 del Codice Civile, le Casse Edili svolgono nel campo delle opere pubbliche, con il rilascio della certificazione liberatoria, una funzione di interesse generale, analoga a quella svolta da Inps e Inail, con i quali si stanno sviluppando forme di collaborazione informativa e di coordinamento. Inoltre, indipendentemente dalla natura pubblica o privata del lavoro, riduzioni contributive verso l'Inps e l'Inail sono previste per tutte le imprese iscritte alle Casse Edili⁴.

³ Nel dettaglio: Presidenza, Comitato di Gestione, Consiglio Generale, Collegio dei Sindaci.

⁴ Ex art. 29, Legge n. 341/95.

2. INQUADRAMENTO

2.1. La Provincia di Como: inquadramento territoriale, amministrativo e fisico

La provincia di Como si sviluppa con andamento nord-sud, dalle pendici delle Alpi alla Brianza, nella fascia di territorio compresa fra la Confederazione Elvetica ed il ramo occidentale del Lago di Como. E' limitata a nord-est dalla Provincia di Sondrio, ad est da quella di Lecco, da cui si e separata nel 1995, a sud da quella di Milano, a sudovest da quella di Varese e a nord-ovest dalla Svizzera (Canton Ticino).

Il territorio provinciale, comprendente 162 Comuni, è prevalentemente montuoso: su una superficie totale di circa 1.288 km², i 2/3 sono infatti coperti da rilievi (87 Comuni, per una superficie complessiva pari a 858,55 km²), mentre i rimanenti 76 Comuni, che si estendono su una superficie di 429,52 km², sono situati in collina o in pianura.

Il territorio montano è inoltre suddiviso in quattro Comunità Montane:

- " Triangolo Lariano", con sede nel Comune di Canzo;
- " Lario Intelvese", con sede nel Comune di San Fedele d' Intelvi;
- " Alpi Lepontine Meridionali", con sede nel Comune di Porlezza;
- " Alto Lario Occidentale", con sede nel Comune di Gravedona.

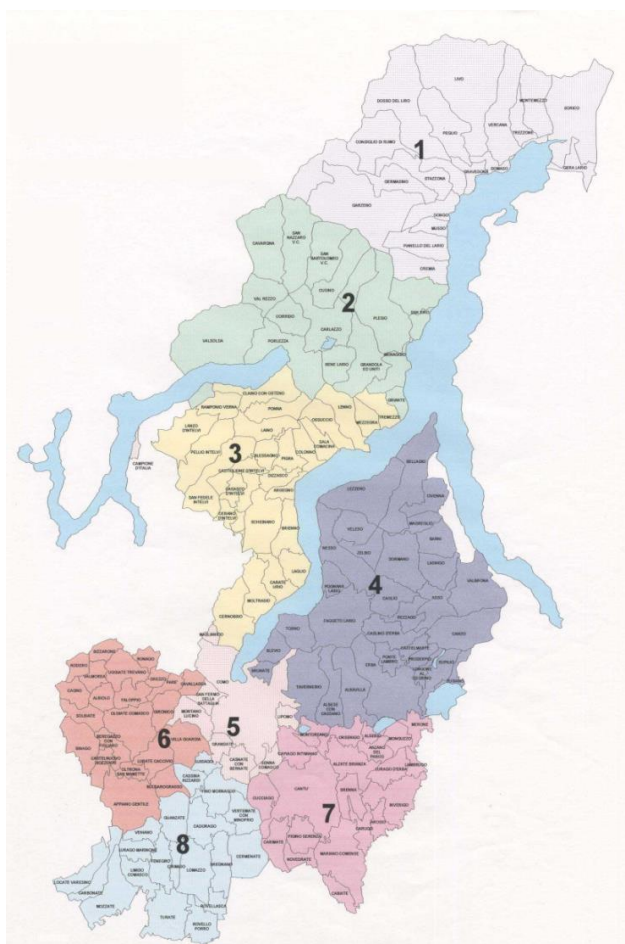


Fig. 2 Cartina politica provincia di Como



Fig. 3 Triangolo Lariano

Sotto il profilo geografico - morfologico, il territorio comasco può quindi essere suddiviso in tre zone principali:

- Una zona alpina, con cime molto elevate, con altezze anche superiori ai 2.000 metri;
- Una zona prealpina, prevalente per estensione, che comprende le Prealpi occidentali e il Triangolo Lariano;
- Una zona collinare e di alta pianura, in cui si concentra la maggior parte degli insediamenti urbanizzati e che occupa la parte meridionale della provincia, comprendendo il lotto di progetto.

La zona alpina (alto lago) è caratterizzata dall'alternanza di cime aspre, per lo più localizzate nella parte settentrionale del bacino del Lario, e di cime più arrotondate, separate da vallette strette ed incassate. La vegetazione forestale è solita distinguersi in due piani: quello montano, più basso, e occupato da foreste di latifoglie (faggete), ormai sporadiche e limitate agli ambienti più freschi, e di aghifoglie. Il piano culminale, in quota, presenta invece una brughiera alpina ad arbusti contorti come transizione dalla foresta alla prateria, ed un orizzonte nivale, assai ridotto e con scarsa copertura di vegetali, in prevalenza costituito da erbe e muschi.

La zona prealpina, comprendente invece i rilievi del Lario Intelvese e della Tremezzina (area centro occidentale tra il lago di Como e quello di Lugano) e quelli del Triangolo Lariano (tra i due rami del lago di Como), è caratterizzata da montagne meno aspre, con una morfologia dolce, dovuta all'azione modellante dei fenomeni atmosferici. Per quanto riguarda la vegetazione, è possibile notare che nella fascia più vicina al lago, grazie all'azione mitigatrice del clima che gli è propria, vi sono accenni al primo orizzonte sub mediterraneo, caratterizzato dalla presenza di olivi, allori, oleandri, piante tipiche della macchia mediterranea. Nelle zone più interne sono diffusi il castagno, le conifere e i larici.

Infine la zona collinare e di alta pianura viene considerata come zona di transizione tra i rilievi prealpini e la zona di pianura vera e propria. Gli sbarramenti morenici hanno originato numerosi laghi, tra cui il lago di Montorfano e il lago di Alserio. I depositi più recenti rivestono i terrazzi della rete idrica principale di coltri limo-argillose ferrettizzate. Il clima della fascia pedemontana è più severo rispetto alla zona prealpina e il substrato è fortemente depauperato dall'azione di dilavamento la colonizzazione vegetale e avvenuta con difficoltà, permettendo l'affermazione di specie spesso pioniere, di tipo arbustivo, con sparsi individui arborei. I soprassuoli boschivi sono caratterizzati dalla presenza di castagni e larici. Formatosi dall'azione glaciale e modellati dall'alternanza delle ere geologiche, ciascuno dei tre contesti comprende ambienti naturali che gli sono peculiari e che si trovano in differenti stati di conservazione. L'azione dei ghiacciai ha prodotto

anche, in tempi relativamente recenti, lo scavo del bacino del Lago di Como e la formazione dei due maggiori laghi, il Lario e il Ceresio.

La rete idrografica provinciale segue il tipico schema strutturale della rete idrografica regionale lombarda, essendo costituita da numerosi corsi d'acqua alpini e prealpini tributari del Po (Lura, Seveso, Lambro), con l'interposizione di due grandi laghi di origine glaciale, il Lario e il Ceresio, e di una serie di laghi minori (Segrino, Alserio, Pusiano e lago di Montorfano), situati ai piedi degli ultimi rilievi prealpini. Fa eccezione il lago di Mezzola, situato all'imbocco della Val Chiavenna. Propriamente alpini sono invece i laghi di Piano, situato a est del Ceresio, e il lago di Darengo, a nord dell'abitato di Livo. Il Lario è alimentato da due fiumi di origine alpina, il Mera e l'Adda, che, a sua volta, come emissario del lago, diventa un importante tributario del Po. Sotto questo aspetto la provincia è caratterizzata da una notevole uniformità, in quanto quasi tutti i corsi d'acqua superficiali ricadono nel bacino imbrifero del Lario, ad eccezione di alcuni più modesti affluenti del Ceresio (e quindi del Ticino) e del Lambro.

Tutti i laghi esercitano una intensa azione mitigatrice nei confronti del clima. I maggiori fiumi presenti (Mera, Adda immissario) attraversano per un breve tratto del loro corso la zona settentrionale del territorio provinciale, mentre interessano in modo più consistente le province limitrofe, in particolare Sondrio e Lecco. In zona prealpina e da ricordare il Lambro, che dagli ultimi contrafforti del Triangolo Lariano si getta nel Po, e altri fiumi minori e torrenti, situati nell'alta e media provincia, che sono solitamente caratterizzati da accentuate pendenze e corrente elevata, tranne che nei tratti terminali di affluenza nei bacini lacustri.

La maggior parte dei corsi d'acqua superficiali della provincia, specie quelli di pianura, presenta un livello di inquinamento tale da escluderne la possibilità di impiego anche per usi poco pregiati. Le acque dei torrenti delle località montane e collinari, benché alterate, rientrano tuttavia, secondo le normative italiane, tra quelle idonee ai fini della pesca, dal momento che l'inquinamento è di origine prevalentemente batteriologica e non interferisce con le condizioni biotiche necessarie alla vita dei salmonidi. Per queste sue complessità orografiche ed idrografiche il territorio provinciale comasco presenta quindi interessanti aspetti di variabilità spaziale delle caratteristiche climatiche, non sempre riconducibili ai valori medi rilevati alla scala alpina o regionale.

2.2. La città di Como: inquadramento territoriale

La città di Como, situata all'incrocio della fascia urbana pedemontana est/ovest con il millenario asse di collegamento tra Milano e Coira in direzione sud/nord, si è storicamente fatta carico di gestire i rapporti tra l'Italia e l'Europa settentrionale.



Fig. 4 Vista panoramica di Como da Sud-Ovest

La Città, infatti, nata come caposaldo militare romano nel II sec. a C., venne presto acquisendo un ruolo di crescente importanza quale crocevia per i traffici commerciali e culturali lungo la strada consolare "Regina" (per la Rezia), che giungendo da Milano lambiva la città e fiancheggiava la sponda occidentale del Lario proseguendo verso nord, ma soprattutto lungo le vie d'acqua costituite dal sistema lacustre e portuale ragione prima di scelta del sito di formazione cesariana.



Fig. 5 Vista panoramica di Como da Nord-Est

La dimensione intermedia e la prossimità di forti concorrenti quali le vicine città di Milano a sud e Lugano a nord, non hanno impedito a Como di mantenere nel tempo la propria autonomia e di darsi un'identità riconoscibile, in particolare con la lavorazione dapprima della lana ed in seguito della seta e i relativi settori indotti in primo piano (negli anni '60 la Ticosa era la

più grande fabbrica di nobilitazione di tessuti in Europa).

La crisi del settore produttivo dell'inizio degli anni '80 ha introdotto per la prima volta un interrogativo sul futuro della Città, lasciando visibili segni nel tessuto cittadino (Ticosa e Pessina in primo piano). L'ulteriore decadimento accelerato della fibra tessile dagli anni novanta in poi ha portato alla chiusura di tutti gli opifici in convalle e della maggior parte di quelli esterni Como non ha saputo cogliere l'occasione della rivoluzione produttiva di tutti questi anni per ridisegnare la

propria immagine, al fine di farne strumento di riconoscibilità dei rinnovati compiti cui era chiamata.

Dal punto di vista morfologico la Città presenta un carattere composito ed eterogeneo dovuto principalmente alle particolari condizioni oro-idrografiche del territorio: se la parte più antica di Como ha potuto costruirsi nell'ambiente pianeggiante della convalle proponendo forme insediative simili a quelle delle realtà urbane di pianura, la città moderna e quella contemporanea hanno necessariamente esplorato forme insediative di tipo lineare localizzate lungo i tracciati infrastrutturali che da sempre costruiscono le relazioni tra Como e il territorio regionale. L'area dell'Ospedale Sant'Anna rappresenta un caso significativo di come la città moderna abbia saputo costruirsi entrando in intimo rapporto con la propria specifica natura orografica, localizzandosi lungo la strada statale Napoleona nel punto in cui lo sperone collinare del Parco della Spina Verde abbassa la sua quota (da 500 a 270 metri circa).



Fig. 6 Vista panoramica di Como da Est

2.3. Clima

L'inverno comasco risente relativamente dell'influenza mitigatrice della massa d'acqua lacustre. Le temperature minime di novembre, dicembre, gennaio, febbraio e, a volte, marzo possono scendere normalmente sotto lo zero e sono solitamente accompagnate da un alto tasso di umidità.

Nel territorio comunale si registrano notevoli differenze termiche nei valori minimi notturni tra i quartieri, a seconda dell'esposizione o meno alle brezze notturne ed alla presenza del lago in caso di tempo stabile. Spesso nella stagione estiva, durante la mattinata, le località lacustri registrano temperature inferiori rispetto all'entroterra per via della brezza di lago, salvo poi uniformarsi durante il pomeriggio grazie alla rotazione del vento.

Del tutto assente in città è la nebbia che caratterizza invece la vicina pianura, già in parte presente oltre le colline a sud della convalle in alcune occasioni. La neve è piuttosto frequente, pur discontinua a seconda degli inverni, con valori di nevosità media annua che salgono molto procedendo dalla convalle (circa 20/30 cm annui) verso i quartieri periferici ed i paesi della cintura urbana, che localmente superano i 40/50 cm annui. Le ultime grandi nevicate risalgono al 17 dicembre 2010, al 21-22 dicembre 2009, al 2 febbraio e 6-7 gennaio 2009 e al 26, 27 e 28 gennaio 2006; piuttosto rilevante la fase nevosa che ha interessato anche la convalle tra la fine di gennaio e l'inizio di febbraio 2012, soprattutto per il fatto che la neve - non molta, circa 10 cm in centro, 15 in periferia - è comunque rimasta al suolo a lungo, grazie alle bassissime temperature registrate (con valori minimi localmente sino a -15 °C nelle campagne a sud del capoluogo e valori massimi sotto lo zero anche in centro per quasi una settimana).

L'estate è relativamente calda, pur in maniera minore rispetto alle località padane, per quanto il periodo di massima gradazione sia piuttosto breve (non oltre le due settimane consecutive). Si possono raggiungere in qualche occasione i 35 °C. La piovosità è piuttosto elevata, con media intorno ai 1.500 mm annui e superiore nei quartieri più settentrionali. La zona presenta spiccata tendenza a fenomeni temporaleschi.

COMO	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	6,8	9,0	12,9	17,2	21,1	25,6	28,5	27,2	23,7	18,1	11,7	7,8	7,9	17,1	27,1	17,8	17,5
T. min. media (°C)	0,5	2,0	4,8	8,2	11,8	15,8	18,2	17,6	14,1	10,0	5,3	1,5	1,3	8,3	17,2	9,8	9,2
Precipitazioni (mm)	69	76	117	107	161	134	85	136	116	125	129	63	208	385	355	370	1 318
Giorni di pioggia (≥ 1 mm)	6	6	8	9	12	10	7	9	7	7	8	6	18	29	26	22	95
Eliofania assoluta (ore al giorno)	3,2	3,7	4,5	5,4	5,4	6,7	7,6	6,9	5,6	4,4	3,0	3,1	3,3	5,1	7,1	4,3	5

Fig. 7 Tabella riassuntiva sul clima di Como

2.3.1. I venti

La posizione del lago, situato in una conca e circondato da montagne divise da numerose valli che arrivano fino alle rive, fa sì che, le acque lariane, in particolare quelle del ramo di Lecco e dell'Alto Lario, siano sempre soggette ad una grande varietà di correnti d'aria e che le condizioni dello specchio d'acqua siano facilmente soggette a bruschi cambiamenti.

I venti periodici più importanti, che spirano sul lago, sono due e soffiano con regolare intensità.

Il primo che esaminiamo è il Tivano. Esso spira da nord-est tutto l'anno nelle prime ore del mattino, dalle 6 alle 10; la sua velocità raggiunge circa i 5 metri al secondo. Proviene dall'alta Valtellina e quando è totalmente assente indica l'avvicinarsi del brutto tempo.

Il secondo è la Breva. Spira da sud quando inizia a calare il Tivano; raramente è violento ha lunga durata, principalmente dalle 10 alle 18. Velocità dell'ordine dei 7-8 metri al secondo.

Dalle valli che sboccano sul lago soffiano all'improvviso le varie "montive", brezze che nelle giornate estive attenuano gradevolmente la calura ma, durante i temporali possono essere anche molto violenti e forti, tanto da rappresentare un pericolo per le attività lacustri.

Da nord soffia il Vento, o Ventone, frequente in primavera dopo il maltempo in zona alpina. Spira dalla Val Chiavenna improvviso ad ogni ora del giorno. Dura solamente da 3 a 7 giorni ed ha raffiche violente attorno ai 40-60 km orari.

Da sud arriva il Menaggino. Si manifesta con colpi violenti ed assai temibile, durante i temporali, soprattutto d'estate.

E' presente inoltre il Bellanasco che scende dalla Val Maggiasca, proprio sopra Bellano. L'Argegnino proveniente dalla Val d'Intelvi con raffiche violente. Il Bergamasca risale tutto il ramo di Lecco sino al centro del lago per perdere poi d'intensità e di violenza. Il Garzano scende dalla valle soprastante l'abitato di Dongo.

Tutti questi venti sono correnti estive che possono, specie durante i temporali, essere assai pericolose. Sono presenti di solito nelle ore serali.

L'area di progetto risente inevitabilmente delle correnti d'aria che caratterizzano l'intera area di Como, nonostante la distanza dal cuore della città e dal lago.

2.4. Analisi storica

L'attuale assetto amministrativo si è venuto configurando tra la fine dell'Ottocento e la prima metà del Novecento, quando alla Città storica, cresciuta nella convalle stretta tra i rilievi e il lago, sono stati annessi i limitrofi nuclei di antico impianto dei comuni soppressi di Monte Olimpino e Camerlata (1884), di Rebbio (1937), e infine di Albate, Breccia, Camnago Volta, Caviglio e Brunate (1943; il Comune di Brunate è stato ricostituito nel 1947).

La fisionomia dell'edificazione in convalle può dirsi definita alla fine del XIX secolo: al centro il nucleo più antico di impianto romano costituito dalla Città murata, cui vanno assimilati i borghi storici di Vico, Sant'Agostino e San Bartolomeo; a est si spinge fino alle pendici di Brunate, i villini borghesi e i complessi abitativi operai; lungo le sponde il sistema delle ville; a sud-ovest l'area storicamente a carattere produttivo a ridosso del torrente Cosia. L'area compresa tra la città murata e i rilievi morenici è andata gradualmente saturandosi fino a raggiungere l'attuale assetto consolidato, sempre rispettando una sorta di regolarità di impianto e specifiche qualità di luogo urbano. Il risultato è quello di un patrimonio edilizio storico consistente e di alta qualità architettonica. Al di fuori della convalle la Città è cresciuta attorno agli antichi nuclei periferici lungo le direttrici di comunicazione. A nord-ovest l'edificazione si è sviluppata lungo l'asse viario che conduce in Svizzera e lungo il Fiume Breggia che segna il confine con il Comune di Cernobbio e di Maslianico, acquisendo carattere di conurbazione a ridosso del confine di Stato.



Fig. 8 Cessato Catasto: vista globale

Il settore sud/sud-ovest ha acquisito nel tempo il carattere di una conurbazione spontanea cresciuta a ridosso dei sedimi ferroviari in cui prevale il tessuto produttivo. A fronte della perdita di riconoscibilità della matrice insediativa storica basata sulla separazione tra centro storico, borghi ed ex comuni periferici, lo sviluppo di questi ultimi decenni, si è mosso in direzione di una centralità diffusa, senza che ne venisse delineata una precisa fisionomia secondo un disegno territoriale che trova nel riassetto infrastrutturale, nella valorizzazione ambientale e nel recupero e rinnovo del patrimonio storico, i propri elementi ordinatori.

In un quadro così sommariamente delineato, la dismissione di vaste aree del tessuto produttivo e delle infrastrutture ferroviarie annesse (Ticosa, scalo merci ecc.), unitamente alla ricollocazione sul territorio di servizi di importanza sovracomunale (ex Caserme, Ospedale Sant'Anna, ex O.P.P. San Martino) offrono l'occasione per un concreto rinnovo della Città e della sua immagine.

Il breve inquadramento storico appena sviluppato ci permette di collocare l'area di progetto in un contesto più dettagliato dal punto di vista dell'espansione della città di Como.

Per come l'evoluzione del costruito di Como si è mossa nel tempo, il quartiere di Como Camerlata, sede del lotto di progetto, può essere inquadrato come zona di nuova espansione che non presenta particolari insediamenti storici degni di nota e altresì non è caratterizzata da vincoli particolari.

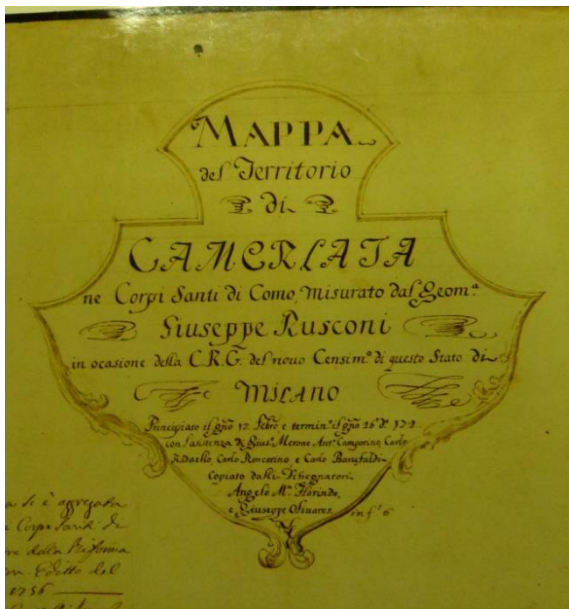


Fig. 10 Catasto Teresiano: titolo

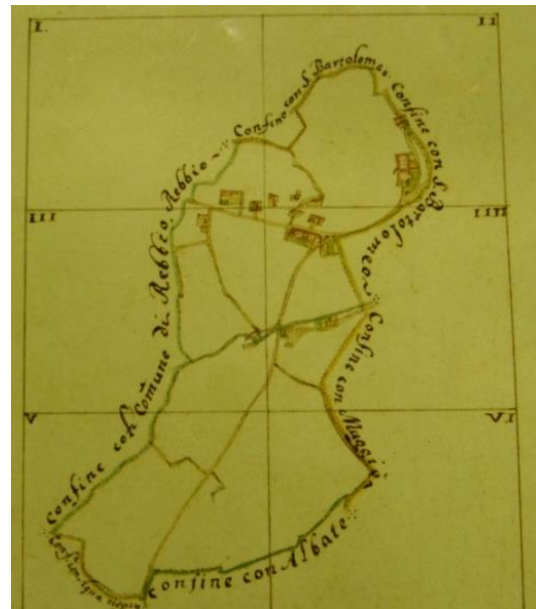


Fig. 9 Catasto Teresiano: vista globale

2.4.1. Castel Baradello (1158)

Il Castel Baradello si erge sulla cima del colle Baradello, a sud del monte Caprino, a 432 m d'altezza e sovrasta a Sud Camerlata e, a Nord, la zona Sud-Est del centro di Como.

Compreso nel territorio del Parco Regionale della Spina Verde di Como, questo castello fu eretto nel 1158 dall'imperatore Federico Barbarossa in una posizione strategica che gode di una ampia vista sul lago e la città di Como e sulla Brianza.

Esempio di costruzione dell'epoca romanica, fu smantellato dagli spagnoli nel 1527. Oggigiorno ne rimangono solo la torre principale e parte delle mura merlate.



Fig. 11 Torre Baradello

Il castello, è l'unico monumento di un certo valore storico che si trova nei pressi del quartiere di Como Camerlata. La Torre è visibile dal lotto di progetto e ne rappresenta la vista migliore dell'intera area.



Fig. 12 Vista dal lotto di progetto della Torre Baradello

2.5. Servizi

Un inquadramento dei principali servizi presenti nella città di Como ed in particolare nel quartiere di Como Camerlata è utile per capire come la Cittadella dell'Edilizia si possa integrare col contesto. Nel dettaglio verranno indicati, per sommi capi, le funzioni simili o connesse al centro Espe, scuola e Cassa edile, dal punto di vista culturale, sanitario, sportivo e scolastico.

2.5.1. Culturali

Nel territorio comunale della città di Como sono presenti sei teatri culturali, sia pubblici che privati, e cinque cinema. Un cine-teatro è presente nelle vicinanze del quartiere di Como Camerlata.

Le biblioteche sono due a livello comunale e una di proprietà della Facoltà di Giurisprudenza dell'Università di Como.

I musei della città sono dislocati in centro città e i principali riguardano gli studi archeologici e le tecniche di filatura per i tessuti, materiale tipico della produzione artigianale e industriale della provincia comasca.

L'idea di inserire un auditorium a servizio sia dei fruitori del centro che del Comune, rende quindi la Cittadella un punto di fulcro per l'intera area.

2.5.2. Sanitari

La città è fornita di ben tre grandi centri ospedalieri. Il Sant'Anna è diviso in due centri, l'ospedale "vecchio" e il "nuovo" situati leggermente in periferia lungo la strada Napoleona che collega il cuore della cittadina di Como al quartiere oggetto di studio. Il Valduce, invece, si trova in centro città. Oltre a questi centri la città è ben fornita di ambulatori privati e cliniche specialistiche.

L'attività svolta all'interno del cantiere scuola può essere sempre soggetta a rischi ed infortuni. La vicinanza di questi centri ospedalieri, collegata all'infermeria pensata all'interno degli edifici, consente una maggiore sicurezza in caso di incidenti sul lavoro. La viabilità attualmente presente nell'area, ed in particolare i nuovi interventi previsti, rendono agevole il raggiungimento di tali centri ospedalieri.

2.5.3. Scolastici

Nel Comune di Como sono presenti dodici istituti scolastici di istruzione secondaria, in particolare con tre licei (classico, scientifico e magistrale) e ben nove istituti tecnici professionali.

La scuola Espe rappresenta un istituto tecnico specifico, non presente nel territorio comunale. L'importanza di questo tipo di istruzione va oltre il singolo studente perché è indirizzata, inoltre, verso tutti quei lavoratori professionisti che, tramite corsi di aggiornamento e lezioni varie, possono incrementare le conoscenze e le tecniche lavorative.

2.5.4. Sportivi

Como è fornita di numerosi centri sportivi, situati in particolare nel centro città o nei dintorni. La zona in esame presenta un importante centro sportivo, situato in via Canturina. Le attività svolte sono tiro a segno, rugby e nuoto.

La vicinanza con il lotto di progetto è un punto di forza per la Cittadella in quanto è possibile svolgere attività sportive usufruendo, al contempo, sia del parco con le varie funzioni annesse, che del centro sportivo.

2.5.5. Verde pubblico

L'area è ricca di aree verdi e spazi pubblici di modesta dimensione. La presenza di tali aree risulta essere sempre un punto a favore per le aree periferiche delle città, in particolar modo per le zone industriali come quella in cui si inserisce il lotto di progetto.

Mancano tuttavia delle aree attrezzate a livello sportivo e per il tempo libero di natura pubblica per la cittadinanza.

2.6. Viabilità

L'area di progetto è situata nella frazione di Como Camerlata, un piccolo quartiere nella periferia sud-ovest della città di Como. Comune autonomo fino al 1884, la frazione dista 2,33 Km dal centro città e conta quasi 8.200 abitanti residenti. I centri abitati più vicini, tutti in provincia di Como, sono Albate, Casnate, Bernate, Capiago e Grandate.

2.6.1. Rete stradale

L'area in esame è collegata con il centro città tramite una serie di strade principali e parecchie arterie secondarie e di quartiere. Le principali arterie sono: via Canturina, che collega la frazione al centro urbano di Cantù, distante circa 10 Km, la SS342, che conduce al centro di Varese, distante 25 Km, e via Napoleona, arteria interna che porta al centro città. Nei pressi dell'area è presente lo svincolo Como Sud dell'autostrada A9 Milano - Como - Chiasso.

Le strade secondarie che permettono un facile e rapido raggiungimento dell'area di progetto sono: via Del Lavoro, Via Belvedere e via Giovanni Scalabrini. La viabilità di quartiere invece, nei pressi immediati del sito, è permessa dalla via San Bernardino da Siena, una strada ad una sola corsia che costeggia l'area in esame e si innesta su via Del Lavoro e su via Canturina.

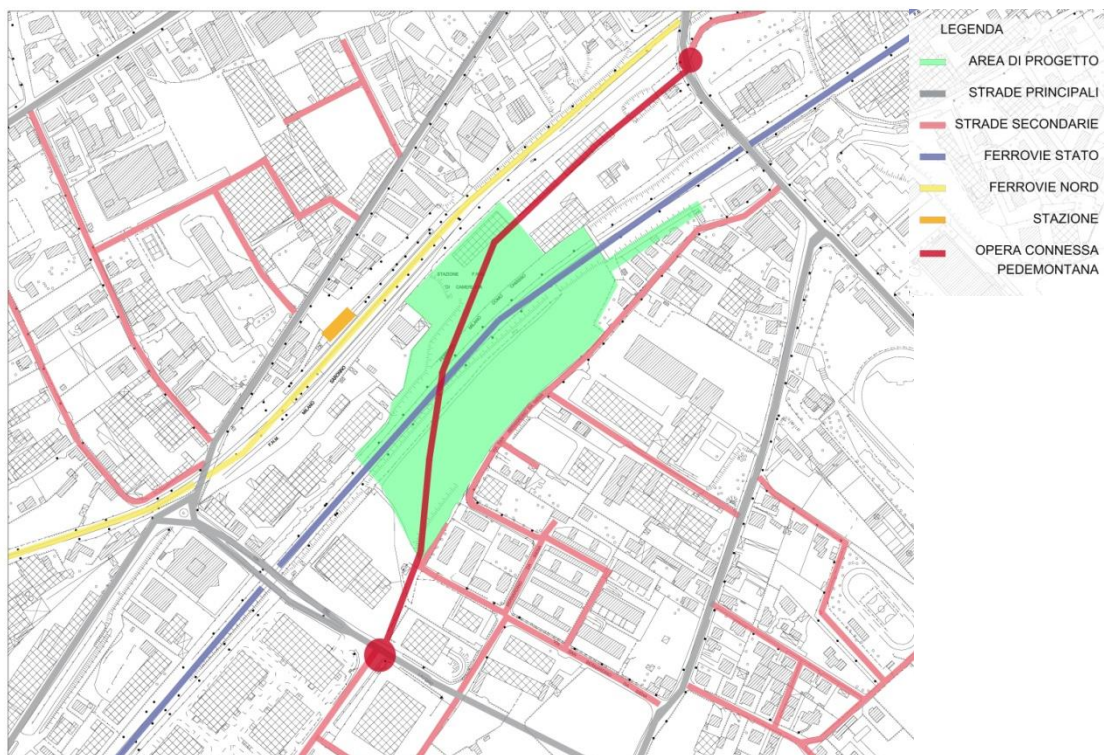


Fig. 13 Tavola riassuntiva sulla viabilità con legenda

2.6.2. Pedemontana

L'autostrada Pedemontana Lombarda è un'imponente infrastruttura viaria che interesserà alcune porzioni di territorio delle province di Varese, Como, Bergamo, Monza e Brianza e Milano.

Una porzione di tale intervento sorgerà vicino il sito di progetto della Cittadella dell'Edilizia. In particolare l'area sarà attraversata da una parte della nuova Tangenziale di Como. L'infrastruttura, estesa per circa 9 Km di cui la maggior parte in galleria naturale (6 Km), attraversa un territorio per la maggior parte collinare con boschetti che si alternano a zone pianeggianti urbanizzate. Queste aree sono disposte a raggiera intorno alla frazione di Como Camerlata, all'ingresso sud-ovest della città di Como.

La tratta che più ci interessa in particolar modo è quella denominata COMO 1 (CO1). Estesa quasi 3 Km, l'opera si innesta nell'autostrada A9 in prossimità di Grandate, al confine con il comune di Villa Guardia, per poi terminare allo svincolo di Acquanegra tra i comuni di Como e Cesnate con Bernate. Il tratto CO1 è caratterizzato dalla presenza di due opere connesse. La TG CO 03 si sviluppa tra l'interconnessione con l'A9 e la SP n° 24 di Appiano in comune di Villa Guardia, mentre la TG CO 04 si compone di due tratti: il tratto a nord parte dalla nuova tangenziale di Como in corrispondenza dello svincolo di Acquanegra, verso il comune di Como; il tratto a sud collega, invece, lo svincolo di Acquanegra con il comune di Cesnate con Bernate.

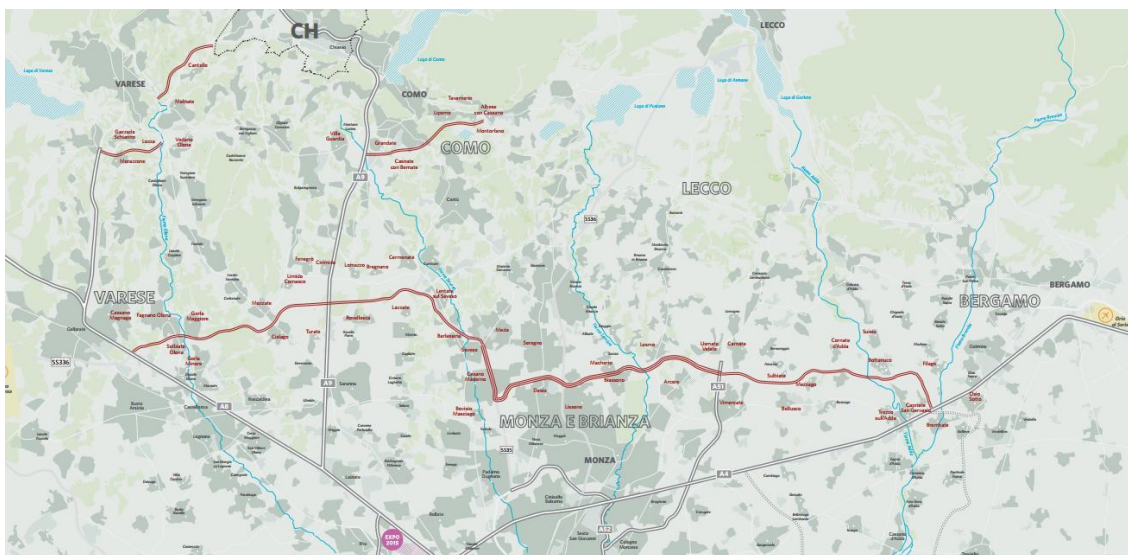


Fig. 134 Pedemontana: vista globale

L'opera TG CO 04, tratto nord, taglia in parte l'area di progetto con l'inizio di un cavalcavia che collega due rotonde che andranno a modificare la viabilità dell'area. La prima consisterà nella modifica della rotonda esistente in corrispondenza dell'incrocio tra via Canturina e via dei Mulini; la seconda, invece, sarà una nuova realizzazione in prossimità dell'incrocio tra via Del Lavoro e via Mariano Tentorio.

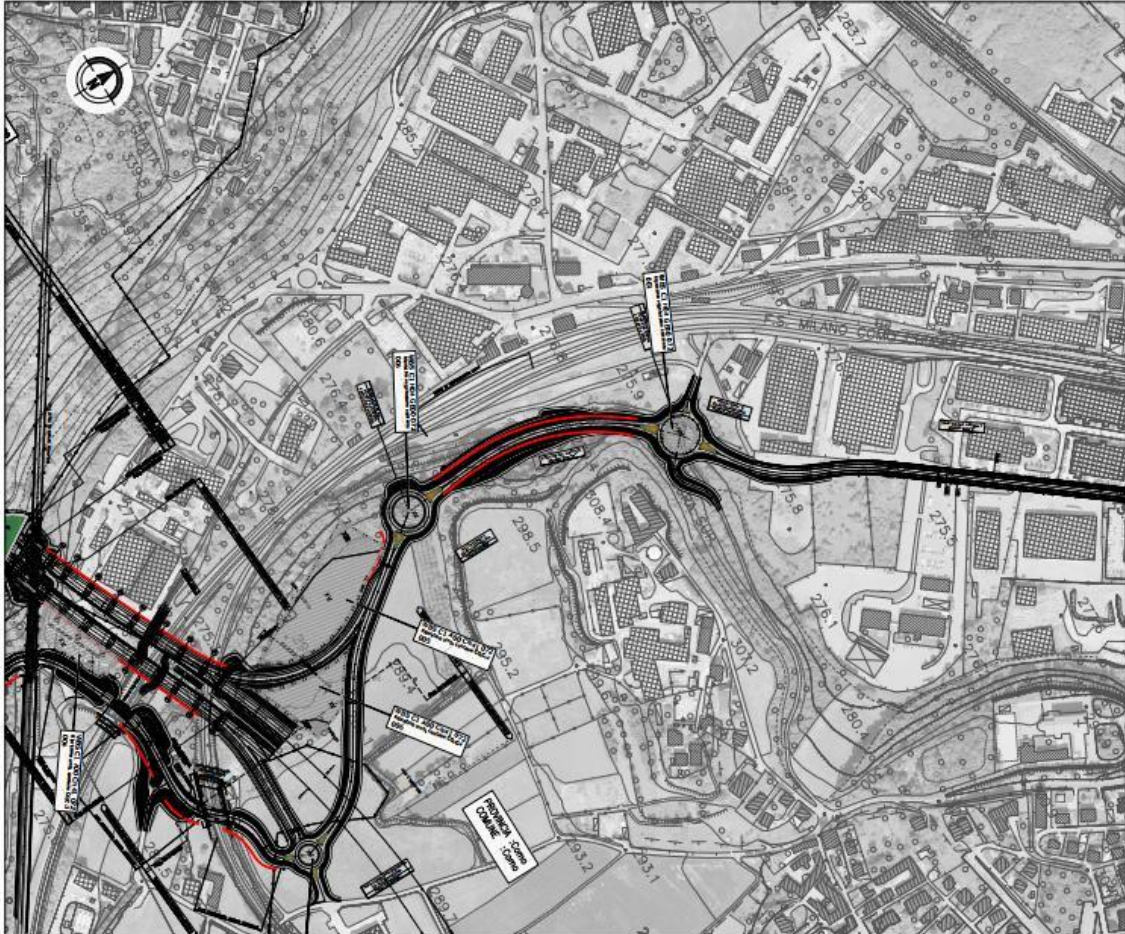


Fig. 145 Pedemontana: tratto C1

2.6.4. Mezzi di trasporto

La rete di trasporti pubblici urbani è dotata di 9 linee di autobus gestite da ASF Autolinee.

- Linea 1: Chiasso FFS - San Fermo della Battaglia;
- Diramazione 1H: Chiasso FFS - Nuovo Ospedale S. Anna;
- Linea 3: Lora - Grandate;
- Linea 4: Cimitero - S. Giovanni FS - Camnago Volta;
- Linea 5: S. Giovanni FS - Caviglio;
- Linea 6: Maslianico - Lazzago - Albate;
- Linea 7: Sagnino - Lora;
- Linea 8: S. Giovanni FS - Casnate (San Quirico);
- Linea 11: Sagnino - Bassone;
- **Linea 12: Camerlata - Tavernola.**

La linea 12, con due fermate in via del Lavoro, è l'unico mezzo pubblico che collega l'area di Como Camerlata con il centro cittadino.



Fig. 178 Linee autobus città di Como

La rete dei trasporti extraurbani (C) è gestita principalmente da ASF Autolinee e, in misura minore, dalla Ferrovie Nord Milano Autoservizi ed è composta da linee che collegano Como ai comuni della provincia e a Varese, Lecco e Bergamo. Alcune di esse hanno sostituito, dagli anni sessanta, la soppressa ferrovia Como - Varese delle Ferrovie Nord Milano.

2.7. Inquadramento fotografico

L'analisi del contesto in cui è collocata l'area di progetto è un elemento indispensabile ai fini della progettazione.

Grazie a tale studio è possibile individuare lo stato di fatto del sito di progetto, nonché le aree limitrofe che si affacciano o sono prossime al lotto in analisi.

Il tutto per identificare il paesaggio in cui verrà progettata la cittadella dell'edilizia, lo stile architettonico degli edifici ed il generale grado di conservazione di quest'ultimi.

Ai fini di una buona analisi fotografica, si è scelto di utilizzare schede fotografiche per ogni scatto, in cui sono state indicate informazioni riguardo il soggetto inquadrato, la data di ritrazione, il tipo e la tecnica di ripresa.

Scheda Fotografica		---
Luogo		Informazioni tecniche
Soggetto		
Data e Ora		
Tecnica		
Risoluzione		
Tipo di ripresa		
Tipo di risoluzione		
		Mappa e Cono ottico
		Fotografia

Fig. 189 Scheda Fotografica tipo

2.7.1. Rilievo Fotografico

Scheda Fotografica	01
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:13
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 1. Scheda Fotografica 01

Scheda Fotografica	02
---------------------------	-----------

Luogo	Como
Soggetto	Ferrovia e ponte carrabile
Data e Ora	07/01/2012 - 15:14
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel

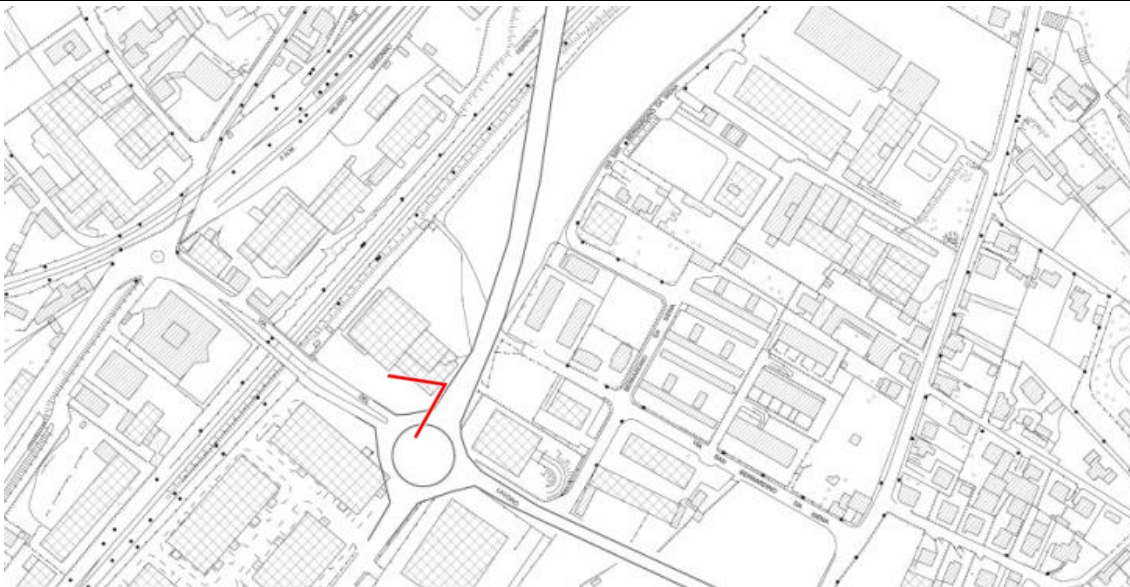


Tabella 2. Scheda Fotografica 02

Scheda Fotografica	03
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:15
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 3. Scheda Fotografica 03

Scheda Fotografica	04
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:16
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 4. Scheda Fotografica 04

Scheda Fotografica	05
Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:17
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 5. Scheda Fotografica 05

Scheda Fotografica	06
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:19
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 6. Scheda Fotografica 06

Scheda Fotografica		07
Luogo	Como - Via del Lavoro	
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto	
Data e Ora	07/01/2012 - 15:23	
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210	
Risoluzione	3456x2592	
Tipo di ripresa	Prospettica laterale	
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel	

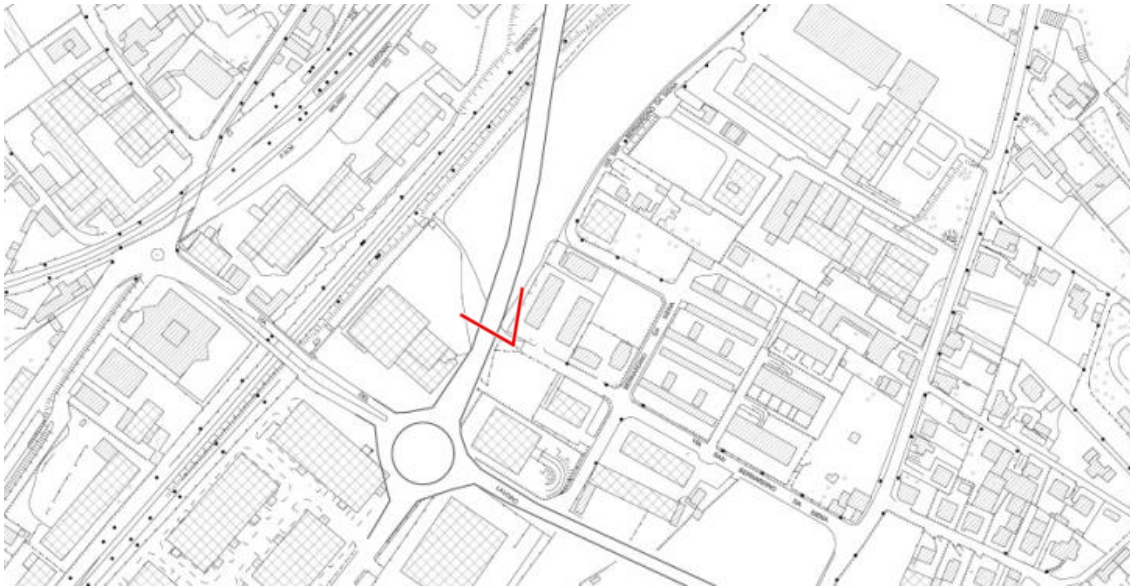


Tabella 7. Scheda Fotografica 07

Scheda Fotografica	08
Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:24
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 8. Scheda Fotografica 08

Scheda Fotografica	09
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:28
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel

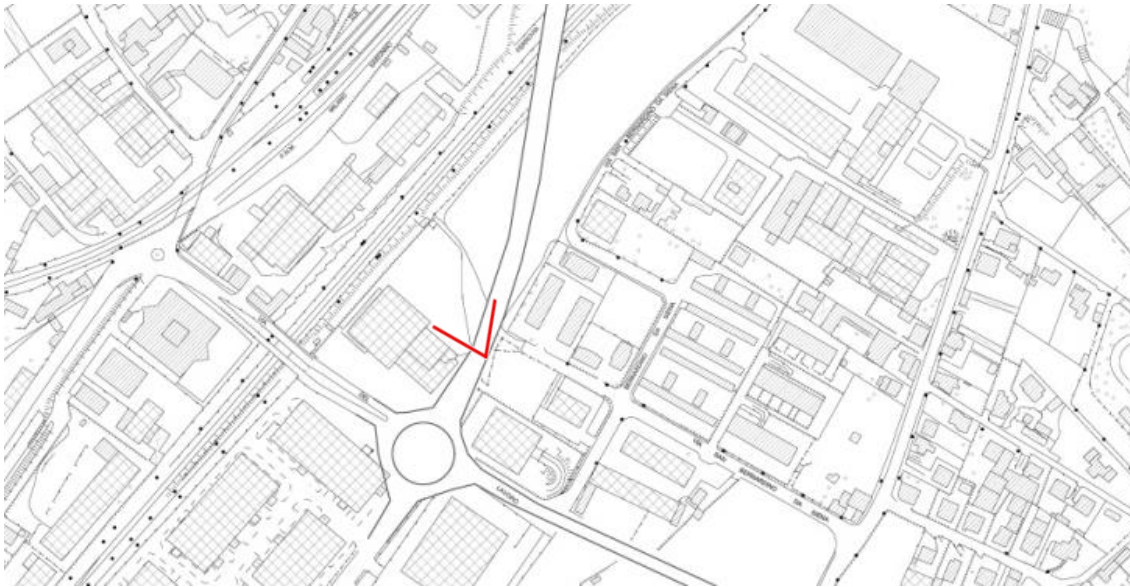


Tabella 9. Scheda Fotografica 09

Scheda Fotografica	10
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:28
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 10. Scheda Fotografica 10

Scheda Fotografica		11
Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena	
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto	
Data e Ora	07/01/2012 - 15:29	
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210	
Risoluzione	3456x2592	
Tipo di ripresa	Prospettica laterale	
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel	



Tabella 11. Scheda Fotografica 11

Scheda Fotografica	12
---------------------------	-----------

Luogo	Como
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:30
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 12. Scheda Fotografica 12

Scheda Fotografica	13
---------------------------	-----------

Luogo	Como
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:30
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 13. Scheda Fotografica 13

Scheda Fotografica	14
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:32
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 14. Scheda Fotografica 14

Scheda Fotografica	15
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:32
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 15. Scheda Fotografica 15

Scheda Fotografica	16
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista parziale del lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:33
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 16. Scheda Fotografica 16

Scheda Fotografica	17
---------------------------	-----------

Luogo	Como
Soggetto	Lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:33
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 17. Scheda Fotografica 17

Scheda Fotografica	18
---------------------------	-----------

Luogo	Como
Soggetto	Lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:35
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 18. Scheda Fotografica 18

Scheda Fotografica	19
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Lotto di progetto
Data e Ora	07/01/2012 - 15:36
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 19. Scheda Fotografica 19

Scheda Fotografica	20
Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Lotto di progetto - Castello
Data e Ora	07/01/2012 - 15:36
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel

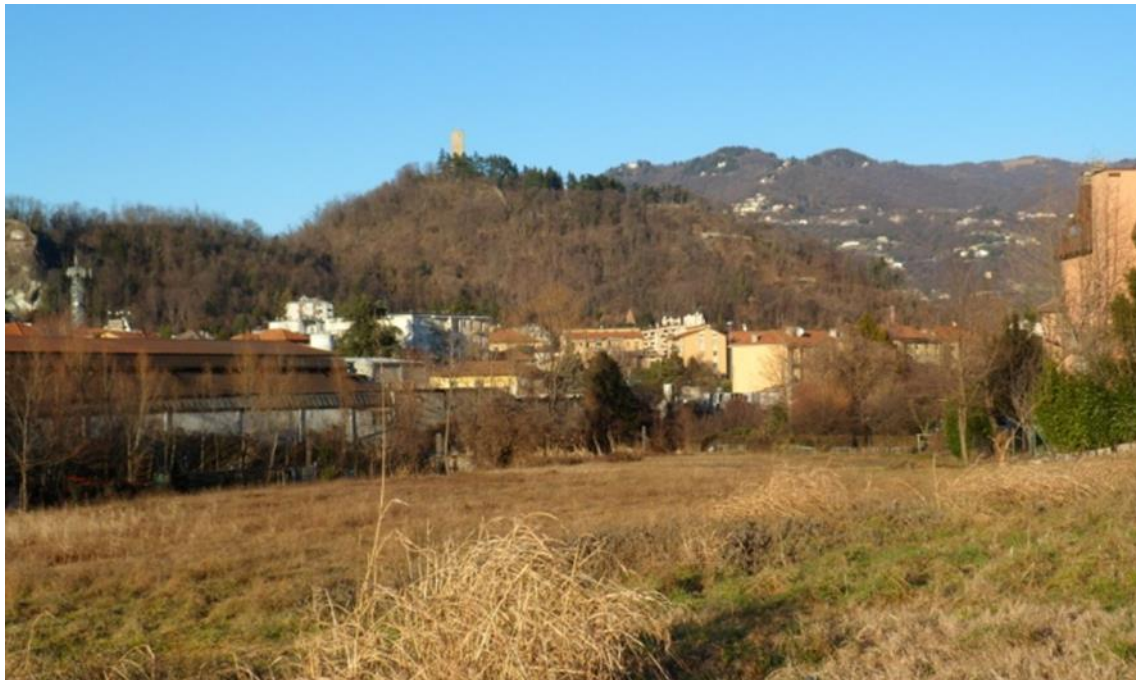


Tabella 20. Scheda Fotografica 20

Scheda Fotografica	21
Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria
Data e Ora	07/01/2012 - 15:37
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 21. Scheda Fotografica 21

Scheda Fotografica	22
Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista panoramica
Data e Ora	07/01/2012 - 15:37
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 22. Scheda Fotografica 22

Scheda Fotografica	23
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista panoramica
Data e Ora	07/01/2012 - 15:38
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 23. Scheda Fotografica 23

Scheda Fotografica	24
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Vista panoramica
Data e Ora	07/01/2012 - 15:38
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 24. Scheda Fotografica 24

Scheda Fotografica	25
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Lotto di progetto
Data e Ora	06/05/2012 - 11.04
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 25. Scheda Fotografica 25

Scheda Fotografica	26
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Lotto di progetto
Data e Ora	06/05/2012 - 11.05
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 26. Scheda Fotografica 26

Scheda Fotografica	27
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industria Porsche
Data e Ora	06/05/2012 - 11.11
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 27. Scheda Fotografica 27

Scheda Fotografica	28
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Edificio residenziale
Data e Ora	06/05/2012 - 11.13
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 28. Scheda Fotografica 28

Scheda Fotografica	29
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via del Lavoro
Soggetto	Industrie
Data e Ora	06/05/2012 - 11.16
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 29. Scheda Fotografica 29

Scheda Fotografica	30
Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Edificio residenziale
Data e Ora	06/05/2012 - 11.17
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 30. Scheda Fotografica 30

Scheda Fotografica	31
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Edificio residenziale
Data e Ora	06/05/2012 - 11.22
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 31. Scheda Fotografica 31

Scheda Fotografica	32
---------------------------	-----------

Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Edificio residenziale
Data e Ora	06/05/2012 - 11.23
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica laterale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 32. Scheda Fotografica 32

Scheda Fotografica	33
Luogo	Como - Via San Bernardino da Siena
Soggetto	Edificio residenziale
Data e Ora	06/05/2012 - 11.24
Tecnica	Fotocamera digitale compatta Samsung PL210
Risoluzione	3456x2592
Tipo di ripresa	Prospettica frontale
Tipo di risoluzione	14.2 megapixel



Tabella 33. Scheda Fotografica 33

2.8. FDOM

Gli studi effettuati in fase di inquadramento permettono di determinare, in maniera completa e dettagliata, i punti di forza e debolezza dell'area in esame.

L'analisi FDOM (Forze, Debolezze, Opportunità e Minacce), dall'inglese SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) è una tecnica di analisi/sintesi a supporto del processo decisionale. Sviluppata negli anni '50 nella gestione delle imprese quale strumento a supporto alla definizione di strategie aziendali in contesti caratterizzati da incertezza e forte competitività, a partire dagli anni '80 viene introdotta come strumento di supporto alle scelte di intervento pubblico per analizzare scenari alternativi di sviluppo.

Attualmente questa tecnica viene utilizzata e applicata ai processi territoriali (analisi e valutazione) e viene esplicitamente richiesta a supporto dei progetti per il finanziamento di piani e programmi comunitari.

Lo scopo dell'analisi è quello di individuare le opportunità per lo sviluppo di un'area territoriale (o di un settore o ambito di intervento) sulla base della:

- Valorizzazione dei punti di forza;
- Contenimento dei punti di debolezza;
- Sulla base del quadro di opportunità e rischi che deriva dalle caratteristiche e dalle progettualità esterne al contesto territoriale oggetto di studio.

L'analisi permette, inoltre, di analizzare scenari alternativi di sviluppo, evidenziando i principali fattori, interni ed esterni al contesto di analisi in grado di influenzare il successo di un programma. Consente di identificare le principali linee guida strategiche in relazione a determinati sistemi di obiettivi di riferimento da raggiungere.

I punti di **forza** e di **debolezza** sono propri del contesto di analisi e sono modificabili grazie alla politica e all'intervento proposto.

Le **opportunità** e le **minacce** derivano dal contesto esterno e non sono quindi facilmente modificabili.

2.8.1. Forze

L'area in esame presenta una superficie abbastanza vasta, fattore favorevole per poter sviluppare, senza eccessive restrizioni, il progetto della Cittadella dell'Edilizia all'interno del lotto. Non sono presenti, inoltre, particolari vincoli edificativi.

Un ulteriore punto di forza del nostro progetto è rappresentato dalla presenza di una pregevole vista panoramica in direzione Nord-Est, ovvero in corrispondenza della Torre Muraria del Castello Baradello.

2.8.2. Debolezze

L'area di via del Lavoro è posizionata in una zona molto periferica della città di Como. Il quartiere di Como Camerlata è prevalentemente di natura industriale con architetture principalmente di scarso valore. Sono presenti alcuni edifici residenziali, principalmente condomini e villette monofamiliari.

Dal punto di vista viabilistico ci sono alcuni punti negativi da evidenziare: in particolare la presenza della ferrovia, per un lungo perimetro dell'area, causa notevoli problemi di inquinamento acustico e ambientale, così come la realizzazione del nuovo tratto della tangenziale di Como. Lo svincolo di Como Camerlata causa anche impatto visivo di non poco conto. Infine, sono presenti alcuni tratti di piste ciclo-pedonali mantenuti in condizioni pessime e in certi tratti discontinui.

Sono assenti sistemi di attraversamento pedonale regolato da semafori stradali e in alcune strade di quartiere mancano i marciapiedi.

La presenza della ferrovia comporta una serie di vincoli territoriali da considerare in fase progettuale.

Non sono presenti attrezzature di svago e relax per i residenti e per i numerosi bambini che, attualmente, giocano per strada.

2.8.3. Opportunità

La zona, nonostante la distanza dal centro città, è ben collegata sia con Como che con le cittadine vicine. Sono presenti due fermate della linea urbana di autobus e la stazione ferroviaria di Como Camerlata. Inoltre la futura realizzazione del tratto connesso della Pedemontana consente una riqualificazione efficace della viabilità prossima all'area.

2.8.4. Minacce

Il quartiere periferico di Como Camerlata è frequentato durante le ore del giorno principalmente da lavoratori, mentre diventa abbastanza isolato e poco sicuro nelle ore notturne.

2.9. Indagini e studi pre-progettuali

I numerosi studi di inquadramento iniziale sono stati approfonditi, in fase pre-progettuale, da una serie di analisi ed indagini più specifiche, finalizzate alla ricerca di maggiori informazioni per la progettazione della cittadella.

In particolare, è stato effettuato un sopralluogo presso la sede Espe di Lecco; una serie di analisi su superfici e numero di utenti che godranno della fruizione della cittadella e, infine, questionari ed interviste ai residenti e lavoratori della zona in esame.

Grazie alla gentile collaborazione del direttore dell'Espe, è stato possibile fissare un incontro presso gli edifici della scuola di Lecco. Dopo una dettagliata descrizione del ruolo che ricopre l'Espe a livello provinciale, per la formazione e la disciplina dei futuri manovali, e cosa rappresenti la Cassa Edile per le aziende e i liberi professionisti, ci è stato possibile visitare l'intero edificio.

Durante il sopralluogo abbiamo avuto modo di controllare quali tipologie di locali fossero necessari per la corretta realizzazione dell'edificio adibito a scuola Espe. In particolare abbiamo potuto capire quali locali necessitassero di maggior importanza a livello di superficie e di aperture. Nella dettagliata descrizione del direttore è stato possibile capire anche quali errori fossero da evitare in fase progettuale e quali problemi di natura organizzativa e distributiva presentasse l'attuale sede della provincia di Lecco.

Tramite contatti telefonici con la sede Espe di Como si è anche cercato di stimare, in maniera più o meno approssimata, il numero di utenze minime, il numero di dipendenti (tra cui impiegati e docenti), e le iscrizioni annuali alla scuola, in modo tale da poter dimensionare aule, parcheggi e uffici. Da tali predimensionamenti è stato possibile stimare le metrature minime sufficienti per ogni locale.

La visita al cantiere scuola ci ha permesso di comprendere quali funzioni vengono svolte dai giovani muratori e quali spazi, compresi magazzini e locali di servizio, sono necessari per utilizzare al meglio lo spazio.

2.10. Questionari ed interviste

2.10.1. Residenti

Sono state rivolte specifiche domande ai residenti della zona per individuare le esigenze e le problematiche presenti nel lotto. Tale operazione è di fondamentale importanza per cercare di risolvere e rimediare, con il nuovo progetto, alla situazione attuale.

È stato effettuato un pre-test su un campione di una trentina di residenti, per la precisione si è cercato di mantenere equità nel numero degli intervistati, sia dal punto di vista del sesso che dal punto di vista della fascia d'età, proprio in relazione alle differenti esigenze che queste categorie evidenziano, in modo tale da avere una visione d'insieme più generale possibile.

Ne è emerso che la maggior parte degli intervistati nota la mancanza di un parco pubblico diversamente sfruttabile, a seconda delle esigenze (parco con aree attrezzate per i bambini, parco per il relax, e per gli animali domestici, le risposte più frequenti) e quindi usufruibile dall'intera comunità.

La totalità degli intervistati ha espresso la necessità di un'area di verde pubblico principalmente per i bambini di fascia d'età compresa tra gli 0-12 anni, quindi con relative attrezzature, poiché attualmente essendo inesistenti tali spazi verdi, i bambini sfruttano aree pericolose e prossime alla strada.

Riguardo le problematiche emerse, risulta significativa la presenza dei lavori per la realizzazione di un tratto di collegamento stradale con la Pedemontana, che sebbene da un lato migliorerà notevolmente la circolazione, evitando quindi congestioni di traffico, specie nelle ore di punta (7:00-8:30 e 16:30-18:30), dall'altro lato però renderà la zona molto disturbata dal punto di vista dell'inquinamento ambientale ed acustico, e questa dovrà opportunamente essere schermata e protetta oltre che progettata in maniera funzionale per evitare problemi relativi alla sicurezza.

Per quanto concerne la tematica "parcheggi", la quasi totalità del campione intervistato ha evidenziato la presenza di un numero sufficiente di parcheggi di pertinenza residenziale, e quindi non ritiene necessario l'inserimento di ulteriori spazi di sosta per le automobili.

Infine, le domande rivolte alle problematiche dell'area, hanno aperto molti dibattiti: in particolare sono stati segnalati problemi ambientali relativi al sistema fognario, piuttosto antiquato e scarsamente soggetto a manutenzione costante, nonché anche un problema relativo alla sicurezza, in ore notturne.

2.10.2. Lavoratori

Un secondo questionario è stato rivolto ai lavoratori delle industrie presenti nel quartiere.

Da questo, è emerso che la maggior parte sfrutta mezzi pubblici per raggiungere la sede di lavoro, da qui la necessità del miglioramento del collegamento stazione Camerlata con le industrie dove si lavora, poiché attualmente, nonostante la ridotta distanza della stazione dalla zona, i collegamenti sono poco immediati e quindi la raggiungibilità risulta scomoda.

Sono state inoltre chieste informazioni riguardo al servizio che sfruttano per le pause pranzo, e ne è emerso che si utilizzano servizi convenzionati, data l'assenza di una mensa a disposizione. Quindi, occorre pensare di inserire un servizio mensa nel progetto, utilizzabile dai nuovi lavoratori della cittadella dell'edilizia, proprio per evitare di dipendere da servizi convenzionati esterni.

È stato inoltre possibile constatare che sono necessarie aree relax all'aperto, da relazionarsi in maniera opportuna con la presenza del futuro tratto di collegamento con la Pedemontana.

2.10.3. Dipendenti ESPE

Un ultimo questionario è stato rivolto ai lavoratori della sede dell'ESPE, per chiarire eventuali problematiche esistenti nell'attuale sede di Como. Gli intervistati sono un campione di insegnanti e impiegati dell'amministrazione, ma anche studenti stessi della scuola.

Ne è risultato che la maggior parte degli intervistati sfrutta mezzi privati, a due e quattro ruote e di conseguenza sono necessari numerosi parcheggi, anche da progettare in relazione alle conferenze che avvengono con una certa regolarità.

Le risposte che sono state ottenute, dopo un'accurata analisi, indicano la maggior parte la necessità di un parcheggio pubblico (in funzione soprattutto degli edifici futuri che si realizzeranno)

Risulta inoltre necessaria una sistemazione degli spazi esterni di pertinenza dell'edificio.

2.11. Riferimenti progettuali

2.11.1. Museum of Holocaust, Los Angeles - Belzberg Architects

Il museo emerge dal paesaggio come un corpo unico, una parete curva di cemento che divide e scava nel terreno con grande valore evocativo. Il nuovo Los Angeles Museum of the Holocaust (LAMH) si trova all'interno di un parco pubblico, adiacente al già esistente Olocausto Los Angeles Memorial.

L'edificio è immerso nel terreno permettendo al parco di continuare sul tetto della struttura. I percorsi del parco già esistenti verranno utilizzati come elementi connettivi per integrare il flusso pedonale del parco con la nuova circolazione di visitatori del museo. I percorsi sono integrati sulla costruzione e continuano sopra le gallerie del museo, collegando inoltre il paesaggio del parco e i percorsi pedonali.

Poiché l'edificio è parzialmente sommersa sotto il manto erboso, l'ingresso alla costruzione comporta un progressivo deterioramento di questa connessione visiva e uditiva al parco scendendo una lunga rampa. Una volta entrati, i visitatori si trovano in un'atmosfera caratterizzata da una serie di spazi isolati saturi di immagini fotografiche d'archivio.



Fig. 20 Vista laterale collina

Mantenendo il valore simbolico del parco e della sua estensione sul museo, i colori e le texture di cemento si fondono con la vegetazione. Questi movimenti semplici creano una facciata distintiva per il museo, pur mantenendo la tipologia tipica dei parchi e del paesaggio. La copertura verde è stata una delle principali funzioni che ci hanno spinto a prendere come modello tale struttura.

Progettato e costruito con sistemi e materiali sostenibili, l'edificio LAMOTH è sulla buona strada per ricevere una certificazione LEED Gold dal US Green Building Council.

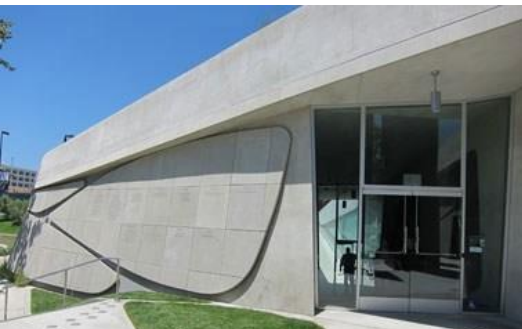


Fig. 191 Ingresso principale



Fig. 22 Collina artificiale

2.11.1. Aula Magna, Stockholm - Ralph Erskine

L'Aula Magna è un teatro per conferenze presso l'Università di Stoccolma. Può contenere fino a 1.194 persone, ed è la più grande aula dell'università. L'auditorium può essere suddiviso in due piccole sale conferenze che possono ospitare rispettivamente 557 e 637 persone. Fuori dalla sala conferenze è presente una galleria con banchi per la lettura. L'auditorium è utilizzato anche per eventi esterni, come ad esempio riunioni e meeting.



Fig. 23 Facciata principale

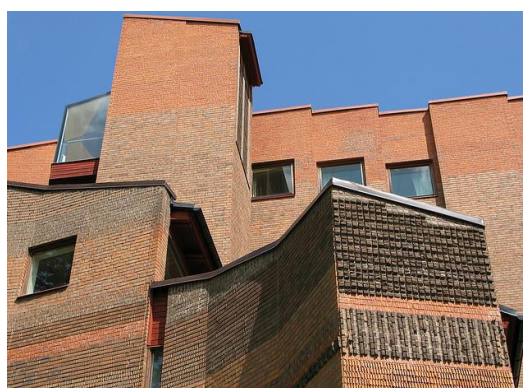


Fig. 24 Facciata laterale

L'Aula Magna è stata realizzata da Ralph Erskine, progettista anche dell'Allhuset, della Stockholm University Library, Aktiverum. L'edificio venne inaugurato nell'autunno del 1997.

L'Aula Magna è stata l'ultimo degli edifici del campus Erskine. Il grande edificio è in parte realizzato sottoterra. Sono presenti grandi superfici vetrate e sul lato sud del palazzo si erge in tutta la sua altezza. Erskine ha "rotto" la facciata in molti volumi di dimensioni diverse, per struttura e altezza, ed è riuscito a ritrarre questa parte chiusa in modo interessante. Sono presenti una facciata costruita in mattoni rossi a parete con diverse sfumature e texture. Sul tetto sono visibili da lontano i lucernari, utilizzati principalmente per far entrare la maggior parte della luce naturale direttamente nell'auditorium. L'interno offre pareti in vetro ondulate che forniscono un contatto con la natura e le vecchie querce esterne. L'uso dei mattoni con diverse inclinazioni e texture ha fornito spunti interessanti per la realizzazione della Cittadella dell'edilizia.

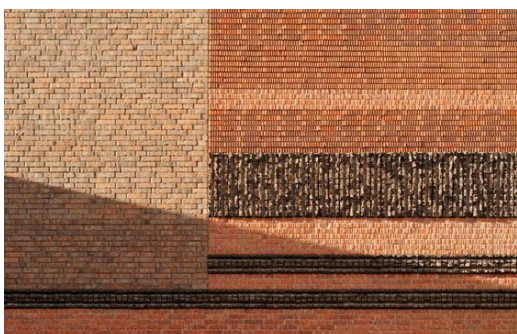


Fig. 25 Dettaglio facciata in mattoni



Fig. 26 Aula magna

2.11.2. Vitra Museum, Weil am Rhein - Siza, Tadao Ando, Gehry

Il Vitra Design Museum è uno dei musei di design più importanti al mondo e presenta mostre ed eventi sia di design che di architettura. Il museo offre visite guidate alle esposizioni e alle opere architettoniche presenti nel Campus Vitra, oltre a ospitare la caffetteria e il negozio del museo.

Nell'edificio principale, progettato da Frank Gehry, al Vitra Design Museum si tengono ogni anno, in alternanza, due grandi mostre. In parallelo, la Vitra Design Museum Gallery ospita mostre e progetti sperimentali. Le mostre in corso sono elencate qui di seguito. Il Vitra Design Museum di Weil am Rhein deve gran parte della sua fama al singolare contenitore che lo ospita. In effetti, quando venne realizzato, in Europa non ne esistevano ancora di simili. Dall'esterno, l'edificio di Frank O. Gehry appare come una massa candida e asimmetrica, costituita da cubi, torrette, passerelle ed elementi sbilenchi giustapposti. La sensazione è quella di una struttura delicata, sconvolta dal vento. L'interno si caratterizza per una successione di spazi dalla forma e disposizione irregolare. Lucernari e feritoie, garantiscono l'alternanza di luce naturale e artificiale, che conferisce suggestione e mistero agli oggetti esposti. Ma lo strano "blocco" del Vitra non è solo. Sulla verde distesa sorgono altre illustri testimonianze dell'architettura contemporanea:

- Feuerwehrhaus (caserma dei pompieri) di Zaha Hadid (1993);
- Konferenzpavillon (padiglione per le conferenze) di Tadao Ando (1993);
- Fabrikationsgebäude (fabbrica) di N. Grimshaw (1981-86), F. Gehry (1989) e A. Siza (1994).

La contemporanea presenza di materiali diversi, accostati tra loro, nei vari edifici realizzati, è stata per noi modello di ispirazione. In particolare, gli edifici progettati da Siza e Tadao Ando, realizzati in mattoni e cls a vista rappresentano in pieno la scelta materica effettuata nel nostro progetto.



Fig. 27 Edificio di Tadao Ando



Fig. 28 Rapporto tra i due edifici

2.11.3. Auditorium e Palazzo congressi Castellón, Valencia Ferrater

Il complesso prevede quattro volumi principali per una superficie totale di 13.590 mq. Il primo accoglie la sala per la musica sinfonica (1200 posti) e per la musica da camera (400 posti); il secondo ospita la hall e il bar ed è circondato da ambienti laterali destinati a camerini, spogliatoi, sale prova, magazzini e uffici amministrativi; quindi il terzo volume, la sala polivalente detta Magic Box costituita da tre sale modulari, convertibili in una sola per la celebrazione di grandi congressi; infine, il quarto corpo raccoglie le sale congressi, conferenze e gli ambienti per le attività espositive e gli allestimenti.

Se l'interno dell'edificio si esprime attraverso un lessico estremamente raffinato ed elegante, all'esterno la sobrietà, densa comunque di una matericità plastica, diventa il messaggio chiave di questo progetto. L'impatto è forte per l'osservatore che si trova in piazza e si avvicina al palazzo: il progetto di Ferrater è un corpo "convinto", presente, saldamente ancorato alla terra che lo accoglie.

Cemento armato, legno, quarzite grigia, vetro sono i materiali dei quali è tessuto l'abito che veste questo capolavoro dell'architetto spagnolo, che guarda alla musica ma che - data la sua posizione in cima alla parte alta di Castellón - si rivolge anche al mare, alle isole, alla spiaggia, alla costa, ai movimenti della gente per le vie della città e soprattutto alla luce del sole, come a volerla catalizzare, come a cercarne il consenso.

La facciata principale è realizzata con un rivestimento in cemento armato a vista con ampie vetrate, motivazioni principali che ci hanno spinto a scegliere questo edificio come modello per il progetto.



Fig. 29 Prospetto principale



Fig. 30 Visione laterale

2.11.4. John Lewis Center, Leicester - Foreign Office Architects

La realizzazione di un centro commerciale nel cuore di un centro storico è un tema affascinante molto sviluppato nel '900. A Leicester questo intervento si colloca all'interno del progetto di riqualificazione dell'intero centro città. L'idea del FOA è stata sin dall'inizio quella di creare un edificio dal forte impatto visivo, deciso e dinamico, caratterizzato da un involucro completamente trasparente. L'effetto "tenda" che si è scelto di realizzare, con l'utilizzo di sole parti vetrate con montanti e giunti siliconati, permette allo stesso tempo la completa visione dall'interno dell'esterno e la privacy interna. Il particolare disegno che adorna le vetrate rende omaggio alla città di Leicester, svolgendo la funzione di protezione dalle radiazioni solari.



Di particolare interesse è la realizzazione di passerelle vetrate. L'idea dei FOA era quella di realizzare un collegamento fluido che trasmettesse l'idea di leggerezza e trasparenza, scartando completamente l'utilizzo di pilastri sul piano stradale o elementi di elevazione.

Fig. 31 Passerella calastrellata

L'involucro delle passerelle è realizzato con grandi lastre di vetro extra chiaro stratificato - controventate nella parte inferiore dal parapetto d'acciaio, che ha quindi funzione strutturale. L'interno della passerella è ventilato naturalmente, grazie ad aperture lasciate nel cassone strutturale e tra le lastre di vetro. La passerella in vetro sarà oggetto di spunto per la progettazione della nostra tesi.

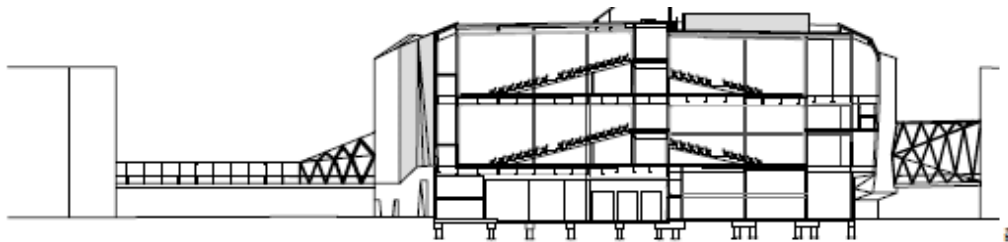


Fig. 32 Sezione

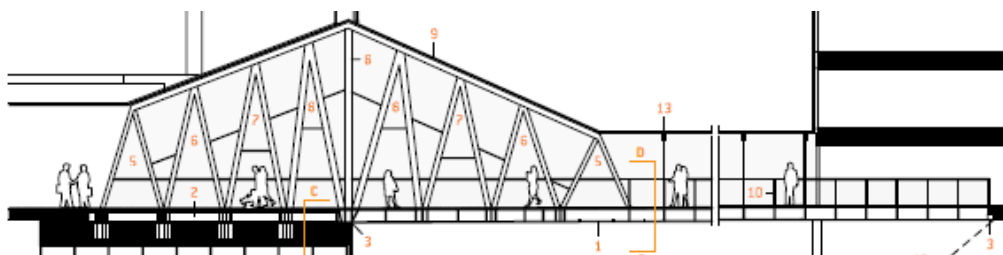


Fig. 33 Sezione passerella

2.11.5. Sportplaza Mercator, Amsterdam - Venhoeven CS Architects

Sportplaza Mercator dello studio olandese Venhoeven CS è situato in un quartiere di Amsterdam fra i più multiculturali e multietnici, con problemi di integrazione sociale, razziale e culturale. Le funzioni inserite sono state studiate per poter coinvolgere il maggior numero di abitanti delle diverse comunità, in particolare studenti amanti dello sport. Si tratta di un edificio interamente rivestito di vegetazione che assume la forma di una collina e si integra con il paesaggio circostante. Un landform building, ossia un edificio che assume una forma del terreno, una delle possibili forme della crosta terrestre, in questo caso quella di una collina. Nella landform Architecture architettura e paesaggio naturale si contaminano, si integrano e si ibridano, non rimangono categorie distinte. La riduzione dell'impatto visivo dell'architettura attraverso la sua fusione con il suolo e con gli elementi naturali rende lo Sportplaza Mercator di fatto come una collina di un parco, non sembra un edificio nel senso tradizionale del termine. L'interno si ispira per la complessità spaziale e di relazioni umane alle terme romane, un luogo ricco di attrattività molto varie tra loro. Dal punto di vista strutturale particolarmente significativa risulta la soluzione adottata per lo scheletro in acciaio per la vegetazione. La struttura portante di acciaio è stata scelta perché in grado di sopportare la crescita delle piante e il loro peso, nonostante un'intelaiatura metallica abbastanza esile, con ampie luci, capaci di garantire una maggiore libertà nell'organizzazione degli spazi.

Idea presa come modello nel nostro progetto è il giardino verticale. Appoggiato alla struttura in acciaio della copertura e dei muri laterali, è realizzato con strati di acciaio e plastica, terra e feltro, resistente, spugnoso e flessibile. E' stato studiato un sistema di tubi per l'irrigazione integrato regolato da sensori. L'involucro è stato usato per stemperare l'impatto dell'edificio rispetto all'intorno e contribuisce a migliorare l'inerzia delle chiusure orizzontali e verticali migliorando il contenimento delle dispersioni termiche.



Fig. 34 Vista dall'alto

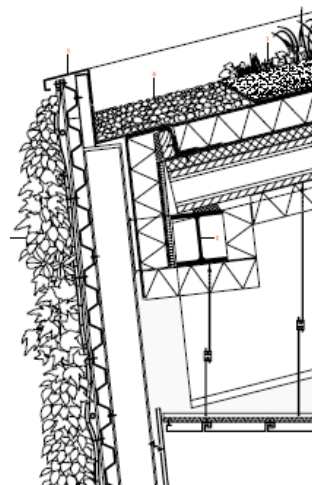


Fig. 35 Dettaglio costruttivo

3. DEFINIZIONI SCELTE PROGETTUALI E CONCEPT

3.1. Inquadramento del problema

Dopo le analisi iniziali, si procede con la definizione di un modello, come strumento selettivo della realtà, finalizzato all'ottimizzazione della gestione di un progetto complesso. Tale progetto non può essere affrontato attraverso un metodo analitico di scomposizione del problema e risoluzione separata delle singole parti, ma deve essere gestito mediante una visione unitaria dell'intero problema, con selezione e sintesi dei vari aspetti e un lavoro coordinato tra le diverse competenze.

La complessità del progetto affrontato è legata ai seguenti aspetti:

- molteplicità di interessi intorno al complesso di edifici da realizzare;
- polifunzionalità del progetto e diverse utenze da soddisfare;
- assoggettabilità dell'intervento a disturbi ed eventi esterni incontrollabili;
- multidisciplinarietà del problema.

Il lavoro che segue ha la finalità di gestire questi vari aspetti di complessità in modo da tenere sotto controllo ed evitare eventi che pregiudichino la buona riuscita dell'intervento.

3.2. Project Management applicato al progetto

Il tipo di progetto affrontato viene realizzato attraverso sforzi concentrati e discontinui, per poter individuare caratteristiche principali quali l'unicità del progetto stesso, la finalizzazione chiara ed esplicita, la temporaneità pianificata e la multidisciplinarietà fortemente integrata.

Nel campo edile, l'unicità è la caratteristica principale, ogni progetto è diverso rispetto ad un altro e quindi ne risulta che non è possibile ipotizzare un sistema di produzione in serie. Per questo motivo è necessario pianificare il più possibile ogni fase del processo di trasformazione, anticipando tutti i ragionamenti, poiché in corso d'opera ogni modifica corrisponderebbe ad elevati costi aggiuntivi.

Ogni progetto è temporaneo perché vi sono delle scadenze e una fine certa quando vi è la consegna.

La multidisciplinarietà riguarda il fatto che l'ottenimento del risultato finale prevede l'utilizzo e l'integrazione in modo coerente di diverse discipline, risorse professionali e competenze.

I vari obiettivi possono essere in conflitto fra loro ma attraverso la giusta pianificazione e il riportare le diverse unità di misura ad un'unica misurazione che metta tutto sullo stesso piano facilita l'evolversi del progetto.

L'obiettivo del project management è quello di spostare l'attenzione nelle fasi iniziali in quanto una buona pianificazione iniziale porta ad un abbattimento significativo di tempi e costi nelle fasi di realizzazione.

3.2.1. Il progetto come sistema

Il progetto si può suddividere in 4 macro fasi (milestones) e quando una di queste è conclusa si può "congelare" per non essere più modificabile, perché come detto in precedenza, tornare indietro e modificare implicherebbe costi elevatissimi.

Le 4 macrofasi sono:

- **concept:** caratterizza il progetto, momento di nascita ed ideazione a fronte di un'analisi di convenienza e di una verifica di fattibilità, si definiscono obiettivi e vincoli;
- **definizione:** fase in cui il progetto è definito e pianificato in tutti i suoi aspetti, si identificano le specifiche di dettaglio, le attività necessarie alla realizzazione, la struttura organizzativa, le politiche realizzative e il programma di lavoro operativo;
- **realizzazione del progetto:** sulla base del piano si realizza il progetto, soddisfacendo gli obiettivi e le specifiche definite;
- **rilascio:** termine del progetto, si verifica il raggiungimento degli obiettivi e se ne analizza criticamente lo svolgimento per apprendere insegnamenti utili ai lavori futuri.

3.2.2. Il modello

Per la progettazione e la gestione di un insieme di meccanismi di pianificazione e controllo di un progetto è necessaria la creazione di un modello: esso è una riduzione selettiva della realtà in cui viene fatta una distinzione tra variabili rilevanti e quelle irrilevanti.

Il modello da utilizzare deve tenere conto che, ad ogni variabile, corrisponde un certo effetto sul progetto. Esso è espresso dalla seguente espressione:

$$E = f (D, A)$$

Dove:

- E rappresenta le variabili endogene, cioè gli effetti controllabili dal decisore solo attraverso le variabili D;
- D rappresenta le variabili decisionali (alternative) che vengono controllate dagli attori che governano il sistema;
- A rappresenta le variabili esogene, cioè ambientali, che rappresentano tutti quei fattori derivanti dal contesto esterno al progetto che non possono essere controllate ma possono essere previste.

3.3. Fase di concezione del progetto (CONCEPT)

3.3.1. Attori, obiettivi e vincoli

Per la risoluzione di un progetto complesso risulta necessario individuare gli obiettivi che possono derivare da diversi attori, siano essi coinvolti direttamente o indirettamente nel progetto. Gli obiettivi di attori secondari possono diventare vincoli per gli attori principali.

I vincoli possono essere di diverse tipologie: normative specifiche, condizioni esterne o, come detto in precedenza, essere obiettivi di altri; i vincoli sono comunque quelli che determinano il campo di riferimento di progetto, delimitano i confini del sistema.

3.3.2. Definizione degli attori

Un progetto complesso comporta inevitabilmente la presenza di molteplici attori, ognuno dei quali con interessi diversi, conflittuali e non, sull'intervento da realizzare. Ovviamente i vari attori hanno pesi diversi all'interno del processo decisionale, ne risulta quindi necessario una gerarchizzazione degli stessi e la determinazione dei rapporti reciproci.

Essendo la costruzione della cittadella un bando di concorso, il ruolo di attore principale ricade sui progettisti che partecipano al concorso, dovendo essi rispondere agli obiettivi di tutti gli altri attori che rientrano nel modello del progetto, ovvero devono rispondere a tutti i vincoli esistenti, in particolar modo devono convincere la giuria che il progetto da loro proposto è il migliore.

Sulla base di questa chiarificazione vengono individuati: attori principali e attori secondari.

3.4. Definizione di obiettivi e vincoli

Ogni attore, diretto o indiretto, ha delle esigenze e delle aspettative ed è quindi un portatore di obiettivi e vincoli. Ogni obiettivo ha intrinseca la terna fondamentale: TEMPI-COSTI-QUALITA'.

In un progetto come quello in esame si ha una molteplicità di obiettivi, con unità di misura diverse, risulta quindi difficile ricondursi ad un unico obiettivo; il problema può essere risolto definendo un obiettivo principale e dare pesi appropriati a n-1 obiettivi.

I vincoli non sono negativi a priori, se non vi fossero, non ci potrebbe essere un problema di ottimizzazione; si dividono in diverse categorie:

- quelli che nascono come vincoli: stato iniziale, risorse disponibili, situazioni o eventi esterni, normative da rispettare;
- obiettivi di altri: gli obiettivi di altri attori possono essere considerati vincoli per definire i limiti di azione e per controllare la conflittualità tra obiettivi.

Attori e obiettivi possono essere riassunti in questa tabella:

ATTORI	OBIETTIVI	DESCRIZIONE
Progettisti (Attore principale)	Vincere il concorso	Soddisfare le esigenze e richieste della committenza nel modo migliore.
	Guadagnare visibilità ed esperienza	Attraverso la progettazione ottenere nuove conoscenze e farsi conoscere nell'ambiente lavorativo.
	Aspetto economico	Riuscire a non avere troppe perdite rispetto all'investimento fatto per il concorso.
Giuria	Valutare partecipanti al concorso	Scegliere il progetto migliore che verrà realizzato.
ANCE Como	Il progetto deve avere standard qualitativi alti	Sono richiesti alti valori di funzionalità e flessibilità dell'opera
	Valore simbolico del progetto	Utilizzare metodologie costruttive che richiamino la crescita tecnologica nell'edilizia.

Comune di Como	Avere un ritorno economico per l'investimento fatto	Il Comune ha donato il terreno e messo una quota di partecipazione ma tramite contratto potrà svolgere corsi nella struttura e l'ANCE si occuperà dell'urbanizzazione.
Utenza specializzata	Usufruire di una struttura adeguata	Architetti, ingegneri, geometri, periti edili necessitano di una struttura funzionale. Deve essere semplice muoversi e direzionarsi al suo interno.
Cittadini	Non avere disturbo dato dalla nuova edificazione	Il progetto non deve avere creare disagi ma inserirsi omogeneamente nel contesto e possibilmente migliorarne i servizi esistenti.

Tabella 34. Attori e obiettivi del processo

I vincoli dati dal bando di concorso possono essere riassunti in questa tabella:

TIPOLOGIA VINCOLI	VINCOLO	DESCRIZIONE
COSTI	Budget massimo di spesa dato dal bando di concorso	Il progetto prevede una spesa massima di 3500000.00 Euro.
QUALITA'	Richieste date dal bando di concorso	Alti valori di funzionalità e flessibilità funzionale degli spazi interni. Sistemazione degli spazi esterni L'opera deve avere forte valore simbolico e rappresentare l'evoluzione della regola dell'arte del costruire.
	Richieste utenza	I percorsi e la movimentazione devono essere semplici, deve essere facile orientarsi all'interno della cittadella.
TEMPO	Limiti di tempo per le varie fasi	Tempo Totale: 230 giorni Restituzione lavori: 30 giorni.

Tabella 35. Vincoli bando

Nel particolare le tempistiche sono:

- dalla pubblicazione del bando ci sono 60 giorni per effettuare l'iscrizione;
- entro 10 giorni dalla scadenza dell'iscrizione verrà pubblicato il bando;
- consegna e spedizione elaborati I grado: 120 giorni;
- comunicazione esito I grado: 20 giorni;
- consegna e spedizione II grado: 70 giorni;
- comunicazione esito II grado: 20 giorni.

Altri vincoli dati dal contesto, sia morfologico che dagli attori coinvolti sono:

TIPOLOGIA VINCOLI	VINCOLO	DESCRIZIONE
DATI DAI CITTADINI	Non avere fastidio dato dalla nuova edificazione	Il progetto non deve avere creare disagi ma inserirsi omogeneamente nel contesto e possibilmente migliorarne i servizi esistenti.
DATI DALL'UTENZA	Usufruire di una struttura adeguata	Architetti, ingegneri, geometri, periti edili necessitano di una struttura funzionale. Deve essere semplice muoversi e direzionarsi al suo interno.
MORFOLOGIA ZONA DI PROGETTO	Forma stretta ed allungata direzione nord-sud	La forma del lotto è fondamentale per alcune scelte progettuali, come l'ubicazione nel lotto e l'orientamento.

Tabella 36. Ulteriori vincoli in atto

3.4.1. Variabili decisionali e variabili ambientali

Per la risoluzione del modello, una volta strutturato il sistema di relazioni tra obiettivi e vincoli rilevanti dei vari attori, si passa alla determinazione delle variabili decisionali (ALTERNATIVE) e alla previsione e anticipazione delle variabili ambientali non direttamente controllabili.

Le prime sono quelle che influenzano in maniera determinante l'effetto, cioè l'obiettivo: sorge, quindi, un problema di conoscenza di ogni aspetto del progetto e dunque un problema di soggettività inevitabile.

Riguardo le variabili ambientali, non si può far altro che prevederle: alcune sono note e stazionarie nel tempo⁵, altre è possibile prevederle con varie tecniche, ma anche in questo caso sorge un problema di soggettività e conoscenze.

⁵ Esempio pratico: normativa

La soluzione ai problemi di soggettività è formare dei team di progettazione e consulenza perché un semplice progettista non avere competenze specifiche in ogni campo.

Nel progetto in esame, vengono individuate le alternative considerando di rispondere alla triade: TEMPI-COSTI-QUALITA' e ad i vincoli presenti.

La seguente tabella riassume le varie VARIABILI con le ALTERNATIVE DI PROGETTO:

ALTERNATIVE/ VARIABILI	A1	A2	A3	A4	A5
V1. RAPPORTO CON IL CONTESTO	Inserimento armonico	Inserimento in contrasto	Mix		
V2. COLLOCAZIONE NEL LOTTO	Centrato	Sul lato corto		Mix	
V3. INGRESSO AL LOTTO	Centrato	Laterale			
V4. ORIENTAMENTO EDIFICIO	Sud	Est	Ovest	Nord	
V5. LOCALIZZAZIONE FUNZIONI	Concentrate	Mixate	Mix		
V6. FORMA EDIFICIO	Stecca	Torre	Corte	Diffusi	Mix
V7. TIPOLOGIA PARCHEGGI	Silos	Ipogeo	Raso con verde	Mix	
V8. COLORE FACCIATE	Mimetico	Contrasto	Mix		
V9. ALTEZZA EDIFICI	Unico piano	Multipiano	Mix		
V10. MATERIALI	Tradizionali	Non tradizionali	Mix		
V11. DISTRIBUZIONE DEL VERDE	Continuo	Discontinuo	Mix		
V12. FUNZIONE DEL VERDE	Privato	Pubblico	Mix		
V13. COLLEGAMENTI INTERNI	Coperti	Scoperti	Mix		
V14. IMPIANTI	Integrati	Non integrati	Mix		
V15. STRUTTURA PORTANTE	Acciaio	Legno	C.A.	Mix	
V16. COPERTURA	Mono - falda	Falde	Tetto piano	Mix	

Tabella 37. Variabili ed alternative di progetto

3.4.2. Scelta delle alternative migliori: concept

Una volta definite le varie alternative possibili per soddisfare obiettivi e vincoli, ci troviamo in una situazione di dover scegliere le alternative migliori, ovvero quelle che rispondono meglio alle richieste che abbiamo, per fare ciò possiamo operare in diversi modi però in tutti bisogna definire il criterio di scelta.

Sulla base di queste decisioni progettuali viene definito il CONCEPT DI PROGETTO, esso indica il vero e proprio concepimento del progetto in cui vengono individuati gli elementi invarianti dello stesso.

Le scelte effettuate risultano essere dei paletti per la progettazione vera e propria dell'intervento e sono gli elementi che lo qualificano.

Le alternative sono state scelte e selezionate in base ai vincoli esistenti e interfacciandoli con gli obiettivi del progetto si può determinare quali siano le migliori.

L'idea base del progetto della cittadella è fornire un luogo altamente funzionale agli operatori del mercato edilizio, all'utenza che usufruisce della cittadella attraverso spazi interni molto funzionali e un posizionamento e progettazione in modo da facilitare la movimentazione all'interno di essa; tutto questo con dei parcheggi pensati in modo da non dar fastidio alla popolazione residente e la creazione di spazi verdi disponibili anche per i cittadini.

Valutazione delle alternative:

	COLLOCAZIONE NEL LOTTO			
	ALTERNATIVE			
OBIETTIVI	<i>Centrato</i>	<i>Sul lato corto</i>	<i>Sul lato lungo</i>	Mix
Valore simbolico progetto				
Funzionalità interna				
Flessibilità spazi interni				
Mobilità utenza				
Comfort interno				
Urbanizzazione verde esterno				
Non creare fastidi ai cittadini				
Costi di messa in opera				
Tempi di messa in opera				

Tabella 38. Studio collocazione nel lotto

	FORMA EDIFICIO				
	ALTERNATIVE				
OBIETTIVI	<i>Stecca</i>	<i>Torre</i>	<i>Corte</i>	Diffusi	Mix
Valore simbolico progetto					
Funzionalità interna					
Flessibilità spazi interni					
Mobilità utenza					
Comfort interno					
Urbanizzazione verde esterno					
Non creare fastidi ai cittadini					
Costi di messa in opera					
Tempi di messa in opera					

Tabella 39. Studio forma edificio

	LOCALIZZAZIONE DELLE FUNZIONI		
	ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Concentrate</i>	<i>Mixate</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 40. Studio sulla localizzazione delle funzioni

	COLORE FACCIATE		
	ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Mimetico</i>	<i>In contrasto</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 41. Studio su colorazione facciate

	ALTEZZE EDIFICI	
	ALTERNATIVE	
OBIETTIVI	<i>uniforme</i>	<i>Non uniforme</i>
Valore simbolico progetto		
Funzionalità interna		
Flessibilità spazi interni		
Mobilità utenza		
Comfort interno		
Urbanizzazione verde esterno		
Non creare fastidi ai cittadini		
Costi di messa in opera		
Tempi di messa in opera		

Tabella 42. Studio altezze edifici

	<u>MATERIALI</u>		
	ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Tradizionali</i>	<i>Non tradizionali</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 43. Studio sui materiali

	<u>DISTRIBUZIONE DEL VERDE</u>		
	ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Continuo</i>	<i>Discontinuo</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 44. Studio sulla distribuzione del verde

	<u>FUNZIONE DEL VERDE</u>		
	ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Privato</i>	<i>Pubblico</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 45. Studio sulle funzioni degli spazi verdi

<u>COLLEGAMENTI INTERNI</u>			
ALTERNATIVE			
OBIETTIVI	<i>Coperti</i>	<i>Scoperti</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 46. Studio collegamenti interni

<u>IMPIANTI</u>			
ALTERNATIVE			
OBIETTIVI	<i>Integrati</i>	<i>Non integrati</i>	Mix
Valore simbolico progetto			
Funzionalità interna			
Flessibilità spazi interni			
Mobilità utenza			
Comfort interno			
Urbanizzazione verde esterno			
Non creare fastidi ai cittadini			
Costi di messa in opera			
Tempi di messa in opera			

Tabella 47. Studio sugli impianti

TIPOLOGIA PARCHEGGI				
		ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Ipogeo</i>	<i>Silos</i>	<i>A raso con verde</i>	<i>Mix</i>
Valore simbolico progetto				
Funzionalità interna				
Flessibilità spazi interni				
Mobilità utenza				
Comfort interno				
Urbanizzazione verde esterno				
Non creare fastidi ai cittadini				
Costi di messa in opera				
Tempi di messa in opera				

Tabella 48. Studio sulle tipologie di parcheggi

COPERTURA				
		ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Monofalda</i>	<i>Falde</i>	<i>Tetto piano</i>	<i>Mix</i>
Valore simbolico progetto				
Funzionalità interna				
Flessibilità spazi interni				
Mobilità utenza				
Comfort interno				
Urbanizzazione verde esterno				
Non creare fastidi ai cittadini				
Costi di messa in opera				
Tempi di messa in opera				

Tabella 49. Studio sulla copertura

STRUTTURA PORTANTE				
		ALTERNATIVE		
OBIETTIVI	<i>Acciaio</i>	<i>Legno</i>	<i>Calcestruzzo armato</i>	<i>Mix</i>
Valore simbolico progetto				
Funzionalità interna				
Flessibilità spazi interni				
Mobilità utenza elevata				
Comfort interno				
Urbanizzazione verde esterno				
Non creare fastidi ai cittadini				
Costi di messa in opera				
Tempi di messa in opera				

Tabella 50. Studio sulla struttura portante

Le diverse variabili sono l'insieme dei vari punti su cui ragionare per poter arrivare alla definizione del concept:

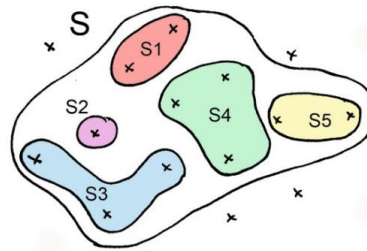


Fig. 36 Insieme delle famiglie di scelte possibili

Ma sono anche legate fra loro in quanto la scelta di una variabile può essere giustificata dal fatto che questa entri o no in conflitto con un'altra variabile.

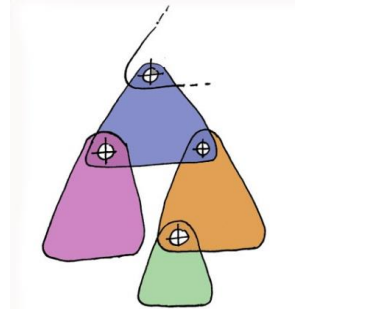


Fig. 37 Insiemi intersecati delle scelte

Nel nostro caso in esame infatti la richiesta di dare un valore simbolico al progetto ha portato a rendere scelte ottimali l'edificazione di vari edifici ognuno costruito con materiali e tecnologie diverse, in modo da rendere evidente l'evoluzione nel settore edilizio nel corso degli anni.

La richiesta valore simbolico ha quindi portato a definire cm alternative migliori la forma dell'edificio, i colori, le tipologie e le tecnologie costruttive.

Attraverso questa tabella ora verificheremo se vi siano conflitti fra le variabili:

LEGENDA				
	POSSONO COESISTERE			
	LEGGERMENTE IN CONTRASTO			
	IN CONTRASTO			
	GIA' STUDIATI NELLA TABELLA			
	NON IN RELAZIONE			

Queste analisi hanno portato alla definizione delle caratteristiche del concept:

VARIABILI	ALTERNATIVE SCELTE
1. RAPPORTO CON IL CONTESTO	Mix, Armonico
2. COLLOCAZIONE NEL LOTTO	Mix
3. INGRESSO AL LOTTO	Centrato, Sul lato lungo
4. ORIENTAMENTO EDIFICI	Sud
5. LOCALIZZAZIONE FUNZIONI	Mix, Concentrate
6. FORMA EDIFICIO	Diffusi
7. TIPOLOGIA PARCHEGGI	Raso con verde, Interrati
8. COLORE FACCIATE	Mix
9. ALTEZZA EDIFICI	Multipiano
10. MATERIALI	Mix
11. DISTRIBUZIONE DEL VERDE	Discontinuo
12. FUNZIONE DEL VERDE	Mix, Pubblico
13. COLLEGAMENTI INTERNI	Mix
14. IMPIANTI	Integrati
15. STRUTTURA PORTANTE	Mix
16. COPERTURA	Mix, Falde

Tabella 52. Variabili ed alternative scelte

Come si può notare molte delle scelte comportano il MIX, questo perché si vuole, come detto in precedenza, mostrare l'evoluzione dei sistemi costruttivi partendo dalla tipica costruzione in mattoni e calcestruzzo armato, fino ad arrivare alle tecnologie più moderne come le costruzioni a secco e l'uso dell'acciaio come struttura portante.

Questa scelta permette anche di variare nella scelta dei materiali da rivestimento e ciò è positivo anche per facilitare il riconoscimento dell'edificio in cui andare semplificando la movimentazione.

Alcune delle scelte effettuate non erano le migliori se si prende in esame la singola variabile bensì il contesto generale di tutte le variabili insieme; si è scelta quindi, di volta in volta, la variabile migliore nel complesso, quella che rispetto alle altre scelte fatte ci dà la miglior risposta.

Di seguito si riportano i criteri sulla cui base sono state effettuate le scelte:

1. Si è scelto di avere sia zone in rapporto armonico che non rispetto al contesto per dare una maggiore visibilità all'opera e diversificare le varie zone che la compongono.
2. La scelta di suddividere il progetto sul sito ha come risposta il mix, ovvero varie parti dislocate sulla zona da edificare.
3. L'ingresso migliore è quello centrale perché permetterà all'utenza l'accesso più immediato e semplice vista la viabilità della zona.
4. L'orientamento verso sud viene privilegiato permettendo di sfruttare la luce solare al massimo.
5. Il mix corrisponde alla presenza di edifici adibiti ad un'unica funzione con altri al cui interno vi sono funzioni diverse, questo risponde positivamente anche all'idea di avere un progetto diffuso sull'area.
6. Gli edifici diffusi rispondono alle richieste e permettono una grande varietà di tipologie edilizie utilizzabili, vista la presenza non di un singolo edificio.
7. I parcheggi, dato lo spazio disponibile e ragionando sul numero di persone che usufruiranno dell'opera sono stati scelti ipogei con la presenza di verde sopra per mitigare l'effetto dell'edificazione; in questo modo però i costi saranno maggiori rispetto ad uno a raso.
8. Essendo valida l'idea di edifici diffusi e la diversificazione di funzioni fra un edificio ed un altro vi saranno varie tipologie di colori utilizzate, per migliorare anche la possibilità dell'utenza di riconoscere facilmente il luogo da raggiungere desiderato.
9. Come detto per i colori della facciate, attraverso le diverse altezze degli edifici si può migliorare la mobilità all'interno della cittadella e si deve considerare che alcune funzioni richiedono comunque una maggiore superficie, questo si può realizzare con più piani.
10. Stesso discorso vale per i materiali, essi caratterizzano i prospetti e diversificano gli edifici, inoltre usando tecniche diverse si risponde alla richiesta di mostrare l'evoluzione delle tecniche costruttive, che è una delle richieste base del bando di gara.
11. Attraverso un verde discontinuo si possono creare percorsi e effetti scenici migliori.
12. Tutto il verde progettato è ad uso pubblico, per migliorare il territorio comunale e incentivare la frequentazione da parte dei cittadini, come stipulato anche dal comune con l'ANCE nel bando.

13. Viste le lunghezze dei percorsi è stato scelto di non farli coperti, in questo modo anche i costi saranno contenuti.

14. Impianti integrati per non avere in prospetto presenze incoerenti con l'opera.

15. Scelta di utilizzare varie tipologie strutturali per evidenziare le diverse alternative disponibili.

16. Stesso discorso della struttura, diverse tipologie che mostrano diverse tecniche costruttive, sia tipiche della zona che non.

3.5. Fase di definizione del progetto

3.5.1. Obiettivi della pianificazione

Il progetto è inteso come la gestione complessiva delle fasi di: PROGETTAZIONE, ESECUZIONE e RILASCIO, in questo modo ne risulta che la pianificazione dell'intero processo diventa fondamentale perché ogni fase può influenzare le altre in modo rilevante.

L'OBIETTIVO PRINCIPALE della pianificazione è l'ANTICIPAZIONE DEI VINCOLI, in modo da poter soddisfare al massimo gli obiettivi di TEMPI - QUALITA' - COSTI.

I vincoli sono interni al progetto stesso e stabiliscono tra le attività dei legami di interdipendenza reciproca che possono provocare dei ricicli nel processo stesso.

La modalità fondamentale per ridurre e/o eliminare questi ricicli è lo sviluppo dell'ARCHITETTURA DI PIANO, che mira ad esplicitare i vincoli interni e che, tenendo conto degli obiettivi e vincoli specifici del progetto, fornisce una struttura il più possibile sequenziale del processo progettuale.

L'anticipazione dei vincoli è tanto più efficace quanto più vengono coinvolte tutte le competenze che faranno parte dell'attività progettuale: in questo modo ognuno esplicita i propri vincoli per eseguire la propria attività. Per tale motivo il primo passo da compiere per la stesura del piano di progetto è l'individuazione delle competenze.

Il piano è il cuore del sistema di governo in quanto è il collegamento tra le attività di modellizzazione e realizzazione del progetto e quindi lo strumento principe del controllo.

I contenuti del piano di progetto sono:

- attribuzione delle responsabilità;
- meccanismi di coordinamento;
- politiche realizzative;
- analisi delle risorse;
- individuazione aree di rischio;
- sistema di pianificazione e controllo.

3.5.2. Analisi delle competenze

Si riporta di seguito l'elenco delle competenze ritenute necessarie per lo svolgimento del progetto e il raggiungimento degli obiettivi a partire dal progetto definitivo fino alla realizzazione dell'opera. Oltre agli attori coinvolti nella varie fasi del progetto.

COMPONENTI TEAM	CODICE	COMPETENZE
PROJECT MANAGER	PM	Esperto della gestione di processi, capace di coordinare gli attori del processo con competenze e obiettivi diversi per ottenere un progetto coerente che ottimizzi i tempi, costi e qualità.
PROGETTISTA GENERALE	PG	Professionista, o team di professionisti di uno studio con competenze nell'ambito della progettazione architettonica.
ING. STRUTTURISTA	IS	Team di professionisti competenti nella progettazione di strutture in vari materiali.
URBANISTA	U	Specializzato nell'analisi e progettazione di piani urbanistici.
ING. ENERGETICO	IE	Esperto nella progettazione e nel dimensionamento di sistemi per lo sfruttamento di energia passiva o da sistemi meccanici.
PAESAGGISTA	P	Professionista con competenze tecniche finalizzate alla progettazione di parchi e giardini.
IMPIANTISTA	I	Competenze di progettazione di impianti termici, elettrici e sanitari, oltre a quelle sulle tecnologie più avanzate di impianti.
GEOLOGO	G	Professionista esperto in geologia, tipi di terreno e loro proprietà.

COMPONENTI TEAM	CODICE	COMPETENZE
LIGHT DESIGNER	LD	Esperto nella progettazione di illuminazione di esterni di edifici pubblici e di parchi/giardini.
GESTORE ORGANIZZAZIONE DI CANTIERE	G	Competenze di progettazione del cantiere, di ottimizzazione per la cantierizzazione di progetti.
ECONOMISTA	E	Professionista esperto di stime di costi e di valore degli edifici, nonché la redazione di computi metrici estimativi.
LEGALE	L	Esperto in diritto, nella redazione di contratti fra professionisti, privati ed amministrazione pubblica.
RESPONSABILE COMMESSE	RC	Colui che gestisce e controlla la qualità dei materiali e mezzi necessari al compimento dell'opera.
ANCE DI COMO	ANCE	Associazione promotrice del bando e che utilizzerà la cittadella.
COMUNE DI COMO	CM	Il Comune in cui sorgerà la cittadella e che ha fornito risorse per la sua edificazione, nonché futuro utilizzatore.
GIURIA DEL BANDO	G	Persone scelte per eleggere il vincitore del bando di concorso.

Tabella 53. Analisi delle competenze

3.5.3. L'articolazione delle attività

Per l'articolazione del progetto risulta necessario individuare tutto ciò che deve essere fatto, aggregare tra loro le diverse attività e definire il tipo di interconnessione.

Per fare ciò è necessario procedere per punti:

- identificare tutte le attività necessarie sia per la produzione dell'output, che per il controllo degli obiettivi di progetto;
- raggruppare le attività in pacchetti di lavoro (work package);
- individuare le fasi principali di progetto: milestones;
- definire i collegamenti tra le attività: RETE.

Identificazione delle attività

Le attività vengono definite a partire dall'output da produrre (STATO FINALE) e dagli input necessari per attivare il processo di trasformazione (STATO INZIALE): è necessario individuare per ogni attività le cose che risultano fondamentali aver già svolto per partire con essa.

Lo stato finale di un'attività è lo stato iniziale di quelle successive e viceversa.

Ogni attività è caratterizzata da un tempo e da un uso di risorse.

Pacchetti di lavoro

Passo successivo è quello di aggregare le attività elementari in work-pacchege necessari a realizzare il progetto. A ciascuno di essi si devono poi definire le responsabilità, i meccanismi di coordinamento, le risorse, le politiche realizzative, i sistemi di pianificazione e controllo.

Fondamentale, come in tutto il processo, è l'anticipazione dei vincoli relativi alle attività successive a quella in esame.

Macrofasi E Milestones Di Progetto

Per la costruzione della rete che definisce il collegamento tra le varie attività, è necessario individuare le macrofasi del progetto e le milestones, ossia gli stati iniziali e finali forti, che condizionano pesantemente lo svolgimento del processo di trasformazione.

Le fasi sono raggruppamenti di parti di lavoro finalizzati alla realizzazione di un output decisivo per l'avanzamento senza ricicli di progetto. Su ogni fase inoltre cadono dei disturbi dall'esterno e il lavoro di ogni fase deve rispettare le specifiche stabilite.

Ogni fase non può partire se non sono raggiunti tutti gli input, cioè gli output di quella precedente, per farlo.

Il lavoro in esame è diviso in 6 macrofasi:

- partecipazione al bando di concorso e definizione del concept;
- progetto preliminare;
- **progetto definitivo**;
- progetto esecutivo;
- **realizzazione dell'opera**;
- chiusura del progetto.

(Evidenziati in grassetto le macrofasi di cui è stata pensata la rete)

Le milestones invece definiscono i momenti in cui si controlla e si verifica il progetto per passare alle attività successive. In questo modo si individuano dei paletti da cui non si può più tornare indietro. Esse non sono tutte uguali ma alcune sono più importanti di altre.

Definizione dei collegamenti della rete

Le varie attività o pacchetti di lavoro possono essere collegati tra loro attraverso modalità e logiche diverse, a seconda della convenienza dell'uno o dell'altro modo.

Vi sono 4 tipologie di collegamenti:

- IN SERIE, un'attività non inizia finché non termina quella precedente;
- IN PARALLELO, non necessitano rapporti fra le attività, si possono svolgere contemporaneamente;
- A RILASCIO GRADUALE, si approssima alla serie ma spezza le attività, in questo modo si accelera il progetto;
- INTERAZIONE RECIPROCA, si possono approssimare più attività ad una sola.

Sulla base delle scelte dei collegamenti adottati viene costruita la rete, che consiste nel collegare fra loro eventi attraverso le attività per raggiungerli, caratterizzate da una durata.

Costruita la rete, è necessario svolgere una verifica formale della stessa, assicurandosi che non ci siano cicli e che non ci sia nessun nodo appeso.

Andrà determinato il *cammino critico*, ovvero quel percorso caratterizzato dall'insieme delle attività ed eventi la cui modifica altera l'evento finale.

Eventuali riduzioni di tempo possono generare altri cammini critici, quindi è necessario controllare e verificare continuamente la rete.

Sulla base di queste considerazioni è stata costruita la rete per il progetto, cercando di anticipare il più possibile le attività e scegliendo l'opzione dello *sviluppo a rilascio graduale* dell'opera.

Nei paragrafi successivi vengono definite nel dettaglio le fasi di progetto, specificando gli output da produrre e gli attori coinvolti, nonché i loro compiti da svolgere nella fase.

Sulla base della divisione in macrofasi, nelle pagine seguenti verranno analizzate singolarmente ognuna di loro, mostrando le attività da svolgere, le competenze necessarie, gli stati iniziali e finali per lo svolgersi di una singola attività.

Fase 1: partecipazione bando di concorso e concept

OUTPUT

La prima fase del progetto è finalizzata all'ottenimento della commessa, facendo una buona proposta d'intervento, elaborando varie idee di progetto ad opera del progettista in collaborazione con il Project Manager, arrivando a definire un concept da presentare alla giuria.

MACROFASI	ELENCO ATTIVITA'	STATO INIZIALE	STATO FINALE	COMPETENZE
CONCORSO	1. Pubblicazione del bando	Determinazione obiettivi e vincoli progetto da realizzare	Divulgazione pubblica	ANCE, CM
	2. Lettura del bando	Pubblicazione bando	Lettura bando di concorso	PG, PM
	3. Valutazione sulla partecipazione	Lettura bando di concorso	Decisione	PG, PM
	4. Formazione del team di progetto	Partecipazione bando	Riunione team	PG, PM
	5. Sopralluogo	Partecipazione bando	Riunione team	PG, PM, U, E
	6. Analisi del contesto	Partecipazione bando	Riunione team	PG, PM, U, E
	7. Riunione team I	Analisi, sopralluogo	Definizione linee guida (concept)	PG, PM, U, E
	8. Sviluppo elaborati	Definizione linee guida	Revisione e modifiche elaborati	PG, PM, U, E
	9. Riunione team II	Sviluppo elaborati	Ultime correzioni sugli elaborati	PG, PM, U, E
	10. Stampe tavole per consegna concorso	Elaborati corretti	Valutazione della giuria convocata	PG, PM, U, E
	11. Selezione progetti	Valutazione giuria	Shortlist	G
	12. Definizione vincitore	Shortlist	Scelta vincitore	G
	13. Proclamazione vincitore	Scelta del vincitore	Nomina vincitore del bando	G

Tabella 54. Fase 1: concorso

Fase 2: progetto preliminare

OUTPUT

Il progetto preliminare stabilisce i profili e le caratteristiche più significative degli elaborati dei successivi livelli di progettazione, in funzione delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento ed è composto da:

- relazione illustrativa;
- relazione tecnica;
- studio di prefattibilità ambientale;
- indagini geologiche e idrogeologiche;
- planimetria generale e schemi grafici;
- prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza;
- calcolo sommatorio della spesa;
- piano particellare preliminare o analisi degli immobili esistenti, ove necessario.⁶

Fase 3: progetto definitivo

OUTPUT

Il progetto definitivo, redatto sulla base delle indicazioni del progetto preliminare approvato e di quanto emerso in sede di eventuale conferenza di servizi, contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio della concessione edilizia, dell'accertamento di conformità urbanistica o di altro atto equivalente.

Esso comprende:

- relazione descrittiva;
- relazioni geologica, geotecnica, idrologica, idraulica e sismica;
- relazioni tecniche specialistiche;
- rilievi piano altimetrici e studio di inserimento urbanistico;
- elaborati grafici;
- studio di impatto ambientale, dove previsto dalle vigenti normative ovvero studio di fattibilità ambientale;
- calcoli preliminari delle strutture e degli impianti;
- disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici;

⁶ Contenuti tratti dalla Legge Merloni, 1994.

- piano particellare di esproprio;
- computo metrico estimativo;
- quadro economico.⁷

MACROFASI	ELENCO ATTIVITA'	STATO INIZIALE	STATO FINALE/ELABORATI	COMPETENZE
PROGETTO DEFINITIVO	1. Stesura del contratto per il progetto definitivo	Approvazione del progetto preliminare	Definizione tempi, modalità di pagamento e tipologia consegne(finale)	PG, PM, committente, L
	2. Nomina Project Manager	Approvazione del progetto preliminare	Stipulazione contratto definitivo	PG,PM
	3. Verifica eventuali modifiche al prog. Preliminare	Approvazione del progetto preliminare	Stipulazione contratto definitivo	PG, PM
	4. Analisi dei flussi di cassa	Approvazione del progetto preliminare	Stipulazione contratto definitivo	PG, PM, E
	5. Firma del contratto definitivo	Stipulazione contratto definitivo	Inizio impostazione progetto	PG,PM
	6. Riorganizzazione team	Firma del contratto definitivo	Definizione modalità di progettazione	PG,PM
	7. Meeting I	Firma del contratto definitivo	Definizione modalità di progettazione	PG, PM, TEAM
	8. Definizione step di progetto	Riunione team di progetto	Inizio sviluppo progetto definitivo	PG, PM, TEAM
	9. Analisi tecniche specialistiche	Riunione team di progetto	Inizio sviluppo progetto definitivo	PG, PM, TEAM
	10. Progetto architettonico I fase	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Schizzi; Masterplan 1:1000; Piante 1:100; Sezioni 1:100; Prospetti 1:100.	PG, PM

⁷ Contenuti tratti dalla Legge Merloni, 1994.

MACROFASI	ELENCO ATTIVI TA'	STATO INIZIALE	STATO FINALE/ELABORATI	COMPETENZE
PROGETTO DEFINITIVO	11. Progetto strutture I fase	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Piante strutturali 1:100; Determinazione carichi per predimensionamento.	PG, PM, IS
	12. Progetto impianti I fase	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Determinazione fabbisogni energetici; Predimensionamenti.	PG, PM, I
	13. Progetto urbanistico	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Sintesi critica delle analisi: tabella FDOM.	PG, PM, U
	14. Progetto illuminotec nico I fase	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Schematizzazione in planimetria 1:200 dei punti luce.	PG, PM, LD
	15. Progetto del verde I fase	Definizione step e raccolta analisi tecniche	Studio delle essenze; Planimetria 1:200 del verde pubblico e privato.	PG, PM, P
	16. Raccolta elaborati e revisione I	Sviluppi fase I di progetto	Inizio fase II di progetto	PG, PM, TEAM
	17. Progetto architettoni co II fase	Revisione I	Piante 1:50; Sezioni 1:50; Prospetti 1:50; Definizione pacchetti; Studi sui materiali; Studi di accessibilità.	PG, PM
	18. Progetto strutturale	Revisione I	Pre-dimensionamenti travi, pilastri, solai, controventi e fondazioni.	PG, PM
	19. Progetto impianti	Revisione I	Piante 1:100; Sezioni 1:100;	PG, PM

MACROFASI	ELENCO ATTIVITA'	STATO INIZIALE	STATO FINALE/ELABORATI	COMPETENZE
PROGETTO DEFINITIVO	20. Progetto urbanistico II fase	Revisione I	Concept plan;	PG, PM, U
	21. Computi metrici estimativi I	Revisione I	Suddivisione delle quantità; Determinazione prezzi da prezziario.	PG, PM, E
	22. Raccolta elaborati e revisione II	Sviluppo II fase progetto	Incontro con committenza e I pagamento	PG, PM, TEAM
	23. Incontro con committenza (SAL I)	Revisione II parte del progetto	Inizio sviluppo III fase del progetto	PG, PM, TEAM
	24. Progetto architettonico III fase	Revisione II	Nodi scala 1:10; Sezioni scala 1:20; Verifiche prestazioni pacchetti; Render esterni.	PG, PM
	25. Progetto strutturale III fase	Revisione II	Particolari agganci tra varie strutture; Piante scala 1:50; Sezioni scala 1:50; 3d strutturale e fasi di montaggio.	PG, PM, IS
	26. Progetto impianti III fase	Revisione II	Piante 1:50; Sezioni 1:50; Consumi e dati di funzionamento.	PG, PM, I
	27. Progetto urbanistico III fase	Revisione II	Masterplan; Relazione descrittiva.	PG, PM, U
	28. Computi metrici estimativi II fase	Revisione II	Computo metrico estimativo; Quadro economico.	PG, PM, E

MACROFASI	ELENCO ATTIVITA'	STATO INIZIALE	STATO FINALE/ELABORATI	COMPETENZE
PROGETTO DEFINITIVO	29. Progetto illuminotecnico II fase	Revisione II	Planimetria 1:200 di dettaglio con indicazione analisi luminanza e punti luce con rispettivi raggi d'azione.	PG, PM, LD
	30. Progetto del verde II fase	Revisione II	Planimetria 1:200 con indicazione essenze utilizzate e divisione fra verde pubblico e verde privato.	PG, PM, P
	31. Raccolta elaborati e revisione III	Sviluppo III fase di progetto	Inizio sviluppo IV fase di progetto	PG, PM, TEAM
	32. Progetto architettonico IV fase	Revisione III	Nodi scala 1:5; Blow-up scala 1:10; Render esterni e interni; Relazione tecnico - descrittiva del progetto	PG, PM
	33. Progetto strutturale IV parte	Revisione III	Elaborati grafici per montaggio scala 1:10; Relazione tecnica - descrittiva	PG, PM, IS
	34. Progetto impianti IV fase	Revisione III	Relazione tecnica - descrittiva.	PG, PM, I
	35. Computo metrico III fase	Revisione III	Computo metrico estimativo per voci di lavoro; Quadro economico comprensivo degli oneri per la sicurezza; Relazione descrittiva.	PG, PM, E
	36. Raccolta e revisione elaborati IV	Sviluppo IV fase del progetto	Consegna progetto	PG, PM, TEAM
	37. Stampe finali per incontro con committenza	Sviluppo IV fase del progetto	Consegna progetto	PG, PM, TEAM
	38. Consegna definitivo a committenza	Revisione IV e stampe finali	Valutazione da parte della committenza	PG, PM, TEAM
	39. Accettazione del prog. Definitivo dalla committenza (SAL II)	Consegna stampe finali	Chiusura prog. Definitivo	PG, PM, ANCE

Tabella 55. Fase 3: progetto definitivo

Fase 4: progetto esecutivo

OUTPUT

Il progetto esecutivo, costituisce l'ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e, pertanto, definisce compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare. Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamenti, oltre che i calcoli ed i grafici delle opere provvisionali.

Il progetto è redatto nel pieno rispetto del progetto definitivo, nonché dalle prescrizioni dettate in sede di rilascio della concessione edilizia o di accertamento di conformità urbanistica, o di conferenza dei servizi. E' composto dai seguenti documenti:

- relazione generale;
- relazioni specialistiche;
- elaborati grafici;
- calcoli strutture e impianti;
- piani di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- piani di sicurezza e coordinamento;
- computo metrico estimativo definitivo e quadro economico;
- cronoprogramma;
- quadro incidenza manodopera ed elenco prezzi unitari;
- schema di contratto e capitolato speciale d'appalto.⁸

Fase 5: realizzazione dell'opera

OUTPUT

La finalità dell'esecuzione dell'opera è la costruzione concreta del progetto rispettando gli obiettivi stabiliti di TEMPI, COSTI e QUALITA'.

Fase 6: chiusura dell'opera

OUTPUT

Consiste nell'ottenimento, una volta conclusa la costruzione dell'opera, di tutti i permessi per poter usufruirne e renderla agibile all'utenza e nel conseguente pagamento alle imprese che hanno partecipato alla sua costruzione.

⁸ Contenuti tratti dalla Legge Merloni, 1994.

3.5.4. Politiche realizzative

Le politiche realizzative stabiliscono le tecnologie produttive, i metodi e gli strumenti da utilizzare per lo svolgimento delle attività, le eventuali partnership, i vincoli e le modalità di accesso al mercato dei fornitori, gli aspetti contrattuali rilevanti, soprattutto per quanto riguarda i pagamenti ed infine l'analisi delle criticità intrinseche nel progetto.

Per il progetto in esame sono state definite le seguenti politiche realizzative:

POLITICHE REALIZZATIVE	SCELTA
TECNOLOGIE PRODUTTIVE	Per la realizzazione possono essere usati anche mezzi di grosse dimensioni per il trasporto di opere prefabbricate oppure mezzi escavatori più grandi per permettere operazioni più rapide. Il PROCESSO avviene svolgendo le ATTIVITA' mediante il RILASCIO GRADUALE, cioè spezzando le attività e quindi accelerando il progetto. L'opera è effettuata da più imprese specializzate.
LIVELLO "PRECISAZIONE" PROGETTO AI VARI STADI, ASPETTI CONTRATTUALI	COMPITO AFFIDATO: prevede la realizzazione del PROGETTO DEFINITIVO e la REALIZZAZIONE DELL'OPERA, quindi si potranno lasciare alcuni dettagli da definire sul campo per convenienza. SCELTE DI PROGETTAZIONE: alcune parti del progetto arriveranno in cantiere già PRE-ASSEMBLATE ed altre no, necessitando quindi di squadre operative MULTITASK, vi sarà una situazione di CODESIGN per agevolare lo sviluppo del progetto. PAGAMENTO: avverrà con consegne intermedie durante ogni macrofase (SAL). RILASCIO: affinché possa essere effettuato il pagamento, da contratto è definito che l'opera garantisca i livelli qualitativi garantiti per 3 anni.
CRITICITA' TECNOLOGICHE SPECIFICHE	Gestione del cantiere con varie squadre differenti all'opera su diverse zone del progetto, ciò implica diversi macchinari e quindi uno studio della movimentazione in cantiere.
IMPIANTI TEMPORANEI	Per la realizzazione è previsto il posizionamento di moduli prefabbricati in cui risiederà il personale addetto durante le ore di lavoro, la zona mensa e l'infermeria. Inoltre sarà effettuato un allacciamento alle rete idrica ed elettrica presente nella zona per lo svolgersi delle operazioni di costruzione. Il tutto verrà rimosso dopo l'ultimazione degli edifici e dei parcheggi per permettere la sistemazione del verde e dell'illuminazione esterna.
DOCUMENTAZIONE	Per ogni apparecchiatura che lo necessita, vedi ascensori e impianti, vi sarà la DOCUMENTAZIONE D'USO.
FINANZA	Il COMUNE per rientrare nelle spese fatte per favorire l'opera utilizzerà quest'ultima per svolgere dei corsi a pagamento.

Tabella 56. Politiche realizzative scelte

3.5.5. Aree di rischio

Le aree di rischio individuano tutte quelle componenti del progetto, attività, tecnologie, strumenti che, se non opportunamente previste e controllate, hanno effetti negativi sul raggiungimento degli obiettivi del progetto.

Il problema riguarda il fatto che il piano di progetto, avendo a che fare con variabili ambientali esterne e processi non totalmente noti, ha buona probabilità che non venga rispettato così come è stato ipotizzato.

In questi casi s'interviene a livelli diversi, ex-ante:

- Per prima cosa risulta necessario anticipare il più possibile le aree di rischio attraverso un'accurata pianificazione con l'ausilio di tutte le competenze in gioco;
- si cerca di eliminare la causa di queste aree, cambiando alcune scelte fatte in precedenza;
- qualora non fosse possibile eliminarle si studiano dei sistemi per la loro mitigazione;
- infine s'irrobustisce il sistema in modo da renderlo in grado di assorbire i disturbi.

Oppure ex-post:

- prevedendo "piani di fuga" per risolvere le questioni problematiche;
- agendo con rapidità e tempestività una volta determinata l'area di rischio.

Per le aree di rischio è dunque fondamentale l'**anticipazione** di questi fattori negativi, attraverso l'uso di sensori o facendo un'ipotesi di alternative possibili: **l'obiettivo è evitare l'imprevisto.**

Solitamente le aree di rischio sono quelle in cui vi è una scarsa conoscenza dell'attività, le zone che hanno un effetto "finale" rilevante sul progetto e quelle che si trovano sul cammino critico.

Utilizzando questi ragionamenti, per il progetto della cittadella di Como, sono state individuate le seguenti aree di rischio e metodi di mitigazione:

AREE DI RISCHIO	TIPO DI RISCHIO	METODI DI MITIGAZIONE
FORMAZIONE TEAM DI PROGETTO	Difficoltà reperimento di componenti dei team per loro impossibilità o impegni già presi.	Anticipazione del contatto e ricerca di alternative.
ACCETTAZIONE DEL PROGETTO DA PARTE DELLA COMMITTEENZA	Il progetto non convince del tutto la committenza su alcune parti.	I progettisti devono sviluppare al meglio il progetto tenendo conto di ogni aspetto possibile della futura opera.
MEETING DI PROGETTO	Non si presentano tutti i componenti del team. Non si riesce a trovare un'idea comune su cui proseguire.	Si cerca di concordare le date dei meeting e si stabiliscono delle penali nel caso di mancata presenza e ritardi nella produzione di elaborati.
APPROVAZIONE ORGANI DI CONTROLLO	ASL, Comune, Provincia e Regione non approvano il progetto.	Analisi accurata della normativa specifica e consulenza dagli organi di controllo prima di richiedere l'approvazione.
APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI	Materiale non fornito alla data prefissata o fornito sbagliato.	Contatto con fornitori anticipato, richiesta dettagliata da specifiche tecniche.
IMPRESE NON LAVORANO SECONDO GLI ACCORDI CONTRATTUALI	Difficoltà della realizzazione rispetto a quanto pattuito in fase di assegnazione del lavoro.	Controllo da parte del direttore dei lavori, richiami formali in caso di errore e previsione di penali in caso di difformità rispetto a tempi e qualità.
IMPREVISTI DI CANTIERE	Imprevisti in cantiere che implicano una modifica del progetto esecutivo.	Analisi dettagliate preventive per ridurre al massimo gli imprevisti; presenza di un responsabile che aggiorna i dettagli in funzione dell'imprevisto di cantiere.
MANCATO OTTENIMENTO DI CERTIFICAZIONE	Non viene rilasciato il certificato.	Esecuzione coerente con progetto approvato.

Tabella 57. Aree di rischio e metodi di mitigazione

3.5.6. Sistemi di pianificazione e controllo

I sistemi di pianificazione e controllo riguardano le modalità con cui viene monitorato il progetto, rilevando quanto sta avvenendo ed intervenendo eventualmente per correggere.

Tali sistemi servono a controllare gli obiettivi di *tempi*, *costi* e *qualità* degli aspetti del progetto.

Per la rilevazione risulta necessario stabilire quali strumenti utilizzare, come misurare e quando misurare.

Questi sistemi devono verificare la coerenza con i termini contrattuali stabiliti e definire il grado di accettazione degli scostamenti (Trade-off).

Si può procedere con 3 metodologie diverse in base a quando avvengono:

- ex-ante;
- in itinere;
- ex-post.

Uno dei controlli che garantisce un'elevata qualità del risultato è il **controllo della qualità ex-ante**, ovvero scegliendo un elemento si va a guardare all'indietro tutti gli elementi che rendono qualificante quel qualcosa, definendo così un *albero delle rilevanze*; questo metodo richiede tempo ed impegno ma sono sforzi ampiamente ripagati vista la qualità ottenuta.

Per quanto riguarda i controlli sui tempi-costi vi sono 2 categorie principali: i C/S, ovvero *COST/SCHEDULE*, e i CSC, cioè *CONTROL SYSTEM CRITERIA*.

Analizzano l'evoluzione dei costi in funzione del tempo del progetto, dai grafici si può notare come nella fase di concept vi siano le massime spese nonostante non si usino più risorse.

Esistono 3 funzioni riguardanti il rapporto costi-tempi e sono:

- BCWS, il costo a budget, previsione iniziale;
- BCWP, il costo a budget effettivamente svolto;
- ACWP, il costo effettivo del lavoro svolto.

Una volta ricavati questi costi si possono calcolare gli **indicatori d'efficienza**:

- $SPI = BCWP/BCWS$, efficiente se >1 ;
- $CPI = BCWP/ACWP$, efficiente se >1 .

S'interviene per far assorbire i costi in eccesso operando su tutta la struttura del progetto.

Esistono anche l'EAC (Estimate at Completion) e SAC (Schedule at Completion).

Per il progetto non è stato approfondito in dettaglio questo aspetto, ma è stato ipotizzato solamente un controllo periodico, durante i meeting per la fase progettuale e ad ogni Stato Avanzamento Lavori nella fase di realizzazione dell'opera da parte della committenza.

3.5.7. Chiusura del progetto

L'ultimo aspetto da considerare nella gestione del progetto è il decidere quando dovrà ritenersi concluso. Risulta conveniente fissare preventivamente con la committenza i termini di chiusura del progetto.

La conclusione di un progetto comprende le seguenti attività:

- accettazione da parte della committenza;
- liberazione delle risorse;
- esame critico del progetto, attraverso l'uso di un *diario di progetto*, per esempio.

Quest'ultimo punto è fondamentale: l'analisi di quanto svolto per un progetto risulta essenziale per un miglioramento del metodo e del modello utilizzato, in modo da non ricascare negli stessi errori.

3.6. Conclusioni

Il progetto svolto attuando i procedimenti del Project management, permette di studiarlo sotto tutti i punti di vista, senza rischiare di trovarsi di fronte a conflittualità forti sia a livello di progetto architettonico, sia a livello di figure coinvolte.

Spesso, nella prassi comune, non vengono analizzati nel dettaglio gli interi aspetti di un progetto, incappando regolarmente in incoerenze progettuali, provocando ritardi e diminuzione della qualità nella fasi di realizzazione.

4. PROGETTO ARCHITETTONICO

4.1. Il percorso progettuale

In questo capitolo verranno mostrate, passo dopo passo, le tappe principali della concezione della Cittadella dell'Edilizia.

Da una fase di inquadramento e di analisi iniziale, che ci ha portato a definire le esigenze e gli aspetti chiave del progetto, fino alla definizione vera e propria dell'impianto architettonico, il percorso è stato lungo e per certi versi iterativo: un continuo rivedere e ripensare le scelte adottate alla luce di nuovi dettagli messi in luce dagli aspetti della progettazione integrale.

La funzione, l'aspetto e le tecnologie scelte sono quindi il risultato di un processo analitico e non solo una scelta dettata prettamente da preferenze estetico - formali: sono state vagliate numerose ipotesi per arrivare ad un risultato più coerente possibile con le disposizioni contenute nel bando di concorso adottato come base per la progettazione.

Il percorso di progettazione, nel nostro caso, è partito dalla macroscale, attraverso uno sguardo approfondito sul contesto e sull'intera area di Como Camerlata, fino alla microscale del singolo spazio funzionale.

Le linee guida, sintesi delle fasi precedenti, che influenzeranno l'intero progetto sono le seguenti:

- metamorfosi formale degli edifici: dall'organico al razionale;
- funzione espositiva e simbolica delle varie tecniche costruttive attraverso i materiali scelti;
- realizzazione di più edifici in relazione tra loro con collegamenti e percorsi ben distinti e funzionali;
- parco urbano e gestione dello spazio verde;
- integrazione tra verde e costruito;
- riqualificazione dell'area di Como Camerlata.

4.2. Scelte progettuali

Dall'analisi del contesto e delle criticità a cui si deve necessariamente fare riferimento si è subito organizzata la distribuzione spaziale degli edifici e del parco in modo tale da occupare in maniera funzionale l'intero lotto di progetto. In particolare, il complesso di costruzioni è stato concentrato nella parte più prossima alla zona residenziale del quartiere comasco, mantenendo le distanze necessarie dalla linea ferroviaria a nord e dalla Pedemontana.

La distribuzione interna prevede la realizzazione di tre edifici separati. Ogni corpo ha una funzione specifica, con forma e rivestimento materico che ne identifichi simbolicamente quello che è il segnale che in fase di progettazione ci siamo imposti di trasmettere, ovvero l'idea di creare un campionario che ripercorre i materiali più diffusi nelle costruzioni. I vari edifici sono connessi tra loro con delle passerelle vetrate in quota con il chiaro intento di rappresentare elementi neutri di puro collegamento.

L'area a ovest dei corpi costruiti sarà destinata al parco urbano, con una serie di funzioni ed attività che verranno analizzate e spiegate nel dettaglio nell'apposito capitolo all'interno di questa tesi.

Tra le linee guida, notevole importanza, viene ricoperta dalla relazione tra edifici e parco e di come, entrambe le funzioni possano interconnettersi tra loro per rendere meno invasivo l'intervento in un'area abbastanza vasta ed attualmente completamente occupata da verde incolto.

L'impatto visivo, dalle diverse angolazioni possibili, è un punto chiave della fase progettuale per rendere in maniera ottimale l'idea iniziale di "campionario materico" per la Cittadella dell'edilizia.

La metamorfosi formale si trova in stretto collegamento con la scelta dei materiali che rivestono i tre corpi edificati. Si passerà da forme più classiche e squadrate a forme innovative e frastagliate, tipiche delle architetture moderne e con integrazione tra involucri verdi e strutture leggere.

4.3. Nuova viabilità

Tutti gli interventi che riguardano la viabilità sono dettati dalla realizzazione del tratto connesso alla Pedemontana. Come spiegato in precedenza, l'intervento di realizzazione del tratto C1, oltre a criticità dal punto di vista invasivo, ci permette di andare ad integrarsi con il nuovo sistema viabilistico che andrà a connettere in maniera più immediata Como con il resto delle grandi provincie lombarde (Varese e Milano su tutte).

Il tratto di collegamento che interessa il lotto di progetto rende la zona di Como Camerlata, attualmente molto periferica e in stato di sostanziale degrado, facilmente raggiungibile sia dal centro città che dai comuni limitrofi. L'opportunità che in questo modo di apre rende ancora più appetibile la realizzazione di un centro pubblico più vivibile e integrato con il resto della città. Da qui muove l'idea di realizzare un parco urbano completo con funzioni assenti e che diventi un polo attrattore per la zona.

La Pedemontana, in parte in quota, avrà la visuale quasi principale dell'intero progetto e alcune scelte di natura architettonica sono state proprio dettate dall'imponente struttura viaria.

La nuova rotonda che si realizzerà in via del Lavoro ci permette di posizionare l'accesso veicolare lungo via San Bernardino mentre l'accesso pedonale si snoderà sia in via San Bernardino che dalla piazza centrale, fulcro dei tre edifici, raggiungibile direttamente dal parco.

4.4. Masterplan

Passando da un ambito schematico ad una fase di dettaglio più approfondita, si arriva alla definizione delle forme, degli spazi funzionali e degli accessi.

La concezione del Masterplan finale racchiude tutte le indicazioni necessarie per capire come si evolve planimetricamente il progetto e come interagisce il nuovo intervento della Cittadella dell'edilizia con il contesto circostante.

Il primo elemento che salta all'occhio è la netta predominanza delle zone verdi attrezzate a dispetto della parte costruita, concentrata nella zona nord-est del lotto. Il parco si dirama da una parte all'altra del "blocco" imposto dalla Pedemontana, con l'individuazione di tre passaggi puntuali che si aprono tra i terrapieni di riempimento che verranno realizzati per ridurre l'impatto visivo della parte sopraelevata della Pedemontana.

Le varie funzioni del parco, nello specifico, saranno analizzate nel capitolo inerente alla progettazione del verde. Le funzioni indicate nel Masterplan sono: area bambini, area cani, area sportiva, percorso vitae e pista ciclabile.

Le forme variegiate degli edifici si possono notare anche in questa scala con la presenza della "collina artificiale" verde in moduli triangolari che collega il parco urbano agli edifici, andando a integrarsi sopra la parte edificata. Sotto tale copertura verde, saranno predisposti i parcheggi a servizio degli uffici e della zona professionale.

L'andatura dei percorsi interni al parco variano da forme più squadrate a forme più morbide, proprio per evidenziare la volontà iniziale di evoluzione morfologia formale che non si fossilizza al solo schema formale degli edifici, ma che organicamente racchiude ogni protagonista del progetto. All'interno del parco sarà presente anche una pista ciclabile che si andrà a collegare con le vie principali della città di Como.

La piazza tra gli edifici funge da fulcro centrale, delimitata dagli ingressi principali dei tre corpi e da una lama d'acqua che costeggia gli edifici fino al percorso di uscita del lotto verso il centro città. La funzione della piazza è anche quella di snodo distributivo delle varie utenze che usufruiscono degli edifici.

La pavimentazione della piazza è caratterizzata da forme che richiamano sia l'edificio che il parco, con, in alcuni tratti, aiuole e arredo urbano che fungono da elementi di connessione tra zona verde e zona costruita.

4.5. Piante

La distribuzione interne dei singoli edifici è stata pensata in base alla tipologia di funzione che si inserisce all'interno. Costruire edifici che siano al contempo uffici e scuola ci ha permesso di lavorare con diverse tipologie di spazi funzionali minimi e, come nel caso del cantiere scuola, di impostare distribuzioni interne nuove e mai trattate in altri corsi. Di seguito vengono riportati i locali e le metrature dei singoli edifici.

Edificio Espe, Piano Terra:

Locale	Superficie
Segreteria	15.80 m ²
Archivio	13.65 m ²
Ufficio responsabile sicurezza	18.45 m ²
Ufficio direttore	18.45 m ²
Sala riunioni	38.20 m ²
Ufficio coordinatori	35.30 m ²
Deposito	13.90 m ²
Ufficio RLST	22.30 m ²
Wc	13.90 m ²
Hall di ingresso	119.60 m ²
Corridoio	39.20 m ²

Tabella 58. Locali e metrature piano terra Espe



Fig. 36 Pianta piano terra, Espe

Edificio Espe, Piano Primo:

Locale	Superficie
Mensa	194.60 m ²
Wc	11.10 m ²
Spogliatoio dipendenti	14.33 m ²
Cucina	29.30 m ²
Atrio di ingresso	110.00 m ²

Tabella 59. Locali e metrature piano primo Espe

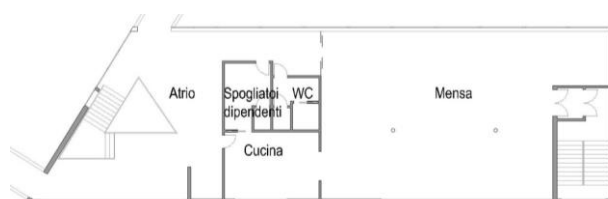


Fig. 37 Pianta piano primo, Espe

Edificio Aule e Cantiere scuola, Piano Terra:

Locale	Superficie
Hall di ingresso	80.50 m ²
Wc	13.70 m ²
Infermeria	16.50 m ²
Spogliatoio studenti (wc, docce)	100.00 m ²
Depositi	12.20 m ²
Deposito cantiere	48.70 m ²
Cantiere scuola	1005.00 m ²

Tabella 60. Locali e metrature piano terra Aule

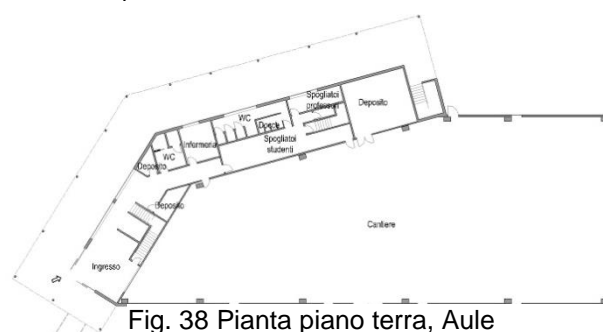


Fig. 38 Pianta piano terra, Aule

Edificio Aule, Piano Primo:

Locale	Superficie
Atrio di ingresso	33.00 m ²
Corridoio	115.10 m ²
Aula/1	30.00 m ²
Aula/2	36.90 m ²
Aula/3	24.10 m ²
Aula/4	30.90 m ²
Aula/5	28.30 m ²
Aula/6	33.50 m ²
Aula PC	74.90 m ²
Aula Audiovisivi	28.30 m ²
Sala professori	26.30 m ²
Sala lettura	21.60 m ²
Wc/1	48.70 m ²
Wc/2	17.20 m ²

Tabella 61. Locali e metrature piano primo Aule

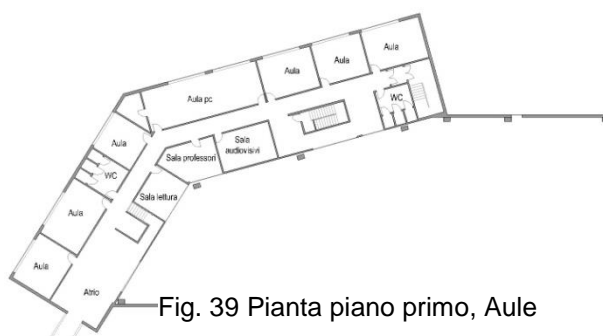


Fig. 39 Pianta piano primo, Aule

Edificio Cassa Edile e Parcheggio, Piano Terra:

Locale	Superficie
Hall di ingresso e sala d'attesa	137.00 m ²
Wc/1	15.20 m ²
Ufficio Open Space	147.40 m ²
Deposito	18.20 m ²
Wc/2	12.90 m ²
Ufficio singolo	13.80 m ²
Ufficio enti paritetici	23.40 m ²
Ufficio direttore	22.80 m ²
Parcheggio	1986.50 m ²

Tabella 62. Locali e metrature piano terra Cassa Edile

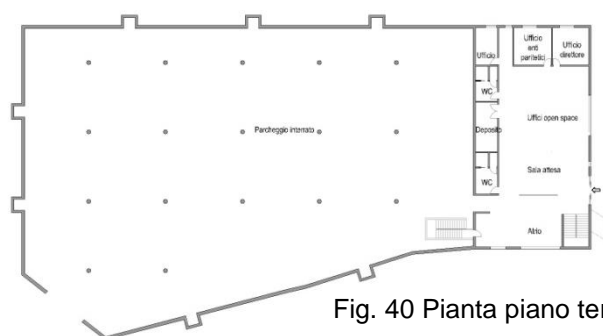


Fig. 40 Pianta piano terra, Cassa

Edificio Cassa Edile, Piano Primo:

Locale	Superficie
Hall di ingresso e sala d'attesa	119.60 m ²
Guardaroba	24.70 m ²
Wc	25.90 m ²
Auditorium	260.00 m ²
Foyer	94.50 m ²

Tabella 63. Locali e metrature piano primo Cassa Edile

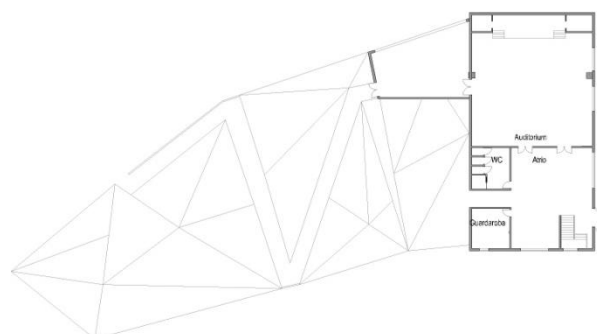


Fig. 41 Pianta piano primo, Cassa

4.5.1. Edificio Espe

L'edificio destinato ad uffici amministrati dell'Espe presenta una forma pressoché regolare con il solo lato rivolto verso la piazza centrale inclinato. Le funzioni interne che si snodano dalla hall di ingresso con annessa zona d'attesa, ristoro e segreteria sono organizzati ai lati di un corridoio centrale. Sono presenti, come indicati nel bando, al piano terra l'ufficio del direttore, gli uffici dei responsabili RLST, uffici dipendenti e sala riunioni.

Al piano primo è presente la mensa, collegata direttamente con tutti gli altri edifici e quindi punto in comune per tutti gli uffici dislocati nei vari corpi. I locali cucina e deposito alimentare sono corredati di appositi spogliatoi per i dipendenti.

4.5.2. Edificio Aule e Cantiere Scuola

L'edificio per le aule si compone di due corpi distinti. Il blocco aule riprende l'inclinazione del percorso pedonale esterno, con il piano sopra che funge da passaggio coperto. Il secondo blocco, parallelo all'edificio Espe, è il cantiere scuola.

Il piano terra è composto da reception, infermeria, depositi vari e spogliatoio per gli studenti, direttamente collegato, tramite un vano scale interno, con il piano delle aule e dotato inoltre di un accesso al cantiere. Sempre connesso al cantiere è previsto un deposito per materiali.

Al primo piano è presente il vero comparto della scuola. Sono previste 6 aule per un totale di 140 posti. E' presente un'aula PC da 32 posti, un'aula audiovisiva, una sala professori e un aula studio.

4.5.3. Edificio Cassa Edile

La Cassa Edile è la destinazione d'uso del terzo edificio, quello più verso sud. La particolarità di questo corpo è la stretta connessione tra l'edificio e il parcheggio interrato sotto la copertura verde.

Al piano terra sono dislocati tutti gli uffici, divisi in open space e uffici singoli, propri della cassa edile. L'area è dotata di spazi d'attesa per i clienti e di un locale protetto dove vanno conservati i fondi investiti nelle attività degli uffici.

Al piano superiore trova spazio un auditorium con 143 posti, fruibile sia dagli utilizzatori degli uffici e scuola, in occasione di riunioni importanti o summit professionali, sia dal comune di Como. Proprio questa duplice possibilità ha portato, in fase progettuale, alla creazione di un passaggio pedonale che si snoda sulla collina verde e permette il raggiungimento dell'auditorium dall'esterno nel periodo estivo, senza necessariamente l'ingresso negli edifici della cassa edile.

4.6. Prospetti

Il complesso residenziale ed industriale del quartiere di Como Camerlata si presenta, come ampiamente anticipato soprattutto nelle analisi delle debolezze e minacce, in uno stato di degrado abbastanza avanzato. Realizzare un progetto nuovo e innovativo in un contesto del genere ha lo scopo anche di riqualificare, dal punto di vista estetico, l'intera area.



PROSPETTO SUD-OVEST

La visione dello skyline globale della Cittadella dell'edilizia è stata studiata per essere identificata, dal punto di vista cromatico, come un complesso unico, facilmente riconoscibile nel contesto. La scelta dei materiali e i loro rispettivi colori deve fornire l'idea base del progetto.

Allo stesso tempo, proprio perché all'interno del complesso ogni edificio ha un valore simbolico ben preciso, la differenza cromatica ricopre un ruolo fondamentale da noi affrontato in fase di scelte architettoniche. Ogni prospetto deve relazionarsi quindi sia con gli edifici limitrofi sia con gli altri edifici della cittadella. I serramenti scelti saranno in alluminio grigio.



PROSPETTO SUD-EST



PROSPETTO NORD-OVEST

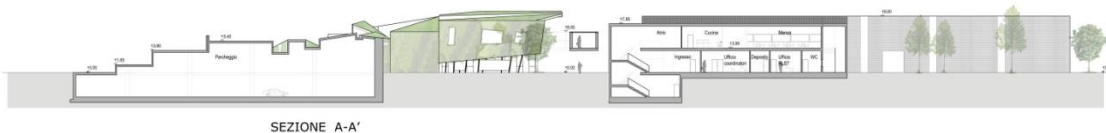


PROSPETTO NORD-EST

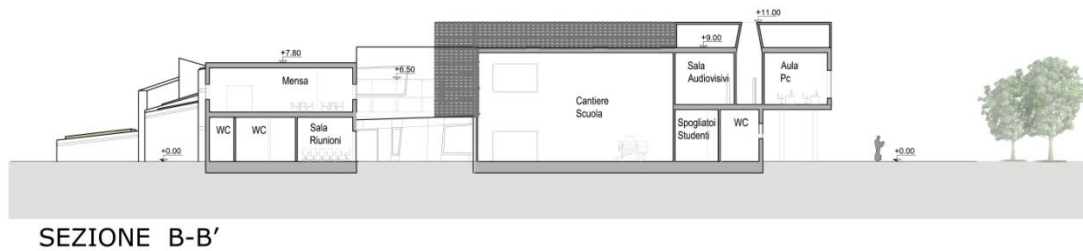
4.7. Sezioni

Le sezioni sono state realizzate in alcuni punti strategici dell'edificio per farne comprendere, ad una prima vista, il rapporto tra i volumi, le altezze interne dei singoli locali e le particolarità progettuali.

La sezione A-A' evidenzia il parcheggio con la caratteristica copertura verde, una passerella in vetro e le altezze dell'edificio Espe.



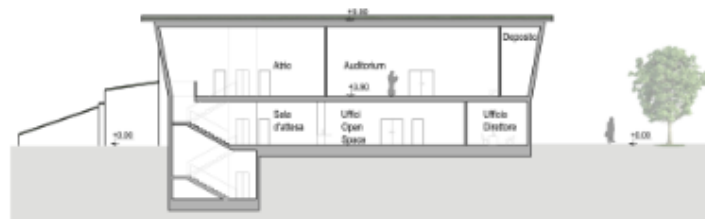
La sezione B-B' mostra il lato corto l'edificio mettendo in risalto l'edificio delle aule con i solai su spazi aperti del porticato sul lato parco e i lucernai nei corridoi centrali per l'apporto dell'illuminazione naturale.



La sezione C-C' ci fornisce un quadro completo del rapporto tra parcheggio interrato e cassa edile, con trave reticolare in legno in parte in vista e copertura verde che funge anche da copertura del piano primo della Cassa Edile.



Infine, la sezione D-D' è semplicemente un ulteriore approfondimento dell'edificio Cassa Edile, con il dettaglio sulle murature laterali inclinate e la copertura verde.



SEZIONE D-D'

4.8. Materiali

Un ruolo fondamentale nello sviluppo architettonico, come ampiamente anticipato, è stata la scelta dei materiali. In particolare, la volontà di rendere “simboliche” alcune delle tecniche costruttive utilizzate nel corso della storia recente del costruire, ci ha indirizzato nella scelta di tre tipologie di rivestimenti, uno per edificio. L'effetto che si vuole creare è confinato al solo impatto esterno in modo che possa essere sin da subito chiara l'intenzione di differenziare i tre corpi, facilmente intuibile sia da addetti ai lavori che dai semplici cittadini che usufruiscono del parco.

L'interno dei tre corpi edificati sarà invece trattato in maniera più moderna e con tecnologie più avanzate, che rispondano ai criteri di progettazione conformi alle normative in materia di risparmio energetico.

4.8.1. Edificio Espe

L'edificio Espe è caratterizzato da un rivestimento in lastre di cemento a vista. La scelta di utilizzare questo tipo di rivestimento rappresenta, allo stesso tempo, la possibilità di trattare un materiale che fa parte delle costruzioni del passato con la tipologia di costruzione a secco. L'utilizzo di questi pannelli in cls permette di aprire nuove prospettive ed orizzonti nella progettazione e realizzazione di edifici.

La lastra in cemento rinforzato, offre ai progettisti ed installatori una valida alternativa rapida ed efficace alle lastre in materiali tradizionali, nonché ai sistemi di costruzione in muratura piena.

Questa tipologia di lastra è in grado di affrontare le situazioni più estreme in esterno come in interno: pioggia, agenti atmosferici, umidità, gelo e shock termici.



Fig. 42 Vista piazza centrale



Fig. 43 Vista lato strada

Si tratta di una lastra in cemento che può essere lavorata e preparata per la posa in opera semplicemente per incisione e taglio, consentendo un avvistamento semplice e veloce. Grazie alla tecnica di costruzione a secco, i lunghi tempi di asciugatura sono superati a vantaggio di una globale economia dei costi di lavorazione e di un incremento della produttività.

Tra i vantaggi di una tecnologia di rivestimento di questo tipo possiamo annoverare la reazione al fuoco di "classe 0", la conformità alle più recenti norme europee, l'efficienza ed economicità, la certificazione, la resistenza elevata ad acqua e umidità, la rapidità e la semplicità di montaggio.

Ampio spazio nelle costruzioni recenti viene dato alle pareti esterne, facciate e rivestimenti in generale. Non subisce rigonfiamenti, non va incontro a degradazione e sgretolamento. La lavorazione di queste lastre, pur nella loro robustezza e stabilità, è agile ed economica.

Il sistema per esterni permette di realizzare manufatti con caratteristiche di durabilità, resistenza all'azione di acqua e intemperie, rendendo semplice la riqualificazione architettonica.

L'impiego di pannelli del genere, per le costruzioni di pareti esterne consente di ampliare lo spazio interno a disposizione. A dispetto del suo esiguo spessore, permette di realizzare pareti stabili e resistenti. Grazie al minor spessore, permette di ricavare spazi interni aggiuntivi pur mantenendo le prestazioni di abbattimento acustico ed isolamento termico.

Le lastre sono composte prevalentemente da inerti e cemento, armate con rete in fibra di vetro sulle superfici.

4.8.2. Edificio Aule e Cantiere Scuola

L'edificio aule e il cantiere scuola presentano un rivestimento in pannelli di mattoni, con tipologie diverse di tamponamento.

Il blocco aule presenta un rivestimento in cotto a secco, una tipologia di paramento esterno che da qualche tempo si sta diffondendo nelle realizzazioni architettoniche moderne, sia all'estero che in Italia, per la particolarità di accoppiare una texture ed una matericità tipicamente storicizzata, quella del cotto, con la modernità e facilità di utilizzo e posa in opera dei rivestimenti a secco, sia per quanto riguarda i sistemi di fissaggio quanto per i tagli dimensionali degli elementi base.

Le facciate ventilate realizzate in cotto hanno indubbiamente caratteristiche estetiche di qualità ed originalità, perché abbinano, come si diceva, un materiale caldo con una messa in opera moderna, che permette giochi di luci e sfumature di facciata cangianti a seconda del tempo e dell'ora, senza contare l'indubbia

durabilità del materiale, resistente ai raggi UV, e le note caratteristiche di assorbimento termico ed acustico naturale e di facilità di manutenzione.

Il cantiere scuola, invece, riprendendo anche la struttura prefabbricata, viene rivestito da pannelli, che hanno uno strato superficiale esterno con una texture in mattoni standard (5,5x12x25cm).



Fig. 44 Vista piazza centrale da nord

4.8.3. Edificio Cassa Edile

La Cassa Edile invece è l'edificio più moderno e presenta al piano terra un rivestimento in alluminio e al piano superiore, che sporge di 1m rispetto al piano terra, una facciata continua verde, con la presenza di diverse essenze; da questa parete dei cavi collegati a terra permettono all'edera di crescere e fungere da frangisole "stagionali" per le aperture al piano terra.

La fascia del piano terra è stata studiata in alluminio, con tre diverse tonalità di colore per movimentare la facciata. L'alluminio, materiale molto duttile, viene intagliato per ottenere bande inclinate e non regolari, per evidenziare ancora una volta l'immagine di "edificio moderno" tra le tre costruzioni della Cittadella dell'Edilizia.

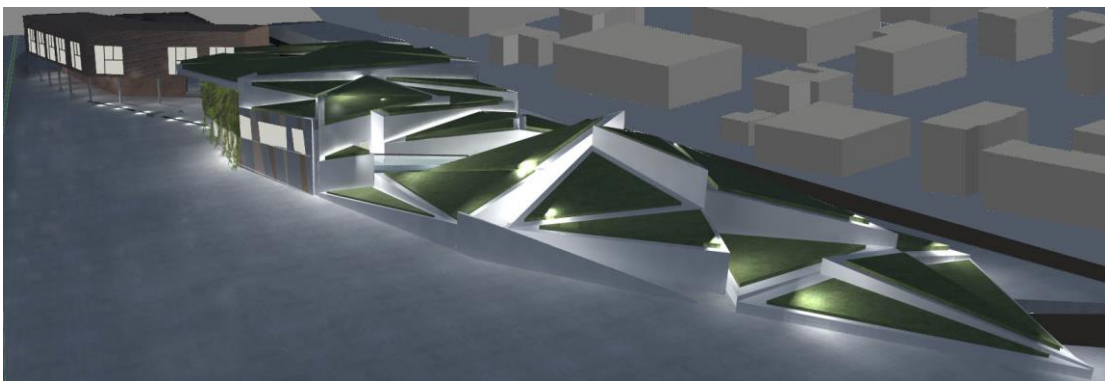


Fig. 45 Studio illuminazione copertura verde



Fig. 46 Vista dal parco

Il piano primo, seguendo lo schema e l'idea del Centro Sportplaza Mercator di Amsterdam, è caratterizzato dalla presenza di diverse tipologie di verde. L'impianto strutturale che prevede anche l'irrigazione e la manutenzione delle essenze rende ancora di più questo edificio la sintesi del processo ideologico che sta alla base del lavoro di questa tesi. Integrazione tra costruito e verde, con soluzioni che non siano funzionali solo dal punto di vista energetico e tecnologico ma anche da quello prettamente architettonico.

4.8.4. Passerelle vetrate

Grande importanza ricoprono le passerelle di collegamento in vetro, sorrette da una struttura calastrellata. Lo scopo di tale struttura è quello di creare elementi di collegamento neutri tra gli edifici, che non risultino invasivi e troppo appariscenti all'interno del mix materico dei tre corpi principali.

La realizzazione di tali passerelle, opportunamente dotate di impianti di riscaldamento e raffrescamento a secondo delle stagioni, verranno analizzate nel dettaglio nel capitolo strutturale ed ergotecnico di questo volume. Le scelte architettoniche quindi sono il dettagliato frutto di analisi specifiche e di ottimizzazione che hanno condotto ad una soluzione che risponda a tutte le esigenze poste in fase progettuale.

L'idea si basa anche sul concetto di ponte tibetano, ovvero una struttura di collegamento costituita da una fune che ha funzione di marciapiede e da due funi/mancorrenti laterali superiori distanziate di circa un metro da quella marciapiede. Le tre funi, poste a triangolo, sono solidarizzate da stralli laterali distanziati l'uno dall'altro da 50 a 100 cm. In una tale struttura l'oscillazione è inversamente proporzionale al carico di tensione: più tese sono le funi, più stabile è il ponte, in quanto si riducono le oscillazioni laterali, in particolar modo nella sezione centrale.



Fig. 47 Confronto passerella in vetro con ponte tibetano

4.9. Concorso 2010: analisi dei progetti finalisti

Analizzando con una breve rassegna i primi cinque classificati al concorso, ci proponiamo di individuare le tematiche che accomunano i progetti dei concorrenti al nostro ed allo stesso tempo si sottolineano le differenti strategie progettuali, indagando sulle varie idee che hanno condotto alla definizione del progetto definitivo.

4.9.1. Il progetto vincitore

Il vincitore del bando di concorso è l'Arch. Andrea Liverani di Milano (co-progettista Arch. Enrico Molteni), la cui idea principale è di dare alla Cittadella dell'Edilizia un "*carattere forte nel contesto poco definito, un esempio educativo per gli allievi e una identità chiara per i cittadini*".

Dopo aver effettuato una doverosa analisi sul territorio, che in questa sede si omette, facendo riferimento a quanto detto precedentemente sul territorio, poiché si tratta di un'analisi comune a tutti i cinque progettisti concorrenti, nonché a noi stessi; si tratta direttamente della descrizione dei progetti.



Fig. 48 Piazza centrale

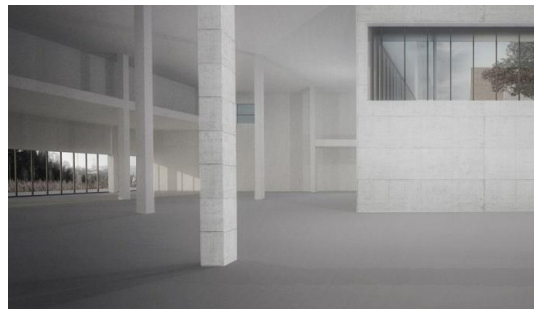


Fig. 49 Vista cortile interno

L'Arch. Liverani predilige la volontà di identificare un cortile protetto e tranquillo. I due edifici con forma a "L" si posizionano delineando uno spazio di forma rettangolare e si aprono verso questo con grandi vetrate; in contrapposizione, verso l'esterno si presentano più chiusi, creando una "*forte identità nel contesto misto e disordinato*".

Quanto ai materiali, viene prediletto il cemento alleggerito, che rende l' "*insieme del complesso forte, continuo e coerente*" anche se le altezze degli edifici e le misure delle aperture variano tra di loro.

Un breve cenno all'organigramma funzionale scelto dal vincitore permette di individuare, come per altro è prevedibile, che la maggioranza della superficie viene destinata alla didattica, a cui viene adibito il piano terra del primo edificio; mentre gli uffici sono collocati al piano superiore, con accesso direttamente dalla piazzetta. Viene progettata anche una palestra, collocata nel piano interrato.

Infine, i laboratori si trovano nel secondo edificio, accessibile sia dal cortile che dal piano interrato. Vengono individuati tre spazi esterni ben distinti tra di loro: il piazzale, il cortile interno e l'area di cantiere.

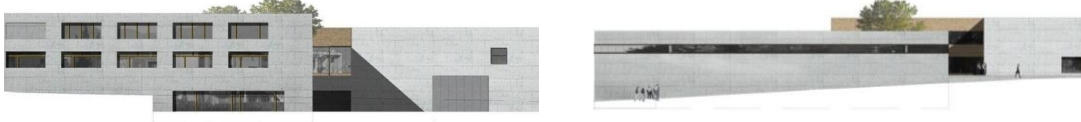


Fig. 50 Prospetti

Per quanto riguarda la realizzazione si è scelto un tipo di costruzione che favorisca il lavoro della mano d'opera rispetto all'assemblaggio di elementi finiti (prefabbricati e altro). La qualità della costruzione è espressione della capacità dell'impresa e delle proprie maestranze: carpentieri, muratori, ecc. Creano così un esempio per gli allievi futuri della scuola.

In funzione dell'insegnamento diretto nei confronti del risparmio energetico, gli edifici sono ecocompatibili sia dal punto di vista dei materiali, che per gli impianti. Quest'ultimi sono di basso consumo, con sistemi avanzati ma di facile gestione. Le pareti perimetrali sono in cemento isolante (tipo Liapor o Misapor), che permettono con un solo getto di realizzare le pareti esterne che a seconda dello spessore non necessitano di isolamento ulteriore: per la zona didattica la parete ha uno spessore di 60 cm; mentre la zona laboratorio (che non necessita di riscaldamento) 30 cm. Permettono nel periodo invernale di lasciar entrare la luce che riscalda pavimento e soffitto. Al fine di ottimizzare l'immagazzinamento del calore in inverno, tutti gli elementi costruttivi dell'edificio sono massivi. Nei mesi estivi le vetrate sono schermate da sistemi esterni, tende e lamelle orientabili. Un'ulteriore qualità sostenibile dell'edificio è lo sfruttamento della ventilazione interna naturale, reso possibile con aperture incrociate nelle facciate lunghe e aperture delle aule su lati contrapposti.

4.9.2. Gli altri progetti in concorso

Il secondo classificato al concorso è l'Arch. Anna Stoppani, che ha progettato una distribuzione funzionale composta da più macrocategorie, comuni per altro a tutti i cinque progettisti, poiché tale richiesta era specificata nel bando di concorso.

La scuola e gli uffici sono collocati in un edificio di due piani fuori terra che coprono un'area di 1050 m² per piano e di un piano seminterrato, che occupa solo una parte della superficie totale. Complessivamente si raggiunge una quota altimetrica di 10,60 m. Altrettanto importante è il concetto dell'energia, che, come per il progetto del vincitore, assume una parte significativa del lavoro dello studio dell'Arch. Stoppani.

L'edificio scuola e uffici è caratterizzato da una forma compatta ($S/V = 0,30$) e da un involucro trasparente opportunamente schermato con lamelle in alluminio orientate e una tenda interna con funzione di controllo dell'abbagliamento e di smorzamento dei picchi di apporti solari. L'edificio per esercitazioni pratiche è coperto da shed che alloggiavano nella parte più elevata un impianto fotovoltaico.

Un capitolo significativo viene dedicato all'analisi del paesaggio: la scelta degli elementi vegetali che costituiscono lo spazio esterno, siano essi arborei, arbustivi o propri del manto erboso, è vincolata alla soddisfazione di alcune, importanti, esigenze. Si predilige la volontà di progettare uno spazio ove tutte le specie di alberi e arbusti presenti siano autoctone, capaci quindi di mantenere un equilibrio dinamico con l'ambiente attraverso il minor intervento possibile.



Fig. 51 Progetto secondo classificato

Tale scelta, tra l'altro, si traduce in una ridotta necessità di manutenzione e quindi in un risparmio di risorse economiche, umane e ambientali.

Il terzo classificato è l'Arch. Mario Filippetto con studio in Como, la cui opera trae ispirazione dal gioco "Jenga" secondo cui viene prevista una complessità volumetrica che crea spazi qualitativamente interessanti, capaci di stabilire *"relazioni visuali, relazioni con il paesaggio e situazioni volumetriche che rafforzano il senso di monumentalità, il senso di orientamento e di qualità della luce"*. Dall'altro punto di vista, invece, la struttura costruttiva è semplice.

In funzione di questo ragionamento compositivo, i volumi si adattano alla topografia appoggiandosi al terreno secondo le caratteristiche del lotto con la capacità di stabilire connessioni con l'intorno in tutte le direzioni.

L'accesso è monumentale, una via pedonale attraversa l'ala dell'edificio passando sotto uno sbalzo di circa 15 metri, e conduce in uno spazio interno a patio molto evocativo. Le entrate sono coperte sotto gli sbalzi e conducono a destra verso la scuola e a sinistra agli uffici. Appena entrati un altro spazio orienta i flussi: un vuoto a doppia altezza illuminato da fasci di luce naturale diagonali, funge da fulcro ed elemento distributivo per i vari blocchi funzionali.

Grande importanza viene data alla vista dai corridoi della scuola: Il vetro, accoppiato a una fine membrana in alluminio estruso microperforato, tampona le parti trasparenti e il sistema crea una camera passiva a filtro, utile per trattenere calore e luce.

Come l'Arch. Liverani, anche in questo progetto viene scelto il cemento, la differenza però risiede nel fatto che qui si tratta di c.a. per la struttura, che delimita gli spazi (solai e muri esterni) e che definisce il carattere monolitico dell'edificio (gettato a vista); l'estruso microperforato diventa solo estruso dove non serve, si accoppia a secco e tampona, brilla e contrasta accostato al cemento armato. La passività dell'edificio consentirà di progettare impianti per il massimo contenimento energetico e con l'utilizzo di fonti rinnovabili: sonde geotermiche, pannelli solari e pannelli fotovoltaici potranno essere un ulteriore investimento per l'autonomia energetica della futura "Cittadella dell'edilizia".



Fig. 52 Progetto terzo classificato

Al quarto posto della classifica si trova l'Arch. Davide Spreafico con studio in Lecco, la cui opera differenzia le tre principali funzioni richieste (area dedicata alle lezioni teoriche, uffici enti paritetici e aree per attività di cantiere) su tre livelli distinti e collegati tra loro attraverso rampe e corpi scala che insieme formano un organismo compiuto, dando all'edificio una connotazione urbana. La scelta di collocare tutti i volumi del costruito in un unico lotto risponde anche a precise esigenze funzionali: contenere gli spazi di distribuzione e ottimizzare le connessioni tra i blocchi dell'istituto e gli uffici del piano primo, i quali usufruiscono di un ingresso indipendente.

L'istituto professionale: la prima delle tre parti che compongono l'intero istituto e rappresentata dal centro di formazione che si sviluppa su un unico livello al piano terra. La pianta dell'edificio è a "L".

Lo studio delle aperture e il controllo della luce attraverso aggetti, frangisole e sistemi di ombreggiamento, qui come nel resto dell'edificio, sono elementi di riconoscimento delle funzioni e dell'attenzione del progetto verso il tema della passività energetica. Vengono inoltre inserite una biblioteca e il laboratorio di informatica all'interno dell'altro corpo.

Sulla corte si aprono le vetrate che danno accesso a un ampio parterre con una gradinata esterna in cemento. Per la copertura delle aule si prevede il tetto a verde, per ragioni tecniche ed ecologiche, ma anche per mitigare l'impatto visivo che si avrebbe dal piano primo nonché dagli edifici limitrofi. Inoltre, in un contesto di attività cantiere come quello di progetto, il verde consente il trattenimento delle polveri cittadella edilizia che si producono nell'area di lavoro sottostante. Il secondo blocco è costituito dagli uffici degli enti bilaterali: ESPE, CASSA EDILE e CPT, localizzati al piano primo dell'edificio. Anche in questo caso l'ingresso è indipendente ed in prossimità di questo è stata posta la sala del consiglio comune ai tre enti, attraverso una scala compartimentata e un ascensore, si ha accesso diretto al piano primo. Sul primo livello i tre blocchi di uffici sono accessibili in maniera indipendente. Il "capannone" è l'edificio che al suo interno ospita un'area open-space dedicata alle attività coperte di cantiere. Ha un'altezza interna di circa 6 m ad eccezione di un'area alta 9 m dedicata al montaggio del ponteggio che occupa circa 200 m². Trattandosi di un corpo dedicato esclusivamente alle attività pratiche, si inserisce bene nel contesto industriale in cui sorge la Cittadella dell'edilizia, dunque, per richiamare i materiali degli edifici limitrofi, si è pensato ad una parete ventilata con pelle in lamiera ondulata in acciaio zincato colore grigio chiaro. La struttura dell'edificio è stata pensata con telaio in calcestruzzo armato, tamponamenti perimetrali in blocchi di laterizio Poroton con rivestimento a cappotto intonacato di 12 cm totali, divisori interni in cartongesso e solai in lastre predalle di spessore variabile. Gli impianti elettrici e le canalizzazioni per l'aria vengono collocati nello spazio controsoffittato. Nelle finiture interne sono privilegiati materiali economici e di facile manutenzione; i serramenti sono previsti in alluminio verniciato grigio e pavimenti interni in linoleum colorato. Il capannone è invece progettato con tecnica costruttiva a secco (prefabbricazione industriale). È stato progettato anche un nuovo parcheggio a raso nel lotto disponibile di 1500 m², per migliorare la mobilità.

Il progetto dell'Arch. Alessandro Pagani con studio in Appiano Gentile nasce dall'idea di realizzare un edificio che possa rispondere all'esigenza della committenza di avere degli spazi che possano mettere in relazione aree di carattere prevalentemente didattiche con aree destinate ad uffici e spazi sia aperti che chiusi riservati ad attività pratiche. Da una visuale esterna, l'edificio

appare come un grande recinto definito dai confini del lotto, le aperture sono ricavate da feritoie ottenute con finestre molto strette ed allungate a voler proteggere la riservatezza interna dal rumore del traffico veicolare esterno. I quattro prospetti esterni sono contraddistinti dall'utilizzo del calcestruzzo a vista, il quale simboleggia *“uno dei materiali tipici dell'edilizia e vuole esaltare la tipologia funzionale svolta all'interno dell'edificio”*.



Fig. 53 Progetto quinto classificato

Questa particolarità è volta all'essenziale ed al risparmio economico. La corte chiusa prevede la realizzazione di tre corpi di fabbrica disposti a "C" con affaccio a sud verso una piazza, che permette all'esterno di percepire visivamente le attività svolte all'interno della struttura. La piazza mantiene ad ogni modo il carattere di ambiente privato rimanendo chiuso rispetto alla strada pubblica, ed è il luogo di accesso per tutti gli ambienti interni. È stato previsto un sistema di accessi distinti e indipendenti per permettere il differente flusso di utenza ai tre diversi ambienti quali la scuola, gli uffici, e l'area di supporto alle attività di cantiere. In questo modo le tre aree distinte possono essere utilizzate per via del tutto indipendentemente e in differenti momenti della giornata evitando interferenze tra le diverse utenze. L'affaccio sulla piazza degli ambienti interni è accentuato visivamente dalla realizzazione di ampie superfici vetrate, ottenendo una permeabilità visiva tra interno ed esterno. Il punto centrale della corte è costituito dall'area destinata alle attività di cantiere all'aperto. Le tre parti dell'edificio sono unite da una copertura complanare con un'inclinazione verso l'interno della corte. L'edificio dal punto di vista energetico si colloca in classe C: per non superare l'importo dei costi di realizzazione fornito dal bando, l'impianto fotovoltaico ed il sistema di ventilazione interno dell'aria sono stati inseriti come opere facoltative. Tali impianti permettono all'edificio di incrementare la classe energetica con un impiego limitato di risorse economiche.

4.9.3. Confronto tra i progetti finalisti e il nostro progetto

Sono presenti numerose similitudini che accomunano il nostro progetto per la Cittadella dell'Edilizia e quanto visto appena sopra nella descrizione dei cinque progetti finalisti al concorso indetto dall'ANCE nel 2010.

Per quanto riguarda le scelte prettamente architettoniche i punti chiave tenuti in considerazione dopo la fase di analisi si concentrano principalmente nella possibilità di adottare scelte chiare per gli aspetti funzionali dell'edificio. L'utilizzo di una piazza come fulcro per lo smistamento dei vari edifici e gli ingressi indipendenti per le varie funzioni con conseguente separazione netta ed efficace delle destinazioni d'uso permettono un facile e veloce raggiungimento delle funzioni necessarie. Ciò è reso possibile dalla scelta, riscontrata in vari progetti partecipanti al concorso, di sviluppare tutto il complesso in più edifici, collegati tra loro da passerelle in quota. Gli edifici, in particolare quelli con aperture significative, saranno muniti di un sistema di schermatura solare con l'utilizzo di frangisole.

Un aspetto importante in fase progettuale è stata l'integrazione degli edifici con l'ambiente e il rapporto con il contesto. E' stata posta molta attenzione sul parco e sulla riqualificazione del verde della zona. Il concetto di eco-compatibilità è quindi la base della realizzazione della Cittadella, anche attraverso l'utilizzo di impianti "intelligenti".

Un ulteriore punto di confronto tra i vari progetti e il nostro è l'attenzione nella scelta dei materiali. In particolare si riscontra un frequente uso di cemento armato in facciata, non per caso uno dei materiali scelti da noi in fase di progettazione iniziale per caratterizzare uno dei tre edifici della Cittadella. Scelte comuni ricadono ulteriormente anche nell'alluminio in facciata, utilizzato nel nostro progetto nell'edificio della Cassa Edile, il più tecnologico dei tre, e il ricorrere alla copertura verde. Quest'ultimo punto ricopre nel progetto di tesi un ruolo fondamentale con l'imponente collina artificiale che realizzeremo.

5. PROGETTO TECNOLOGICO

5.1. Trasmittanze

La trasmittanza è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie e unità di temperatura e definisce la capacità isolante di un singolo elemento. L'unità di misura utilizzata nel sistema di riferimento internazionale è W/m^2K .

Nella progettazione delle singole strutture costituenti l'involucro edilizio, cioè la scelta dei componenti, dei materiali e dei relativi spessori, è necessario verificare, attraverso il calcolo della Trasmittanza termica U , che la scelta tecno-costruttiva effettuata, per ogni specifica struttura, rispetti i valori limite prefissati dalla normativa vigente in relazione alla zona climatica di contesto del progetto.

Zona Climatica	Strutture verticali opache	Strutture orizzontali o inclinate opache		Chiusure apribili
		Coperture	Pavimenti	
A	0.54	0.32	0.60	3.7
B	0.41	0.32	0.46	2.4
C	0.34	0.32	0.40	2.1
D	0.29	0.26	0.34	2.0
E	0.27	0.24	0.30	1.8
F	0.26	0.23	0.28	1.6

Tabella 64. Valori ammissibili a seconda della zona climatica in esame

La trasmittanza misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa un elemento della superficie di $1 m^2$ in presenza di una differenza di temperatura di $1 K$ tra l'interno e l'esterno. Nella formula si tiene conto di una trasmissione di calore da un aeriforme ad un altro aeriforme, separati dalla lastra piana del materiale in esame, per irraggiamento, convezione e conducibilità termica interna.

$$g = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_e}}$$

h_i e h_e [W/m^2K] sono i coefficienti di adduzione interna ed esterna;

s [m] è lo spessore del materiale;

λ [W/mK] è la conducibilità termica del materiale.

5.2. Sfasamento Termico

Lo sfasamento è il tempo, misurato in ore che intercorre fra la massima temperatura all'esterno e la massima temperatura all'interno. Attenuazione (o smorzamento) e sfasamento dell'onda termica caratterizzano la capacità di accumulo termico di un componente edilizio e ne condizionano pesantemente la dinamica termica, sia in regime invernale che estivo.

Il valore ottimale dello sfasamento è di **12 ore** ed è importante avere uno sfasamento di almeno 8 ore e non minore di 10 ore nelle zone con climi estivi più impegnativi.

Con tali valori di sfasamento, il calore entrerà nelle ore notturne, durante le quali può essere smaltito con ricambi d'aria. Il valore di sfasamento termico spesso trascurato nella progettazione convenzionale è certamente importante per determinare il comfort termico estivo e, come tale, ha importanti ripercussioni anche in termini di risparmio energetico.

5.3. Il software: TempEst

TempEst è un software di calcolo per determinare in maniera dettagliata la trasmittanza, lo sfasamento e l'attenuazione dell'onda termica per componenti opachi. Il quadro legislativo a cui fa riferimento segue le seguenti norme: UNI EN ISO 13791, prestazione termica degli edifici; calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione; criteri generali e procedure di validazione. UNI EN ISO 13792, metodi semplificati. UNI EN ISO 13786, prestazione termica dei componenti per l'edilizia, caratteristiche termiche dinamiche e metodi di calcolo.

5.4. Acustica

Lo studio della trasmittanza del rumore negli edifici e la caratterizzazione dei materiali con cui vengono realizzati ha assunto una notevole importanza negli ultimi tempi, sia per l'emanazione di una nuova legislazione cogente, che per la cresciuta sensibilità al problema dell'inquinamento acustico.

Rigorosi criteri progettuali, con titolarità al tecnico competente in acustica, sono previsti dalla Legge Regionale n. 13 della Regione Lombardia, ma questa viene attualmente applicata solo in forma sperimentale in attesa dell'emanazione dell'atteso decreto sui criteri progettuali e costruttivi degli edifici. Questa legge stabilisce però che già oggi questi requisiti debbano comunque venire valutati a priori in fase progettuale con metodi previsionali.

Il rumore per diffondersi nell'ambiente ha bisogno di un mezzo elastico (gas, liquido o solido). Nel caso specifico della propagazione del rumore all'interno degli edifici, tale mezzo di propagazione è costituito dagli stessi elementi strutturali che compongono l'edificio, quali pareti e solai. La trasmissione del suono avviene secondo due distinti meccanismi di propagazione: trasmissione per via aerea e trasmissione per via strutturale. Nel primo caso, il rumore si propaga nell'aria senza incontrare ostacoli solidi (ad esempio condotte d'aria o aperture) mentre, nel secondo caso, la propagazione avviene attraverso le strutture solide dell'edificio, tramite vibrazioni elastiche. Di norma, la trasmissione del rumore attraverso due ambienti interessa entrambi i meccanismi anche se, per ciascun componente edilizio, bisogna distinguere tra:

- Trasmissione diretta: quando la trasmissione del rumore nell'ambiente ricevente avviene attraverso il solo elemento strutturale considerato (parete divisoria o solaio);
- Trasmissione laterale: quando la trasmissione del rumore nell'ambiente ricevente avviene attraverso gli altri elementi strutturali adiacenti a quella considerata.

Per comprendere come possa un elemento strutturale ostacolare la propagazione del rumore, è necessario analizzare, in maniera semplificata, il fenomeno fisico della propagazione del rumore aereo attraverso un divisorio.

Partendo dal principio fondamentale che “nulla si crea e nulla si distrugge, ma tutto si trasforma”, quando un'onda sonora incide su una parete, espressa sotto forma di potenza sonora (W_i) questa si scompone in più componenti: una parte viene riflessa nell'ambiente sorgente (W_r) e una parte penetra nella parete, trasformandosi in energia vibrazionale. Quest'ultima viene, a sua volta, scorporata: una parte dissipa in calore (W_d), mentre l'altra viene trasmessa nell'ambiente ricevente (W_t). E' quindi evidente che la quantità di energia che viene assorbita e trasmessa dalla partizione dipende dalle caratteristiche fisiche del materiale impiegato.

Qualora si proceda ad una misura in opera, il parametro misurato è indicato come potere fonoisolante apparente (R_w'), il quale differisce dal valore di laboratorio per la specifica posa in opera del componente e per effetto della trasmissione laterale, fattori che inducono ad una riduzione dei valori di fono isolamento.

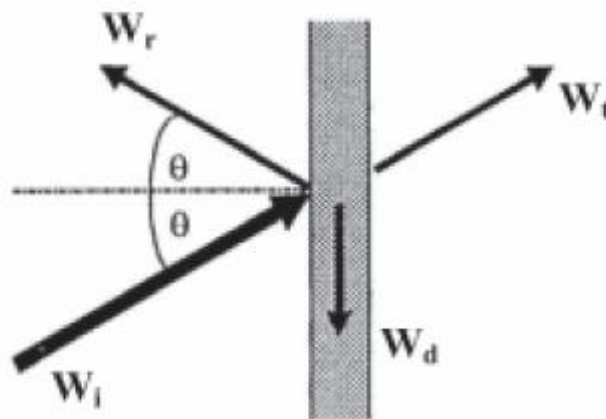


Fig. 54 Ripartizione dell'energia sonora incidente su una parete

5.4.1. Normativa vigente

A livello nazionale sono state emanate negli anni diverse leggi riguardanti la regolamentazione delle prestazioni acustiche degli edifici. Tra queste si possono citare le Circolari del Ministero dei lavori pubblici n. 1769 (30 Aprile 1966) e n. 3150 (22 Maggio 1967), il Decreto Ministeriale del 18 Dicembre 1975, la Legge n.447 del 26 Ottobre 1995 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) e soprattutto il D.P.C.M. del 5 Dicembre 1997 (Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici).

A livello europeo, invece, esistono varie normative UNI riguardanti l'argomento:

UNI EN ISO 140-3-1997: Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici - Parte 3: misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio.

UNI EN ISO 140-4/5/6/7/8-2000: Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici

ISO 140-10-1991: Acoustics -Measurements of sound insulation in buildings and of building elements. Laboratory measurements of airborne sound insulation of small building elements.

UNI EN ISO 717-1/2-1997: Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio.

UNI EN ISO 290521-1-1993: Determinazione della rigidità dinamica; materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali.

UNI EN 29053-1994: Acustica - Materiali per applicazioni acustiche - Determinazione della resistenza al flusso d'aria.

UNI EN ISO 12431-2000: Isolanti termici per l'edilizia - Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti.

UNI EN ISO 12354-1/2/3: Isolanti termici per l'edilizia.

Classificazione degli ambienti abitativi:

Classe A: edifici adibiti a residenza

Classe B: edifici adibiti ad uffici

Classe C: edifici adibiti ad alberghi o pensioni

Classe D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura

Classe E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

- Valori limite:

R'_{w} 50 dB Indice potere fono isolante apparente

$D_{2m,nT,w}$ 48 dB Indice isolamento acustico facciata normalizzato

$L'_{n,w}$ 58 dB Indice livello di rumore da calpestio normalizzato

Classe F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto

Classe G: edifici adibiti ad attività commerciali

5.5. Il software: Echo 4.0

Le procedure utilizzate da Echo 4.0 sono tratte dal rapporto tecnico, in elaborazione da parte dell'UNI, sviluppato per applicare alla tipologia costruttiva italiana le norme serie EN 12354. I risultati dei relativi calcoli sono utilizzabili per le verifiche dei requisiti acustici degli edifici secondo il DPCM 5/12/1997.

Le prestazioni inserite nelle banche dati del programma sono tratte da rapporti pubblicati da istituti di ricerca e produttori di materiali e componenti.

Il programma prevede l'inserimento di dati da parte dell'utente per la verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici.

5.6. Le chiusure orizzontali

Scendiamo adesso nel dettaglio e analizziamo le singole stratigrafie scelte.

5.6.1. CO. 01

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2273 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,0000
 Sfasamento: -----

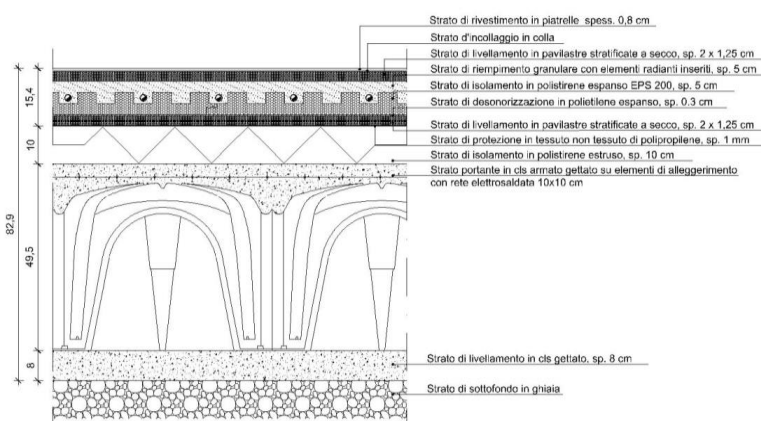
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Oriz - Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Conduct. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS	0,080	0,110	0,730	1600	837
Camera non ventilata sp. mm.300	0,460	0,110	4,182	1	1004
CLS	0,050	0,060	0,830	1700	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,100	2,564	0,039	25	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
PSE (polistirene espanso sinterizzato) UNI 7819 15 k/m3	0,050	1,111	0,045	15	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Piastrelle in ceramica	0,008	0,008	1,000	2300	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 65. Materiali e valori corrispondenti CO.01



Spessore totale: 0.798 m

Massa Superficiale: 288.11 kg/m²

R_w: 47.19 dB

L_{nw,eq}: 77.92 dB

5.6.2. CO. 02

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2253 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,0000
 Sfasamento: -----

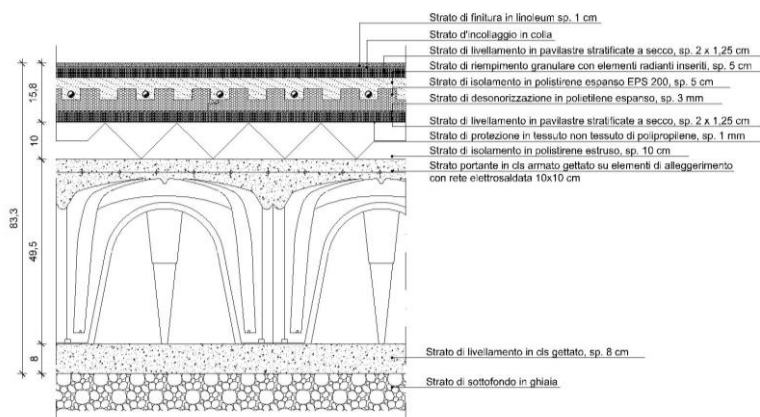
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Oriz - Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Conduct. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS	0,080	0,096	0,830	1700	837
Camera non ventilata sp.mm.300	0,460	0,110	4,182	1	1004
CLS	0,050	0,060	0,830	1700	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,100	2,564	0,039	25	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
PSE (polistirene espanso sinterizzato) UNI 7819 15 k/m3	0,050	1,111	0,045	15	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
LINOLEUM	0,010	0,059	0,170	1200	1400
Superficie interna		0,125			

Tabella 66. Materiali e valori corrispondenti CO.02

**Spessore totale:** 0.850 m**Massa Superficiale:** 395.71 kg/m²**R_w:** 49.95 dB**L_{nw,eq}:** 73.09 dB

5.6.3. CO. 03

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2284 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,2209
 Sfasamento: 11h 27'

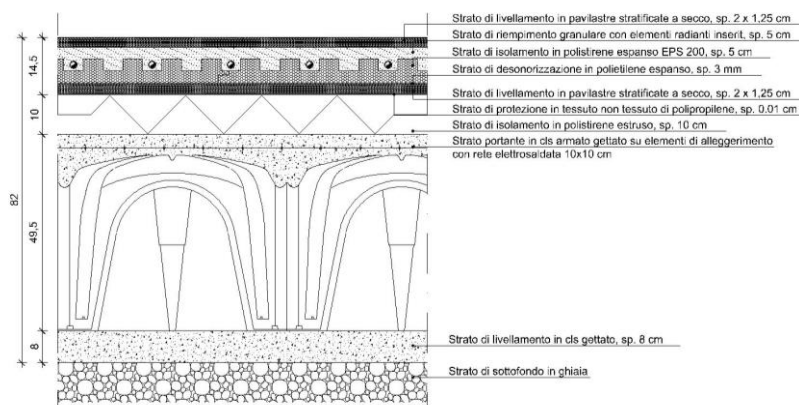
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Oriz - Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS	0,080	0,096	0,830	1700	837
Camera non ventilata sp.mm.300	0,460	0,110	4,182	1	1004
CLS	0,050	0,060	0,830	1700	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,100	2,564	0,039	25	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
PSE (polistirene espanso sinterizzato) UNI 7819 15 k/m3	0,050	1,111	0,045	15	1255
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 67. Materiali e valori corrispondenti CO.03



Spessore totale: 0,790 m

Massa Superficiale: 269.71 kg/m²

R_w: 46.62 dB

L_{nw,eq}: 78.92 dB

5.6.4. CO. 04

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1562 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,4503
 Sfasamento: 7h 18'

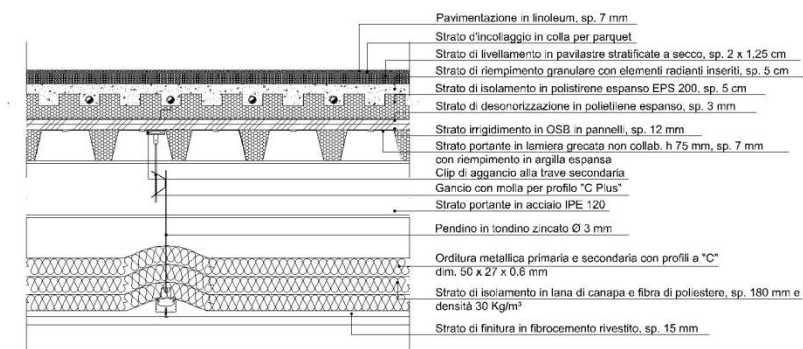
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Oriz - Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Fibrocemento	0,015	0,026	0,580	1200	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,180	4,615	0,039	30	1255
Pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici	0,012	0,077	0,156	600	2092
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,050	1,282	0,039	30	1255
CLS cellulare da autoclave	0,025	0,167	0,150	400	837
Linoleum	0,007	0,035	0,200	1450	1255
Superficie interna		0,125			

Tabella 68. Materiali e valori corrispondenti CO.04



Spessore totale: 0,626 m

Massa Superficiale: 62.25 kg/m²

R_w: 33.88 dB

L_{nw,eq}: 101.21 dB

5.6.5. CO. 05

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2218 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,0000
 Sfasamento: -----

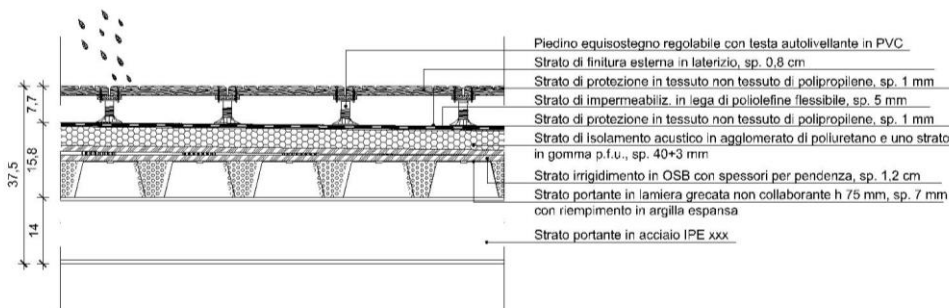
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Orizzontale

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Laterizi forati sp.8 cm.rif.1.1.19	0,008	0,200	0,040	775	934
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,120	3,750	0,032	32	1255
Pannelli di particelle pressati	0,024	0,240	0,100	500	2092
Acciaio inossidabile	0,001	0,000	17,000	8000	502
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 69. Materiali e valori corrispondenti CO.05



Spessore totale: 0,178 m

Massa Superficiale: 111.7 kg/m²R_w: 38.96 dBL_{nw,eq}: 92.32 dB

5.6.6. CO. 06

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2285 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,0000
 Sfasamento: -----

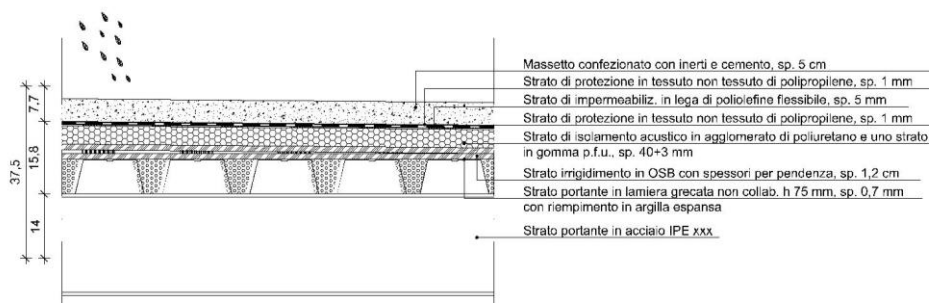
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Orizzontale

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS	0,050	0,068	0,730	1600	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,120	3,750	0,032	32	1255
Pannelli di particelle pressati	0,024	0,240	0,100	500	2092
Acciaio inossidabile	0,001	0,000	17,000	8000	502
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 70. Materiali e valori corrispondenti CO.06



Spessore totale: 0.220 m

Massa Superficiale: 134.7 kg/m²

R_w: 40.59 dB

L_{nw,eq}: 89.47 dB

5.7. Le chiusure verticali

Scendiamo adesso nel dettaglio e analizziamo le singole stratigrafie scelte.

5.7.1. CV. 01

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1389 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5519
 Sfasamento: 7h 16'

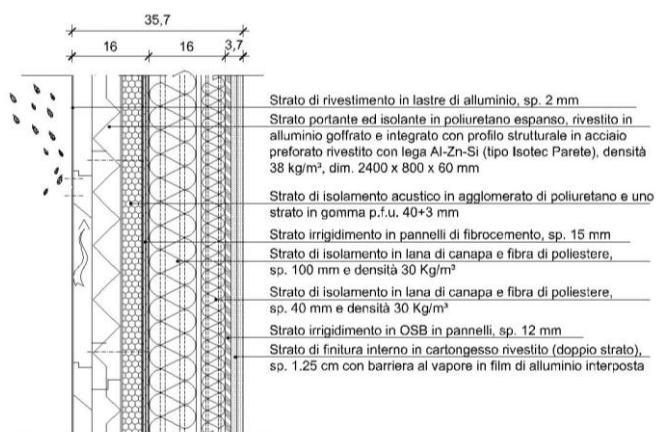
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud - Est

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Alluminio	0,002	0,000	220,000	2700	962
Camera debolmente ventilata sp.mm.50	0,050	0,090	0,556	1	1004
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne/esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Abete	0,012	0,179	0,067	450	2720
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 71. Materiali e valori corrispondenti CV.01



Spessore

0.334 m

Massa Superficiale: 70.84 kg/m²

totale:

R_w: 35.31 dB

L_{nw,eq}: 98.71 dB

5.7.2. CV. 02

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1403 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,4517
 Sfasamento: 8h 1'

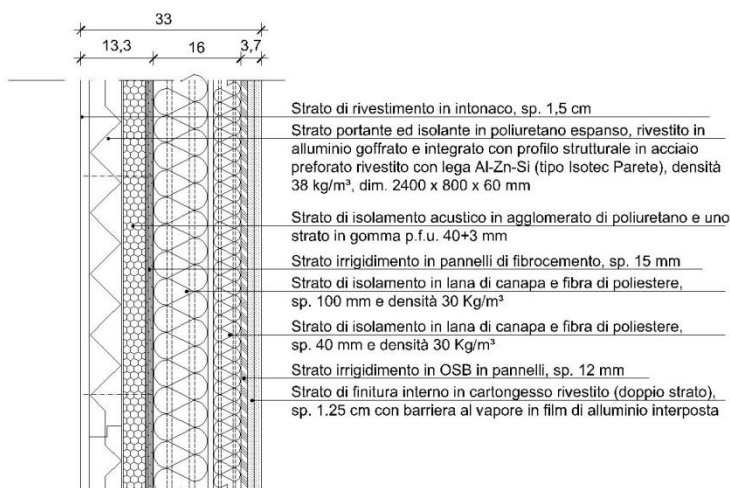
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Malta di calce o di calce e cemento	0,015	0,017	0,900	1800	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	0,012	0,179	0,067	450	2720
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 72. Materiali e valori corrispondenti CV.02

**Spessore**

0.307 m

Massa Superficiale: 71.40 kg/m²**totale:****R_w:** 35.07 dB**L_{nw,eq}:** 99.12 dB

5.7.3. CV. 03

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2388 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

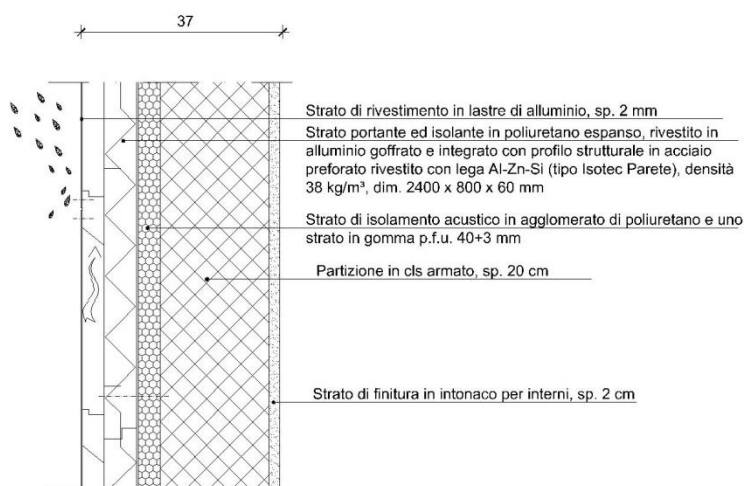
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud - Est

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Alluminio	0,002	0,000	220,000	2700	962
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti esterne	0,200	0,952	0,210	600	837
Malta di calce o di calce e cemento	0,020	0,022	0,900	1800	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 73. Materiali e valori corrispondenti CV.03



Spessore totale: 0.322 m

Massa Superficiale: 165.4 kg/m²

R_w: 42.37 dB

L_{nw,eq}: 86.35 dB

5.7.4. CV. 04

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1413 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

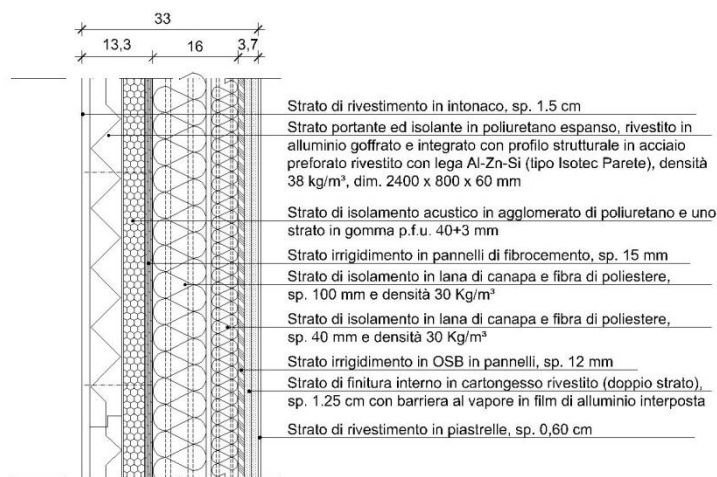
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Malta di calce o di calce e cemento	0,015	0,017	0,900	1800	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Pannelli di particelle pressati	0,012	0,120	0,100	500	2092
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Piastrelle in ceramica	0,006	0,006	1,000	2300	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 74. Materiali e valori corrispondenti CV.04

**Spessore**

0.298 m

Massa Superficiale: 78 kg/m²**R_w:** 35.84 dB**L_{nw,eq}:** 97.78 dB**totale:**

5.7.5. CV. 05

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1399 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

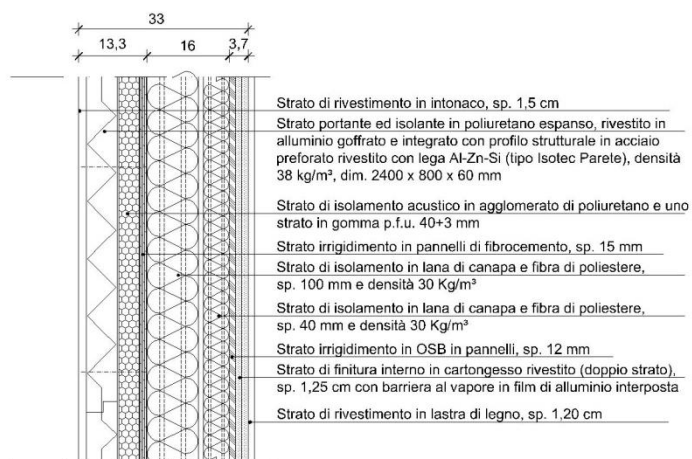
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Conduct. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Malta di calce o di calce e cemento	0,015	0,017	0,900	1800	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Pannelli di particelle pressati	0,012	0,120	0,100	500	2092
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,012	0,077	0,156	900	2092
Superficie interna		0,125			

Tabella 75. Materiali e valori corrispondenti CV.05



Spessore totale: 0.319 m

Massa Superficiale: 82.5 kg/m²R_w: 36.33 dBL_{nw,eq}: 96.92 dB

5.7.6. CV. 06

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,2345 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

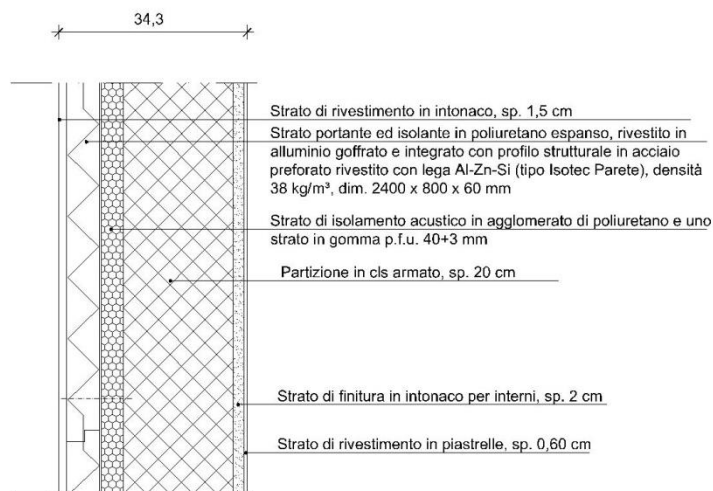
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Conduct. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Malta di calce o di calce e cemento	0,015	0,017	0,900	1800	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti esterne	0,200	0,952	0,210	600	837
Malta di calce o di calce e cemento	0,020	0,022	0,900	1800	837
Piastrelle in ceramica	0,060	0,060	1,000	2300	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 76. Materiali e valori corrispondenti CV.06



Spessore totale: 0.341 m

Massa Superficiale: 199.3 kg/m²R_w: 43.99 dBL_{nw,eq}: 83.52 dB

5.7.7. CV. 07

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1431 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,3177
 Sfasamento: 9h 15'

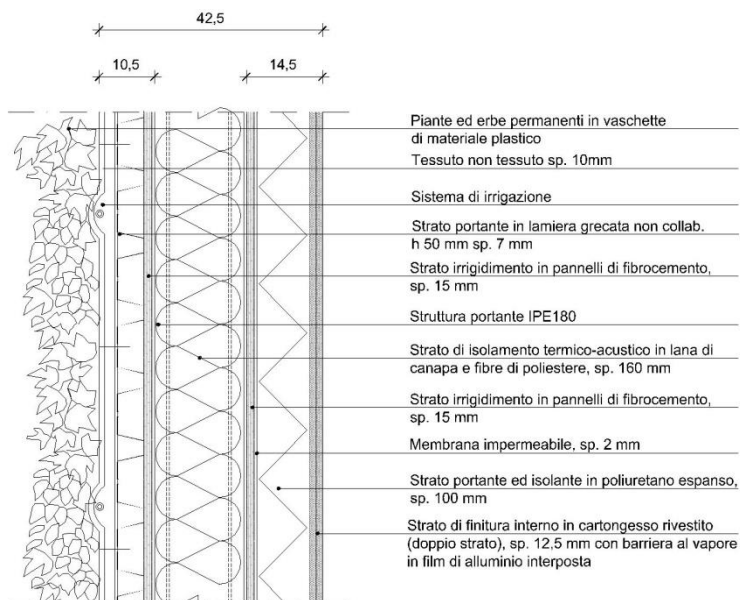
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud Irraggiamento nullo

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Conduct. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Membrana bituminosa	0,010	0,059	0,170	1200	920
Fibrocemento	0,015	0,071	0,210	900	837
Poliestere per isolamento termo-acustico	0,160	3,333	0,048	33	2092
Fibrocemento	0,015	0,071	0,210	900	837
Membrana impermeabile	0,002	0,012	0,170	1200	920
Poliuretano espanso	0,100	3,125	0,032	40	1255
Fibrocemento	0,013	0,060	0,210	900	837
Fibrocemento	0,013	0,060	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 77. Materiali e valori corrispondenti CV.07

**Spessore totale:** 0.425 m**Massa Superficiale:** 72.48 kg/m²**R_w:** 35.20 dB**L_{nw,eq}:** 98.89 dB

5.7.8. CV. 08

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1379 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

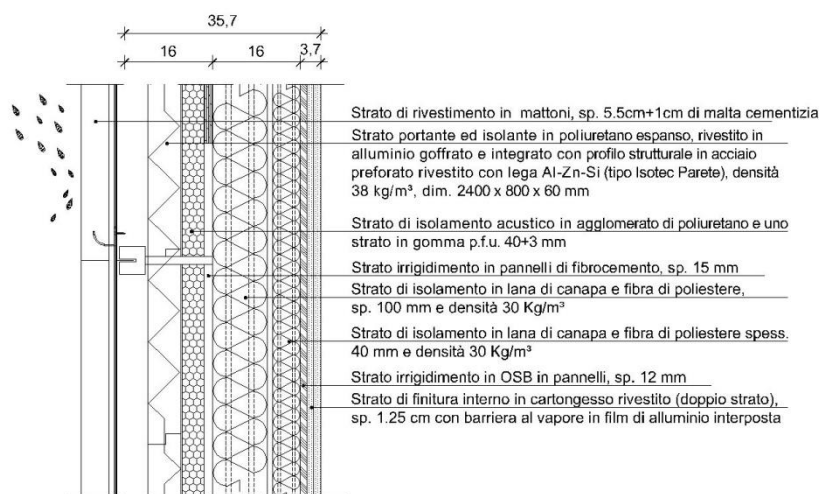
Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Nord Ovest

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
Laterizi forati sp.8 cm.rif.1.1.19	0,020	0,200	0,100	775	934
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Pannelli di particelle pressati	0,012	0,120	0,100	500	2092
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 78. Materiali e valori corrispondenti CV.08



Spessore totale: 0.312 m

Massa Superficiale: 108.2 kg/m²R_w: 38.88 dBL_{nw,eq}: 92.80 dB

5.7.9. CV. 09

Caratteristiche termiche:

Trasmittanza: 0,1368 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS cellulare da autoclave per pareti esterne	0,050	0,255	0,196	500	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Pannelli di particelle pressati	0,012	0,120	0,100	500	2092
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 79. Materiali e valori corrispondenti CV.09



Spessore totale: 0.342 m

Massa Superficiale: 76.2 kg/m²R_w: 35.64 dBL_{nw,eq}: 98.13 dB

5.7.10. CV. 10**Caratteristiche termiche:**

Trasmittanza: 0,1367 W/(m²K)
 Attenuazione: 0,5719
 Sfasamento: 6h 39'

Localizzazione:

Provincia: CO - COMO
 Zona: E Latitudine: 45° 48'
 Orientamento: Sud

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]	Condutt. [W/(mK)]	Densità [kg/m ³]	Cal. Spec. [J/(kg K)]
Superficie esterna		0,074			
CLS cellulare da autoclave per pareti esterne	0,050	0,255	0,196	500	837
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,060	1,765	0,034	25	1255
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,040	1,250	0,032	32	1255
CLS cellulare da autoclave per pareti interne o esterne protette	0,015	0,100	0,150	400	837
Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	0,140	3,500	0,040	20	1255
Pannelli di particelle pressati	0,012	0,120	0,100	500	2092
Cartongesso in lastre	0,025	0,119	0,210	900	837
Piastrelle in ceramica	0,006	0,006	1,000	2300	837
Superficie interna		0,125			

Tabella 80. Materiali e valori corrispondenti CV.10

**Spessore totale: 0.348 m****Massa Superficiale: 90 kg/m²****R_w: 37.08 dB****L_{nw,eq}: 95.6 dB**

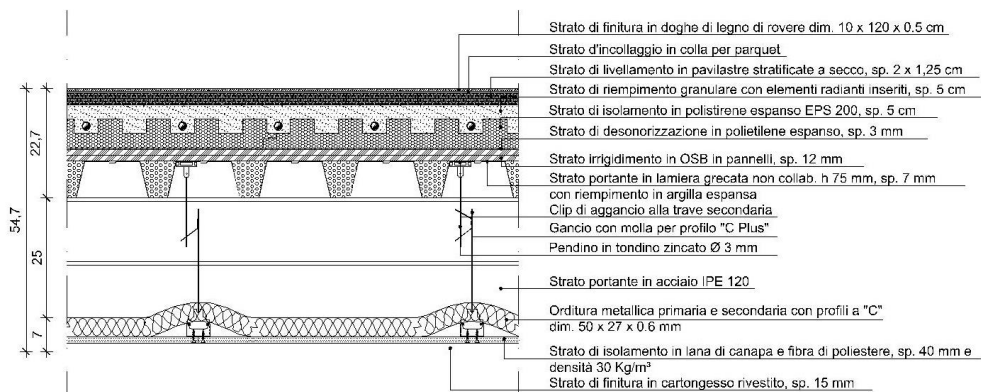
5.8. Le partizioni orizzontali

5.8.1. PO. 01

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,015	13,5
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,04	1,6
Acciaio inossidabile	0,27	2160
Acciaio inossidabile	0,007	56
Pannelli di particelle pressanti	0,05	30
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,003	0,12
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,05	2
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,005	4,5

Tabella 81. Materiali e valori corrispondenti PO.01



Spessore totale: 0.465 m

Massa Superficiale: 2290.22 kg/m²

R_w: 65.2 dB

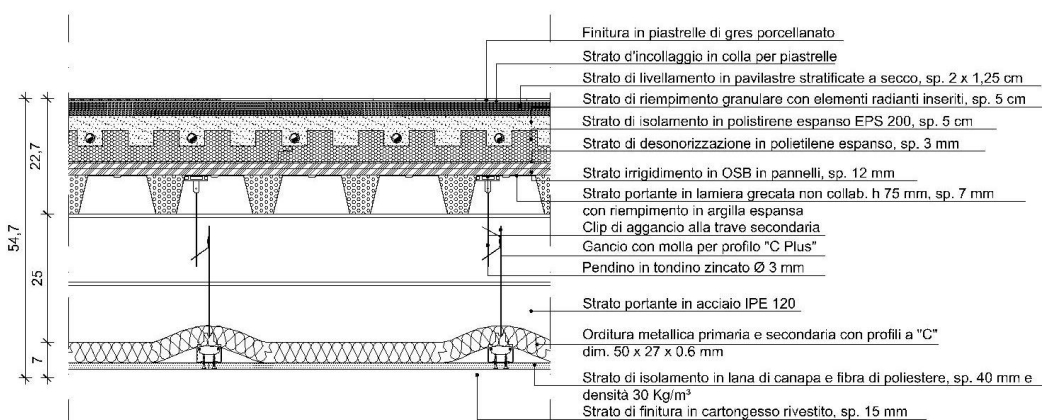
L_{nw,eq}: 46.4 dB

5.8.2. PO. 02

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,015	13,5
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,04	1,6
Acciaio inossidabile	0,27	2160
Acciaio inossidabile	0,007	56
Pannelli di particelle pressati	0,05	30
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,003	0,12
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,05	2
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Piastrelle in ceramica	0,008	18,4

Tabella 82. Materiali e valori corrispondenti PO. 02

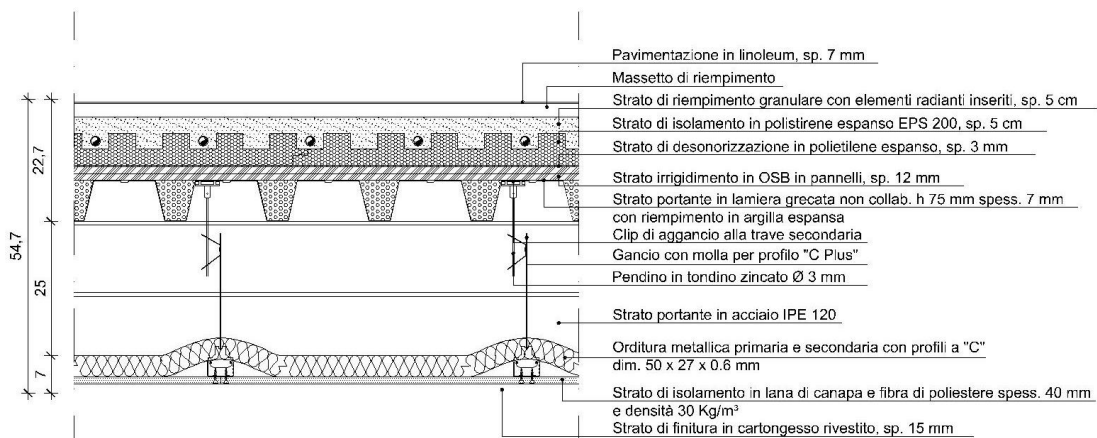
**Spessore totale:** 0.468 m**Massa Superficiale:** 2304.12 kg/m²**R_w:** 65.25 dB**L_{nw,eq}:** 46.31 dB

5.8.3. PO. 03

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,015	13,5
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,04	1,6
Acciaio inossidabile	0,27	2160
Acciaio inossidabile	0,007	56
Pannelli di particelle pressati	0,05	30
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,003	0,12
Poliuretano in lastre ricavate da blocchi	0,05	2
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0,01	12

Tabella 83. Materiali e valori corrispondenti PO. 03

**Spessore totale:** 0.470 m**Massa Superficiale:** 2297.72 kg/m²**R_w:** 65.23 dB**L_{nw,eq}:** 46.35 dB

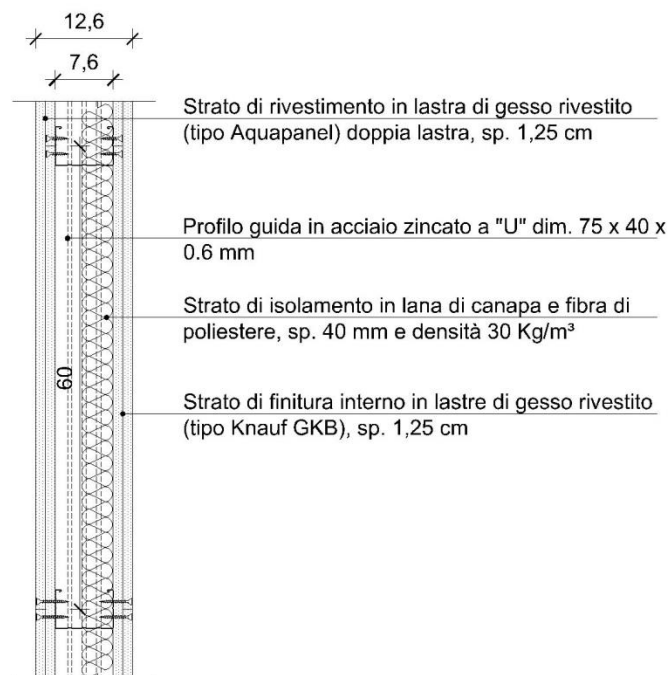
5.9. Le partizioni verticali

5.9.1. PV. 01

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Camera non ventilata	0,06	0,06
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5

Tabella 84. Materiali e valori corrispondenti PV. 01



Spessore totale: 0.150 m

Massa Superficiale: 47.70 kg/m²

R_w: 31.2 dB

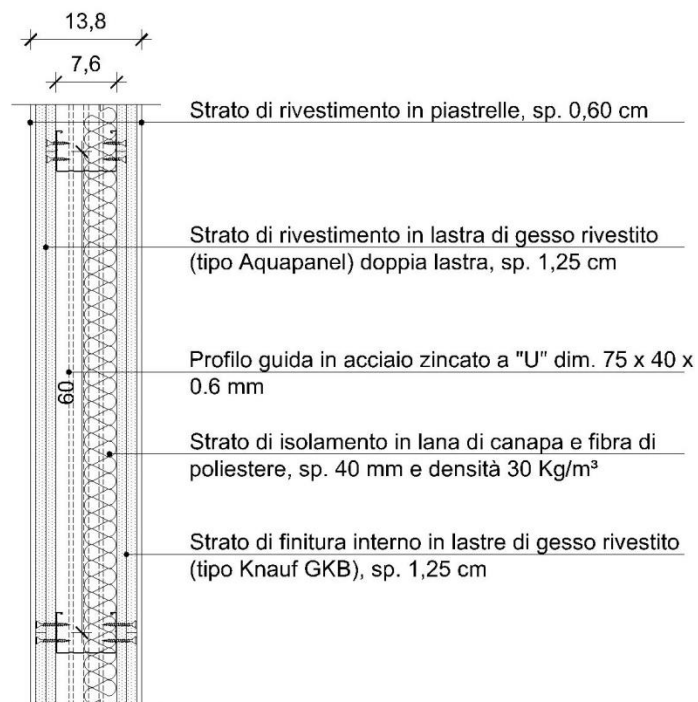
L_{nw,eq}: 105.9 dB

5.9.2. PV. 02

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Camera non ventilata	0,06	0,06
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8

Tabella 85. Materiali e valori corrispondenti PV. 02

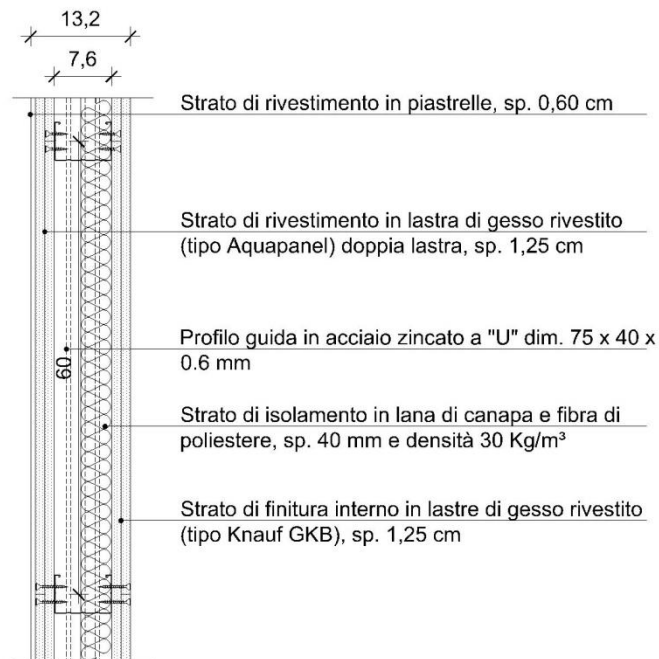
**Spessore totale:** 0.162 m**R_w:** 35.3 dB**Massa Superficiale:** 73.30 kg/m²**L_{nw,eq}:** 98.72 dB

5.9.3. PV. 03

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Camera non ventilata	0,06	0,06
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5

Tabella 86. Materiali e valori corrispondenti PV. 03

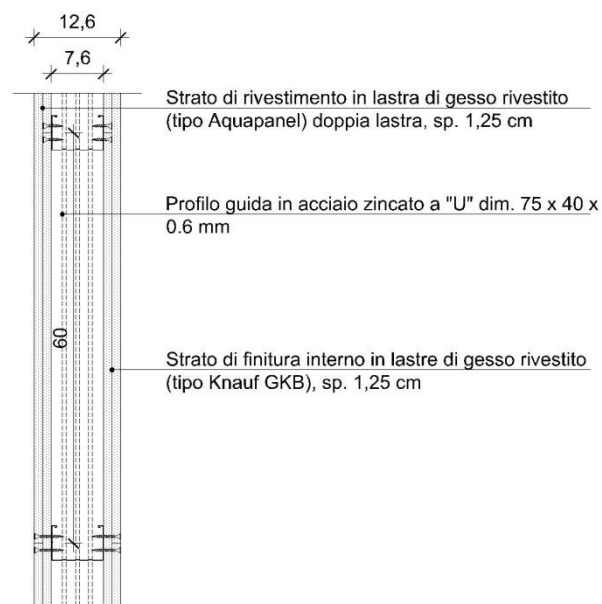
**Spessore totale:** 0.156 m**Massa Superficiale:** 59.50 kg/m²**R_w:** 33.49 dB**L_{nw,eq}:** 101.89 dB

5.9.4. PV. 04

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Camera non ventilata	0,12	0,06
Cartongesso in lastre	0,025	22,5

Tabella 87. Materiali e valori corrispondenti PV. 04



Spessore totale: 0.126 m

R_w: 31.56 dB

Massa Superficiale: 47.62 kg/m²

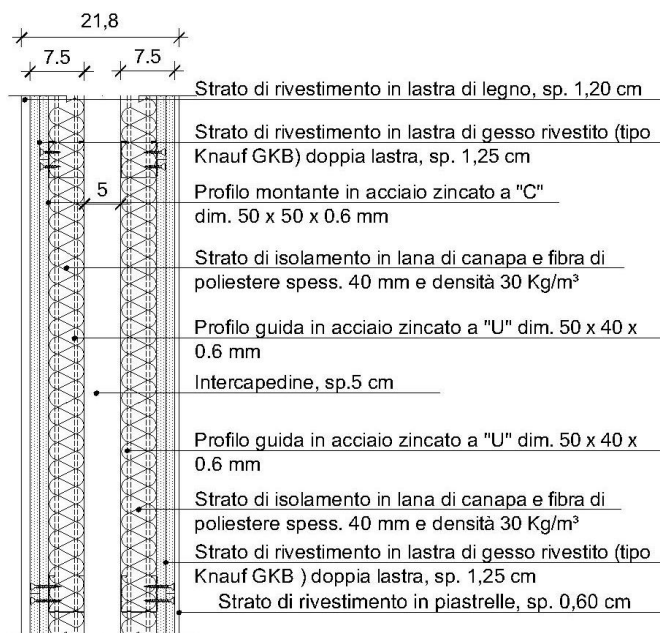
L_{nw,eq}: 105.28 dB

5.9.5. PV. 05

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,012	10,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Feltri resinati in fibre di vetro	0,06	0,96
Camera non ventilata	0,05	0,05
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8

Tabella 88. Materiali e valori corrispondenti PV. 05

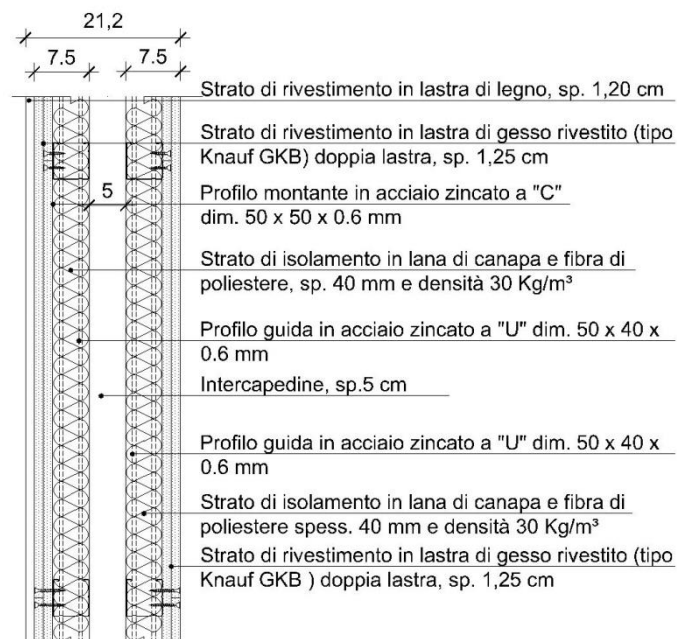
**Spessore totale:** 0.218 m**Massa Superficiale:** 71.25 kg/m²**R_w:** 35.06 dB**L_{nw,eq}:** 99.15 dB

5.9.6. PV. 06

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Pannelli di fibre di legno duri ed extraduri	0,012	10,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Feltri resinati in fibre di vetro	0,06	0,96
Camera non ventilata	0,05	0,05
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5

Tabella 89. Materiali e valori corrispondenti PV. 06

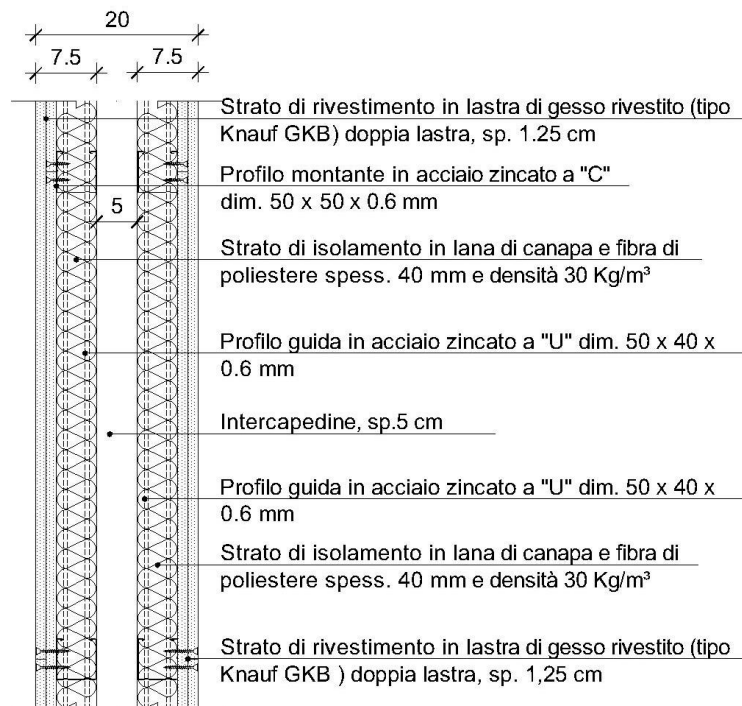
**Spessore totale:** 0.212 m**Massa Superficiale:** 57.45 kg/m²**R_w:** 33.19 dB**L_{nw,eq}:** 102.42 dB

5.9.7. PV. 07

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Feltri resinati in fibre di vetro	0,06	0,96
Camera non ventilata	0,05	0,05
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64

Tabella 90. Materiali e valori corrispondenti PV. 07

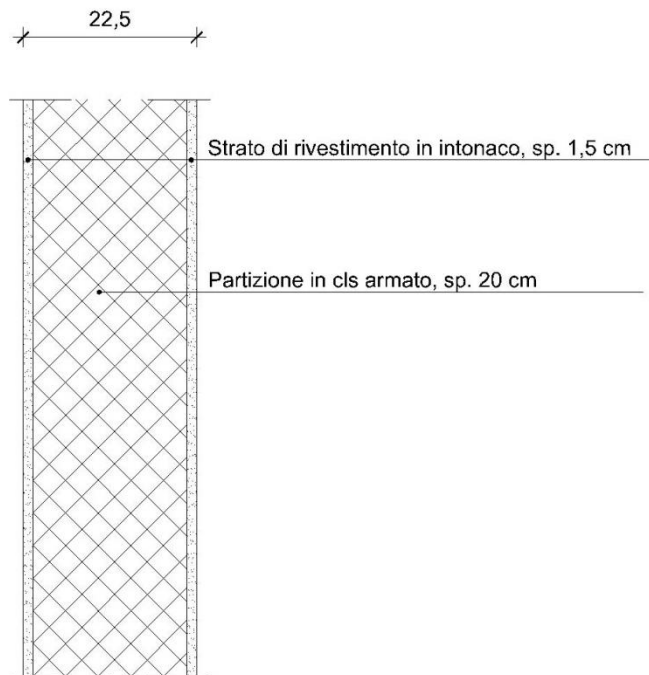
**Spessore totale:** 0.200 m**Massa Superficiale:** 46.65 kg/m²**R_w:** 31.38 dB**L_{nw,eq}:** 105.59 dB

5.9.8. PV. 08

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Malte di gesso per intonaci o in pannelli	0,015	13,5
CLS di argilla espansa per pareti interne	0,2	140
Malte di gesso per intonaci o in pannelli	0,015	13,5

Tabella 91. Materiali e valori corrispondenti PV. 08



Spessore totale: 0.230 m

R_w: 42.45 dB

Massa Superficiale: 167.00 kg/m²

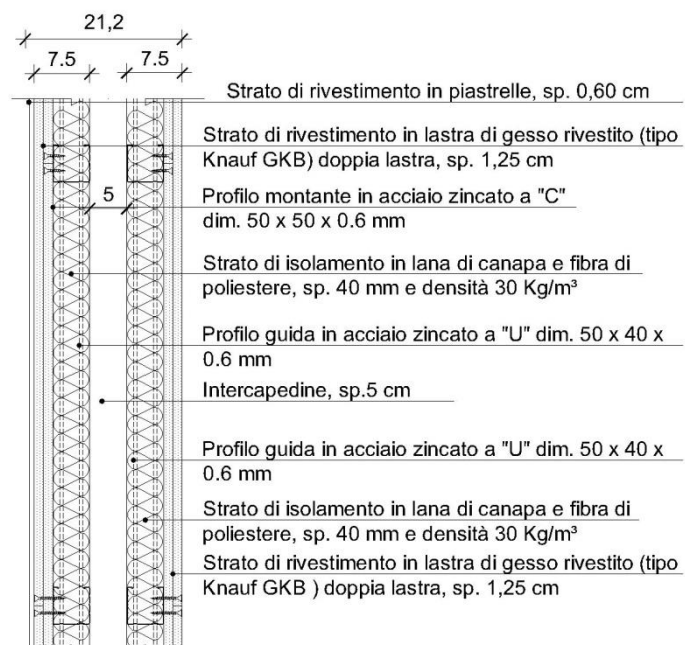
L_{nw,eq}: 86.2 dB

5.9.9. PV. 09

Stratigrafia:

Materiale	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Feltri resinati in fibre di vetro	0,06	0,96
Camera non ventilata	0,05	0,05
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5

Tabella 92. Materiali e valori corrispondenti PV. 09

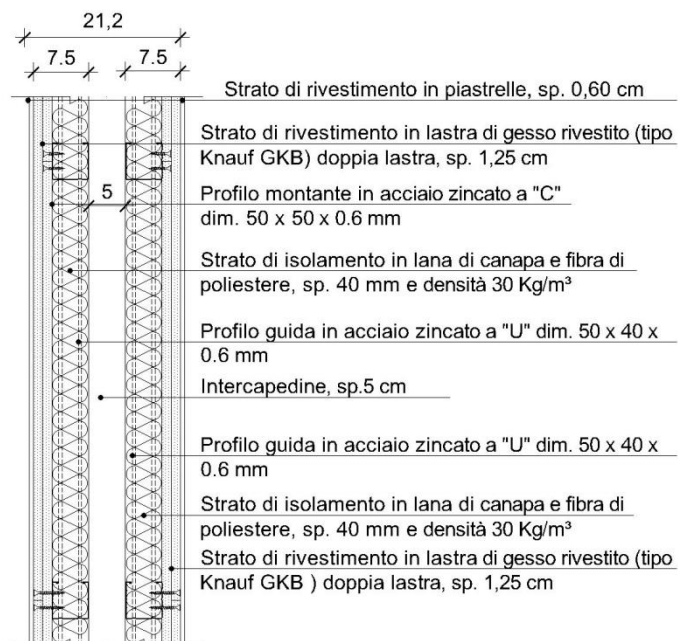
**Spessore totale:** 0.206 m**Massa Superficiale:** 60.45 kg/m²**R_w:** 33.63 dB**L_{nw,eq}:** 101.65 dB

5.9.10. PV. 10

Stratigrafia:

Materiali	Spessore [m]	Resistenza [m ² K/W]
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Feltri resinati in fibre di vetro	0,06	0,96
Camera non ventilata	0,05	0,05
Feltri resinati in fibre di vetro	0,04	0,64
Cartongesso in lastre	0,025	22,5
Piastrelle in ceramica	0,006	13,8

Tabella 93. Materiali e valori corrispondenti PV. 10



Spessore totale: 0.212 m

Massa Superficiale: 74.25 kg/m²

R_w: 35.41 dB

L_{nw,eq}: 98.53 dB

6. PROGETTO STRUTTURALE⁹

6.1. Caratteristiche generali del progetto

Il progetto, che si sviluppa in tre edifici separati, uniti solo da passerelle in quota, è caratterizzato da forme quasi rettangolari. Solo l'edificio dove sono ubicate le aule presenta il blocco scale che prosegue fino al piano copertura, consentendone l'accesso e l'utilizzo.

Tra il piano terra e il primo piano di tutti gli edifici vi è continuità strutturale, ovvero i pilastri non subiscono variazioni di posizione, tranne al primo piano della Cassa Edile, dove nell'Auditorium è presente una trave reticolare, che permette di togliere i pilastri al centro per ottenere uno spazio libero e migliorare la visuale degli spettatori.

La copertura calpestabile sopra il cantiere scuola è stata utilizzata sia come piastra tecnica, dove collocare gli impianti, sia come punto dove posizionare l'impianto fotovoltaico che alimenterà l'edificio sia in fase estiva (raffrescamento) sia in quella invernale (riscaldamento).

Gli ingressi dell'ESPE e dell'edificio aule prevedono un arretramento della struttura portante verticale al piano terra per ottenere un ingresso vetrato senza strutture a vista.

6.2. Caratteristiche strutturali

Il progetto prevede una struttura quasi interamente in acciaio, ad eccezione dei muri portanti dei vani scale e dei vani ascensore, realizzati invece in cemento armato. Ai profili dei pilastri sono saldate piastre a L per la bullonatura in cantiere delle travi, così come l'unione tra travi principali e traversi è realizzata mediante bullonatura a piastre pre-saldate.

Le solette sono realizzate con lamiera grecata e pacchetti S/R, ad eccezione del solaio contro terra per cui è previsto un vespaio aerato con elementi prefabbricati e getto armato.

Per il controventamento si sfruttano i setti paralleli in cemento armato del corpo scala, mentre si ricorre a cavi d'acciaio nella direzione ad essi ortogonale. E' da specificare che la chiusura dei vani scala tra i setti paralleli in cemento armato è affidata a una struttura in acciaio composta da croci di controvento.

Si riportano di seguito l'analisi ed il calcolo strutturale relativi agli edifici destinati a uffici dell'ESPE, della Cassa Edile e del blocco aule annesso al cantiere scuola.

⁹ Le immagini di questo capitolo sono tratte da: Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008.

6.3. Azioni Agenti

Si definisce “azione” ogni causa capace di indurre stati limite in una struttura.

Le azioni agenti sulle costruzioni possono essere classificate in diversi modi e secondo diverse categorie, a seconda del parametro analizzato.

Nella Normativa di riferimento¹⁰ si distinguono le azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo:

a) *permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione; la loro variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, approssimativamente, costanti nel tempo.

Fanno parte di questa categoria:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- peso proprio del terreno, quando pertinente;
- forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
- forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);

b) *variabili* (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo; si distinguono in:

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

c) *eccezionali* (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura, come incendi, esplosioni, urti ed impatti;

d) *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

¹⁰ Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo § 2.5.1.3

6.3.1. Peso proprio dei materiali strutturali (G_1)

Il peso proprio dei materiali strutturali dipende strettamente dal tipo di sezione e di acciaio utilizzati, fattori direttamente collegati al dimensionamento degli elementi strutturali. Si procederà in seguito alla loro determinazione.

6.3.2. Carichi permanenti non strutturali (G_2)

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisorii interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro.

Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti.

In linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti.

I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

In base a queste indicazioni e in base alle soluzioni tecnologiche adottate, è stato effettuato il calcolo del peso proprio delle varie stratigrafie presenti all'interno del nostro progetto, servendosi dei valori forniti¹¹ e dei vari pesi degli elementi componenti, ricavati dalle schede tecniche o da altre norme di riferimento.

6.3.3. Peso proprio dei materiali strutturali

Il peso proprio dei materiali strutturali dipende strettamente dal tipo di sezione e di acciaio utilizzati, fattori direttamente collegati al dimensionamento degli elementi strutturali. Si procederà in seguito alla loro determinazione.

¹¹ Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, tabella 3.1.1.

6.3.4. Carichi permanenti non strutturali

Vengono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti¹².

Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti.

In linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni.

I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

6.3.5. Elementi divisori interni

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$.

Nel nostro caso, per mantenere un sufficiente margine di sicurezza, si tiene conto della condizione più gravosa; di conseguenza si considera un carico

$$g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2.$$

¹² Con riferimento al capitolo 3.1.3 del D.M. del 14/01/2008.

6.3.6. Carichi variabili

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²],
- carichi verticali concentrati Q_k [kN],
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m].

I valori di tali tipi di carichi sono riportati nel § 3.1.3, Tabella 3.1.II¹³.

In base a tali dati il nostro edificio risulta appartenente alla Categoria A: ambienti ad uso residenziale; come tale i suoi parametri di riferimento risultano pari a:

- $q_k = 2$ kN/m²
- $Q_k = 2$ kN
- $H_k = 1$ kN/m

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
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 secondo categoria di appartenenza —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Tabella 94. Valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edifici

¹³ Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008.

6.4. Azione del vento

Il vento, considerato in genere in direzione orizzontale, esercita sull'edificio un'azione che comporta effetti "dinamici", visto che varia nel tempo e nello spazio; per questo motivo si tende a considerare l'azione del vento come *azione statica equivalente*, cioè una combinazione di pressioni e depressioni, agenti su tutti gli elementi che costituiscono la superficie esterna ed interna della costruzione; tra questi valori viene scelto, come riferimento, quello più gravoso.

Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte e che tengano conto della dinamica del sistema. L'azione totale agente sulla costruzione viene considerata come somma di tutte le azioni agenti sui singoli elementi e viene ricavata considerando come azione del vento quella corrispondente ad uno dei due assi della pianta dell'edificio.

In base alle indicazioni fornite dalla normativa¹⁴, sono stati scelti i valori riferiti al territorio di Lecco e da lì sono stati effettuati i relativi calcoli, in modo da ricavare il valore della pressione esterna agente sull'edificio. Il primo parametro da considerare è v_b , pari al valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo, riferita ad un tempo di ritorno di 50 anni. Il § 3.3.2 della Normativa fornisce le formule per ricavare questo valore; nel caso in esame:

$$v_b = v_{b,0}$$

dove $v_{b,0}$ è un coefficiente caratteristico, fornito dalla collocazione geografica (regionale) del sito, secondo le disposizioni della Tabella 95:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Tabella 95. Valori dei parametri del vento

¹⁴ Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.3.2.

La città di Como appartiene alla *Zona 1*, quindi:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Il parametro più significativo per valutare l'azione del vento è però la pressione p , pari a:

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

In base alle disposizioni del § 3.3.6 q_b , valore indicante la pressione cinetica di riferimento, viene ricavato dalla formula:

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

Nel nostro caso risulta: $q_b = 390,625 \text{ N/m}^2$ (avendo considerato $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$).

Il coefficiente di esposizione¹⁵ C_e , in funzione dell'altezza (z) del punto di applicazione della forza del vento, rispetto alla quota 0.00 m (dove sorge l'edificio); nel caso esaminato questo punto viene posto a livello del baricentro della facciata, ad un'altezza di 3 m. La relazione considerata è perciò $C_e(z) = C_e(z_{\min})$ perché $z < z_{\min}$.



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

I valori z_{\min} e $C_e(z_{\min})$ vengono ricavati da una serie di Tabelle fornite sempre al § 3.3.7: dalla Figura 3.3.2 viene ricavata la *Categoria di esposizione del sito*, in funzione della *Classe di rugosità del terreno* e della *Zona di appartenenza*; in funzione della *Categoria di esposizione* ricavata, viene poi trovato il valore di $z(\min)$ dalla Tabella 96:

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Tabella 96. Classi di rugosità del terreno

¹⁵ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.3.7

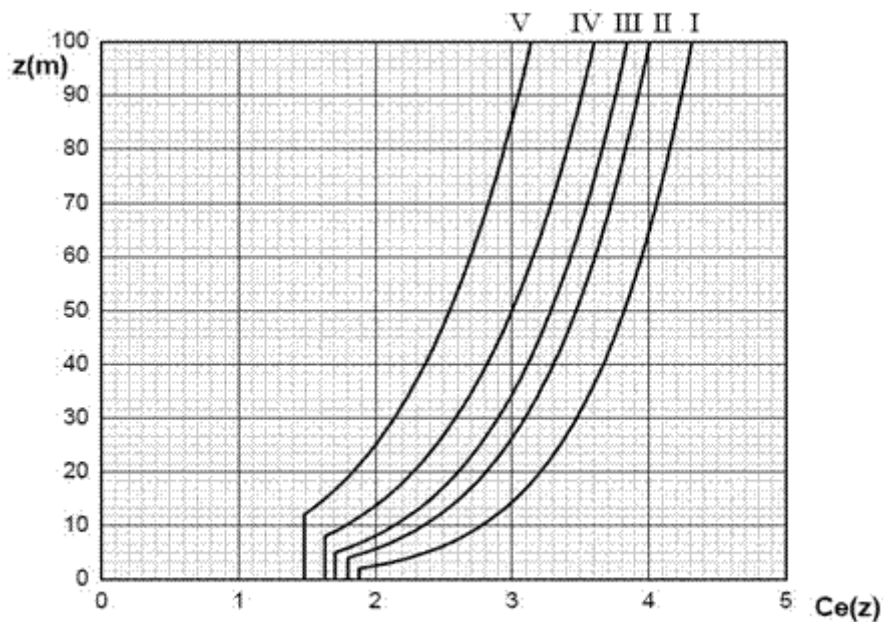
ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Tabella 97. Individuazione zona

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 98. Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

In realtà il valore $c_e(z)$ può essere semplicemente ricavato dal grafico seguente, in relazione al corrispondente valore di z :

Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e con la quota (per $c_t = 1$)

Avendo considerato $z = 3$ m:

$$c_e = 1,5$$

Gli effetti torsionali, di distacco dei vortici e i fenomeni di natura aeroelastica sono trascurabili poiché la costruzione analizzata è di dimensioni moderate e simmetriche.

Calcoliamo dunque le pressioni:

$$P \text{ (pareti sopravento, } z < 12\text{m)} = 468,75 \text{ N/m}^2$$

$$P \text{ (pareti } z < 12\text{m)} = 703,13 \text{ N/m}^2$$

$$P \text{ (pareti sottovento, } z < 12 \text{ m)} = - 234,38 \text{ N/m}^2$$

Non consideriamo l'effetto di risucchio verso l'alto del vento sulla copertura piana perché costituirebbe una forza verticale diretta verso l'alto che non renderebbe più critico lo stato di carico verticale sulle strutture.

Il carico del vento eseguito con la procedura descritta dal D.M. del 16/01/1996 risulta esattamente lo stesso di quello appena calcolato considerando il D.M. del 14/01/2008.

6.5. Azione della neve

Il valore del carico da neve agente su un edificio viene valutato tramite l'opportuna formula¹⁶:

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

dove ogni parametro rappresenta un valore caratteristico particolare da ricavare per ogni costruzione.

Il valore del carico viene valutato come agente in direzione verticale sulla superficie di copertura dell'edificio; di quest'ultima si considera la proiezione orizzontale al suolo.

Il parametro q_{sk} rappresenta il carico da neve valutato al suolo; il suo valore dipende dalle condizioni climatiche del sito di progetto, ma, data la difficoltà di reperire informazioni specifiche per ogni luogo, vengono fornite dalla normativa¹⁷ delle formule approssimative (basate su un periodo di ritorno di 50 anni), che prendono in considerazione il parametro a_s , cioè la quota del suolo sul livello del mare, nel sito di realizzazione dell'edificio.

¹⁶ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.4.1

¹⁷ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.4.2

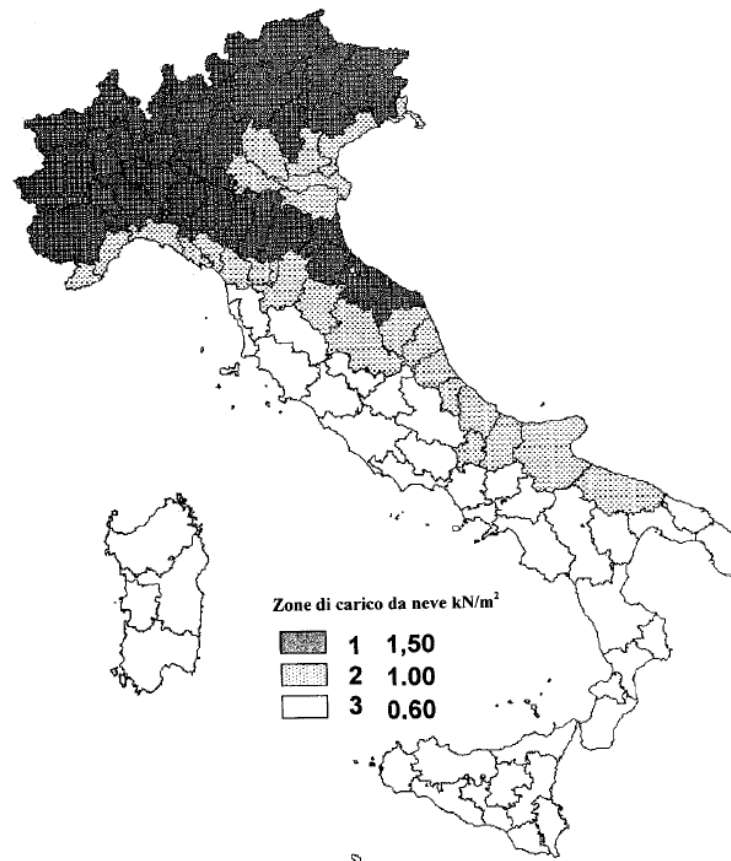


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

In base alla classificazione normativa¹⁸, la città di Como appartiene alla *Zona I – Alpina*, ed essendo il valore di $a_s > 200$ m s.l.m., (è pari infatti a 214 m s.l.m.), il carico da neve al suolo viene ricavato dalla:

$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

con risultato pari a $q_{sk} = 1,5 \text{ kN/m}^2$.

C_E rappresenta il coefficiente di esposizione usato per modificare il valore del carico da neve in copertura, a seconda dell'area di progetto; a meno di indicazioni specifiche esso viene in genere considerato con valore $C_E = 1$. Questo in base anche al fatto che la località di Como può essere classificata come appartenente alla categoria Normale¹⁹ (in base al parametro della Topografia) e quindi il suo valore sarebbe pari a 1.

¹⁸ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.4.2

¹⁹ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, Tabella 3.4.I al paragrafo 3.4.3

Topografia	Descrizione	C _E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 99. Valori di C_E per diverse classi di topografia

C_t rappresenta il coefficiente termico, valore introdotto per tener conto dello scioglimento della neve posata in copertura, a causa del calore disperso dall'edificio; il suo valore viene posto pari a 1.

Il parametro μ_i corrisponde al coefficiente di forma, introdotto per tener conto dell'angolo formato dalla falda con l'orizzontale; a seconda dell'inclinazione della copertura e del numero di falde, i valori di questo coefficiente cambiano, e devono essere valutati in base alle indicazioni della Normativa²⁰.

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Tabella 100. Valori dei coefficienti di forma

L'edificio in esame presenta una copertura piana, quindi con inclinazione nulla; dalla Tabella 3.4.II, § 3.4.5.1, $\mu_i = 0,8$.

In base ai calcoli effettuati si ottiene:

$$q_s = 1,21 \text{ kN/m}^2$$

6.6. Azione sismica

L'azione di un sisma su una costruzione viene analizzata in primo luogo in base al livello di "pericolosità sismica di base" del sito di progetto. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri²¹ su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione massima orizzontale sul sito

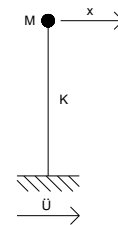
²⁰ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafi 3.4.5.1 e 3.4.5.2

²¹ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, Allegato B

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso di edifici regolari (sia in pianta che in elevazione) e per un periodo proprio fondamentale inferiore a 2 secondi, si usa un approccio semplificato: l'*analisi lineare statica*. Questo sistema consiste nell'applicare forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica²². Il metodo semplifica la realtà riducendo ogni piano ad una sola massa e assumendo un solo periodo proprio della struttura; il numero dei gradi di libertà dello schema semplificativo è pari al numero di impalcati presenti nel nostro edificio.



L'analisi consiste nel determinare, come primo valore, T_1 , corrispondente al *periodo proprio della struttura*; per costruzioni che non superano i 40 m di altezza e che presentano una massa uniformemente distribuita lungo l'altezza²³:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

C_1 è un parametro fisso dipendente dal tipo di struttura e pari a 0,085 per le strutture a telaio in acciaio; H invece è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione.

$$T_1 = 0,085 \cdot 10,8^{3/4} = 0,51 \text{ s}$$

Da qui si passa poi all'osservazione dello spettro: questo grafico viene costruito con il periodo proprio come variabile indipendente (espressa in secondi) e l'accelerazione S_d come variabile dipendente (espressa in m/s^2); dal valore T_1 ricavato per l'edificio in esame si può dedurre il valore S_d dell'edificio, pari all'accelerazione subita dalla struttura in conseguenza dell'azione sismica.

Dall'analisi dei grafici qualitativi di questi parametri si possono evincere le informazioni necessarie allo sviluppo del dimensionamento delle strutture, avendo nota la forza che deriva dal sisma.

6.6.1. Spettro di risposta elastico (accelerazione componenti orizzontali)

L'accelerazione del suolo è data dalla somma di due componenti: quella orizzontale e quella verticale. Per determinare la componente orizzontale dell'accelerazione, si inizia localizzando il progetto e derivando quindi vari parametri relativi al sito di progetto.

²² Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 7.3.3.2

²³ Vd nota 18.

Dalla Tabella 101²⁴ si sceglie la categoria di sottosuolo presente sul sito, o almeno la più adatta; nel caso in analisi la categoria di sottosuolo è la C.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 101. Categorie di sottosuolo

Si procede dunque alla stima del periodo di vita dell'edificio, che, nel caso in analisi, è posto pari a 50 anni $\rightarrow T_r=50$.

Per i riferimenti successivi T^* indicherà un generico periodo di tempo, di volta in volta specificato.

Il passo successivo nella valutazione sismica, consiste nel determinare univocamente il sito di progetto. Ciò si può fare mediante la determinazione delle coordinate del luogo:

- Latitudine: 45,8109°
- Longitudine: 9,0885°

ID	LON	LAT	$T_r=30$			$T_r=50$			$T_r=72$			$T_r=101$			$T_r=140$			$T_r=201$			$T_r=475$			$T_r=975$			$T_r=2475$		
			a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c	a_g	F_a	T_c
9156	9.3523	46.166	0.176	2.63	0.18	0.218	2.63	0.18	0.252	2.62	0.19	0.284	2.67	0.20	0.315	2.68	0.22	0.349	2.69	0.23	0.439	2.70	0.27	0.527	2.74	0.30	0.648	2.84	0.32
13817	9.3037	45.115	0.271	2.52	0.19	0.342	2.54	0.22	0.391	2.56	0.24	0.460	2.49	0.28	0.532	2.51	0.28	0.615	2.51	0.27	0.694	2.45	0.28	1.190	2.46	0.28	1.660	2.46	0.29
9378	9.3858	46.116	0.176	2.63	0.18	0.217	2.62	0.18	0.251	2.62	0.19	0.282	2.67	0.20	0.313	2.68	0.22	0.347	2.69	0.23	0.435	2.70	0.28	0.523	2.73	0.30	0.644	2.84	0.32
14039	9.3871	45.065	0.283	2.52	0.20	0.354	2.54	0.22	0.408	2.55	0.24	0.483	2.49	0.25	0.555	2.50	0.28	0.648	2.49	0.27	0.934	2.45	0.28	1.237	2.46	0.28	1.712	2.46	0.29
9600	9.3892	46.066	0.177	2.63	0.18	0.219	2.62	0.18	0.253	2.61	0.19	0.284	2.67	0.20	0.315	2.68	0.22	0.349	2.69	0.23	0.439	2.70	0.28	0.529	2.75	0.30	0.653	2.84	0.32
14261	9.3905	45.015	0.234	2.50	0.20	0.366	2.54	0.22	0.427	2.52	0.24	0.501	2.50	0.25	0.573	2.51	0.28	0.671	2.46	0.27	0.957	2.46	0.28	1.262	2.46	0.28	1.736	2.46	0.29
9522	9.3927	46.018	0.180	2.62	0.18	0.223	2.61	0.18	0.257	2.60	0.19	0.290	2.65	0.20	0.321	2.67	0.22	0.356	2.69	0.23	0.451	2.70	0.28	0.544	2.75	0.30	0.677	2.83	0.32
14483	9.3939	44.985	0.305	2.30	0.20	0.378	2.35	0.22	0.444	2.51	0.24	0.516	2.51	0.25	0.591	2.52	0.28	0.688	2.49	0.29	0.972	2.47	0.28	1.276	2.47	0.28	1.748	2.47	0.29
10044	9.3862	45.966	0.183	2.61	0.18	0.229	2.61	0.18	0.265	2.63	0.19	0.299	2.63	0.21	0.331	2.65	0.22	0.367	2.67	0.24	0.471	2.69	0.28	0.568	2.73	0.30	0.718	2.82	0.32
14705	9.3973	44.915	0.316	2.51	0.20	0.388	2.55	0.22	0.459	2.51	0.24	0.530	2.52	0.25	0.598	2.54	0.27	0.702	2.50	0.27	0.983	2.48	0.28	1.286	2.47	0.29	1.755	2.47	0.29
10266	9.3996	45.916	0.188	2.61	0.18	0.238	2.59	0.18	0.275	2.60	0.20	0.311	2.61	0.21	0.344	2.63	0.22	0.382	2.65	0.25	0.498	2.66	0.28	0.603	2.70	0.30	0.776	2.76	0.31
14927	9.4007	44.865	0.326	2.51	0.21	0.399	2.56	0.22	0.473	2.51	0.24	0.542	2.53	0.25	0.613	2.54	0.27	0.715	2.51	0.27	0.994	2.49	0.28	1.295	2.47	0.29	1.762	2.48	0.29
10488	9.4031	45.866	0.194	2.60	0.18	0.249	2.55	0.19	0.288	2.58	0.20	0.325	2.60	0.22	0.361	2.62	0.23	0.401	2.63	0.25	0.533	2.64	0.28	0.659	2.64	0.30	0.850	2.71	0.31
15149	9.4041	44.815	0.337	2.51	0.21	0.414	2.54	0.22	0.497	2.51	0.24	0.556	2.54	0.25	0.630	2.54	0.27	0.729	2.52	0.27	1.006	2.50	0.28	1.308	2.47	0.29	1.773	2.48	0.30
10710	9.4068	45.816	0.201	2.58	0.18	0.261	2.55	0.19	0.303	2.56	0.21	0.342	2.59	0.22	0.379	2.60	0.23	0.431	2.58	0.25	0.571	2.63	0.28	0.713	2.64	0.29	0.935	2.70	0.31
15371	9.4075	44.785	0.348	2.51	0.21	0.431	2.52	0.23	0.503	2.52	0.24	0.571	2.54	0.26	0.649	2.54	0.27	0.747	2.53	0.27	1.028	2.50	0.29	1.328	2.47	0.29	1.791	2.48	0.30
10932	9.41	45.766	0.209	2.56	0.18	0.272	2.52	0.19	0.317	2.55	0.21	0.358	2.57	0.22	0.398	2.59	0.23	0.460	2.56	0.25	0.609	2.62	0.28	0.770	2.62	0.29	1.035	2.64	0.30

Tabella 102. Determinazione coordinate

²⁴ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 3.2.2

Dalla Tabella allegata al D.M. si incrociano dati, determinati ricavandone i valori di:

$$F_0 = 2,55 \text{ [adm]}$$

$$a_g = 0,249 \text{ [g/10]} \rightarrow a_g = (0,249 \cdot 9,81) \cdot 10 = 0,244 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$T_c^* = 0,19 \text{ [s]}$$

Tali valori risulteranno fondamentali per il calcolo dell'azione sismica.

Si ricorda che: $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ è l'accelerazione gravitazionale.

Si procede poi alla determinazione di ulteriori parametri nota la categoria del sottosuolo.

Dalla Tabella 3.2.V ricaviamo il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , il quale ha la seguente espressione

$$S_s = 1,70 - (0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g) \text{ [adm]}$$

Il valore risultante dovrebbe essere compreso tra $1,00 \leq S_s \leq 1,50$, invece risulta $S_s = 1,66$, allora si limita il valore a 1,5.

Dalla Tabella 3.2.VI, scelta la opportuna categoria topografica (T1), si ricava il valore del coefficiente:

$$S_T = 1,0 \text{ [adm]} \quad \text{coefficiente di amplificazione topografica}$$

Combinando i valori del coefficiente S_s e del coefficiente S_T si ottiene:

$$S = S_s \cdot S_T = 1,66 \text{ [adm]}$$

Per la determinazione del fattore η , che altera lo spettro elastico in funzione di ξ , si procede come enunciato di seguito.

$$\xi = 5 \% = 0,005 \text{ [adm]} \quad \text{coefficiente di smorzamento viscoso}$$

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 103. Espressioni di S_s e di C_c

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 104. Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \qquad F_V = 1,35 \cdot F_O \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

Risulta essere: $\eta = 1,4072$ [adm] $\rightarrow \eta \geq 0,55$

Sempre dalla Tabella 3.2.V (riportata sopra) ricaviamo, con la medesima categoria di sottosuolo (C), il coefficiente C_C . Da qui otteniamo che:

$$T_C = C_C \cdot (T_C^*) \text{ [s]} \quad \rightarrow C_C = 1,816$$

Questo è il valore del periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro [s] da cui:

$$C_C = 1,05 (T_C^*)^{-0,33}$$

e sostituendo: $T_C = 0,345$ [s]

$T_B = \frac{T_C}{3}$ Periodo riferito all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro da cui:

$$T_B = 0,115 \text{ [s]}$$

$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$ Periodo riferito all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro da cui:

$$T_D = 1,7 \text{ [s]}$$

Una volta determinati i coefficienti sopra descritti, si procede al campionamento dei valori dello spettro risultante $S_e(T)$, tramite una serie di T seguendo la casistica riportata.

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

6.6.2. Spettro di risposta elastico (accelerazione componente verticale)

Premesso che i parametri rimangono costanti (a_g , η , S_T , T_C^*), si passa alla determinazione del valore della F_v , corrispondente al fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in funzione della già nota F_o .

$$\rightarrow F_v = 0,543 \text{ [adm]}$$

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 105. Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico

Dalla Tabella 3.2.VII (sopra riportata) si ricavano gli altri valori necessari alla casistica dello spettro sismico determinato dalle equazioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

6.7. Azione della temperatura

Le variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali²⁵. La severità delle azioni termiche è in generale influenzata da più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura e l'eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti. Nel caso specifico, considerato gli alti livelli di isolamento e protezione delle strutture in acciaio, le azioni della temperatura risultano trascurabili.

²⁵ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, capitolo 3.5

6.8. Struttura in acciaio: analisi strutturale

In questo capitolo verranno analizzati solo alcuni dei calcoli effettuati per il completo dimensionamento dell'impianto strutturale dei tre edifici che compongono la Cittadella. Per la completa analisi si rimanda agli allegati.

Come primo passo per il dimensionamento e la verifica dei profili in acciaio che verranno utilizzati per la struttura della Cittadella dell'Edilizia si determina la classe della sezione, definita in funzione della sua capacità rotazionale C_q .

Si distinguono le seguenti classi:

Classe 1: quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico, senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_q \geq 3$;

Classe 2: quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_q \geq 1,5$;

Classe 3: quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;

Classe 4: quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Classe		Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)					
1		$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{395\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$	
2		$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)					
3		$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi = -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1$: $c/t \leq 65\epsilon(1 - \psi)_2(t - \psi)$	
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$		f_{yk}	235	275	355
ϵ			1,00	0,92	0,81

Classe		Piattabande esterne soggette a compressione		Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione	
				Con estremità in compressione	Con estremità in trazione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)					
1		$c/t \leq 9\epsilon$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2		$c/t \leq 10\epsilon$		$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)					
3		$c/t \leq 14\epsilon$		$c/t \leq 2k\sqrt{k_e}$ Per k_e vedere EN 1993-1-5	
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$		f_{yk}	235	275	355
ϵ			1,00	0,92	0,81

Tabella 106. Tabelle identificative classe acciaio

Tutti i profili utilizzati in fase di progetto appartengono alla classe 1 evidenziata nelle tabelle.

6.8.1. Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

La resistenza di calcolo delle membrature²⁶ R_d si pone nella forma:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

dove:

R_k è il valore caratteristico della resistenza – trazione, compressione, flessione, taglio e torsione – della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenza dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione;

γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.

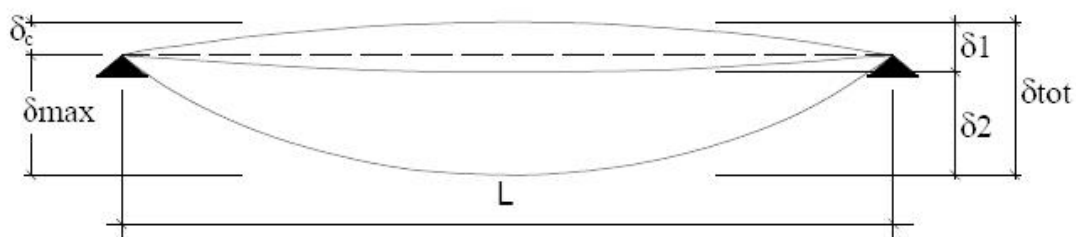
Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M2} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M3} = 1,25$

Tabella 107. Valori resistenza

6.8.2. Verifica agli stati limite di esercizio (SLE)

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento²⁷ è definito come:

$$\bar{\delta}_{tot} = \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2$$



²⁶ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 4.2.4

²⁷ Vd nota 23

dove:

δ_c è la monta iniziale della trave;

δ_1 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;

δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;

δ_{max} è lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$.

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.X, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		

Tabella 108. Limiti superiori per gli spostamenti verticali

6.8.3. Calcolo del coefficiente g_{GLOBALE}

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono diverse classi con relativi coefficienti:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

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

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

Tabella 109. Valori coefficienti per carichi permanenti e variabili

dove:

γ_{G1} è il coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

γ_{G2} è il coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} è il coefficiente parziale delle azioni variabili.

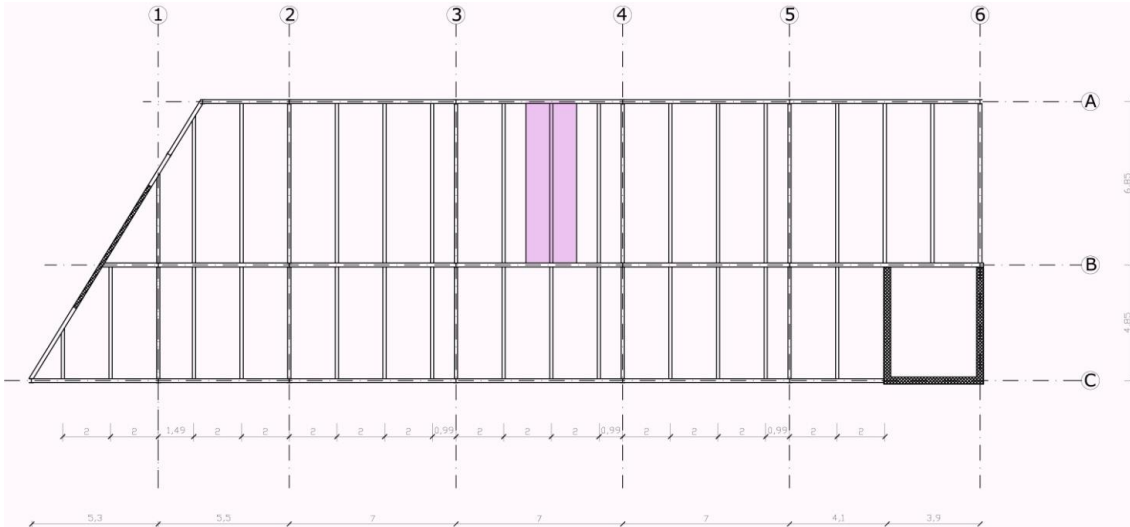
Si procede quindi al calcolo del coefficiente g_{GLOBALE} , che tiene conto mediamente dell'influenza dei coefficienti evidenziati sui carichi agenti sui singoli elementi strutturali in esame.

$$\gamma_{\text{GLOBALE}} = \frac{\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Qi} \cdot Q_i}{G_1 + G_2 + Q_i}$$

Si ottiene quindi un valore di progetto $g_{\text{GLOBALE}} = 1,44892$

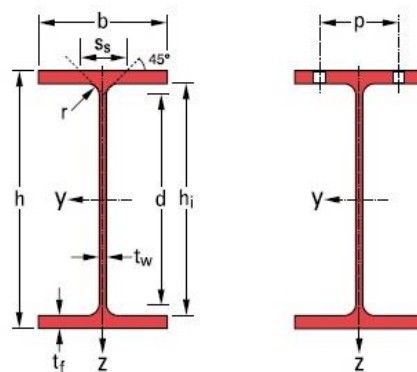
6.9. Travi

6.9.1. Verifica trave secondaria luce massima solaio piano tipo



Si ipotizzano i seguenti parametri dimensionali:

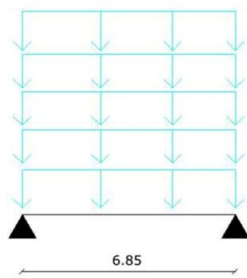
IPE 270



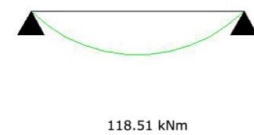
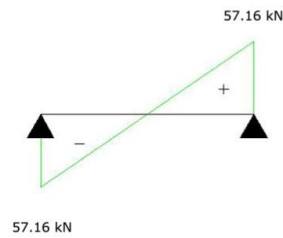
G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	p _{min}	p _{max}	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
36.1	270	135	6.6	10.2	15	45.95	249.6	219.6	M16	72	72	1.041	28.86

G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} †	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} †	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ³	S ₂₃₅	S ₃₅₅	S ₄₆₀	S ₂₃₅	S ₃₅₅	S ₄₆₀
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	2	3	-
36.1	5790	428.9	484.0	11.23	22.14	419.9	62.20	96.95	3.02	44.57	15.94	70.58	1	1	-	2	3	-

Tabella 110. Informazioni dettagliate IPE 270



Carico accidentale:	3 kN/m ² × 2m = 6 kN/m
Peso divisori:	1,2 kN/m ² × 2m = 2,4 kN/m
Peso finitura solai:	2,32 kN/m ² × 2m = 4,64 kN/m
Peso solaio strutturale:	0,36 kN/m ² × 2m = 0,72 kN/m
Peso proprio:	0,35 kN/m



Verifica di resistenza SLU

Si procede per prima cosa al calcolo del momento di progetto:

$$M_{Ed} = M \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $M_{Ed} = 118,51$ kN·m

Con riferimento al capitolo 4.2.4.1.2 del D.M. del 14/01/2008, si calcola il momento resistente $M_{c,Rd}$.

Per sezioni appartenenti alla classe 1 e 2, si utilizza la seguente formula:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si ottiene quindi un momento resistente pari a:

$$M_{c,Rd} = 163,64 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_{Ed} - \text{VERIFICATO}$$

Oltre alla verifica alla flessione monoassiale retta si procede con quella a taglio, calcolando per prima cosa il valore del taglio di progetto:

$$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $V_{Ed} = 57,16$ kN

La resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$, in assenza di torsione, vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

dove A_v rappresenta l'area resistente a taglio; per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere:

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

Si ottiene nel caso specifico un valore di area resistente pari a $A_v = 4595 \text{ mm}^2$

Si ottiene quindi una resistenza di calcolo a taglio pari a:

$$V_{c,Rd} = 499,1 \text{ kN} \geq V_{Ed} - \text{VERIFICATO}$$

Verifica di resistenza SLE

Con riferimento al capitolo 4.2.4.2.1 del D.M. del 14/01/2008, si determinano i limiti di deformabilità riguardanti gli spostamenti verticali.

Nel caso specifico, considerando la luce del traverso pari a 6,85 m, si ottengono:

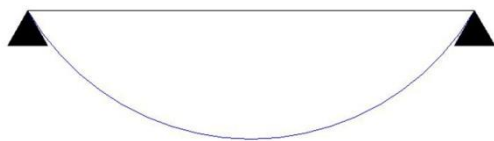
$$l/250 = 27,4 \text{ mm} \quad l/300 = 22,83 \text{ mm}$$

Considerando lo schema statico in esame, appoggio-appoggio con un carico distribuito sull'intera luce del traverso, le deformazioni verticali si calcolano mediante:

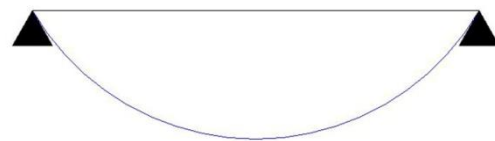
$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{pl^4}{EI}$$

$$\delta_2 = 14,15 \text{ mm} \leq l/300 - \text{VERIFICATO}$$

$$\delta_{\max} = 26,77 \text{ mm} \leq l/250 - \text{VERIFICATO}$$



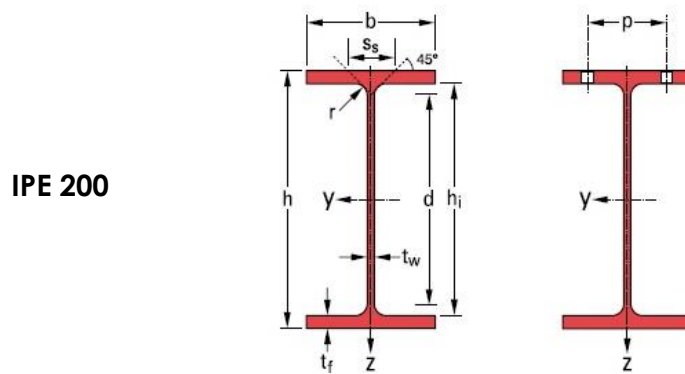
$$\delta_2 = 14,15 \text{ mm}$$



$$\delta_{\max} = 26,77 \text{ mm}$$

6.9.2. Verifica trave secondaria luce minima solaio piano tipo

Per la verifica della trave secondaria con lunghezza minima sono stati utilizzati le stesse modalità di calcolo, per un profilo scelto e verificato:

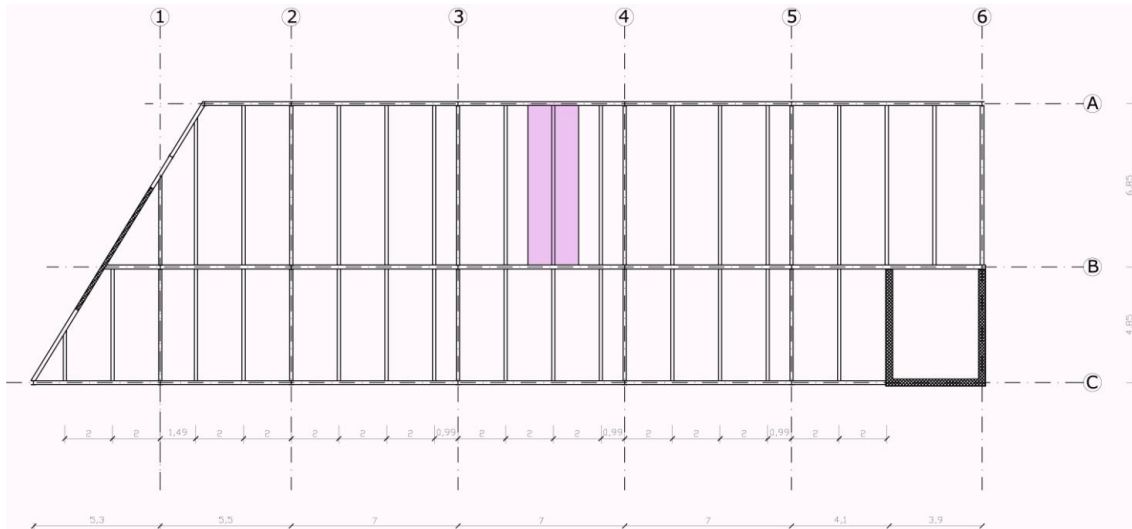


G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _t	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
22.4	200	100	5.6	8.5	12	28.48	183	159	M10	54	58	0.768	34.36

G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} †	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} †	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ³	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	1	2	-
22.4	1943	194.3	220.6	8.26	14.00	142.4	28.47	44.61	2.24	36.66	6.98	12.99	1	1	-	1	2	-

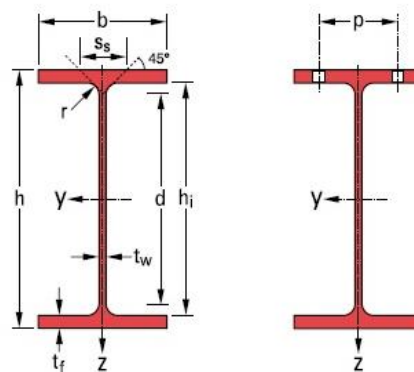
Tabella 111. Informazioni dettagliate IPE 200

6.9.3. Verifica trave secondaria luce massima solaio piano copertura



Si ipotizzano i seguenti parametri dimensionali:

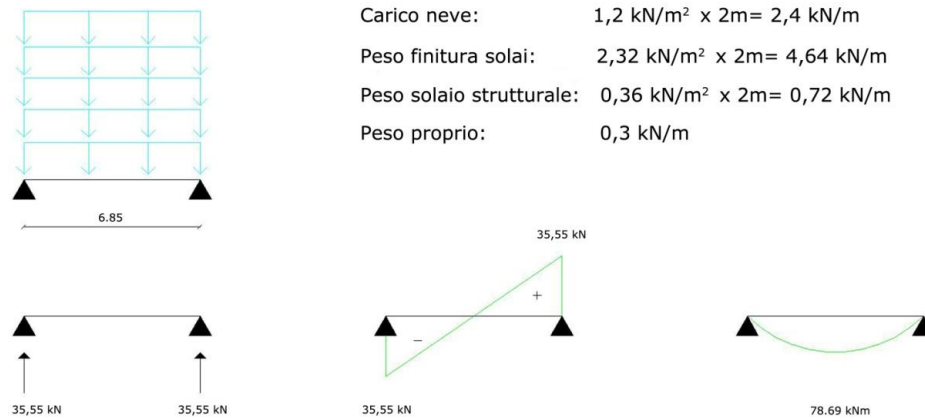
IPE 220



G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _t	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
26.2	220	110	5.9	9.2	12	33.37	201.6	177.6	M12	60	62	0.848	32.36

G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} ★	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} ★	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ⁻³	S ₂₃₅	S ₃₅₅	S ₄₆₀	S ₂₃₅	S ₃₅₅	S ₄₆₀
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	1	2	-
26.2	2772	252.0	285.4	9.11	15.88	204.9	37.25	58.11	2.48	38.36	9.07	22.67	1	1	-	1	2	-

Tabella 112. Informazioni dettagliate IPE 220



Verifica di resistenza SLU

Si procede per prima cosa al calcolo del momento di progetto:

$$M_{Ed} = M \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $M_{Ed} = 78,69 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Con riferimento al capitolo 4.2.4.1.2 del D.M. del 14/01/2008, si calcola il momento resistente $M_{c,Rd}$.

Per sezioni appartenenti alla classe 1 e 2, si utilizza la seguente formula:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si ottiene quindi un momento resistente pari a:

$$M_{c,Rd} = 96,49 \text{ kN}\cdot\text{m} \geq M_{Ed} - \text{VERIFICATO}$$

Oltre alla verifica alla flessione monoassiale retta si procede con quella a taglio, calcolando per prima cosa il valore del taglio di progetto:

$$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $V_{Ed} = 35,55 \text{ kN}$

La resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$, in assenza di torsione, vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

dove A_v rappresenta l'area resistente a taglio; per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere:

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

Si ottiene nel caso specifico un valore di area resistente pari a $A_v = 3337 \text{ mm}^2$

Si ottiene quindi una resistenza di calcolo a taglio pari a:

$$V_{c,Rd} = 357,95 \text{ kN} \geq V_{Ed} - \text{VERIFICATO}$$

Verifica di resistenza SLE

Con riferimento al capitolo 4.2.4.2.1 del D.M. del 14/01/2008, si determinano i limiti di deformabilità riguardanti gli spostamenti verticali.

Nel caso specifico, considerando la luce del traverso pari a 6,85 m, si ottengono:

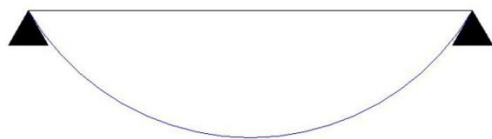
$$l/200 = 34,25 \text{ mm} \quad l/250 = 27,4 \text{ mm}$$

Considerando lo schema statico in esame, appoggio-appoggio con un carico distribuito sull'intera luce del traverso, le deformazioni verticali si calcolano mediante:

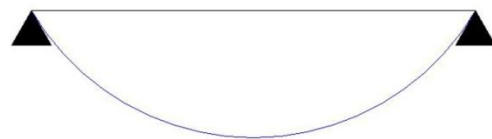
$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{pl^4}{EI}$$

$$d_2 = 11,82 \text{ mm} \leq l/300 - \text{VERIFICATO}$$

$$d_{\max} = 34,23 \text{ mm} \leq l/250 - \text{VERIFICATO}$$



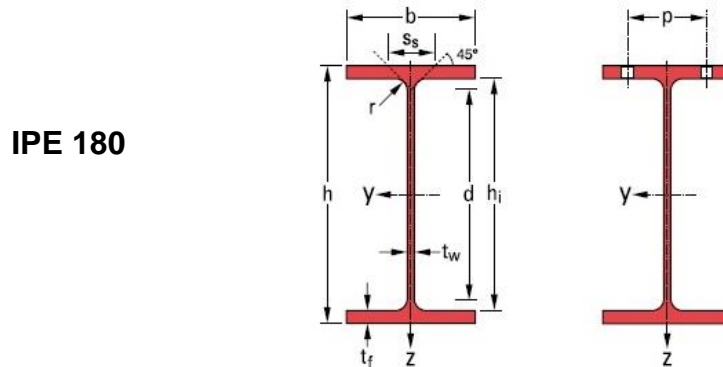
$$\delta_2 = 11,82 \text{ mm}$$



$$\delta_{\max} = 34,23 \text{ mm}$$

6.9.4. Verifica trave secondaria luce minima piano copertura

Per la verifica della trave secondaria con lunghezza minima relativa alla copertura sono stati utilizzati le stesse modalità di calcolo, per un profilo scelto e verificato:

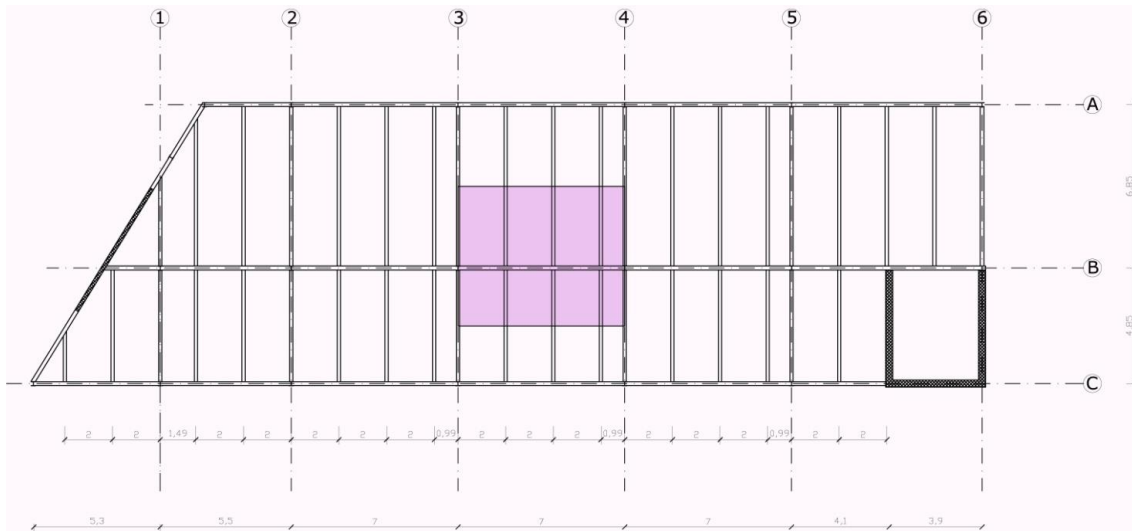


G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
18.8	180	91	5.3	8	9	23.95	164	146	M10	48	48	0.698	37.13

G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} ↑	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} ↑	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ³	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	1	2	-
18.8	1317	146.3	166.4	7.42	11.25	100.9	22.16	34.60	2.05	31.84	4.79	7.43	1	1	-	1	2	-

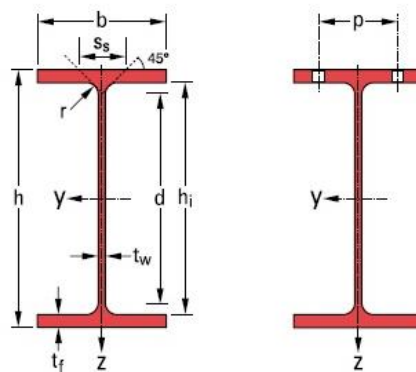
Tabella 113. Informazioni dettagliate IPE 180

6.9.5. Verifica trave principale di spina piano tipo



Si ipotizzano i seguenti parametri dimensionali:

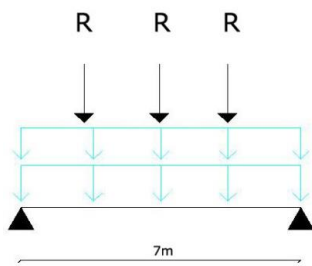
IPE 300



G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _L	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
42.2	300	150	7.1	10.7	15	53.81	278.6	248.6	M16	72	86	1.160	27.46

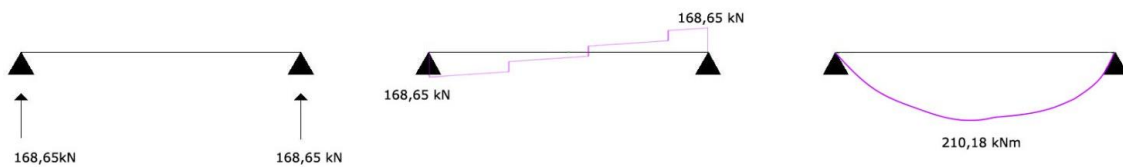
G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} ↑	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} ↑	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ³	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	2	4	-
42.2	8356	557.1	628.4	12.46	25.68	603.8	80.50	125.2	3.35	46.07	20.12	125.9	1	1	-	2	4	-

Tabella 114. Informazioni dettagliate IPE 300



Carico travi secondarie $R=R_1+R_2$: $38,89+ 27,21= 66,09$ kN

Peso proprio: $0,48$ kN/m



Verifica di resistenza SLU

Si procede per prima cosa al calcolo del momento di progetto:

$$M_{Ed} = M \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $M_{Ed} = 210,18$ kN·m

Con riferimento al capitolo 4.2.4.1.2 del D.M. del 14/01/2008, si calcola il momento resistente $M_{c,Rd}$.

Per sezioni appartenenti alla classe 1 e 2, si utilizza la seguente formula:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si ottiene quindi un momento resistente pari a:

$M_{c,Rd} = 212,46$ kN·m $\geq M_{Ed}$ - VERIFICATO

Oltre alla verifica alla flessione monoassiale retta si procede con quella a taglio, calcolando per prima cosa il valore del taglio di progetto:

$$V_{Ed} = V \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $V_{Ed} = 168,65$ kN

La resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$, in assenza di torsione, vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

dove A_v rappresenta l'area resistente a taglio; per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere:

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

Si ottiene nel caso specifico un valore di area resistente pari a $A_v = 5381 \text{ mm}^2$

Si ottiene quindi una resistenza di calcolo a taglio pari a:

$$V_{c,Rd} = 578,81 \text{ kN} \geq V_{Ed} - \text{VERIFICATO}$$

Verifica di resistenza SLE

Con riferimento al capitolo 4.2.4.2.1 del D.M. del 14/01/2008, si determinano i limiti di deformabilità riguardanti gli spostamenti verticali.

Nel caso specifico, considerando la luce della trave pari a 7,00 m, si ottengono:

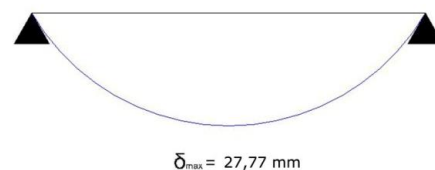
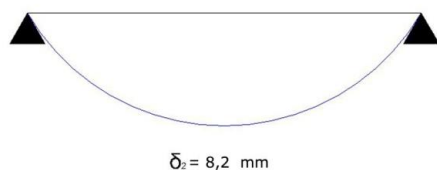
$$l/250 = 28,00 \text{ mm} \quad l/300 = 23,33 \text{ mm}$$

Considerando lo schema statico in esame, appoggio-appoggio con un carico distribuito sull'intera luce del traverso e un carico concentrato posizionato in mezzeria, le deformazioni verticali si calcolano mediante la sovrapposizione degli effetti derivanti dalle relazioni:

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{pl^4}{EI} \quad \delta = \frac{1}{48} \cdot \frac{ql^3}{EI}$$

$$d_2 = 8,2 \text{ mm} \leq l/300 - \text{VERIFICATO}$$

$$d_{\max} = 27,77 \text{ mm} \leq l/250 - \text{VERIFICATO}$$

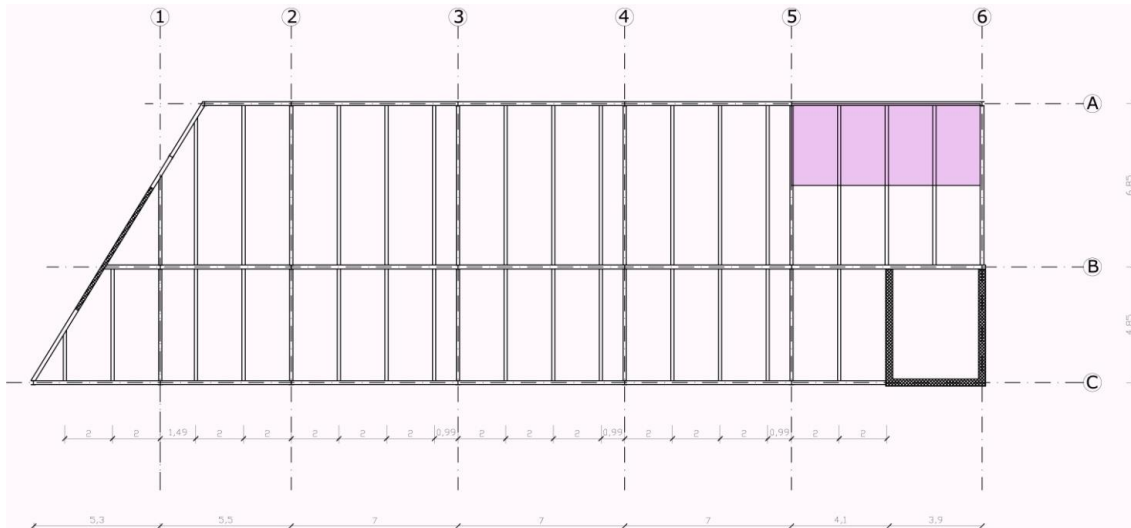


Verifica trave principale di spina piano copertura

La trave principale di spina relativa al piano della copertura, verificata e dimensionata con le medesime modalità di calcolo, presenta un profilo IPE 300 simile alla trave principale di spina per il solaio del piano tipo.

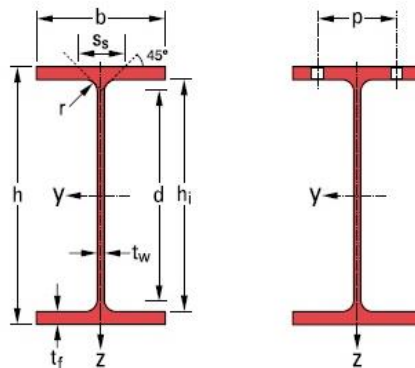
6.9.6. Verifica trave principale di bordo piano tipo

Per la verifica della trave principale di bordo del piano tipo sono stati utilizzate le stesse modalità di calcolo, considerando un'area di influenza minore evidenziata in figura.



Le travi di bordo, dimensionate e verificate avranno i seguenti profili:

IPE 270



G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _t	A _G
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
36.1	270	135	6.6	10.2	15	45.95	249.6	219.6	M16	72	72	1.041	28.86

G	I _y	W _{el,y}	W _{ply} ↑	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} ↑	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ³	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	2	3	-
36.1	5790	428.9	484.0	11.23	22.14	419.9	62.20	96.95	3.02	44.57	15.94	70.58	1	1	-	2	3	-

Tabella 115. Informazioni dettagliate IPE 270

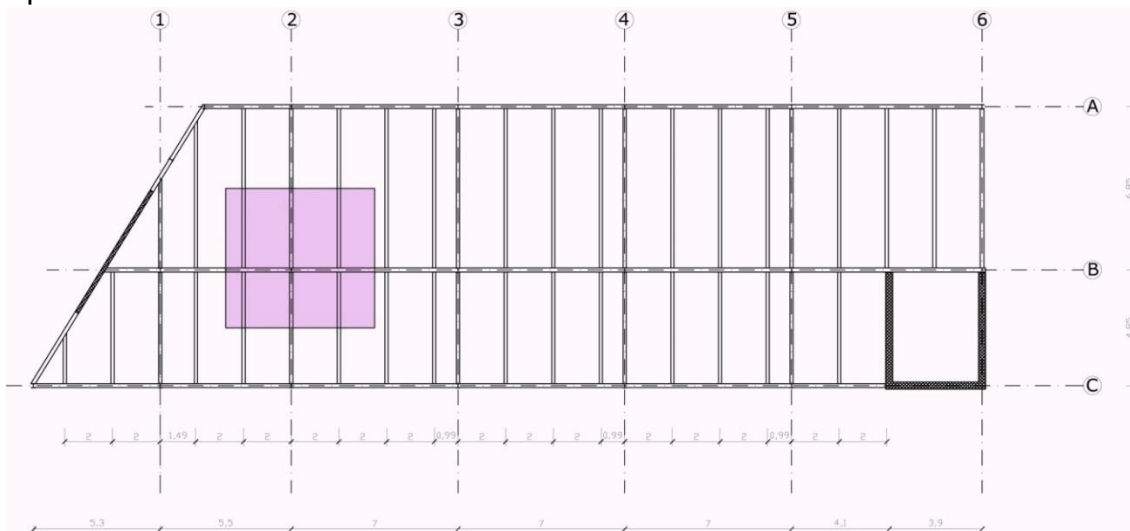
Trave principale di bordo piano copertura

Profilo scelto e verificato: IPE 240

6.10. Pilastri

6.10.1. Dimensionamento e verifica pilastro centrato

Per procedere al pre-dimensionamento di un pilastro centrato si deve considerare in prima analisi l'area di influenza del solaio che agisce sul pilastro; dovendo analizzare il caso peggiore per stare a favore di sicurezza, consideriamo il pilastro associato all'area massima.



6.10.2. Predimensionamento

Il pre-dimensionamento del pilastro è stato effettuato utilizzando la formula della compressione, in modo da avere già un'idea della dimensione da verificare ed evitare di procedere per tentativi. Bisogna sottolineare che questa formula non tiene conto del fenomeno di instabilità. Esistono delle formule empiriche che permettono di ottenere l'area della sezione, ma nel nostro caso non sono state utilizzate.

$$\frac{N_{Sd}}{A} < f_{yd}$$

dove:

A = l'area della sezione del pilastro [cm²]

f_{yd} = resistenza di calcolo dell'acciaio riferita alla tensione di snervamento, data dal rapporto tra la resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio f_{yk} (= 235 N/mm²) e il coefficiente parziale di sicurezza γ_{M0} (= 1,05); il tutto risulta pari a 246,75 N/mm².

Risolvendo la formula, ricaviamo che l'area di sezione è pari a 9,43 cm², ma a quest'area corrisponderebbe il minore pilastro esistente, ovvero un HEA100, le cui dimensioni sono piuttosto ridotte; di conseguenza abbiamo spostato la nostra

scelta verso un HEA160, più appropriato alla struttura in questione. La decisione di aumentare la sezione del pilastro è dovuta al fatto che il materiale può avere dei difetti di fabbricazione, può subire imperfezioni in cantiere, può essere posato in modo scorretto ecc.. Tutto questo su una sezione ridotta può avere gravi conseguenze mentre su una più grande esse sono ridotte.

6.10.3. Verifica a stabilità delle membrature per aste compresse

Procediamo alla verifica a stabilità considerando il pilastro prescelto:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

N_{Ed} = azione di compressione di calcolo

$N_{b,Rd}$ = resistenza all'instabilità nell'asta compressa

Per prima cosa effettuiamo il calcolo dell'azione assiale di progetto:

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{GLOBALE}$$

ottenendo un valore pari a $N_{Ed} = 165,96$ kN

Con riferimento al capitolo 4.2.4.1.3.1 del D.M. del 14/01/2008, calcoliamo la resistenza all'instabilità dell'asta compressa $N_{b,Rd}$. Per sezioni appartenenti alla classe 1 e 2, si utilizza la seguente formula:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

I coefficienti χ dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale λ , dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$

dove:

$$\phi = 0.5 \left[1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2 \right]$$

α è il fattore di imperfezione;

la snellezza adimensionale λ per le sezioni di classe 1 è pari a:

$$\lambda = \sqrt{\frac{Af_{yk}}{N_{cr}}} = 0,647$$

N_{cr} è il carico critico elastico basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla

lunghezza di libera inflessione l_0 dell'asta, calcolato come
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_0^2}$$

Esso è pari a 4603,79 kN.

Ora abbiamo tutti i valori necessari per calcolare F e quindi anche c :

$$F = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,647 - 0,2) + 0,647^2] = 0,819$$

$$c = \frac{1}{0,82 + \sqrt{0,82^2 - 0,647^2}} \leq 1 \quad \rightarrow \quad \mathbf{0,757 \leq 1 \text{ VERIFICATO}}$$

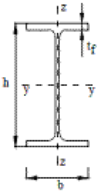
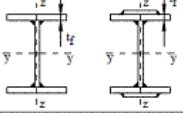

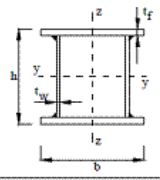
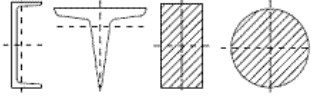

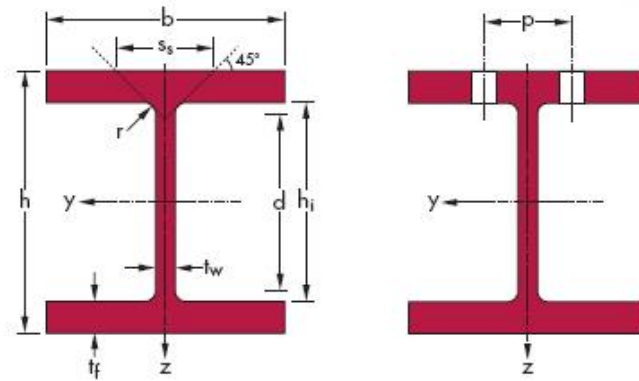
Sezione trasversale	Limiti	Inflessione intorno all'asse	Curva di instabilità		
			S235, S275, S355, S420	S460	
Sezioni laminate 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	a a
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d	c c
Sezioni ad I saldate 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	c d	
Sezioni curve 	Sezione formata "a caldo"	qualunque	a	a ₀	
	Sezione formata "a freddo"	qualunque	c	c	
Sezioni scotolari saldate 	In generale	qualunque	b	b	
	saldature "spesse": $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$; $h/t_w < 30$	qualunque	c	c	
Sezioni piene, ad U e T 		qualunque	c	c	
Sezioni ad L 		qualunque	b	b	
Curva di instabilità	a ₀	a	b	c	d
Fattore di imperfezione α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Tabella 116. Curva di instabilità e classi di acciaio

HE 180 B



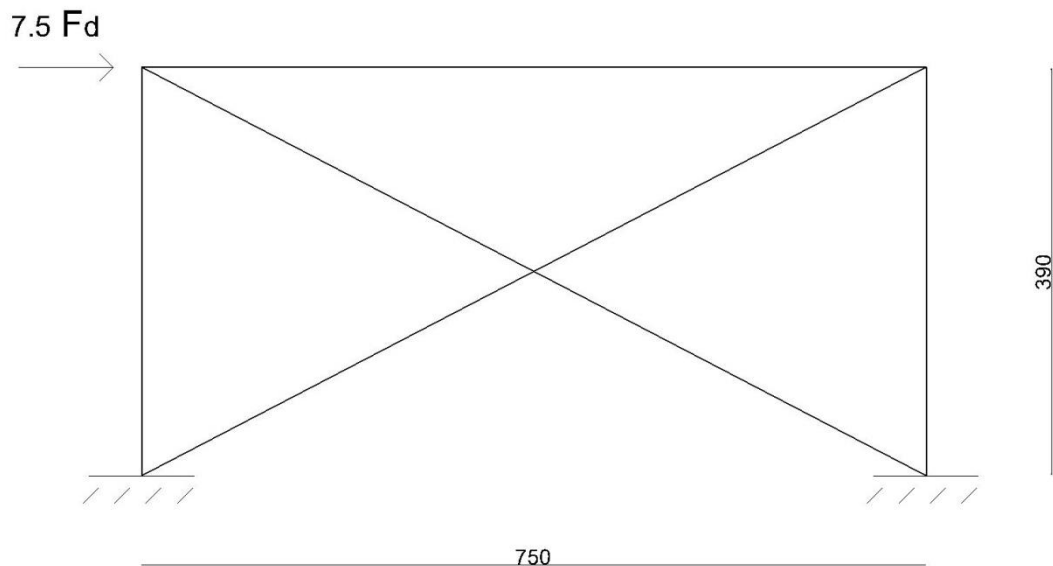
G	h	b	t _w	t _f	r	A	h _i	d	∅	P _{min}	P _{max}	A _L	A _G					
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t					
51.2	180	180	8.5	14	15	65.25	152	122	M24	88	92	1.037	20.25					
G	I _y	W _{el,y}	W _{pl,y} ↑	i _y	A _{vz}	I _z	W _{el,z}	W _{pl,z} ↑	i _z	s _s	I _t	I _w × 10 ⁻³	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ⁶	1	1	-	1	1	-
51.2	3831	425.7	481.4	7.66	20.24	1363	151.4	231.0	4.57	54.07	42.16	93.75	1	1	-	1	1	-

Tabella 117. Informazioni dettagliate HE 180 B

6.11. Controventi in acciaio

Per contrastare le azioni del vento e del sisma calcolate nei paragrafi precedenti, sono stati dimensionati e verificati dei controventi in acciaio, posizionati lungo le due direzioni dell'edificio in modo tale da rendere l'intera struttura rigida. Tale contromisura rende l'intero edificio come una "scatola" unica indeformabile.

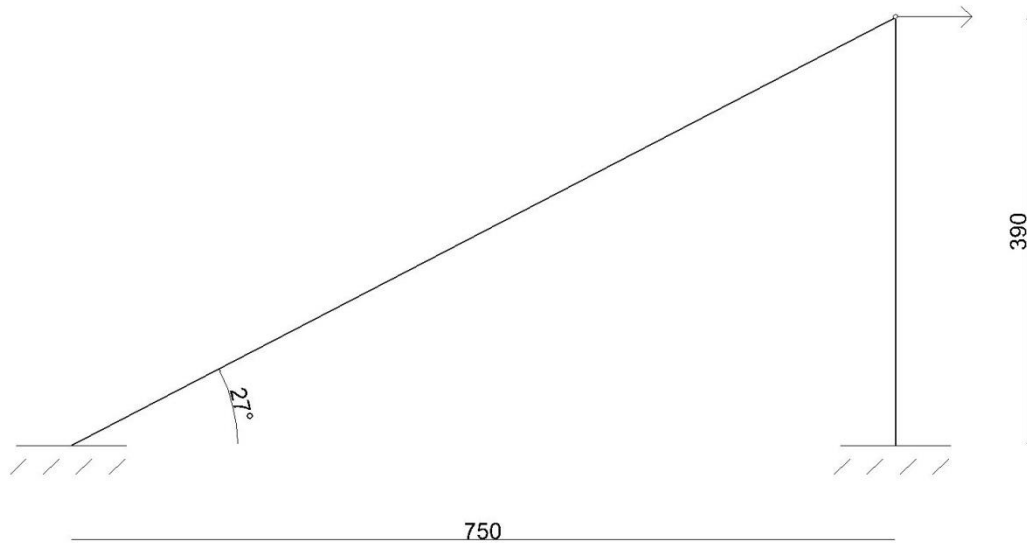
Il primo passaggio del pre-dimensionamento consiste nella definizione dello schema statico del controvento. Abbiamo previsto una struttura reticolare a croce di S. Andrea, che per semplicità abbiamo assimilato ad una isostatica, quindi abbiamo scelto come vincoli a terra una cerniera e un carrello; gli altri vincoli sono costituiti da semi-cerniere in tutti i collegamenti interni e da cerniere ai due estremi. Lo schema statico utilizzato per la risoluzione è differente dalla croce S. Andrea poiché non abbiamo considerato l'asta che si stabilizza a causa dell'altra che si tende.



Forza orizzontale del carico vento: 6,17 kN

$$F_d = 7,5 \times 6170 = 46275 \text{ N}$$

Trascurando le azioni compresse, lo schema di calcolo diviene:



$$N_{\text{diagonale}} = \frac{F_d}{\cos \alpha} = 51935,6 \text{ N}$$

$$N_{\text{ritto}} = F_d \cdot \operatorname{tg} \alpha = 23578,3 \text{ N}$$

Determinato quindi lo sforzo che agisce sulla diagonale, posso scegliere il profilo calcolando l'area:

$$A_{\text{min}} = N_d / f_d = 51935,6 / 235 = 221 \text{ mm}^2$$

Dal sagomario scelgo un profilo: UPN100 con $A_s = 1350 \text{ mm}^2$.

Verifica di resistenza:

$$\sigma_N = N_d / A = 51935,6 / 1350 = 38,5 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

6.12. Pilastrini copertura parcheggio

La struttura di copertura del parcheggio prevede delle travi reticolari in acciaio che seguono l'inclinazione del tetto verde grazie a pilastrini in acciaio tubolari che, partendo dai nodi della trave, si ergono con diverse lunghezze fino a sostenere la copertura.

Pilastrini scelti: Tubolari 10x10

Peso proprio: 0,12 kN

Peso copertura al piede dei pilastri: 25,5 kN

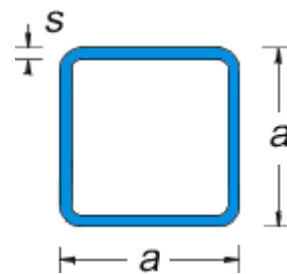
Utilizzando, anche in questo caso, i calcoli per i pilastri visti in precedenza, si ricaverà N_{cr} , N_{rd} e N_{Ed} .

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_0^2} = 1221,60 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_{GLOBALE} = 37,49 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 406,97 \text{ kN}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$



dove:

$$\phi = 0.5 \left[1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2 \right]$$

α è il fattore di imperfezione;

la snellezza adimensionale λ per le sezioni di classe 1 è pari a

$$\lambda = \sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}} = 0,647$$

Si ottiene quindi una resistenza pari a $N_{b,Rd} \geq N_{Ed}$ - **VERIFICATO**

6.13. Passerella Calastrellata

6.13.1. Caratteristiche generali

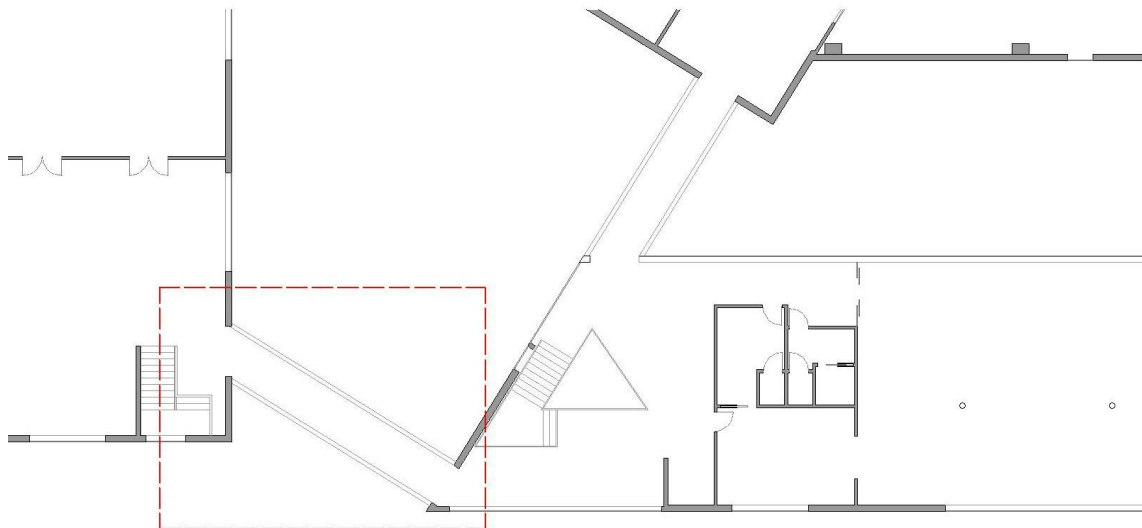
La trave calastrellata è una tipologia particolare di trave composta; l'utilizzo di questo tipo di aste è stato introdotto per ovviare ai limiti di stabilità degli elementi normalmente in commercio ed, in particolar modo, alla difficoltà date dal fenomeno dell'instabilità a carico di punta.

Queste particolari tipologie di aste sono formate da profili tradizionali assemblati con calastrelli, cioè elementi di collegamento saldati ai profili stessi, per diminuirne la flessibilità laterale.

Il comportamento d'insieme è a telaio ed i calastrelli lavorano prevalentemente a flessione e taglio.

Nel nostro caso abbiamo posizionato 2 travi calastrellate per ognuno delle due passerelle in quota presenti nel progetto; queste travi hanno altezze e spessori contenuti per mantenere il più trasparenti possibili i collegamenti fra i tre edifici proprio per rendere più evidente l'idea progettuale di base, ovvero quella di evidenziare solo gli edifici.

La lunghezza massima raggiunta per le due passerelle è di 10 m.

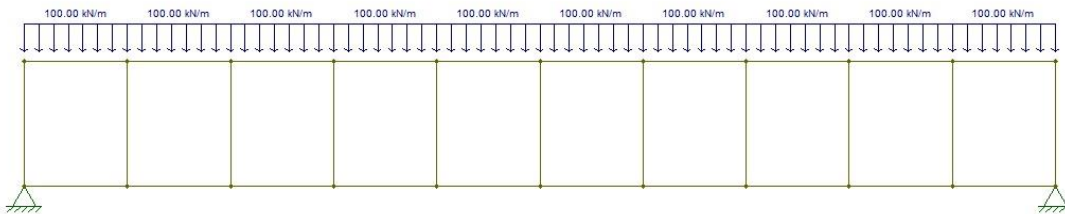


Il dimensionamento e le opportune verifiche sono state eseguite per la trave più sollecitata (evidenziata in figura) che corrisponde a quella che collega l'edificio dell'ESPE con la Cassa Edile; la seconda passerella calastrellata verrà dimensionata di conseguenza.

La trave è costituita da undici calastrelli, distanti 1 m fra loro; la struttura scarica sui pilastri posizionati lungo gli assi strutturali.

Dal punto costruttivo, la trave parete è costituita da correnti e montanti connessi tra loro in modo da formare degli incastri, per sfruttare al meglio le caratteristiche di questa tipologia di struttura, in modo che i correnti superiori e inferiori siano soggetti alla medesima forza assiale, di compressione per i primi e di trazione per i secondi. In tal modo i calastrelli risultano solo soggetti a compressione.

La connessione tra la trave calastrellata e le travi principali di bordo avviene tramite bullonatura.



Nello schema statico riportato in figura la trave calastrellata è caricata linearmente dal carico ottenuto analizzando il peso proprio degli elementi, il carico accidentale delle persone e il carico accidentale dato dalla neve.

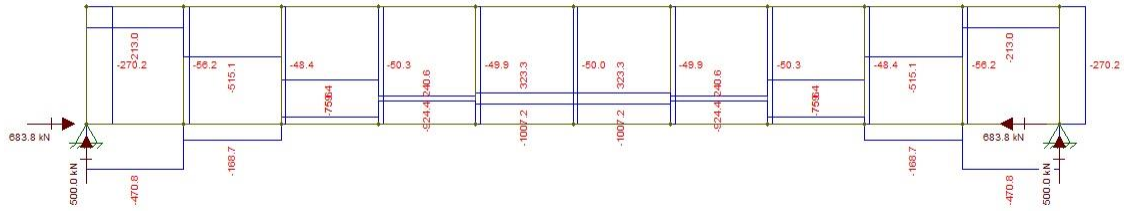
6.13.2. Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU)

L'analisi dei valori delle azioni interne della trave calastrellata è stata sviluppata utilizzando il software FTOOL. Per determinare il numero esatto di calastrelli, sono stati effettuati vari tentativi fino a raggiungere l'obiettivo desiderato, ovvero che compressione e trazione avessero valori quasi uguali; in tal modo si è ottenuta la miglior combinazione di carico per il dimensionamento successivo.

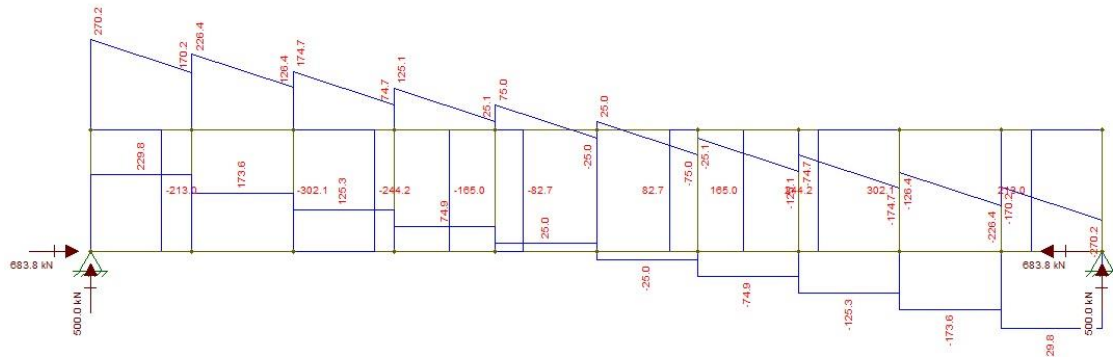
I vincoli presenti tra i profili possono essere schematizzati come degli incastri, quindi le aste si trasmettono, oltre all'azione assiale, anche taglio e momento. Sia i calastrelli che i montanti risultano pressoinflessi, quindi devono essere verificati a presso o tensoflessione, a instabilità pressoflessionale per le aste compresse e a taglio.

Di seguito vengono riportati i diagrammi delle azioni interne.

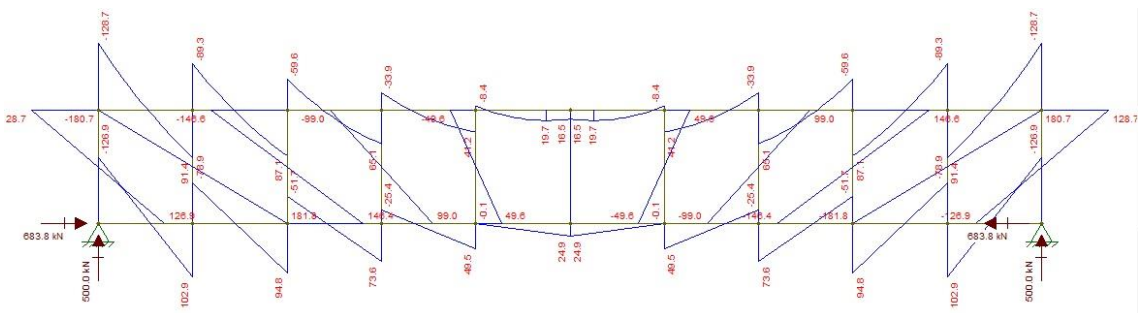
Azione assiale



Azione tagliante



Momento flettente



Per le verifiche sono stati analizzati i correnti e i calastrelli maggiormente sollecitati, di seguito sono riportate le maggiori azioni interne:

Correnti

Azione assiale	1007 kN
Taglio	270.2 kN
Momento flettente	128.7 kNm

Tabella 118. Azioni agenti su correnti

Calastrelli

Azione assiale	270 kN
Taglio	302 kN
Momento flettente	181.8 kNm

Tabella 119. Azioni agenti su calastrelli

6.13.3. Correnti: verifica a pressoflessione

Il punto soggetto ad azione assiale massima coincide con quello a momento massimo, per questo motivo si esegue una sola verifica a pressoflessione, poiché la zona considerata è quella maggiormente sollecitata sia dall'azione assiale sia dal momento flettente.

La sezione risulta verificata a pressoflessione se il momento di progetto è minore del momento plastico di progetto ridotto per l'effetto dello sforzo normale di progetto²⁸:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1-n}{1-0,5a} \leq M_{pl,y,Rd}$$

Essendo

$M_{pl,y,Rd}$ il momento resistente plastico a flessione semplice nel piano dell'anima.

e posto:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

$$a = \frac{A-2bt_f}{A} \leq 0,5$$

²⁸ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 4.2.4.1.2

Dove:

A è l'area lorda della sezione

B è la larghezza delle ali

t_f è lo spessore delle ali

La resistenza plastica a compressione di progetto della sezione è pari a:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = 2309,5 \text{ kN}$$

L'elevata resistenza a compressione è dovuta al fatto che la trave calastrellata è stata dimensionata in funzione della sua deformabilità, che risultava la variabile più restrittiva per le caratteristiche del materiale e per le luce importante.

Risulta quindi il coefficiente n pari a 0,12, mentre α assume il valore di 0,5.

Considerando il modulo di resistenza plastico dei due profili **UPN280** accoppiati pari a 0,009 m³ si determina il momento plastico resistente:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = 214,3 \text{ kNm}$$

In conclusione il momento di resistenza plastico ridotto, applicando la formula riportata sopra, è pari a 214,3 kNm, essendo maggiore del momento resistente plastico, si considera quest'ultimo per la verifica a favore di sicurezza. Infatti, secondo l'Eurocodice 3, nelle sezioni munite di ali, la riduzione del momento resistente teorico plastico causata dalla presenza di piccole forze assiali, rispetto alla resistenza a compressione, è controbilanciata dall'incrudimento e può essere trascurata.

La verifica risulta verificata poiché il momento agente pari a 128,7 kNm, è minore del momento resistente.

6.13.4. Correnti: verifica ad instabilità pressoflessionale

Oltre alle verifiche di resistenza, per elementi pressoinflessi devono essere eseguite anche le verifiche di instabilità a pressoflessione.

“In assenza di più accurate valutazioni, nel caso di membrature a sezione costante con sezioni doppiamente simmetriche aperte o chiuse, soggette a sforzo assiale e momento flettente, la verifica di stabilità a pressoflessione, per sezioni di classe 1, 2 o 3, può essere eseguita controllando che siano soddisfatte le seguenti disuguaglianze:

$$1. \frac{N_{Ed}Y_{M1}}{\chi_y A_{eff} f_{yk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}Y_{M1}}{\chi_{LT} W_y f_{yk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}Y_{M1}}{W_y f_{yk}} \leq 1$$

$$2. \frac{N_{Ed}Y_{M1}}{\chi_z A_{eff} f_{yk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}Y_{M1}}{\chi_{LT} W_y f_{yk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}Y_{M1}}{W_z f_{yk}} \leq 1$$

dove N_{Ed} , $M_{y,Ed}$ ed $M_{z,Ed}$ sono, rispettivamente, lo sforzo assiale ed i massimi momenti flettenti agenti sull'elemento nei piani di normale y e z, A è l'area e W_y e W_z i moduli resistenti elastici per le sezioni di classe 3 e i moduli resistenti plastici per le sezioni di classe 1 e 2, e k_{yy} , k_{yz} , k_{zy} e k_{zz} sono opportuni coefficienti di interazione”²⁹.

In particolare, in questo caso, il momento flettente M_z non è presente, quindi sarà posto pari a zero.

“I coefficienti di interazione, k_{yy} , k_{yz} , k_{zy} e k_{zz} , sono dati nella tabella riportata di seguito:

k	Tipi di sezione	Sezioni di classe 3 e 4 (proprietà delle sezioni calcolate in campo elastico)	Sezioni di classe 1 e 2 (proprietà delle sezioni calcolate in campo plastico)
k_{yy}	I, H. Sezioni cave	$\alpha_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$	$\alpha_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$
k_{zz}	I, H. Sezioni cave	k_{zz}	$0,6 \cdot k_{zz}$
k_{yy}	I, H. Sezioni cave	$0,8 \cdot k_{yy}$	$0,6 \cdot k_{yy}$
k_{zz}	I, H.	$\alpha_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$	$\alpha_{mz} \cdot \left(1 + (2\bar{\lambda}_y - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$
	Sezioni cave		$\alpha_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$

Per pressoflessione retta, $M_{y,Ed} \neq 0$, $k_{zy} = 0$ ($M_{z,Ed} = 0$).

Tabella 120. Coefficienti K_{yy} , K_{yz} , K_{zy} , K_{zz}

I valori riportati nella tabella dipendono dai coefficienti α_{my} , α_{mz} per l'instabilità a compressione con inflessione intorno agli assi y e z, rispettivamente, e dal

²⁹ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, Circolare applicativa, paragrafo C4.2.4.1.3.3.2

coefficiente χ_{LT} , per l'instabilità flessione torsionale, che sono dati, in funzione del tipo di carico e dell'effettiva distribuzione dei momenti flettenti lungo l'elemento strutturale.”³⁰

Per i fattori di riduzione ϕ_y e ϕ_z si rimanda al paragrafo relativo all'instabilità a compressione dei pilastri.

Il fattore di riduzione ϕ_{LT} , invece, è pari a:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \frac{1}{f} \end{cases}$$

Dove:

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

“Il coefficiente di snellezza adimensionale λ_{LT} è dato dalla formula:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \gamma_k}{M_{cr}}}$$

in cui M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme. Il fattore di imperfezione λ_{LT} è ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tab. 4.2.VII.

Il coefficiente $\lambda_{LT,0}$ può essere assunto in generale pari a 0,2 e comunque mai superiore a 0,4 (consigliato per sezioni laminate e composte saldate) mentre il coefficiente β può essere assunto in generale pari ad 1 e comunque mai inferiore a 0,75 (valore consigliato per sezioni laminate e composte saldate).

Il fattore f considera la reale distribuzione del momento flettente tra i ritegni torsionali dell'elemento inflesso ed è definito dalla formula:

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2(\lambda_{LT} - 0,8)^2]$$

in cui il fattore correttivo k_c assume i valori riportati in Tab. 4.2.VIII”³¹.

³⁰ Vd nota 27

³¹ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, Circolare applicativa, paragrafo C4.2.4.1.3.3.2

Sezione trasversale	Limiti	Curva di instabilità da Tab. 4.2.VI
Sezione laminata ad I	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Sezione composta saldata	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Altre sezioni trasversale	-	d

Tabella 121. Curva di instabilità su sezioni trasversali


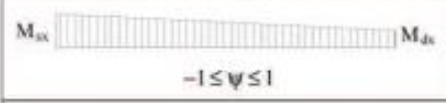






Distribuzione del momento flettente	Fattore correttivo k_c
 <p>$\psi = M_{\min}/M_{\max} = 1$</p>	1,0
 <p>$-1 \leq \psi \leq 1$</p>	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Tabella 122. Distribuzione momento flettente e fattore correttivo

“Il momento critico elastico per instabilità flessione - torsionale di una trave, avente sezione trasversale simmetrica uniforme con ali uguali, sotto condizioni normali di vincolo a ciascun estremo, caricata attraverso il suo centro di taglio e soggetta a un momento uniforme, è dato dalla seguente equazione:

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_z}}$$

Dove:

I_t è la costante di torsione

I_w è la costante di ingobbimento

I_z è il momento di inerzia attorno all'asse minore

L è la lunghezza della trave fra i punti che hanno vincolo laterale.”³²

Le costanti di torsione e di ingobbimento dipendono dalle caratteristiche geometriche della sezione.

Di seguito vengono riassunti i risultati ottenuti applicando le formule appena riportate.

UPN 280		
b	0,095	m
t	0,015	m
h	0,28	m
r	0,015	m
d'	0,265	m
b'	0,0875	m

Tabella 123. Dati UPN 280

DIREZIONE Y					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	0,00013	MODULO DI RESISTENZA	0,0009		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1,2	E [kN/m ²]	2,1E+08		
ν	0,3	G	80769231		
W Y [m ³]	0,0009	f _{yk} [kN/m ²]	250000		
CARICO CRITICO	186922	α	0,33		
λ	0,11	Φ	0,49	χ	1,03
DIREZIONE Z					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	8E-06	MODULO DI RESISTENZA W	0,00011		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1				
CARICO CRITICO	16564,1	α	0,33		
W _z	0,00011	γ M ₀	1,05		
Ned	1007	M _y	181,8	M _z	0
λ	0,38	Φ	0,60	χ	0,93
ρ	0,12	A [m ²]	0,0097		
I _t	9,9E-07	I _w	1,4E-06		
M _{cr}	2241,85	λ_{it}	0,32	α_{it}	0,24
Φ_{it}	0,59	λ_{it0}	0,2	β	1
k _c	0,91	f	0,98	χ_{it}	2,25
α_m	0,9	k _{yy}	0,89	k _{zz}	0,87
k _{yz}	0,52	k _{zy}	0		
DISEQUAZIONE1	0,76	<	1	OK	
DISEQUAZIONE2	0,47	<	1	OK	

Tabella 124. Valori ottenuti

³² Eurocodice 3, Appendice F

6.13.5. Correnti: Verifica a taglio

Il corrente superiore è quello più soggetto a taglio con un'azione di 270,2 kN.

Secondo le Norme Tecniche delle Costruzioni l'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove la resistenza di calcolo a taglio $V_{c,Rd}$ in assenza di torsione, vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Dove:

A_v è l'area resistente a taglio pari a $A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$.

Considerando i due profili UPN280 accoppiati, l'area resistente è pari a 0,0097 m² e di conseguenza la resistenza a taglio risulta 753,6 kN, maggiore di quella agente, quindi la verifica è soddisfatta.

V_{Ed} [kN]	270,2		
A_v	0,00268	0,00535	
$V_{c,Rd}$	753,596	VERIFICATO	

Tabella 125. Verifica resistenza a taglio

6.13.6. Predimensionamento e verifica Calastrelli

Per i calastrelli sono stati effettuati i medesimi calcoli svolti in precedenza per i correnti, la scelta è ricaduta su un profilo UPN180, per quelli interni e UPN280 per quelli agli estremi.

Si precisa che i profili UPN 180 sono stati scelti per la loro ridotta dimensione e quindi il vantaggio di essere meno visibili, dando priorità all'aspetto estetico che si desiderava ottenere.

Di seguito vengono riportati i calcoli riassuntivi.

Calastrelli interni

UPN 180		
b	0,07	m
t	0,011	m
h	0,18	m
r	0,011	m
d'	0,169	m
b'	0,0645	m

Tabella 126. Calastrelli interni UPN 180

DIREZIONE Y					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	0,0002708	MODULO DI RESISTENZA	0,0009		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1,2	E [kN/m ²]	210000000		
ν	0,3	G	80769230,77		
W Y [m ³]	0,0003	f _{yk} [kN/m ²]	250000		
CARICO CRITICO	389372,0367	α	0,35		
λ	0,08	ϕ	0,48	χ	1,04
DIREZIONE Z					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	0,000008	MODULO DI RESISTENZA W	0,00011		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1				
CARICO CRITICO	16564,128	α	0,348021583		
W _z	0,0001144	γ_{m0}	1,05		
N _{ed}	270	M _y	181,8	M _z	0
λ	0,38	ϕ	0,60	χ	0,93
ρ	0,167085385	A [m ²]	0,0097		
I _t	2,64425E-07	I _w	2,79752E-07		
M _{cr}	1004,975869	λ_{it}	0,273182462	α_{it}	0,24
ϕ_{it}	0,58	λ_{it0}	0,2	β	1
k _c	0,91	f	0,979978305	χ_{it}	2,28
α_m	0,9	k _{yy}	0,78	k _{zz}	0,83
k _{yz}	1,1	k _{zy}	0		
DISEQUAZIONE1	0,98	<	1	OK	
DISEQUAZIONE2	0,13	<	1	OK	

Tabella 127. Valori ottenuti

TAGLIO			
V _{ed} [kN]	302,1		
A _v	0,003673	0,007346	
V _{crd}	1034,750526	VERIFICATO	

Tabella 128. Verifica a taglio

Calastrelli agli estremi

UPN 280		
b	0,095	m
t	0,015	m
h	0,28	m
r	0,015	m
d'	0,265	m
b'	0,0875	m

Tabella 129. Calastrelli agli estremi UPN 280

DIREZIONE Y					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	0,00013	MODULO DI RESISTENZA	0,0009		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1,2	E [kN/m ²]	2,1E+08		
ν	0,3	G	80769231		
W Y [m ³]	0,0009	f _{yk} [kN/m ²]	250000		
CARICO CRITICO	186922	α	0,33		
λ	0,11	Φ	0,49	χ	1,03
DIREZIONE Z					
INERZIA PROFILO (m ⁴)	8E-06	MODULO DI RESISTENZA W	0,00011		
LUNGHEZZA L ₀ (m)	1				
CARICO CRITICO	16564,1	α	0,332278		
W _z	0,00011	γ M ₀	1,05		
N _{ed}	270	M _y	181,8	M _z	0
λ	0,38	Φ	0,60	χ	0,93
ρ	0,11577	A [m ²]	0,0097		
I _t	9,9E-07	I _w	1,4E-06		
M _{cr}	2241,85	λ_{it}	0,316802	α_{it}	0,24
Φ_{it}	0,59	λ_{it0}	0,2	β	1
k _c	0,91	f	0,976013	χ_{it}	2,25
α_m	0,9	k _{yy}	0,89	k _{zz}	0,87
k _{yz}	1,12	k _{zy}	0		
DISEQUAZIONE1	0,45	<	1	OK	
DISEQUAZIONE2	0,13	<	1	OK	

Tabella 130. Valori ottenuti

TAGLIO			
V _{ed} [kN]	213		
A _v	0,00268	0,00535	
V _{crd}	753,596	VERIFICATO	

Tabella 131. Verifica a taglio

6.13.7. Calcolo deformazione

La trave, essendo composta da profili in acciaio e, tenendo conto, inoltre, dell'elevata luce, è stata progettata considerando il limite di deformabilità stabilito da normativa, poiché è la condizione più restrittiva per l'elemento strutturale.

I calcoli relativi alla deformazione sono stati svolti a mano e qui di seguito sono riportati i valori ottenuti.

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{Pl^4}{EI} = 1,04 \text{ cm} < \frac{l}{250} = 4 \text{ cm}$$

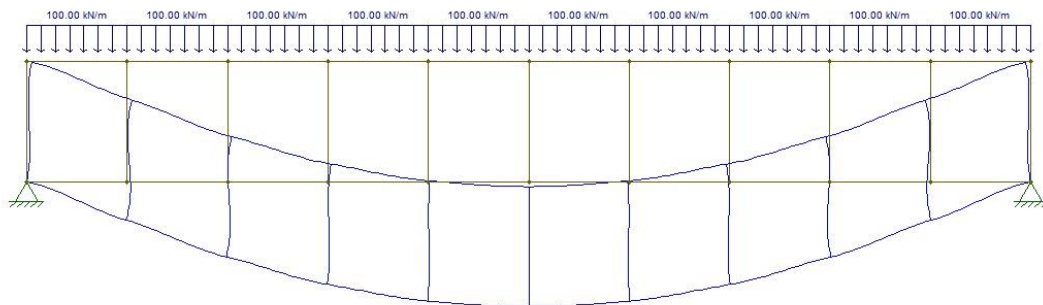
Dove:

P è il carico distribuito

l è la lunghezza totale della trave

E è il modulo elastico di Young

I è il momento di inerzia



6.14. Calastrellata e reticolare: un problema e due soluzioni

Gli studi sul progetto strutturale e sulle possibili scelte da adottare nelle varie problematiche che si sono presentate durante la stesura della tesi, ci hanno permesso di affrontare tematiche diverse con più risoluzioni possibili.

Le passerelle vetrate di collegamento tra i vari edifici rappresentano forse il caso più evidente e significativo della possibilità di utilizzare tecniche diverse per risolvere la medesima soluzione.

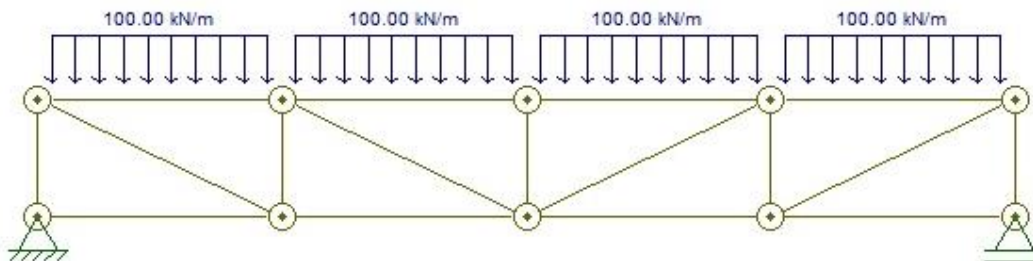
Per la realizzazione della passerella vetrata le strade da percorrere erano sostanzialmente due: la "classica" struttura con trave reticolare e la struttura con trave calastrellata.

La scelta di puntare sulla struttura calastrellata muove dalla volontà di rendere le passerelle di collegamento il meno visibili possibile, quasi trasparenti, in modo tale da risultare elementi neutri rispetto all'imponenza materica dei tre edifici della Cittadella dell'Edilizia. La trave calastrellata permette, tramite l'utilizzo dei calastrelli come parapetto, di realizzare una struttura più leggera e trasparente, senza le travi in diagonale tipiche della struttura reticolare.

La struttura reticolare, molto più diffusa per realizzazione di questo tipo, entrava in contrasto con le scelte architettoniche che stanno alla base del nostro progetto.

Dal punto di vista prettamente strutturale entrambe le scelte tecniche garantiscono un'elevata resistenza e una precisa soluzione per risolvere sbalzi di questo tipo con lunghezze relativamente elevate.

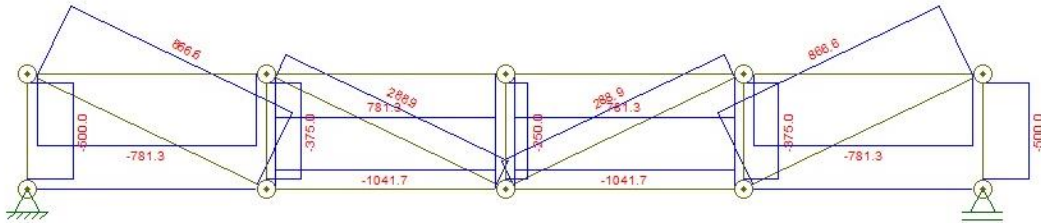
La passerella con struttura reticolare si presenterebbe con la seguente struttura:



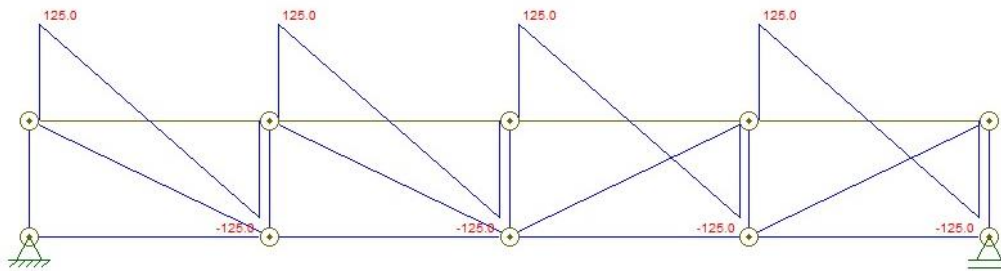
Per ricavare i valori delle azioni interne della trave reticolare è stato utilizzato ancora una volta il software FTOOL.

Di seguito verranno riportati i grafici dell'azione assiale, tagliante e del momento flettente della struttura reticolare.

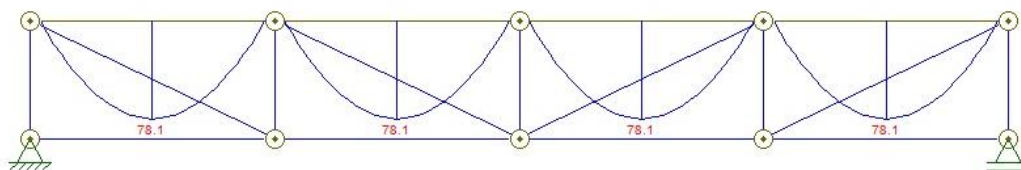
Azione assiale



Azione tagliante



Momento flettente



Le tabelle riassumono i valori massimi delle azioni interne:

Correnti

Azione assiale	1041.7 kN
Taglio	125 kN
Momento flettente	78.1 kNm

Tabella 132. Azioni agenti sui correnti

Diagonali

Azione assiale	866.6 KN
Taglio	-
Momento flettente	-

Tabella 133. Azioni agenti sui diagonali

Il confronto tra i risultati ottenuti per la trave calastrellata e quella reticolare mostra un sostanziale equilibrio per quanto riguarda i valori delle azioni assiali dei correnti. La trave reticolare è caratterizzata da una azione di taglio e da un momento flettente leggermente inferiore rispetto alle azioni della struttura calastrellata.

Per fini prettamente estetici, nonostante questa piccola differenza, si è preferito puntare sulla struttura calastrellata proprio per la capacità di renderla meno visibile e più neutra all'interno del contesto.

Per quanto concerne le travi reticolari, queste verranno utilizzate nella copertura verde del parcheggio e saranno analizzate nel dettaglio nei seguenti paragrafi.

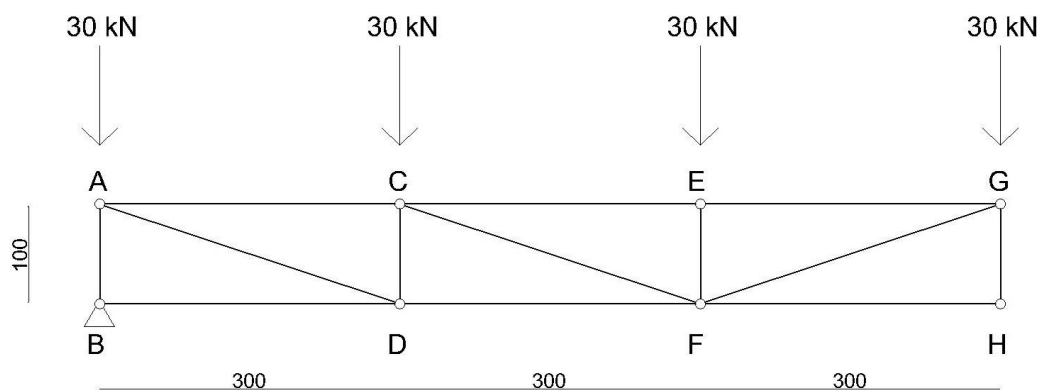
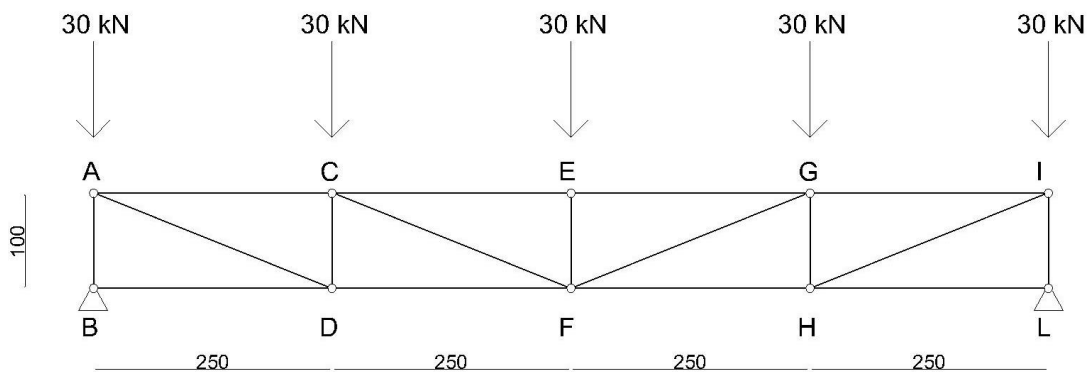
6.15. Reticolare in acciaio

La trave reticolare viene inserita nel calcolo strutturale come alternativa alla trave di copertura. In particolare, nel progetto strutturale della Cittadella dell'Edilizia le travi reticolari verranno utilizzate per realizzare la copertura del parcheggio.

Per il dimensionamento si dovranno calcolare le azioni agenti e si effettuano le rispettive verifiche a seconda dei carichi applicati.

Per determinare la struttura della trave reticolare si inizia a suddividere la forza incidente proveniente dalla copertura con una distribuzione puntuale, in corrispondenza della posizione dei pilastri che sorreggono la copertura.

Il valore delle forze incidenti sui nodi è pari a 30 kN. La lunghezza della trave si compone di 4 campate della stessa dimensione per le travi di 10 m e 3 campate per le travi di 9 m.



La risoluzione dell'isostatica consiste nella determinazione iniziale delle reazioni vincolari esterne V_A , V_O e H_O , in corrispondenza dei due vincoli carrello (A) e cerniera (O); si comincia con l'impostazione delle tre equazioni del sistema, attraverso le quali si calcolano le forze orizzontali, successivamente le forze verticali e infine il momento, quantificato nel punto O.

$$H_b = 0 \text{ kN}$$

$$V_L = 75 \text{ kN}$$

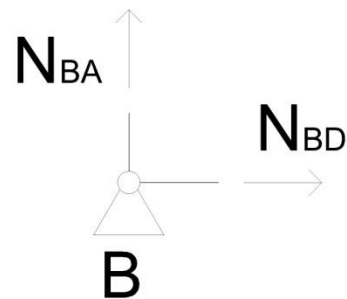
$$V_B = 75 \text{ kN}$$

I nodi vengono considerati delle cerniere piene per facilitare i conti e per poter procedere con il metodo dell'equilibrio ai nodi, nonostante la trave si componga di due aste orizzontali incernierate a quelle verticali e a quelle oblique attraverso delle semicerniere.

Si comincia con il calcolo delle azioni assiali (N_{AB} e $N_{AA'}$) in corrispondenza del nodo A, vincolato da sole due aste, attraverso la somma delle forze orizzontali e la somma delle forze verticali agenti sulla cerniera stessa.

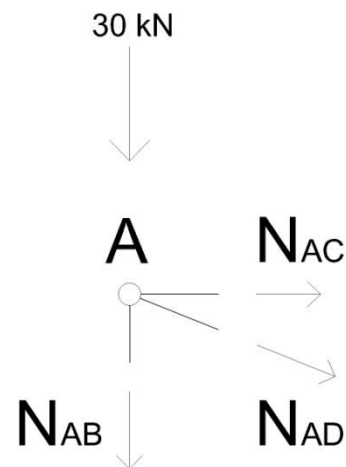
$$N_{BD} = 0$$

$$N_{BA} + 75 \text{ kN} = 0 \rightarrow N_{BA} = -75 \text{ kN}$$



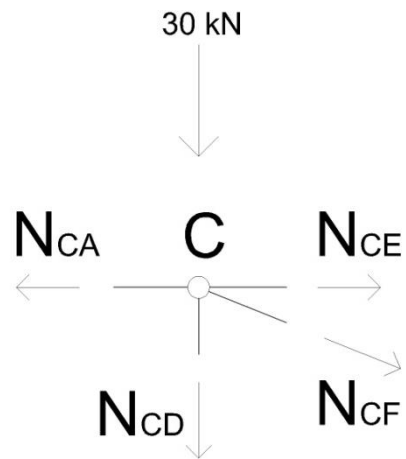
$$75 - 30 - N_{AD} = 0 \rightarrow N_{AD} = \frac{45}{\sin 22} = 120 \text{ kN}$$

$$N_{AC} + 120 \cos 22 = 0 \rightarrow N_{AC} = -111 \text{ kN}$$



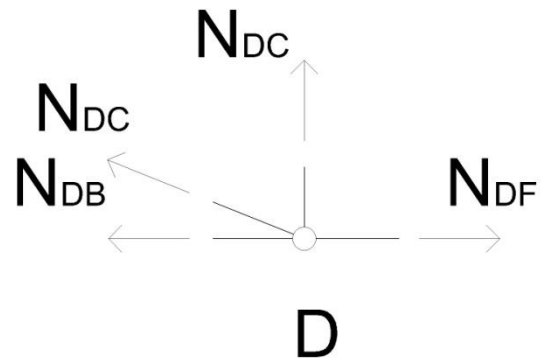
$$45 - 30 - N_{CF} \sin 22 = 0 \rightarrow N_{CF} = \frac{15}{\sin 22} = 40 \text{ kN}$$

$$N_{CE} + 111 + 40 \cos 22 = 0 \rightarrow N_{CE} = -148 \text{ kN}$$



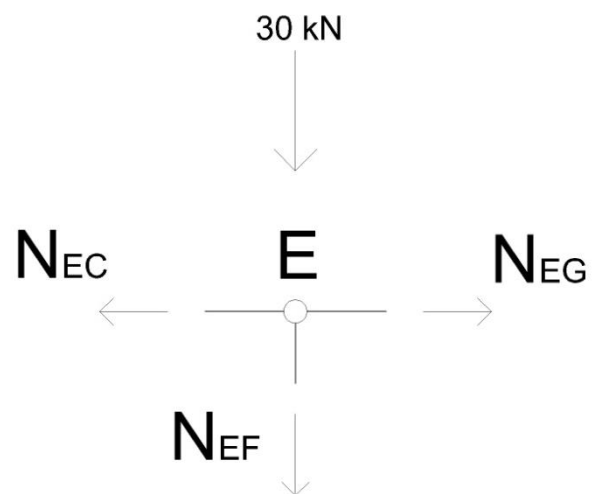
$$N_{DC} + 120 \sin 22 = 0 \rightarrow N_{DC} = -45 \text{ kN}$$

$$N_{DF} - 120 \cos 22 = 0 \rightarrow N_{DF} = 111 \text{ kN}$$



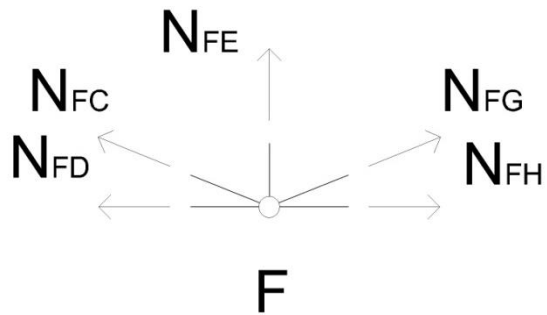
$$N_{EF} = -30 \text{ kN}$$

$$N_{EG} = -148 \text{ kN}$$



$$N_{FG} \frac{\sqrt{2}}{2} - 30 + 15 = 0 \rightarrow N_{FG} = 15\sqrt{2} \text{ kN}$$

$$N_{FH} - 45 - 15 + 15 = 0 \rightarrow N_{FH} = 45 \text{ kN}$$



Secondo i risultati ottenuti, le aste inclinate e l'asta orizzontale che sta in basso subiscono un'azione di trazione, mentre le aste verticali e l'asta orizzontale che sta in alto subiscono un'azione di compressione.

ASTA	TESA/COMPRESSA	VALORE [kN]
AB	COMPRESSA	75,00
BD	/	0,00
AD	TESA	121,20
DF	TESA	112,50
CD	COMPRESSA	45,00
AC	COMPRESSA	112,50
CF	TESA	40,40
CE	COMPRESSA	150,00
EF	COMPRESSA	30,00

Tabella 134. Quadro riassuntivo azioni sulle varie aste

$$F_{\text{TRAZ,MAX}} = 115 \text{ kN}$$

$$F_{\text{COMPR,MAX}} = 150 \text{ kN}$$

6.15.1. Verifica a trazione

La verifica a trazione della trave reticolare, così come per il controvento, consiste nel controllo dell'azione assiale N_{Ed} , che deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

in cui la resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd}$ di membrature con sezioni indebolite da fori per collegamenti bullonati o chiodati, dev'essere assunta pari al minore dei seguenti valori:

a) resistenza plastica della sezione lorda A :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

b) resistenza a rottura della sezione netta A_{net} , in corrispondenza dei fori per i collegamenti:

$$N_{u,Rd} = \frac{A_{net} 0,9 f_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

Si considerano le prime 2 aste inclinate (le altre 2 sono speculari) e si assumono:

$$f_{yk} = 235000 \text{ e } f_{tk} = 360000.$$

Si ricava l'area attraverso l'inversione della prima delle due formule precedentemente scritte e successivamente si ipotizza un'area maggiore rispetto a quella ottenuta:

$$A = 26 \text{ cm}^2$$

Si utilizza una sezione di 26 cm^2 che corrisponde ad una HEB100.

A questo punto si può procedere con la verifica a trazione, che nel nostro caso risulta verificata per tutte le aste considerate:

Aste	$N_{t,Rd}=N_{pl,Rd}$ [kN]	N_{Ed} [kN]	VERIFICA: $N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1$	
ASTA AD	581,90	180,59	0,31	VERIFICATO

Tabella 135. Verifica a trazione

Qualora il progetto preveda la gerarchia delle resistenze, la resistenza plastica della sezione lorda $N_{pl,Rd}$ deve risultare minore della resistenza a rottura delle sezioni indebolite dai fori per i collegamenti $N_{u,Rd}$:

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$$

6.15.2. Verifica a compressione

La trave reticolare, non essendo a croce di S. Andrea, necessita anche di una verifica a compressione. La forza di calcolo a compressione N_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo della sezione $N_{c,Rd}$ vale:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} \text{ (per sezioni di classe 1,2 e 3)}$$

$$N_{c,Rd} = 26 \cdot 23,5 / 1,05 = 581,90 \text{ kN}$$

Facciamo quindi la verifica: $223,50/581,90 = 0,38 \leq 1$ **VERIFICATO**

6.15.3. Verifica degli spostamenti laterali

Nelle travi reticolari le deformazioni dovute agli effetti taglianti non possono essere trascurate. La deformata elastica per le sole travi a traliccio può essere calcolata con un metodo approssimativo (detto **dell'anima equivalente**). Questo calcola lo spostamento totale come somma di due contributi:

$$v = v_I + v_{II}$$

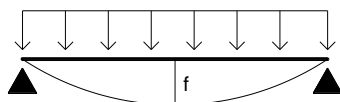
dove:

v_I = contributo del momento (correnti superiori ed inferiori),

v_{II} = contributo del taglio (aste parete).

Contributo del momento

La struttura viene vista come uno schema statico semplificato, in particolare una trave appoggio-appoggio.



Il calcolo della freccia viene effettuato con la seguente formula:

$$f = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{EI}$$

Come precedentemente spiegato l'inerzia da inserire è pari all'inerzia equivalente:

$$I_{eq} = 2 \cdot I_1 + 2 \cdot A_1 \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$I_1 = 450 \text{ cm}^4$$

$$A_1 = 26 \text{ cm}^2$$

$$d = 250 \text{ cm}$$

$$I_{eq} = 813400 \text{ cm}^4$$

$$E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$p = 0,000157 \text{ kN/cm}^2$$

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$v_I = 0,00 \text{ cm}$$

Contributo del taglio

Per calcolare questo contributo si deve definire il valore dell'anima equivalente A_w .

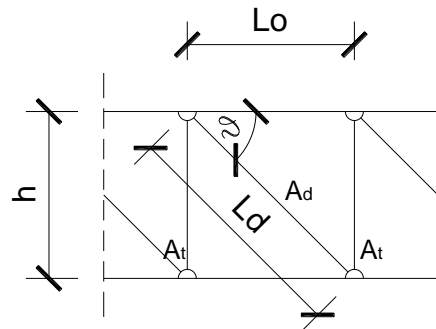
In questo modo è possibile determinare la deformazione trasversale sotto uno sforzo di taglio V , pari a:

$$v_{II} = \frac{V \cdot L_0}{E \cdot A_w}$$

Nel nostro caso, essendo il traliccio a N, si ha:

$$L_{d1} = h ; A_{d1} = A_t ; q_1 = p/2$$

$$L_{d2} = L_d ; A_{d2} = A_d ; q_2 = q$$



La formula per calcolare A_w è :

$$A_w = \frac{2,6 \cdot A_d \cdot \frac{L_0}{h}}{\frac{A_d}{A_t} + \frac{L_d^3}{h^3}} = \frac{2,6 \cdot A_d \cdot \cot g \vartheta}{\frac{A_d}{A_t} + \frac{1}{\sin^3 \vartheta}} = 4,07 \text{ cm}^2$$

Avendo tutta la trave reticolare la medesima area equivalente, è possibile calcolare la deformazione trasversale per ogni passo facendo variare lo sforzo di taglio agente nelle aste di parete. Una volta determinate queste deformazioni si sommano per ottenere la freccia massima in mezzera.

$$v_{II \text{ totale}} = 1,455 \text{ cm}$$

Verifica

$$v = v_I + v_{II} = 0,000 + 1,455 = 1,455 \text{ cm} < 20 \text{ VERIFICATO}$$

$$v/L \leq 1/250 \rightarrow 0,000026 \leq 0,004 \text{ VERIFICATO}$$

6.16. Reticolare in legno

Nelle coperture a struttura reticolare, il corrente superiore stabilisce la forma del tetto mentre quello inferiore può essere adattato alle esigenze architettoniche, a quelle statiche o a quelle legate all'utilizzo. Le strutture reticolari vengono realizzate, quindi, nelle forme più svariate.

La volontà di conferire un aspetto più cerimonioso e rappresentativo all'auditorium, collocato al piano primo dell'edificio della Cassa Edile, ha indirizzato le scelte progettuali strutturali verso la realizzazione di una trave reticolare in legno che sostenesse la copertura della sala conferenze.

6.16.1. Il legno lamellare

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 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 micro lamelle), 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.

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 42 metri, altezza massima 3,80 metri), 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 18 cm), è dovuta alla precauzione di evitare tensioni interne che tavole maggiori di 20 cm potrebbero innescare. Riguardo alle caratteristiche proprie del lamellare, è importante parlare della sua leggerezza (peso specifico $\gamma = 550 \text{ kg/mc}$, 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 20 cm) rispetto ad uno generalmente alto (fino a 200 cm). 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.

6.16.2. Caratteristiche generali

La trave reticolare misura 15 m di lunghezza divisa in 6 campate da 2,5 m ciascuna. La sua altezza massima, in mezzeria, è di 2 m, mentre agli estremi misura 0,5 m. Poggia su due pilastri in acciaio ai lati collegata tramite profili metallici imbullonati tra legno ed acciaio.

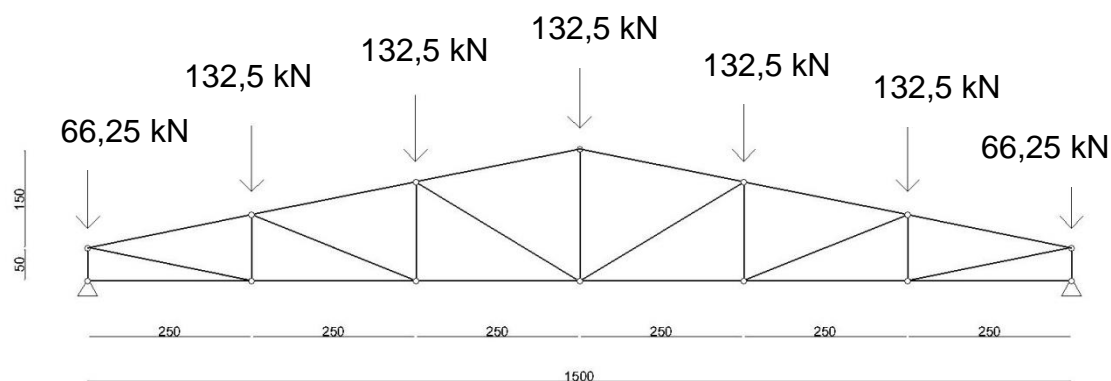
Il carico a cui è soggetta deriva dalla copertura verde e dal carico neve, oltre al peso proprio e delle travi secondarie, anche esse in legno a vista.

Il legno scelto è del tipo GL24h.

In accordo con le norme europee EN14080 e EN1194 il legno lamellare incollato viene definito con le classi di resistenza GL seguite da una cifra (che corrisponde al valore caratteristico della resistenza a flessione). Per la produzione di legno lamellare si usano lamelle che devono appartenere a determinate classi di resistenza C. GL sta per Glued Laminated Timber, ovvero legno lamellare in inglese, mentre la cifra sta per la resistenza caratteristica a flessione in MPa. Si distingue in GLxxh per legno lamellare omogeneo e GLxxc per legno lamellare combinato.

Caratteristiche geometriche	Luce Totale [cm]	1500	
	Altezza Totale [cm]	200	
	Distanza nodi [cm]	250	
	Vincolo A	Cerniera	
	Vincolo B	Carrello	
Caratteristiche materiale	Massa Volumetrica ρ_k [kg/m³]	380	
	Flessione f_m [kN/cm²]	2,4	
	Legno Lamellare GL24h	Trazione f_t [kN/cm²]	1,65
	Compressione f_c [kN/cm²]	2,4	
	Modulo di Elasticità E [kN/cm²]	1160	
	Modulo di Taglio [kN/cm²]	72	

Tabella 136. Caratteristiche legno lamellare



6.16.3. Dimensionamento correnti e montanti

Il carico totale gravante sulla reticolare, considerando un'area della copertura di 240,43 m², un peso proprio del solaio di 2,1 kN/m² e un carico accidentale dovuto alla neve di 1,2 kN/m², è pari a $Q_{tot} = 793,42$ kN.

Approssimando, verrà presa in esame un $Q_{tot} = 795$ kN

Per il dimensionamento della trave sono state prese in esame le azioni maggiori di trazione e compressioni presenti sugli elementi diagonali e sui correnti superiori ed inferiori³³. Di seguito riportiamo la tabella riassuntiva:

	N [kN]
Azione di trazione sugli elementi diagonali	844,50
Azione di trazione sui correnti inferiori	312,80
Azione di trazione sull'elemento verticale	165,60
Azione di compressione sui correnti superiori	760,10

Tabella 137. Azioni di compressione e trazione

Procedendo con i calcoli, sono state verificate le aree minime necessarie sia per i correnti, tesi e compressi, e sia per gli elementi verticali.

Calcolo profilo del corrente compresso:

$$A = \frac{N}{f_c} = \frac{760,10}{2,40} = 316,71 \text{ cm}^2$$

³³ M. Piazza et al. Strutture in legno: materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2009

Calcolo profilo del corrente teso:

$$A = \frac{N}{f_c} = \frac{312,80}{2,40} = 130,33 \text{ cm}^2$$

Calcolo profilo dell'elemento verticale compresso:

$$A = \frac{N}{f_c} = \frac{165,60}{2,40} = 69,00 \text{ cm}^2$$

Profili scelti:

Corrente compresso:

Profilo	Area [cm2]	Ix=Iy [cm4]
300x360	1080,00	116640,00

Tabella 138. Corrente compresso

Corrente teso:

Profilo	Area [cm2]	Ix=Iy [cm4]
300X360	1080,00	116640,00

Tabella 139. Corrente teso

Montante compresso:

Profilo	Area [cm2]	Ix=Iy [cm4]
300x360	1080,00	116640,00

Tabella 140. Montante compresso

Diagonale tesa:

Profilo	Area [cm2]	Ix=Iy [cm4]
300x360	1080,00	116640,00

Tabella 141. Diagonale teso

6.16.4. Verifiche correnti**Compressione:**

γ_M	k_{mod}	$f_{c,0,k}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$
1,45	0,60	2,40	0,79	0,70

Tabella 142. Verifica a compressione

$$f_{c,0,d} > \sigma_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è il valore di calcolo della tensione di compressione nella sezione determinante;

$f_{c,0,d}$ è il valore di calcolo della resistenza alla compressione per il caso considerato;

$f_{c,0,k}$ è il valore caratteristico della resistenza alla compressione per il materiale considerato;

k_{mod} è il coefficiente di correzione;

γ_M è il coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà del materiale.

Trazione:

γ_M	k_{mod}	$f_{t,0,k}$	$f_{t,0,d}$	$\sigma_{t,0,d}$
1,45	0,60	1,65	0,55	0,29

Tabella 143. Verifica a trazione

$$f_{t,0,d} > \sigma_{t,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è il valore di calcolo della tensione di trazione nella sezione determinante;

$f_{t,0,d}$ è il valore di calcolo della resistenza alla trazione per il caso considerato;

$f_{t,0,k}$ è il valore caratteristico della resistenza alla trazione per il materiale considerato;

k_{mod} è il coefficiente di correzione;

γ_M è il coefficiente di sicurezza parziale per le proprietà del materiale.

6.16.5. Verifiche montanti compressi e diagonali tese

Trazione diagonale:

γ_M	k_{mod}	$f_{c,0,k}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$
1,45	0,60	2,40	0,79	0,78

Tabella 144. Verifica trazione diagonale

$$f_{c,0,d} > \sigma_{c,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

Trazione montanti:

γ_M	k_{mod}	$f_{t,0,k}$	$f_{t,0,d}$	$\sigma_{t,0,d}$
1,45	0,60	1,65	0,55	0,15

Tabella 145. Verifica trazione montanti

$$f_{t,0,d} > \sigma_{t,0,d} \text{ VERIFICATO}$$

6.17. Platea di fondazione in calcestruzzo armato

Si è scelto di dimensionare il plinto di fondazione corrispondente al pilastro centrato e soggetto alla sola azione assiale proveniente dal pilastro. Per il dimensionamento della fondazione sono state utilizzate le formule tipo per il dimensionamento del plinto di fondazione.

6.17.1. Verifiche plinto di fondazione

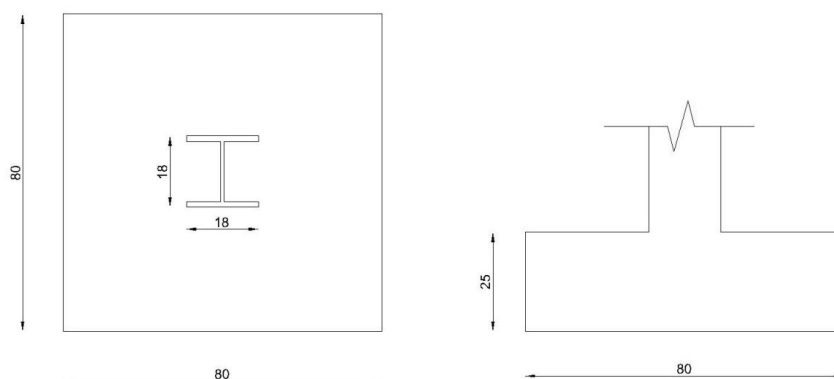
Si considera per la verifica il plinto isolato soggetto al carico del pilastro tipo verificato in precedenza.

Il dimensionamento di un pilastro avviene secondo le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo. L'azione assiale (P_d) che si scarica sul plinto corrisponde a quella calcolata per lo stato limite ultimo sul pilastro del primo piano.

	Carichi permanenti	Carichi accidentali
Copertura	42,4	28,1
Pilastro 2	0,42	/
Solaio primo piano	42,4	66,6
Pilastro 1	0,42	/
Totale	85,64	94,7
Totale P_d [kN]	180,34	

Tabella 146. Carichi permanenti ed accidentali fondazione

Da questa analisi risulta, al piede del tratto a seminterrato del pilastro in questione, un valore caratteristico dello sforzo assiale pari a $P_d = 180,34$ kN.



Come indicato in figura, a fondazione del pilastro tipo, di lati 18X17.1 cm, è posto un plinto di lati 80X80 cm e di altezza 25 cm.

6.17.2. Dimensionamento dell'armatura trasversale

LATO A

Di seguito si determina l'area minima d'armatura, dovuta all'interpretazione del plinto a mensole fisse. Andrà quindi considerata la condizione più restrittiva.

$$A_{sa\min} = \frac{M_a}{0,9 \times d_a \times f_{sd}}$$

E' necessario determinare i parametri:

$$\sigma_v = \frac{P_d}{a \times b}$$

$$l'_a = \frac{a - a'}{2}$$

$$M_a = \frac{\sigma_v \times b \times l_a^2}{2}$$

Si ottiene quindi un valore pari a $A_{sa\min} = 136,54 \text{ mm}^2$.

Si scelgono quindi 8 Ø10, che corrispondono a

$A_{s\text{eff}} = 628,32 \text{ mm}^2 > A_{sa\min}$ – VERIFICATO

Verifica della portanza del calcestruzzo

Si procede al calcolo dell'azione resistente del calcestruzzo P_{rc} , da confrontare con l'azione agente P_d .

La prima viene determinata mediante la relazione:

$$P_{rc} = P_0 + 2 \times 0,4 \times d_a \times b' \times f_{cl} \times \frac{1}{1 + \lambda_a^2} + 2 \times 0,4 \times d_b \times a' \times f_{cl} \times \frac{1}{1 + \lambda_b^2}$$

Nella quale:

$$P_0 = \frac{a' \times b'}{a \times b} \times P_d$$

ottenendo un valore pari a $P_{rc} = 622,8 \text{ kN}$, mentre la seconda si ottiene da:

$$P'_d = \frac{P_d - P_0}{P_d} \times P_d \times \gamma$$

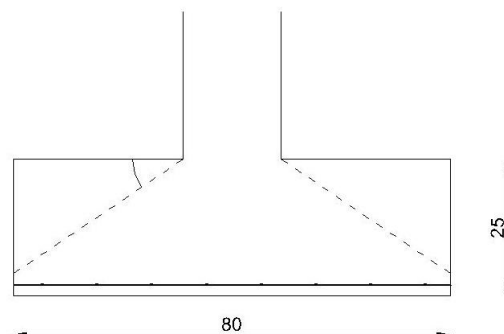
Ottenendo un valore pari a:

$P'_d = 179,26 \text{ kN} < P_{rc}$ – VERIFICATO.

6.17.3. Verifica al punzonamento

I particolari di appoggio di pilastri su elementi a piastra costituiscono un problema di flessione bidirezionale. Si tratta di analizzare come i flussi di tensione, diffusi sull'estensione della piastra, possono convogliarsi entro le dimensioni ridotte degli appoggi. A un tale calcolo viene associato il termine di *punzonamento*, con riferimento alla possibilità di rottura per perforazione della piastra, rottura dovuta al suo piccolo spessore in rapporto all'entità della reazione localizzata ed alle ridotte dimensioni dell'impronta su cui la reazione stessa è distribuita.

Le norme propongono un calcolo "convenzionale", basato sulle stesse formule dedotte per il caso monodirezionale delle travi, previa la definizione di un *perimetro critico* u lungo il quale definire la resistenza.



La figura rappresenta schematicamente la superficie di rottura, che si configura a forma troncoconica, con base minore di lati $a \times b$, coincidente con il pilastro, e con base maggiore $A \times B$, notevolmente più estesa.

Per piastre non provviste di armatura trasversale per il taglio, la sperimentazione evidenzia un'inclinazione della superficie di rottura pari a:

$$\lambda = \cotg\psi = 1,5 \text{ (con } \psi = 34^\circ\text{)}.$$

Si individua quindi una zona diffusiva con compressioni aperte ad ombrello di lati:

$$A = a' + 2 \times d \times \lambda$$

$$B = b' + 2 \times d \times \lambda$$

Esternamente al perimetro della zona diffusiva si torna al comportamento corrente proprio delle piastre inflesse, dove l'altezza utile viene assunta pari a:

$$d = \frac{d_a + d_b}{2}$$

In caso di doppia simmetria del comportamento flessionale sull'appoggio, le verifiche di resistenza possono riferirsi ad una distribuzione uniforme costante delle sollecitazioni lungo il perimetro considerato.

Verifica lungo il perimetro critico

Si determina il perimetro critico interessato:

$$u = 2a' + 2b' + 3\pi d$$

Oltre ai parametri:

$$k = 1,6 - d \geq 1$$

$$\rho_{sa} = \frac{A_{sa}}{B \times d_a}$$

$$\rho_{sb} = \frac{A_{sb}}{A \times d_b}$$

$$\rho_s = \sqrt{\rho_{sa} \times \rho_{sb}} \leq 0,020$$

Per ottenere di conseguenza:

$$P_r' = 0,25 \times d \times u \times f_{ctd} \times k \times (1 + 50\rho_s)$$

Pari a $P_r' = 351,69$ kN.

Verifica lungo il perimetro del pilastro

Si determina il perimetro interessato dalle compressioni:

$$u_0 = 2a' + 2b'$$

Per ottenere di conseguenza:

$$P_r'' = 0,4 \times d \times u_0 \times f_{c1} \times \frac{1}{1 + \lambda^2}$$

Pari a $P_r'' = 306,72$ kN.

La verifica consiste in:

$$P_r = \min[P_r'; P_r''] > P_d - P_0$$

Si ottiene quindi: $P_d - P_0 = 190,38$ kN < P_r' – VERIFICATO.

Nel caso in cui la verifica non risulti soddisfatta, si possono introdurre opportune armature per aumentare la portanza dell'appoggio. Le armature per punzonamento sono di norma costituite da due ordini ortogonali di ferri piegati disposti sotto il pilastro. Il loro impiego permette di aumentare localmente la portanza utilizzando le maggiori risorse di resistenza a compressione del calcestruzzo. La superficie di rottura, dove ritorna determinante la sua resistenza a trazione, viene allontanata su un contorno periferico in cui si sono smorzate le punte di sollecitazione. Si rientra quindi in zona di comportamento flessionale corrente, per le quali valgono le normali formule di verifica.

Ipotizzando quindi armature a punzonamento uguali nelle due direzioni, piegate secondo un angolo $\alpha = 45^\circ$, si determinare l'area minima di armatura a punzonamento necessaria:

$$A_{s\min} = \frac{P_r' - (P_d - P_0)}{2 \times f_{sd} \times \sin \alpha}$$

Si ottiene un valore pari a $A_{s\min} = 323,65 \text{ mm}^2$, che corrisponde all'inserimento di 6 $\emptyset 10$ per ogni direzione ($A_{s\text{eff}} = 471,24 \text{ mm}^2$).

La portanza aggiuntiva data dall'inserimento di questi ferri piegati si ottiene mediante:

$$P_{rs} = 2 \times (A_{ta} + A_{tb}) \times f_{sd} \times \sin \alpha$$

Pari a $P_{rs} = 610,5 \text{ kN}$.

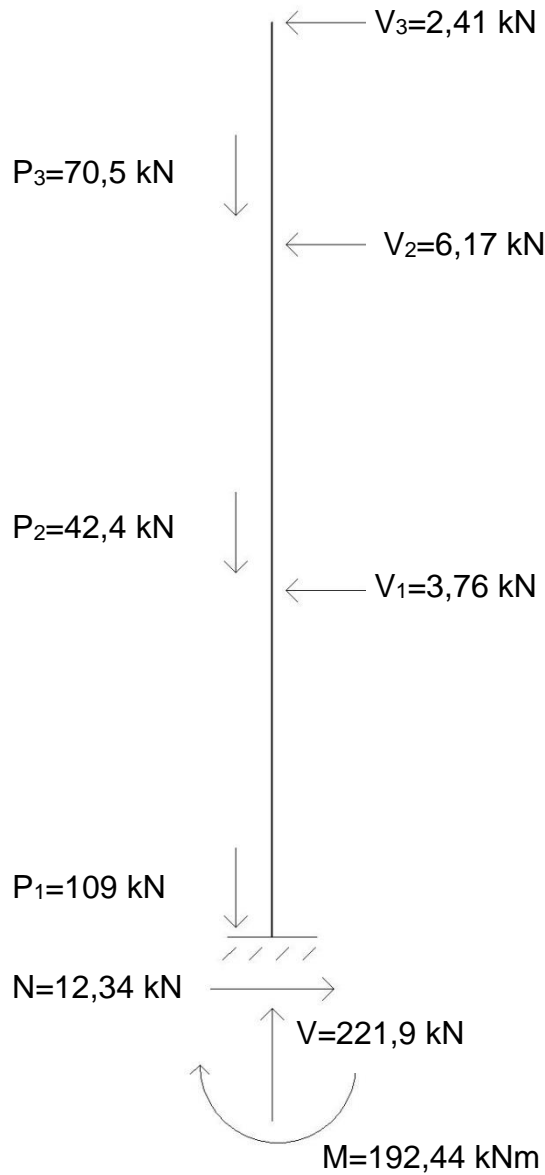
Si calcola quindi la resistenza totale, pari a:

$$P_r = P_{rs} + \min[P_r'; P_r'']$$

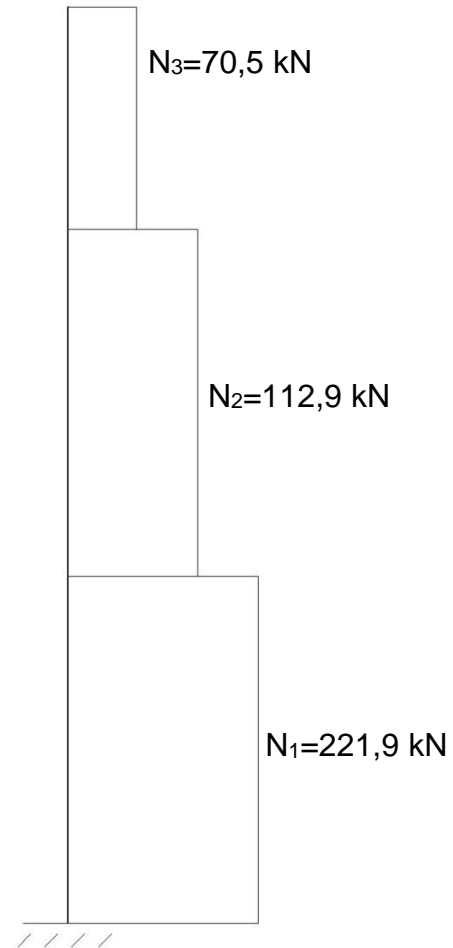
Ottenendo un valore di **$P_r = 917,22 \text{ kN} > P_d - P_0$ – VERIFICATO.**

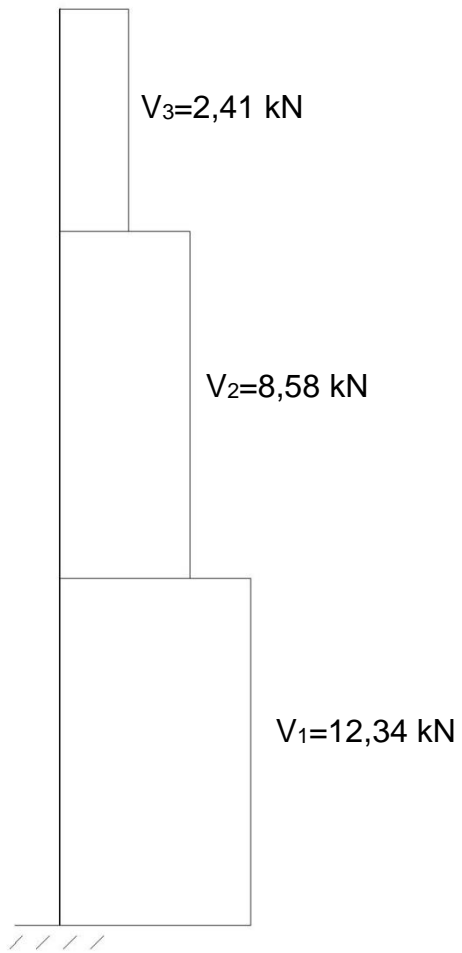
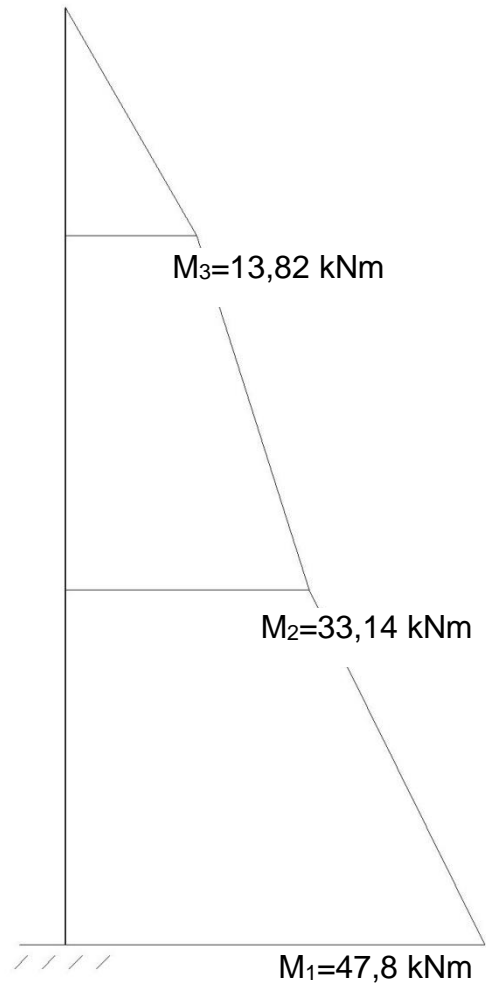
6.18. Controventi in calcestruzzo armato

Schema Statico e Reazioni



Azione Assiale



Taglio**Momento**

6.18.1. Predimensionamento dell'armatura

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150mm, (200mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi armature inclinate) e $1/20$ dell'altezza libera di interpiano³⁴. Avendo i due piani fuori terra un'altezza libera pari a 3,50 m lo spessore risulterebbe pari a 17,5 cm quindi arrotondando assumiamo 20 cm. L'altezza delle zone critiche deve essere la maggiore tra: la larghezza della parete e $1/6$ della sua altezza. Nel nostro caso l'altezza critica è pari a 6 m che corrisponde alla larghezza della parete poiché il valore relativo ad $1/6$ della parete è pari a 1,67 m e quindi molto inferiore.

Con riferimento al § 7.4.6.2.4, le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad $1/10$ dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, almeno nove ogni metro quadrato.

Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza "confinata" l_c pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete.

In tale zona il rapporto geometrico ρ dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti:

$$1\% \leq \rho \leq 4\%$$

$$l_c = 20\% \cdot l = 0,2 \cdot 4,1m = 0,82m$$

³⁴ Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008, paragrafo 7.4.6.1.4

Calcolo dell'area di armatura con $\rho = 2\%$

$$A_s = 2\% \cdot A_c = 0,02 \cdot 820 \cdot 250\text{mm} = 4100\text{mm}^2 \rightarrow 18\phi 18 = 4580,44\text{mm}^2$$

(2 file da 9 barre longitudinali con un interasse di 8 cm)

Nella rimanente parte della parete, in pianta e in alzato, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione a taglio.

$$A_s = 0,2\% \cdot A_c = 0,002 \cdot 2460 \cdot 250\text{mm} = 1230\text{mm}^2 \rightarrow 12\phi 12 = 1357,17\text{mm}^2$$

(2 file da 6 barre longitudinali con un interasse di 38 cm)

Calcolo dell'area effettiva totale delle armature longitudinali:

$$A_{s,tot} = 2 \cdot 4580,44 + 1357,17 = 10518,05\text{mm}^2$$

Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due con un passo non superiore a 8 volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata.

6.18.2. Verifiche di resistenza

La verifica di resistenza, nel caso di pareti semplici, si effettua con riferimento al rettangolo di base.

Secondo la verifica a presso-flessione relativa al §7.4.4.5.2.1, per tutte le pareti, la forza normale di compressione non deve eccedere rispettivamente il 40% in CD"B" e il 35% in CD"A" della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.

$$N_{Ed} = 221,9 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = A_c \cdot f'_{cd} = 250\text{mm} \cdot 4100\text{mm} \cdot 14,2 \frac{N}{\text{mm}^2} = 14555000 N$$

$$N_{Ed} < 40\%$$

$$N_{Rd} \rightarrow 221,9,1 \text{ kN} < 0,4 \cdot 14555000 \text{ kN} \rightarrow 417,1 \text{ kN} < 5822 \text{ kN} \text{ VERIFICATO}$$

Verifica allo S.L.U.

Calcolo dell'eccentricità e :

$$e = \frac{M}{N} = \frac{192,44 \text{ kNm}}{221,9 \text{ kN}} = 0,87$$

Calcolo dell'equilibrio alla rotazione rispetto al punto di applicazione dell'azione assiale eccentrica per la determinazione della posizione dell'asse neutro:

$$x^3 + 3 \cdot \left(e - \frac{a}{2} \right) \cdot x^2 + \frac{6m}{b} \cdot [A_s \cdot (e - 0,5a + d) + A'_s \cdot (e - 0,5a + d')] \cdot x +$$

$$- \frac{6m}{b} \cdot [A_s \cdot d \cdot (e - 0,5a + d) + A'_s \cdot d' \cdot (e - 0,5a + d')] = 0$$

$$x^3 - 3540x^2 + 2869187,6 x - 14743000000 = 0$$

$$x = 2497 \text{ mm} \rightarrow \approx 2,5 \text{ m}$$

6.18.3. Calcolo degli sforzi nel calcestruzzo e nelle barre di armatura

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{b \cdot \frac{x^2}{2} + m \cdot A'_s \cdot (x - d') - m \cdot A_s \cdot (d - x)} \cdot x = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$sc \leq sc,amm \rightarrow 0,66 \text{ N/mm}^2 \leq 15 \text{ N/mm}^2 \quad \text{VERIFICATO}$$

TRAZIONE:

$$\sigma = m \cdot \sigma_c \cdot \frac{d - x}{x} = 4,72 \text{ N/mm}^2$$

$$ss \leq ss,amm \rightarrow 4,72 \text{ N/mm}^2 \leq 260 \text{ N/mm}^2 \text{ (per barre } \varnothing 18) \quad \text{VERIFICATO}$$

COMPRESSIONE:

$$\sigma'_s = m \cdot \sigma_c \cdot \frac{x - d'}{x} = 8,26 \text{ N/mm}^2$$

$$s's \leq s's,amm \rightarrow 8,26 \text{ N/mm}^2 \leq 260 \text{ N/mm}^2 \text{ (per barre } \varnothing 18) \quad \text{VERIFICATO}$$

Equilibrio alla rotazione rispetto al baricentro della sezione di solo calcestruzzo:

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot f'_{cd} \cdot (0,5 \cdot h - 0,4 \cdot x) + \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (0,5 \cdot h - d') + A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,5 \cdot h) = 10453,8 \text{ kNm}$$

MEd ≤ MRd → 192,44 kNm ≤ 10453,8 kNm VERIFICATO

6.18.4. Verifica a taglio

Le verifiche sono condotte come per i pilastri e si prende in considerazione anche la possibile rottura per scorrimento.

Verifica a taglio compressione del calcestruzzo dell'anima

La determinazione della resistenza è condotta in accordo con il § 4.1.2.1.3. delle N.T.C. 2008, assumendo un braccio delle forze interne d pari all'80% dell'altezza della sezione:

$$d = 0,08 \cdot h = 0,8 \cdot 4100 = 3280 \text{ mm}$$

Per la verifica di resistenza allo S.L.U. si pone:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

La resistenza al taglio si valuta con la formula:

$$V_{Rd} = \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c \right] + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{\frac{1}{2}} \leq 2 \longrightarrow k = 1 + (200/3280)^{\frac{1}{2}} = 1,25 \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \longrightarrow v_{\min} = 0,035 \cdot 1,25^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

dove:

d = altezza utile della sezione (in mm);

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = \text{rapporto di armatura longitudinale} (\leq 0,02)$$

$$\longrightarrow \rho_1 = 10480,88 / (250 \cdot 3280) = 0,013 \leq 0,02 ;$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = \text{tensione media di compressione nella sezione} (\leq 0,2f_{cd})$$

$$\longrightarrow \sigma_{cp} = 221900 / 1025000 = 0,216 \leq 0,2 \cdot f_{cd} ;$$

b_w = larghezza minima della sezione (in mm).

V_{Rd} = 416 kN ≥ 226,44 kN VERIFICATO

6.18.5. Armatura trasversale

Con riferimento al § 7.4.6.2.2 delle NTC 2008, nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:

le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature; le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata.

Si è scelto un diametro $\phi 8$ ed un passo delle staffe di contenimento di 100 mm.

Si devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a:

$$\frac{A_{st}}{s} \geq \begin{cases} 0,08 \cdot \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} \\ 0,12 \cdot \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}} \end{cases}$$

in cui: A_{st} è l'area complessiva dei bracci delle staffe, b_{st} è la distanza tra i bracci più esterni delle staffe ed s è il passo delle staffe.

$$\frac{1610}{100} \geq 0,08 \cdot \frac{14,2 \cdot 275}{391} \rightarrow \mathbf{16,1 \text{ mm} \geq 0,8 \text{ mm} \quad \text{VERIFICATO}}$$

6.19. Muro controterra

Per il dimensionamento e le verifiche dei muri controterra sono state utilizzate le nozioni apprese nel corso di Geotecnica, soprattutto in materia di verifica per scivolamento, ribaltamento e sprofondamento.

Caratteristiche materiali

- Calcestruzzo armato:

A_{lat}	V	γ (kg/m ³)	P (kg)
2,1	2,1	2500	5250

Tabella 147. Caratteristiche cls

- Terreno argilla sabbiosa:

A_{lat}	V	γ (kg/m ³)	P (kg)
8,8	8,8	2100	18480

Tabella 148. Caratteristiche terreno

- Dimensioni muratura:

H (m)	B (m)
4	3

Tabella 149. Dimensioni muratura

Per i calcoli delle verifiche verranno anche utilizzati i seguenti valori:

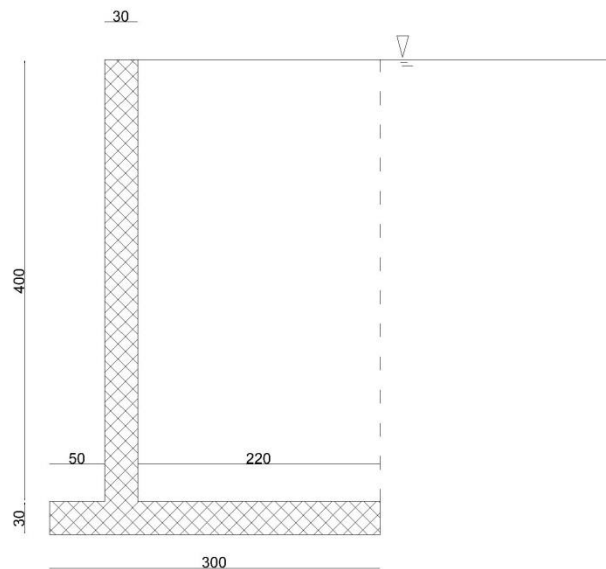
$$\phi = 20$$

$$\delta = 13,33$$

$$b_t = 2,3$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma' = 1100 \text{ kg/m}^3$$



6.19.1. Verifica scivolamento

$$F_{SCIV} = \frac{\tau_{lim} - U}{S_a} \geq 1,3$$

Dove:

τ_{lim} è

U è la spinta idrostatica che agisce sul muro

S_a è la spinta attiva che agisce sul muro

N' (kg)	K_a	C'	S_a (kg)	σ_v (kg/m²)	σ_h (kg/m²)	b_a (m)
23730	0,046	0,2	400,13	4400	200,15	1,33

T_{lim}	U
22871,40	4000

Tabella 150. Verifica scivolamento

F_{sciv} = 47,16 > 1,3 VERIFICATO

6.19.2. Verifica ribaltamento

$$F_{\text{RIB}} = \frac{\sum W b_w - U b_u}{S_a b_a} \geq 1,5$$

Dove:

W è la somma del peso proprio delle varie parti muro e del peso del terreno

b_w è il braccio del peso totale

U è la spinta idrostatica

b_u è il braccio della spinta idrostatica

S_a è la spinta attiva

b_a è il braccio della spinta attiva

W₁ (kg)	W₂ (kg)	b_{w1} (m)	b_{w2} (m)	b_t (m)
3000	2250	0,65	1,5	1,9

Tabella 151. Verifica ribaltamento

$F_{\text{RIB}} = 65,80 > 1,5$ VERIFICATO

6.19.3. Verifica sprofondamento

$$F_{SPROF} = \frac{q_{lim}}{q_e} \geq 2,5 \approx 3$$

Con:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B^* N_\gamma + q N_q + c' N_c$$

$$B^* = B - 2|e|$$

$$q_e = \frac{\sum N_y}{B^*}$$

$$e = \frac{\sum M}{\sum N}$$

Dove:

q_{lim} è il carico limite, pressione limite, capacità portante;

q_e è il carico di esercizio;

B^* è la base effettica soggetta al momento di trasporto;

B è la base della fondazione;

N_γ, N_q, N_c sono i coefficienti di capacità portante;

c' è il fattore di coesione;

e rappresenta l'eccentricità rispetto all'asse di simmetria della fondazione.

e	B*	q _{lim}	q _e
0,42	2,16	34276,144	10975,58

Tabella 152. Verifica sprofondamento

$F_{SPROF} = 3,12 > 3$ VERIFICATO

6.20. Struttura in prefabbricato

La scelta di utilizzare una struttura in prefabbricato per il cantiere scuola muove dall'esigenza di realizzare un ambiente coperto con grandi spazi che servisse da luogo di lavoro per le attività del cantiere. Scoprire ed analizzare strutture in prefabbricato rappresenta un argomento nuovo e poco trattato durante il nostro corso di studi, ciò permette un'analisi diversa rispetto alle classiche tipologie di strutture già analizzate nel progetto strutturale della Cittadella dell'Edilizia.

La struttura prefabbricata andrà a lavorare in parallelo con la struttura del blocco aule, non collegate fra loro. Il rivestimento esterno, realizzato mediante tamponamenti, permette di perseguire l'idea di base della tesi di realizzare, tramite i rivestimenti esterni, edifici che rappresentassero le diverse tipologie costruttive.

Nello studio sul prefabbricato andremo a studiare strutture di pilastri, solai, coperture e tamponamenti esterni.

6.20.1. Vantaggi delle costruzioni in prefabbricato

Per anni il costruire, soprattutto in Italia, ha significato l'utilizzo di una materia prima su tutte: il cemento. Dagli edifici residenziali di piccole dimensioni ai grandi complessi industriali, il cemento l'ha sempre fatta da padrone.

Altre culture invece hanno prevalentemente utilizzato altri tipi di materiali per costruire. Nei paesi scandinavi, ad esempio, è stato il legname la materia prima più utilizzata per costruire; negli Stati Uniti, invece, i grandi grattacieli sono sorti grazie all'avvento dell'acciaio come materiale da costruzione.

Nel corso degli ultimi decenni, però, l'evolvere dell'architettura, dei modi di costruire e lo scambio sempre più articolato del sapere fra le culture, stanno rendendo sempre più evidente che il costruire non deve essere vincolato a canoni prestabiliti ed all'utilizzo di un solo materiale. Tutte le più moderne costruzioni cercano di fondere insieme le caratteristiche di pregio di molteplici materiali e di trovare soluzioni sempre innovative.

Il prefabbricato permette una semplice e rapida connessione e integrazione tra materiali diversi rappresentando un metodo particolarmente utilizzato soprattutto nella realizzazione di capannoni industriali, palestre e strutture di grandi dimensioni.

6.20.2. Azione sismica e normativa vigente

Nel corso dell'ultimo decennio la progettazione in ambito sismico ha fatto passi da gigante in Italia. Spinti prima dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 e poi dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, i progettisti italiani hanno dovuto rivoluzionare il loro modo di progettare.

Si è trasformato in un punto di forza la progettazione di costruzioni soggette ad azione sismica, nonostante per molti le prescrizioni della normativa sismica possano sembrare un limite intrinseco all'utilizzo del prefabbricato.

Uno dei dettagli costruttivi che ci ha permesso di fare il salto di qualità verso l'eccellenza nella progettazione sismica è lo shock transmitter. Questo dispositivo, inserito in una struttura prefabbricata, permette di ottimizzare lo schema strutturale degli edifici più complessi; gli shock transmitter risultano perfettamente adatti ad esempio in strutture antisismiche multipiano, laddove dimensioni elevate della pianta dell'edificio richiedono necessariamente la presenza di giunti di dilatazione termica, in corrispondenza dei quali, nelle strutture ordinarie, subentrerebbe il problema del martellamento fra porzioni indipendenti della struttura. I dispositivi in oggetto sono concepiti per avere una legge di risposta funzione della velocità e consentire alla struttura di incassare le deformazioni che si manifestano lentamente nel tempo, come ad esempio le deformazioni termiche o di ritiro, senza opporre resistenze considerevoli (rigidezza praticamente nulla), permettendo al contempo alla struttura di incassare, reagendo fino al valore della forza di progetto per velocità elevate (carichi dinamici, terremoto, ecc.).



Fig. 55 Esempi di giunti antisismici

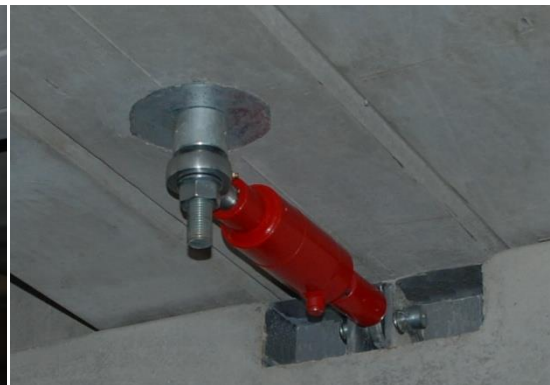


Fig. 56 Applicazione giunti

Gli shock transmitter in questione possono essere progettati per un ampio intervallo di forza e spostamento e consistono in un cilindro di acciaio riempito di fluido silconico e diviso in due camere da un pistone. Il pistone contiene delle valvole che consentono al fluido di passare da una camera all'altra a seconda dei movimenti del pistone. Il dispositivo è collegato alle strutture con dei nodi sferici trasmettendo così le forze da un elemento strutturale ad un altro.

Gli shock transmitter permettono di realizzare strutture di notevoli dimensioni e complessità dove l'inserimento dei giunti di dilatazione, peraltro inevitabile, creerebbe problemi strutturali dal punto di vista delle masse e delle forze in gioco difficilmente risolvibili se non con un ulteriore incremento della complessità strutturale.

Questi giunti, inoltre, sono adattabili a qualunque valore di carico-spostamento richiesto dal progettista e permettono una manutenzione molto limitata in quanto tutte le parti del circuito idraulico sono interne al dispositivo e quindi protette.



Fig. 57 Esempi di giunti antisismici



Fig. 58 Esempi di giunti antisismici

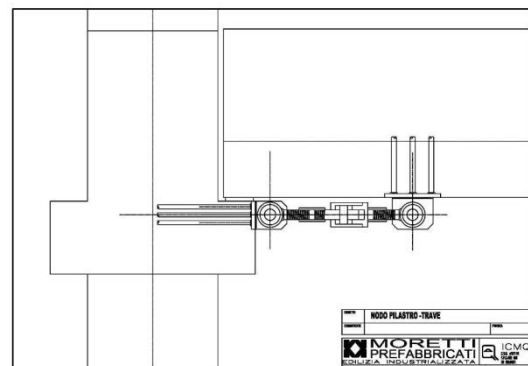


Fig. 59 Particolare costruttivo

6.20.3. Pilastrì

I pilastrì possono avere le più svariate sezioni (quadrate, rettangolari, circolari) con dimensioni fisse o variabili lungo la lunghezza del pilastrò. Non esistono limiti in altezza: grazie al particolare sistema di giunzione a ripresa o a pozzetto possono essere collegati fra loro più "tronchi" di pilastrò per formare un elemento unico e monolitico. Le mensole possono avere qualsiasi dimensione e portata e possono essere posizionate in qualsiasi zona del pilastrò proprio per assicurare la massima flessibilità costruttiva.

L'incastro del pilastrò in fondazione può essere realizzato nella classica fondazione a bicchiere (realizzata in opera) o con il collaudato sistema 'a ripresa' che consente una realizzazione più facile della fondazione in cantiere.

Gli shock transmitter permettono di realizzare strutture di notevoli dimensioni e complessità dove l'inserimento dei giunti di dilatazione, peraltro inevitabile, creerebbe problemi strutturali dal punto di vista delle masse e delle forze in gioco difficilmente risolvibili se non con un ulteriore incremento della complessità strutturale.

Questi giunti, inoltre, sono adattabili a qualunque valore di carico-spostamento richiesto dal progettista e permettono una manutenzione molto limitata in quanto tutte le parti del circuito idraulico sono interne al dispositivo e quindi protette.



Fig. 60 Pilastrò prefabbricato, ripresa



Fig. 61 Posizionamento pilastrò

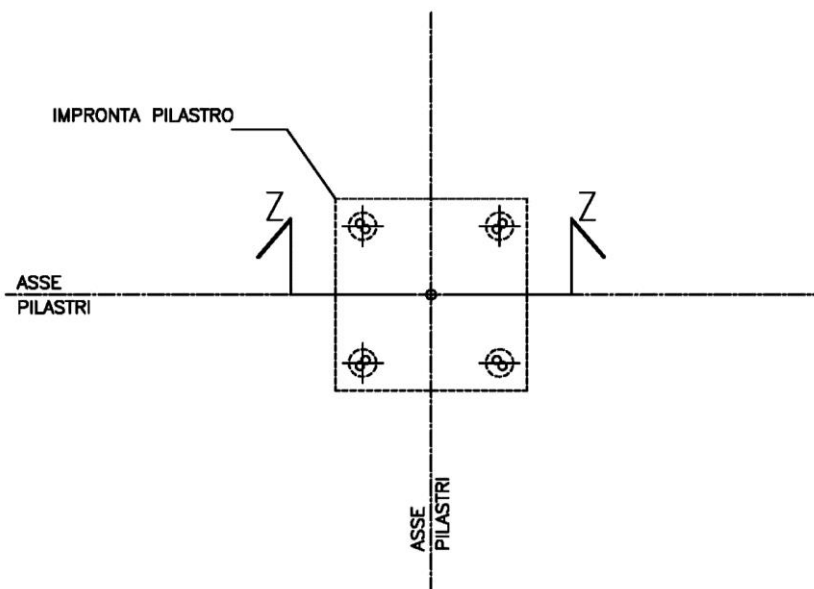
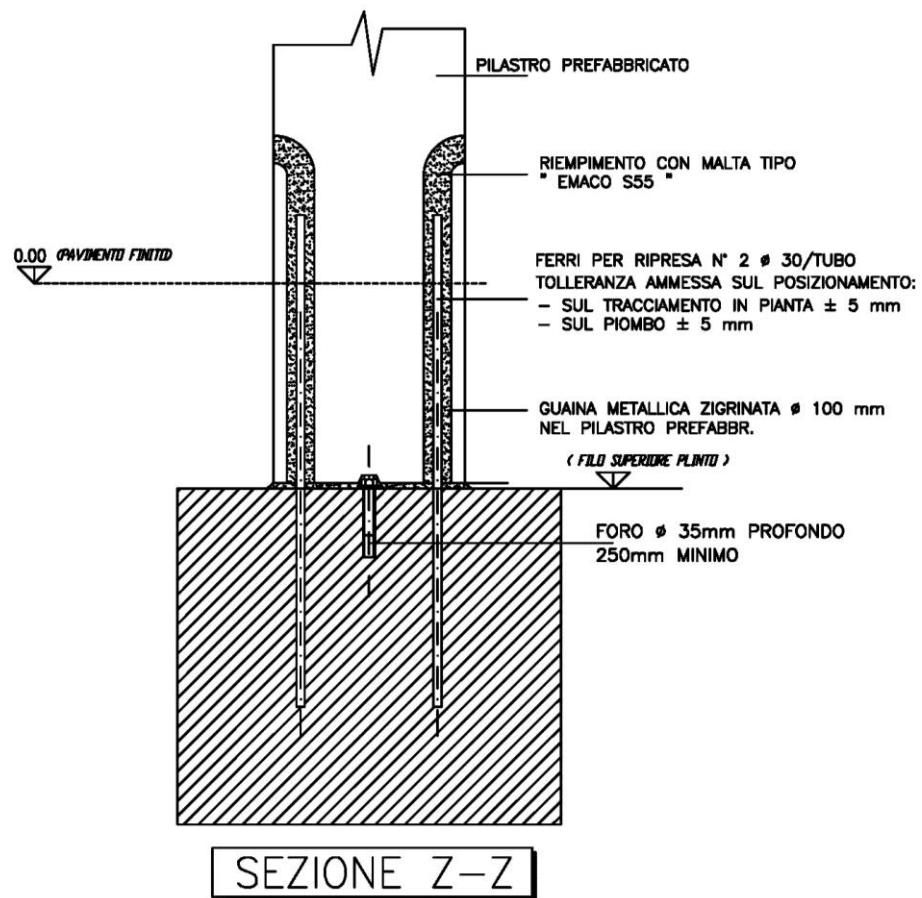


Fig. 62 Sezione e particolare costruttivo pilastro prefabbricato

6.20.4. Copertura

Le coperture spaziano lungo tutta la gamma di tipologie presenti sul mercato.

A doppia falda assicurano una maggiore versatilità, praticità ed economicità, con livelli di ampiezze di luce e possibilità applicative senza precedenti. Rientrano in questa categoria le coperture contravi a doppia pendenza, con tegolo 'deltaplano' e con tegolo 'emmevi'.

Le coperture piane permettono di ridurre gli spessori e consentono la praticabilità delle strutture consentendo un uso ottimale degli spazi disponibili.

Le coperture "acqua fuori" realizzate con 'tegoli filanti' consentono di smaltire le acque meteoriche completamente all'esterno dell'edificio.



Fig. 63 Connessione travi copertura



Fig. 64 Esempio copertura prefabbricata

6.20.5. Pannelli di tamponamento

Vengono prodotti i classici pannelli di tamponamento alleggeriti, i tamponamenti in calcestruzzo pieno per rispondere ad esigenze di compartimentazione dal fuoco, tamponamenti sandwich per rispondere ai temi di risparmio energetico con valori di trasmittanza che riescono anche a superare di gran lunga i limiti fissati dalla normativa e tamponamenti ventilati per consentire la creazione di facciate ventilate.

Anche le finiture esterne dei pannelli di tamponamento hanno un'estesa gamma di possibili varianti: è possibile realizzare finiture con la classica graniglia di marmo lavata o sabbata o con la più importante finitura con listelli in cotto faccia a vista, fino ad arrivare alle più innovative finiture realizzate tramite matrici in gomma con le geometrie più diversificate realizzate anche su misura per il cliente e con calcestruzzi che possono assumere le più svariate colorazioni con l'utilizzo di particolari pigmenti ed acidi.

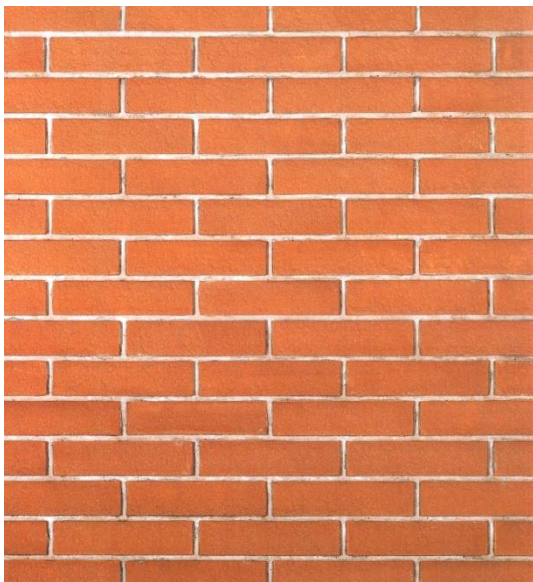


Fig. 65 Esempio texture tamponamenti

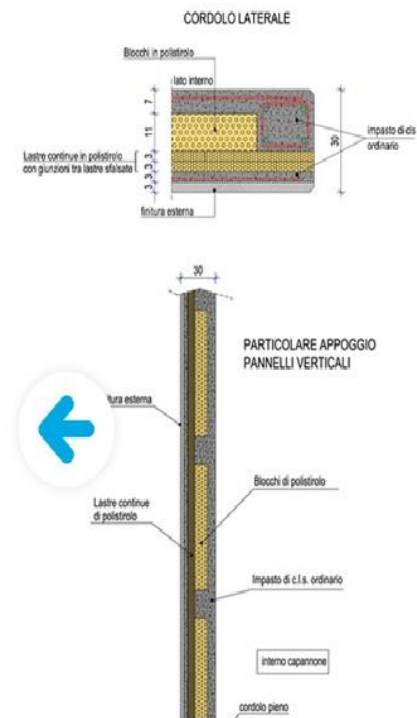


Fig. 66 Particolare costruttivo tamponamenti

6.20.6. Dimensionamento elementi in prefabbricato

- Pilastrì

Sezione: 50x80 cm

Altezza massima: 2,4 m

- Travi Alman (sostengono copertura)

Altezza: 70/90/110 cm

Larghezza massima: 115 cm

Luce massima: 27 m

- Travi (sostengono travi Alman)

Base: 50 cm

Altezza: 110 cm

- Bicchiere di fondazione:

Sezione: 130x130 cm

Altezza: 90 cm

- Travi reggi-pannello e sottofondazione

Spessore: 30 cm

7. PROGETTO IMPIANTISTICO

Lo studio inerente al progetto impiantistico del nostro progetto si andrà a concentrare sul dimensionamento e la verifica di uno solo dei tre edifici, in particolare su quello che presenta un consumo più elevato e quindi necessitava di apparecchiature di maggiori dimensioni.

Di conseguenza, l'edificio scelto risulta essere quello delle aule, in quanto è quello con maggior utenza (studenti, professori e personale ausiliario) distribuiti tra le otto aule (di cui l'aula pc equivalente come superficie a due aule normali), le sale riunioni del piano primo, gli spogliatoi e locali di servizio del piano terra.

Abbiamo analizzato l'edificio in questione sia sotto le caratteristiche invernali che estive, considerando i fabbisogni di entrambe le stagioni; il tutto al fine di dimensionare le apparecchiature necessarie a soddisfare tali fabbisogni dell'edificio.

La caldaia ed il gruppo frigorifero sono state collocate al piano interrato, negli appositi locali tecnici; mentre l'unità di trattamento dell'aria è stato collocato al piano copertura.

Successivamente è stato studiato l'impianto fotovoltaico, a pannelli, mediante cui viene diminuito il fabbisogno energetico.

Infine, è stato dimensionato il sistema di acqua calda sanitaria necessaria per soddisfare il fabbisogno idrico: poiché l'edificio considerato presenta gli spogliatoi, ad uso del cantiere, si è presa in considerazione come destinazione d'uso quella dei centri sportivi e si è dimensionato in base ai valori corrispondenti.

7.1. Fabbisogno invernale

7.1.1. Condizioni di progetto

Temperatura interna $T_i = 20 \text{ °C}$

Temperatura esterna invernale $T_e = - 6 \text{ °C}$

Tali valori derivano dall'ubicazione del lotto in una zona con scarsa presenza di un'area adeguatamente spaziosa per lo stoccaggio.

Il fabbisogno termico Q_t risulta dalla somma di due termini: il calore trasmesso per conduzione e convezione dalle pareti disperdenti opache e trasparenti Q_d e il calore necessario per il riscaldamento dell'aria esterna di ventilazione Q_v , risulta quindi:

$$Q_t = Q_d + Q_v$$

7.1.2. Scambio termico per trasmissione

La formula che regola lo scambio termico per trasmissione in regime stazionario attraverso una parete è:

$$Q_d = K * S * \Delta T$$

Dove:

Q_d è la dispersioni per trasmissione;

S è la superficie;

K è la trasmittanza dell'elemento di chiusura verticale C.V.01³⁵;

ΔT è la differenza di temperatura.

³⁵ Chiusura verticale descritta al paragrafo 6.1 di questo volume.

7.1.3. Chiusura orizzontale controterra

La formula che regola lo scambio termico per trasmissione in regime stazionario attraverso una parete è:

$$Q_d = K * S * \Delta T$$

Dove:

Q_d è la dispersioni per trasmissione;

S è la superficie;

K è la trasmittanza dell'elemento di chiusura verticale C.V.01³⁶;

ΔT è la differenza di temperatura.

Qd [W]	
Parete	2081,54
Solaio copertura	1385,94
Solaio spazi aperti	3909,38

Tabella 153. Scambio termico per trasmissione

7.1.4. Dispersioni per ventilazione

La quantità di aria di rinnovo dipende dalla porosità delle pareti, dalle temperature esterne, dalla velocità del vento, dal tipo di serramento e dalla temperatura interna dei locali.

La formula utilizzata è:

$$Q_v = C_s * vol * \Delta T * \rho$$

Dove:

C_s è il calore specifico dell'aria, pari a 1,2 kg/m³K;

vol rappresentano i volumi/ora;

ΔT è la differenza di temperatura;

ρ è la densità dell'aria.

³⁶ Chiusura verticale descritta al paragrafo 6.1 di questo volume.

Di seguito riportiamo la tabella riassuntiva:

Q_v [W]	Aula	Ufficio	Bagni
Pre-riscaldamento	53625,00	22522,50	193,05
Post-riscaldamento	56203,13	24688,13	217,80

Tabella 154. Flusso termico in vari locali

Il flusso termico totale Q_t calcolato è pari a circa 93 kW, di conseguenza, considerando un incremento del 20% rispetto al fabbisogno necessario, è stata scelta una caldaia che eroga una potenza di **115 kW** di dimensioni in altezza di 750 mm, profondità di 500 mm e larghezza di 500 mm.

	Q_v [W]	Q_v [kcal/h]	Q_v [kW]
Q_d tot [W]	12645,86	10875,44	12,65
Q_v tot [W]	81109,05	69753,78	81,11
Q_t tot [W]	93754,91	80629,22	93,75

Tabella 155. Flusso termico totale

7.2. Fabbisogno estivo

Durante il periodo estivo, al fine di mantenere internamente agli ambienti condizionati i valori di temperatura ed umidità relativa desiderati, si dovrà sottrarre il calore sensibile e calore latente che per trasmissione, infiltrazione ed irraggiamento, si trasmettono all'interno dei locali. Inoltre verrà sottratto anche il calore sensibile ed il calore latente che si producono all'interno dei locali stessi.

Come per il riscaldamento invernale, anche per il condizionamento estivo, l'impianto verrà dimensionato facendo riferimento a ben precise condizioni per l'area esterna.

7.2.1. Condizioni di progetto

Il valore della temperatura esterna di progetto relativo alla zona di Como, si attiene alla norma UNI12831.

Temperatura interna $T_i = 26 \text{ °C}$

Temperatura esterna invernale $T_e = 33 \text{ °C}$

Le condizioni interne che si vogliono garantire, sono tra i $26 \div 27 \text{ °C}$ con U.R. del 50% con un margine di 5 punti percentuali.

Per la determinazione del carico termico, si dovranno computare gli apporti di calore dall'esterno (suddivisi in sensibile e latente) e gli eventuali carichi termici dovuti alla produzione di calore interni agli ambienti.

$$Q_{\text{tot}} = Q_i + Q_t + Q_v + Q_c$$

Dove:

Q_i è il carico termico per irraggiamento (sensibile);

Q_t è il carico termico per trasmissione (sensibile);

Q_v è il carico termico per ventilazione (sensibile + latente);

Q_c è il carico termico interno (sensibile + latente).

Per il calcolo del carico termico per irraggiamento, abbiamo suddiviso le superfici in trasparenti ed opache. Bisogna anche considerare la differenza tra calore sensibile e latente: il primo dipende dalla differenza di temperatura, ed è dato dalle radiazioni solari entranti dalle pareti vetrate, dalle trasmissioni attraverso il vetro e attraverso i muri, quindi si contrasta raffreddando, mentre il secondo dipende dall'umidità e si contrasta deumidificando.

Ai fini del progetto impiantistico bisogna quindi stabilire il giorno e l'ora in cui si ha la situazione più critica.

7.2.2. Calore entrante attraverso le parti vetrate per radiazione solare

Una volta individuato il valore della radiazione, a seconda dell'orientamento più critico, si può facilmente calcolare il calore entrante attraverso le superfici vetrate, la formula applicata è la seguente:

$$Q_{\text{apporti solari}} = S_v * R_s * O$$

Dove:

S_v è la superficie in m^2 della parte vetrata;

R_s è la radiazione solare;

O è il coefficiente di ombreggiamento.

Abbiamo individuato che il peggior orientamento risulta essere quello a sud-ovest alle ore 15:00 del mese di Giugno.

Il valore che si ottiene è $Q_{\text{apporti solari}} = 5607,1 \text{ W}$.

7.2.3. Trasmissione di calore attraverso le parti vetrate

Per il calcolo della trasmissione di calore attraverso le superfici vetrate, ci siamo serviti della seguente formula:

$$Q_{t.v.} = S * K * \Delta T$$

Dove:

$Q_{t.v.}$ è il calore trasmesso tramite i vetri;

S sono le superfici vetrate;

K è la trasmittanza dell'intero serramento;

ΔT rappresenta la differenza di temperatura.

Così facendo si ottiene un $Q_{t.v.}$ pari a $986,4 \text{ W}$.

7.2.4. Trasmissione di calore attraverso le pareti opache

Passando ad analizzare le trasmissioni attraverso le superfici opache, si deve considerare la superficie, la differenza di temperatura, nonché la trasmittanza dalla parete stessa.

Pertanto ci siamo serviti della seguente formula:

$$Q_{t.e.} = S * K * \Delta T_e$$

Dove:

$Q_{t.e.}$ è il calore trasmesso per trasmissione attraverso le pareti esterne;

S è la superficie della chiusura opaca;

K è la trasmittanza della parete opaca;

ΔT_e è la differenza di temperatura equivalente.

Di seguito riportiamo la tabella di sintesi con i valori del calore trasmesso attraverso le pareti opache:

$$Q = 774,34 \text{ W}$$

7.3. Apporti interni e Calore latente

Gli apporti interni sono generati da fonti di calore esistenti all'interno dell'ambiente abitato.

Possono suddividersi in due sottocategorie: apporti dati dalla presenza delle persone e quelli derivanti dagli apparecchiature elettrici.

7.3.1. Apporti interni dovuti alle persone

Gli apporti di questo tipo derivano dalle persone che frequentano ed effettuano attività all'interno dell'edificio. Ad ogni persona è stato assegnato un valore di 70 W di calore prodotto.

7.3.2. Apporti interni dovuti alle apparecchiature

Le apparecchiature a servizio delle funzioni interne dell'edificio, per svolgere la loro attività consumano energia e una parte di questa viene trasmessa all'ambiente circostante sottoforma di calore.

Come valore di calore emesso dalle postazioni, utilizzando le apposite tabelle, è stato identificato una quantità di 200 W.

7.3.3. Calore latente

Per ottenere il totale del calore latente, ovvero il calore dovuto alla cessione di vapore acqueo mediante la respirazione o per evaporazione superficiale, abbiamo moltiplicato il numero delle persone presenti all'interno dell'edificio per il valore di 40 W/persona.

Calore sensibile persone	70	W
Calore latente persone	40	W
Calore sensibile postazioni	200	W

Tabella 156. Totale calore

Il valore finale che si ottiene è: $Q_c = 32,6 \text{ W}$

7.4. Le apparecchiature

L'analisi impiantistica è stata effettuata sui processi di riscaldamento e raffrescamento: ogni edificio deve infatti essere dotato di spazi appositi e di apparecchiature adeguate per la produzione e la trasmissione di calore in inverno, attraverso una centrale termica e per la climatizzazione in estate, attraverso una centrale frigorifera.

7.4.1. Caldaia

La caldaia è un'apparecchiatura che trasforma l'energia dei combustibili in calore che viene distribuito nei vari ambienti di un edificio, ed eventualmente anche all'acqua dell'impianto sanitario, attraverso il circuito ad essa collegato; questo contiene infatti aria o acqua come fluidi vettori i quali consentono il trasporto del calore.

Tra una caldaia a pellet ed una a condensazione, si è scelta la seconda, data l'assenza di uno spazio adeguato per lo stoccaggio dei pellet. Inoltre le prestazioni di quella a condensazione risultano più elevate.

Le caldaie a condensazione sono apparecchi moderni ed ecologici: riescono ad ottenere rendimenti e prestazioni elevate grazie al recupero del calore latente di condensazione del vapore acqueo, contenuto nei fumi di combustione.

Attraverso una tipologia particolare di condensazione, i fumi di combustione vengono infatti raffreddati fino a farli tornare allo stato di liquido saturo o di vapore saturo; il calore recuperato viene utilizzato per preriscaldare l'acqua di ritorno dall'impianto.

7.4.2. Gruppo frigorifero

Il gruppo frigorifero si compone di un sistema di apparecchiature che attraverso l'asportazione di calore, permettono il raffrescamento di uno o più ambienti, i quali devono avere una temperatura minore di quella circostante, in genere l'ambiente esterno. La quantità di calore da sottrarre è definita potenza frigorifera. Essa deve eguagliare la quantità di calore che entra dall'esterno attraverso le pareti di un edificio, ovvero la potenza termica.

Generalmente questo impianto presenta una configurazione standard che prevede una prima macchina, definita evaporatore collocata all'interno dell'ambiente dal quale è necessario sottrarre calore. Tale evaporatore trasmette il calore asportato ad una seconda macchina, il condensatore che disperde il calore tolto all'ambiente e quello generato dalla compressione del fluido.

E' necessario che questo secondo apparecchio sia posto all'esterno dello spazio da climatizzare, in genere all'esterno dell'edificio, proprio per evitare che il calore estratto rientri all'interno degli ambienti raffrescati.

In base al tipo di raffreddamento del condensatore, i gruppi frigoriferi sono di due diverse tipologie: ad aria e ad acqua, entrambe utilizzate nel progetto in questione.

In base al nostro fabbisogno estivo, determinato in precedenza, abbiamo scelto i seguenti macchinari:



Fig. 67 Gruppo frigorifero scelto, CoolDX Gold

CoolDX funziona ad espansione diretta, cioè il refrigerante trasferisce direttamente il freddo nelle batterie di raffreddamento. Il recuperatore di calore GOLD viene quindi utilizzato parallelamente ai compressori di raffreddamento. Tutte le attrezzature sono riunite in un monoblocco e collegate alle unità GOLD attraverso normali canali.

Sono sufficienti il collegamento alla rete elettrica ed un cavo di comunicazione tra CoolDX e GOLD. GOLD presenta funzioni di raffreddamento pronte per comandare e regolare CoolDX, fra cui la comunicazione della regolazione via internet o i tradizionali sistemi di monitoraggio.

Il gruppo frigorifero ad acqua permette di raffreddare gli ambienti dell'edificio, tramite i pannelli radianti i quali in estate vengono attraversati dal liquido termovettore refrigerato che viene prodotto dallo stesso gruppo frigorifero.

Il gruppo frigorifero ad acqua scelto risulta avere dimensioni in altezza di 1820 mm, larghezza di 986 mm e lunghezza di 2492 mm ed eroga una potenza 65 kW.

7.4.3. Unità di trattamento dell'aria (U.T.A.)

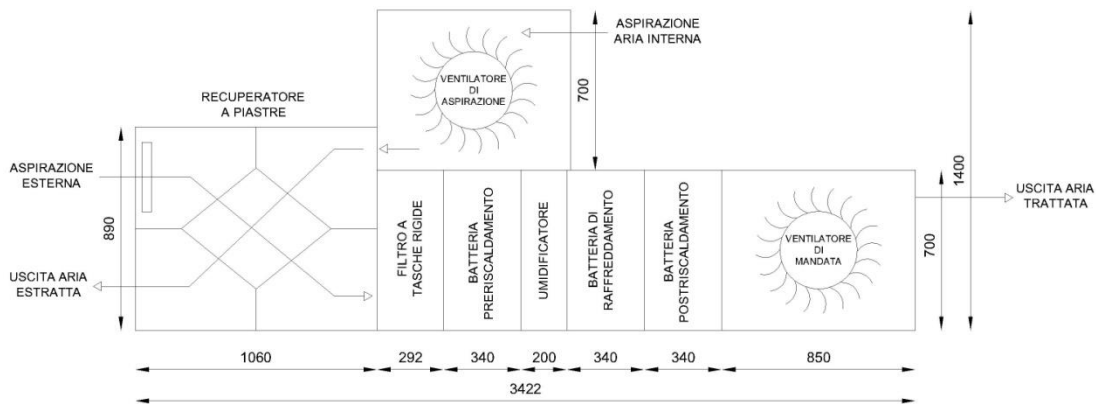


Fig. 68 Schema di funzionamento Unità trattamento dell'aria

L'Unità di Trattamento dell'Aria (U.T.A.) è una macchina utilizzata negli impianti di climatizzazione, sia ad aria che ad acqua/aria, per prelevare l'aria dall'esterno e trattarla a seconda delle esigenze degli spazi da climatizzare.

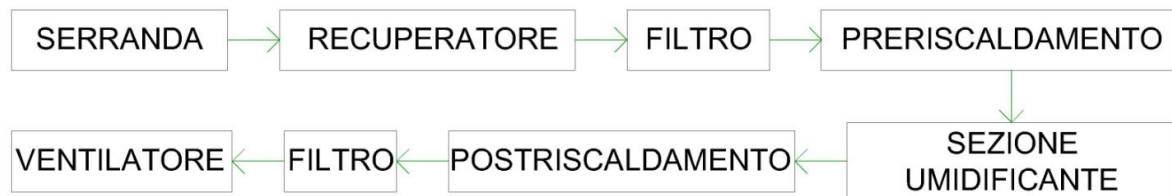
Il funzionamento dell'U.T.A. può essere assimilato a quello di un ventilatore, che aspira l'aria e la spinge nell'ambiente. Il ventilatore è in effetti un elemento della macchina insieme a: una serranda di presa, un recuperatore, un filtro a tasche rigide, una batteria di scambio termico (pre-riscaldamento), un umidificatore, una batteria di raffreddamento (raffreddamento e deumidificazione), una batteria di scambio termico (post-riscaldamento), un filtro ad alta efficienza, un ventilatore (mandata), un silenziatore.

Bisogna distinguere tra funzionamento in regime invernale ed estivo.

Durante l'inverno l'aria segue questo percorso, incontrando nell'ordine:

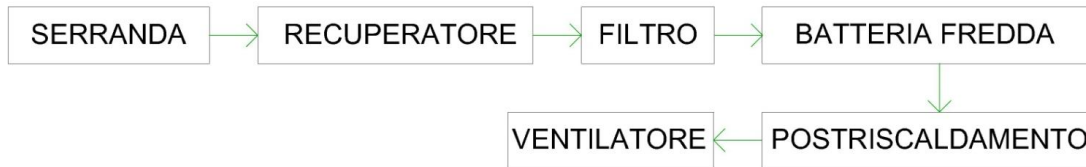
serranda → (recuperatore) → filtro

La batteria fredda non è operativa.



Nel periodo estivo il percorso è il seguente:

serranda → recuperatore → filtro → batteria fredda → post-riscaldamento → ventilatore



La batteria pre-riscaldamento e la sezione umidificante non sono operative.

Il percorso dell'aria all'interno dell'U.T.A. in modo più specifico è il seguente: l'aria entra nell'apparecchio attraverso una serranda di presa e di qui viene poi direttamente immessa nel recuperatore. La presenza del recuperatore indica che la macchina è dotata, oltre che di un ventilatore di mandata, anche di un ventilatore di ripresa, il quale riprende dagli ambienti interni, parte dell'aria già trattata e prima di espellerla recupera parte del suo calore, per trasferirlo all'aria in ingresso, garantendo una temperatura di partenza maggiore rispetto a quella esterna. In questo modo si creano due circuiti indipendenti: uno per l'aria da trattare e uno per l'aria già trattata.

Il recupero di calore è di due tipi, a seconda del tipo di calore che viene recuperato:

sensibile: si verifica in tutte le stagioni perché consiste in una semplice cessione del caldo o del freddo contenuti nell'aria già trattata, così da pre-riscaldare d'inverno o pre-raffreddare d'estate l'aria da trattare;

latente: si verifica solo d'estate perché è legato all'umidità dell'aria estiva. L'aria che entra nell'U.T.A. deve essere privata del suo contenuto di umidità e l'unico modo per farlo è di privarla di una parte di calore, nota come calore latente di vaporizzazione, in modo da farla condensare. Questo calore viene ceduto appunto all'aria già trattata, che, recuperata da un ambiente ormai climatizzato, si presenta fredda e deumidificata. Si opera così una pre-umidificazione sull'aria da trattare.

Dopo il passaggio nel recuperatore l'aria viene filtrata e successivamente passa nelle batterie di scambio termico: di pre-riscaldamento d'inverno e di raffreddamento/deumidificazione d'estate. Nel primo caso l'aria, presentandosi secca, non può ancora essere immessa nell'ambiente, e viene perciò passata in una sezione umidificante che ne aumenta solo l'umidità relativa.

In entrambi i casi, infine, l'aria passa nella batteria di post-riscaldamento: il calore assorbito dall'aria ne aumenta la temperatura e ne diminuisce l'umidità assoluta, ma al contempo ne aumenta quella relativa in modo da renderla confortevole.

A questo punto l'aria, completamente trattata, viene immessa nell'ambiente, nel nostro caso si considera il totale di aria da immettere pari a 6000 m³/h.

Avendo determinato il volume d'aria orario necessario, mediante il catalogo Clivet si deriva la grandezza della macchina, effettuando un'approssimazione per eccesso.

Quindi la grandezza da catalogo è pari a 60, che garantisce 6026 m³/h, con aria a velocità di 2,5 m/s. mediante l'uso della tabella per la determinazione della base e altezza, abbiamo ottenuto suddetti dati: 1230 * 1040 mm.

Dimensione canale in ingresso = 800x850 mm

La dimensione del canale in uscita si calcola:

$$d = \text{Vol}/v$$

dove:

d è la dimensione del canale in uscita;

Vol è il volume;

v è la velocità (pari a 2,5 m/s).

Nel nostro caso abbiamo: 6000 m³/h / 9000 m/h = 0,66 m², quindi avremo un canale di dimensioni 800x850 mm.

Non si può eccedere nella sproporzione tra le due dimensioni del canale per evitare moti indesiderati dell'aria nelle condutture. Di solito, anche da catalogo, il rapporto più piccolo a cui si giunge è di 1/2 per il lato corto rispetto a quello lungo.

Solitamente il canale in uscita è unico per la ventilazione di ambienti che si trovano uno vicino all'altro, e solo alla foce si dividono in diametri minori per l'erogazione in ambiente.

Sempre in base alla norma UNI EN 10339 si può dimensionare la tipologia di filtro da abbinare all'UTA. Nel nostro caso risulta necessario un filtro sintetico ondulato di classe 6 (filtro ad alta efficienza) con 60%<E<80%.

7.4.4. Sistema a pannelli radianti

I pannelli radianti sono sistemi di riscaldamento o raffrescamento che si basano sul principio della circolazione di acqua calda a bassa temperatura (in genere tra i 30 °C e i 40 °C) o fredda in un circuito che si sviluppa coprendo una superficie molto elevata.

Le disposizioni possibili delle tubazioni sono tre: a spirale, a serpentina e a griglia. In questo edificio si è optato per un sistema a serpentina. Nei pannelli scorre il liquido termovettore refrigerato, in estate, prodotto dal gruppo frigorifero ad acqua, mentre in inverno scorre il liquido riscaldato dalla caldaia.

Il passaggio da una modalità all'altra è regolato da dei rubinetti.

L'ipotesi di utilizzare i pannelli radianti per il riscaldamento è da subito prevalsa rispetto a quella di servirsi di un impianto tradizionale a termosifoni; tra le problematiche che questo sistema avrebbe causato, ci sarebbe stata la necessità di mettere in circolo una quantità d'acqua ad una temperatura molto elevata, compresa tra i 70 °C e gli 80 °C, aumentando i costi e i consumi per riscaldarla.

I pannelli radianti, invece, collegati in questo caso ad una caldaia a condensazione e al gruppo frigorifero ad acqua, i quali funzionano autonomamente in base alle necessità, permettono di utilizzare acqua ad una temperatura minore, tra i 28 °C e i 40 °C.

La superficie di scambio dei termosifoni, proprio perché puntuale, sarebbe inferiore e comporterebbe una distribuzione del calore meno uniforme, a differenza dei pannelli radianti dove la disponibilità di superfici orizzontali estese massimizza il rendimento. Un ulteriore vantaggio dell'uso del sistema a pavimento è la libertà d'arredo in quanto consente di sfruttare ogni angolo del locale.

I pannelli radianti, inoltre, si suddividono in tre categorie a seconda della collocazione delle tubazioni: a pavimento, a parete, a soffitto.

La scelta è caduta sui pannelli a soffitto in quanto, in base alle valutazioni effettuate, risulta essere la più efficace. L'ubicazione dei pannelli a soffitto, per questa destinazione d'uso, è preferibile per quanto riguarda il raffrescamento, in quanto esso deve interessare, se possibile, la parte alta degli ambienti, ma risulta per questo meno efficiente nel riscaldamento.

I pannelli radianti sono stati correttamente dimensionati e distribuiti sui vari piani: dall'analisi dell'edificio delle aule sono necessarie in ognuna di queste 24 pannelli radianti con una superficie pari a 1,44 m². Sono state analizzate le aule perché queste risultano essere quelle con maggior utenza, maggior superficie, nonché maggior tempo di utilizzo e quindi sono quelle che avendo il maggior consumo, risulta essere più utile il calcolo.

7.4.5. Fotovoltaico

In questo progetto sono stati utilizzati pannelli fotovoltaici.

Il modulo fotovoltaico Latitude Solar P6-60/6 è progettato per sistemi collegati a rete e per resistere nel tempo, presenta un vetro temperato da 4 mm, un livello di isolamento di 1000 Volt, ed una sottile cornice in alluminio con fori di drenaggio. Il modulo è, inoltre, progettato per resistere a carichi neve anche gravosi ed è testato a 5400 PA (=550 kg/m²). Il vetro temperato protegge le celle dai climi più rigidi, da grandine e ghiaccio. Il back sheet è resistente agli agenti chimici e rende inoltre il modulo adatto ad installazioni in campo agricolo.

L'efficiente sistema di controllo di qualità, le linee di produzione automatizzate e il controllo finale sul 100% dei moduli che escono dallo stabilimento, garantiscono un prodotto di qualità assolutamente superiore.

Specifiche meccaniche

Lunghezza:	1651 ± 2 mm
Larghezza:	987 ± 2 mm
Altezza:	35 mm
Peso:	22 kg
Cassetta di giunzione:	IP65, 3 diodi di by-pass, 1000V
Cavo:	4 mm ² , l=1000 mm, 1000V
Vetro:	4 mm, temperato, antiriflesso
Celle:	Multicristalline, 60 elementi, 156 x 156 mm
Materiale incapsulato nelle celle:	EVA (etilene vinil-acetato)
Supporto posteriore:	Fluoropolymer/polyester, 1000V
Cornice:	Profilo a camera cava in alluminio con flangia

Tabella 157. Specifiche meccaniche fotovoltaico

Caratteristiche Elettriche in Condizioni di Prova Standard (STC):

Potenza di picco nominale	P _{mpp} *	225	230	235	240	245	250
Campo di cernita delle celle	Watt	225,0-229,9	230,0-234,9	235,0-239,9	240,0-244,9	245,0-249,9	250,0-254,9
Tensione alla massima potenza	U _{mpp}	29,01	29,19	29,37	29,55	29,73	29,91
Corrente alla massima potenza	L _{mpp}	7,76	7,88	8,00	8,12	8,24	8,36
Tensione a circuito aperto	U _{oc}	36,36	36,56	36,78	36,96	37,15	37,35
Corrente di corto circuito	I _{sc}	8,16	8,27	8,38	8,49	8,60	8,72
Efficienza del modulo		13,80%	14,10%	14,40%	14,70%	15,00%	15,30%

Tabella 158. Caratteristiche elettriche

Coefficienti termici

Coefficienti di temperatura per la corrente	α (Isc)	+ 0.07 %/°K
Coefficienti di temperatura per la tensione	β (Uoc)	- 0.33 %/°K
Coefficienti di temperatura per la potenza	γ (Pmpp)	- 0.40 %/°K
Temperatura nominale della cella in condizioni di esercizio	NOCT	43,5°C

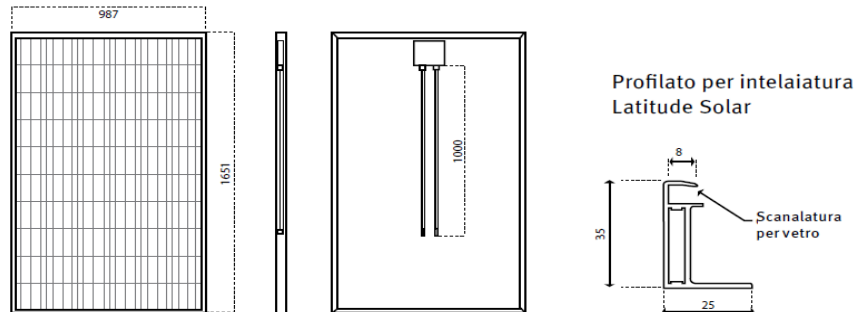
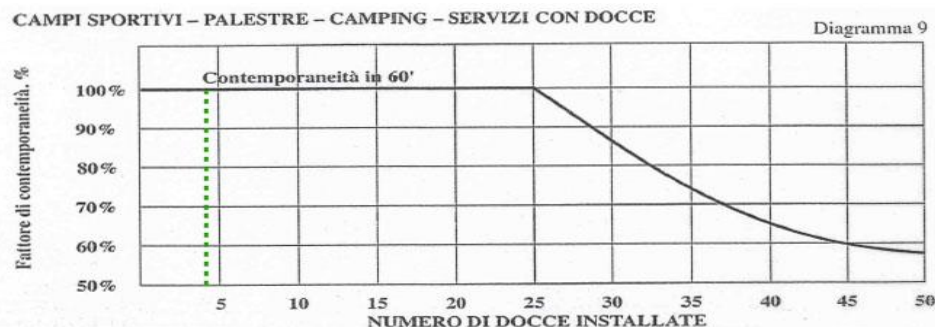


Tabella 159. Coefficienti termici

7.5. Acqua calda sanitaria

Anche per lo studio dell'ACS è stata effettuata un'analisi del solo edificio delle aule, perché questo, con annessi spogliatoi risulta essere quello con il maggior numero di apparecchi idraulici ed anche con il maggior utilizzo di quest'ultimi. Infatti sono presenti 4 docce, 7 lavabi e 5 wc al piano terra, mentre 6 lavabi e 6 wc al piano superiore.

Per quanto riguarda gli spogliatoi, non si è effettuato il calcolo del fattore di contemporaneità, poiché sono presenti soltanto 4 docce, per un utilizzo massimo stimato di 2 classi di studenti contemporaneo. Quindi, si raggiunge un totale di 48 studenti; si è pensato che il fattore di contemporaneità raggiunga il valore del 100%, cosa verificata anche consultando il grafico seguente:



Inoltre si è stimato che le fasce orarie di maggior utilizzo saranno quelle comprese tra le 12:30 e le 13:10 al mattino e le 17:30 e le 18:10 al pomeriggio, una volta terminate le lezioni in cantiere.

Si è calcolato il valore della portata teorica per gli 11 apparecchi al piano terra:

Docce: 12 l/1' → 3'/doccia → 36 l/persona → Tot per 48 persone →

→ $Q_{teorica} = 1728$ l;

Lavabo: 10 l/1' → 10 l/persona → Tot per 48 persone → $Q_{teorica} = 480$ l;

Wc (a cassetta): 6 l/1' → 6 l/persona → Tot per 48 persone → $Q_{teorica} = 288$ l;

Per un totale complessivo pari a 2496 l al mattino, ed altrettanti al pomeriggio, il tutto è stato approssimato per eccesso raggiungendo un totale di 2500 l.

Sfruttando la contemporaneità pari al 100% non si può effettuare il ragionamento appena illustrato per gli apparecchi WC e lavabo relativi al locale di infermeria e ai servizi del personale del piano terra, per cui utilizzando la seguente formula

$$Q_{TOT} = Q * \frac{1}{\sqrt{N_{apparecchi} - 1}}$$

Dove:

Q è la portata totale, pari a 120 l/1';

$N_{apparecchi}$ è il numero totale di apparecchi, pari a 12;

Si è ottenuto il valore di 25,5 l/1'.

Che sommato agli 86 l/1' degli spogliatoi, dà un valore approssimato per eccesso pari a 120 l/1'.

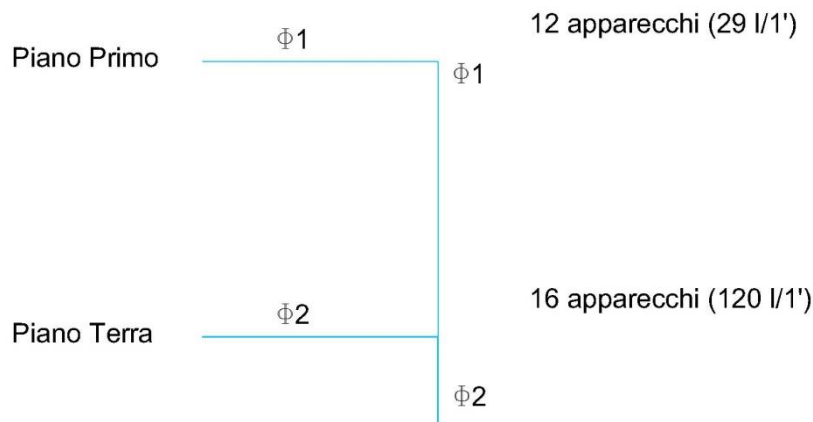
Si è proceduto a questo punto al dimensionamento del diametro della tubazione necessaria per il trasporto della portata di acqua stimata di 2500 l (portata pari sia per acqua calda che per quella fredda). Il medesimo ragionamento è stato effettuato per il piano primo, con la sola differenza che in tale caso, la contemporaneità verrà calcolata con l'apposita formula, e consultando il grafico precedentemente mostrato, tenendo conto della destinazione d'uso dell'edificio.

Q piano primo (fattore di contemporaneità) = 29 l/1'

Numero apparecchi docce + lavabi a canale n°	Portata totale teorica l/1'	Fattore di contemporaneità %	Portata effettiva	
			calda + fredda l/1'	l/h
3	36	100%	36	2160
5	60	100%	60	3600
7	84	100%	84	5040
9	108	100%	108	6480
11	132	100%	132	7920
13	156	100%	156	9360
15	180	100%	180	10800
17	204	100%	204	12200
19	228	100%	228	13680
21	252	100%	252	15120
23	276	100%	276	16550
25	300	100%	300	18000
30	348	87%	302	18100
35	420	76%	319	19100
40	480	68%	326	19500
50	600	57%	342	20500

Tabella 160. Calcolo portata effettiva in base

Il seguente schema rappresenta il dimensionamento della tubazione dei due piani dell'edificio, tenuto conto dei valori di portata necessari.



7.5.1. Dimensionamento autoclave

La scelta dell'autoclave è in funzione della portata volumica necessaria, in primo luogo ci siamo serviti del grafico, andando a sfruttare la curva che come destinazione d'uso avesse "palestre – campi sportivi – camping", poiché tale voce era quella che più si avvicinava alla destinazione d'uso degli spogliatoi.

Nel nostro caso, servendoci della formula seguente

$$V = 3Q * \frac{PS + 10}{PS - PA}$$

V è il volume autoclave [l];

Q è la portata pompa [l/1'];

PS è la pressione stacco pompa [m].

PA pressione attacco pompa, si ottiene sommando la pressione di utilizzo a monte del rubinetto meno favorito; valutabile $3 \div 5$ m.c.a.; le perdite di carico totali del circuito idrico, valutabile $5 \div 10$ m.c.a.; il dislivello tra autoclave e rubinetto a quota più alta. [m]

Abbiamo scelto un autoclave pari a 1100 l di portata.

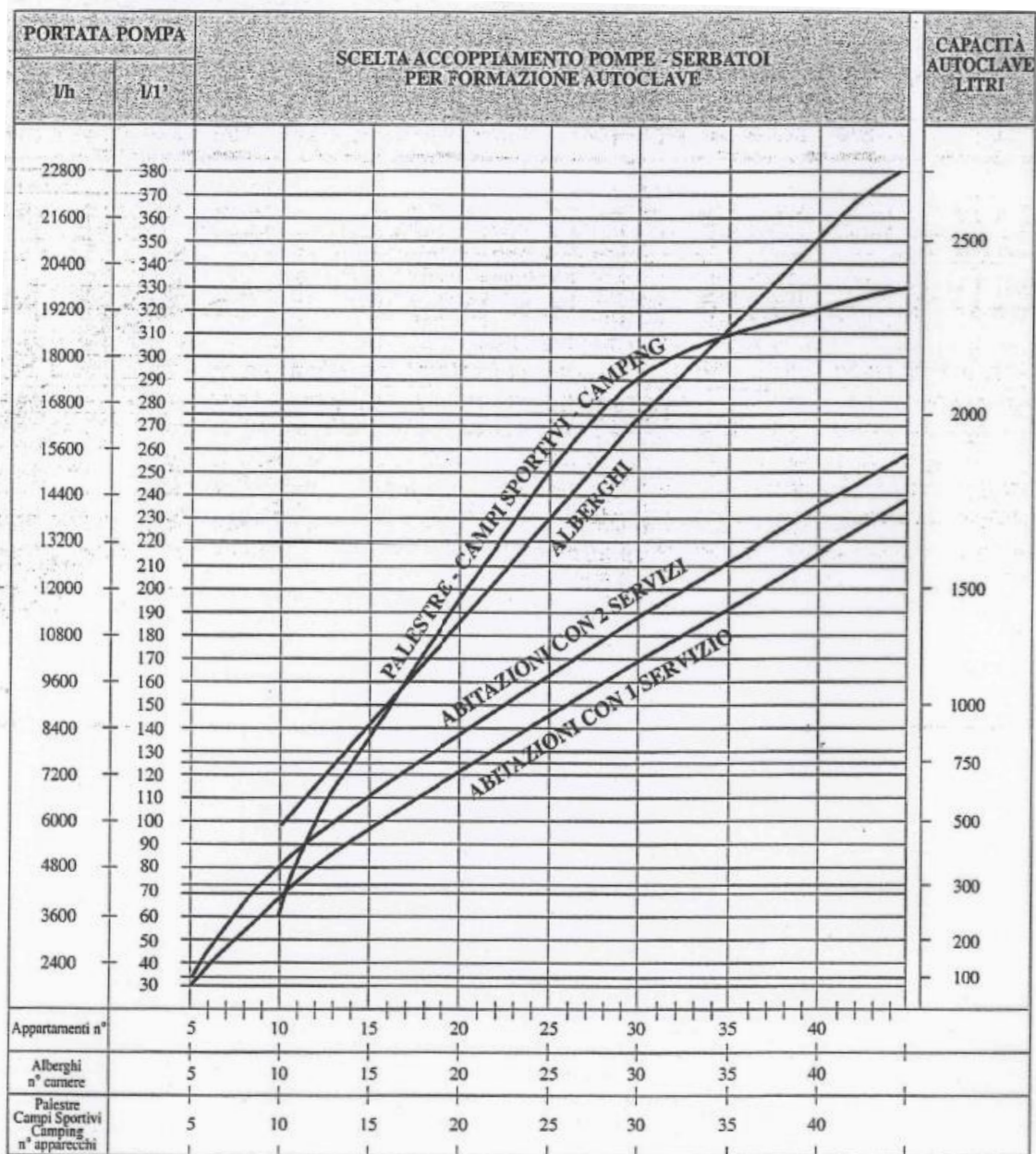


Fig. 69 Scelta accoppiamento pompe-serbatoi per formazione autoclave

7.5.2. Serpentino

A questo punto è stata dimensionata la superficie del serpentino con la seguente formula

$$S = \frac{2C}{K [(T1 + T2) - (t1 + t2)]}$$

Dove:

S rappresenta la superficie del serpentino [m²];

C il calore che il serpentino deve trasmettere in un'ora [kcal/h];

T1 è la temperatura acqua calda entrante nel serpentino [°C];

T2 è la temperatura acqua calda uscente dal serpentino [°C];

t1 è invece la temperatura acqua fredda sanitaria entrante nel boiler [°C];

t2 la temperatura acqua calda sanitaria uscente dal boiler [°C];

K è il coefficiente di trasmissione del serpentino [kcal/h/m²/°C].

Poiché gli spogliatoi vengono utilizzati ogni 4 ore, il tempo di riscaldamento sufficiente per garantire l'acqua calda è di 2 ore, quindi la superficie totale del serpentino è pari a 2,2 m².

7.5.3. Volume boiler

Il volume del boiler viene dimensionato in funzione della quantità di utenze

Seguendo la formula seguente:

$$VM = VB * \frac{T1 - t1}{t2 - t1}$$

Dove:

VM è il volume acqua miscelata alla fine del boiler [l];

VB è il volume di acqua calda nel boiler [l];

T1 la massima temperatura di acqua calda dentro il boiler, pari a 60 [°C];

t1 è la temperatura acqua fredda all'ingresso del boiler, pari a 15 [°C];

t2 è la temperatura acqua calda miscelata al servizio dell'utenza, pari a 40 [°C].

Nel nostro progetto il valore ottenuto è pari a **1980 l/h**.

7.6. Prevenzione Antincendio

Uno dei requisiti più importanti dal punto di vista della prevenzione, soprattutto per luoghi affollati e frequentati da molti utenti, è sicuramente quello della sicurezza antincendio. In fase progettuale è utile quindi prevedere adeguate uscite di sicurezza, percorsi segnalati, luoghi sicuri e attrezzature adeguate a fronteggiare eventuali emergenze.

7.6.1. Normativa vigente

Esistono svariate normative a cui fare riferimento. In particolare il D.M. del 27 Luglio 2010, "approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzioni ed esercizio delle attività con superficie superiore a 400 mq", il D.M. del 9 Marzo 2007, "prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei Vigili del Fuoco" con la relativa circolare integrativa del 28 Marzo 2008 e il D.M. del 10 Marzo 1998, "la gestione della sicurezza antincendio".

I testi contengono indicazioni riguardanti il calcolo del carico d'incendio a seconda dell'attività svolta e della struttura impiegata e le relative classi di resistenza da rispettare. Inoltre, contengono gli obblighi da rispettare in fase progettuale per quanto riguarda la collocazione e il dimensionamento dei percorsi e delle uscite di sicurezza, nonché i controlli, le misure preventive, i dispositivi di sicurezza e le procedure di emergenza.

7.6.2. Categorie di rischio

Le categorie di rischio sono tre. E' utile capire in fase di progetto a quale categoria si fa riferimento per collocare in maniera efficace il nostro progetto.

1) Luoghi di lavoro a rischio di incendi basso:

Si intendono a rischio di incendio basso i luoghi di lavoro o parte di essi, in cui sono presenti sostanze a basso tasso di infiammabilità e le condizioni locali e di esercizio offrono scarse possibilità di propagazione dello stesso è da ritenersi limitata.

2) Luoghi di lavoro a rischio di incendio medio:

Si intendono a rischio di incendio medio i luoghi di lavoro o parte di essi, in cui sono presenti sostanze infiammabili e/o condizioni locali e/o di esercizio che possono favorire lo sviluppo di incendi, ma nei quali, in caso di incendio, la probabilità di propagazione dello stesso è da ritenersi limitata.

3) Luoghi di lavoro a rischio di incendio elevato:

Viste le indicazioni contenute nel D.M. del 10 Marzo 1998 abbiamo deciso di catalogare la Cittadella dell'Edilizia come luogo di lavoro a rischio di incendio medio.

7.6.3. Lunghezza dei percorsi di fuga

Ai fini del decreto, nello stabilire se le vie di uscita siano verificate ed adeguate, occorre seguire i seguenti criteri:

- Ogni luogo di lavoro deve disporre di via di uscita alternative, ad eccezione di quelli di piccole dimensioni o dei locali a rischio di incendio medio o basso;
- Ciascuna via di uscita deve essere indipendente dalle altre e distribuita in modo che le persone possano ordinatamente allontanarsi da un incendio;
- Dove è prevista più di una via di uscita, la lunghezza dei percorsi per raggiungere la più vicina uscita di piano non dovrebbe essere superiore ai valori sotto riportati:

15 /30 metri (tempo massimo di evacuazione 1 minuto) per aree a rischio di incendio elevato;

30/45 metri (tempo massimo di evacuazione 3 minuti) per aree a rischio di incendio medio³⁷;

45/60 metri (tempo massimo di evacuazione 5 minuti) per aree a rischio di incendio basso.

- Le vie di uscita devono sempre condurre ad un luogo sicuro;
- I percorsi di uscita in un'unica direzione devono essere evitati per quanto possibile.

³⁷ Dimensionamento scelto in base al D.M. del 10 Marzo 1998;

7.6.4. Numero e dimensione delle uscite di sicurezza

Quando una sola uscita di piano non è sufficiente, il numero delle uscite dipende dal numero delle persone presenti (affollamento) e dalla lunghezza dei percorsi stabilita in precedenza. Per i luoghi a rischio di incendio medio o basso, la larghezza complessiva delle uscite di piano deve essere non inferiore a:

$$L = A/50 \times 0,60$$

In cui:

- "A" rappresenta il numero delle persone presenti al piano (affollamento);
- Il valore "0,60" costituisce la larghezza (espressa in metri) sufficiente al transito di una persona (modulo unitario di passaggio);
- "50" indica il numero massimo delle persone che possono defluire attraverso un modulo unitario di passaggio, tenendo conto del tempo di evacuazione.

Il valore del rapporto $A/50$, se non è intero, va arrotondato al valore intero superiore.

La larghezza delle uscite deve essere multipla di 0,60 metri, con tolleranza del 5%. La larghezza minima di una uscita non può essere inferiore a 0,80 metri (con tolleranza del 2%) e deve essere conteggiata pari ad un modulo unitario di passaggio e pertanto sufficiente all'esodo di 50 persone nei luoghi a rischio di incendio medio o basso.

Nel nostro caso, considerando un affollamento per l'edificio aule al primo piano di 25 studenti per ogni aula, per un totale di 7 aule, a cui vanno sommate le sale riunioni, si ottiene un totale di affollamento pari a 167 persone.

Utilizzando la formula sopra riportata si è dimensionato il tutto, approssimando a 150 l'utenza, considerando due aule contemporaneamente presenti sempre in cantiere, ottenendo un valore di 1,8 metri. Il valore rappresenta il totale della somma delle larghezze delle porte di emergenza, risultando così verificato.

Lo stesso ragionamento si effettua per l'edificio della cassa edile e per la sede dell'Espe.

Per il primo, considerando l'auditorium e la sua massima capienza di 132 persone, a cui si sommano le persone presenti eventualmente nei locali ristoro esterni all'auditorium, stimiamo un valore complessivo di 150 persone. Anche in questa circostanza, il dimensionamento è stato studiato seguendo la formula:

$$3 * 0,6 = 1,8 \text{ m} < 2 \text{ m VERIFICATO}$$

L'edificio Espe avrà, infine, una capienza massima di 111 persone, considerando il massimo affollamento della mensa e dei locali annessi.

3,3*0,6= 1,80 m VERIFICATO

7.6.5. Numero e larghezza delle scale

Il principio generale di disporre di vie di uscita alternative si applica anche alle scale. Possono essere serviti da una sola scala gli edifici, di altezza antincendio non superiore a 24 metri (così come definito nel D.M. 30 Novembre 1983), adibiti a luoghi di lavoro con rischio di incendio basso o medio, dove ogni singolo piano può essere servito da una sola uscita. Per tutti gli edifici che non ricadono nella fattispecie precedente, devono essere disponibili due o più scale, fatte salve le deroghe previste dalla vigente normativa.

Se le scale servono un solo piano al di sopra o al di sotto del piano terra, la loro larghezza non deve essere inferiore a quella delle uscite di piano che si immettono nella scala, mentre la larghezza complessiva è calcolata in relazione all'affollamento previsto in due piani contigui con riferimento a quelli aventi maggior affollamento.

Nel caso di edifici contenenti luoghi di lavoro a rischio di incendio basso o medio, la larghezza complessiva delle scale è calcolata con la seguente formula:

$$L=A*/50 \times 0,60$$

In cui:

- "A*" risulta l'affollamento previsto in due piani contigui, a partire dal 1° piano fuori terra, con riferimento a quelli aventi maggior affollamento.

I valori di affollamento sono stati stimati secondo ragionevoli previsioni di frequentazione, dato che usando coefficienti di affollamento standard relazionati alla dimensione dei locali ricaveremmo un risultato estremamente sovrastimato.

Per la rappresentazione grafica dei percorsi e delle uscite di sicurezza si rimanda alla consultazione delle piante antincendio.

7.7. Accessibilità dei locali

Quando si parla di edifici pubblici, soprattutto quello dove il passaggio di persone è piuttosto elevato, non si può fare a meno di pensare alle difficoltà che certe categorie di persone potrebbero incontrare durante la loro permanenza. In fase progettuale, quindi, è indispensabile studiare spazi e accessi conformi alla completa mobilità di tutti gli utenti dell'edificio. Non devono esistere ostacoli insormontabili o luoghi irraggiungibili per i diversamente abili per rispettare non solo un obbligo formale ai sensi di legge per il progettista, bensì un obbligo civile e morale.

L'accessibilità, la visitabilità e adattabilità sono criteri progettuali che discriminano in maniera precisa il tipo di intervento a seconda delle tipologie abitative.

7.7.1. Normativa vigente

La legge italiana ci viene in aiuto presentando alcune norme che, se rispettate, consentono di limitare notevolmente i disagi per alcune categorie di persone. Principalmente ci si riferisce a:

D.P.R. 384 del 1978, Norme tecniche per le strutture pubbliche d'uso collettivo;

D.M. 236 del 1989;

Allegati al D.M. del 1989

7.7.2. Accessibilità

Rappresenta il grado più alto di utilizzo dello spazio costruito. Per accessibilità si intende la possibilità, anche per persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio e le sue singole unità immobiliari, di entrarvi agevolmente e di fruirne spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia. La normativa prevede che debba essere garantita l'accessibilità per i percorsi esterni e le parti comuni di tutti gli edifici e, inoltre, che sia accessibile almeno il 5% degli alloggi di edilizia residenziale sovvenzionata. Per gli ambienti destinati ad attività sociali e per gli edifici sedi di aziende o imprese soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio deve essere garantito un alto tasso di accessibilità.

Nelle strutture destinate ad attività sociali e limitatamente ai servizi igienici, il requisito s'intende soddisfatto se almeno un servizio igienico per ogni livello utile dell'edificio, è accessibile alla persona su sedia a rotelle. Negli edifici sedi di aziende e imprese, invece, deve poter essere accessibile almeno un servizio igienico per ogni nucleo di servizi igienici previsto.

7.7.3. Visitabilità

Con questo termine si vuole indicare un più ridotto grado di fruibilità dello spazio, limitando l'accessibilità ad alcune parti dell'edificio. Ogni locale deve essere visitabile in particolare gli edifici residenziali. Il criterio è soddisfatto se una persona in carrozzina può raggiungere gli alloggi, accedere alla zona di pranzo e ad almeno un servizio igienico. Nei luoghi di lavoro la visitabilità deve essere garantita negli spazi in cui il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta.

7.7.4. Adattabilità

Per adattabilità si intende la possibilità di modificare nel tempo lo spazio costruito a costi limitati allo scopo di renderlo completamente ed agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale. Questo criterio non stabilisce pertanto dei requisiti dimensionali da attuare al momento, quanto la possibilità di garantire in futuro la completa accessibilità. Detto criterio si applica a tutti gli edifici per i quali non sia già richiesta l'accessibilità o la visitabilità.

7.7.5. Dimensionamento spazi minimi

Accessi e percorsi orizzontali:

- Porte: 85 cm di luce netta minima, la maniglia ad un'altezza di 90 cm. Nel progetto sono state realizzate porte di larghezza minima 90 cm. Alcune porte, in particolare quelle dei servizi igienici, sono scorrevoli.
- Corridoi e passaggi: la normativa prevede larghezza minima 150 cm con assenza di variazione di livello. La Cittadella è provvista di passaggi e corridoi abbondantemente superiori ai 150 cm di larghezza.

Locali igienici:

- Dimensioni: 180 cm x 180 cm.
- Porte: 90 cm luce netta minima, apertura verso l'esterno.
- WC: posto nella parte opposta all'accesso. L'asse della tazza deve essere posto ad una distanza minima di 140 cm dalla parete laterale sinistra e ad una distanza minima di 40 cm dalla parete laterale destra.
- Lavabo: deve essere posto preferibilmente nella parete opposta a quella cui è fissata la tazza WC, lateralmente all'accesso. Il piano lavabo deve essere posto ad un'altezza di 80 cm dal pavimento. Il

lavabo deve essere del tipo a mensola. Le tubazioni di carico e scarico dell'acqua devono essere sotto traccia per evitare ingombri inutili sotto il lavabo. La rubinetteria deve avere il comando a leva.

- Specchio: deve essere posto sopra il lavabo in una zona compresa tra 90 cm e 170 cm d'altezza.
- Corrimano: il locale deve essere provvisto di un corrimano orizzontale continuo fissato lungo l'intero perimetro del locale. Il corrimano deve essere fissato all'altezza di 80 cm dal pavimento e ad una distanza di 5 cm dalla parete. Altro corrimano deve essere previsto all'altezza di 80 cm fissato nel lato interno della porta per consentire l'apertura a spinta verso l'esterno. Due corrimani verticali fissati a pavimento e al soffitto: il primo deve essere posto, a sinistra della tazza WC ed una distanza dall'asse di 40 cm e dalla parete posteriore di 15 cm; il secondo, deve essere posto a destra della tazza WC a 30 cm dal bordo anteriore della tazza e di 15 cm dalla parete laterale destra. I corrimano devono essere realizzati in tubo di acciaio da un pollice, rivestito e verniciato con materiale plastico.
- Campanello elettrico: deve essere del tipo a cordone, posto in prossimità della tazza WC.

7.8. Illuminotecnica

7.8.1. Fabbisogno termico delle classi

I problemi progettuali che si presentano durante la progettazione illuminotecnica degli ambienti risultano molto complessi. Se da una parte, infatti, le sorgenti artificiali mantengono costante la loro luminanza nel tempo, dall'altra quelle naturali (sole e volta celeste) presentano una luminanza variabile in funzione delle condizioni meteorologiche (cielo sereno o coperto), dell'ora e del giorno considerati. Di conseguenza il campo luminoso naturale all'interno degli ambienti varia non solo da punto a punto ma anche nel tempo. Il calcolo dettagliato delle condizioni d'illuminazione naturale nei diversi punti di un ambiente risulta un obiettivo ambizioso e solo l'utilizzo di modelli matematici complessi permette la descrizione attendibile delle condizioni di illuminamento. Nella progettazione la conoscenza precisa punto per punto del campo luminoso naturale interno è indispensabile solo in casi particolari, ad esempio quando si affronta la progettazione illuminotecnica di particolari ambienti come posizioni. Nella nostra situazione, invece, è sufficiente garantire e verificare il raggiungimento di condizioni medie di illuminazione ritenute accettabili e valutare che le superfici trasparenti dell'involucro siano sufficientemente estese. All'interno di un ambiente chiuso, l'illuminamento naturale nei diversi punti dello spazio è determinato dal flusso di luce proveniente dalle sorgenti esterne: la volta celeste, il sole, i diversi elementi del paesaggio urbano prospiciente la finestra (campo diretto), ed il flusso di luce che raggiunge il punto considerato dopo le diverse riflessioni sugli elementi che costituiscono l'involucro edilizio: pareti, soffitto, pavimento, arredamento.

7.8.2. I parametri illuminotecnici

Introduciamo di seguito le grandezze caratteristiche utilizzate:

Luce: in ambito architettonico, la luce naturale viene considerata secondo tre forme: diretta, riflessa e diffusa. La luce diretta costituisce quella parte di radiazione che va direttamente dalla sorgente luminosa alla superficie illuminata. La luce riflessa nasce dalla riflessione della luce diretta su un corpo prima che il flusso luminoso raggiunga la superficie in esame. Infine la radiazione diffusa è generata da quella parte di radiazione solare che viene dispersa e appunto diffusa col passaggio della radiazione diretta in atmosfera dove sono presenti vapore acqueo e particolato. È immediato capire come la radiazione solare non arrivi dunque sempre nello stesso modo sulle superfici in esame ma sia caratterizzata da una costante variabilità nel tempo. La nuvolosità del cielo è dunque il parametro che più incide sulla qualità dell'illuminazione all'interno degli edifici.

Flusso luminoso [lumen]: è una grandezza riferita alla sorgente luminosa. Essa esprime la quantità di energia luminosa, dunque visibile, emessa da una sorgente nell'unità di tempo

Intensità luminosa [candela]: esprime la concentrazione di luce radiata per secondo in una direzione specifica. La sua unità di misura, la candela, rappresenta l'intensità di una sorgente che emette uniformemente un flusso di 1 lumen in un angolo di 1 steradiano
Illuminamento [lux]: l'illuminamento in un punto di una superficie viene definito come il rapporto fra il flusso luminoso incidente su un elemento infinitamente piccolo della superficie che contiene il punto e l'area di questo elemento. L'unità di misura è il lux [lm/m^2]. L'illuminamento vale 1 lux nel momento in cui un flusso luminoso uniformemente distribuito di 1 lumen incide su un area di 1 m^2 .

Luminanza [candele/ m^2 = nit]: con riferimento ad un elemento di superficie che emetta (o rifletta) luce, esprime il rapporto tra l'intensità luminosa prodotta in una determinata direzione e l'area della proiezione di questo elemento di superficie perpendicolarmente alla direzione prescelta. La luminanza delle superfici contenute nel campo visivo è direttamente collegata sia ai fenomeni di abbagliamento che alla possibilità di percepire distintamente gli oggetti osservati.

Fattore di Luce Diurna (FLD): è una grandezza sintetica e adimensionale, F, in grado di descrivere le prestazioni luminose dell'involucro edilizio, la quale non dipende dal livello di illuminamento esterno, ma solo dalle relazioni geometriche tra punto considerato all'interno dell'ambiente e volta celeste. Tale grandezza è definita come rapporto tra l'illuminamento E, che si realizza su di una superficie orizzontale posta all'interno dell'ambiente considerato grazie alla luce proveniente dalla volta celeste e quello che contemporaneamente si ha su di una superficie orizzontale posta all'esterno senza alcuna ostruzione, E_0 . In base a tale definizione il fattore di luce diurna può essere calcolato con la relazione:

$$F = \frac{E}{E_0} * 100$$

Il fattore di luce diurna risulta funzione di molteplici fattori come: l'area delle aperture finestrate; il coefficiente di trasmissione nel visibile dei vetri degli infissi; l'area dei diversi elementi che costituiscono l'involucro e che sono presenti all'interno del locale come pareti, pavimenti e soffitti; la presenza di ostruzioni di qualsiasi genere, esterne od interne, che limitino la vista della volta celeste; lo stato di manutenzione delle superfici vetrate e delle superfici interne.

Il valore del fattore di luce diurna varia però da punto a punto all'interno di un ambiente.

Si introduce dunque il fattore medio di luce diurna, F_{mld} , dove per medio si intende mediato su più punti di misura. Tale parametro consente di valutare la

capacità delle aperture trasparenti e dell'involucro di uno spazio chiuso di garantire condizioni di illuminazione naturale confortevoli e un accettabile sfruttamento della luce naturale. Per raggiungere questi obiettivi esso deve essere superiore ad un certo valore, fissato come valore di soglia al di sotto del quale non sono verificate le condizioni di illuminazione naturali sufficienti alle specifiche esigenze di benessere fisico e psicologico.

Indicativamente è possibile far riferimento a questi valori:

$F < 0,3\%$ insufficiente

$0.3\% < F < 2\%$ discreto

$2\% < F < 4\%$ buono

$4\% < F$ ottimo

Conoscendo il fattore di luce diurna è sempre possibile risalire al valore assoluto di illuminamento corrispondente all'interno dell'ambiente sul piano di lavoro partendo dall'illuminamento sul piano orizzontale all'esterno.

7.8.3. Riferimenti Normativi

Dal punto di vista normativo, essendo l'edificio analizzato destinato ad accogliere una scuola per studenti universitari, si è fatto riferimento alla norma UNI 10840 "Luce e illuminazione – Locali scolastici – Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale". I valori prescritti di Fattore di Luce Diurna sono riportati nella norma UNI in maniera dettagliata in funzione delle diverse tipologie di locali e di attività svolte: nella tabella seguente sono riportati i valori minimi di FLD [%] prescritti dalla suddetta norma UNI, relativamente agli ambienti più attinenti a quelli del progetto in esame.

Fattore medio di luce diurna

Locale	FLD richiesto
Aula	$\geq 3\%$
Sala riunioni	$\geq 3\%$
Sala audiovisivi	$\geq 3\%$
Ufficio	$\geq 1\%$
Aula pc	$\geq 3\%$
Bagno	$\geq 1\%$

Tabella 161. FLD per i singoli locali

Per quanto riguarda i valori minimi dei livelli di illuminamento naturale ed artificiale, risultano più restrittivi quelli definiti dalla norma UNI: nel progetto si è cercato di raggiungere tali limiti il più possibile con un'illuminazione di tipo naturale.

Illuminamento nei locali [lux]

Locale	Lux richiesti
Aula	300 ÷ 750
Sala riunioni	300 ÷ 750
Sala audiovisivi	300 ÷ 750
Ufficio	500 ÷ 1000
Aula pc	300 ÷ 750
Bagno	50 ÷ 150

Tabella 162. Illuminamento per i singoli locali

7.8.4. Strategie progettuali

La progettazione dei tre edifici ed in particolare la disposizione dei locali interni è stata effettuata tenendo conto dell'orientamento, in particolar modo abbiamo posizionato le aule sul lato ovest, evitando così un irraggiamento elevato durante le ore di lezione.

Di conseguenza, volendo sfruttare al meglio l'illuminazione naturale, nelle aule sono state posizionate finestroni a tutt'altezza, minimizzando così l'apporto fornito artificialmente.

7.8.5. Calcolo degli ombreggiamenti sulle superfici finestrate

Non essendo presenti edifici molto elevati nelle prossimità del nostro lotto di progetto, quest'ultimo non subisce ombreggiamento derivante da altri edifici, di conseguenza le nostre scelte si sono basate esclusivamente su considerazioni generali escludendo il contesto, poiché non influiva negativamente oscurando le superfici vetrate.

7.8.6. Il software: Daylight visualizer

Il software VELUX Daylight Visualizer è in grado di simulare la luce naturale nella sua complessità e in tutte le variabili correlate. I report forniti consentono di valutare accuratamente la distribuzione della luce negli ambienti e valutarla qualitativamente. Nella progettazione virtuale degli ambienti il software considera le variabili legate alle forme dell'involucro e alle specifiche dei materiali impostati.

7.8.7. Fattore medio di luce diurna

Nella progettazione della luce naturale tale parametro è riconosciuto a livello universale ed il suo studio permette di garantire un'illuminazione diurna ottimale nel rispetto dei requisiti igienico-sanitari (D.M. 5/7/75). Il VELUX Daylight Visualizer adotta questo parametro e fornisce gli strumenti necessari per analizzarlo.

7.8.8. Rendering

Oltre agli studi illuminotecnici il VELUX Daylight Visualizer permette di creare immagini utili per avere un'anteprima di quanto progettato all'interno dell'ambiente. Le texture e le proprietà dei materiali sono personalizzabili per ottenere molteplici risultati.

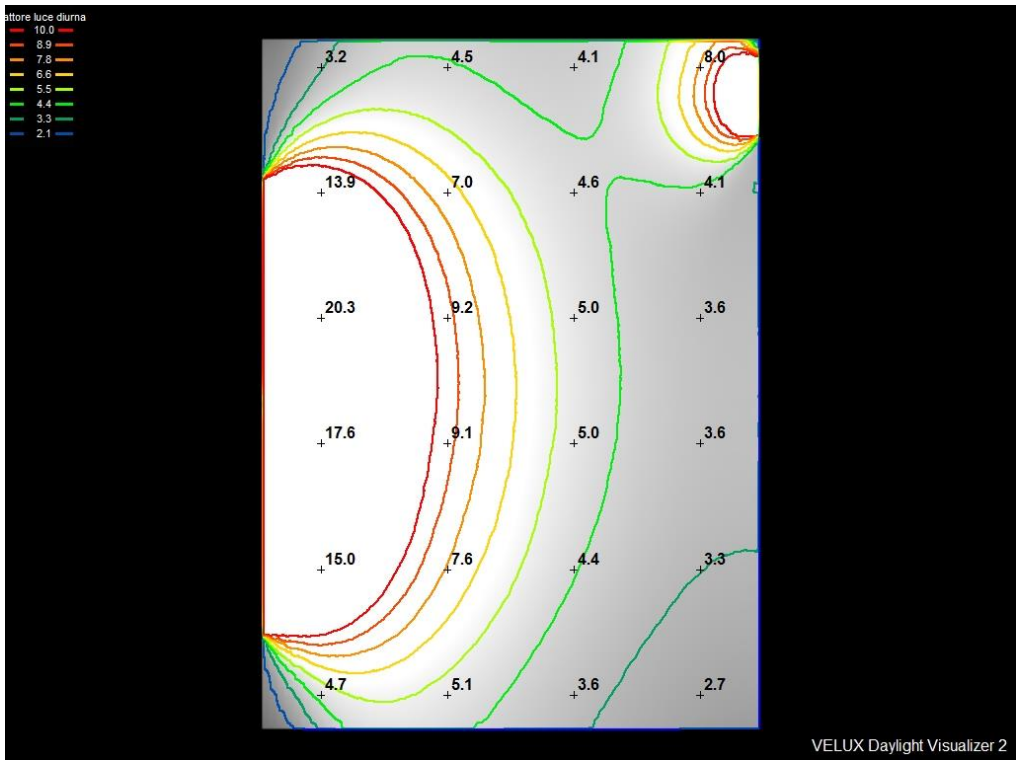
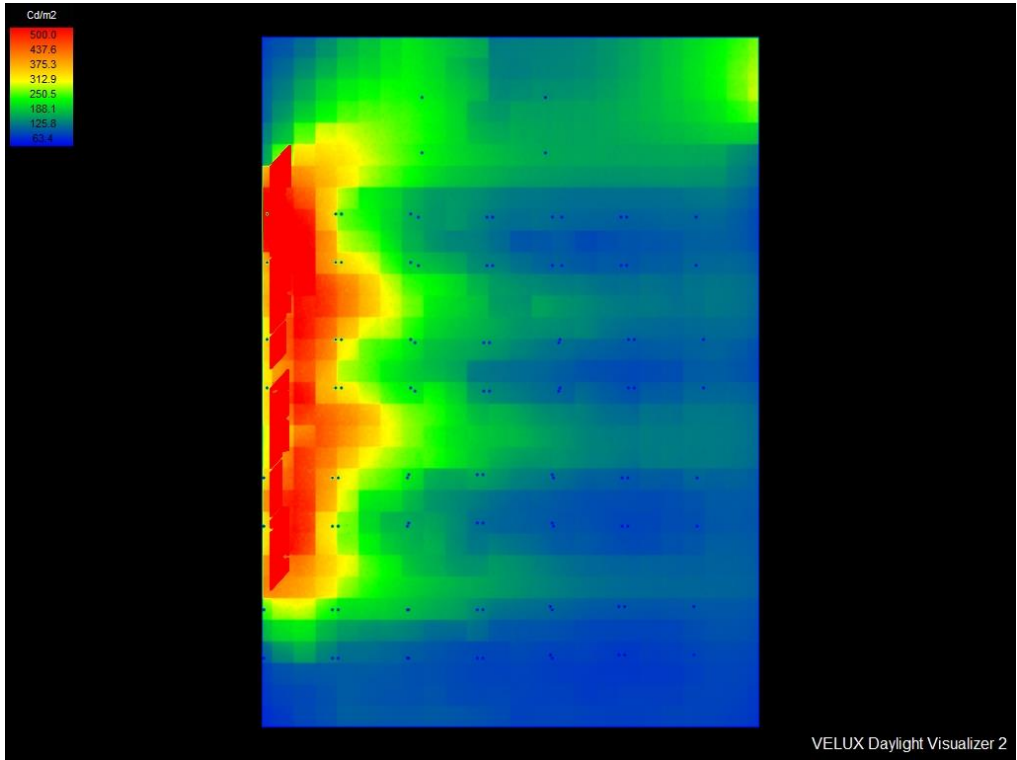
7.8.9. Distribuzione lux

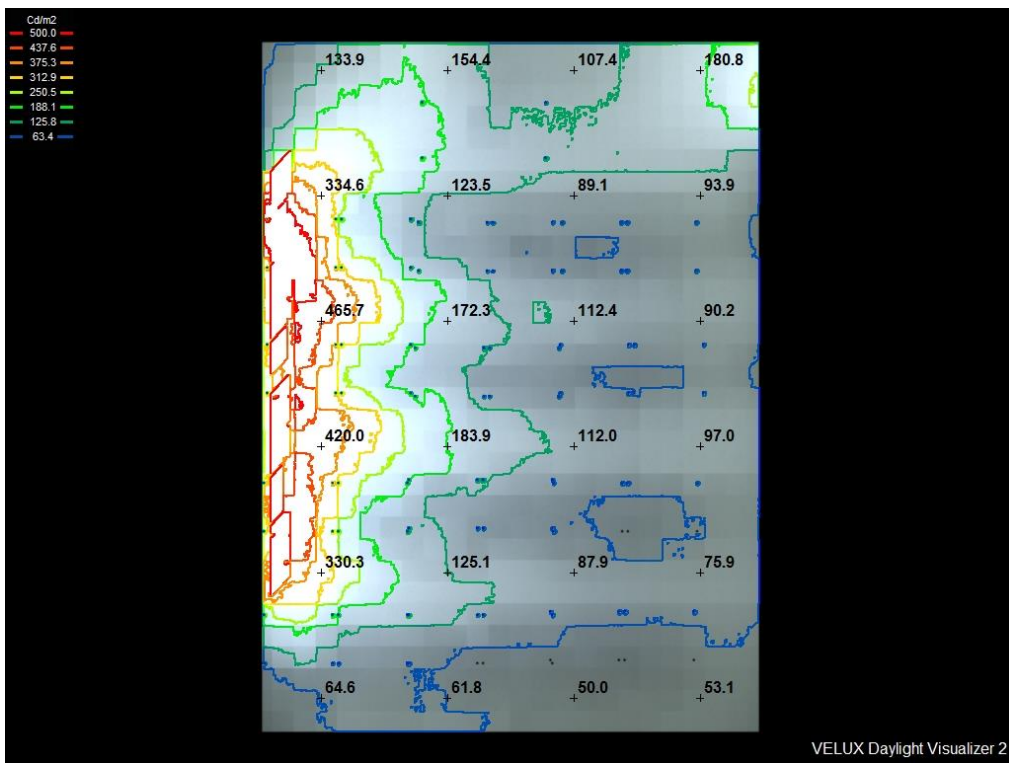
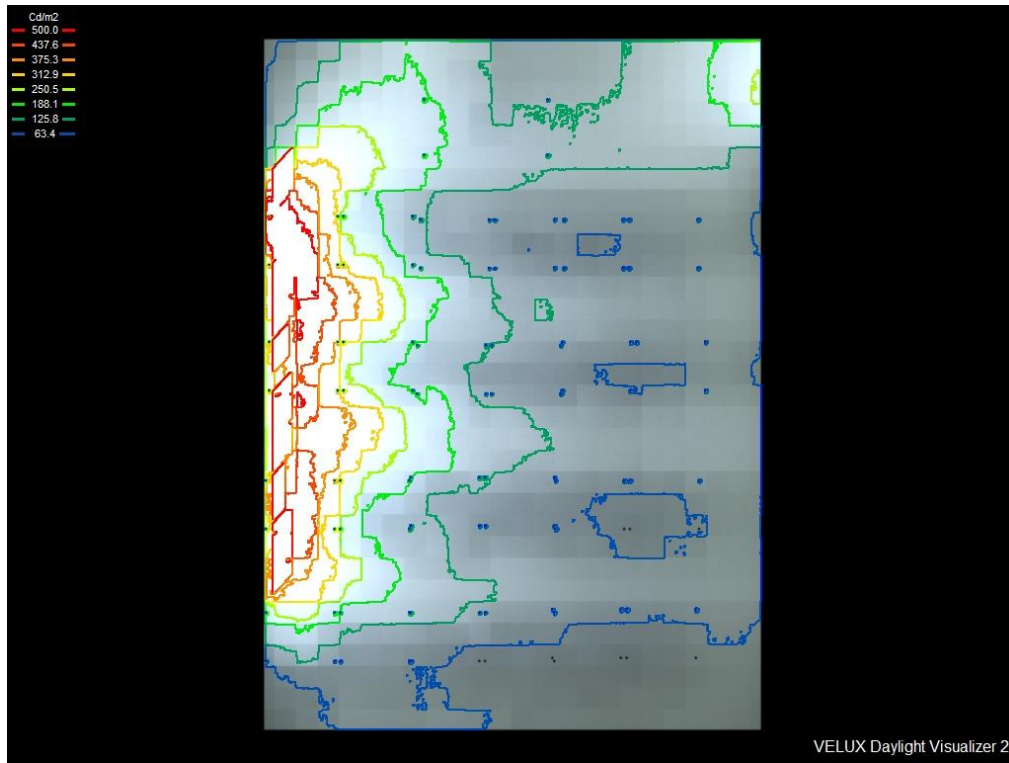
La valutazione dell'illuminazione nella progettazione della luce naturale è complessa. Il VELUX Daylight Visualizer permette di studiare l'illuminazione considerando tutte le variabili connesse (ubicazione, orientamento, condizioni temporali, ora del giorno) con l'obiettivo di massimizzare l'apporto di luce naturale all'interno dell'ambiente confinato.

7.8.10. Controllo abbagliamento mensile

E' importante garantire un comfort visivo adeguato ed evitare effetti indesiderati quali affaticamento e forti contrasti di luce all'interno di un ambiente confinato. Il VELUX Daylight Visualizer pone attenzione su tale aspetto e consente di studiare la corretta distribuzione delle luminanze nell'ambiente.

Fattore medio di luce diurna

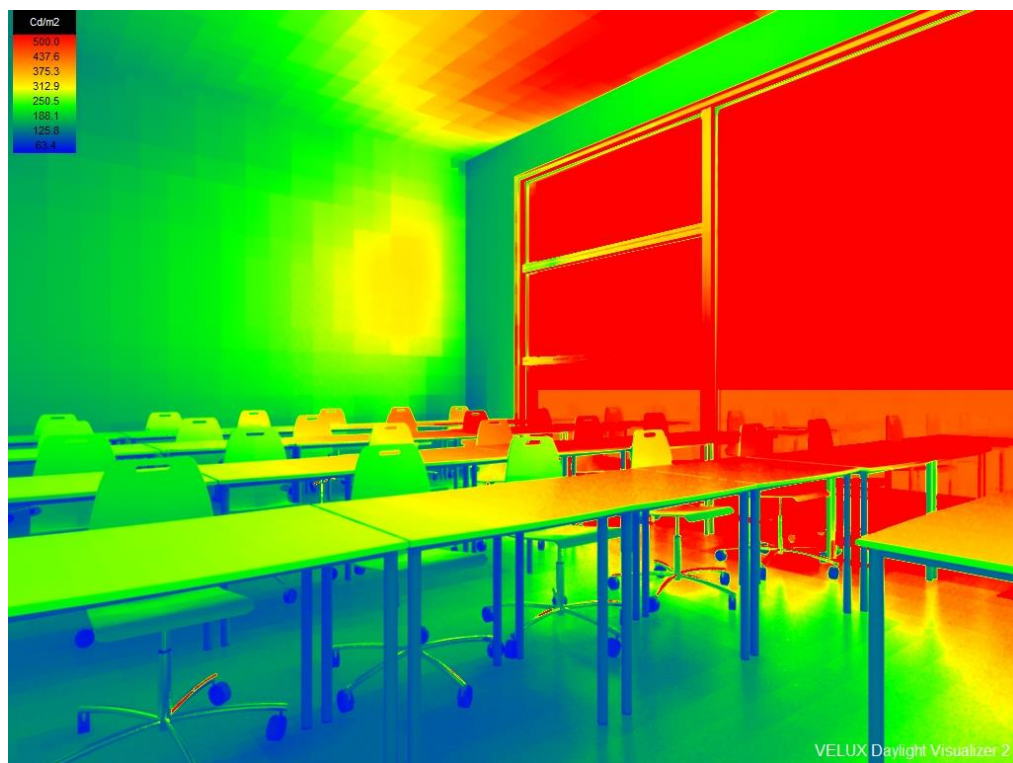




Vista dall'ingresso - aula tipo: Rendering



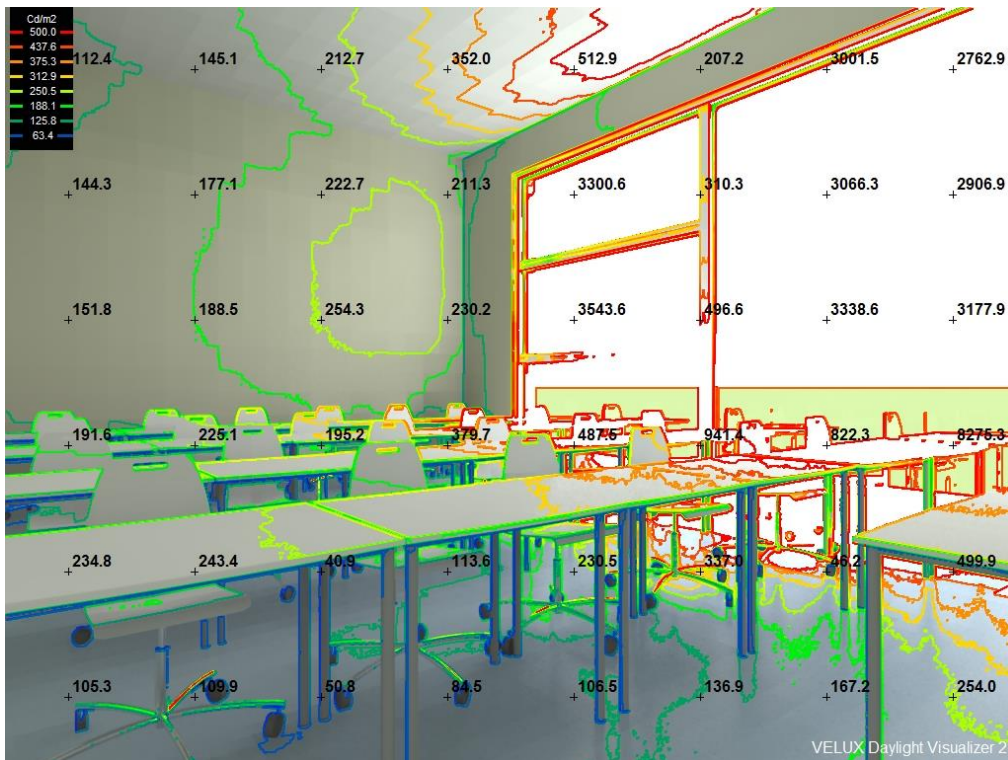
Distribuzione cd/m², falsi colori – vista 1



Distribuzione cd/m² , rilevazione ISO – vista 1



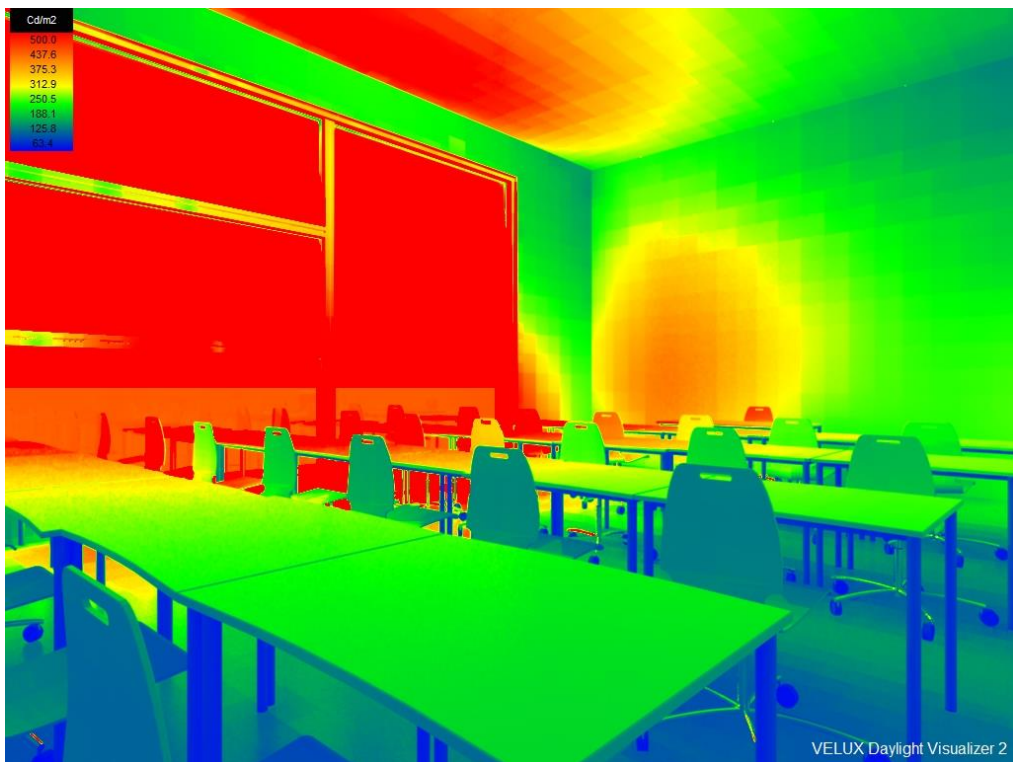
Distribuzione cd/m² , rilevazione ISO con valori espressi – vista 1



Rendering



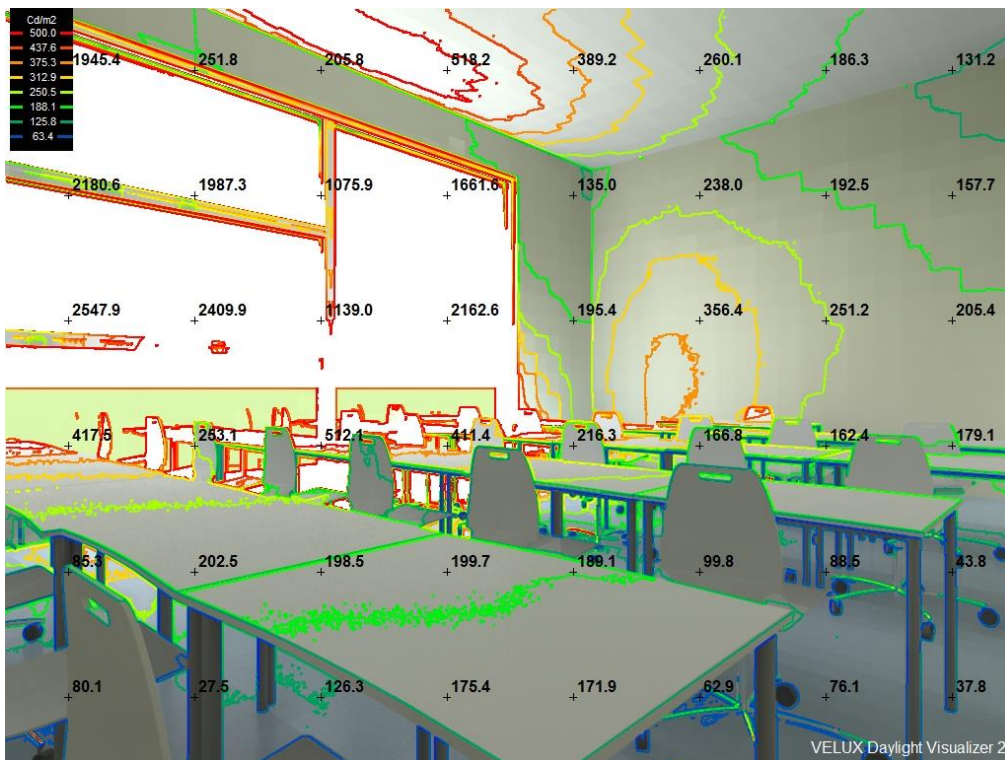
Distribuzione cd/m^2 , falsi colori – vista 2



Distribuzione cd/m² , rilevazione ISO – vista 2



Distribuzione cd/m² , rilevazione ISO con valori espressi – vista 2



7.8.11. Conclusioni

Considerando le analisi appena effettuate e riportate nelle figure, si deduce che l'illuminazione naturale garantisce l'apporto minimo necessario come da normativa, e in alcune ore del giorno saranno necessarie opportuni sistemi di oscuramento interno per limitare l'ingresso di un'eccessiva luminosità.

L'ottimo apporto di illuminazione solare diretta ed indiretta permette quindi un minore utilizzo di illuminazione artificiale e quindi un sostanziale risparmio a livello economico.

L'inserimento di lucernai in copertura che seguono il percorso dei corridoi interni del blocco aule, permette inoltre di risolvere in maniera netta il problema di poca illuminazione presente all'interno di elementi di collegamento di "minore" importanza.

Il nostro studio è stato finalizzato principalmente alla ricerca di un comfort visivo e luminoso in particolare per i locali delle aule e degli uffici, ovvero per tutti quei luoghi di lavoro e studio che necessitano, in tutte le ore del giorno, di un importante apporto di illuminazione.

8. PROGETTAZIONE DEL VERDE

8.1. Morfologia del territorio

Il lotto di progetto si presenta allo stato attuale in piano, senza curve di livello significative.

La linea ferroviaria che delimita l'area si trova a circa 4 metri di profondità dal livello del terreno e questo comporta una lieve pendenza, attualmente realizzata con scarpate. Non è presente alcun tipo di vegetazione arborea e allo stato attuale l'area è interamente ricoperta da un prato incolto, ad eccezione della porzione di terreno interessata dagli scavi per la realizzazione del tratto della Pedemontana. Non sono presenti corsi d'acqua o falde significative.

8.2. Flora e Fauna locale

Le grandi terre distese lungo le sponde del Lario godono, grazie alla presenza del bacino idrico, di un clima simile a quello della riviera ligure, dunque prospereranno piante come l'alloro, il cipresso, gli agrumi, gli oleandri, l'Olea fragrans, le magnolie, la canfora e molte altre specie tipiche dell'area mediterranea. Per le piante, oltre ad essere di fondamentale importanza l'abbondanza delle piogge ben distribuite durante il corso dell'anno, è fondamentale la natura del terreno: un terreno di natura acida favorisce la natura di piante acidofile che altrove trovano difficoltà di adattamento e sono ritenute piante difficili da far crescere. Attorno al Lario dunque, azalee, rododendri, camelie, ortensie, gardenie, kalmie e tutte le varietà amanti di un substrato acido si trovano a loro agio. In montagna è possibile trovare fiori quali Anemone alpino, Anemone bianco, Cardo Spinosissimo. La fauna locale è quella tipica cittadina, non risultano essere presenti particolari specie animali.



Fig. 70 Esempio vegetazione tipica dell'area in esame

8.3. Analisi dello stato attuale: servizi

L'area in esame si presenta attualmente in stato di semi-abbandono. La zona più prossima a via del Lavoro è oggetto di lavori di scavo, in fase iniziale, per la realizzazione del tratto stradale dell'opera C1 della Tangenziale di Como. Il resto dell'area è caratterizzato dalla presenza di un vasto campo verde, delimitato da una serie di piccoli arbusti.

L'area risulta essere attualmente sprovvista di aree verdi attrezzate.

8.3.1. Sistema di indicatori per valutare la qualità degli spazi verdi urbani

Per lo studio della zona dal punto di vista dei servizi sono stati utilizzati degli indicatori di qualità standard, utilizzati in molti progetti di riqualificazione delle aree verdi.

Limitatamente alla categoria dei giardini e dei parchi pubblici a servizio di aree residenziali, la qualità degli spazi verdi urbani dipende da un mix di requisiti che riguardano:

- a) *funzionalità;*
- b) *qualità estetica;*
- c) *sicurezza;*
- d) *servizi e arredo;*
- e) *fattori di pressione;*
- f) *manutenzione.*

Ciascun requisito dipende, a sua volta, da un insieme di fattori che, in varia misura, concorrono a determinare il livello qualitativo: il requisito è la variabile dipendente di una funzione di variabili indipendenti costituite dai fattori.

A tal fine si è ritenuto opportuno distinguere tra **indicatori** e **segnalatori**: i primi sono quelli che riguardano il calcolo della qualità degli spazi verdi esistenti; i secondi invece hanno la funzione di "segnalare" l'eventuale presenza di situazioni o caratteristiche particolari, da valutare.³⁸

³⁸ C. Socco et al., Edilizia per l'ambiente. Progettare: metodi, tecniche, norme, realizzazioni, Utet. 2006;

Indicatori	Segnalatori
a. Funzionalità: <ul style="list-style-type: none"> - gioco bambini - gioco ragazzi - spazio residenti - spazio lavoratori - spazio anziani - recinto cani - percorsi senza barriere 	Funzioni rare e particolari
b. Qualità estetica: <ul style="list-style-type: none"> - varietà floristica - varietà di vedute - contesto e sfondo 	Elementi di valore storico Presenza di corsi d'acqua Opere d'arte
c. Sicurezza <ul style="list-style-type: none"> - accessi pedonali sicuri - accessi ciclabili sicuri - recinzioni 	
d. Servizi e Arredo <ul style="list-style-type: none"> - servizi igienici - acqua potabile - posteggio biciclette - attrezzature giochi per bambini - panchine e cestini 	
e. Fattori di pressione <ul style="list-style-type: none"> - strade di traffico - ferrovie - elettrodotti - industrie e depositi 	
f. Manutenzione <ul style="list-style-type: none"> - manto erboso - percorsi - panchine e cestini - pulizia ordinaria 	

Tabella 163. Indicatori e segnalatori funzioni

8.3.2. Funzionalità

La funzionalità dipende dall'assetto organizzativo che mette in grado lo spazio verde di ospitare diverse funzioni. Il criterio adottato permette di valutare lo stato di fatto delle singole funzioni principali che un parco a servizio di una zona residenziale deve possedere.

I gruppi di utenti caratterizzati da esigenze potenzialmente conflittuali sono: i bambini (0 - 12 anni), i ragazzi (13- 24 anni), i residenti del quartiere (in particolar modo gli anziani ed i possessori di cani). Tale analisi è finalizzata per una migliore ed efficiente organizzazione dello spazio da progettare in modo da evitare interferenze tra le varie aree di gioco, svago e/o sport. La possibilità che il parco ospiti funzioni rare, quali cerimonie, eventi pubblici o mostre, non deve essere trascurata in fase di analisi e di progettazione. Questo ulteriore fattore può essere considerato come un valore aggiunto che conferisce allo spazio verde una specializzazione funzionale particolare.

- **Gioco bambini:**

Buono	Dotazione di almeno 2 altalene e 1 scivolo, con panchine e cestini in prossimità dei giochi.
Insufficiente	Dotazione di un solo scivolo o altalena o, come buono, ma senza panchine e cestini.
Assente	Manca la dotazione di attrezzature per il gioco.

Tabella 164. Indicatore aree gioco bambini

- **Gioco ragazzi:**

Buono	Dotazione di almeno 1 campo di calcetto, 1 di basket e 1 di pallavolo, appositamente recintanti.
Insufficiente	Dotazione di un solo campo di calcetto/basket/pallavolo, oppure come buono ma non recintato.
Assente	Manca la dotazione di campi da gioco.

Tabella 165. Indicatore aree gioco ragazzi

- **Spazio anziani:**

Buono	Dotazione di almeno un campo di bocce e zona di sosta con tavoli, appositamente recintato.
Insufficiente	Dotazione di un campo di bocce senza zona di sosta con tavoli.
Assente	Manca la dotazione del campo da bocce/sosta.

Tabella 166. Indicatore spazio anziani

- **Recinto cani:**

Buono	Dotazione di almeno uno spazio recintato di adeguata ampiezza con panchine e cestini.
Insufficiente	Dotazione di uno spazio recintato senza panchine e cestini.
Assente	Assenza dello spazio recintato.

Tabella 167. Indicatore recinto per cani

- **Percorsi senza barriere:**

Buono	Possibilità di accedere allo spazio verde senza incontrare barriere architettoniche.
Insufficiente	Presenza di barriere architettoniche che precludono l'accesso ad alcune parti dello spazio verde.
Assente	Presenza di barriere architettoniche che precludono l'accesso alle parti dello spazio verde.

Tabella 168. Indicatore percorsi senza barriere

8.3.3. Qualità estetica

Esistono alcuni elementi basilari la cui presenza viene generalmente riconosciuta come indicatore di qualità estetica. La varietà della flora e delle vedute, così come la qualità del contesto e dello sfondo sono elementi necessari oggetto di analisi per la valutazione dell'area. Come segnalatori vanno indicati eventuali giardini storici, monumenti, corsi d'acqua, ruscelli e/o fontane, e l'eventuale presenza di sculture o installazioni particolari.

- **Varietà floristica:**

Rilevante	Presenza di alberi, arbusti, siepi e aiuole fiorite che assicurano una buona varietà floristica.
Marginale	Presenza modesta di arbusti, siepi e aiuole fiorite.
Assente	Assenza di arbusti, siepi e aiuole fiorite.

Tabella 169. Varietà flora

- **Varietà delle vedute:**

Elevata	Elevata varietà di vedute, sia in movimento che da fermo.
Buona	Apprezzabile varietà di vedute, sia in movimento che da fermo.
Scarsa	Limitatissima varietà di vedute

Tabella 170. Varietà vedute

- **Contesto e sfondo:**

Buono	Presenza di edifici di buona qualità architettonica, eventuali aperture su sfondi gradevoli.
Scarso	Presenza di edifici di qualità mediocre o di scorci di sfondo poco significativi.
Pessimo	Presenza di edifici di qualità scadente e assenza di vedute di sfondi gradevoli.

Tabella 171. Contesto e sfondo

8.3.4. Sicurezza

I fattori presi in considerazione sono quelli che possono essere risolti con un'adeguata progettazione dello spazio verde, tralasciando fattori derivanti da violenza. I rischi da tenere in considerazione sono il traffico veicolare, l'accessibilità e l'uso improprio dello spazio verde, soprattutto nelle ore notturne.

- **Accessi pedonali sicuri:**

Buono	Presenza di piattaforme pedonali continue di attraversamento ben collegate o attraversamenti regolati da semaforo su strade di maggior traffico.
Insufficiente	Presenza di semplice attraversamento
Assente	Assenza di attraversamento pedonale

Tabella 172. Accessi pedonali sicuri

- **Accessi ciclabili sicuri:**

Buono	Presenza di piste ciclabili con accesso diretto al posteggio bici dello spazio verde.
Insufficiente	Assenza di piste ciclabili ma possibilità di percorso in bici di strade a traffico moderato.
Assente	Assenza di piste ciclabili e di possibilità di accesso da strade a traffico moderato.

Tabella 173. Accessi ciclabili sicuri

- **Recinzione:**

Buono	Presenza di recinzione continua con chiusura notturna.
Insufficiente	Presenza di recinzione senza chiusura notturna.
Assente	Assenza di recinzione.

Tabella 174. Recinzioni

8.3.5. Servizi e arredo

La qualità di uno spazio verde dipende anche dalla dotazione di servizi e arredi, senza i quali la fruizione pubblica diviene più disagiata.

- Servizi igienici:

Buono	Dotazione sufficiente di servizi per donne e uomini.
Insufficiente	Dotazione di servizi non utilizzabili da donne.
Assente	Assenza di servizi.

Tabella 175. Servizi igienici

- Acqua potabile:

Buono	Presenza e buona distribuzione di fontanelle di acqua potabile.
Insufficiente	Dotazione scarsa di fontanelle per acqua potabile.
Assente	Assenza di fontanelle per acqua potabile.

Tabella 176. Acqua potabile

- Posteggio biciclette:

Buono	Presenza di stalli per bici in numero sufficiente presso gli ingressi e in posizione appropriata.
Insufficiente	Presenza di stalli in numero insufficiente.
Assente	Assenza di stalli per biciclette.

Tabella 177. Posteggio bici

- Panchine e cestini:

Buono	Dotazione adeguata di blocchi di panchine e cestini.
Insufficiente	Scarsa presenza di blocchi di panchine e cestini.
Assente	Presenza del tutto inadeguata a soddisfare la domanda.

Tabella 178. Panchine e cestini

8.3.6. Fattori di pressione

Si tratta di forme esterne che possono produrre varie forme di inquinamento, quali quelli derivanti dal traffico o altre forme di attività.

- Strade di traffico:

Rilevante	Presenza, per una significativa lunghezza del perimetro dello spazio verde, di strade di elevato traffico.
Marginale	Presenza, per una parte marginale, di strade di elevato traffico.
Assente	Presenza di strade a basso traffico.

Tabella 179. Strade di traffico

- Ferrovie:

Rilevante	Presenza, per una significativa lunghezza del perimetro dello spazio verde, di una o più linee ferroviarie importanti.
Marginale	Presenza, per una parte marginale, di linee ferroviarie importanti o secondarie.
Assente	Assenza di linee ferroviarie.

Tabella 180. Ferrovie

- Elettrodotti:

Rilevante	Presenza di elettrodotto che attraversa parte dello spazio verde.
Marginale	Presenza di elettrodotto in adiacenza dello spazio verde.
Assente	Assenza di elettrodotti.

Tabella 181. Elettrodotti

- Industrie e depositi:

Rilevante	Presenza di capannoni industriali e depositi per lunga parte del perimetro dell'area verde.
Marginale	Presenza di industrie e depositi per una parte marginale del perimetro dello spazio verde.
Assente	Assenza di capannoni industriali e depositi.

Tabella 182. Industrie e depositi

8.3.7. Manutenzione

Manutenzione e cura sono fattori importanti di qualità, soprattutto con riferimento agli aspetti salienti degli spazi verdi.

- **Manto erboso:**

Buono	Manto erboso continuo, ben sfalciato e privo di zone sterrate.
Accettabile	Presenza di zone sterrate o di manto erboso non adeguatamente sfalciato.
Insufficiente	Presenza di ampie zone sterrate.

Tabella 183. Manto erboso

- **Percorsi:**

Buono	Percorsi continui e privi di buche e di disconnessioni.
Accettabile	Presenza sporadica di buche o disconnessioni marginali.
Insufficiente	Presenza di buche o disconnessioni causa di percorsi disagiati.

Tabella 184. Percorsi

- **Panchine e cestini:**

Buono	Panchine e cestini in perfetta condizione.
Accettabile	Presenza marginale e guasti.
Insufficiente	Presenza significativa di guasti che ne impediscono l'uso.

Tabella 185. Panchine e cestini

- **Pulizia:**

Buono	Assenza di spazzatura e di deiezioni di cani.
Accettabile	Presenza marginale di spazzatura e di deiezioni di cani.
Insufficiente	Presenza significativa di spazzatura e di deiezioni di cani.

Tabella 186. Pulizia

8.3.8. Risultati analisi degli indicatori di qualità

Dall'analisi degli indicatori scelti in precedenza si evince una situazione negativa, in quanto mancano tutte le funzioni principali di una qualsiasi area verde attrezzata.

8.4. Il parco urbano: analisi e funzioni

In aree di espansione periurbana razionalmente pianificate, il verde dei parchi può assumere un ruolo di integrazione e sostituzione del sistema agricolo e forestale, diventando oltretutto un elemento di caratterizzazione ambientale e di mitigazione del clima urbano.

Fra l'altro la presenza di ampie zone verdi peri- o infra-urbane, gestite a parco, può consentire l'insediamento e la migrazione di una ricca fauna stanziale e migratoria, contribuendo così ulteriormente al riequilibrio di un ecosistema fortemente sbilanciato verso il degrado quale è in genere quello urbano.

Numerose, e tutte ugualmente importanti, sono le funzioni svolte dal verde urbano:

- **Funzione ecologico - ambientale:** il verde, anche all'interno delle aree urbane, costituisce un fondamentale elemento di presenza ecologica ed ambientale, che contribuisce in modo sostanziale a mitigare gli effetti di degrado e gli impatti prodotti dalla presenza delle edificazioni e dalle attività dell'uomo. Fra l'altro la presenza del verde contribuisce a regolare gli effetti del microclima cittadino attraverso l'aumento dell'evapotraspirazione, regimando così i picchi termici estivi con una sorta di effetto di "condizionamento" naturale dell'aria.

- **Funzione sanitaria:** in certe aree urbane, in particolare vicino agli ospedali, la presenza del verde contribuisce alla creazione di un ambiente che può favorire la convalescenza dei degenti, sia per la presenza di essenze aromatiche e balsamiche, sia per l'effetto di mitigazione del microclima, sia anche per l'effetto psicologico prodotto dalla vista riposante di un'area verde ben curata.

- **Funzione protettiva:** il verde può fornire un importante effetto di protezione e di tutela del territorio in aree degradate o sensibili (argini di fiumi, scarpate, zone con pericolo di frana, ecc.), e viceversa la sua rimozione può in certi casi produrre effetti sensibili di degrado e dissesto territoriale.

- **Funzione sociale e ricreativa:** la presenza di parchi, giardini, viali e piazze alberate o comunque dotate di arredo verde consente di soddisfare un'importante esigenza ricreativa e sociale e di fornire un fondamentale servizio alla collettività, rendendo più vivibile e a dimensione degli uomini e delle famiglie una città. Inoltre la gestione del verde può consentire la formazione di professionalità specifiche e favorire la formazione di posti di lavoro.

- **Funzione igienica:** le aree verdi svolgono una importante funzione psicologica ed umorale per le persone che ne fruiscono, contribuendo al benessere psicologico ed all'equilibrio mentale

- **Funzione culturale e didattica:** la presenza del verde costituisce un elemento di grande importanza dal punto di vista culturale, sia perché può

favorire la conoscenza della botanica e più in generale delle scienze naturali e dell'ambiente presso i cittadini, sia anche per l'importante funzione didattica (in particolare del verde scolastico) per le nuove generazioni. Inoltre i parchi e i giardini storici, così come gli esemplari vegetali di maggiore età o dimensione, costituiscono dei veri e propri monumenti naturali, la cui conservazione e tutela rientrano fra gli obiettivi culturali del nostro consesso sociale.

- **Funzione estetico - architettonica:** anche la funzione estetico - architettonica è rilevante, considerato che la presenza del verde migliora decisamente il paesaggio urbano e rende più gradevole la permanenza in città, per cui diventa fondamentale favorire un'integrazione fra elementi architettonici e verde nell'ambito della progettazione dell'arredo urbano.

Gli spazi verdi di quartiere sono utilizzati prevalentemente dagli abitanti della zona, che utilizzano queste aree con funzione ricreativa, di svago e di incontro. I criteri di progettazione di questi spazi verdi, considerato l'utilizzo generalmente intensivo, a fronte di una modesta estensione, devono essere semplici: alberi, arbusti e zone a prato vanno ubicati in modo da alternare zone d'ombra a zone al sole; devono essere previste aree pavimentate attrezzate per il gioco e la sosta, anche per limitare un eccessivo utilizzo dei prati; le specie da utilizzare devono essere rustiche e non particolarmente vigorose, per consentire una manutenzione ridotta; le barriere architettoniche devono essere eliminate, per consentire il libero movimento anche ai portatori di handicap.

8.5. Riferimenti progettuali

Per la progettazione vera e propria del parco urbano sono stati presi a modello di riferimento alcuni parchi urbani di “nuova generazione”. Osservare e studiare parchi già realizzati ci permette di capire come risolvere alcuni problemi legati alla fase progettuale e ci consente di adottare soluzioni che rispecchino i criteri di funzionalità architettonica.

8.5.1. Parco Portello, Milano

Il parco del Portello è l'area verde all'interno dell'omonimo quartiere residenziale in avanzata costruzione a Milano, sull'area dismessa degli stabilimenti dell'Alfa Romeo degli anni settanta.

Il quartiere occupa una superficie di 370.000 m², a cavallo del viale Renato Serra sopra il quale scorre la strada sopraelevata che, dal ponte della Ghisolfia, raggiunge viale De Gasperi, la direttrice che porta alle autostrade nord. È accanto al viale De Gasperi che si colloca il parco con i suoi 65.000 m² di superficie. Nel Gennaio 2011, del parco stesso erano visibili solo i cocuzzoli delle due alture artificiali che ne formano la principale caratteristica, perché l'intero complesso sarà visibile e percorribile (anche per ragioni di sicurezza) solo dopo l'ultimazione (prevista a metà anno) del sottopasso stradale che ne costituirà l'unico accesso.

Progettualmente, il parco vuole costituire una continuità, anche storica, con quello della Montagnetta di San Siro: le due collinette, assai più piccole, sono state costruite con macerie e terra di scavo e ad essa sono collegate da una passerella. Dei due rilievi, uno ad andamento a doppia esse e in una della concavità ospita un laghetto, un'oasi al riparo dai rumori, l'altra è conica e percorsa da un doppio tracciato a spirale, uno a salire e l'altro a scendere senza incrociarsi: sulla sommità ospita una scultura per ora coperta. La terza parte è un giardino pensato soprattutto per i degenti dell'attiguo Istituto Palazzolo. L'intero parco sorge su un terrapieno di dieci metri d'altezza ottenuto con la costruzione di appositi muri di contenimento.



Fig. 71 Parco Portello, Milano



Fig. 72 Collina del parco

Il parco del Portello è stato scelto come modello di riferimento per ovviare ad alcuni problemi che verranno analizzati più nel dettaglio nei paragrafi successivi.

Camminamenti in quota lungo le scarpate e le collinette insieme ad arbusti e siepi che si diramano lungo le curve di livello realizzate da materiale di riporto ricavato dagli scavi sono solo alcuni dei punti di forza di questo progetto che verranno presi come spunto per la progettazione del parco della Cittadella dell'Edilizia di Como.



Fig. 73 Render parco



Fig. 74 Camminata sul versante della collina

8.5.2. Parco CityLife, Milano

L'expo 2015 che interessa la città di Milano è un'opportunità di grande interesse per il proliferare di numerosi progetti che interessano la città in tutte le sue componenti.

Il parco pubblico è il cuore del progetto CityLife: tanto verde, percorsi ciclabili e pedonali, ampi fronti di contatto diretto con i quartieri circostanti, 2mila nuovi alberi selezionati per garantire continuità con le varietà presenti sul territorio e biodiversità.



Fig.75 Parco CityLife, Milano

Si estende su una superficie di circa 170mila m², un'area paragonabile a 30 campi da calcio. È il terzo parco pubblico del centro di Milano, dopo Parco Sempione e i Giardini Pubblici, e completa la collana dei parchi milanesi del settore nord-ovest della città, attivando così un'efficace rete ecologica.



Fig. 76 Parco CityLife, vista laterale

Nel 2010 è stato indetto un concorso internazionale per la progettazione del parco, con l'obiettivo di farne uno spazio pubblico prestigioso per tutta la città, un parco connettivo e simbolico, fortemente integrato con la città storica al suo intorno.



Fig. 77 Piazza centrale

Si è aggiudicato il concorso il progetto presentato dagli studi Gustafson Porter (Regno Unito) in gruppo con Melk, One Works e Ove Arup, dal titolo "Un parco fra le montagne e la pianura". Il parco introduce intorno alle Tre Torri un microcosmo dove vengono riprodotte insieme le caratteristiche del paesaggio milanese e del suo territorio. Nel centro, la Piazza, il Belvedere, il Giardino delle Farfalle e delle Sculture, vengono collegati da percorsi a rampe dolci e forme scultoree del terreno. I terrazzi dei ristoranti, i caffè e i giardini pergolati possono godere della vista del parco mentre una passerella pedonale scavalca l'avvallamento collegando le Tre Torri con il Centro Congressi Fiera e il 'Raggio Verde'.



Fig. 78 Vista complessiva

A nord, il Giardino delle Prealpi, l'Anfiteatro, l'Area per gli Eventi e i Boschi di pini e querce creano un grande spazio alberato, dando l'opportunità di allestire eventi, festival, concerti, giardini temporanei, mostre e installazioni artistiche. A sud, il Bosco di Faggi, la Piazza dei Fontanili, il Giardino di Pianura, le Piantagioni di Aceri e la Piazza del Mercato creano ambienti che dovrebbero favorire l'interazione sociale, il passeggio e la contemplazione. Ogni elemento contribuisce alla realizzazione di questo nuovo parco eco-sostenibile del XXI secolo, ponendo CityLife nel cuore della città e del territorio. Oltre alle grandi qualità sotto il profilo ambientale e paesaggistico, il parco sarà un ambiente sicuro, grazie all'installazione di un sistema di telecamere collegate direttamente con la vigilanza.

Il Parco verrà realizzato in diverse fasi esecutive. La prima parte, pari a circa 50.000 m² - quella in cui si trovano le Residenze Hadid e Libeskind - sarà completata entro il 2013. L'attenzione riposta nella scelta delle essenze arboree, la scelta di percorsi tra il verde, i materiali come il legno e il rapporto tra edifici e verde sono idee guida alla base del progetto del parco del CityLife e sono punti di forza anche del parco che ci apprestiamo a progettare per la Cittadella dell'Edilizia.



Fig. 79 Vista dalla passerella di legno



Fig. 80 Edifici residenziali

8.6. Interventi sulla morfologia

La problematica derivante dal passaggio del tratto di collegamento della Pedemontana ci ha permesso di intervenire sulla morfologia attuale del contesto. Nello specifico si è cercato di evitare la creazione di aree poco sicure e luoghi di scarso controllo, principalmente sotto il cavalcavia della superstrada, con la realizzazione di scarpate di riempimento. Il materiale di riporto, ricavato dagli scavi per gli edifici della Cittadella, si andrà a compattare sotto la nuova arteria stradale in costruzione, lasciando solamente tre percorsi a tunnel che consentono un collegamento continuo e ininterrotto tra le varie parti del parco.

La scelta di mantenere questa continuità è stata dettata anche dalla volontà di mantenere un effetto di continuazione naturalistica anche per quanto concerne la fauna e la flora del parco che si vuole realizzare.

Lungo le nuove scarpate verranno realizzati dei percorsi di camminamento in quota che affiancano la strada e si diramano all'interno del parco.

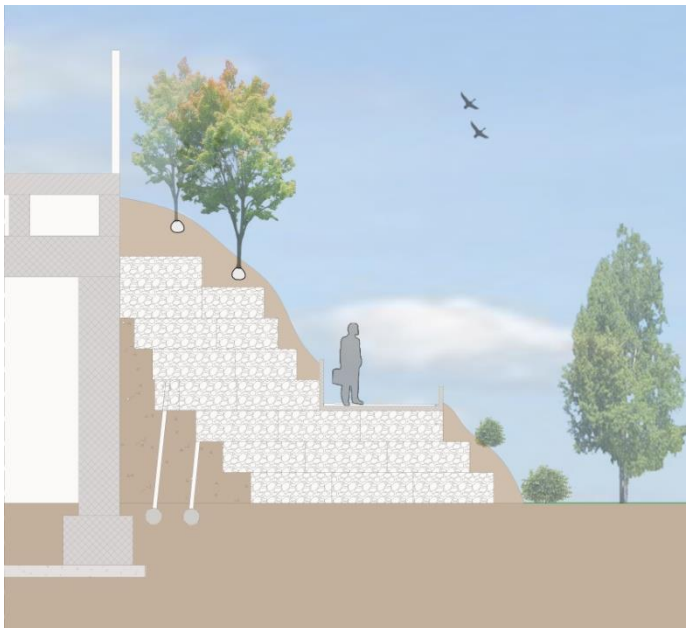


Fig. 81 Intervento sulla morfologia

Nell'ottica di sfruttare tutti i materiali derivanti dalle operazioni di sterro/riporto, sono stati utilizzati sassi e rocce per la realizzazione di "gabbion wall" ricoperti da terriccio sul quale spontaneamente tende a crescere la vegetazione. I gabbioni sono contenitori di rete metallica riempiti da ciottoli e pietre. Opere principalmente di ingegneria civile, presentano la rete metallica a maglia esagonale con filo ritorto per evitare che il cedimento di qualche filo faccia smagliare una parte estesa del gabbione con fuoriuscita di pietrame. Questo tipo di opera è molto funzionale vista la sua adattabilità alla conformazione dei versanti. Inoltre è molto adatto ad essere rinverdito e a favorire la vita di macro e micro invertebrati.

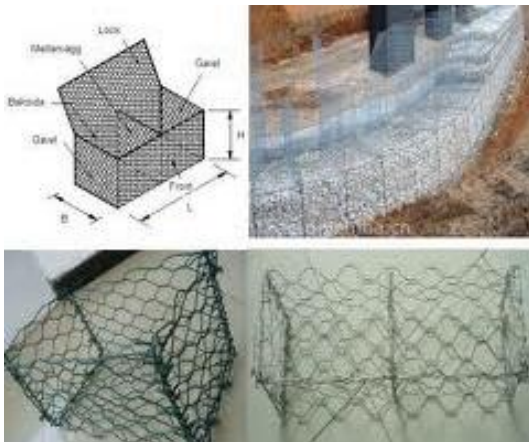


Fig. 82 Esempi di gabbion wall



Fig. 83 Esempio scarpata stradale

La costruzione di gabbion wall non richiede una perizia particolare. L'impatto ambientale è minimo in quanto è possibile realizzarlo col pietrame naturale del luogo.

L'utilizzo di questa tipologia di riempimento favorisce la creazione, in alcuni punti specifici delle scarpate, in prossimità dei campi da gioco, di gradinate naturali per gli spettatori delle partite.

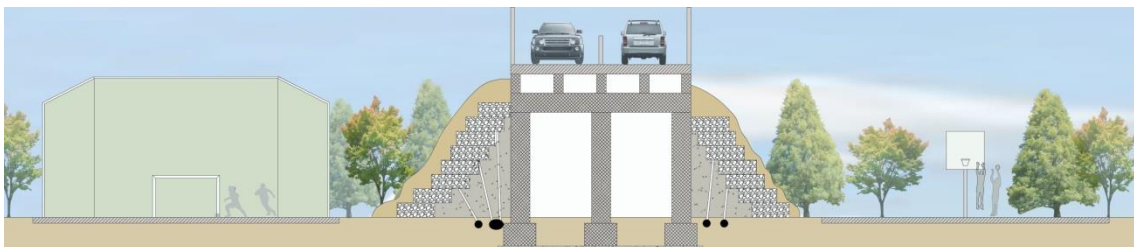


Fig. 84 Sezione struttura Pedemontana

Le nuove curve di livello che si realizzano con la costruzione delle scarpate sono necessarie altresì per conferire ancora di più una visione più naturale al luogo, minacciata dalla realizzazione di un'imponente arteria viaria, e per rendere più uniforme il parco urbano a servizio sia della Cittadella dell'Edilizia che del quartiere di Como Camerlata.

Oltre alla Pedemontana, l'altro elemento di "disturbo" per lo sviluppo del parco è rappresentato dalla ferrovia. L'intenzione in fase progettuale è quella di coprire con una struttura leggera ma resistente, alta quasi 6 metri dal livello della ferrovia, l'intero ingombro della linea ferroviaria per non interrompere l'estensione del parco e per realizzare una barriera visiva ed acustica.

Realizzata con un arco in cemento armato che si appoggia su imponenti murature controterra, la copertura verrà resa praticabile dal riporto di materiale da scavo. La vegetazione presente in superficie sarà scelta in base alle caratteristiche delle radici e delle altezze raggiungibili.

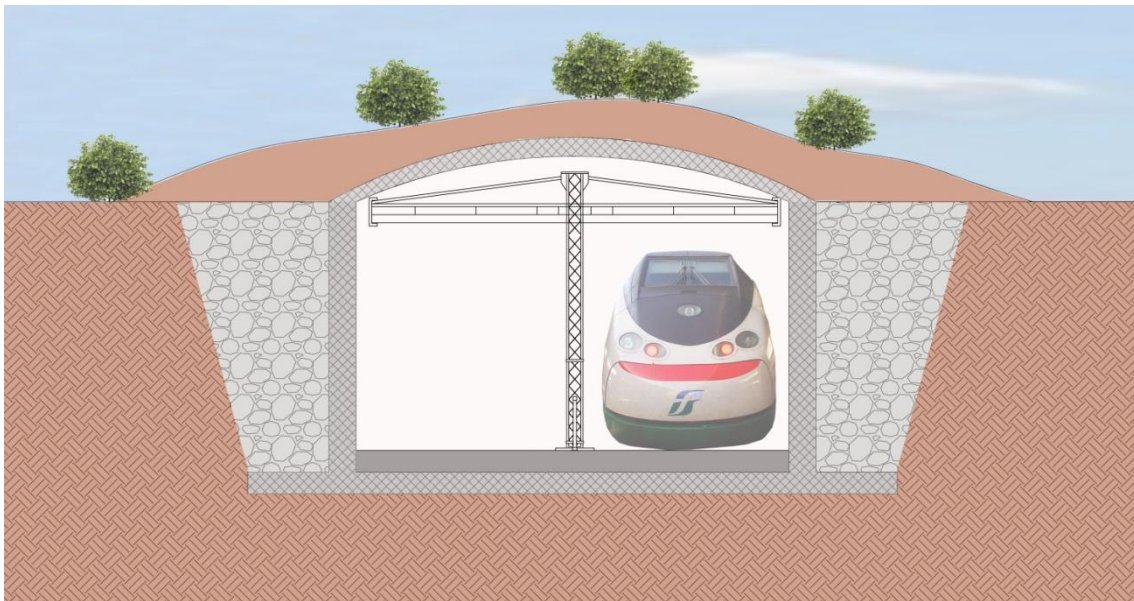


Fig. 85 Sezione copertura ferrovia

8.7. Essenze arboree scelte

Grande attenzione in fase progettuale è stata rivolta alla selezione delle essenze arboree da inserire all'interno del parco urbano. La scelta è stata dettata dalla diversa localizzazione all'interno del parco, dalle funzioni che devono ricoprire, dalla forma della chioma e altezza dell'arbusto e dalle caratteristiche intrinseche della singola essenza arborea. Le tipologie adottate sono specie principalmente molto diffuse nel nord Italia in modo da rafforzare e consolidare il carattere autoctono del parco.

Lo studio sulla scelta delle essenze è stato guidato dalla volontà di analizzare ogni singolo dettaglio dell'arbusto.

8.7.1. Pioppo Bianco

La scelta del Pioppo bianco è stata dettata dalla volontà di voler enfatizzare l'effetto viale sul lato strada, dando maggior risalto e direzionalità all'ingresso pedonale della Cittadella dell'Edilizia. Disposti in filare, sono stati posizionati inoltre nel tratto di ciclabile che collega il centro città al parco della Cittadella.

Il pioppo bianco (*Populus alba*), detto anche gattice o albera, è un albero a foglie caduche della famiglia delle Salicaceae.

È alto fino a 30 metri, con un'ampia chioma arrotondata. Tra le numerose specie e varietà di pioppo questa è la più sana e longeva, anche se raggiunge raramente il centinaio d'anni d'età; esistono, tuttavia, prove documentate di alcuni individui in Parchi storici vissuti eccezionalmente oltre 180 anni.



Fig. 86 Posizione pioppi bianchi nel parco

La sua corteccia grigio chiaro, simile a quella della betulla, rimane per lungo tempo liscia e punteggiata da piccole lenticelle suberose a forma di rombo; invecchiando diviene più scura e solcata longitudinalmente dalla base dell'albero e progressivamente diventa ruvida e molto scura.

Le foglie, sorrette da un picciolo depresso lateralmente lungo fino a 5 centimetri, hanno una forma ovale o rotondeggiante, ma talvolta irregolarmente lobata (4-8 centimetri). La pagina fogliare superiore è lucida, di colore verde scuro, mentre quella inferiore, come gli interi getti giovani, è ricoperta da una fitta peluria biancastra (tomento), da cui il nome comune della pianta.

È una specie centro europea meridionale, nativa della Spagna e del Marocco, il cui areale arriva fino all'Africa settentrionale e all'Asia centrale.



Fig. 87 Esempio pioppo bianco



Fig. 88 Esempio chioma pioppo bianco

Il suo habitat naturale è rappresentato da suoli incoerenti, sciolti limosi - argillosi, che rimangono umidi tutto l'anno ma senza subire regolari inondazioni, dove si associa a specie arboree, quali l'ontano, il frassino, l'olmo e il *Salix alba*. In Italia si trova dalla pianura fino a circa 1.500 m s.l.m. È abbastanza resistente alla salsedine. È più termofilo di altre specie del genere.

I pioppi sono essenziali nell'azione di consolidamento degli argini dei fiumi, in relazione anche all'ampia estensione dell'apparato radicale che si dirama dalla pianta madre per oltre venti metri. Spesso viene piantato artificialmente in filari per l'utilizzo del legname, modificando drasticamente il paesaggio.

Il legno è leggero e viene impiegato nella produzione di cellulosa, compensati, mobili di poco pregio. Alcune tipologie vengono utilizzate a scopi ornamentali nei parchi.

8.7.2. Pioppo Nero

Il pioppo nero (*Populus nigra*) appartiene alla famiglia delle Salicaceae.

Tradizionalmente utilizzati nei viali, i pioppi neri, a differenza di quelli bianchi appena esaminati, presentano una chioma meno folta e all'interno del parco urbano della Cittadella saranno collocati lungo il percorso vitae in prossimità di alcune aree di sosta.



Fig. 89 Posizione pioppi neri nel parco

Originario dell'Europa centro-meridionale e delle regioni asiatiche occidentali, in Italia il Pioppo nero è diffuso ovunque. Può raggiungere e talvolta superare l'altezza di 25-30 m. Si presenta quasi sempre sotto forma arborea. Il tronco si presenta dritto e spesso nodoso, la corteccia è molto scura. E' una pianta a foglia caduca, di tipo semplice, bifacciale, con inserzione alterna. Le foglie si inseriscono tramite un picciolo ungo 3-7 cm. La lamina fogliare è ovato - triangolare con nervatura di tipo penninervio e lunga fino a 8-10 cm. L'apice fogliare è molto appuntito, mentre il margine è seghettato. Il legno è di modesta qualità e ha impieghi simili agli altri pioppi, essendo impiegato soprattutto nell' industria della carta e per produrre carbone vegetale.



Fig. 90 Esempio pioppo nero

8.7.3. Cipresso

Il *Cupressus* è un genere di piante della famiglia Cupressaceae (cipressi in senso ampio) comprendente alberi anche di notevoli dimensioni, alti fino a 50 metri, con chioma generalmente affusolata, piramidale, molto ramificata, e rametti cilindrici con numerosissime foglie.

La posizione del cipresso con le sue caratteristiche è stata pensata lungo il tratto di collegamento della Pedemontana che taglia in due il lotto di progetto. Il fatto che sia un albero sempreverde, dalla chioma molto fitta, permette quindi di mitigare l'imponente impianto viario sia dal punto di vista acustico che visivo.



Fig. 91 Posizione cipressi nel parco

Le sue radici, come quelle di tutti gli alberi, hanno estensione e sviluppo corrispondenti a quelli dei rami; quindi, nel caso del cipresso, scendendo a fuso nella terra in profondità invece che svilupparsi in orizzontale (come per le querce e gli altri alberi a chioma larga), non danno luogo a interferenze con le costruzioni circostanti.

Si tratta di alberi sempreverdi con foglie ridotte a squame, strettamente addossate le une alle altre o divaricate all'apice. In alcune specie, le foglie schiacciate rilasciano un caratteristico odore. Il colore delle foglie è molto scuro nel cipresso diffuso in Italia (*Cupressus sempervirens*), ma in altre specie è più chiaro e persino verdazzurro (*Cupressus arizonica*).

I fiori, poco appariscenti, sono riuniti in infiorescenze unisessuali.

I frutti, detti "galbuli" sono dei coni legnosi, tondeggianti, divisi in un certo numero di squame che si separano a maturità. Il cipresso è una conifera con foglie non aghiformi, sono a forma di piccolissime scaglie; le sue pigne sono globose con squame non embricate.



Fig. 92 Frutti tipici del cipresso



Fig. 93 Esempio cipresso

8.7.4. Castagno

Come barriera per delimitare il parco dagli edifici esistenti residenziali, in prossimità del confine nord-est dell'area di progetto, sono stati scelti i castagni. Grazie alla loro chioma molto fluente e alla bellezza della forma, tale essenza arborea crea una piacevole barriera visiva.



Fig. 94 Posizione castagni nel parco

Il castagno europeo (*Castanea sativa* Miller), in Italia più comunemente chiamato castagno, è un albero a foglie caduche appartenente alla famiglia delle Fagaceae.

La specie è l'unica autoctona del genere *Castanea* presente in Europa, ma negli ultimi decenni è stato sovente introdotto, per motivi fitopatologici, il castagno giapponese (*Castanea crenata*). Le popolazioni presenti in Europa sono perciò principalmente riconducibili a semenzali di castagno europeo o a castagni europei innestati sul giapponese o a ibridi delle due specie.

Il castagno è una delle più importanti essenze forestali dell'Europa meridionale, in quanto ha riscosso, fin dall'antichità, l'interesse dell'uomo per i molteplici utilizzi. Oltre all'interesse intrinseco sotto l'aspetto ecologico, questa specie è stata largamente coltivata, fino ad estenderne l'areale, per la produzione del legname e del frutto. Quest'ultimo, in passato, ha rappresentato un'importante risorsa alimentare per le popolazioni rurali degli ambienti forestali montani e collinari, in quanto le castagne erano utilizzate soprattutto per la produzione di farina.

L'importanza economica del castagno ha attualmente subito un drastico ridimensionamento: la coltura da frutto è oggi limitata alle varietà di particolare pregio e anche la produzione del legname da opera si è marcatamente ridotta. Del tutto marginale, infine, è l'utilizzo delle castagne per la produzione della farina, che ha un impiego secondario nell'industria dolciaria.

Si ritiene che buona parte delle superfici forestali a castagno siano derivate da una rinaturalizzazione di antiche coltivazioni abbandonate nel tempo, mentre la coltivazione si è ridotta alle stazioni più favorevoli, dove è possibile ottenere le migliori caratteristiche merceologiche del prodotto, in particolare il legname.

Il castagno vegeta in un areale circummediterraneo, ad estensione frammentata, che si estende dalla penisola iberica alle regioni del Caucaso prossime al Mar Nero. In Europa, la maggiore estensione si ha nelle regioni occidentali: è diffuso nel centro e nord del Portogallo e nelle regioni settentrionali della Spagna, in gran parte del territorio della Francia, fino ad estendersi nel sud dell'Inghilterra, nel versante tirrenico della penisola italiana e nell'Arco alpino fino ad arrivare alla Slovenia e alla Croazia. Qui l'areale si interrompe per riprendere dalle regioni meridionali della Bosnia e del Montenegro ed estendersi in gran parte dei territori dell'Albania, della Macedonia e della Grecia. Infine riprende dalle regioni occidentali della Turchia per estendersi a quelle settentrionali, lungo il Mar Nero, fino al Caucaso.



Fig. 95 Esempio castagno

8.7.5. Quercia

La Quercia (*Quercus*) è un genere di pianta appartenente alla famiglia delle Fagaceae. Il genere *Quercus* comprende molte specie di alberi spontanei in Italia. In molti casi il portamento è imponente anche se ci sono specie arbustive. Le foglie, alterne, sono talvolta lobate, talvolta dentate e sulla stessa pianta possono avere forme differenti, per la differenza del fogliame giovanile rispetto a quello adulto.



Fig. 96 Posizione querce nel parco

La grande chioma e la maestosità di questa tipologia di albero sono state inserite in alcuni punti strategici del parco per ottenere dei punti di ritrovo attrezzati, con panchine e zone ristoro.

Le querce sono piante monoiche, ovvero la stessa pianta porta sia i fiori maschili che quelli femminili. I fiori maschili sono riuniti in amenti di colore giallo, quelli femminili sono di colore verde. Il frutto è la ghianda, formata da una cupola di squame che circonda la base della noce.

Al genere appartengono circa 450 specie di piante rustiche, a foglie decidue o sempreverdi. Le prime specie di querce comparvero sulla Terra nel periodo Cenozoico. La Quercia è una pianta originaria delle regioni mediterranee sudorientali, dall'Italia fino al Medio Oriente e all'Asia Minore. Pianta tipica dei boschi aridi su suolo calcareo, forma boschi misti con leccio, quercia spinosa e roverella.

Albero alto fino a 15 metri, con chioma espansa verde scuro. Il tronco è diritto e ramificato a non molta distanza da terra in grossi rami tortuosi. La scorza è grigio-brunastra, screpolata e fessurata in piccole placche. I rametti di ultimo ordine sono ricoperti di un fitto tomento grigiastro.



Fig. 97 Esempio quercia

Le foglie permangono sulla pianta fino alla primavera dell'anno successivo; alterne e lunghe fino a 10 cm, hanno un picciolo lungo fino a 4 cm e hanno una lamina ovato - oblunga con margine un po' lobato (3-7 lobi) che terminano in un dente subaristato.

8.7.6. Acero

L'acero è un genere di piante a foglie caduche che appartiene alla famiglia Aceraceae. Comprende oltre 200 specie spontanee o originarie dell'Europa, Cina, Giappone e Nord America. Il nome Acer, in latino "appuntito", è stato usato per primo da Joseph Pitton de Tournefort, in riferimento all'estremità appuntita delle foglie tipiche del genere. Si tratta di alberi e arbusti di altezza da 1 a 30 m; generalmente le foglie decidue hanno 5 lobi. Il frutto è generalmente una coppia di samare.

Le altezze varie delle singole specie permettono di creare più livelli. Per questo motivo gli aceri saranno posizionati sempre seguendo l'asse della Pedemontana, e, insieme ai numerosi cipressi, andranno a formare una barriera non regolare di protezione. Il cambio di colore così netto nelle stagioni fredde permette anche una variazione cromatica piacevole alla vista. Di seguito sono riportate delle immagini sulle diverse variazioni di colore che durante il variare delle stagioni queste essenze possono assumere.



Fig. 98 Posizione aceri nel parco



Fig. 99 Esempi diverse gradazioni di colore degli aceri

8.7.7. Betulla

Betulla è un genere di piante della famiglia delle Betulaceae, genericamente note come betulle. Il genere comprende oltre 40 specie originarie dell'emisfero nordico, in special modo le zone scandinave. Il nome del genere deriva dal celtico betu che significa appunto "albero".

Si tratta di alberi e arbusti a fogliame deciduo che possono raggiungere i 15–30 m di altezza, con foglie variamente formate e sfumate di verde a seconda della specie o varietà. La specie più diffusa è la Betulla pendula, da alcuni autori considerata una sottospecie o varietà di *B. alba* e chiamata volgarmente betulla bianca, betulla pendula o betulla d'argento, e predilige terreni acidi, poveri, sabbiosi o ciottolosi.



Le betulle si caratterizzano per la corteccia bianca argentata, dovuta alla presenza di granuli di betulina; sono dotate di una notevole rusticità, resistendo a condizioni ambientali avverse, quali geli improvvisi e prolungati e lunghi periodi di siccità. Sono piante eliofile e pioniere che rapidamente occupano aree scoperte dopo gli incendi o il taglio. Possono formare boschi puri o presentarsi in gruppi e elementi isolati.

Fig. 100 Esempio betulla



Fig. 101 Posizione betulle nel parco

Come di può notare dal masterplan, le betulle sono state inserite nei pressi del percorso vitae, in prossimità di alcune aree ben definite, come la zona cani o le aree sportive e nella piazza con le sedute cubiche per creare zone di ombra.

8.7.8. Ciliegio

Il ciliegio, chiamato anche ciliegio degli uccelli o ciliegio selvatico, è un albero appartenente alla famiglia delle Rosacee, originario dell'Europa e in alcune zone montane fredde dell'Asia minore. In Italia è presente naturalmente dalle zone alto collinari sino a quelle montuose, talvolta al confine della zona tipica delle latifoglie, presentando una buona resistenza al freddo. Assieme al *Prunus cerasus* esso è una delle due specie di ciliegio selvatico che sono all'origine delle varietà di ciliegio coltivato che produce tipologie di ciliegie che vanno dal graffione bianco piemontese, al Durone nero di Vignola.

Il genere è composto da numerose essenze che è difficile a volte differenziare. Il ciliegio si riconosce senza errore grazie a due o tre nettari situate alla base delle foglie caduche oblunghie, dentate e pubescenti al di sotto. Si tratta di un albero deciduo cresce dai 15 ai 32 m di altezza.



Fig. 102 Esempio ciliegio

Gli alberi giovani mostrano una forte dominanza apicale con un tronco dritto e una corona conica simmetrica, che diviene arrotondata ed irregolare negli alberi più vecchi. Vive circa 100 anni ed è molto esigente di luce.



Fig. 103 Posizione ciliegi nel parco

I ciliegi sono stati posizionati in prossimità delle aree gioco dei bambini. La scelta è stata dettata dalla volontà di rendere più colorata l'area bambini, con la possibilità da parte degli stessi di poter anche usufruire nella stagione estiva dei frutti dell'albero.

8.7.9. Nocciolo

Il nocciolo è una pianta appartenente alla famiglia delle Betulaceae. Il nome del genere deriva dal greco *kopis* = elmo, oppure da *kurl*, il nome celtico della pianta, mentre l'epiteto specifico deriva da Avella, città avellinese famosa fin dall'antichità per la bontà delle sue nocciole.

La pianta ha portamento a cespuglio o ad albero e raggiunge l'altezza di 5-7 m. Ha foglie decidue, semplici, cuoriforme a margine dentato. È una specie monoica dicline. Le infiorescenze sono unisessuali. Le maschili in amenti penduli che si formano in autunno, le femminili somigliano ad una gemma di piccole dimensioni.



Fig. 104 Esempio nocciolo

Il frutto (la ben nota nocciola o nocciolina) è avvolto da brattee da cui si libera a maturazione e cade. Esso è commestibile ed è ricco di un olio, usato sia nell'alimentazione che nell'industria dei colori e in profumeria.



Fig. 105 Posizione noccioli nel parco

I noccioli, data la loro scarsa altezza e la limitata estensione in profondità delle radici, sono stati collocati in svariate zone del parco: ad esempio sulla copertura della ferrovia e in prossimità delle aree di sosta e aree bambini.

8.7.10. Prunus

Il Prunus è l'unico genere della sottofamiglia delle Prunoidee, famiglia delle Rosaceae.

Comprende oltre 200 specie, originarie delle zone temperate dell'emisfero settentrionale, arboree e arbustive a fogliame persistente o deciduo, alte fino a 6 m, solitamente con fruttificazione edule e fioriture delicate.

Le specie spontanee in Italia sono 16, tra cui citiamo il *P. cocomilia* diffuso nell'Italia meridionale e Sicilia, a fiori bianchi, il *P. mahaleb* noto col nome di ciliegio canino e il *Prunus spinosa*, noto anche come prugnolo, spontaneo in tutt'Italia.



Fig. 106 Posizione prunus nel parco

Nella varietà di specie arboree presenti nel parco, i Prunus si inseriscono come essenze caratteristiche per la loro chioma a volte colorata e variopinta. Sono collocati nelle aree gioco per i bambini per creare un contorno più "colorito" tipico degli spazi gioco.



Fig. 107 Esempi prunus

8.7.11. Siepi e arbusti



Fig. 108 Posizione siepi ed arbusti nel parco

Le siepi sono costituite da filari di piante, spesso sempreverdi, coltivate per svolgere alcune particolari funzioni; si utilizzano come linea di demarcazione di un confine, come protezione di particolari aree di un giardino, come riparo dal vento o dai rumori, come ombreggianti. Spesso vengono utilizzate piante sempreverdi, poiché, mantenendo le foglie per tutto l'arco dell'anno, svolgono funzioni protettive anche durante i mesi invernali; molte siepi sono comunque costituite anche da piante a foglia caduca, o spesso anche da piante da fiore.

La gran parte degli arbusti e dei piccoli alberi coltivati in giardino sono adatti a formare una siepe, è però bene scegliere in maniera oculata l'essenza da utilizzare, a seconda delle esigenze per cui si desidera porre in atto la siepe stessa.

Generalmente le siepi si compongono di piante della stessa specie e della stessa varietà, quasi a comporre un "parete" vegetale compatta ed uniforme; per rendere più piacevole alla vista la siepe è anche possibile utilizzare piante dello stesso genere, ad esempio tutte sempreverdi, ma di specie o varietà diverse, in modo da creare un'alternanza nel colore delle foglie o dei fiori, che rende la siepe più decorativa.

Nel caso in esame si è scelta una siepe che ripari dal vento e dal rumore e che rimanga folta e densa per tutto l'arco dell'anno. La gran parte delle siepi è di questo tipo, e per questo scopo vengono utilizzate piante di facile coltivazione e con poche esigenze.

Inoltre alcune siepi sono state inserite nella piazza in prossimità della collinetta verde che funge da copertura del parcheggio, disposte in maniera tale da riprendere le geometrie della stessa, come una sorta di continuazione della copertura sul terreno circostante.

Gli arbusti, invece, caratteristiche essenze arboree con rami molto vicini al terreno, sono stati collocati lungo le curve di livello per andare ad individuare la nuova morfologia del terreno creata sia per le scarpate intorno alla Pedemontana che per le coperture della ferrovia.



Fig. 109 Esempi siepi lungo versanti

8.8. Pavimentazione

La pavimentazione della piazza è stata studiata con colori, inclinazioni e materiali che svolgessero un ruolo simbolico ma al contempo esteticamente efficiente. Il materiale predominante è la pietra di Luserna, una pietra di colore grigio con spacco in cava. La colorazione in scala di grigio, dal molto chiaro allo scuro, identifica varie zone all'interno della piazza centrale, a seconda se ci si trovi in prossimità del parco urbano o nei pressi degli edifici. L'orientamento delle lastre di pietra presenta diverse inclinazioni per creare un gioco estetico piacevole per chi sta passeggiando nella piazza centrale.

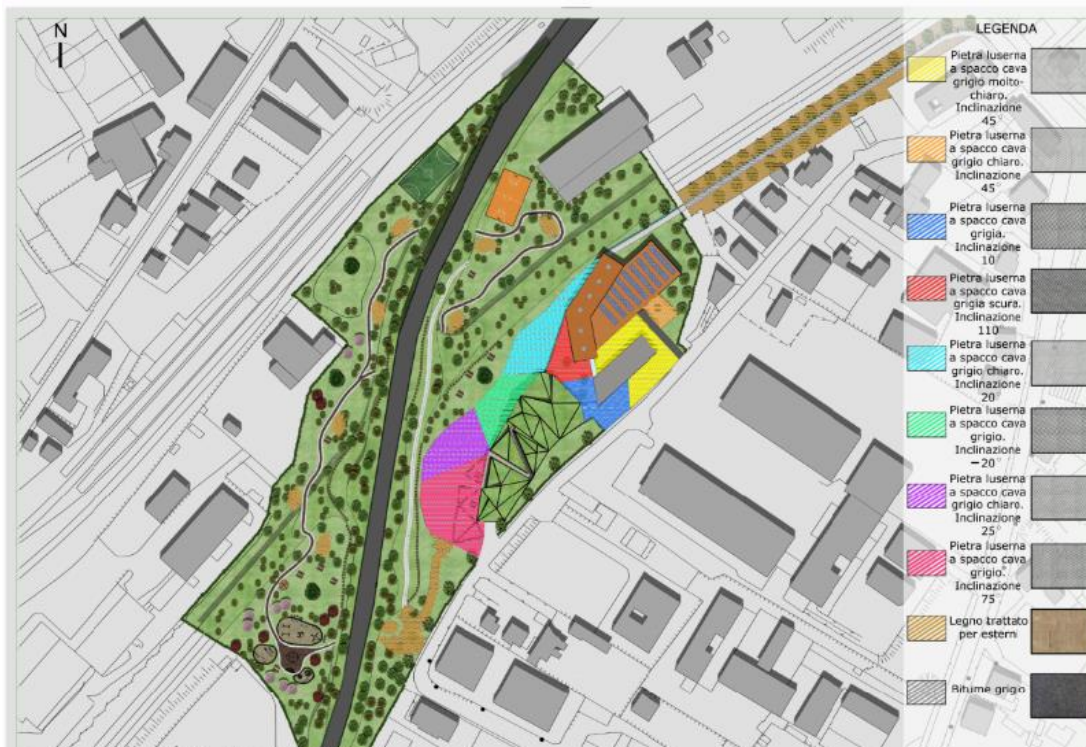


Fig. 110 Tipologia inclinazioni della pavimentazione utilizzato

La pavimentazione dei sentieri del parco e delle aree di sosta è stata studiata in modo tale da non andare ad intaccare con materiali particolarmente invasivi la naturalità del parco. Si è preferito l'utilizzo di percorsi in listelli di legno non regolari miste a zone di verde e sterrato. Il percorso vitae sarà delimitato da dei cordoli in pietra di Trani bianca che fungono da elementi di delimitazione del circuito.

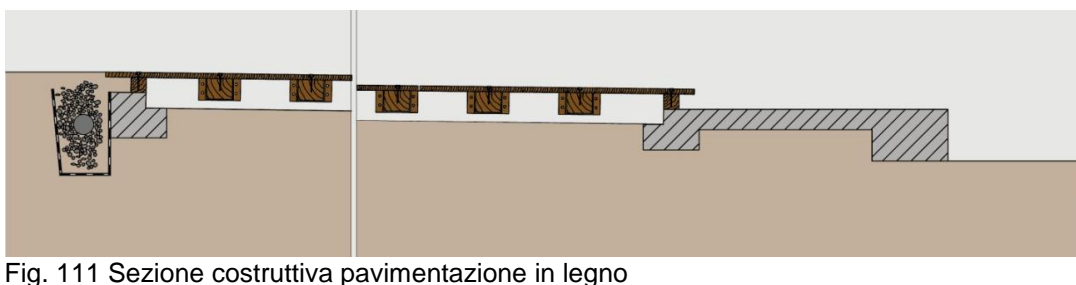


Fig. 111 Sezione costruttiva pavimentazione in legno

8.8.1. La pietra di Luserna

La pietra di Luserna è una roccia metamorfica scistosa appartenente al gruppo degli gneiss. Viene estratta da cave ubicate nelle Prealpi Cozie del Piemonte centro-occidentale, tra la Valle Pellice e la Valle del Po, nei territori dei Comuni di Luserna, San Giovanni e Barge, per i quali ha sempre rappresentato un'importante risorsa economica. Il suo impiego è molto antico e caratterizza tuttora la tipologia costruttiva degli edifici e l'arredo urbano delle aree di origine e dell'intero Piemonte.

Dati Tecnici

Tipo di pietra: gneiss/beola

Finitura: levigato, non trattato

Verso di taglio: segato al verso

Paese d'origine: Italia

Uniformità: alta

Applicazione: interno/esterno

Peso volumetrico: 2615 Kg/m³

Resistenza a compressione: 1662 Kg/cm²

Resistenza a flessione: 218 Kg/cm²

Resistenza ad abrasione: 0.88 mm

Coefficiente di dilatazione termica: 0.0037 mm/m°C

La facies più caratteristica della Pietra di Luserna è un gneiss a regolari occhi feldspatici allungati, di dimensioni millimetriche, che gli conferiscono una struttura a tendenza occhiadina. E' composto principalmente da feldspato (30-50%), quarzo (30-40%) e mica bianca e verdastra (10-20%), cui si deve il caratteristico colore grigio chiaro tendente al verdognolo. La tessitura della roccia è piano scistosa, per la presenza di sottili letti di mica bianca fengitica disorientata, e la struttura è a tendenza porfiroblastica, anche se variabile da zona a zona.

La sua altezza anche in spessori fini la rende disponibile per utilizzi interni ed esterni mentre la sua luminosità la rende perfetta per rivestimenti, pavimentazioni, scalini, davanzali, modiglioni e arredi da giardino.



Fig. 112 Applicazione pietra di Luserna per esterni



Fig. 113 Particolare colore e fuga pietra di Luserna

8.8.2. Pietra di Trani

La pietra di Trani è una roccia carbonatica estratta in Puglia in area murgiana, da cave situate nei pressi della città che le dà il nome.

Chimicamente è composta da carbonato di calcio (CaCO_3) dolomitizzata; è costituita da un insieme di peloidi micritici leggermente torbidi, cementati da micrite e microsparite più limpida è rappresentata da una facies di piattaforma e scogliera di età cretacea. I cristalli sono euedrali romboedrici e sono dispersi nella compagine rocciosa. Questa pietra non è stata usata solo per costruzioni ed opere d'arte locali come la Cattedrale di Trani: ad esempio, è stata impiegata per il monumento, di Cesare Bazzani, innalzato per celebrare la Vittoria della Prima Guerra Mondiale nell'omonimo piazzale della città di Forlì, o per la Casa del Fascio (Como).

I Cordoli, cordoni o cigli in Pietra di Trani, sono tra i materiali in pietra più diffusi in tutto il mondo per bordatura marciapiedi o delimitazioni di aree esterne. Tagliati direttamente dai blocchi di Pietra possono essere smussati e bocciardati (antiscivolo).

Dati tecnici:

Tipo di pietra: calcare a grana fine

Finitura: levigato, bocciardati

Paese d'origine: Italia

Uniformità: alta

Applicazione: esterno

Resistenza a compressione: 194 Kg/cm²

Resistenza a flessione: 19.7 Kg/cm²

Coefficiente di dilatazione termica: 4.7 K⁻¹



Fig. 114 Utilizzo pietra di Trani



Fig. 115 Bancali pietra di Trani

8.9. Arredo urbano

Nella progettazione di un parco urbano un ruolo importante viene ricoperto dall'arredo. La scelta di panchine, tavoli e illuminazione risulta essere un punto di particolare interesse per la perfetta riuscita funzionale dell'intera area.

La progettazione di uno spazio verde quindi non può prescindere da uno studio approfondito e dettagliato delle varie componenti che si inseriscono all'interno del parco, dal semplice cestino per i rifiuti all'area pic-nic attrezzata di tavoli e gazebo.

L'intenzione in fase progettuale è stata quella di andare ad inserire elementi di arredo urbano che fossero accessori di design moderno in linea con la Cittadella dell'Edilizia di nuova costruzione ma al contempo che non andassero ad "invadere" in maniera eccessiva il verde del parco.

Da qui l'idea di utilizzare arredo urbano della linea minimal, molto utilizzato nelle realizzazioni di parchi e waterfront di recente progettazione. Le realizzazioni della linea minimal risultano essere facilmente integrabili nel verde e poco invasivi.

8.9.1. Lampioni

La tipologia di illuminazione è stata scelta in quanto ritenuta particolarmente adatta per l'illuminazione di parchi, piste ciclabili, aree pedonali, parcheggi, contesti urbani e giardini residenziali.

Non può mancare nel panorama dei lampioni da giardino, l'intervento dello stile minimale, essenziale e pulito: questi lampioni s'integrano nello spazio, nella natura, nel contesto quasi sparendo, ma sempre mantenendo un occhio allo stile e all'eleganza.

Linee rette e semplici, forme chiare, percepibili a prima vista, per un design senza fine. Un elemento retto, verticale, squadrato, di cui a fatica se ne percepisce la funzione, quasi una scultura di arte moderna, nel panorama naturale dello spazio esterno.

Corpo di sezione rettangolare che si conclude con una piega retta per orientare la luce, in alto o in basso.

Dati Tecnici:

Numero LED: 12

Tensione di Funzionamento: 24 Vac/Vdc

Potenza: 19 Watt

Flusso Luminoso: 1500 lm

Efficienza: 79 lm/w

Temperatura Colore: 4000/5500 K

LifeTime: 60000 h

Altezza: 4175 mm



Fig. 116 Lampioni a LED

8.9.2. Panchine Piazza

Per la piazza centrale, cuore del campus, sono state scelte panchine con un'eccellente design alla moda, adatte per esterni.

Le caratteristiche principali si possono riassumere in una elevata impermeabilità del legno che permette di resistere all'umidità che provoca marciume, gonfiore e deformabilità dei pezzi in legno.

La struttura richiama le forme naturali e permette una personalizzazione delle forme e delle composizioni delle sedute.

Dati tecnici:

Materiale: legno e ghisa per le gambe

Dimensioni: varie a seconda delle esigenze

Viti: acciaio inox



Fig. 117 Panchine piazza

8.9.3. Panchine Parco

Le panchine sparse lungo i viali del parco e nelle aree di sosta sono realizzate con doghe in legno esotico duro verniciate flangiate. Le panchine sono costituite da fianchi, flange di fissaggio a terra e piatti di rinforzo in lamiera di acciaio. Seduta e schienale asportabili separatamente in legno duro esotico o Pino, con doghe a sezione rettangolare e spigoli arrotondati.

La scelta di questa tipologia di panchine, caratterizzate da una linea minimalista, è stata dettata dalla possibilità di integrare questi elementi di arredo con ogni tipologia di contesto, dai centri storici ai parchi.

Dati Tecnici:

Dimensioni d'ingombro: 1925x710x760h mm

Peso indicativo: 43 Kg (legno esotico), 39 Kg (pino)



Fig. 118 Panchine standard parco

8.9.4. Panchine Querce

Le panchine modulari sistemate intorno alle querce sono realizzate in acciaio inox e doghe in legno esotico duro. Il sistema prevede uno schema modulare con o senza schienale, da due o tre posti, collegate mediante seduta/sostegno che, fungendo da perno, permettono all'insieme di adeguarsi allo spazio assumendo conformazioni variabili di inclinazioni.

Sostegno in tubo di acciaio inox con flangia inferiore in lamiera di acciaio inox per il fissaggio a terra. Le sedute e gli schienali verranno realizzate in legno esotico duro con bordi in tubo d'acciaio inox e fianchi in lamiera d'acciaio inox tagliati a laser. I piani di seduta sono fissati ai sostegni circolari con staffe sagomate mediante bulloneria e ferramenta adeguati.

Dati Tecnici:

Dimensioni d'ingombro: Ø450 mm, 430h mm

Peso indicativo: 19 Kg

Larghezza: 630 mm

Lunghezza: 1676 mm

Altezza: 485 mm



Fig. 119 Panchine quercia



Fig. 120 Dettaglio panchina

8.9.5. Tavoli pic-nic

La linea minimalista ma funzionale continua anche nella scelta dei tavoli, di diverse grandezze, posizionati nelle aree ristoro e pic-nic.

Il tavolo con doghe in pino verniciate e flangiate con annesse panchine del medesimo materiale vengono ritenute pienamente funzionali allo scopo prefissato, perfettamente integrabile al contesto di un parco urbano. La base flangiata verrà ancorata al terreno, dopo un accurato controllo della superficie scelta per il fissaggio.

Dati Tecnici:

Larghezza: 1560 mm

Lunghezza: 2090 mm

Altezza: 783 mm

Peso: 88 Kg



Fig. 121 Tavole e panchine zona pic-nic

8.9.6. Cubotti di seduta

All'interno della piazza pavimentata in listelli di legno sono presenti dei cubotti metallici che fungono da sedute sparse in maniera irregolare.

Le dimensioni delle sedute sono state studiate in maniera tale da inserirsi in modulo con la pavimentazione per restituire una fisionomia diversa all'intera piazza.

I cubotti si inseriscono pienamente nell'idea di minimalismo, rappresentando al contempo elementi utili ed essenziali. Il dettaglio costruttivo³⁹ evidenzia la modalità di aggancio del cubotto in alluminio nel terreno.

Nella pavimentazione in legno che racchiude i cubotti sono stati inoltre inserite delle betulle per creare delle zone di ombra.

Dati Tecnici:

Dimensioni: 50x50 cm

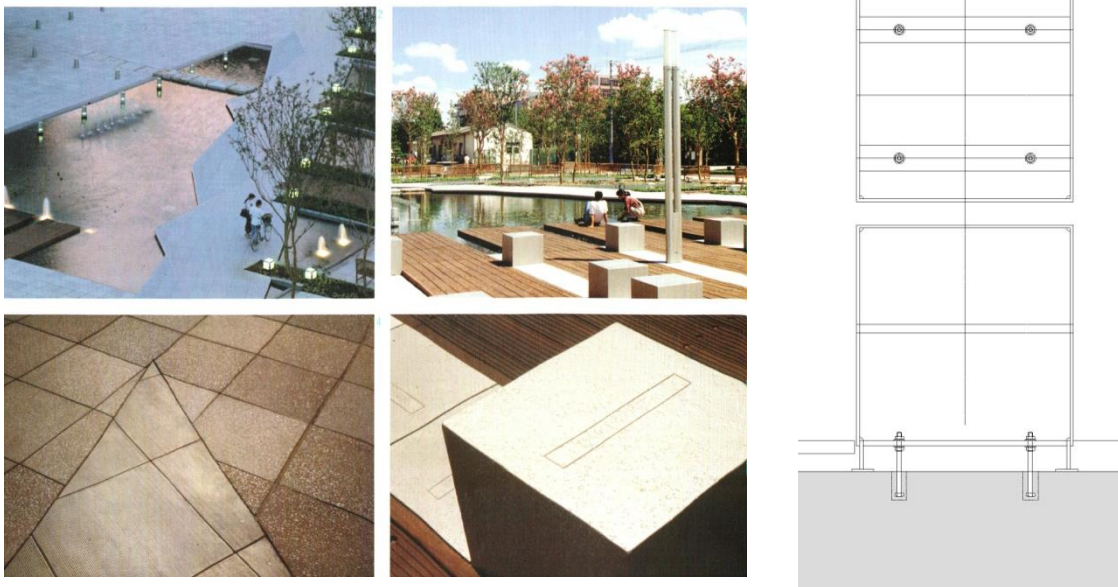


Fig. 122 Dettagli e applicazione di cubotti di seduta metallici

³⁹ Dettaglio costruttivo tratto da: McLeod, Detail in Contemporary Landscape Architecture, L. King, 2008.

8.9.7. Portabiciclette

Il portabiciclette della linea minimale è caratterizzato da un segno neutro che permette un perfetto inserimento nei contesti urbani e nei parchi naturali.

Con forma rettilinea piana, con base di appoggio in profilo a U serie speciale, gli archetti curvati in tornino saldati sulla base di appoggio nella parte interna in modo che le saldature non siano in vista. Sulla piastra di base sono ricavate le forature per il fissaggio a terra e il livellamento. Tutte le parti metalliche sono zincate a caldo secondo normative UNI EN ISO 1461 e verniciate a polveri poliesteri termoindurenti.

Dati Tecnici:

Dimensioni: 2000x400x210h mm

Peso: 35 Kg



Fig. 123 Dettaglio ed applicazione portabiciclette

8.9.8. Chiosco ristoro

La zona ristoro del parco urbano è attrezzata con un gazebo con struttura in acciaio zincato e verniciato. Il chiosco può essere utilizzato da lavoratori, studenti e residenti soprattutto nelle stagioni calde come punto di ristoro.

Il chiosco bar è una tipologia di chiosco che possiamo trovare più facilmente in aree come quelle dei parchi, dentro i quali costituiscono un eccellente punto di ristoro particolarmente per ciò che concerne l'estate, soprattutto per i bambini.



Fig. 124 Chiosco per area ristoro

8.9.9. Fioriere

Le fioriere rettangolari sono realizzate in acciaio zincato, ripiegate superiormente sui bordi con basamento formato da profili a U su cui sono ricavati le forature per il fissaggio a terra e il livellamento. E' provvista lateralmente di fori per l'attacco di golfari per permettere il sollevamento e lo spostamento della stessa. Tutte le parti metalliche sono zincate a caldo secondo normative UNI EN ISO 1461 e verniciate a polveri poliesteri termoindurenti.

Dati Tecnici:

Dimensioni del modulo: 1000x400x400h mm

Peso: 29 Kg



Fig. 125 Dettagli e applicazioni fioriere ed aiuole

8.9.10. Cestino rifiuti

I cestini scelti per la raccolta differenziata è costituita da tre contenitori di elevata capienza (circa 60 litri cadauno) con corpo realizzato in lamiera di acciaio zincata a caldo, tagliata al laser e presso piegata, fondello e coperchio in lamiera di acciaio zincata a caldo. Ogni contenitore è previsto di ferma sacco in tondini fissato tramite una cerniera al corpo per permetterne la rotazione verso l'esterno. Questo consente all'operatore di estrarre con facilità anche i sacchetti particolarmente pieni.

Sulla sommità della colonna è posizionato il posacenere, realizzato interamente in acciaio inox. Tutte le parti metalliche sono verniciate a polveri poliesteri termoindurenti.

Dati Tecnici:

Dimensioni d'ingombro: 615x630x1145h mm

Peso: Kg 90



Fig. 126 Cestini portarifiuti per raccolta differenziata

8.9.11. Pilastrini fotovoltaici

Il legno viene ripreso anche da passaggi pedonali particolari, segnalati da pilastrini in legno di diverse inclinazioni ed altezze, caratterizzati dalla presenza in cima di pannelli fotovoltaici.

L'idea, tratta dal Workshop Bois Lab, permette allo stesso tempo di coniugare la bellezza e la naturalezza del materiale legno con l'efficienza e la tecnologia del risparmio energetico dei pannelli solari.

L'energia ricavata consente inoltre una limitazione dei costi per i consumi energetici per l'illuminazione artificiale dei percorsi del parco.

La particolare forma e il materiale naturale permettono ai pilastrini fotovoltaici di inserirsi nel contesto del parco in perfetta sintonia con la realtà naturale, senza creare disturbo o impatto visivo.

La collocazione di tali elementi è prossima ai passaggi pedonali transpedemontana, il tutto in armonia con l'idea del percorso a tunnel



Fig. 127 Passaggio pedonale tra pilastrini fotovoltaici

8.10. Pista ciclabile

Gli itinerari ciclabili s'identificano con i percorsi stradali utilizzabili dai ciclisti, sia in sede riservata o con veicoli a motore. Le finalità ed i criteri da considerare a livello generale di pianificazione di un itinerario ciclabile sono:

- a) favorire e promuovere la mobilità ciclistica e pedonale, alternativa all'uso dei veicoli a motore nelle aree urbane;
- b) valutare la redditività dell'investimento con riferimento all'utenza reale e potenziale ed in relazione all'obiettivo di ridurre il rischio di incidenti ed i livelli di inquinamento atmosferico ed acustico.

Uniformare ed integrare il parco urbano con il contesto esistente è un obiettivo chiaro e preciso nello sviluppo progettuale. Fornire il parco di una rete di piste ciclabili è un modo efficace per poter creare un collegamento diretto tra i tratti di circuito ciclopedonale esistente che si trovano nel comune di Como e il parco oggetto di studio.

La progettazione del percorso si dirama dal tratto esistente sino ad arrivare, attraversando il parco, ad una delle arterie principali per la viabilità del quartiere Camerlata. La realizzazione di questa ulteriore funzione, oltre a rendere ancora più completo il parco, permette anche alla Cittadella dell'edilizia di essere facilmente raggiungibile dal centro città senza l'utilizzo di veicoli a motore o mezzi di trasporto pubblici.



Fig. 128 Area di collegamento pista ciclabile

8.10.1. Normativa vigente e dimensioni standard

Dal punto di vista normativo, la progettazione e lo sviluppo delle piste ciclabili è regolamentata dalla legge n° 208 del 28 Giugno 1991 e dal Decreto Ministeriale n° 557 del 30 Novembre 1999. La regolamentazione segue nel dettaglio ogni aspetto della progettazione, sia dal punto di vista dimensionale che dal punto di vista del materiale.

Le caratteristiche geometriche e plano-altimetriche delle piste ciclabili sono desumibili dalla già citata Legge n. 208/91 la quale distingue innanzitutto tra piste in sede propria - fisicamente separate da quelle per i veicoli a motore ed i pedoni tramite idonei spartitraffico longitudinali rialzati - e piste in sede riservata qualora l'elemento di separazione sia valicabile e costituito da una striscia di demarcazione longitudinale. Nella prima tipologia possono rientrare anche le piste completamente indipendenti dal normale tracciato stradale. Le prime possono essere sia ad unico che a doppio senso di marcia, mentre le seconde possono essere esclusivamente ad unico senso concorde a quello della contigua corsia per i veicoli.

La larghezza standard di una corsia ciclabile è di 1,50 m. per unico senso di marcia (per tenere conto sia degli ingombri di ciclista e bicicletta sia dello spazio per l'equilibrio e di un accettabile franco libero) riducibile a 1,25 m. nel caso di due corsie contigue. Eccezionalmente e per tratti molto limitati la larghezza può essere ridotta a 1,00 m. per le piste in sede propria o per quelle in sede riservata ubicate su strade pedonali o su marciapiedi.

La larghezza dello spartitraffico invalicabile tra una pista in sede propria ed una strada a scorrimento non deve essere inferiore a 70 cm. per consentire anche l'apposizione degli opportuni cartelli stradali. Per le piste su corsia riservata la segnaletica orizzontale di margine, eventualmente maggiorata, assume il significato di spartitraffico invalicabile.

La velocità di progetto, a cui correlare in particolare le distanze di arresto e quindi le lunghezze libere di visuale, va definita tronco per tronco tenendo conto che i ciclisti in pianura marciano ad una velocità media di 20-25 km/h e che in discesa con pendenza del 5% possono raggiungere i 40 km/h.

La pendenza longitudinale è in genere quella della strada contigua. Nel caso di piste con percorsi indipendenti da altre strade, tale pendenza non deve in genere superare il 5% (ad eccezione delle rampe per gli attraversamenti ciclabili che possono raggiungere il 10%) con una pendenza media dell'intera pista che non deve superare il 2%. Tali indicazioni servono anche a verificare la fattibilità di piste adiacenti a percorsi viari esistenti.

La L. 208/91 fornisce inoltre indicazioni sui raggi di curvatura orizzontale di piste da realizzare ex novo ed indipendenti da altre strade.

Per gli attraversamenti delle carreggiate stradali in genere i ciclisti devono uniformarsi al comportamento dei pedoni. Per gli attraversamenti a raso su intersezioni ad uso promiscuo con i veicoli a motore ed i pedoni, le piste ciclabili su corsia riservata debbono in genere affiancarsi al lato interno degli attraversamenti pedonali, in modo tale da istituire per i ciclisti la circolazione a rotatoria con senso unico antiorario. Per gli attraversamenti a livelli sfalsati riservati ai ciclisti va in genere preferita la soluzione in sottopasso con le pendenze massime già indicate.

8.10.2. Segnaletica

Fondamentale risulta l'apposizione della segnaletica sia orizzontale sia verticale prevista dal vigente Codice della Strada, posta in condizioni di buona visibilità senza che essa costituisca pericolo per gli utenti. Ad ogni inizio e fine del percorso ciclabile e ad ogni incrocio con altre strade si devono installare i segnali verticali di identificazione della pista, integrati da linee di demarcazione e da eventuali simboli ripetuti sulla pavimentazione.

Nel caso di piste in sede riservata, occorre apporre, di fianco alla striscia bianca di bordo che delimita la carreggiata stradale, una striscia continua gialla di larghezza maggiorata pari a 30 cm. con il simbolo della bicicletta anch'esso in giallo ripetuto periodicamente lungo la pista.

Nei tratti ove il traffico automobilistico è molto intenso e non è possibile realizzare piste in sede propria, oltre alla succitata segnaletica è possibile ricorrere a dissuasori di tipo meccanico, quali "occhi di gatto", cordoli in gomma, etc. In corrispondenza degli incroci inoltre è sempre bene apporre sulla pavimentazione il simbolo di "dare la precedenza" lasciando sempre questa ai veicoli per evitare pericoli nel caso contrario. In corrispondenza di incroci con semaforo sarebbe opportuno installare lanterne semaforiche per biciclette per evitare confusioni con quelle per i pedoni.

8.10.3. Pavimentazione: tipologie e materiali

Per quanto riguarda la tipologia della pavimentazione, questa deve innanzitutto garantire condizioni di agevole transito ai ciclisti evitando l'uso di griglie per la raccolta di acque meteoriche con elementi tali da rendere difficoltoso il transito delle biciclette.

Dal punto di vista tipologico, nel caso di piste in sede riservata si ricorrerà generalmente a pavimentazioni bituminose analoghe a quelle delle strade adiacenti eventualmente con l'aggiunta di additivi colorati per rendere ulteriormente visibile la pista stessa.

Nel caso invece di piste in sede propria, la scelta può essere molto ampia e varia da caso a caso. Per esempio per piste su tratturi di campagna preesistenti, si può ricorrere a trattamenti bituminosi a penetrazione, oppure a trattamenti "in bianco": stesa di bitume e successiva stesa di ghiaietto anche colorato (porfidi, basalti, graniglie). Nel caso di percorsi in centri abitati, si può ricorrere invece a pavimentazioni in elementi cementizi autobloccanti, oppure in porfido o ancora in cls con trattamenti superficiali di irruvidimento.

Il conglomerato a caldo, confezionato con un legante neutro tipo Resina LT, permette di ottenere una pavimentazione dall'aspetto naturale e architettonico e un elevato valore ambientale adatto a strade urbane, zone pedonali, marciapiedi, strade private, piste ciclabili, parcheggi e strade in aree di parco.

Tale colorazione migliora la sicurezza del traffico in zone a rischio (per esempio nelle aree di sosta, agli incroci, sulle corsie di emergenze, ecc) e la visibilità della superficie stradale. Nel dettaglio, l'uso di inerti pregiati e colorati permette di ottenere pavimentazioni naturali aventi elevata aderenza, sicurezza e durata, mentre l'uso di pigmenti permette una colorazione in massa della pavimentazione, ottenendo così colori brillanti quali rosso, giallo, verde e bianco. Tali pavimentazioni sono usate sempre più frequentemente per centri storici, piazze, piazzali di centri commerciali, parcheggi e soprattutto piste ciclabili al posto di asfalti tradizionali autobloccanti.

Il tappeto con leganti neutri viene confezionato a caldo in adeguati impianti di conglomerato bituminoso posto in opera con vibro finitrici e compattato con rulli. La quantità di legante trasparente sul peso totale degli inerti è compresa tra il 5-6% in relazione alla curva granulometrica utilizzata. Il materiale è facilmente lavorabile sia per finiture a mano sia per lavorazione con finitrici. E' inoltre possibile definire diverse tipologie di curve e di granulometrie al fine di realizzare pavimentazioni parzialmente porose/drenanti o con inerti con pezzature medio grosse per particolari effetti estetici.

Il colore utilizzato per la pavimentazione, nel nostro caso, è il grigio, cioè un tappeto di usura colorato a caldo con bitume e pigmenti aventi elevata stabilità alla luce e al calore.

La scelta è caduta su questa tipologia in quanto permette una chiara segnaletica orizzontale che contraddistingue la pista ciclabile dalle corsie di marcia adiacenti o da inizio o fine della stessa e riprende in maniera netta la colorazione adottata per la piazza centrale del progetto.



Fig. 129 Pista ciclabile tipo



Fig. 130 Segnaletica orizzontale

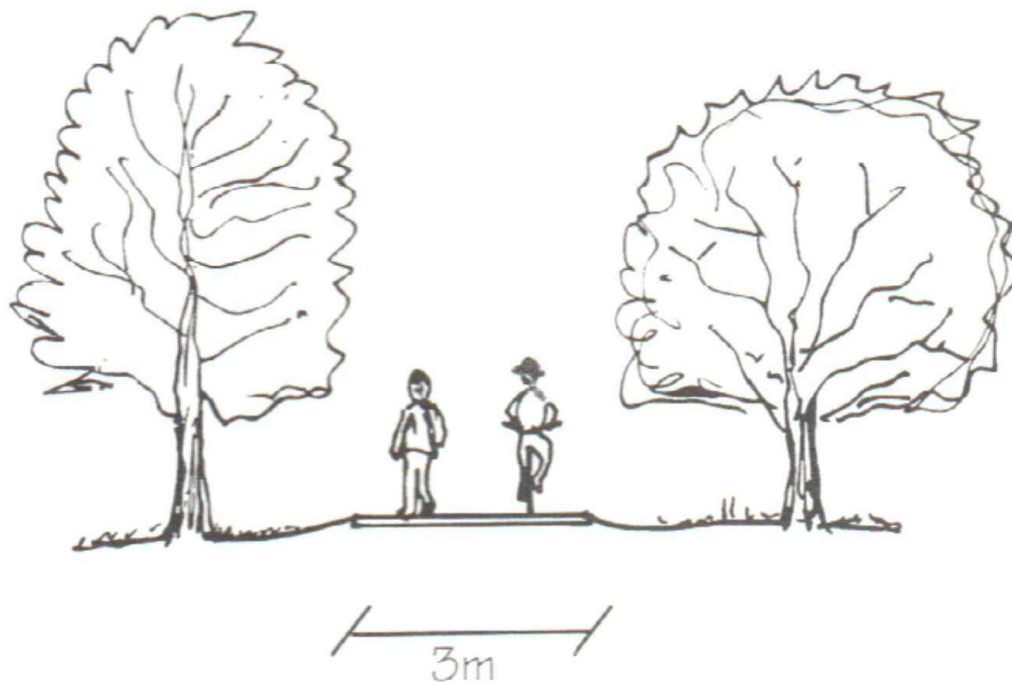


Fig. 131 Schizzo sezione ciclabile

8.11. Funzioni parco

8.11.1. Percorso Vitae

Il Percorso Vita consiste in un equilibrato "programma" di attività motorie, da eseguire a corpo libero e con l'ausilio di attrezzi ginnici, allo scopo di migliorare lo stato di salute psico-fisica generale dei frequentatori.

Si rivolge a tutti: bambini e adulti, anziani, atleti, permettendo l'adattamento del programma alle specifiche condizioni e possibilità di ognuno.

Nei paesi come Svizzera, Germania, Francia, Austria, dove i Percorsi Vita sono ormai diffusissimi, si è verificata un'assidua e crescente partecipazione di persone di ogni età, ceto sociale e professione.

I motivi di questo successo sono molti, fra i quali:

- La possibilità di essere frequentato da tutti: la famiglia in tutti i suoi componenti; l'atleta per l'allenamento sportivo; le persone in precarie condizioni di forma e salute che possono limitare la quantità e l'intensità di esecuzione in base alle specifiche esigenze.
- La gradualità dell'impegno che, in modo facile e piacevole, coinvolge armonicamente tutte le parti del corpo, come sotto la guida di un esperto istruttore sempre disponibile.
- L'ambientazione dei percorsi nel fresco e salutare verde dei boschi e dei parchi.
- La libertà di scelta dei giorni e degli orari di frequenza; di utilizzo per il singolo, la coppia, il gruppo; di intensità e quantità dell'esercizio.

Il Percorso Vita si svolge lungo un sentiero nel verde del parco urbano; è suddiviso in nove tappe distanziate di circa 60 metri l'una dall'altra.

Dopo la prima tappa di presentazione, le altre indicano ognuna un tipo diverso di esercizio: alcune a corpo libero e altre da eseguire con l'ausilio di attrezzature. Le tappe si raggiungono ad un leggero passo di corsa, senza eccessivi sforzi, respirando profondamente per la migliore coordinazione aerobica del movimento.

È consigliabile nella valutazione iniziale delle quantità di esercizi da eseguire tener conto di una certa gradualità nel tempo: partire con pochi e semplici esercizi per arrivare, con il crescere della forma fisica, a maggiori impegni e stimoli motori.

Per tutti i frequentatori è consigliabile una preventiva accurata visita medica. Il "programma" prevede in ordine le seguenti fasi:

- **fase di riscaldamento:** con quattro esercizi di preparazione fisica e mentale;
- **prima fase intensiva:** quattro esercizi di crescente valore psicofisico;
- **sosta e preparazione intermedia:** esercizio di controllo e di preparazione alla seconda fase;
- **seconda fase intensiva:** quattro esercizi di diverso valore, verificanti la propria padronanza fisica;
- **fase di raffreddamento:** due esercizi per la verifica dello stato di forma e di normalizzazione respiratoria.

Cardiologi, fisioterapisti e istruttori di ginnastica Isef hanno sottolineato l'importanza del percorso vitae in termini proprio di salute fisica: si tratta, infatti, di uno schema di esercizi, da eseguire all'aria aperta, adatta a tutti (bambini, adulti, anziani ed atleti) e modificabile a seconda delle proprie capacità e possibilità fisiche, consentendo infatti l'adattamento del programma alle specifiche condizioni e possibilità di ognuno.

Un buon allenamento, in queste particolari strutture, deve essere costante e regolare, con frequenze settimanali che possono variare dalle due alle quattro sedute. Le attività possono aiutare il potenziamento del muscolo cardiaco e mantenere, anche le persone più avanti con l'età, in forma e in salute.



Fig. 132 Percorso vitae interno al parco

Il progetto del percorso vitae del progetto della Cittadella si compone delle seguenti fasi di allenamento, le cui attività sono state suddivise in quattro categorie:

Fase 0: esercizi a corpo libero;

Fase I: riscaldamento con esercizi di equilibrio;

Fase II: esercizi intensivi per le braccia;

Fase III: esercizi intensivi per l'addome.

La lunghezza del percorso è di 500 metri per una durata stimata media di 1 ora totale, necessaria per effettuare l'intero percorso con annessi esercizi.

La prima tappa parte dalla zona relax, ideale per pic-nic e dotata di tutte le necessarie funzioni per svolgere tale attività, attraversando il primo dei tre tunnel realizzati sotto il passaggio della Pedemontana verso la zona sportiva. Il giro si completa attraversando nuovamente la pedemontana raggiungendo così la piazza centrale della Cittadella dell'edilizia.



Fig. 133 Tappe percorso vitae

Esercizi a corpo libero:

- Piegamenti in avanti. Con le braccia estese in avanti effettuare piegamenti del busto fino a toccare con le mani le punte dei piedi.
- Piegamenti laterali. A gambe divaricate, sollevare le braccia ed effettuare dei piegamenti laterali del busto.
- Rotazione delle braccia. A gambe divaricate e braccia estese lateralmente, ruotare le braccia tese attorno alle spalle.
- Corsa. Mantenere un leggero passo di corsa nell'area circostante percorrendo circa 30 metri in avanti e indietro.
- Sollevamento delle braccia. A piedi e braccia unite.

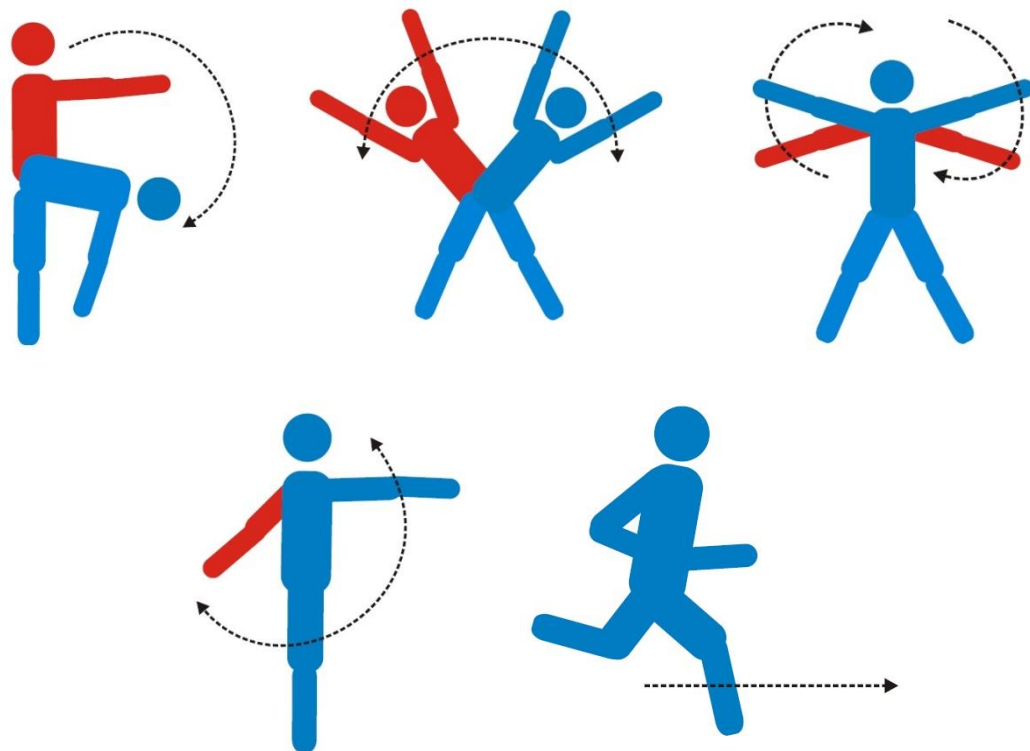


Fig. 134 Esercizi a corpo liberi

Esercizi di equilibrio:

- Assi di equilibrio. Percorrere interamente gli attrezzi a braccia aperte mantenendo l'equilibrio.
- Attrezzo cavallina. Composto da cinque pali a sezione tonda (diametro 10 cm) e altezza compresa tra i 70/90 cm, disposti in modo allineato tra loro con distanza di 160 cm, consentono un notevole sforzo per migliorare e mantenere l'equilibrio.

Esercizi con attrezzi di sollevamenti per le braccia:

- Sbarre orizzontali. Eseguire dei piegamenti e dei sollevamenti reggendosi alla sbarra.
- Sbarre alte. Sospesi alla barra con le braccia, sollevare il corpo ripetutamente.
- Parallele. Composto da 4 pali verticali a sezione tonda, collegati con due barre orizzontali disposte in modo parallelo. L'esercizio si articola in sollevamenti con le braccia tra i due attrezzi.

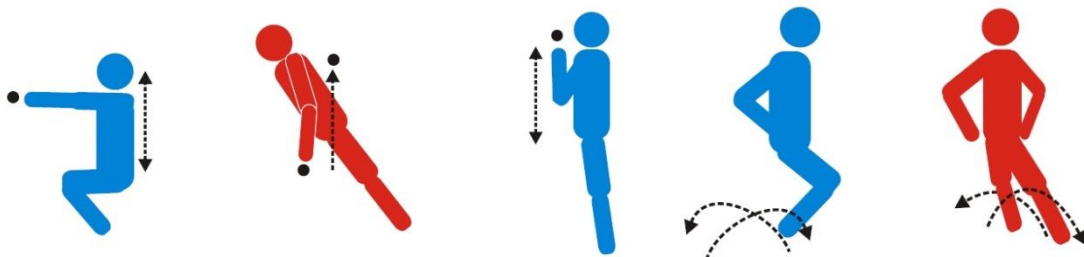


Fig. 135 Esercizi di equilibrio

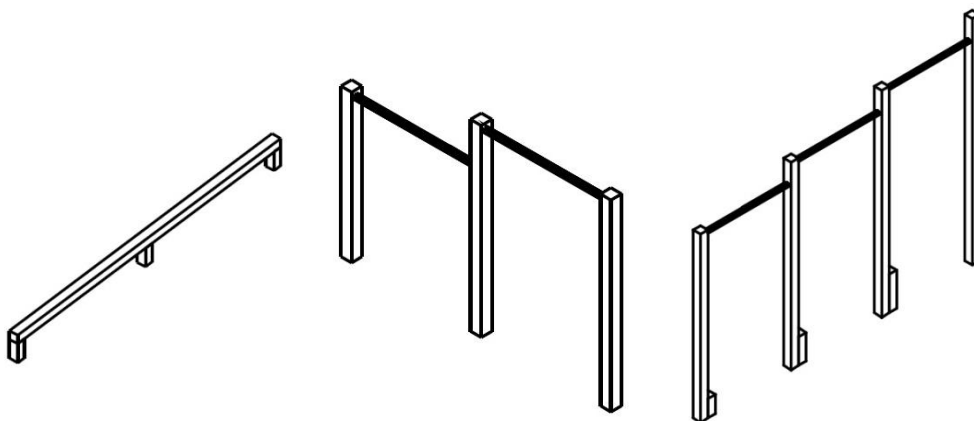


Fig. 136 Attrezzi per sollevamento

A servizio di ogni tappa del percorso di allenamento è presente un apposito cartello illustrativo. Lo scopo di tale segnalazione consiste nella spiegazione, anche ai meno esperti, delle modalità di utilizzo dell'attrezzo. Nel dettaglio verranno inserite le seguenti indicazioni:

- Numero della tappa
- Immagine stilizzata dell'attività da compiere;
- Parti del corpo coinvolte durante l'esercizio;
- Modalità di impiego;
- Capienza massima;
- Livello di difficoltà (espresso con una numerazione da 1 a 10)
- Mappa dell'intero percorso vitae, con collocazione della tappa in esame.

Ogni cartello presenta una descrizione anche in lingua inglese.

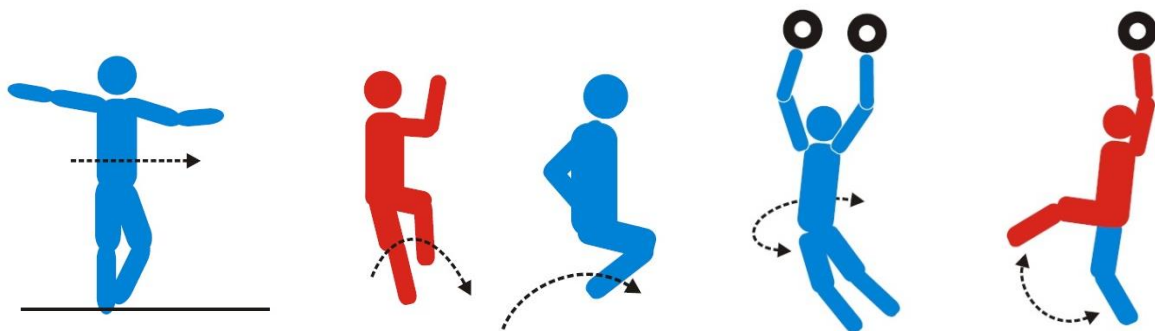


Fig. 137 Esercizi con attrezzi

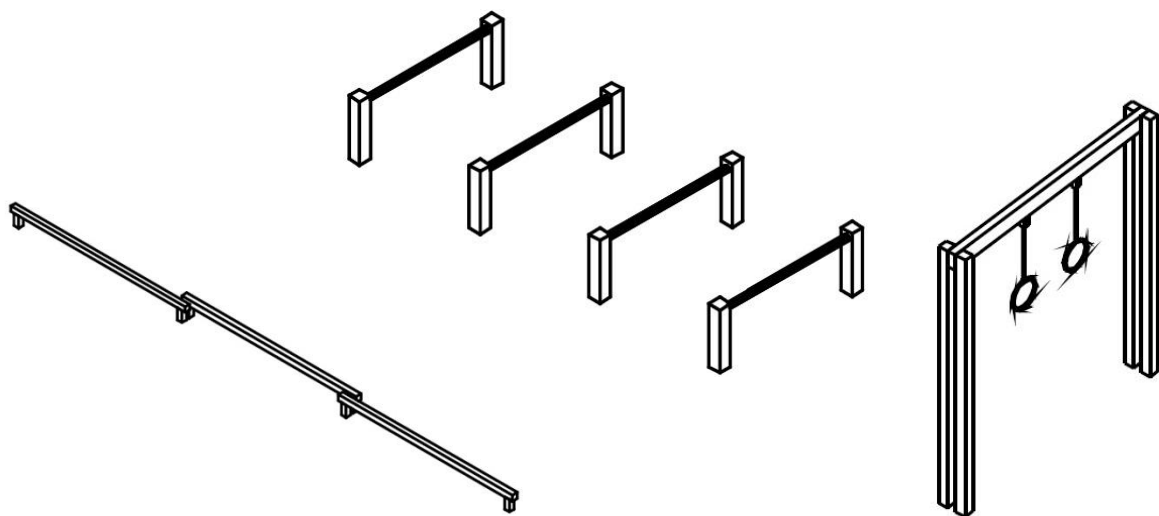


Fig. 138 Attrezzi per equilibrio

Le parti d'utilizzo dei vari attrezzi sono composte principalmente da acciaio e legno. In particolare, le parti in acciaio sono realizzate in materiale zincato a caldo di classe di resistenza 4.6, mentre le parti in legno sono di pino silvestre di provenienza garantita dall'FSC Italia, ovvero un'associazione non governativa e senza scopi di lucro, costituita per promuovere la gestione responsabile delle foreste in tutto il territorio nazionale.

La scelta di questi materiali è stata dettata dalla volontà di integrarsi nella maniera meno invasiva possibile all'interno del parco. I principi di eco compatibilità e rispetto dell'ambiente sono alla base della scelta del legno come principale elemento per la realizzazione di questi attrezzi.

Legno e acciaio verranno trattati con finiture impregnanti specifiche per conifere a colore castagno chiaro all'acqua cerato atossico a principi attivi antimuffa e anti-raggi UV, specifico per carpenteria da esterno in legno, contro funghi azzurranti, beam-version compatibile con la normativa EN71 (parte 3°) per l'utilizzo in strutture ludiche ed arredo. Anche l'impregnante sarà eco-compatibile poiché rispetta la direttiva UE42/04 avendo residuo COV (composti organici volatili) minore di 25 g/l per ridurre la formazione di ozono atmosferico.



Fig. 139 Esempi attrezzi per le attività e tabella presentazione esercizio

8.11.2. Urban design e aspetti normativi

Le normative europee EN 1176 e EN 1177 prevedono i requisiti necessari per la sicurezza delle attrezzature per parchi gioco ed i rivestimenti delle superfici aree gioco. È quindi opportuno, in fase di programmazione di un area giochi in un parco, tenere conto di almeno due presupposti fondamentali:

- 1) Che i giochi siano omologati e conformi alla norma europea EN 1176;
- 2) Che la superficie ove verranno installati sia conforme alla norma europea EN 1177.

Sicurezza Parchi Gioco

Quando si parla di sicurezza dei parchi gioco, è indispensabile fare riferimento alla normativa vigente.

Per comprendere appieno il valore di tale norma, bisogna prima di tutto comprendere che ogni attrezzatura da gioco, per un bambino, può essere intesa come una sfida, un modo di confrontarsi con se stesso e con gli altri.

La maggior parte dei danni fisici nonché degli incidenti avvenuti nei parchi gioco, sono il frutto di materiali messi a disposizione degli utenti non attentamente testati.

Ecco allora che le Normative europee EN 1176 (attrezzature per aree da gioco) ed EN 1177 (rivestimenti di superfici ad assorbimento di impatto) vengono incontro alle esigenze del bambino, obbligando i costruttori e fornitori a rispettare gli standard al fine di garantirne la massima sicurezza.

La normativa europea EN 1176/77 scaturisce dalla normativa tedesca Din 7926 ed è di certo più sicura e completa. Tradotta in molteplici lingue, ad essa fanno riferimento diversi paesi.

Attrezzature per aree da gioco (UNI EN 1176)

La presente norma è la versione ufficiale italiana della europea EN 1176 (edizione giugno 1998) dell'aggiornamento A1 (edizione marzo 2002) e dell'aggiornamento A2 (edizione aprile 2003) approvata dal (CEN) Comitato Europeo di Normazione.

Lo scopo della Norma è quello di dettare i requisiti generali di sicurezza delle attrezzature gioco, per uso sia individuale che collettivo da parte dei bambini. Tali requisiti, se correttamente applicati alle attrezzature da gioco, proteggono il bambino da possibili pericoli, che lo stesso può essere incapace di prevedere.

Rivestimenti di superfici ad assorbimento di impatto (UNI EN 1177)

La presente norma è la versione ufficiale italiana della europea EN 1177 approvata dal (CEN) Comitato Europeo di Normazione, nell'agosto del 1997.

Essa stabilisce i requisiti minimi per ogni tipo di rivestimento di superficie gioco per bambini, al fine di ammortizzare l'impatto di caduta.

Durante il gioco, i bambini, possono subire lesioni per svariati motivi. Si ritiene comunque che le lesioni alla testa siano quelle più gravi. Ciò ha indotto il CEN a redigere una norma che classifichi i materiali ammortizzanti da utilizzare come rivestimento delle superfici da gioco, al fine di ridurre le probabilità di lesioni alla testa. La norma UNI EN 1177, pertanto, detta i fattori da tener in considerazione nella scelta del tipo di pavimentazione per aree gioco e fornisce un metodo di prova per determinare l'ammortizzazione d'impatto. Il risultato finale di tale prova, individua un'altezza minima di caduta per ogni singolo tipo di rivestimento, segnando il limite massimo di efficacia nel ridurre le possibili lesioni di caduta durante il normale utilizzo dei giochi, conformi alla norma UNI EN 1176.

Sistemi di gestione per la qualità (UNI EN ISO 9001:2000)

La presente norma è la versione ufficiale italiana della europea EN ISO 9001 approvata dal (CEN) Comitato Europeo di Normazione, nel dicembre 2000.

Specifica i requisiti di un modello di sistema qualità che consenta ai fornitori di mostrare le proprie capacità e di consentire agli enti di valutare le capacità del fornitore. Possiamo quindi riassumere che il sistema qualità UNI EN ISO 9001 altro non è che un valido modello per garantire la qualità della progettazione, produzione, fornitura, installazione e manutenzione.

Sistemi di gestione ambientale (UNI EN ISO 14001:2004)

La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN ISO 14001⁴⁰. La norma specifica i requisiti di un sistema di gestione ambientale per consentire ad un'organizzazione di sviluppare ed attuare una politica e degli obiettivi che tengano conto delle prescrizioni legali e delle altre prescrizioni che l'organizzazione stessa sottoscrive e delle informazioni riguardanti gli aspetti ambientali significativi. È stata redatta in modo da essere appropriata per organizzazioni di ogni tipo e dimensione e si adatta alle differenti situazioni geografiche, culturali e sociali. Il raggiungimento di questo traguardo, rappresenta l'evidenza del nostro costante impegno nei confronti del mercato, per garantire la qualità del prodotto e del servizio anche nel rispetto dell'ambiente.

⁴⁰ Edizione Novembre 2004.

8.11.3. Campi da gioco

L'area sportiva è posizionata nella zona a nord della Cittadella. Facilmente raggiungibile dai numerosi sentieri che si diramano all'interno del parco, essa è munita di due campi da gioco, uno di calcetto e uno di basket/pallavolo. Entrambi i campi sono utilizzabili sia dai semplici fruitori del parco che dagli allievi della scuola edile, per le attività di educazione fisica all'aperto.

La scelta di utilizzare i terrapieni verdi come schermo di protezione per la strada Pedemontana che attraversa il lotto, ci permette di sfruttare queste collinette artificiali. Infatti, i campetti da gioco saranno muniti di piccole tribune ricavate proprio nelle scarpate verdi.

Le superfici dei due impianti sportivi verranno realizzati in resina. Questo materiale risulta la soluzione ideale grazie alle sue caratteristiche tecnico-funzionali come la planarità, il comfort e la durata.



Fig. 140 Identificazione campi gioco

8.11.4. Aree di sosta

Lungo i percorsi che servono le aree tematiche del parco sono state posizionate numerose aree di sosta attrezzate con panche in pietra e legno.

Queste aree attrezzate con appositi tavoli, possono essere utilizzate come zona pic-nic e spazi ludici per anziani.

Le aree di sosta principali sono collocate nella parte iniziale del parco; in dettaglio la prima si trova in prossimità del chiosco, a suo servizio.

Pavimentazione in legno e siepi delimitano la prima zona nelle vicinanze della copertura verde del parcheggio.



Fig. 141 Identificazione prima area di sosta

Procedendo verso sud, è ubicata la seconda, in prossimità dell'ingresso del parco lungo via San Bernardino.

Anche qui troviamo pavimentazione in legno con forme irregolari che si diramano con un percorso in direzione della piazza centrale.



Fig. 142 Identificazione seconda area di sosta

Infine, è presente un'area dedicata ai cani, posizionata presso il confine a nord-ovest del lotto.



Fig. 143 Identificazione area cani

8.11.5. Parco giochi per bambini

In funzione delle attività che andremo ad inserire nella Cittadella dell'edilizia, si è pensato di progettare anche il parco giochi dei bambini, sfruttando la stessa idea di cantiere, per poter al meglio spiegare, anche ad un pubblico giovane, il genere di attività che si svolgono all'interno degli edifici vicini al parco.

Di conseguenza, si è scelto di sfruttare alcuni materiali di cantiere, che normalmente vengono utilizzati durante le attività di costruzione.

Verranno realizzati percorsi a tunnel sfruttando i tubi in PVC colorati che vengono solitamente sfruttati nei cantieri per lo scarico delle macerie dai piani alti degli edifici. Sfruttando la capacità di incastrare ogni singolo modulo con il successivo, si verranno a creare percorsi a tunnel di 10-15 metri, caratterizzati anche dalla presenza di moduli curvi che possano rendere più dinamico il percorso.

Un ulteriore gioco dell'area bambini verrà realizzato con i tubi tipici delle impalcature dei cantieri (scheda tecnica in allegato) con cui realizzare strutture cubiche per permettere l'arrampicata dei bambini. La stessa tipologia di materiale potrà essere utilizzata anche per la struttura delle altalene e scivoli.

Particolare attenzione verrà prestata al tema della sicurezza. In particolare i giunti di collegamento tra i vari tubi saranno dotati di apposite protezioni in gomma per evitare spiacevoli inconvenienti.



Fig. 144 Identificazione area giochi per bambini

Infine verranno realizzate casette gioco con i casseri in legno di colore giallo per il getto del calcestruzzo e delle altalene a bilancia con l'asse realizzato da una trave IPE.

La pavimentazione dell'intera area giochi sarà studiata per essere conforme alle normative di sicurezza vigenti.

Le pavimentazioni antitrauma nascono dalla necessità di ridurre gli incidenti ed i problemi legati alla sicurezza negli spazi interni ed esterni. Testimonianza sono il numero crescente di installazioni di pavimenti di questo tipo e l'attenzione nella messa in sicurezza di aree di intrattenimento, specialmente per bambini, come i parchi giochi.

Le normative analizzate nel paragrafo precedente sulle attrezzature ludiche obbligano all'inserimento nelle aree gioco di pavimentazioni di questo tipo che riducano il rischio di cadute ed il loro effetto, migliorando di conseguenza la sicurezza dei bambini che ne usufruiscono.

Vengono così prodotti sempre più spesso pavimenti in gomma antitrauma o antishock usati soprattutto quando si vuole utilizzare le aree esterne ed interne pavimentate di asili e scuole materne in totale sicurezza.

La pavimentazione esterna o interna risulta quindi un efficace strumento per la prevenzione di incidenti, perché attutisce in modo determinante l'energia di impatto al suolo in seguito a caduta e annulla completamente il rischio di scivolamento.



Fig.145 Area gioco bambini e area pic-nic

9. PROGETTO ERGOTECNICO

9.1. Introduzione

A questo punto della trattazione ci è sembrato d'obbligo uno studio dettagliato del progetto dal punto di vista prettamente operativo, attraverso le indagini di natura sistemica tipiche della disciplina ergotecnica.

L'Ergotecnica edile è la disciplina che prova a correlare tra loro i vari aspetti che caratterizzano il processo edilizio dalla sua fase embrionale fino al momento finale del ciclo di vita utile del manufatto edilizio⁴¹.

L'approccio necessario per la comprensione dell'organismo edilizio è di tipo sistemico, ovvero lo studio di un sistema che è una entità organizzata composta da elementi interdipendenti che devono essere compresi nelle loro relazioni all'interno dell'entità complessiva.

Lo studio si articola in diverse fasi. L'approccio prettamente architettonico e le disarticolazioni tecnologiche sono state già ampiamente trattate all'interno di questo lavoro di tesi. Da questa fase in poi si punterà l'occhio su altri aspetti della progettazione programmatica. In particolare verranno analizzati gli aspetti della definizione economica del progetto tramite un computo metrico per risorse e verranno realizzate delle schede ergotecniche con la descrizione dettagliata delle lavorazioni di un nodo tipo del progetto.

In ultima analisi ci siamo occupati dell'organizzazione vera e propria del cantiere, evidenziandone le varie fasi di vita, i vincoli, i requisiti normativi e i layout finali.

Il quadro che si ottiene consente una conoscenza dettagliata e tecnica dell'intero progetto. Gli strumenti e i metodi utilizzati permettono lo studio del contesto economico, tecnico e gestionale, la produzione industriale del cantiere e la gestione dello stesso per ottenere l'ottimizzazione delle risorse che risulta, in sintesi, l'obiettivo principale del management di un buon progetto.

⁴¹ A. Gottfried, Ergotecnica Edile, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna, 2011, Introduzione.

9.2. Riferimenti normativi

In questo paragrafo sono esaminate la normativa cogente e la normativa volontaria che sono alla base della fase di programmazione e progettazione.

Le normative principali sono:

D.Lgs. 163/2006 sui contratti pubblici relativi a lavori, il D.M. del 19 Aprile 2000 numero 145 sul regolamento recante il capitolato generale di appalto dei lavori pubblici, la UNI 8290 in materia di classificazione tecnologia e la UNI 10722 sui principi e criteri di qualificazione e verifica del progetto edilizio di nuove costruzioni.

Il riferimento normativo che più di ogni altro ha cambiato e regolamentato la sicurezza e il coordinamento in materia di cantiere è senza dubbio il D.lg. 9 Aprile 2008, n. 81.

La novità di questo decreto è quella di aver riunito sotto un'unica norma tutti i siti produttivi, siano essi in stabilimento o in cantiere. Inoltre è previsto il passaggio di consegne tra il Coordinatore in fase di esecuzione e l'appaltatore principale, due figure importanti all'interno dell'organizzazione di un cantiere.

9.3. Computo metrico estimativo per voci d'opera

Il Computo Metrico Estimativo (CME) è definito come l'elenco di tutte le parti costituenti un oggetto complesso.

Per ogni voce di lavoro elencata vengono segnalate:

- l'elemento tecnologico che presenta la voce d'opera;
- il codice della lavorazione riferita al prontuario considerato;
- la descrizione della lavorazione;
- l'unità di misura;
- il prezzo unitario;
- le dimensioni;
- le parti simili;
- la quantità di elemento tecnico;
- il prezzo dato dal prezzo unitario per la quantità effettiva.

Il CME è consegnato alle imprese partecipanti alla gara d'appalto, le quali offriranno un ribasso d'asta sull'importo totale delle opere.

Questo documento viene utilizzato in fase esecutiva dalla direzione dei lavori per formulare gli stati di avanzamento dei lavori (S.A.L) che attestano l'avvenuta esecuzione di alcune opere, al fine di poter calcolare l'importo che il committente deve corrispondere all'impresa appaltatrice che ha realizzato parte delle lavorazioni alle scadenze stabilite dal contratto d'appalto.

I prezzi, utilizzati per la formulazione del computo metrico estimativo, provengono dal prezziario della Regione Lombardia 2008. I prezzi elementari dei noli e dei materiali, nonché i prezzi unitari delle opere compiute, riportate nei singoli capitoli, sono stati ottenuti mediando i valori provinciali e, pertanto, sono da intendersi come "prezzi di riferimento" validi su tutto il territorio regionale.

Tutti i prezzi, inoltre, sono da intendersi riferiti ad opere e prestazioni effettuate a regola d'arte, secondo le norme di legge e le indicazioni di capitolato. Si deve tenere dell'impiego di materiali di ottima qualità, di mezzi d'opera in perfetta efficienza e mano d'opera idonea alle prestazioni con adeguata assistenza tecnica e direzione cantiere. Il tutto, inoltre, nel rispetto delle vigenti norme in materia di sicurezza, dei contratti collettivi di lavoro, dell'ambiente. Nei prezzi elementari di materiali, noli e mano d'opera nonché nelle opere compiute, in ottemperanza alle vigenti disposizioni di legge (D.P.R. 554/99), sono stati valutati i compensi per spese generali (14%) ed utili d'impresa (10%); l'I.V.A. è a carico del committente ed è pagata a parte.

9.3.1. Computo metrico elementi strutturali

Il computo degli elementi strutturali è stato eseguito separatamente per ogni singolo edificio. In particolare sono stati esaminati i costi delle diverse tipologie di travi, pilastri ed elementi in cls come fondazioni, muri controterra e corpi scala.

Edificio ESPE

Travi:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
IPE 270	Travi secondarie luce massima, solaio interpiano e Travi di bordo	C13027c	Travi IPE (UNI 5398) da 240 a 270 mm	36,1	199,10	7187,51	100	71,875	€ 86,15	€ 6.192,04
IPE 200	Travi secondarie luce minima, solaio interpiano	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	22,4	89,30	2000,32	100	20,003	€ 83,17	€ 1.663,67
IPE 220	Travi secondarie luce massima, copertura	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	26,2	123,80	3243,56	100	32,436	€ 83,17	€ 2.697,67
IPE 180	Travi secondarie luce minima, copertura	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	18,8	86,18	1620,18	100	16,202	€ 83,17	€ 1.347,51
IPE 330	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	34,71	1464,76	100	14,648	€ 86,15	€ 1.261,89
IPE 300	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	37,00	1561,40	100	15,614	€ 86,15	€ 1.345,15

Tabella 187. Computo metrico travi ESPE

Pilastri:

HE 180 B	Pilastro centrato	C13027d	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 100 a 180 mm	51,8	133,20	6899,76	100	68,9976	€ 82,54	€ 5.695,06
----------	-------------------	---------	---	------	--------	---------	-----	---------	---------	------------

Tabella 188. Computo metrico pilastri ESPE

Muri controterra:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Unità di misura	Volume o Superficie	Prezzo unitario	Prezzo totale
CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	31,35	€ 114,40	€ 3.586,44
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	1,65	€ 66,41	€ 109,58
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	264,00	€ 27,61	€ 7.289,04

Tabella 189. Computo metrico muri controterra ESPE

Corpi scala:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	43,24	€ 114,40	€ 4.946,66
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	2,30	€ 66,41	€ 152,74
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	151,80	€ 27,61	€ 4.191,20

Tabella 190. Computo metrico corpi scala ESPE

Platea di fondazione:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	103,20	€ 114,40	€ 11.806,08
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	5,40	€ 66,41	€ 358,61
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	50,00	€ 27,61	€ 1.380,50

Tabella 191. Computo metrico platea di fondazione ESPE

Edificio AULE

Travi:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
IPE 270	Travi secondarie luce massima, solaio interpiano e Travi di bordo	C13027c	Travi IPE (UNI 5398) da 240 a 270 mm	36,1	189,16	6828,676	100	68,287	€ 86,15	€ 5.882,90
IPE 200	Travi secondarie luce minima, solaio interpiano	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	22,4	158,10	3541,44	100	35,414	€ 83,17	€ 2.945,42
IPE 220	Travi secondarie luce massima, copertura	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	26,2	90,30	2365,86	100	23,659	€ 83,17	€ 1.967,69
IPE 180	Travi secondarie luce minima, copertura	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	18,8	168,3	3164,04	100	31,640	€ 83,17	€ 2.631,53
IPE 330	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	124,55	5256,01	100	52,560	€ 86,15	€ 4.528,05
IPE 300	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	80,81	3410,18	100	34,10182	€ 86,15	€ 2.937,87

Tabella 192. Computo metrico travi AULE

Pilastri:

HE 180 B	Pilastro centrato	C13027d	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 100 a 180 mm	51,8	407,00	21082,60	100	210,826	€ 82,54	€ 17.401,58
----------	-------------------	---------	---	------	--------	----------	-----	---------	---------	-------------

Tabella 193. Computo metrico pilastri AULE

Muri controterra:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Unità di misura	Volume o Superficie	Prezzo unitario	Prezzo totale
CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	24,80	€ 114,40	€ 2.837,12
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	1,30	€ 66,41	€ 86,33
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	208,80	€ 27,61	€ 5.764,97

Tabella 194. Computo metrico muro controterra AULE

Corpo scala:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	80,00	€ 114,40	€ 9.152,00
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	4,20	€ 66,41	€ 278,92
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	420,00	€ 27,61	€ 11.596,20

Tabella 195. Computo metrico corpi scala AULE

Platea di fondazione:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	157,80	€ 114,40	€ 18.052,32
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	8,30	€ 66,41	€ 551,20
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	67,75	€ 27,61	€ 1.870,58

Tabella 196. Computo metrico platea di fondazione AULE

Edificio Cassa Edile

Travi:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
IPE 270	Travi secondarie luce massima, solaio interpiano e Travi di bordo	C13027c	Travi IPE (UNI 5398) da 240 a 270 mm	36,1	214,62	7747,782	100	77,478	€ 86,15	€ 6.674,71
IPE 200	Travi secondarie luce minima, solaio interpiano	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	22,4	8,20	183,68	100	1,837	€ 83,17	€ 152,77
IPE 220	Travi secondarie luce massima, copertura	C13027b	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	26,2	80,00	2096	100	20,960	€ 83,17	€ 1.743,24
IPE 330	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	30,8	1299,76	100	12,998	€ 86,15	€ 1.119,74
IPE 300	Travi principale di spina, solaio interpiano	C13027d	Travi IPE (UNI 5398) da 270 a 330 mm	42,2	97,4	4110,28	100	41,1028	€ 86,15	€ 3.541,01

Tabella 197. Computo metrico travi CASSA

Pilastrini:

HE 180 B	Pilastro centrato	C13028a	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 100 a 180 mm	51,8	218,50	11318,30	100	113,183	€ 82,54	€ 9.342,12
HE 220 B	Pilastro centrato	C13028b	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 200 a 220 mm	71,5	9,40	672,10	100	6,721	€ 82,54	€ 554,75

Tabella 198. Computo metrico pilastri CASSA

Reticolare in legno:

Reticolare	Reticolare in legno	A75007a	Struttura prefabbricata in legno lamellare	/	5,90	/	/	/	€ 1.999,29	€ 11.795,81
------------	---------------------	---------	--	---	------	---	---	---	------------	-------------

Tabella 199. Computo metrico reticolare in legno CASSA

Muri controterra:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Unità di misura	Volume o Superficie	Prezzo unitario	Prezzo totale
CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	24,80	€ 114,40	€ 2.837,12
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio torondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	1,30	€ 66,41	€ 86,33
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	271,20	€ 27,61	€ 7.487,83

Tabella 200. Computo metrico muro controterra CASSA

Corpi scala:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	20,80	€ 114,40	€ 2.379,52
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	1,10	€ 66,41	€ 73,05
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	111,30	€ 27,61	€ 3.072,99

Tabella 201. Computo metrico corpi scala CASSA

Platea di fondazione:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	433,40	€ 114,40	€ 49.580,96
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	5,50	€ 66,41	€ 365,26
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	44,00	€ 27,61	€ 1.214,84

Tabella 202. Computo metrico platea di fondazione CASSA

Passerelle:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
UPN 180	Calastrelli interni	C13026c	Travi UPN (EN 10279)	22,00	43,20	950,4	100	9,504	€ 82,23	€ 781,51
UPN 180	Travi di sostegno, luce minima	C13026c	Travi UPN (EN 10279)	22,00	40,00	880	100	8,800	€ 82,23	€ 723,62
UPN 280	Calastrelli esterni	C13026d	Travi UPN (EN 10279)	41,80	9,60	401,28	100	4,013	€ 85,51	€ 343,13
UPN 280	Travi di sostegno, luce massima	C13026d	Travi UPN (EN 10279)	41,80	40,00	1672	100	16,720	€ 85,51	€ 1.429,73
LAMIERA GRECATA	Struttura portante da assemblare per travi composte	C13030d	Lamiera in acciaio Fe E 250G zincate a caldo per impieghi strutturali, spessore 0,5 mm	5,57	40,00	222,8	100	2,228	€ 113,45	€ 252,77
VETRO	Vetri temperati con bordo filo tempera	infovetro.it	Float chiaro 15 mm	/	138,00	/	[€/m ²]	/	€ 200,00	€ 27.600,00

Tabella 203. Computo metrico PASSERELLE

Parcheggio

Reticolari:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
HE 100 B	Trave reticolare, luce 9 metri	C13028a	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 100 a 180 mm	20,40	472,20	9632,88	100	96,329	€ 82,54	€ 7.950,98
HE 100 B	Travi reticolari, luce 10 metri	C13028a	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 100 a 180 mm	20,40	537,00	10954,8	100	109,548	€ 82,54	€ 9.042,09

Tabella 204. Computo metrico travi reticolari PARCHEGGIO

Pilastrini:

HE 220 B	Pilastrini centrati	C13028b	Travi ad ali larghe HE (UNI 5397) da 200 a 220 mm	71,50	68,00	4862	100	48,620	€ 82,54	€ 4.013,09
Tubolari	Pilastrini reticolare	C13025g	Profilati e lamiere quadri	12,10	337,50	4083,75	100	40,838	€ 88,65	€ 3.620,24

Tabella 205. Computo metrico pilastrini PARCHEGGIO

Muri controterra:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Unità di misura	Volume o Superficie	Prezzo unitario	Prezzo totale
CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	232,30	€ 114,40	€ 26.575,12
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	12,23	€ 66,41	€ 812,19
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	464,00	€ 27,61	€ 12.811,04

Tabella 206. Computo metrico muro controterra PARCHEGGIO

Platea di fondazione:

CLS	Muro controterra per interrati di natura strutturale	A33011a	Calcestruzzo durevole per impieghi strutturali, per classe di esposizione XA1 e classe di resistenza caratteristica minima a 28 giorni di maturazione di C28/35	m ³	472,06	€ 114,40	€ 54.003,66
Armatura	Ferri di armatura, 5% del volume totale della muratura	A33014e	Acciaio tondo in barre per cemento armato di qualità B450C, diametro 14 - 30 mm.	m ³	24,85	€ 66,41	€ 1.650,29
Casserature	Casseformi in pannelli di legno	A35014b	Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati fino ad una altezza di 4 m dal piano di appoggio.	m ²	90,60	€ 27,61	€ 2.501,47

Tabella 207. Computo metrico platea di fondazione PARCHEGGIO

Controventi:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
UPN 100	Controventi in acciaio, croci di San Andrea	C13026c	Travi UPN (EN 10279)	10,40	422,50	4394	100	43,940	€ 82,23	€ 3.613,19

Tabella 208. Computo metrico CONTROVENTI

Prefabbricato:

Struttura	Unità di misura [kg]	Superficie totale	Prezzo unitario	Prezzo totale
Travi e Pilastri	[m ²]	1007,00	€ 109,30	€ 110.065,10
Copertura	[m ²]	947,00	€ 42,10	€ 39.868,70
Murature	[m ²]	712,40	€ 100,10	€ 71.311,24
Shed	[m ²]	60,00	€ 274,10	€ 16.446,00

Tabella 209. Computo metrico PREFABBRICATO

9.3.2. Computo metrico scavi

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Unità di misura	Dimensioni					Numero parti simili	Volume totale [m³]	Prezzo unitario	Prezzo totale	
				Larghezza [m]	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Perimetro [m]	Superficie [m²]					Volume [m³]
Scavo generale	A 1.4_03Sc	Scavo generale completo fino a 3 m di profondità, compresa l'eliminazione di parti rimaste in un primo tempo inescavate e delle rampe, eseguito a sezione aperta fino al pelo delle acque sorgive, compreso lo sgombero dei materiali provenienti dallo scavo, escluso il reinterro e l'armatura eventualmente necessaria delle pareti di scavo, misurato in sezione effettiva, esclusi eventuali corrispettivi per diritti di discarica eseguito con escavatore c.s. ma con trasporto e sistemazione entro l'area del cantiere	[m³]	40,8	73,6	3	213,82	2478,9	7436,7	1	7436,7	€ 3,88	€ 28.854,40
Scavo a sezione obbligata	A 1.4_040b	Scavo parziale di fondazione eseguito fino a 1,50 m di profondità sotto il piano dello scavo generale e fino al pelo delle acque sorgive, escluso il reinterro, misurato a sezione effettiva eseguito a macchina compresi carico e trasporto dei materiali nell'ambito del cantiere	[m³]	40,8	73,6	1,5	213,82	2478,9	3718,35	1	3718,35	€ 11,05	€ 41.087,77
Reinterro	A 1.4_041	Reinterro con materiali idonei provenienti dall'ambito del cantiere, in strati successivi di altezza non superiore a 50 cm, con bagnatura e costipamento strato per strato con impiego di mezzo meccanico per la stesa e regolarizzazione	[m³]	40,8	73,6	1,5	213,82	2478,9	3718,35	1	3718,35	€ 5,55	€ 20.636,84

Tabella 210. Computo metrico SCAVI

9.3.3. Computo metrico elementi tecnologici

Di seguito verranno riportati i computi metrici per gli elementi tecnologici.

Chiusure Verticali:

CV.01

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Prezzo unitario [€]	Altezza [m]	Base [m]	Superficie [m²]	Prezzo [€]
Alluminio	/	/	€ 64,69	3	49,4	165,16	€ 10.684,20
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	3,9	49,4	209,62	€ 4.263,67
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	3,9	49,4	209,62	€ 209,62
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica $\lambda=0,028$ W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	3,9	49,4	209,62	€ 209,62
Lana di legno	A85069	Lana di legno mineralizzata con magnesite ad alta temperatura in pannelli	€ 67,64	3,9	49,4	209,62	€ 209,62
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	3,9	49,4	209,62	€ 209,62
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	49,4	209,62	€ 209,62
TOTALE							€ 15.995,97

Tabella 211. Computo metrico CV.01

CV.02

Malta premiscelata per intonaco a base di calce e cemento, finito con rasatura in stabilitura fine sp 1,5 cm	B13003	Intonaco premiscelato di fondo per interni ed esterni, a base di cemento, calce idrata e inerti calcarei per applicazione meccanica	€ 0,10	/	/	1527,12	€ 152,71
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	3,9	19	24,63	€ 500,97
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	3,9	19	24,63	€ 500,97
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica $\lambda=0,028$ W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	3,9	19	24,63	€ 906,88
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	19	24,63	€ 565,01
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda=0,035$ W/mK	€ 50,53	3,9	19	24,63	€ 1.244,55
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	3,9	19	24,63	€ 155,42
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	19	24,63	€ 1.190,61
TOTALE							5217,1326

Tabella 212. Computo metrico CV. 02

CV.03

Alluminio	/	/	€ 64,69	7,8	7,9	61,62	3986,1978
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica $\lambda=0,028$ W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	7,8	7,9	61,62	2268,8484
Isolante acustico, sp. 4,3 cm	A85092	Isolamento acustico eseguito con pannelli elastici composti da fibre e granuli di gomma vulcanizzata, pressati e legati con lattice 800 kg/m ²	€ 73,01	7,8	7,9	61,62	4498,8762
Intonaco civile	B15006b	Intonaco civile formato dal primo strato di rinzaffo, da un secondo strato tirato in piano con regolo e frattazzo con predisposte poste e guide, rifinito con sovrastante strato di colla della stessa malta passato al crivello fino, lisciata con frattazzo metallico alla pezza: su superfici orizzontali: con malta di calce idrata e sabbia composta da 400 kg di calce e per 1 m ³ di sabbia	€ 0,38	7,8	7,9	61,62	€ 316,54
TOTALE							11070,4624

Tabella 213. Computo metrico CV. 03

CV. 04

Intonaco civile	B15006b	Intonaco civile formato dal primo strato di rinzaffo, da un secondo strato tirato in piano con regolo e frattazzo con predisposte poste e guide, rifinito con sovrastante strato di colla della stessa malta passato al crivello fino, lisciata con frattazzo metallico alla pezza: su superfici orizzontali: con malta di calce idrata e sabbia composta da 400 kg di calce e per 1 m ³ di sabbia	€ 0,38	3,9	10	39,00	€ 316,54
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	10	39,00	€ 793,26
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	10	39,00	€ 793,26
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica $\lambda=0,028$ W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	3,9	10	39,00	€ 1.435,98
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	10	39,00	€ 894,66
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoidurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 50,53	3,9	10	39,00	€ 1.970,67
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	3,9	10	39,00	€ 246,09
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	10	39,00	€ 1.885,26
Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	10	39,00	€ 933,66
TOTALE							€ 9.269,38

Tabella 214. Computo metrico CV. 04

CV. 06

Alluminio	/	/	€ 64,69	3,9	11,6	41,04	€ 2.654,88
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	11,6	41,04	€ 834,75
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	11,6	41,04	€ 834,75
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica $\lambda=0,028$ W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	3,9	11,6	41,04	€ 1.511,09
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	11,6	41,04	€ 941,46
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoidurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 50,53	3,9	11,6	41,04	€ 2.073,75
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	3,9	11,6	41,04	€ 258,96
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	11,6	41,04	€ 1.983,87
Doghe di legno	B25099	Pavimento in listoni predefiniti, composti da uno strato superiore in legno nobile di spessore di 5 mm, supporto in multistrato di rovere con profili maschiati	€ 109,88	3,9	11,6	41,04	€ 4.509,48
TOTALE							€ 15.603,00

Tabella 215. Computo metrico CV. 06

CV. 07

Intonaco civile	B15006b	Intonaco civile formato dal primo strato di rinzafo, da un secondo strato tirato in piano con regolo e frattazzo con predisposte poste e guide, rifinito con sovrastante strato di colla della stessa malta passato al crivello fino, lisciata con frattazzo metallico alla pezza: su superfici orizzontali: con malta di calce idrata e sabbia composta da 400 kg di calce e per 1 m ² di sabbia	€ 0,38	3,9	3,95	15,41	€ 554,86
Isolante acustico, sp. 4,3 cm	A85092	Isolamento acustico eseguito con pannelli elastici composti da fibre e granuli di gomma vulcanizzata, pressati e legati con lattice 800 kg/m ²	€ 73,01	3,9	8,35	32,57	€ 2.377,57
Poliuretano	A85074	poliuretano espanso conduttività termica l=0,028 W/mK con rivestimento superiore in carta autoprotetta in fibra minerale	€ 36,82	3,9	8,35	32,57	€ 1.199,04
TOTALE							€ 4.131,47

Tabella 216. Computo metrico CV. 07

CV. 08

Strato di vegetazione	/	/	€ 220,00	3,9	42,9	167,31	€ 36.808,20
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	42,9	167,31	€ 3.838,09
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 50,53	3,9	42,9	167,31	€ 8.454,17
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	42,9	167,31	€ 3.838,09
Impermeabilizzazione	A95014	Membrana bitume-polimero antiradice elastoplastomerica, flessibilità a freddo -10°C, armata in filo continuo di poliestere non tessuto additivata con acidi grassi e fenossici, applicata a fiamma sul massetto di sottofondo, escluso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli, spessore 3 mm.	€ 15,87	3,9	42,9	167,31	€ 2.655,21
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	42,9	167,31	€ 3.403,09
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	42,9	167,31	€ 3.403,09
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da integgiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	42,9	167,31	€ 8.087,77
TOTALE							€ 70.487,70

Tabella 217. Computo metrico CV. 08

CV.09

Rivestimento in mattoni	/	/	€ 37,85	3,9	63,2	168,56	€ 26.667,44
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	63,2	168,56	€ 14.330,67
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	3,9	63,2	168,56	€ 14.330,67
Isolante acustico, sp. 4,3 cm	A85092	Isolamento acustico eseguito con pannelli elastici composti da fibre e granuli di gomma vulcanizzata, pressati e legati con lattice 800 kg/m ²	€ 73,01	3,9	63,2	168,56	€ 51.439,63
lastra aquapanel	/	Pannello in fibrocemento impermeabile all'acqua	€ 22,94	3,9	63,2	168,56	€ 16.162,51
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 50,53	3,9	63,2	168,56	€ 35.601,21
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	3,9	63,2	168,56	€ 4.445,75
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da integgiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	63,2	168,56	€ 34.058,24
TOTALE							€ 197.036,13

Tabella 218. Computo metrico CV. 09

CV. 10

Rivestimento in lastre di cemento, sp. 5 cm	/	/	€ 35,73	7,8	/	524,56	€ 18.742,53
Isolamento in polistirene estruso, sp. 10 cm	A85076	Isolamento in polistirene espanso estruso, con sola aria nelle celle, conduttività termica 0,035 W/mK	€ 36,87	7,8	/	524,56	€ 19.340,53
Isolante acustico, sp. 4,3 cm	A85092	Isolamento acustico eseguito con pannelli elastici composti da fibre e granuli di gomma vulcanizzata, pressati e legati con lattice 800 kg/m ²	€ 73,01	7,8	/	524,56	€ 38.298,13
Lana di vetro (14 cm)	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 50,53	7,8	/	524,56	€ 26.506,02
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	7,8	/	524,56	€ 3.309,97
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	7,8	/	524,56	€ 25.357,23
TOTALE							€ 131.554,40

Tabella 219. Computo metrico CV. 10

CV. 12

Membrana bituminosa, sp. 0,4 cm	A95004	Manto impermeabile prefabbricato costituito da membrana bitume - elastomerica, flessibilità a freddo -25 °C	€ 12,82	3,9	132,81	517,96	€ 6.640,23
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A9.5026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da focco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	3,9	132,81	517,96	€ 1.527,98
TOTALE							€ 8.168,21

Tabella 220. Computo metrico CV. 12

Partizioni Verticali:**PV. 01**

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Prezzo unitario [€]	Altezza [m]	Base [m]	Superficie [m ²]	Prezzo [€]
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	11,00	42,9	€ 2.073,79
Guida zincata ad U	/	Profili metallici zincati ad U	€ 2,07	3,9	11,00	42,9	€ 88,80
Lana di legno	A85069	Lana di legno mineralizzata con magnesite ad alta temperatura in pannelli	€ 67,64	3,9	11,00	42,9	€ 2.901,76
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	11,00	42,9	€ 2.073,79
TOTALE							€ 7.138,13

Tabella 221. Computo metrico PV. 01

PV. 02

Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	7,00	27,3	€ 653,56
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	7,00	27,3	€ 1.319,68
Guida zincata ad U	/	Profili metallici zincati ad U	€ 2,07	3,9	7,00	27,3	€ 56,51
Lana di legno 4 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 34,03	3,9	7,00	27,3	€ 929,02
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	7,00	27,3	€ 1.319,68
Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	7,00	27,3	€ 653,56
TOTALE							€ 4.932,02

Tabella 222. Computo metrico PV. 02

PV. 03

Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	54,45	212,355	€ 5.083,78
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	54,45	212,355	€ 10.265,24
Guida zincata ad U	/	Profili metallici zincati ad U	€ 2,07	3,9	54,45	212,355	€ 439,57
Lana di legno 4 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 34,03	3,9	54,45	212,355	€ 7.226,44
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	54,45	212,355	€ 10.265,24
TOTALE							€ 33.280,28

Tabella 223. Computo metrico PV. 03

PV. 04

Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	19,50	76,05	€ 3.676,26
Guida zincata ad U	/	Profili metallici zincati ad U	€ 2,07	3,9	19,50	76,05	€ 157,42
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	19,50	76,05	€ 3.676,26
TOTALE							€ 7.509,94

Tabella 224. Computo metrico PV. 04

PV. 05

Rivestimento in legno, sp. 1,2 cm	B25099	Pavimento in listoni predefiniti, composti da un strato superiore in legno nobile di spessore di 5 mm, supporto in multistrato di rovere con profili maschiati	€ 109,88	3,9	5,00	19,5	€ 2.142,66
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	5,00	19,5	€ 942,63
Lana di legno 8 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 40,63	3,9	5,00	19,5	€ 792,29
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	5,00	19,5	€ 942,63
Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	5,00	19,5	€ 466,83
TOTALE							€ 5.287,04

Tabella 225. Computo metrico PV. 05

PV. 06

Rivestimento in legno, sp. 1,2 cm	B25099	Pavimento in listoni predefiniti, composti da un strato superiore in legno nobile di spessore di 5 mm, supporto in multistrato di rovere con profili maschiati	€ 109,88	3,9	10,45	33,195	€ 3.647,47
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	10,45	33,195	€ 1.604,65
Lana di legno 8 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 40,63	3,9	10,45	33,195	€ 1.348,71
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	10,45	33,195	€ 1.604,65
TOTALE							€ 8.205,47

Tabella 226. Computo metrico PV. 06

PV. 07

Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	91,00	339,78	€ 16.424,97
Lana di legno 8 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 40,63	3,9	91,00	339,78	€ 13.805,26
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B 75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	91,00	339,78	€ 16.424,97
TOTALE							€ 46.655,19

Tabella 227. Computo metrico PV. 07

PV. 09

Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	5,00	19,5	€ 466,83
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 12,5+12,5 mm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	5,00	19,5	€ 942,63
Lana di legno 8 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 40,63	3,9	5,00	19,5	€ 792,29
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	5,00	19,5	€ 942,63
TOTALE							€ 3.144,38

Tabella 228. Computo metrico PV. 09

PV. 10

Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	8,00	31,2	€ 746,93
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	8,00	31,2	€ 1.508,21
Lana di legno 8 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica $\lambda = 0,035$ W/mK	€ 40,63	3,9	8,00	31,2	€ 1.267,66
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	3,9	8,00	31,2	€ 1.508,21
Rivestimento in piastrelle, sp. 0,6 cm	B25024	Gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, poste in opera con idoneo collante, dim. 30x30 cm, spess. 6,0 mm, tinta unita.	€ 23,94	3,9	8,00	31,2	€ 746,93
TOTALE							€ 5.777,93

Tabella 229. Computo metrico PV. 10

Chiusure Orizzontali:

CO. 01

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Prezzo unitario [€]	Superficie [m ²]	Prezzo [€]
Pavimentazione in gres	B25027a	Pavimento in gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, per pavimentazioni ad intenso calpestio, rispondenti all'anorma UNI EN 14411 gruppo B la UGL (non smaltato), poste in opera con idoneo collante, previa preparazione del piano superiore del massetto di sottofondo da pagarsi a parte, con giunti connessi a cemento bianco, compresi tagli, sfridi e pulitura finale: dim. 30x30 cm, spess. 8,0 mm, tinta unita.	€ 41,66	840	€ 34.994,40
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	840	€ 40.605,60
Isolamento termico	A85009	Polistirene espanso estruso con sola aria nelle celle, conduttività termica lambda 0,035 W/mK, omogeneo monostrato, euroclasse E, resistenza a compressione 3 kg/cm ² , con bordi battentati: spess. 30 mm. Per ogni cm in più di spessore, il sovrapprezzo è di 2,47 €/m ²	€ 15,41	840	€ 12.944,40
Desonorizzazione, sp. 0,3 cm	A85096	Isolamento acustico in estradosso di coperture piane o inclinate su supporto di legno o cls mediante applicazione a spruzzo di miscela in granulato di sughero, resine acriliche, grassiv vegetale d acqua, impermeabile al 100% senza attività capillare, traspirante a 75%, resistente a temperature da -20 °C a +200 °C per spessore medio di 3 mm	€ 45,62	840	€ 38.320,80
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	840	€ 5.300,40
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	840	€ 5.300,40
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	840	€ 2.478,00
Isolamento in polistirene estruso, sp. 10 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 34,09	840	€ 28.635,60
Vespaio areato	A45007c	Vespaio areato realizzato con casseri modulari a perdere in polipropilene riciclato autoportante, impermeabili, posti in opera a secco su adeguato sottofondo di magrone da conteggiare a parte, compresi il conglomerato cementizio C25/30 (Rck 35 N/mm ²) per il riempimento tra i casseri e la sovrastante soletta di almeno 4 cm e l'armatura costituita da rete elettrosaldata diametro 6 mm maglia 200x200 mm: base quadrata dalla dim. 50x60 cm: altezza 27 cm	€ 30,46	840	€ 25.586,40
TOTALE					€ 194.166,00

Tabella 230. Computo metrico CO. 01

CO. 02

Pavimentazione in linoleum	B25079	Pavimento in linoleum, composto da lino ossidato e polimerizzato, polvere di legno, pigmenti inalterati e resine naturali calandrate su supporto di tela di juta, superficie superiore protetta con adeguato trattamento; per ambienti a traffico intenso secondo norma EN 685 classe 23-43 (centri commerciali, scuole, uffici, ospedali, industrie, ecc.) resistenza al fuoco classe 1, posto in opera con collante acrilico, in qualsiasi disposizione geometrica, compresa la preparazione del piano superiore del massetto di sottofondo con malta autolivellante, tagli, sfridi e la pulitura finale: in tali, spess. 4 mm	€ 51,60	620	€ 31.992,00
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	620	€ 29.970,80
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	620	€ 29.970,80
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	620	€ 12.610,80
Desonorizzazione, sp. 0,3 cm	A85096	Isolamento acustico in estradosso di coperture piane o inclinate su supporto di legno o cls mediante applicazione a spruzzo di miscela in granulato di sughero, resine acriliche, grassiv vegetale d acqua, impermeabile al 100% senza attività capillare, traspirante a 75%, resistente a temperature da -20 °C a +200 °C per spessore medio di 3 mm	€ 45,62	620	€ 28.284,40
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	620	€ 29.970,80
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	620	€ 1.829,00
Isolamento in polistirene estruso, sp. 10 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 34,09	620	€ 21.135,80
TOTALE					€ 185.764,40

Tabella 231. Computo metrico CO. 02

CO. 03

Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	206	€ 9.958,04
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	206	€ 9.958,04
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	206	€ 4.190,04
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	206	€ 1.299,86
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	206	€ 1.299,86
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m²	€ 2,95	206	€ 607,70
Isolamento in polistirene estruso, sp. 10 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 34,09	206	€ 7.022,54
TOTALE					€ 34.336,08

Tabella 232. Computo metrico CO. 03

CO. 04

Pavimentazione in linoleum	B25079	Pavimento in linoleum, composto da lino ossidato e polimerizzato, polvere di legno, pigmenti inalterati e resine naturali calandrate su supporto di tela di juta, superficie superiore protetta con adeguato trattamento; per ambienti a traffico intenso secondo norma EN 685 classe 23-43 (centri commerciali, scuole, uffici, ospedali, industrie, ecc.) resistenza al fuoco classe 1, posto in opera con collante acrilico, in qualsiasi disposizione geometrica, compresa la preparazione del piano superiore del massetto di sottofondo con malta autolivellante, tagli, sfridi e la pulitura finale: in tali, spess. 4 mm	€ 51,60	630	€ 32.508,00
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	630	€ 30.454,20
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	630	€ 30.454,20
Isolamento in polistirene estruso, sp. 5 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	630	€ 12.814,20
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	630	€ 3.975,30
Lana di legno 18 cm	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 57,13	630	€ 35.991,90
fibrocemento, sp. 1,2 cm	/	Lastre in materiale idrorepellente	€ 3,84	630	€ 2.419,20
TOTALE					€ 148.617,00

Tabella 233. Computo metrico CO. 04

CO. 05

Rivestimento in mattoni	/	/	€ 37,85	1270	€ 48.069,50
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	1270	€ 3.746,50
Impermeabilizzazione	A95014	Membrana bitume-polimero antiradice elastoplastomerica, flessibilità a freddo -10°C, armata in filo continuo di poliestere non tessuto additivata con acidi grassi e fenossici, applicata a fiamma sul massetto di sottofondo, escluso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli, spessore 3 mm.	€ 15,87	1270	€ 20.154,90
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	1270	€ 3.746,50
Lana di legno	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 34,03	1270	€ 43.218,10
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	1270	€ 8.013,70
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	1270	€ 8.013,70
TOTALE					€ 134.962,90

Tabella 234. Computo metrico CO. 05

CO. 06

Massetto di livellamento con pendenza	A1.4.365a	Massetto di calcestruzzo per formazione di pendenzasu tetti piani, sp. Medio 5 cm: impasto a 200 kg di cemento 32,5 R (per ogni cm in più o in meno rispetto ai 5 cm sovrapprezzo del 18%)	€ 18,30	145	€ 2.653,50
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	145	€ 427,75
Impermeabilizzazione	A95014	Membrana bitume-polimero antiradice elastoplastomerica, flessibilità a freddo -10°C, armata in filo continuo di poliestere non tessuto additivata con acidi grassi e fenossici, applicata a fiamma sul massetto di sottofondo, escluso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli, spessore 3 mm.	€ 15,87	145	€ 2.301,15
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	145	€ 427,75
Lana di legno	A85071	Lana di vetro, trattata con resina termoindurenti, conduttività termica l = 0,035 W/mK	€ 34,03	145	€ 4.934,35
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	145	€ 914,95
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	145	€ 914,95
TOTALE					€ 12.574,40

Tabella 235. Computo metrico CO. 06

CO. 07

Pavimentazione esterna	3000	€ 104.160,00
------------------------	------	--------------

Tabella 236. Computo metrico CO. 07

CO. 08

Tetto verde		Fornitura e posa in opera di: substrato tipo DAKU ROOF SOIL, strato di separazione tipo DAKU STABIL FILTER, lastre stampate e battentate tipo DAKU FSD20.	€ 65,00	1450	€ 94.250,00
Impermeabilizzazione	A95014	Membrana bitume-polimero antiradice elastoplastomerica, flessibilità a freddo -10°C, armata in filo continuo di poliestere non tessuto additivata con acidi grassi e fenossici, applicata a fiamma sul massetto di sottofondo, escluso, con sovrapposizione dei sormonti di 8 ÷ 10 cm in senso longitudinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli, spessore 3 mm.	€ 15,87	1450	€ 23.011,50
Barriera al vapore	A9.5024	Barriera al vapore costituita da un foglio di polietilene estruso, posato a secco e sigillato sui sormonti con nastro biadesivo: spess. 0,4 mm, colore nero.	€ 3,79	1450	€ 5.495,50
fibrocemento, sp. 1,2 cm	/	Lastre in materiale idrorepellente	€ 3,84	1450	€ 5.568,00
TOTALE					€ 128.325,00

Tabella 237. Computo metrico CO. 08

CO. 09

Pietra di luserna	4340	€ 104.160,00
-------------------	------	--------------

Tabella 238. Computo metrico CO. 09

Partizioni Orizzontali:

PO. 01

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Prezzo unitario [€]	Superficie [m ²]	Prezzo [€]
Doghe di legno	B25099	Pavimento in listoni predefiniti, composti da uno strato superiore in legno nobile di spessore di 5 mm, supporto in multistrato di rovere con profili maschiati	€ 109,88	240	€ 26.371,20
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	240	€ 11.601,60
Isolamento termico	A85022	Lana di vetro trattata con resine termoindurenti rivestiti su una superficie con carta kraft o con polipropilene, conduttività termica lambda 0,031 W/mK: spessore 30 mm, con sovrapprezzo di 4,85€ per ogni cm in più.	€ 40,71	240	€ 9.770,40
Desonorizzazione, sp. 0,3 cm	A85096	Isolamento acustico in estradosso di coperture piane o inclinate su supporto di legno o cls mediante applicazione a spruzzo di miscela in granulato di sughero, resine acriliche, grassiv vegetale d acqua, impermeabile al 100% senza attività capillare, traspirante a 75%, resistente a temperature da -20 °C a +200 °C per spessore medio di 3 mm	€ 45,62	240	€ 10.948,80
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	240	€ 1.514,40
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	240	€ 1.514,40
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	240	€ 708,00
Isolamento in polistirene estruso, sp. 10 cm	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 34,09	240	€ 8.181,60
Massetto impiantistico	A45001b	Massetto isolante in conglomerato cementizio confezionato in cantiere con 250 kg di cemento tipo 32,5 R ed inerti leggeri, dato in opera per lastrici, sottofondi, rinfianchi ecc. , battuto o spianato anche con pendenze: con perlite espansa	€ 27,70	240	€ 6.647,04
TOTALE					€ 77.257,44

Tabella 239. Computo metrico PO. 01

PO. 02

Pavimentazione in gres	B25027a	Pavimento in gres porcellanato in piastrelle di prima scelta, superficie naturale antiscivolo, ottenute da pressatura, a massa unica omogenea, per pavimentazioni ad intenso calpestio, rispondenti all'anorma UNI EN 14411 gruppo B la UGL (non smaltato), poste in opera con idoneo collante, previa preparazione del piano superiore del massetto di sottofondo da pagarsi a parte, con giunti connessi a cemento bianco, compresi tagli, sfidri e pulitura finale: dim. 30x30 cm, spess. 8,0 mm, tinta unita.	€ 41,66	1300	€ 54.158,00
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	1300	€ 62.842,00
Isolamento	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 20,34	1300	€ 26.442,00
Desonorizzazione, sp. 0,3 cm	A85096	Isolamento acustico in estradosso di coperture piane o inclinate su supporto di legno o cls mediante applicazione a spruzzo di miscela in granulato di sughero, resine acriliche, grassiv vegetale d acqua, impermeabile al 100% senza attività capillare, traspirante a 75%, resistente a temperature da -20 °C a +200 °C per spessore medio di 3 mm	€ 45,62	1300	€ 59.306,00
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	1300	€ 8.203,00
OSB, sp. 1,2 cm	/	Pannelli in fibra di legno fenolico	€ 6,31	1300	€ 8.203,00
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m ²	€ 2,95	1300	€ 3.835,00
Isolamento	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m ³	€ 34,09	1300	€ 44.317,00
Massetto impiantistico	A45001b	Massetto isolante in conglomerato cementizio confezionato in cantiere con 250 kg di cemento tipo 32,5 R ed inerti leggeri, dato in opera per lastrici, sottofondi, rinfianchi ecc. , battuto o spianato anche con pendenze: con perlite espansa	€ 27,70	1300	€ 36.004,80
TOTALE					€ 303.310,80

Tabella 240. Computo metrico PO. 02

PO. 03

Pavimentazione in linoleum	B25079	Pavimento in linoleum, composto da lino ossidato e polimerizzato, polvere di legno, pigmenti inalterati e resine naturali calandrate su supporto di tela di juta, superficie superiore protetta con adeguato trattamento; per ambienti a traffico intenso secondo norma EN 685 classe 23-43 (centri commerciali, scuole, uffici, ospedali, industrie, ecc.) resistenza al fuoco classe 1, posto in opera con collante acrilico, in qualsiasi disposizione geometrica, compresa la preparazione del piano superiore del massetto di sottofondo con malta autolivellante, tagli, sfridi e la pulitura finale: in tali, spess. 4 mm	€ 51,60	550	€ 28.380,00
Massetto di livellamento con pendenza	A1.4.365a	Massetto di calcestruzzo per formazione di pendenzasu tetti piani, sp. Medio 5 cm: impasto a 200 kg di cemento 32,5 R (per ogni cm in più o in meno rispetto ai 5 cm sovrapprezzo del 18%)	€ 18,30	550	€ 10.065,00
Isolamento	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 20,34	550	€ 11.187,00
Desonorizzazione, sp. 0,3 cm	A85096	Isolamento acustico in estradosso di coperture piane o inclinate su supporto di legno o cls mediante applicazione a spruzzo di miscela in granulato di sughero, resine acriliche, grassiv egetalie d acqua, impermeabile al 100% senza attività capillare, traspirante a 75%, resistente a temperature da -20 °C a +200 °C per spessore medio di 3 mm	€ 45,62	550	€ 25.091,00
Doppia lastra in gesso rivestito, sp. 1,25+1,25 cm	B75002	Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale pronte da tinteggiare, tappezzare o piastrellare, a bordi assottigliati. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm, spessore 13 mm	€ 48,34	550	€ 26.587,00
Tessuto non tessuto, sp. 1 mm	A95026	Manto di scorrimento in feltro non tessuto, in fibra poliestere da fiocco posato a secco, da 200g/m²	€ 2,95	550	€ 1.622,50
Isolamento	A85025	Isolamento in polistirene espanso estruso, densità 33kg/m³	€ 34,09	550	€ 18.749,50
Massetto impiantistico	A45001b	Massetto isolante in conglomerato cementizio confezionato in cantiere con 250 kg di cemento tipo 32,5 R ed inerti leggeri, dato in opera per lastrici, sottofondi, rinfianchi ecc. , battuto o spianato anche con pendenze: con perlite espansa	€ 27,70	550	€ 15.232,80
TOTALE					€ 136.914,80

Tabella 241. Computo metrico PO. 03

9.3.4. Computo metrico serramenti

Di seguito viene riportato uno stralcio del computo metrico dei serramenti. In particolare sono analizzate nell'ordine: finestre esterne, porte d'ingresso, porte interne, scorrevoli e non, e porte REI.

Edificio ESPE:

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Dimensioni			Numero parti simili	Superficie totale [m ²]	Prezzo unitario	Prezzo totale
			Larghezza [m]	Altezza [m]	Superficie [m ²]				
Serramenti in alluminio	C15053	Serramenti in profilati di alluminio preverniciati con polveri epossidiche, dello spessore di 50 mm a taglio termico con setti intermedi di poliammide rinforzato, con spessore massimo per vetrocamera di 23 mm, ad una o più ante; posto in opera completi di vetricamera 4/12/4, coprifili, guarnizioni in EPDM, cerniere e meccanismo di chiusura, escluso eventuale controtelaio metallico da valutare a parte, calutato al mq per infissi ad un anta non inferiori a 1,0 mq e per infissi a due ante non inferiori a 1,5 mq.	2,10	1,20	2,52	2	5,04	€ 280,00	€ 1.411,20
			2,60	1,20	3,12	2	6,24	€ 280,00	€ 1.747,20
			3,00	1,20	3,60	1	3,60	€ 280,00	€ 1.008,00
			2,00	1,20	2,40	4	9,60	€ 280,00	€ 2.688,00
			1,80	1,20	2,16	2	4,32	€ 280,00	€ 1.209,60
			2,40	1,20	2,88	1	2,88	€ 280,00	€ 806,40
			3,00	1,20	3,60	16	57,60	€ 280,00	€ 16.128,00
			0,90	1,20	1,08	2	2,16	€ 280,00	€ 604,80
			1,60	1,20	1,92	7	13,44	€ 280,00	€ 3.763,20
			1,00	1,20	1,20	3	3,60	€ 280,00	€ 1.008,00
			1,10	1,20	1,32	4	5,28	€ 280,00	€ 1.478,40
			1,40	1,20	1,68	3	5,04	€ 280,00	€ 1.411,20
			1,50	1,20	1,80	3	5,40	€ 280,00	€ 1.512,00
1,20	1,20	1,44	1	1,44	€ 280,00	€ 403,20			
Serramenti in alluminio	C15054		3,40	2,20	7,48	1	7,48	€ 280,00	€ 2.094,40
			2,20	2,20	4,84	1	4,84	€ 280,00	€ 1.355,20
Porte scorrevoli	C25021b	Porta interna in legno con anta ad apertura scorrevole fuori muro, cieca liscia, completa di binario e mantovana laccata bianca.	0,90	2,20	1,98	2	3,96	€ 453,31	€ 906,62
Porte	C25014b	Porta interna con anta cieca liscia laccata bianca	0,90	2,10	1,89	16	30,24	€ 246,21	€ 3.939,36
Porte	C15045b	Porta tagliafuco vetrata, con struttura in acciaio a due battenti con vetri omologati a norma, colore avorio chiaro.	1,80	2,10	3,78	4	15,12	€ 5.979,42	€ 23.917,68

Tabella 242. Computo metrico serramenti ESPE

Edificio Aule:

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Dimensioni			Numero parti simili	Superficie totale [m ²]	Prezzo unitario	Prezzo totale
			Larghezza [m]	Altezza [m]	Superficie [m ²]				
Serramenti in alluminio	C15053	Serramenti in profilati di alluminio preverniciati con polveri epossidiche, dello spessore di 50 mm a taglio termico con setti intermedi di poliammide rinforzato, con spessore massimo per vetrocamera di 23 mm, ad una o più ante; posto in opera completi di vetricamera 4/12/4, coprifili, guarnizioni in EPDM, cerniere e meccanismo di chiusura, escluso eventuale controtelaio metallico da valutare a parte, calutato al mq per infissi ad un anta non inferiori a 1,0 mq e per infissi a due ante non inferiori a 1,5 mq.	1,20	9,00	10,80	7	75,60	€ 280,00	€ 21.168,00
			2,00	1,20	2,40	1	2,40	€ 280,00	€ 672,00
			2,70	2,20	5,94	2	11,88	€ 280,00	€ 3.326,40
			3,40	1,20	4,08	1	4,08	€ 280,00	€ 1.142,40
			3,50	1,20	4,20	1	4,20	€ 280,00	€ 1.176,00
			4,00	1,20	4,80	1	4,80	€ 280,00	€ 1.344,00
			4,00	2,20	8,80	2	17,60	€ 280,00	€ 4.928,00
			4,10	2,20	9,02	1	9,02	€ 280,00	€ 2.525,60
			4,50	2,20	9,90	7	69,30	€ 280,00	€ 19.404,00
			5,00	2,20	11,00	2	22,00	€ 280,00	€ 6.160,00
Serramenti in alluminio	C15054		4,00	2,20	8,80	2	17,60	€ 280,00	€ 4.928,00
Porte scorrevoli	C25021b	Porta interna in legno con anta ad apertura scorrevole fuori muro, cieca liscia, completa di binario e mantovana laccata bianca.	0,90	2,20	1,98	1	1,98	€ 453,31	€ 453,31
Porte	C25014b	Porta interna con anta cieca liscia laccata bianca	0,90	2,10	1,89	32	60,48	€ 246,21	€ 7.878,72
Porte	C15045b	Porta tagliafuco vetrata, con struttura in acciaio a due battenti con vetri omologati a norma, colore avorio chiaro.	1,80	2,10	3,78	6	22,68	€ 5.979,42	€ 35.876,52

Tabella 243. Computo metrico serramenti AULE

Edificio Cassa:

Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Dimensioni			Numero parti simili	Superficie totale [m ²]	Prezzo unitario	Prezzo totale
			Larghezza [m]	Altezza [m]	Superficie [m ²]				
Serramenti in alluminio	C15053	Serramenti in profilati di alluminio preverniciati con polveri epossidiche, dello spessore di 50 mm a taglio termico con setti intermedi di poliammide rinforzato, con spessore massimo per vetrocamera di 23 mm, ad una o più ante; posto in opera completi di vetr-camera 4/12/4, coprifili, guarnizioni in EPDM, cerniere e meccanismo di chiusura, escluso eventuale controtelaio metallico da valutare a parte, calcolato al mq per infissi ad un'anta non inferiori a 1,0 mq e per infissi a due ante non inferiori a 1,5 mq.	0,80	2,20	1,76	1	1,76	€ 280,00	€ 492,80
			0,90	2,70	2,43	1	2,43	€ 280,00	€ 680,40
			1,10	3,00	3,30	1	3,30	€ 280,00	€ 924,00
			1,50	2,70	4,05	1	4,05	€ 280,00	€ 1.134,00
			1,80	1,80	3,24	1	3,24	€ 280,00	€ 907,20
			1,90	1,60	3,04	1	3,04	€ 280,00	€ 851,20
			2,00	2,50	5,00	1	5,00	€ 280,00	€ 1.400,00
			3,00	3,00	9,00	1	9,00	€ 280,00	€ 2.520,00
			3,20	2,70	8,64	1	8,64	€ 280,00	€ 2.419,20
			3,50	2,00	7,00	1	7,00	€ 280,00	€ 1.960,00
			4,60	2,20	10,12	1	10,12	€ 280,00	€ 2.833,60
			5,00	1,60	8,00	1	8,00	€ 280,00	€ 2.240,00
			5,20	2,50	13,00	1	13,00	€ 280,00	€ 3.640,00
11,70	2,20	25,74	1	25,74	€ 280,00	€ 7.207,20			
Serramenti in alluminio	C15054		1,20	7,40	8,88	2	17,76	€ 280,00	€ 4.972,80
Porte scorrevoli	C25021b	Porta interna in legno con anta ad apertura scorrevole fuori muro, cieca liscia, completa di binario e mantovana laccata bianca.	0,90	2,20	1,98	3	5,94	€ 453,31	€ 1.359,93
Porte	C25014b	Porta interna con anta cieca liscia laccata bianca	0,90	2,10	1,89	15	28,35	€ 246,21	€ 3.693,15
Porte	C15045b	Porta tagliafuoco vetrata, con struttura in acciaio a due battenti con vetri omologati a norma, colore avorio chiaro.	1,80	2,10	3,78	2	7,56	€ 5.979,42	€ 11.958,84

Tabella 244. Computo metrico serramenti CASSA

9.3.5. Valutazione costi tra trave reticolare e calastrellata

Nelle varie analisi e comparazioni tra travi reticolari e calastrellata, ci siamo cimentati anche nella valutazione dei costi dell'acciaio per realizzare le due strutture. Per i calcoli è stata ipotizzata la medesima quantità di vetro e la stessa quantità di elementi per la pavimentazione, concentrando i calcoli dei costi solamente alle parti in acciaio delle travi.

Trave calastrellata:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
UPN 180	Calastrelli interni	C13026c	Travi UPN (EN 10279)	22,00	21,60	475,2	100	4,752	€ 82,23	€ 390,76
UPN 180	Travi di sostegno, luce minima	C13026c	Travi UPN (EN 10279)	22,00	20,00	440	100	4,400	€ 82,23	€ 361,81
UPN 280	Calastrelli esterni	C13026d	Travi UPN (EN 10279)	41,80	4,80	200,64	100	2,006	€ 85,51	€ 171,57
UPN 280	Travi di sostegno, luce massima	C13026d	Travi UPN (EN 10279)	41,80	20,00	836	100	8,360	€ 85,51	€ 714,86

TOTALE € 1.639,00

Tabella 245. Computo trave Calastrellata

Trave reticolare:

Struttura	Lavorazioni	Codice lavorazione	Descrizione	Peso al metro [kg/m]	Lunghezza totale [m]	Peso totale [kg]	Unità di misura [kg]	Peso effettivo [kg]	Prezzo unitario	Prezzo totale
IPE160	Correnti ed elementi verticali	C13027	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	26,20	52,00	1362,4	100	13,624	€ 83,17	€ 1.133,11
IPE160	Elementi diagonali	C13027	Travi IPE (UNI 5398) da 100 a 220 mm	26,20	22,20	581,64	100	5,816	€ 83,17	€ 483,75

TOTALE € 1.616,86

Tabella 246. Computo trave Reticolare

I risultati dimostrano una sostanziale parità di spesa per le due diverse tipologie di struttura. Tale analisi quindi risulta poco significativa nella scelta migliore tra le due strutture, mantenendo la nostra scelta sempre indirizzata verso la realizzazione di una passerella vetrata neutra con struttura calastrellata.

9.3.6. Resoconto spese totali

Elementi tecnologici:

Tipologia	Spesa
Chiusure Verticali	€ 336.979,47
Chiusure Orizzontali	€ 942.929,78
Partizioni Verticali	€ 121.930,36
Partizioni Orizzontali	€ 517.483,04

Tabella 247. Resoconto elementi tecnologici

Elementi strutturali:

Edificio	Spesa
Espe	€ 54.023,83
Cassa Edile	€ 102.022,06
Aule	€ 88.484,68
Passerelle	€ 31.130,77
Parcheggio	€ 122.980,18
Controventi	€ 3.613,13
Prefabbricato	€ 237.691,04
Scavi	€ 90.579,01

Tabella 248. Resoconto elementi strutturali

Serramenti:

Edificio	Spesa
Espe	€ 66.485,84
Cassa Edile	€ 110.982,95
Aule	€ 51.194,32

Tabella 249. Resoconto serramenti

Totale Spesa Complessiva: 2.878.509,60 €

Totale Spesa prevista dal bando: 3.500.000,00 €

9.4. Program Evaluation and Review Technic (P.E.R.T.)

Partendo dai prezzi associati ad ogni impresa e ricavati al grazie al computo metrico estimativo, è stato necessario determinare le durate mediane al fine di costruire un programma lavori, utilizzando gli strumenti di programmazione reticolare.

Tali strumenti consistono nei reticoli P.E.R.T, ovvero reticoli spaziali che rappresentano i legami logico – costruttivi e le precedenze tra le lavorazioni di cantiere, che consentono la determinazione della durata complessiva dei lavori e, di conseguenza, la definizione della durata contrattuale.

Con precedenza s'intende il legame di dipendenza tra due attività: deve essere ultimata una certa attività affinché possa cominciare quella successiva.

Il reticolo P.E.R.T. è caratterizzato da un evento iniziale, coincidente con l'inizio lavori e un evento finale, coincidente con la fine lavori. Gli eventi hanno durata nulla, mentre ad ogni attività si associa una durata mediana.

Vantaggi	Svantaggi
Si vedono le precedenze tra le diverse voci di lavoro/lavorazioni	Non si vedono le sovrapposizioni delle varie voci di lavoro/lavorazioni

Tabella 250. Pro e contro del reticolo PERT

Nel caso in esame si è dunque costruito un reticolo P.E.R.T. riferito al 1° livello della WBS ergotecnica, ovvero riferito alle voci di lavoro.

Per redigere un reticolo P.E.R.T. successivamente alla determinazione delle durate mediane si procede con il calcolo dei tempi massimi per ogni evento.

All'evento iniziale si assegna tempo nullo e si procede con il calcolo a partire dall'evento iniziale verso quello finale.

Il tempo minimo di un evento è pari alla somma della sua durata e del tempo minimo dell'attività che lo precede. Se in un evento concorrono più percorsi si deve scegliere il tempo minimo maggiore tra quelli calcolati.

$$T_{\min-j} = T_{\min-1} + D_{1,j}$$

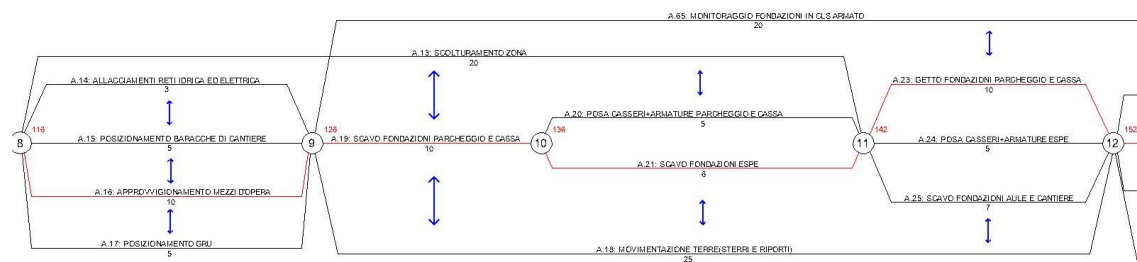
Dopo aver calcolato i tempi minimi per ogni evento, si calcolano i tempi massimi, procedendo dall'evento finale verso quello iniziale.

All'evento finale si assegna come tempo massimo il valore corrispondente a quello minimo e si procede a ritroso: il tempo massimo di un evento è pari alla differenza tra il tempo massimo del successivo e la durata dell'attività.

$$T_{\max-j} - D_{j,i} = T_{\max-i}$$

Se in un evento concorrono più percorsi si deve scegliere il tempo massimo minore tra quelli calcolati. L'evento iniziale deve obbligatoriamente avere tempo massimo nullo.

Tutti gli eventi con tempo minimo uguale al tempo massimo sono eventi critici. L'insieme delle attività che collegano gli eventi critici costituiscono il percorso critico. Le attività critiche non possono essere dilazionate nel tempo senza causare un ritardo sull'intero programma lavori, sono caratterizzate da slittamento nullo e da esse dipende la durata totale del programma. Tutte le attività non critiche, invece, possono essere dilatate o dilazionate nel tempo a seconda delle esigenze operative, senza causare ritardi globali dell'intervento.



Il tempo complessivo del programma deve essere confrontato con il tempo previsto del contratto:

- se il tempo ottenuto dal P.E.R.T. (T_a) è maggiore o uguale al tempo previsto dal contratto (T_p) allora le ipotesi del programma non rispondono con quelle del contratto;

- se il tempo ottenuto dal P.E.R.T. (T_a) è minore rispetto al tempo previsto dal contratto (T_p) allora occorre calcolare la probabilità di successo di rispettare i tempi del contratto.

Con l'approccio probabilistico si ha una garanzia (probabilità) del 50% di rispettare la durata complessiva risultante dal programma.

Nel caso in esame la durata complessiva necessaria alla realizzazione della Cittadella dell'Edilizia risulta essere 304 giorni. Occorre tener presente che tale durata rappresenta la durata contrattuale ma non considera l'eventuale sovrapposizione di alcune lavorazioni.

Il percorso critico, non considerando la fase di bando e presentazione lavori iniziale, si sviluppa sulle seguenti attività:

- A.12 - Inizio Lavori - Recinzione Perimetro
- A. 16 - Approvvigionamento mezzi d'opera
- A. 19/21 - Scavi Fondazioni
- A. 23/27/31 - Getto Fondazioni
- A. 32 - Posa travi reticolari parcheggio
- A. 39/43/47/51 - Posa strutture in acciaio Aule
- A. 55 - Posa impianti Prima Fase Cantiere
- A. 56 - Posa copertura verde Parcheggio
- A. 62 - Posa travi passerella Espe/Cassa
- A. 66 - Posa impianti Prima Fase Aule
- A. 70 - Posa partizioni interne Aule
- A. 71 - Posa tamponamenti esterni Parcheggio
- A. 75 - Posa tamponamenti esterni Aule
- A. 79/83 - Posa Serramenti Aule/Cassa
- A. 89/91 - Posa Finiture Aule/Cassa
- A. 96/100 - Posizionamento arredi Aule/Casse

9.4.1. Descrizione P.E.R.T.

La prima fase si sviluppa per un periodo massimo di 111 giorni che vanno dalla nomina della giuria e del responsabile del procedimento, alla pubblicazione del bando di gara fino alla nomina dell'impresa vincitrice. La scelta del Direttore Lavori e le richieste dei permessi per costruire racchiudono le attività più lunghe in termini di tempistica.

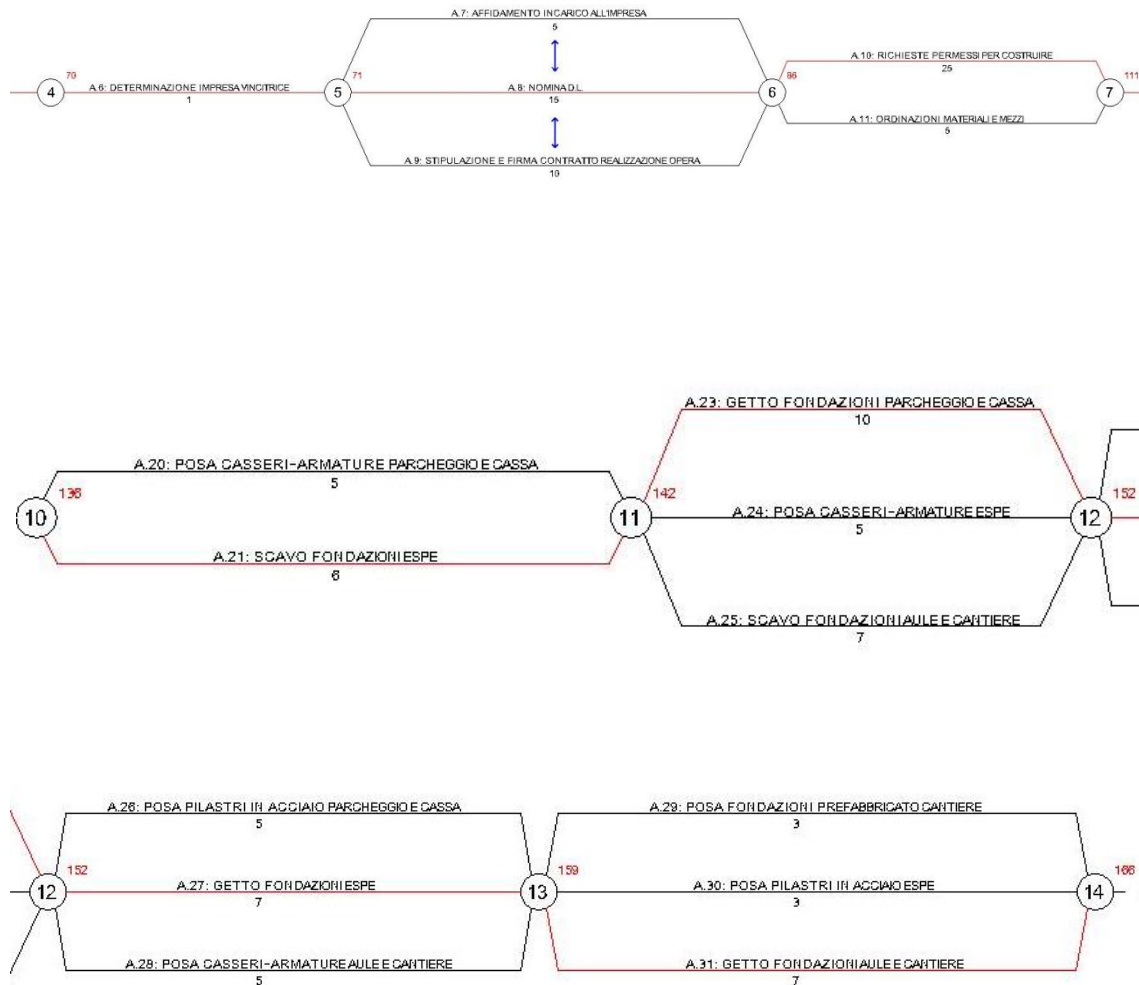


La seconda fase si articola dall'inizio vero e proprio dei lavori con relativa recinzione dell'area, all'allestimento del cantiere con il posizionamento delle baracche e l'allacciamento alle linee elettriche e dell'acqua.

Dopo lo scavo di scolturamento, si procede agli scavi per gli edifici. Le squadre operative e i mezzi di scavo si disarticolano tra i tre punti di scavo, convogliando tutto il materiale di sterro in una zona prestabilita. Come ampiamente analizzato

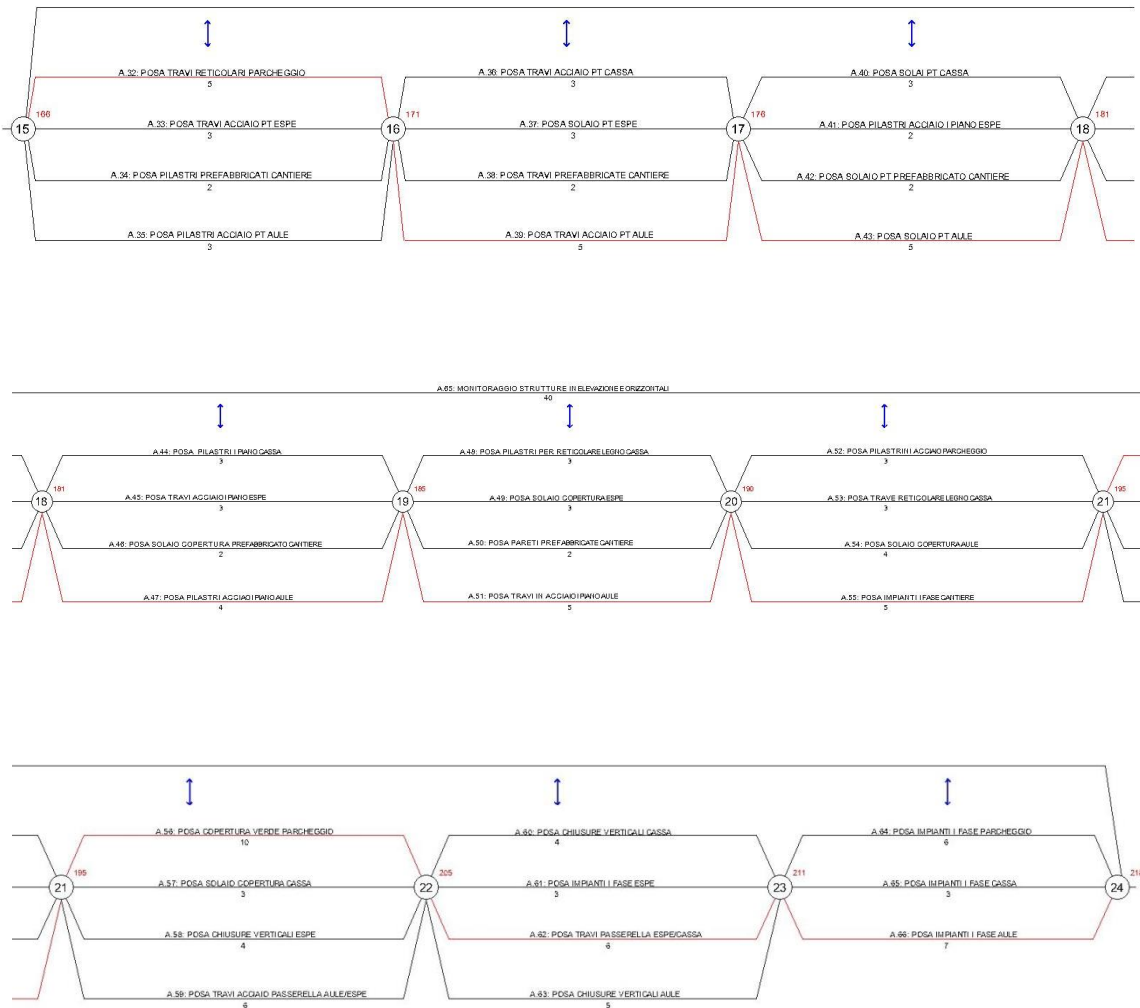
in precedenza, tale materiale verrà riutilizzato nell'area del parco per scarpate e copertura della ferrovia. Di seguito vengono realizzate le opere di cassetatura, armatura e getto delle fondazioni e delle murature controterra dei tre edifici.

Dopo un totale di 166 giorni di lavoro si giunge alla stesura del primo S.A.L. (Stato Avanzamento Lavori).



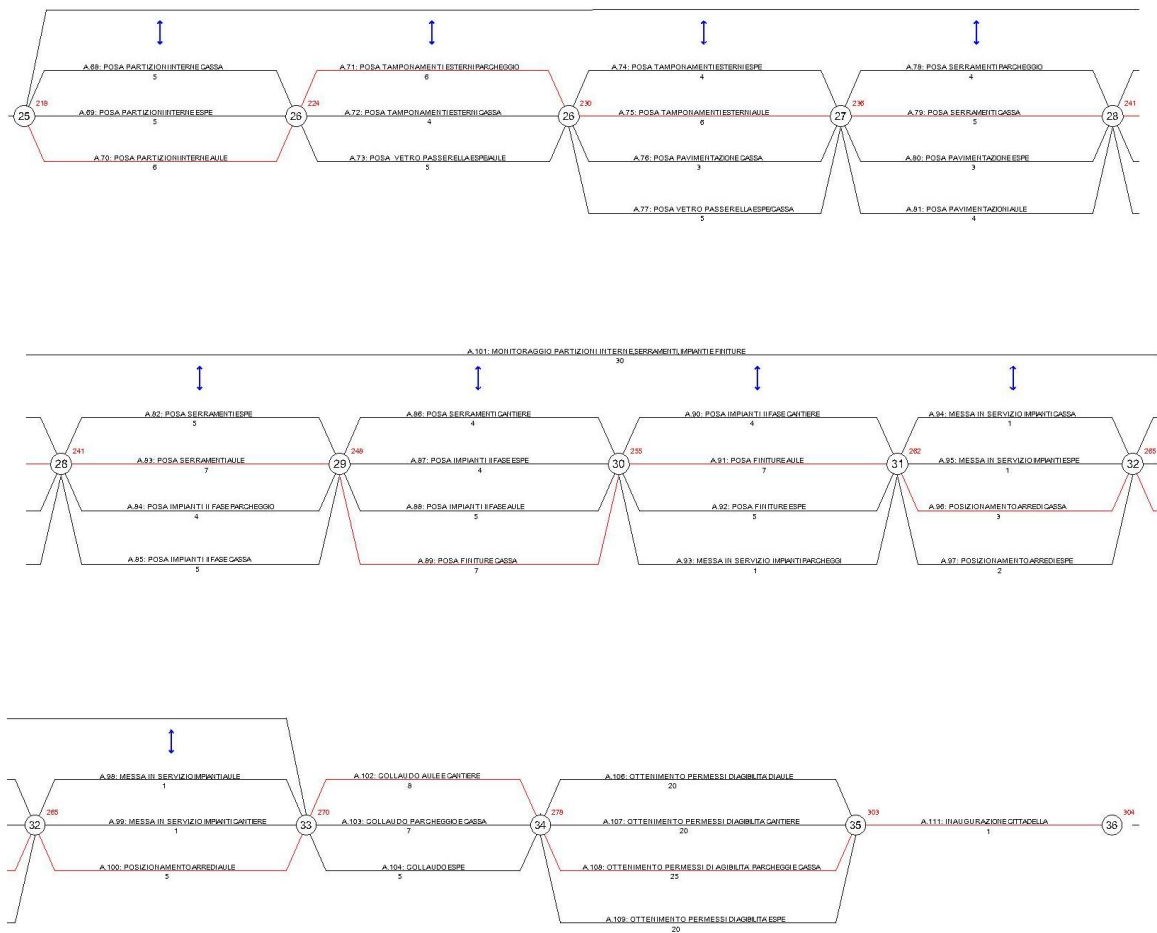
La fase di strutture interesserà i seguenti 52 giorni di lavoro. Verranno realizzati tutti gli scheletri strutturali dei tre edifici e del parcheggio, compresi i solai interpiano e di copertura. Maggiore attenzione verrà data al parcheggio che presenta una struttura più articolata.

In questo periodo vengono, inoltre, predisposti i lavori per gli impianti di prima fase.



Dopo il secondo S.A.L., si procede con l'ultima fase della realizzazione. Nel dettaglio vengono realizzate le partizioni interne, pavimentazione, tamponamenti esterni, serramenti ed arredo.

Il tutto si conclude con l'inaugurazione finale dell'intero impianto, per un totale di 304 giorni di lavoro con il terzo ed ultimo Stato di Avanzamento Lavori e consegna dell'opera.



9.5. Disarticolazione ergotecnica

Oggetto di questa sezione è la metaprogettazione operativa dell'intervento a seguito dell'analisi e della programmazione operativa delle singole lavorazioni.

Questa parte del piano di sicurezza e coordinamento individua due caratteristiche fondamentali ovvero gli aspetti relativi alle soluzioni tecnologiche e alle possibilità di realizzazione in opera e le sequenze operative delle lavorazioni.

In questa fase il coordinatore identifica i potenziali eventi dannosi che si potrebbero verificare nel corso delle varie lavorazioni e formula delle ipotesi relative alle modalità e alle sequenze di esecuzione. Le ipotesi del coordinatore non vincolano l'appaltatore nelle scelte in quanto la normativa prevede che mantenga libertà nell'utilizzo delle risorse aziendali di cui dispone.

In ogni scheda verranno affrontati i seguenti punti:

- Voce d'opera
- Luogo di lavoro
- Materiali
- Squadra operativa standard
- Macchinari ed attrezzature
- Approvvigionamento
- Movimentazione
- Stoccaggio
- Lavorazioni
- Posa in opera

Alcune lavorazioni complesse presentano più fasi di lavoro con diversi Squadra operativa standard. In questi casi le singole attività delle lavorazioni verrà trattate separatamente per una migliore comprensione del procedimento costruttivo.

9.5.1. Schede ergotecniche

Dopo aver computato i singoli elementi tecnici si procede ora con la stesura delle schede ergotecniche per le seguenti voci di lavoro presenti nel nodo in esame.

Lavorazione 1: Scavo

Lavorazione 2: Reinterro sottofondazione

Lavorazione 3: Magrone armato sottofondazione non armato

Lavorazione 4: Trave rovescia di fondazione

Lavorazione 5: Impermeabilizzazione della fondazione

Lavorazione 6: Posa della membrana bugnata e del tubo drenante

Lavorazione 7: Reinterro

Lavorazione 8: Magrone armato sotto vespaio

Lavorazione 9: Vespaio areato

Lavorazione 10: Impermeabilizzazione orizzontale sopra vespaio

Lavorazione 11: Struttura portante stratificata a secco

Lavorazione 12: Magrone di sottofondo per pavimentazione esterna

Lavorazione 13: Pavimentazione esterna in pietra di Luserna

Lavorazione 14: Rivestimento esterno in mattoni

Lavorazione 15: Strato di isolamento

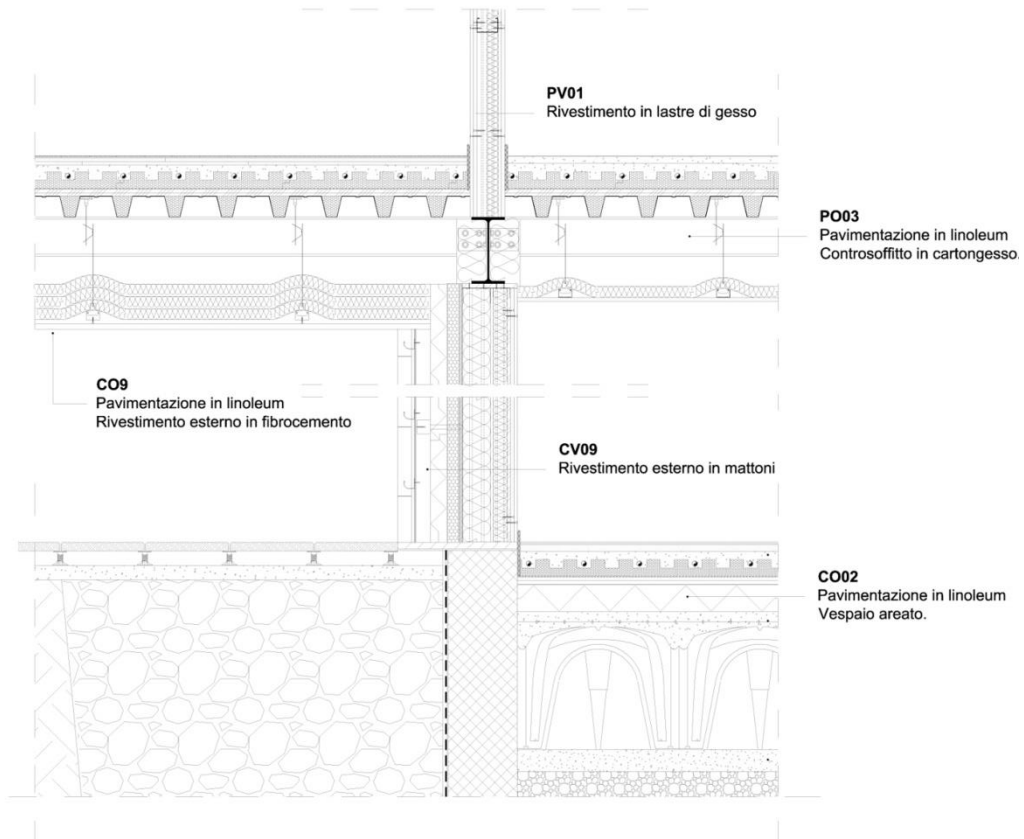
Lavorazione 16: Sottofondo

Lavorazione 17: Lastre in gesso rivestito

Lavorazione 18: Linoleum

Lavorazione 19: Tinteggiatura

Nodo in esame:



9.5.2. Le movimentazioni

Poiché le movimentazioni sono comuni a più lavorazioni abbiamo ritenuto opportuno raggrupparle e spiegarle prima delle schede ergotecniche.

Movimentazioni manuali

Le movimentazioni manuali all'interno del cantiere non devono superare i 30 kg, peso massimo di sollevamento consentito per un uomo adulto. Il sollevamento deve avvenire correttamente come rappresentato nelle figure sottostanti per evitare lesioni all'apparato muscolare e scheletrico.

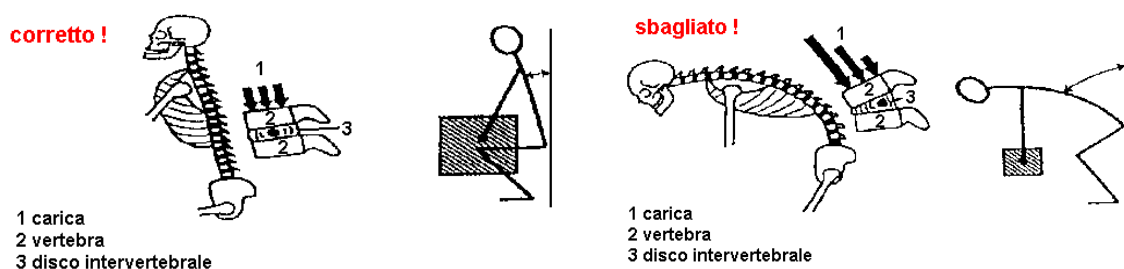


Fig. 146 Tecniche per la corretta movimentazione di pesi manualmente

Movimentazioni con gru di cantiere

Per il cantiere in esame abbiamo ipotizzato due gru a torre con portata massima in punta garantita di 1500 kg. La collocazione sarà meglio esplicitata nei layout di cantiere. Tutti i materiali da essa movimentati non dovranno superare tale peso.



Fig. 147 Esempio gru di cantiere

Le movimentazioni con gru di cantiere possono avvenire con vari metodi e accessori a seconda del tipo di carico da movimentare. Per le lavorazioni del cantiere in esame abbiamo individuato i seguenti accessori.



Fig. 148 Benna per il sollevamento di materiali sciolti



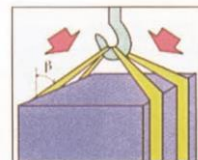
Fig. 149 Benna per il sollevamento e il getto del cls



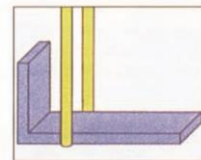
Fig. 150 Forca per il sollevamento di pallet



Fig. 151 Forca per il sollevamento in sicurezza di materiali sciolti su pallet



Tenere conto del modo di imbragaggio e dell'angolo d'inclinazione



Tenere in considerazione il centro di gravità del carico



Fig. 152 Fasce per la movimentazione

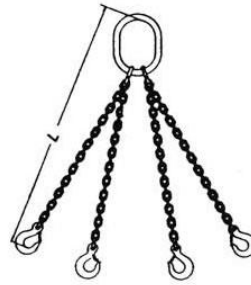


Fig. 153 Catene per la movimentazione di materiali



Fig. 154 Bilancino per la movimentazione di materiali fragili di elevate dimensioni



Fig. 155 Ganci per il sollevamento di prefabbricati



Fig. 156 Ceste e casse per la movimentazione di materiali sciolti tipo rifiuti, attrezzi manuali di cantiere ecc.

Movimentazioni con gru montata su autocarro

Certi materiali giungono in cantiere su autocarro munito di gru e verranno quindi scaricati con essa. Tale operazione è sicuramente necessaria quando i materiali sono su pallet o pacchi con peso superiore a 1500 kg. Prima dell'utilizzo della gru su autocarro, è necessario che l'operatore verifichi che la stessa sia correttamente assicurata in tutte le sue parti e correttamente posizionata lontana da scavi o terreni in pendenza con gli stabilizzatori poggianti su terreno compatto, al fine di evitare il ribaltamento dell'autocarro.



Fig. 157 Autocarro dotato di gru, posizionato correttamente con gli stabilizzatori poggiati sul terreno

Movimentazioni autogrù

I materiali con pesi elevati superiori a 1500kg o materiali prefabbricati pesanti che vengono immediatamente posti in opera vengono movimentati tramite autogrù. I materiali verranno movimentati con metodi identici a quelli usati con la gru di cantiere quindi benne, fasce, catene, bilancini, forche, ceste o casse. Prima dell'utilizzo dell'autogrù, è necessario che l'operatore verifichi che la stessa sia correttamente assicurata in tutte le sue parti e correttamente posizionata lontana da scavi o terreni in pendenza con gli stabilizzatori poggianti su terreno compatto, al fine di evitare il ribaltamento dell'autogrù.



Fig. 158 Corretta movimentazione



Fig. 159 Errata movimentazione

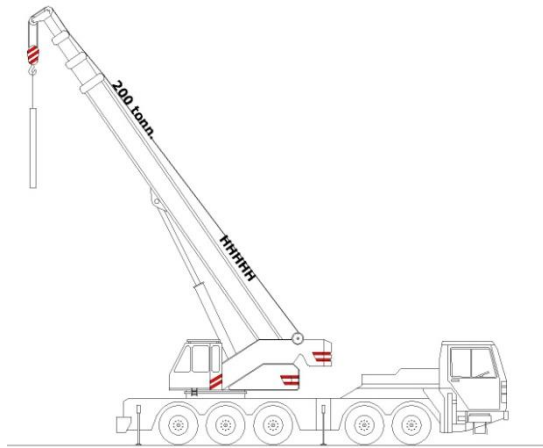


Fig. 160 Autogrù tipo

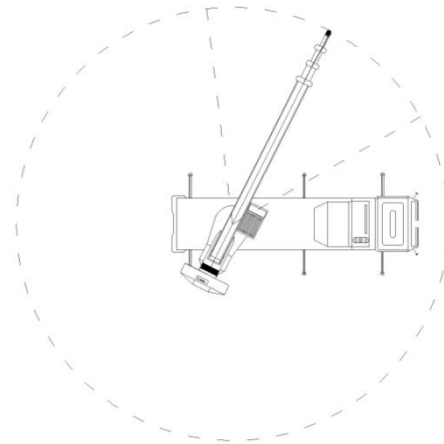


Fig. 161 Area di manovra

Movimentazioni con transpallet

La movimentazione dei pallet su superfici piane come all'interno dell'edificio possono essere effettuate tramite transpallet.



Fig. 162 Transpallet tipo



Fig. 163 Movimentazione con trasnpallet

Movimentazioni con autopompa

Il calcestruzzo per i getti può essere movimentato o con benna e gru di cantiere o tramite autopompa o con autobetonpompa o direttamente dalla canale dell'autobetoniera. L'autopompa garantisce però un getto continuo, una portata maggiore di cls e quindi anche la riduzione dei tempi di movimentazione.

Prima dell'utilizzo della pompa autocarrata con braccio di distribuzione, è necessario che l'operatore verifichi che la stessa sia correttamente assicurata in tutte le sue parti e correttamente posizionata lontana da scavi o terreni in pendenza con gli stabilizzatori poggianti su terreno compatto, al fine di evitare il ribaltamento della pompa.

Il calcestruzzo viene fatto passare dalla canale dell'autobetoniera alla tramoggia dell'autopompa con una serie di cicli di getto terminanti con lo svuotamento dell'autobetoniera e relativa sostituzione.



Fig. 164 Autopompa tipo



Fig. 165 Braccio autopompa

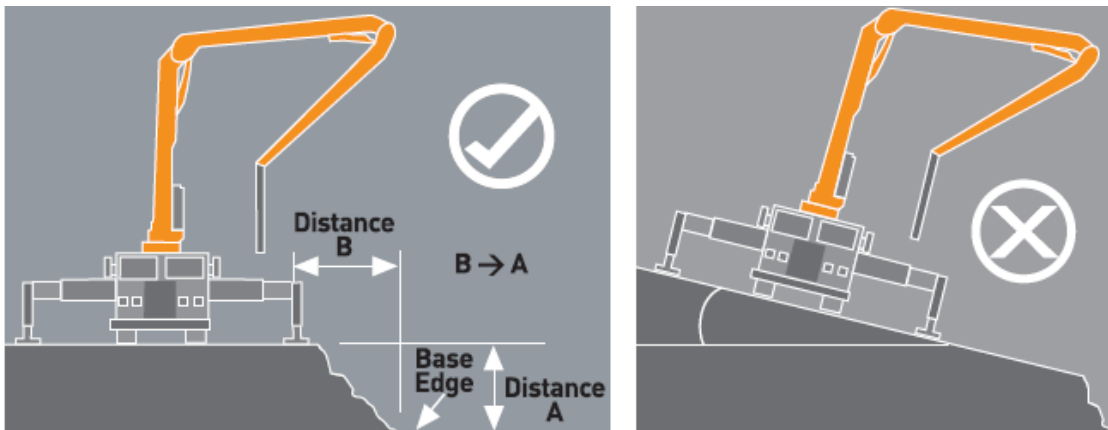


Fig. 166 Corretto posizionamento autopompa in relazione a scavi e pendenze del terreno

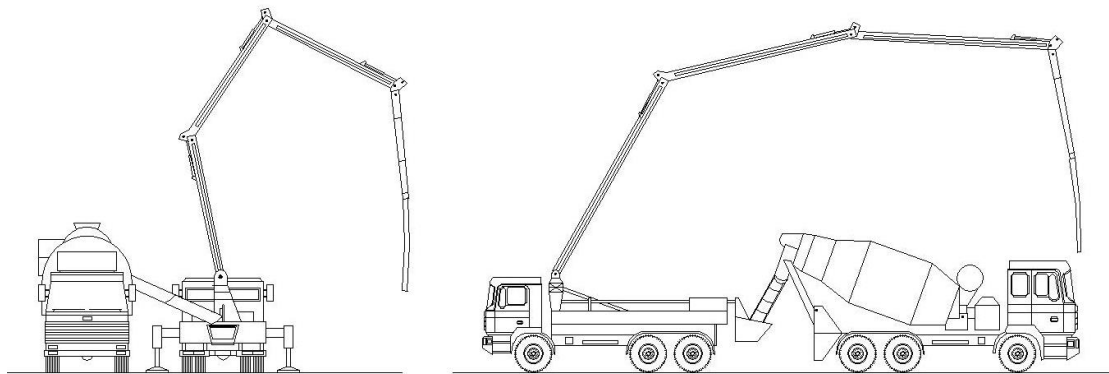


Fig. 167 Sistema di connessione tra autobotte e autopompa

9.5.3. Lavorazione 1: Scavo

Voce d'opera:

Scavo generale completo e scavo parziale di fondazione. Realizzazione di bauletto di protezione.

Luogo di lavoro:

Piazza.

Materiali:

Tessuto non tessuto per protezione della scarpata dello scavo

Assi di legno e segnaletica varia per la realizzazione della protezione del bordo dello scavo e delle scalette di accesso al fondo scavo

Squadra operativa standard:

Capo squadra

5 operai specializzati di terzo livello: due escavatoristi, un autista dumper e un addetto al tracciamento dello scavo.

Macchinari ed attrezzature:

2 escavatori a cucchiaio rovescio

Dumper

Strumenti per il tracciamento dello scavo

Attrezzi manuali da cantiere



Fig. 168 Fasi di scavo



Fig. 169 Escavatore a pala rovescia

Approvvigionamento:

I lavori di scavo prevedono l'utilizzo di escavatori cingolati a cucchiaio rovescio e di un dumper per il carico e trasporti del materiale all'interno del cantiere. Tutti questi macchinari verranno trasportati in cantiere mediante adeguati autocarri.

Movimentazione:

La movimentazione del terreno all'interno dell'area di cantiere avviene tramite dumper.

Stoccaggio:

Il terreno rimosso verrà depositato in apposite aree di stoccaggio in prossimità della zona di lavorazione del bauletto di protezione acustica. Parte del terreno verrà inoltre utilizzata per il livellamento e costruzione della collinetta all'interno del giardino. Ciò permette di evitare il trasporto in discarica del materiale in eccesso.

Lavorazione:

Le zone di lavorazione previste in questa voce d'opera sono due. Zona di carico, dove il terreno viene asportato tramite escavatore a cucchiaio rovescio e caricato su dumper. Zona di scarico, dove il terreno viene scaricato dal dumper e posizionato tramite escavatore a cucchiaio rovescio per la realizzazione di un bauletto di protezione all'area o per la collinetta e zone di riporto.

Posa in opera:

Dopo le operazioni preliminari di scolturamento dell'intera area tramite escavatore, con l'asportazione del terreno vegetale di uno spessore di circa 0.3 m, viene eseguito il tracciamento del perimetro di scavo. Le operazioni di scavo generale vengono eseguite mediante escavatore a cucchiaio rovescio fino alla profondità di 0.60 m rispetto al piano di campagna. Viene quindi eseguito il tracciamento dello scavo parziale. Una volta conclusa tale operazione si procederà con lo scavo parziale di fondazione sempre tramite escavatore a pala rovescia fino a 1.50 m di profondità sotto il piano dello scavo generale.

Durante la realizzazione degli scavi si procederà contemporaneamente alla posa del tessuto non tessuto per la protezione della scarpata e dei necessari dispositivi di sicurezza (recinzioni e segnaletica) per la protezione e segnalazione del perimetro dello scavo.

Contemporaneamente alla realizzazione dello scavo, il materiale asportato e caricato su dumper viene ricollocato all'interno dell'area di cantiere per la realizzazione dei bauletti e della collinetta.



Fig. 170 Scavi tipo, recinzioni e protezioni scarpate e scavi a sezioni ristrette

9.5.4. Lavorazione 2: Reinterro sottofondazione

Voce d'opera:

Reinterro con materiali idonei provenienti dall'esterno del cantiere, in strati successivi, con bagnatura e costipamento strato per strato con impiego di mezzo meccanico per la stesa e la regolarizzazione.

Luogo di lavoro:

Piazza.

Materiali:

Terreno idoneo proveniente da cave.

Squadra operativa standard:

Capo squadra

2 operai qualificati di secondo livello: escavatorista e autista pala meccanica

1 operaio comune di primo livello

Macchinari ed attrezzature:

Escavatore a cucchiaio frontale o pala meccanica o terna

Piastra battente (costipatore)

Strumenti manuali di cantiere.



Fig. 171 Reinterro



Fig. 172 Piastra battente

Approvvigionamento:

La natura argillosa del terreno del cantiere impone l'utilizzo di materiale drenante proveniente dall'esterno del cantiere. Il materiale giungerà su camion e verrà direttamente messo in opera per strati successivi.

Movimentazione:

La movimentazione del terreno all'interno dell'area di cantiere avviene tramite camion, la stesa e la regolarizzazione del materiale avverrà tramite pala meccanica o escavatore o terna. Dato che l'escavatore è già presente in cantiere per le fasi di scavo, è opportuno che esso venga utilizzato anche in questa fase, anche per non creare interferenze tra diversi macchinari che operano all'interno dello stesso luogo di lavoro.

Stoccaggio:

Il terreno idoneo proveniente da cave o comunque dall'esterno del cantiere tramite camion verrà scaricato nelle immediate vicinanze delle zone di lavorazione.

Lavorazione:

Esecuzione di uno strato drenante in strati successivi atti a scaricare i pesi gravanti sotto le fondazioni.

Posa in opera:

Una volta realizzato lo scavo si procederà con il reinterro. Il materiale dovrà essere prelevato dai cumuli depositati dai camion tramite escavatore e scaricato all'interno dello scavo per strati successivi. I materiali idonei vengono posizionati con bagnatura e costipamento strato per strato con impiego di mezzo meccanico (pala meccanica o escavatore) per la stesa e la regolarizzazione, e infine costipati tramite piastra a battente.



Fig. 173 Fasi reinterro



Fig. 174 Materiale per reinterro

9.5.5. Lavorazione 3: Magrone armato sottofondazione non armato

Voce d'opera:

Fornitura e posa in opera di calcestruzzo per sottofondazioni non armate.

Luogo di lavoro:

Piazza.

Materiali:

Conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³;

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetto autobetonpompa/autobetoniera

Squadra per opere in c.a.

Macchinari ed attrezzature:

Autobetonpompa/autobetoniera

Staggia

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

Il conglomerato cementizio verrà approvvigionato dalla centrale di betonaggio al cantiere a cura del produttore mediante trasporto con autobetoniera o autobetonpompa.

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere con autobetoniera sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera direttamente dalla canale o con autobetonpompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Le operazioni eseguite con l'autopompa sono meglio esplicitate nelle movimentazioni generali sopraelencate.

Stoccaggio:

Il magrone portato con autobetoniera sarà direttamente gettato in opera senza la necessità di trovare una collocazione di stoccaggio all'interno dell'area di cantiere. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la sosta e la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e della relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo nei macchinari.



Fig. 175 Fasi getto



Fig. 176 Errato utilizzo pompa

Lavorazione:

Esecuzione di strato di magrone di sottofondazione dello spessore di 10 cm, eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³, con interposta rete elettrosaldata. Lo scopo della lavorazione è di costituire un piano orizzontale e pulito per il posizionamento dei ferri d'armatura delle fondazioni e per ripartire il carico su un'area maggiore, diminuendo le tensioni sul terreno. Altra importante funzione del magrone è quella di mantenere i ferri di fondazione distanti dalla nuda terra, evitando così contatti con umidità e conseguenti rischi di corrosione dei ferri stessi.

Posa in opera:

Predisposto lo scavo ed eseguito il reinterro con materiale adeguatamente compattato, si procede con il getto del magrone di sottofondazione tramite autobetonpompa. La fase di getto deve avvenire sotto sorveglianza ed indicazione di un addetto a terra. Un operatore curerà l'esecuzione del getto mentre un secondo operatore provvederà alla staggiatura. Il getto, dove possibile, verrà realizzato direttamente con la canale dell'autobetoniera. Opportuni controlli dovranno essere effettuati dal direttore dei lavori per verificare l'effettiva qualità e altezza del getto in calcestruzzo.



Fig. 177 Getto ultimato



Fig. 178 Stagionatura

9.5.6. Lavorazione 4: Trave rovescia di fondazione

Voce d'opera:

Fornitura e posa in opera di calcestruzzo durevole per fondazioni armate.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Gruista

Addetto autobetoniera

Squadra per opere in c.a.

Addetto al controllo qualità del cls

Ferraiolo

Carpentiere

Macchinari ed attrezzature:

Gru di cantiere

Autopompa

Fasce, funi, catene per movimentazione aerea

Contenitori per movimentazione aerea

Puntelli metallici, banchine e fodere in legno

Vibratore elettrico ad immersione

Strumenti di tracciamento

Sega circolare

Flessibile (taglia-ferri)

Piega-ferri

Puliscipannelli

Strumenti manuali di cantiere

Elenco delle attività:

Posa in opera dell'armatura in acciaio

Casseratura in legno parte inferiore della trave

Getto e vibratura del calcestruzzo parte inferiore della trave

Casseratura in legno parte superiore della trave

Getto e vibratura del calcestruzzo parte superiore della trave

Disarmo e pulitura casseri

Attività: Armatura intera trave**Materiali:**

Gabbie di armatura preassemblate con staffe e correnti in ferro per armatura trasportate in cantiere mediante autocarro

Ferri per armatura e staffe in fasci di lunghezza specificata da capitolato, trasportati in cantiere mediante autocarro

Filo di ferro

Approvvigionamento:

Tutti i materiali sopraelencati verranno approvvigionati in cantiere tramite autocarro.

Movimentazione:

La movimentazione dei materiali viene eseguita mediante la gru di cantiere o manualmente dagli operatori quando il peso del materiale da trasportare lo consente (carico massimo 30 kg).

Stoccaggio:

I ferri di armatura e le staffe vengono scaricati con la gru di cantiere e stoccati nell'apposita area di stoccaggio accessibile agli operatori nelle vicinanze della postazione fissa di lavoro. Le staffe giungono in cantiere già piegati mentre le operazioni di assemblaggio ed eventualmente di taglio delle barre longitudinali vengono effettuate in cantiere.



Fig. 179 Ferri di armatura



Fig. 180 Armatura trave rovescia

Lavorazione:

Dovrà essere predisposta un'area per la preparazione dei ferri e per la realizzazione dell'armatura delle travi rovesce di fondazione dotata di taglia-ferri e piega-ferro.

Posa in opera:

Le gabbie, i ferri di armatura e le staffe possono essere modificate per adattamenti in corso d'opera mediante piega-ferri e flessibili elettrici. Una volta realizzata la sottofondazione in magrone dello spessore di 10 cm circa, la gabbia d'armatura preassemblata viene posizionata tramite la gru di cantiere. Durante la posa in opera verrà inserita una staffa di dimensioni leggermente maggiori o in alternativa degli spessori in cls, per evitare il contatto diretto dell'armatura con il magrone in cls sottostante.



Fig. 181 Macchina per piegatura



Fig. 182 Armatura trave rovescia

Attività: Casseratura parte inferiore trave**Materiali:**

Pannelli multistrato in legno 200x50x2,70 cm, con trattamento superficiale di resina melaninica (giallo)

Travetti e fodere di legno

Morse o piedritti

Staffe e distanziatori metallici

Chiodi per il fissaggio dei casseri



Fig. 183 Casseri legno



Fig. 184 Staffe metalliche

Approvvigionamento:

Tutti i materiali sopraelencati verranno approvvigionati in cantiere tramite autocarro disposti in pallet, ceste o casse portaoggetti.

Movimentazione:

La movimentazione dei materiali viene eseguita in fase di stoccaggio e di trasporto fino alla zona di lavorazione mediante gru di cantiere. I piccoli spostamenti vengono invece effettuati manualmente dal singolo operatore (carico massimo 30 Kg).

Stoccaggio:

I materiali per eseguire la casseratura vengono stoccati nell'apposita area di stoccaggio, nelle immediate vicinanze della postazione fissa di lavorazione dotata di sega circolare.

Lavorazione:

E' necessario predisporre un area adeguata per la lavorazione dei casseri dotata di sega circolare e macchina puliscipannelli. In tale area verranno tagliati i pannelli per la realizzazione della casseratura. Si consiglia comunque di minimizzare il taglio dei pannelli per poterli riutilizzare nelle cassetture successive.

Posa in opera:

Una volta realizzato lo scavo a quota – 1.20 m rispetto al piano di campagna e lo strato di sottofondazione in magrone (150 kg/m³ di cemento 32,5 R) dello spessore di 10 cm circa, viene eseguito il tracciamento della fondazione. Successivamente vengono posizionati i pannelli multistrato in legno fissati alla sottofondazione tramite travetti e fodere in legno per la realizzazione della cassera della trave. Le sponde della trave possono essere sostenute in due modi: con morse di adeguate dimensioni o con telaio-piedritto fissato al magrone di sottofondazione (come meglio esplicitato nelle foto sottostanti).



Fig. 185 Fasi di lavoro



Fig. 186 Casseratura trave fondazione

Attività: Getto e vibratura del calcestruzzo parte inferiore trave

Materiali:

I materiali necessari sono:

cls per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di $R_{ck} > 300 \text{ kg/cm}^2$

Approvvigionamento:

Il calcestruzzo arriva in cantiere tramite autobetoniera.

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera mediante l'impiego di autopompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Stoccaggio:

Il cls portato in cantiere con l'autobetoniera viene direttamente utilizzato per la realizzazione della trave. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la sosta e la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e la relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo.

Posa in opera:

Una volta realizzato il sistema di casseratura e di armatura, il cls viene gettato in opera. Prima di iniziare il getto si procede all'esecuzione di provini di calcestruzzo per le verifiche da legge. Un operatore esegue il getto e contemporaneamente un altro operatore provvede a vibrare il cls mediante vibratore elettrico ad immersione. Nei periodi caldi sarà previsto innaffiamento ripetuto del getto e protezione con teli umidi per evitare un rapido essiccamento, mentre nei periodi freddi si richiederà l'impiego di additivi fluidificanti nell'impasto onde evitare possibili gelate e protezione del getto dal freddo con tavole o sacchi.



Fig. 187 Getto nei casseri



Fig. 188 Vibratore

Attività: Casseratura parte superiore trave**Materiali:**

I materiali necessari sono:

Pannelli multistrato in legno 200x50x2,70 cm, travetti e fodere di legno trasportati in cantiere mediante autocarro.

Staffe e distanziatori metallici trasportati in cantiere mediante autocarro.

Martelli, chiodi, doppio metro e sega circolare trasportati in cantiere mediante autocarro.

Tubatura in pvc per areazione vespaio.

Approvvigionamento:

Tutti i materiali sopraelencati verranno approvvigionati in cantiere tramite autocarro disposti in pallet, ceste o casse portaoggetti.

Movimentazione:

La movimentazione dei materiali viene eseguita in fase di stoccaggio e di trasporto fino alla zona di lavorazione mediante gru di cantiere. I piccoli spostamenti vengono effettuati manualmente dal singolo operatore (carico massimo 30 Kg).

Stoccaggio:

I materiali per eseguire la casseratura vengono stoccati nell'apposita area di stoccaggio, nelle vicinanze della postazione fissa di lavorazione dotata di sega circolare.

Lavorazione:

E' necessario predisporre un area adeguata per la lavorazione dei casseri dotata di sega circolare e macchina puliscipannelli. In tale area verranno tagliati i pannelli per la realizzazione della casseratura. Si consiglia comunque di minimizzare il taglio dei pannelli per poterli riutilizzare nelle cassetture successive.

Posa in opera:

I pannelli multistrato, le fodere ed i travetti possono essere tagliati in corso d'opera mediante impiego di sega circolare per ottenere le dimensioni necessarie. Una volta realizzato lo scavo a quota – 1.20 m rispetto al piano di campagna, lo strato di sottofondazione in magrone (150 kg/m³ di cemento 32,5 R) dello spessore di 10 cm circa, e la parte inferiore della trave, vengono posizionati i pannelli multistrato in legno fissati alla sottofondazione tramite travetti e fodere in legno per la realizzazione della casseratura della parte superiore della trave rovescia. Durante questa fase si provvede anche all'inserimento dei tubi in pvc per l'areazione del vespaio.



Fig. 189 Casseratura parte superiore



Fig. 190 Fasi di lavoro

Attività: Getto e vibratura del calcestruzzo parte superiore trave

Materiali:

I materiali necessari sono:

cls per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di $R_{ck} > 300 \text{ kg/cm}^2$

Approvvigionamento:

Il calcestruzzo arriva in cantiere tramite autobetoniera.

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere con autobetoniera sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera mediante l'impiego di autopompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Stoccaggio:

Il cls portato in cantiere con l'autobetoniera viene direttamente utilizzato per la realizzazione della trave. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la sosta e la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e la relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo.

Posa in opera:

Una volta realizzato il sistema di cassetta e di armatura, il cls viene gettato in opera. Prima di iniziare il getto si procede all'esecuzione di provini di calcestruzzo per le verifiche da legge. Un operatore esegue il getto e contemporaneamente un altro operatore provvede a vibrare il cls mediante vibratore elettrico ad immersione. Nei periodi caldi sarà previsto innaffiamento ripetuto del getto e protezione con teli umidi per evitare un rapido essiccamento, mentre nei periodi freddi si richiederà l'impiego di additivi fluidificanti nell'impasto onde evitare possibili gelate e protezione del getto dal freddo con tavole o sacchi.



Fig. 191 Getto cls



Fig. 192 Vibratore

Attività: Disarmo e pulitura casseri**Materiali:**

I materiali necessari sono:

utensili da carpenteria

liquido disarmante

macchinari per la pulitura dei casseri

Approvvigionamento:

I macchinari per la pulitura giungono in cantiere tramite autocarro.

Movimentazione:

La movimentazione dei materiali viene eseguita in fase di stoccaggio e di trasporto fino alla zona di lavorazione mediante gru di cantiere. I piccoli spostamenti vengono effettuati manualmente dal singolo operatore (carico massimo 30 Kg).

Stoccaggio:

I pannelli multistrato, fodere e travetti vengono stoccati, in seguito al disarmo e alla pulitura mediante appositi macchinari nell'apposita area di cantiere.

Posa in opera:

Dopo 3-7 gg dal getto l'operatore provvede al disarmo della trave di fondazione. I casseri rimossi vengono ripuliti e trattati con olio disarmante tramite apposito macchinario per essere riutilizzati in altre lavorazioni.



Fig. 193 Fasi disarmo



Fig. 194 Macchina pulisci casseri

9.5.7. Lavorazione 5: Impermeabilizzazione della fondazione

Voce d'opera:

Posa in opera di membrana impermeabile prefabbricata.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Membrana bituminosa sp. 4 mm fornita in rotoli dal peso di 34 Kg l'uno.

Angolari in legno per evitare rottura della guaina

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetti opere di impermeabilizzazione

Macchinari ed attrezzature:

Carriola (trasporto rotoli)

Cannello a gas propano

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

La membrana bituminosa viene fornita in rotoli su pallet e protetti da film in polietilene termoretraibile. La fornitura in cantiere avviene tramite autocarro, ogni pallet contiene 25 rotoli per un peso complessivo 850 Kg.

Movimentazione:

I rotoli di membrana bituminosa vengono movimentati dall'autocarro all'area di stoccaggio tramite gru di cantiere, e vengono successivamente distribuiti dall'area di stoccaggio ai luoghi di lavoro tramite carriola o a mano (max peso trasportabile da uno operatore 30kg). Ogni singolo rotolo pesa 34 Kg, quindi per il trasporto sono necessari due operai.



Fig. 195 Membrane bituminose

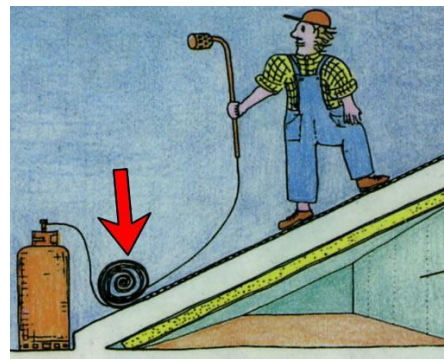


Fig. 196 Posa in opera

Stoccaggio:

I rotoli sono stoccati nelle zone limitrofe alle successive zone di lavorazione. I rotoli devono essere stoccati in posizione verticale in luoghi coperti, a temperatura non inferiore a +5 °C. E' opportuno utilizzare il prodotto entro 2/3 mesi dalla consegna del materiale. I rotoli, vanno posizionati sempre in piedi su superfici piane e prive di asperità.

Lavorazione:

Nessuna.

Posa in opera:

La membrana bituminosa è applicata a fiamma mediante riscaldamento con cannello a gas propano della faccia inferiore rivestita di uno speciale film termo-fusibile.

Le fasi di posa sono le seguenti:

Eliminazione dal piano di posa di sabbia, ghiaia ed ogni asperità che possa compromettere l'aderenza o provocare il punzonamento del manto impermeabile.

Regolarizzare la superficie di posa.

Posa di angolari per evitare la rottura della guaina

Stesura di una mano di primer bituminoso.

Realizzazione dell'elemento di tenuta incollando le membrane impermeabilizzanti mediante sfiammatura con un cannello a gas propano. Effettuare la posa solo dopo l'essiccazione del primer.

I teli dovranno essere sovrapposti paralleli tra loro per minimizzare il rischio di infiltrazioni.



Fig. 197 Impermeabilizzazione



Fig. 198 Protezione fondazioni

9.5.8. Lavorazione 6: Posa della membrana bugnata e del tubo drenante

Voce d'opera:

Protezione dell'impermeabilizzazione con membrana bugnata e tubo drenante

Luogo di lavoro:

Chiusure verticali contro terra

Materiali:

Membrana bugnata fornita in rotoli con altezza del rotolo pari a 1,50m

Chiodi per il fissaggio della membrana

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Operaio addetto alle impermeabilizzazioni

Operaio di secondo livello

Macchinari ed attrezzature:

Carriola

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

La membrana bugnata viene fornita tramite autocarro in rotoli su pallet e protetti da film in polietilene termoretraibile. Ogni pallet contiene 12 rotoli disposti verticalmente. Ogni rotolo ha le seguenti caratteristiche dimensioni 1.5 x 20m peso 15kg.

Il tubo drenante corrugato esternamente e liscio all'interno viene fornito in rotoli da 25-50m.

Movimentazione:

I rotoli di membrana bugnata e i tubi drenanti verranno movimentati dall'autocarro tramite la gru di cantiere mentre dall'area di stoccaggio ai luoghi di lavoro e posa in opera tramite carriola o a mano (max peso trasportabile da uno operatore 30kg).

Stoccaggio:

Il produttore completa la fornitura con l'arrivo degli autocarri in cantiere dai quali i rotoli sono scaricati o manualmente o con gru di cantiere e vengono stoccati a piè d'opera nell'apposita area di stoccaggio. I rotoli, vanno posizionati sempre in piedi su superfici piane e prive di asperità.

Lavorazione:

Nessuna.

Posa in opera:

Una volta realizzata l'impermeabilizzazione dei muri contro terra si procede con la posa dello strato di protezione della stessa. La membrana bugnata va posata con le bugne tronco-coniche rivolte verso l'interno a contatto con l'impermeabilizzazione. Durante il reinterro delle fondazioni gli alveoli della membrana proteggono così l'impermeabilizzazione dalla pressione e dall'assestamento del terreno e ne impediscono lo spostamento verso il basso. Il fissaggio della membrana sarà eseguito meccanicamente con chiodi d'acciaio sfruttando la cimosa piatta della membrana evitando in tal modo la rottura del manto impermeabile. Il numero dei fissaggi minimo è di almeno uno ogni metro. I teli dovranno essere sovrapposti paralleli tra loro per almeno 20 cm.

Prima di procedere al reinterro si dovrà posare alla base delle fondazioni un tubo drenante che permetta di allontanare le acque accumulate nel terreno nelle zone adiacenti alle fondazioni. Durante la fase di reinterro si dovrà porre cura nel posizionare materiale drenante (ghiaietto) nelle zone immediatamente sovrastanti la tubazione drenante.

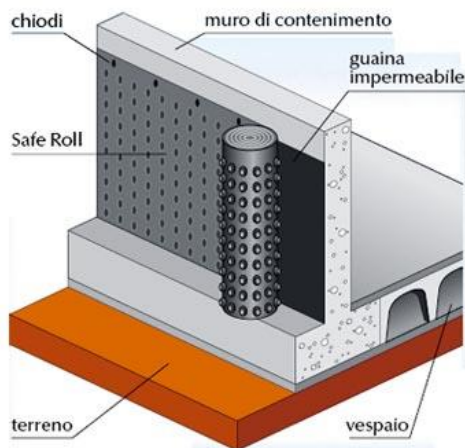


Fig. 199 Posa membrana bugnata



Fig. 200 Fasi di posa in opera

9.5.9. Lavorazione 7: Reinterro

Voce d'opera:

Reinterro con materiali idonei provenienti dall'ambito del cantiere, in strati successivi, con bagnatura e costipamento strato per strato con impiego di mezzo meccanico per la stesa e la regolarizzazione.

Luogo di lavoro:

Piazza.

Materiali:

Terreno idoneo proveniente possibilmente dall'ambito del cantiere.

Squadra operativa standard:

Capo squadra

1 operaio qualificato di secondo livello: escavatorista; 1 operaio comune di primo livello

Macchinari ed attrezzature:

Escavatore a cucchiaio frontale, pala meccanica o terna

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

Se il terreno idoneo non è reperibile nell'ambito del cantiere, giungerà su camion e verrà direttamente messo in opera per strati successivi.

Movimentazione:

Il materiale giunge in cantiere su camion e verrà scaricato nelle zone limitrofe quelle di lavorazione. La stesa e la regolarizzazione del materiale avverrà tramite pala meccanica o escavatore.

Stoccaggio:

Il terreno idoneo proveniente dall'ambito del cantiere verrà stoccato momentaneamente durante le operazioni di scavo per riutilizzarlo per il successivo reinterro.

Lavorazione:

Nessuna.

Posa in opera:

Una volta realizzato lo strato di impermeabilizzazione delle chiusure controterra e la sua adeguata protezione tramite membrana bugnata e la posa del tubo drenante si procederà con il rinterro. La terra dovrà essere presa mediante la modalità sopraelencata dalle apposite aree di stoccaggio terra e depositato all'interno dello scavo. Particolare attenzione dovrà essere posta nei pressi dei tubi drenanti dove verrà collocato materiale drenante (ghiaietto). Tali operazioni verranno realizzate tramite terna o escavatore.



Fig. 201 Reinterro laterale



Fig. 202 Fasi del reinterro

9.5.10. Lavorazione 8: Magrone armato sotto vespaio

Voce d'opera:

Fornitura e posa in opera di calcestruzzo per sottofondazioni armate.

Luogo di lavoro:

Blocco aule.

Materiali:

Conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³;

Rete elettrosaldata in fogli di 2,25 x 4,00 m, con maglia 0,20 x 0,20 m, diametro 8 mm, peso 36,734 kg per foglio.

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetto autopompa

Squadra per opere in c.a.

Macchinari ed attrezzature:

Autopompa

Staggia

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

Il conglomerato cementizio verrà approvvigionato dalla centrale di betonaggio al cantiere a cura del produttore mediante trasporto con autobetoniera.

La rete elettrosaldata arriva in cantiere confezionata in pacchi da 50 pannelli legati con vergella con altezza complessiva 41 cm e peso 1837 kg. L'approvvigionamento dalla fabbrica al cantiere, a cura del produttore, avverrà mediante trasporto con autocarro caricato con 400 pannelli per stiva per un totale di 1200 pannelli per carico con peso totale di 29388 kg.

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere con autobetoniera sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera mediante l'impiego di autopompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Lo scarico dei pacchi di rete elettrosaldata dagli autocarri nella zona di stoccaggio avviene mediante la gru dell'autocarro. Il successivo spostamento dei fogli per la distribuzione nelle diverse aree di lavoro avverrà a mezzo gru di cantiere. Tutte le altre movimentazioni, fino alla posa della rete, verranno realizzate a mano dagli operai (carico per pannello pari a 36,74 kg maggiore del limite normativo di 30 kg per uomini adulti).

Stoccaggio:

Il magrone portato con autobetoniera sarà direttamente gettato in opera senza la necessità di trovare una collocazione di stoccaggio all'interno dell'area di cantiere. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la sosta e la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e della relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo nei macchinari.

Le reti elettrosaldate verranno smistate e poste nelle diverse aree di lavoro con l'ausilio della gru di cantiere in funzione della necessità delle stesse e poste direttamente sulla terra nuda. Se necessario i pacchi verranno affiancati per facilitarne il successivo impiego manuale.



Fig. 203 Fasi getto



Fig. 204 Errato utilizzo pompa

Lavorazione:

Esecuzione di strato di magrone di sottofondazione dello spessore di 10 cm, eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³, con interposta rete elettrosaldata. Lo scopo della lavorazione è di costituire un piano orizzontale e pulito per il posizionamento dei ferri d'armatura delle fondazioni e per ripartire il carico su un'area maggiore, diminuendo le tensioni sul terreno. Altra importante funzione del magrone è quella di mantenere i ferri di fondazione distanti dalla nuda terra, evitando così contatti con umidità e conseguenti rischi di corrosione dei ferri stessi.

Prima dell'utilizzo della pompa autocarrata con braccio di distribuzione, è necessario che l'operatore verifichi che la stessa sia correttamente assicurata in tutte le sue parti e correttamente posizionata lontana da scavi o terreni in pendenza con gli stabilizzatori poggianti su terreno compatto, al fine di evitare il ribaltamento della pompa. Nel caso in cui si dovessero eseguire lavori in prossimità di linee elettriche aeree a distanza minore di 5 metri dal braccio di distribuzione, sarà necessario segnalare la lavorazione agli uffici ENEL competenti ed allestire adeguate protezioni atte ad evitare contatti.

Gli o alle macchine devono essere sistemati in modo tale da avere la visibilità diretta ed indiretta di tutte quelle parti che dovranno movimentare e tali da recare pericolo durante le fasi di lavorazione.

Il calcestruzzo viene fatto passare dalla canale dell'autobetoniera alla tramoggia dell'autopompa con una serie di cicli di getto terminanti con lo svuotamento dell'autobetoniera e relativa sostituzione.

Posa in opera:

Predisposto lo scavo si procede con la posa della rete elettrosaldata ed il successivo pompaggio del magrone. La fase di getto deve avvenire sotto sorveglianza ed indicazione di un addetto a terra. Un operatore curerà l'esecuzione del getto mentre un secondo operatore provvederà alla staggatura.



Fig. 205 Rete elettrosaldata



Fig. 206 Preparazione getto

9.5.11. Lavorazione 9: Vespaio areato

Voce d'opera:

Vespaio areato di piano terreno non cantinato costituito con casseri modulari a perdere.

Luogo di lavoro:

Blocco aule – contro terra

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Gruista

Addetto autobetoniera

Ferraiolo

Macchinari ed attrezzature:

Gru di cantiere

Autobetoniera

Autopompa

Forche, fasce, catene per movimentazione aerea, contenitori per movimentazione aerea

Puntelli metallici, banchine e fodere in legno

Vibratore elettrico ad immersione per calcestruzzo

Strumenti di tracciamento, sega circolare, staggia e altri utensili manuali

Flessibile (taglia-piegaferrì)

Elenco delle attività:

Posa casseri modulari a perdere

Posa rete elettrosaldata

Getto calcestruzzo

Attività: Posa cassetatura

Materiali:

Elementi modulari in propilene riciclato di altezza 35 cm.

Approvvigionamento:

Fornitura in cantiere tramite autocarro su pallet in legno a perdere con cellophane (misure 120x120 x H 235 cm).

Ogni pallet contiene 320 elementi, ovvero 100 m² per un peso totale di 520 Kg.

Movimentazione:

Movimentazione tramite gru di cantiere con forca portapallets. Occorrerà una sola movimentazione per il trasporto di un pallet di 520 Kg.

Stoccaggio:

Scarico nell'area di stoccaggio tramite forca movimentata con gru di cantiere. Lo stoccaggio deve avvenire in zone del cantiere al coperto o riparate per evitare il danneggiamento del prodotto. In alternativa, basta assicurarsi che quest'ultimo sia protetto con teli di polietilene intatti in modo che non risenta delle variazioni idrometriche esterne e dell'umidità proveniente dal terreno sottostante.

Posa in opera:

Una volta realizzato lo scavo e il magrone armato di sottofondazione si procede alla posa dei casseri a perdere. Si dovrà porre particolare attenzione per evitare infiltrazioni di cls sotto i casseri.

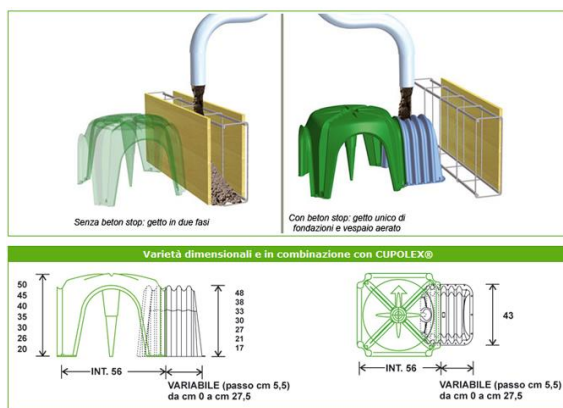


Fig. 207 Vespaio areato



Fig. 208 Posa in opera

Attività: Posa rete elettrosaldata**Materiali:**

Rete elettrosaldata Ø8/20x20, formato 225x400, peso 4.8 Kg/m². Peso singola lastra 36.70 Kg. Confezionamento standard in pacchi da 50 pannelli legati con vergella $\Phi=8$ mm (n° 3 maglie per legatura, n° 4 legacci per pacco) con altezza complessiva 32 cm e peso 1835 kg.

Approvvigionamento:

L'approvvigionamento dalla fabbrica al cantiere, a cura del produttore, avverrà mediante trasporto con autocarro caricato con n°400 pannelli per stiva per un totale di n° 1200 pannelli per carico con peso totale di 44040 kg.

Movimentazione:

La movimentazione dei materiali viene eseguita in fase di stoccaggio e di trasporto fino alla zona di lavorazione mediante gru di cantiere. I piccoli spostamenti vengono effettuati manualmente dal singolo operatore (carico massimo 30 Kg). Un pannello di 36.70 Kg deve essere trasportato da 2 operatori.

Stoccaggio:

Scarico nell'area di stoccaggio nei pressi del luogo di lavoro tramite gru di cantiere e catene per la movimentazione aerea.

Lavorazione:

Area predisposta per eventuali modifiche della rete tramite taglia-ferri e piega-ferri.

Posa d'opera:

Una volta eseguito il posizionamento dei casseri a perdere, si procede con la sistemazione della rete elettrosaldata al di sopra degli stessi.

Attività: Getto in calcestruzzo**Materiali:**

I materiali necessari sono:

cls per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee con resistenza caratteristica cubica a 28 gg di $R_{ck} > 300 \text{ kg/cm}^2$

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere con autobetoniera sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera mediante l'impiego di autopompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Stoccaggio:

Il cls portato in cantiere con l'autobetoniera viene direttamente utilizzato. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la sosta e la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e la relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo.

Posa in opera:

Una volta realizzato il sistema di cassetta e di armatura, il cls viene gettato in opera per realizzare la caldana di spessore 4 cm. Prima di iniziare il getto si procede all'esecuzione di provini di calcestruzzo per le verifiche da legge. Un operatore esegue il getto e contemporaneamente un altro operatore provvede a vibrare il cls mediante vibratore elettrico ad immersione. Nei periodi caldi sarà previsto innaffiamento ripetuto del getto e protezione con teli umidi per evitare un rapido essiccamento, mentre nei periodi freddi si richiederà l'impiego di additivi fluidificanti nell'impasto onde evitare possibili gelate e protezione del getto dal freddo con tavole o sacchi.



Fig. 209 Getto cls



Fig. 210 Operazioni di livellamento

9.5.12. Lavorazione 10: Impermeabilizzazione orizzontale sopra vespaio

Voce d'opera:

Posa in opera di membrana impermeabile prefabbricata.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Membrana bituminosa sp. 4 mm fornita in rotoli dal peso di 34 Kg l'uno.

Angolari in legno per evitare rottura della guaina

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetti opere di impermeabilizzazione

Macchinari ed attrezzature:

Carriola (trasporto rotoli)

Cannello a gas propano

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

La membrana bituminosa viene fornita in rotoli su pallet e protetti da film in polietilene termoretraibile. La fornitura in cantiere avviene tramite autocarro, ogni pallet contiene 25 rotoli per un peso complessivo 850 Kg.

Movimentazione:

I rotoli di membrana bituminosa vengono movimentati dall'autocarro all'area di stoccaggio tramite gru di cantiere, e vengono successivamente distribuiti dall'area di stoccaggio ai luoghi di lavoro tramite carriola o a mano (max peso trasportabile da uno operatore 30kg). Ogni singolo rotolo pesa 34 Kg, quindi per il trasporto sono necessitano due operai.



Fig. 211 Membrane bituminose

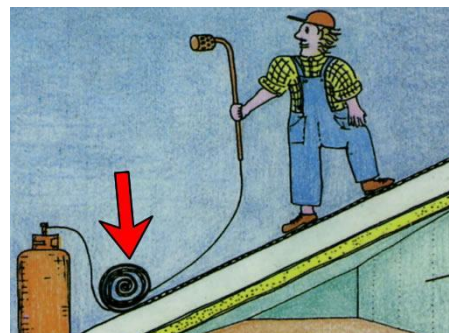


Fig. 212 Posa in opera

Stoccaggio:

Il produttore completa la fornitura con l'arrivo degli autocarri in cantiere dai quali i rotoli sono scaricati manualmente e stoccati a piè d'opera nell'area di stoccaggio. I rotoli devono essere stoccati in posizione verticale in luoghi coperti, a temperatura non inferiore a +5 °C. E' opportuno utilizzare il prodotto entro 2/3 mesi dalla consegna del materiale. I rotoli, vanno posizionati sempre in piedi su superfici piane e prive di asperità

Lavorazione:

Nessuna.

Posa in opera:

La membrana bituminosa è applicata a fiamma mediante riscaldamento con cannello a gas propano della faccia inferiore rivestita di uno speciale film termofusibile.

Le fasi di posa sono le seguenti:

Eliminazione dal piano di posa di sabbia, ghiaia ed ogni asperità che possa compromettere l'aderenza o provocare il punzonamento del manto impermeabile.

Regolarizzare la superficie di posa.

Posa di angolari per evitare la rottura della guaina

Stesura di una mano di primer bituminoso.

Realizzazione dell'elemento di tenuta incollando le membrane impermeabilizzanti mediante sfiammatura con un cannello a gas propano. Effettuare la posa solo dopo l'essiccazione del primer.

I teli dovranno essere sovrapposti paralleli tra loro per minimizzare il rischio di infiltrazioni.



Fig. 213 Impermeabilizzazione vespaio



Fig. 214 Posa in opera

9.5.13. Lavorazione 11: Struttura portante stratificata a secco

Voce d'opera:

Parete divisoria in lastre di cartongesso fissate mediante viti auto perforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato e guide a pavimento e soffitto fissate alle strutture.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Profili in acciaio preforato rivestito con lega Al-Zn-Si

Isolante in poliuretano espanso

Lastre in OSB a pannelli di irrigidimento

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetti alla posa

Macchinari ed attrezzature:

Gru di cantiere

Strumenti di tracciamento

Martelli, cutter, trapano, doppio metro e altri utensili di cantiere

Scala

Approvvigionamento:

I pacchi sono corredati di appoggio costituito da travetti in polistirolo espanso posti a interasse adeguato tale da distribuire il peso in modo omogeneo e rendere possibile la presa del pacco per la movimentazione.

Movimentazione:

I pacchi devono tassativamente essere imbragati in almeno due punti, distanti tra loro non meno della metà della lunghezza dei pacchi stessi. Appositi distanziatori devono essere impiegati per impedire il contatto diretto delle cinghie con il pacco. Il sollevamento deve essere fatto esclusivamente mediante un bilanciere. Il deposito dei pacchi sulla copertura deve essere effettuato su piani idonei a supportarli, sia per resistenza che per condizioni di appoggio e sicurezza. La leggerezza del pannello consente una facile e veloce movimentazione che può essere eseguita manualmente dal singolo addetto.

Stoccaggio:

Non rimuovere il film termoretraibile fino alla posa in opera; gli eventuali pannelli sfusi dovranno essere conservati nel loro imballo originale e sollevati da terra. Qualora si renda necessario, è consentita la sovrapposizione di massimo 2 pacchi, così da ridurre al minimo l'ingombro di stoccaggio.

Lavorazione:

Sia i pannelli di isolante e irrigidimento che i profili a C arrivano in cantiere già dimensionati e pronti alla posa in opera.

Posa in opera:

Il pannello d'isolante viene appoggiato al corso di pannelli inferiore e viene realizzato il foro di fissaggio con l'utilizzo di un trapano. Una volta fissato alle C metalliche che rappresentano la struttura portante tramite tasselli ad espansione e viti d'ancoraggio passanti attraverso il correntino in acciaio, si procede alla fase di rivestimento interno ed esterno.



Fig. 215 Isolamento pareti esterne



Fig. 216 Pannelli di OSB

9.5.14. Lavorazione 12: Magrone di sottofondo per pavimentazione esterna

Voce d'opera:

Fornitura e posa in opera di calcestruzzo per sottofondazioni armate.

Luogo di lavoro:

Blocco aule.

Materiali:

Conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³;

Rete elettrosaldata in fogli di 2,25 x 4,00 m, con maglia 0,20 x 0,20 m, diametro 8 mm, peso 36,734 kg per foglio.

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetto autopompa

Squadra per opere in c.a.

Macchinari ed attrezzature:

Autopompa

Staggia

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

Il conglomerato cementizio giunge in cantiere mediante autobetoniera.

La rete elettrosaldata, con confezionamento standard in pacchi da 50 pannelli legati con vergella $\Phi=7$ mm (n° 3 maglie per legatura, n° 4 legacci per pacco) con altezza complessiva 31 cm e peso 1032 kg, giunge in cantiere mediante trasporto con autocarro caricato con n°400 pannelli per stiva per un totale di n° 1200 pannelli per carico con peso totale di 24775 kg.

Movimentazione:

Il conglomerato giunto in cantiere con autobetoniera sarà portato nella zona di lavorazione e gettato direttamente in opera mediante l'impiego di autopompa saltando quindi la fase di stoccaggio del materiale stesso.

Lo scarico dei pacchi di rete elettrosaldata dagli autocarri sarà effettuato a cura della ditta fornitrice del materiale con apposita gru montata su autocarro. Il successivo spostamento degli stessi per la distribuzione nelle diverse aree di lavoro avverrà a mezzo gru di cantiere e successivamente a mano dagli operatori

incaricati alla posa (carico per pannello pari a 36.70 kg maggiore del limite normativo di 30 kg per uomini adulti).

Stoccaggio:

Il magrone portato con autobetoniera sarà direttamente gettato in opera senza la necessità di trovare una collocazione all'interno dell'area di cantiere. Uno spazio adeguato dovrà, invece, essere predisposto per la pulizia sia della autobetoniera che del gruppo pompante e la relativa tubazione dell'autopompa, operazione necessaria per impedire il fissaggio del materiale residuo.

Le reti elettrosaldate verranno smistate e poste nelle diverse aree di lavoro con l'ausilio della gru di cantiere in funzione della necessità delle stesse e poste direttamente sulla terra nuda. Se necessario i pacchi verranno affiancati per facilitarne il successivo impiego manuale.

Lavorazione:

Prima dell'utilizzo della pompa autocarrata con braccio di distribuzione, è necessario che l'operatore verifichi che la stessa sia correttamente assicurata in tutte le sue parti e correttamente posizionata lontana da scavi o terreni in pendenza con gli stabilizzatori poggianti su terreno compatto, al fine di evitare il ribaltamento della pompa.

Gli operatori alle macchine devono essere posizionati in modo tale da avere la visibilità diretta ed indiretta di tutte quelle parti che dovranno movimentare e tali da recare pericolo durante le fasi di lavorazione.

Il calcestruzzo viene fatto passare dalla canale dell'autobetoniera alla tramoggia dell'autopompa con una serie di cicli di getto terminanti con lo svuotamento dell'autobetoniera e relativa sostituzione.

Posa in opera:

Esecuzione di strato di magrone dello spessore di 10 cm posto al di sotto della pavimentazione esterna, eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio con cemento 32.5 R e contenuto di cemento 150 kg/m³, con interposta rete elettrosaldata. Lo scopo della lavorazione è di costituire un piano orizzontale e pulito per la posa in opera successiva della pavimentazione in cemento colorato per esterni.

9.5.15. Lavorazione 13: Pavimentazione esterna in pietra di Luserna

Voce d'opera:

Pavimentazione con piastrelle in pietra di Luserna con superficie naturale e coste a spacco, poste in opera con malta di sabbia e cemento tipo 32,5 R.

Luogo di lavoro:

Piazza.

Materiali:

Lastre di pietra di Luserna

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetti alla posa

Macchinari ed attrezzature:

Gru di cantiere

Strumenti di tracciamento

Approvvigionamento:

Il materiale arriva in cantiere in bancali provvisti di imballaggio.

Movimentazione:

I bancali di pietra deve essere movimentata dalla zona di stoccaggio all'area di posa in opera tramite la gru di cantiere.

Stoccaggio:**Lavorazione:**

Realizzate con lastre tagliate a telaio dai blocchi di pietra, il piano di calpestio è fiammato privo di asperità o buche il che rende agevole il passaggio a piedi e ai disabili, inoltre favorisce il dilavamento delle polveri sottili e la pulizia invernale della neve, si può spargere sale senza arrecare danno.

Posa in opera:

I metodi di posa consigliati sono principalmente Posa a colla e posa Tradizionale "a fresco" posando direttamente le lastre sul massetto appena realizzato quindi "fresco" (realizzato con malta cementizia) oppure mediante l'uso di collanti premiscelati.

Posa a colla: Installazione mediante l'uso di collanti premiscelati disponibili sul mercato.

Posa tradizionale: posa su massetto detta anche "a fresco", il metodo più antico di posare i pavimenti in pietra: prevedeva l'installazione delle marmette su massetto fresco previo spolvero superficiale di cemento e successiva battitura leggera per far aderire le marmette al fondo.

La posa tradizionale ha bisogno di qualche attenzione supplementare visto che le composizioni chimiche dei cementi e dell'acqua possono variare da zona a zona in termini sostanze organiche e chimiche presenti negli stessi che potrebbero, sporadicamente, creare delle problematiche con i composti delle Pietre di Luserna quali (efflorescenze, fioriture, corrosioni, etc.). Questa situazione potrebbe specialmente verificarsi nei materiali di basso spessore dove il gli agenti presenti nel massetto potrebbero rifiorire dalla piastrella in pietra.

Non esistono invece controindicazioni per materiali di spessore più elevato utilizzati per scale, davanzali, e quant'altro che possono facilmente essere posati con "malta bastarda".



Fig. 217 Bancali e movimentazione pietra di Luserna

9.5.16. Lavorazione 14: Rivestimento esterno in mattoni

Voce d'opera:

Opere di rivestimento

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Pannelli in cotto

Ganci di ancoraggio

Squadra operativa standard:

Capo Squadra

Addetti alla posa

Gruista

Addetti specializzati per facciate ventilate (impresa)

Macchinari ed attrezzature:

Gru per la movimentazione

Approvvigionamento:

I materiali giungono in cantiere mediante autocarro in pacchi rivestiti con una pellicola di plastica.

Movimentazione:

I pacchi di listelli verranno movimentati nella zona di stoccaggio tramite gru di cantiere.

Movimentazione manuale dei pannelli:

Un pannello standard può essere movimentato anche da una sola persona, che deve sollevare il pannello dai lati e mai dagli angoli, per evitare rotture; si raccomanda di indossare sempre guanti protettivi e antiscivolo e calzature antinfortunistiche.

Stoccaggio:

Stoccaggio orizzontale dei pannelli:

Per il corretto stoccaggio i pannelli devono essere posizionati orizzontalmente e mai verticalmente. I pannelli devono essere impilati posizionando il materiale di supporto strutturale di ogni pannello a contatto con la pietra naturale del pannello sottostante. Si devono inoltre proteggere i bordi e gli angoli dei pannelli impilati con materiale morbido (ad es. gomma o polistirolo). Il numero massimo di pannelli sovrapponibili è 64 pz. Si consiglia di posizionare e aprire l'imballaggio del materiale nelle immediate vicinanze della superficie da rivestire, in aree asciutte.

Lavorazione:

Nessuna lavorazione particolare deve essere prevista. I listelli di cotto arrivano in cantiere già dimensionati e pronti alla posa in opera.

Posa in opera:

La fornitura e la posa in opera di facciate in cotto, con finitura, devono essere realizzate con tecnologia produttiva ad impasto molle (non estruso) mediante stampaggio in casseforme "all'antica maniera". La posa verrà eseguita mediante doppia stesura di colla e fissaggio alla parete portante mediante staffe e ganci in acciaio inox (a scomparsa).

L'impresa dovrà eseguire preventivamente tratti di facciata per l'approvazione del campione. Sono anche compresi gli oneri per la pulizia, prima della posa e dopo, della colla, delle staffe e ganci e delle eventuali sigillature e stuccature, oltre agli oneri accessori quali avvicinamento, trasporto e cernita dei materiali in modo da ottenere un lavoro completo e finito a regola d'arte.

9.5.17. Lavorazione 15: Strato di isolamento

Voce d'opera:

Polistirene estruso per riempimento intercapedini ed isolamento sottofondi.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Schiuma di polistirene estrusa espansa per isolamento acustico

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Addetti alla posa

Macchinari ed attrezzature:

Utensili a mano

Fresa

Approvvigionamento:

Il materiale arriva in cantiere in pallet tramite autocarro. Non è classificato come pericoloso per le manovre di trasporto.

Movimentazione:

Rapida movimentazione con pacchi imballati in polietilene termoretraibile posizionati su listoni di appoggio in polistirene. 12 pacchi per bancale.

Stoccaggio:

Non stoccare presso fonti di calore.

Lavorazione:

Preferibilmente le lavorazioni vanno eseguite con utensili a mano per la pericolosa fuoriuscita di polveri durante il taglio

Posa in opera:

L'utilizzo del pannello sulle chiusure permette di realizzare un isolamento continuo e senza ponti termici, aumentando l'inerzia termica dell'edificio e limitando il deteriorarsi della struttura a causa della penetrazione della pioggia o della formazione di muffe.

Se le superfici non sono planari, è opportuno rasare o spessorare con della colla al fine di stabilizzare al meglio il pannello.

9.5.18. Lavorazione 16: Sottofondo

Voce d'opera:

Sottofondo di pavimento o cappa di protezione, spessore 5 cm con formazione del piano di posa tirata a frattazzo lungo al di sopra dei pannelli radianti.

Luogo di lavoro:

Interno blocco aule

Materiali:

Massetto sfuso in silo o in sacchi speciali con protezione dall'umidità da 30 kg ca. Data l'entità delle opere da realizzare è auspicabile l'utilizzo dello sfuso in silo.

Rete elettrosaldata 5x5cm $\Phi=2$ mm con confezionamento standard in pacchi da 400 fogli di 200x100cm dal peso ciascuno di 1,7kg e legati con vergella con altezza complessiva di 80 cm e peso totale di 680 kg

Squadra operativa standard:

Capo squadra

2 operai specializzati di terzo livello

Macchinari ed attrezzature:

Automezzo speciale per silo

Silo

Pompa a vite miscelante per silo

Tubo per il pompaggio

Staggia

Approvvigionamento:

Il massetto può giungere in cantiere o sfuso in silo o in sacchi speciali con protezione dall'umidità da 30 kg ca tramite automezzo speciale. L'approvvigionamento della rete elettrosaldata dalla fabbrica al cantiere a cura del produttore avverrà mediante trasporto con autocarro.

Movimentazione:

Il silo verrà scaricato direttamente dall'automezzo speciale all'interno dell'area di cantiere nell'apposita area di stoccaggio. Il prodotto così fornito, è già pronto all'uso viene impastato automaticamente da un mescolatore orizzontale, collegato al silo, e inviato al piano di posa (fino ad un'altezza di ca. 30 metri) tramite una pompa a vite continua.

Lo scarico dei pacchi di rete elettrosaldata dagli autocarri sarà effettuato mediante gru di cantiere come lo spostamento degli stessi per la distribuzione nelle diverse aree di lavoro. Gli spostamenti successivi fino alla posa in opera della rete verranno effettuati a mano dagli operatori incaricati alla posa (carico per pannello pari a 1,70 kg minore del limite normativo di 30 kg per uomini adulti).

Stoccaggio:

All'interno del cantiere dovrà essere disposta un'area per lo stoccaggio del silo. Tale area dovrà essere accessibile dal automezzo speciale per il trasporto e lo scarico della stessa. Il piano di posa del silo dovrà essere stabile e il più possibile orizzontale. L'area dovrà essere dotata di corrente elettrica e di punto acqua. Le reti elettrosaldate verranno smistate e poste nelle diverse aree di lavoro con l'ausilio della gru di cantiere in funzione della necessità delle stesse e poste direttamente sulla terra nuda. Se necessario i pacchi verranno affiancati per facilitarne il successivo impiego manuale.



Fig. 218 Silo per sottofondo

Posa in opera:

Dopo aver realizzato l'impianto di riscaldamento e la posa della striscia perimetrale per assorbire le dilatazioni del massetto e verificato che i pannelli isolanti siano stati protetti da fogli di polietilene si procede a sgombrare il solaio da corpi estranei e al posizionamento della rete eletto saldata prima di procedere con il getto del sottofondo. Il premiscelato viene ulteriormente impastato automaticamente da un mescolatore orizzontale, collegato al silo, e inviato al piano di posa tramite una pompa a vite continua e tubo flessibile. L'operatore deve impostare la macchina, avendo cura di regolare il corretto dosaggio di acqua per ottenere l'impasto della giusta consistenza; poi, può raggiungere tranquillamente il punto di applicazione, servendosi di un comando a distanza per accendere e spegnere il dispositivo. Un operatore curerà l'esecuzione del getto mentre un secondo operatore provvederà alla staggiatura del prodotto.



Fig. 219 Posa in opera riscaldamento



Fig. 220 Posa in opera sottofondo

9.5.19. Lavorazione 17: Lastre in gesso rivestito

Voce d'opera:

Posa delle lastre interne in gesso rivestito.

Luogo di lavoro:

Blocco aule

Materiali:

Le lastre in gesso rivestito hanno le seguenti dimensioni: spessore 12,5 mm, larghezza 1200 mm, lunghezza max 4000 mm; pesano 12,5 kg/m².

Sacchi di stucco (peso meno di 25 kg.)

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Cartongessisti

Macchinari ed attrezzature:

Carrello portalastre

Sollevatore di lastre

Seghetto o tagliastre

Rifilatrice taglia lastre

Trapano avvitatore

Miscelatore per stucchi

Spatola

Cassetta porta stucco

Tampone per carteggiatura

Approvvigionamento:

Le lastre in gesso rivestito vengono forniti in pacchi su pallet e protetti da film in polietilene. La fornitura in cantiere avviene tramite autocarro.

Movimentazione:

Le lastre vengono distribuite dall'area di stoccaggio ai luoghi di lavoro tramite carrello portalastre.

I sacchi di stucco vengono distribuiti dall'area di stoccaggio ai luoghi di lavoro tramite carriola o a mano (max peso trasportabile da uno operatore: 30kg).

Stoccaggio:

Il produttore completa la fornitura con l'arrivo degli autocarri in cantiere dai quali i pacchi di lastre, da 1 a 2 t, sono scaricati con gru di cantiere e stoccati a piè d'opera nell'area di stoccaggio. Le lastre possono essere stoccate in posizione orizzontale anche all'aperto, con protezioni di teli impermeabili, su superfici piane e prive di asperità.

Gli stucchi, invece, se in polvere devono essere immagazzinati in luogo asciutto, sollevati da terra e protetti dall'umidità. I prodotti in pasta, già pronti per l'uso, devono essere protetti dal gelo, dalle temperature elevate e dalla luce diretta del sole.



Fig. 221 Bancale lastre di gesso



Fig. 222 Posa in opera lastre di gesso

Lavorazione:

Zona adeguata per il taglio delle lastre e dei profili metallici coperta e dotata di appositi macchinari.

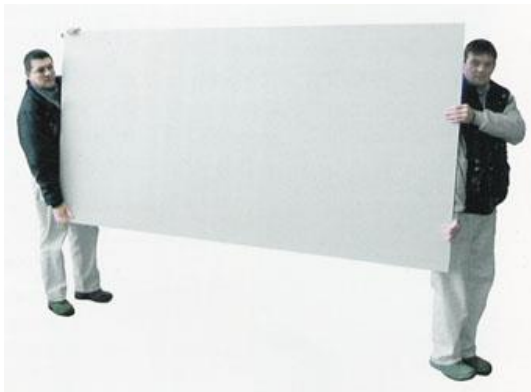


Fig. 223 Movimentazione lastre



Fig. 224 Livellamento

Posa in opera:

Le orditure in legno si rivestono con lastre di misura pari all'altezza del locale, ove possibile, disposte verticalmente. I giunti tra le lastre sulle due facce delle pareti non devono mai coincidere sugli stessi montanti, ovvero devono essere sfalsati. Le fasi di posa sono le seguenti:

Tagliare e rifilare la lastra affinché risulti essere della dimensione corretta

Tenere le lastre sollevate di ca. 1 cm dal pavimento ed appoggiarle al soffitto. Aiutarsi con alzalastre meccanico o sollevatore di lastre a pedale

Iniziare ad avvitare con viti con punta ridotta le lastre all'orditura dall'alto verso il basso, avendo cura che il rivestimento resti perfettamente aderente all'orditura portante. I bordi longitudinali delle lastre devono trovarsi al centro delle ali dei montanti. (Nei casi di pareti alte, ove le lastre non raggiungano l'altezza della parete, si dovranno sfalsare i giunti tra le lastre di almeno 400 mm). La lunghezza delle viti deve superare almeno di 1 cm lo spessore delle lastre e le viti devono essere poste a ca. 1 cm dal bordo longitudinale della lastra e a ca. 1,5 cm dal bordo di testa. L'interasse tra le viti può essere fino a 75 cm. È opportuno realizzare giunti di dilatazione ogni 15 m di lunghezza della parete e in corrispondenza dei giunti strutturali dell'edificio. Regolare la punta dell'avvitatore in modo che le viti siano alla giusta profondità, con la testa perfettamente a filo del rivestimento della lastra. Posare il secondo strato di lastre avendo cura di garantire giunti sfalsati rispetto al primo.

Verificare l'assenza di fori e alterazioni della superficie lungo i bordi delle lastre ed eventualmente riparare con lo stesso stucco utilizzato per la stuccatura; attendere che lo stucco abbia fatto presa (circa 1h) prima di procedere alla stuccatura. Stuccare in tre mani con rete adesiva: far aderire perfettamente la rete adesiva centrata sul giunto tra le lastre, distribuire una prima mano di riempimento, ad avvenuta asciugatura rimuovere le eventuali asperità con la spatola, applicare quindi la seconda mano di stucco che si estenderà per una larghezza di circa 30 cm, aspettare nuovamente la completa asciugatura prima di procedere alla carteggiatura, se necessaria, e quindi alla terza mano di finitura che sarà larga e sottilissima. Copertura delle teste delle viti: applicazione di almeno due mani di stucco su ciascuna vite, premendo con la spatola per livellare lo stucco alla superficie della lastra. Tra una mano e l'altra attendere l'asciugatura dello stucco. Trascorse almeno 24 ore dalla 3ª mano di stuccatura, in condizioni di temperatura e umidità normali (20°C e 60% U.R.), ovvero a completa essiccazione dello stucco, le superfici sono pronte per ricevere la decorazione finale.

Affinché le lastre siano un supporto adatto ai rivestimenti, è necessario che la superficie sia esente da polveri, tracce di grassi o qualsiasi altro elemento estraneo che possa impedire la normale finitura.

9.5.20. Lavorazione 18: Linoleum

Voce d'opera:

Opere di pavimentazione e rivestimento

Luogo di lavoro:

Interno blocco aule

Materiali:

Linoleum a teli in rotoli di altezza pari a 2 m

Fustini di colla da 18 kg

Cutter e tavolette di legno

Squadra operativa standard:

Capo squadra;

Operaio specializzato di terzo livello;

Operaio comune di primo livello.

Macchinari ed attrezzature:

Staggia lunga 4m

Cutter

Tavolette di legno

Spatole di acciaio a dentatura fine

Rullo

Segatura di abete umida

Sacchi di sabbia

Approvvigionamento:

I rotoli di linoleum giungono in cantiere in pallet caricati su autocarro. Il peso di un rotolo è di 116 Kg .

Movimentazione:

Lo scarico dei pallet dall'autocarro avviene tramite gru di cantiere. La movimentazione dei teli di linoleum avviene tramite transpallet.

Stoccaggio:

Il linoleum viene fornito in rotoli di altezza pari a 2 m. Lo stoccaggio iniziale avviene in aree protette dagli agenti atmosferici e successivamente direttamente nei locali dove avverrà la posa in opera.

Lavorazione:

Preventivare i ritagli nelle zone dove non possono essere utilizzati i fogli interi. Il linoleum deve essere tagliato con una lama molto affilata, preferibilmente con un cutter e il taglio va eseguito su tavolette di legno

Posa in opera:

Il piano dell'estradosso dovrà essere perfetto con le gobbe o gli avvallamenti che non dovranno superare i 2 mm e dovranno essere controllati con una staggia lunga 4m. Il piano dovrà essere accuratamente lavato con detergenti adatti ad eliminare il grasso e la sporcizia, risciacquato e asciugato. Ricoprire il pavimento con strisce larghe quanto il rotolo e condizionarla a temperatura non inferiore a 16°C per almeno 5 giorni, segnando sul pavimento le tracce dei singoli pezzi.

L'applicazione dell'adesivo va fatta spalmando il sottofondo senza lasciare grumi o zone prive di adesivo. Dovranno essere impiegate solo spatole di acciaio a dentatura fine, che dosino l'adesivo con una media di 550g/m². La posa del linoleum può essere fatta subito. Se è necessario lasciar trascorrere qualche minuto assicurarsi che l'adesivo si presenti ancora fluido. Appoggiare la parte terminale del telo di linoleum e srotolare lentamente la striscia fino al limite dell'incollatura; la superficie dovrà essere massaggiata mediante rullo, partendo dal centro verso l'esterno per l'eliminazione di bolle d'aria. Rifilare eventuali sovrapposizioni dopo che il linoleum sia stato incollato. Dopo l'applicazione dei teli, i bordi dovranno essere caricati, per almeno 24 ore, con sacchetti pieni di sabbia. La superficie pavimentata dovrà poi essere ripulita con segatura di abete umida e quindi con segatura secca. Sulla superficie, dopo che sia divenuta asciutta, dovrà essere comparso un velo di cera. Dopo qualche ora si dovrà procedere alla lucidatura mediante feltri. Il pavimento è calpestabile dopo 3 giorni, avendo la cura di proteggere adeguatamente la superficie.



Fig. 225 Posa in opera linoleum



Fig. 226 Rotoli di linoleum

9.5.21. Lavorazione 19: Tinteggiatura

Voce d'opera:

Rivestimento intero parete verticale.

Luogo di lavoro:

Parete interna aule.

Materiali:

Tinteggiatura in secchielli da 14 litri dal peso di 14 kg.

Squadra operativa standard:

Capo squadra

Squadra standard operativa tinteggiatura

Macchinari ed attrezzature:

Scale e cavalletti

Pennelli, spatole e raschietti

Strumenti manuali di cantiere

Approvvigionamento:

I recipienti arrivano in cantiere tramite autocarro e vengono scaricati manualmente (massimo 2 pz per operaio)

Movimentazione:

La movimentazione avviene manualmente dagli operatori, con un massimo di 2 recipienti a persona.

Stoccaggio:

I recipienti devono essere conservati in imballaggi originali, in luogo asciutto senza ventilazione per un massimo sei mesi dalla data di confezionamento. La temperatura massima di conservazione non deve superare i 30° C e non deve essere inferiore i 5° C.

Posa in opera:

La prima fase del lavoro consiste nella preparazione del supporto ovvero una spazzolatura e pulitura della superficie al fine di eliminare corpi estranei e polveri. In seguito si passa alla mascheratura prima di effettuare due o più cicli di pittura dati a spruzzo o a pennello. Infine dopo l'asciugatura si passa alla smascheratura e alla pulitura degli ambienti.



Fig. 227 Posa in opera tinteggiatura



Fig. 228 Attrezzi per tinteggiare

9.6. Organizzazione cantiere

L'analisi dei vincoli di progetto è indispensabile dal momento che il cantiere è una entità strettamente correlata al contesto in cui è collocata e qualsiasi contesto presenta criticità delle quali si deve tener conto di fase di progettazione del cantiere stesso.

9.6.1. Ubicazione dei lavori e interferenze con il contesto

È opportuno analizzare l'ubicazione del cantiere dal momento che è necessario sia garantire l'accessibilità al lotto dei mezzi di cantiere o di trasporto, sia limitare il disturbo che il cantiere può fornire ad edifici sensibili (ad esempio scuole, ospedali, ecc).

Nel caso in esame, l'accessibilità al lotto dei mezzi di cantiere o di trasporto è assicurata da due ingressi pedonali e carrabili situati lungo via San Bernardino. In particolare, il primo ingresso, giungendo da via del Lavoro, è da ritenersi quello principale in quanto è connesso con il centro direzionale di gestione del cantiere. Il secondo ingresso è prettamente di servizio per le zone di stoccaggio presenti nella parte più a nord dell'area cantiere.

I raggi di curvatura delle strade sono tali da garantire il passaggio dei veicoli addetti al trasporto.

Per quanto riguarda, invece, le interferenze con il contesto si è rilevato che:

il centro storico risulta essere opportunamente distante dal lotto;

gli edifici scolastici risultano essere opportunamente distanti dal lotto;

l'ospedale risulta essere opportunamente distante dal lotto;

l'area confina con lotti non edificati, zone occupate da infrastrutture ferroviarie e importanti snodi viari.

9.6.2. Sottoservizi

L'indagine dei sottoservizi presenti è un'altra fondamentale attività da effettuare per programmare i lavori.

Nel caso in esame, essendo il lotto situato in un'area urbana, è stato opportuno individuare la collocazione di:

- fognature;
- acquedotti;
- metanodotti;
- elettrodotti;
- cavidotti.

In particolar modo è necessario verificare i punti di adduzione delle reti per l'elaborazione degli schemi di rete impiantistica generale.

Tali informazioni sono reperibili tramite le mappe disponibili all'Ufficio Tecnico comunale.

Nel caso in esame, non essendoci particolari segnalazioni all'interno del lotto, si presuppone che i sottoservizi siano localizzati sotto la sede stradale delle vie San Bernardino e Del Lavoro, che costeggiano l'area.

9.6.3. Vincoli di superficie e aerei

La collocazione di terminali impiantistici come pali di illuminazione e linee elettriche, marciapiedi, sottopassi, aggetti di edifici e cartelli pubblicitari influenza notevolmente l'organizzazione del cantiere (limiti operativi e requisiti minimi di sicurezza delle macchine per la movimentazione aerea) ed è pertanto opportuno prevederne una analisi.

Tali informazioni sono reperibili tramite un accurato sopralluogo e mediante le mappe disponibili all'Ufficio Tecnico comunale.

BIBLIOGRAFIA

Capitolo 3: Inquadramento

- AA. VV., Como e la sua storia: dalla preistoria all'attualità, Nodo libri, 1993;
- AA. VV., Guida della provincia di Como: il triangolo lariano, Nodo libri, 2002;
- C. Bianchetti, Abitare la città contemporanea, Skira, 2003;
- F. Asensio, Architettura oggi, Electa, 2006;
- M. Zambelli, Il muro delle meraviglie, in Arketipo n. 16/2007;
- M. Ruta, John Lewis Centre a Leicester, in Arketipo n. 31/2009;

Capitolo 7: Progetto strutturale

- G. Ballio et al., Strutture in acciaio, Hoepli, 1987;
- P. Rugarli, Calcolo strutturale con gli elementi finiti, Hoepli, 2004;
- M. Piazza et al., Strutture in legno: materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Biblioteca Tecnica Hoepli, 2009;
- G. Toniolo, Cemento armato. Calcolo agli stati limite. Vol 2°, Zanichelli, 2010;
- AA. VV., Progettazione di strutture in acciaio, Flaccovio editore, 2010;
- AA. VV., Calcestruzzo. Strutture prefabbricate, in Arketipo n. 44/2010;
- G. Callegari e R. Zanuttini, Boislab. Il legno per un'architettura sostenibile, Alinea, Torino, 2013.

Capitolo 8: Progetto impiantistico

- C. De Trizio, Efficienza energetica di edifici e impianti termici, Il Sole 24 Ore, 2008;
- V. Corrado, Applicazioni di termofisica dell'edificio e climatizzazione, CLUT, 2009;
- HVAC Handbook, Elementi di climatizzazione e condizionamento dell'aria, AERMEC, 2009;
- A. Scogliamiglio et al., Fotovoltaico negli edifici. Dimensionamento, progettazione e gestione degli impianti, Sintesi, 2009;
- AA. VV., Impianti termici e di condizionamento, Sistemi Editoriali, 2009;

- A. Caffarelli et al., Principi di progettazione dei sistemi solari fotovoltaici, Sintesi, 2010;
- A. Franzì, I sistemi a controsoffitto radiante per il riscaldamento e raffrescamento degli edifici, Maggioli editore, 2010;
- F. Bianchi et al., Progetto termico edilizio-impiantistico. Normativa e certificazione energetica, Academia Universa Press, 2010;
- V. Bearzi, Manuale degli impianti idrici e sanitari, Tecniche nuove, 2013.

Capitolo 9: Progettazione del verde

- L. Mcharg, Progettare con la natura, Muzzio editore, 1989;
- J. Corner, Recovering landscape: essays in contemporary landscape architecture, Princeton Architectural Press, 1999;
- C. Socco, Città, ambiente e paesaggio: lineamenti di progettazione urbanistica, UTET, 2000;
- I. Cortesi, Il parco pubblico: paesaggi 1985-2000, Federico Motta editore, 2000;
- D. Sijmons, Landscape, Architecture and Nature Press, 2002;
- A. Toccolini, Piano e progetto di area verde: manuale di progettazione, Maggioli Editore, 2002;
- A. Lanzani, I paesaggi italiani, Meltemi, 2003;
- C. Socco et al., Edilizia per l'ambiente. Progettare: metodi, tecniche, norme, realizzazioni, Utet. 2006;
- F. Steiner, The living landscape: an ecological approach to landscape planning, Island Press, 2008;
- V. McLeod, Detail in Contemporary Landscape Architecture, Laurent King, 2008;
- A. Berto, La progettazione degli spazi all'aperto per i bambini, Gruppo editoriale Esselibri, 2009;
- P. Pozzi, Landscape design, Elettta Edizioni, 2009;

Capitolo 10: Progetto Ergotecnico

- A. Gottfried, Ergotecnica edile: applicazioni di metodi e strumenti, (II ediz.) Esculapio, 1995;
- A. Gottfried, Ergotecnica edile: sicurezza, rilievi e tracciamenti, sistemi di casseratura, macchinari e automazione del cantiere, Esculapio, 1995;
- A. Gottfried, Attrezzature evolute per la realizzazione di opere in calcestruzzo, Ed. Il Sole 24 Ore, 2000;
- A. Gottfried e M.L. Trani, Manuale di sicurezza dei cantieri edili: Criteri , metodi e strumenti per la gestione e il coordinamento della sicurezza, Hoepli, 2001;
- A. Gottfried, Quaderni del Manuale di progettazione edilizia Hoepli, 2002-2003-2004-2005-2006;
- A. Gottfried e G. Di Giuda, Ergotecnica edile, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna, 2011;
- A. Gottfried et al., Progettazione e gestione della sicurezza nei cantieri edili, Utet, 2011;
- P. Boltri, Fasi e livelli della progettazione dell'organismo edilizio, Utet, 2011.

Normative:**- Trasmittanza:**

UNI EN ISO 1379: "Prestazione termica degli edifici";

UNI EN ISO 13792: "Metodi semplificati";

UNI EN ISO 13786: "Prestazione termica dei componenti per l'edilizia";

- Acustica:

Legge Regionale n. 13 Regione Lombardia

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 1769 del 30/04/66

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22/05/67

Decreto Ministeriale del 18/12/78

ISO 140-10 1991: "Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 10: laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements";

Legge n. 447 del 26/10/95: "Legge quadro sull'inquinamento acustico";

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 05/12/97: "determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";

UNI EN ISO 290521-1 1993 : "Metodo di prova per la misurazione del rumore";

UNI EN 29053 1994: "Prova di caratterizzazione acustica dei materiali";

UNI EN ISO 140-3 1997: "Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici. Parte 3: misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio";

UNI EN ISO 717-1 1997: "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: isolamento acustico per via aerea";

UNI EN ISO 717-2 1997: "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 2: isolamento del rumore di calpestio";

UNI EN ISO 140-4 2000: "Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici. Parte 4: misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti";

UNI EN ISO 140-5 2000: "Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edifici. Parte 5: misurazione in opera dell'isolamento acustico degli elementi di facciata e delle facciate";

UNI EN ISO 140-6 2000: "Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici. Parte 6: misurazioni in laboratorio dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai";

UNI EN ISO 140-7 2000: “Misura dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici. Parte 7: misurazioni in opera dell’isolamento dai rumori di calpestio di solai”;

UNI EN ISO 140-8 2000: “Misura dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici. Parte 8: misurazioni in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzati”;

UNI EN ISO 12431 2000: “Comprimibilità”;

UNI EN ISO 12354-1: “Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Parte 1: isolamento ai rumori impattivi tra ambienti”;

UNI EN ISO 12354-2: “Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Parte 2: isolamento ai rumori impattivi tra ambienti”;

UNI EN ISO 12354-3: “Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Parte 3: isolamento al rumore aereo contro il rumore esterno”;

- Antincendio

Decreto Ministeriale del 10/03/98: “Gestione della sicurezza antincendio”;

Decreto Ministeriale del 09/03/07: “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”;

Circolare Integrativa del 28/03/08: “Prevenzione e contrasto all’evasione”;

Decreto Ministeriale del 27/07/10: “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq”.

- Accessibilità

Decreto Presidente della Repubblica 384 del 1978: “Regolamento di attuazione dell’art. 27 della L. 30 marzo 1971, n. 118, a favore dei mutilati e invalidi civili, in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici”.

Decreto Ministeriale 236 del 1989: Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l’accessibilità, l’adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell’eliminazione delle barriere architettoniche”;

- **Strutturale**

Norme Tecniche per le costruzioni, Decreto Ministeriale del 14/01/2008

Eurocodice 3

- **Ciclabile**

Legge n. 208 del 28/06/1991: “Interventi per la realizzazione di itinerari ciclabili e pedonali nelle aree urbane”;

Decreto Ministeriale n. 557 del 30/11/99: “Regolamento per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili”;

- **Aree gioco**

EN 1176: “Attrezzature per aree da gioco”;

EN 1177: “Rivestimenti di superfici ad assorbimento di impatto”;

UNI EN ISO 9001 2000: “Sistemi di gestione per la qualità”;

UNI EN ISO 14001 2004: “Sistemi di gestione ambientale”

ELENCO SITI CONSULTATI

- www.archilovers.com;
- www.archviews.net;
- www.ausfatoline.it;
- www.belzbergarchitects.com;
- www.blog.atcasa.corriere.it;
- www.citydesign.it;
- www.city-life.com;
- www.design-museum.de;
- www.floornature.it
- www.gabions.net;
- www.lapietradiluserna.com;
- www.lapietraditrani.it;
- www.morettispa.it;
- www.pedemontana.com;
- www.picstopin.com;
- www.trenord.it;
- www.wikipedia.it;
- www.workshopboislab.it

INDICE DIDASCALIE

Fig. 1 Insegna dell'attuale sede Espe di Como	pag. 15
Fig. 2 Cartina politica provincia di Como	pag. 19
Fig. 3 Triangolo Lariano	pag. 19
Fig. 4 Vista panoramica di Como da Sud-Ovest	pag. 22
Fig. 5 Vista panoramica di Como da Nord-Est	pag. 22
Fig. 6 Vista panoramica di Como da Est	pag. 23
Fig. 7 Tabella riassuntiva sul clima di Como	pag. 24
Fig. 8 Cessato Catasto: vista globale	pag. 26
Fig. 9 Catasto Teresiano: titolo	pag. 27
Fig. 10 Catasto Teresiano: vista globale	pag. 27
Fig. 11 Torre Baradello	pag. 28
Fig. 12 Vista dal lotto di progetto della Torre Baradello	pag. 28
Fig. 13 Tavola riassuntiva sulla viabilità con legenda	pag. 31
Fig. 14 Pedemontana: vista globale	pag. 32
Fig. 15 Pedemontana: tratto C1	pag. 33
Fig. 16 Linee ferroviarie che servono la città di Como	pag. 34
Fig. 17 Stazione ferroviaria Como Camerlata	pag. 34
Fig. 18 Linee autobus città di Como	pag. 35
Fig. 19 Scheda Fotografica tipo	pag. 36
Fig. 20 Vista laterale collina	pag. 75
Fig. 21 Ingresso principale	pag. 75
Fig. 22 Collina artificiale	pag. 75
Fig. 23 Facciata principale	pag. 76
Fig. 24 Facciata laterale	pag. 76
Fig. 25 Dettaglio facciata in mattoni	pag. 76
Fig. 26 Aula magna	pag. 76
Fig. 27 Edificio di Tadao Ando	pag. 77
Fig. 28 Rapporto tra i due edifici	pag. 77
Fig. 29 Prospetto principale	pag. 78

Fig. 30 Visione laterale	pag. 78
Fig. 31 Passerella calastrellata	pag. 79
Fig. 32 Sezione	pag. 79
Fig. 33 Sezione passerella	pag. 79
Fig. 34 Vista dall'alto	pag. 80
Fig. 35 Dettaglio costruttivo	pag. 80
Fig. 36 Insieme delle famiglie di scelte possibili	pag. 94
Fig. 37 Insiemi intersecati delle scelte	pag. 94
Fig. 38 Pianta piano terra, Aule	pag. 120
Fig. 39 Pianta piano primo, Aule	pag. 120
Fig. 40 Pianta piano terra, Cassa	pag. 121
Fig. 41 Pianta piano primo, Cassa	pag. 121
Fig. 42 Vista piazza centrale	pag. 126
Fig. 43 Vista lato strada	pag. 126
Fig. 44 Vista piazza centrale da nord	pag. 128
Fig. 45 Studio illuminazione copertura verde	pag. 129
Fig. 46 Vista dal parco	pag. 129
Fig. 47 Vista dalla passerella	pag. 130
Fig. 48 Piazza centrale	pag. 131
Fig. 49 Vista cortile interno	pag. 131
Fig. 50 Prospetti	pag. 132
Fig. 51 Progetto secondo classificato	pag. 133
Fig. 52 Progetto terzo classificato	pag. 134
Fig. 53 Progetto quinto classificato	pag. 136
Fig. 54 Ripartizione dell'energia sonora incidente su una parete	pag. 141
Fig. 55 Esempi di giunti antisismici	pag. 260
Fig. 56 Applicazioni giunti	pag. 260
Fig. 57 Esempi di giunti antisismici	pag. 261
Fig. 58 Esempi di giunti antisismici	pag. 261
Fig. 59 Particolare costruttivo	pag. 261
Fig. 60 Pilastro prefabbricato, ripresa	pag. 262

Fig. 61 Posizionamento pilastro	pag. 262
Fig. 62 Sezione e particolare costruttivo pilastro prefabbricato	pag. 263
Fig. 63 Connessione travi copertura	pag. 264
Fig. 64 Esempio copertura prefabbricata	pag. 264
Fig. 65 Esempio texture tamponamenti	pag. 265
Fig. 66 Particolare costruttivo tamponamenti	pag. 265
Fig. 67 Gruppo frigorifero scelto, CoolDX Gold	pag. 276
Fig. 68 Schema di funzionamento Unità trattamento dell'aria	pag. 277
Fig. 69 Accoppiamento pompe-serbatoi formazione autoclave	pag. 285
Fig. 70 Esempio vegetazione tipica dell'area in esame	pag. 306
Fig. 71 Parco Portello, Milano	pag. 316
Fig. 72 Collina del parco	pag. 316
Fig. 73 Render parco	pag. 317
Fig. 74 Camminata sul versante della collina	pag. 317
Fig. 75 Parco CityLife, Milano	pag. 318
Fig. 76 Parco CityLife, vista laterale	pag. 318
Fig. 77 Piazza centrale	pag. 319
Fig. 78 Vista complessiva	pag. 319
Fig. 79 Vista dalla passerella di legno	pag. 320
Fig. 80 Edifici residenziali	pag. 320
Fig. 81 Intervento sulla morfologia	pag. 321
Fig. 82 Esempi gabbion wall	pag. 322
Fig. 83 Esempio scarpata stradale	pag. 322
Fig. 84 Sezione struttura pedemontana	pag. 322
Fig. 85 Sezione copertura ferrovia	pag. 323
Fig. 86 Posizione pioppi bianchi nel parco	pag. 324
Fig. 87 Esempio pioppo bianco	pag. 325
Fig. 88 Esempio chioma pioppo bianco	pag. 326
Fig. 89 Posizione pioppi neri nel parco	pag. 326
Fig. 90 Esempio pioppo nero	pag. 327
Fig. 91 Posizione cipressi nel parco	pag. 328

Fig. 92 Frutti tipici del cipresso	pag. 328
Fig. 93 Esempio cipresso	pag. 329
Fig. 94 Posizione castagni nel parco	pag. 330
Fig. 95 Esempio castagno	pag. 331
Fig. 96 Posizione querce nel parco	pag. 332
Fig. 97 Esempio quercia	pag. 333
Fig. 98 Posizione aceri nel parco	pag. 333
Fig. 99 Esempi diverse gradazione di colore degli aceri	pag. 334
Fig. 100 Esempio betulla	pag. 335
Fig. 101 Posizione betulle nel parco	pag. 335
Fig. 102 Esempio ciliegio	pag. 336
Fig. 103 Posizione ciliegi nel parco	pag. 336
Fig. 104 Esempio nocciolo	pag. 337
Fig. 105 Posizione noccioli nel parco	pag. 337
Fig. 106 Posizione Prunus nel parco	pag. 338
Fig. 107 Esempi prunus	pag. 339
Fig. 108 Posizione siepi ed arbusti nel parco	pag. 340
Fig. 109 Esempi siepi lungo versanti	pag. 341
Fig. 110 Tipologia inclinazioni della pavimentazione utilizzato	pag. 341
Fig. 111 Sezione costruttiva pavimentazione in legno	pag. 343
Fig. 112 Applicazione pietra di Luserna per esterni	pag. 343
Fig. 113 Particolare colore e fuga pietra di Luserna	pag. 344
Fig. 114 Utilizzo pietra di Trani	pag. 344
Fig. 115 Bancali pietra di Trani	pag. 346
Fig. 116 Lampioni a LED	pag. 347
Fig. 117 Panchine piazza	pag. 348
Fig. 118 Panchine standard parco	pag. 349
Fig. 119 Panchine quercia	pag. 349
Fig. 120 Dettaglio panchina	pag. 350
Fig. 121 Tavoli e panchine zona pic-nic	pag. 351
Fig. 122 Dettagli e applicazione di cubotti di seduta metallici	pag. 352

Fig. 123 Dettaglio ed applicazione portabiciclette	pag. 353
Fig. 124 Chiosco per area ristoro	pag. 354
Fig. 125 Dettagli e applicazioni fioriere ed aiuole	pag. 355
Fig. 126 Cestini portarifiuti per raccolta differenziata	pag. 356
Fig. 127 Passaggio pedonale tra pilastrini fotovoltaici	pag. 357
Fig. 128 Area di collegamento pista ciclabile	pag. 361
Fig. 129 Pista ciclabile tipo	pag. 361
Fig. 130 Segnaletica orizzontale	pag. 361
Fig. 131 Schizzo sezione ciclabile	pag. 364
Fig. 132 Percorso vitae interno al parco	pag. 364
Fig. 133 Tappe del percorso vitae	pag. 365
Fig. 134 Esercizi a corpo libero	pag. 366
Fig. 135 Esercizi di equilibrio	pag. 366
Fig. 136 Attrezzi per sollevamento	pag. 367
Fig. 137 Esercizi con attrezzi	pag. 367
Fig. 138 Attrezzi per equilibrio	pag. 368
Fig. 139 Esempi attrezzi per le attività/presentazione esercizio	pag. 372
Fig. 140 Identificazione campi gioco	pag. 373
Fig. 141 Identificazione prima area di sosta	pag. 374
Fig. 142 Identificazione seconda area di sosta	pag. 374
Fig. 143 Identificazione area cani	pag. 375
Fig. 144 Identificazione area giochi per bambini	pag. 376
Fig. 145 Area gioco bambini e area pic-nic	pag. 377
Fig. 146 Tecniche corretta movimentazione di pesi manualmente	pag. 412
Fig. 147 Esempio gru d cantiere	pag. 412
Fig. 148 Benna per il sollevamento di materiali sciolti	pag. 413
Fig. 149 Benna per il sollevamento e il getto del cls	pag. 413
Fig. 150 Forca per il sollevamento di pallet	pag. 413
Fig. 151 Forca sollevamento di materiali sciolti su pallet	pag. 413
Fig. 152 Fasce per la movimentazione	pag. 414
Fig. 153 Catene per la movimentazione di materiali	pag. 414

Fig. 154 Bilancino movimentazione di materiali fragili	pag. 414
Fig. 155 Ganci per il sollevamento di prefabbricati	pag. 414
Fig. 156 Ceste per la movimentazione di materiali sciolti	pag. 414
Fig. 157 Autocarro dotato di gru, posizionato correttamente	pag. 415
Fig. 158 Corretta movimentazione	pag. 415
Fig. 159 Errata movimentazione	pag. 416
Fig. 160 Autogrù tipo	pag. 416
Fig. 161 Area di manovra	pag. 416
Fig. 162 Transpallet tipo	pag. 416
Fig. 163 Movimentazione con Transpallet	pag. 417
Fig. 164 Autopompa tipo	pag. 417
Fig. 165 Braccio autopompa	pag. 417
Fig. 166 Corretto posizionamento autopompa in relazione a scavi	pag. 418
Fig. 167 Sistema di connessione tra autobotte e autopompa	pag. 418
Fig. 168 Fasi di scavo	pag. 418
Fig. 169 Escavatore a pala rovescia	pag. 420
Fig. 170 Scavi tipo, recinzioni e protezioni scarpate	pag. 421
Fig. 171 Reinterro	pag. 421
Fig. 172 Piastra battente	pag. 421
Fig. 173 Fasi reinterro	pag. 422
Fig. 174 Materiale per reinterro	pag. 422
Fig. 175 Fasi getto	pag. 423
Fig. 176 Errato utilizzo pompa	pag. 424
Fig. 177 Getto ultimato	pag. 425
Fig. 178 Stagionatura	pag. 425
Fig. 179 Ferri di armatura	pag. 425
Fig. 180 Armatura trave rovescia	pag. 426
Fig. 181 Macchina per piegatura	pag. 426
Fig. 182 Armatura trave rovescia	pag. 427
Fig. 183 Casseri legno	pag. 427
Fig. 184 Staffe metalliche	pag. 428

Fig. 185 Fasi di lavoro	pag. 428
Fig. 186 Casseratura trave fondazione	pag. 429
Fig. 187 Getto nei casseri	pag. 429
Fig. 188 Vibratore	pag. 431
Fig. 189 Casseratura parte superiore	pag. 431
Fig. 190 Fasi di lavoro	pag. 432
Fig. 191 Getto cls	pag. 432
Fig. 192 Vibratore	pag. 433
Fig. 193 Fasi disarmo	pag. 433
Fig. 194 Macchina pulisci casseri	pag. 434
Fig. 195 Membrane bituminose	pag. 434
Fig. 196 Posa in opera	pag. 435
Fig. 197 Impermeabilizzazione	pag. 435
Fig. 198 Protezione fondazioni	pag. 437
Fig. 199 Posa membrana bugnata	pag. 437
Fig. 200 Fasi di posa in opera	pag. 439
Fig. 201 Reinterro laterale	pag. 439
Fig. 202 Fasi del reinterro	pag. 440
Fig. 203 Fasi getto	pag. 440
Fig. 204 Errato utilizzo pompa	pag. 442
Fig. 205 Rete elettrosaldata	pag. 442
Fig. 206 Preparazione getto	pag. 444
Fig. 207 Vespaio areato	pag. 444
Fig. 208 Posa in opera	pag. 446
Fig. 209 Getto cls	pag. 446
Fig. 210 Operazioni di livellamento	pag. 447
Fig. 211 Membrane bituminose	pag. 447
Fig. 212 Posa in opera	pag. 448
Fig. 213 Impermeabilizzazione vespaio	pag. 448
Fig. 214 Posa in opera	pag. 450
Fig. 215 Isolamento pareti esterne	pag. 450

Fig. 216 Pannelli di OSB	pag. 454
Fig. 217 Bancali e movimentazione pietra di Luserna	pag. 458
Fig. 218 Silo per sottofondo	pag. 460
Fig. 219 Posa in opera riscaldamento	pag. 460
Fig. 220 Posa in opera sottofondo	pag. 462
Fig. 221 Bancate lastre di gesso	pag. 463
Fig. 222 Posa in opera lastre di gesso	pag. 463
Fig. 223 Movimentazione lastre	pag. 463
Fig. 224 Livellamento	pag. 466
Fig. 225 Posa in opera linoleum	pag. 466
Fig. 226 Rotoli di linoleum	pag. 466
Fig. 227 Posa in opera tinteggiatura	pag. 468
Fig. 228 Attrezzi per tinteggiare	pag. 468

Fonti iconografiche

- Fig. 1, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 70, 127: immagini degli autori;
- Fig. 4, 5, 6, 7, 87, 88, 90, 92, 93, 95, 97, 99, 100, 102, 104, 107, 109: da www.wikipedia.it;
- Fig. 2: da www.picstopin.com;
- Fig. 3: da www.erdaf.lombardia.it;
- Fig. 13, 19, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 81, 84, 85, 86, 89, 91, 94, 96, 98, 101, 103, 105, 106, 108, 110, 111, 128, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143: elaborati degli autori;
- Fig. 14, 15: da www.pedemontana.com;
- Fig. 16: da www.trenord.it;
- Fig. 18: da www.ausfatoline.it;
- Fig. 20, 21, 22: da www.belzbergarchitects.com;
- Fig. 23, 24, 25, 26: da www.archviews.net;
- Fig. 27, 28: da <http://www.design-museum.de>;
- Fig. 29, 30: da <http://www.floornature.it>;
- Fig. 31, 32, 33: da Arketipo 31/2009;
- Fig. 34, 35: da Arketipo 13/2007;
- Fig. 48, 49, 50, 51, 52, 53: da www.archilovers.com;
- Fig. 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66: da www.morettispa.it;
- Fig. 67, 68: da www.ortizvictor.it;
- Fig. 71, 72, 73, 74: da www.blog.atcasa.corriere.it;
- Fig. 75, 76, 77, 78, 79, 80: da www.city-life.com;
- Fig. 82, 83: da www.gabions.net;
- Fig. 112, 113: da www.lapietradiluserna.com;
- Fig. 114, 115: da www.lapietraditrani.it;
- Fig. da 116 a 143: da www.citydesign.it;
- Fig. da 144 a 226: da A. Gottfried e G. Di Giuda, Ergotecnica edile.

INDICE TABELLE

Tabella 1. Scheda Fotografica 01	38
Tabella 2. Scheda Fotografica 02	39
Tabella 3. Scheda Fotografica 03	40
Tabella 4. Scheda Fotografica 04	41
Tabella 5. Scheda Fotografica 05	42
Tabella 6. Scheda Fotografica 06	43
Tabella 7. Scheda Fotografica 07	44
Tabella 8. Scheda Fotografica 08	45
Tabella 9. Scheda Fotografica 09	46
Tabella 10. Scheda Fotografica 10	47
Tabella 11. Scheda Fotografica 11	48
Tabella 12. Scheda Fotografica 12	49
Tabella 13. Scheda Fotografica 13	50
Tabella 14. Scheda Fotografica 14	51
Tabella 15. Scheda Fotografica 15	52
Tabella 16. Scheda Fotografica 16	53
Tabella 17. Scheda Fotografica 17	54
Tabella 18. Scheda Fotografica 18	55
Tabella 19. Scheda Fotografica 19	56
Tabella 20. Scheda Fotografica 20	57
Tabella 21. Scheda Fotografica 21	58
Tabella 22. Scheda Fotografica 22	59
Tabella 23. Scheda Fotografica 23	60
Tabella 24. Scheda Fotografica 24	61
Tabella 25. Scheda Fotografica 25	62
Tabella 26. Scheda Fotografica 26	63
Tabella 27. Scheda Fotografica 27	64
Tabella 28. Scheda Fotografica 28	65
Tabella 29. Scheda Fotografica 29	66
Tabella 30. Scheda Fotografica 30	67
Tabella 31. Scheda Fotografica 31	68

Tabella 32. Scheda Fotografica 32	69
Tabella 33. Scheda Fotografica 33	70
Tabella 34. Attori e obiettivi del processo	87
Tabella 35. Vincoli bando	87
Tabella 36. Ulteriori vincoli in atto	88
Tabella 37. Variabili ed alternative di progetto	89
Tabella 38. Studio collocazione nel lotto	90
Tabella 39. Studio forma edificio	90
Tabella 40. Studio sulla localizzazione delle funzioni	91
Tabella 41. Studio su colorazione facciate	91
Tabella 42. Studio altezze edifici	91
Tabella 43. Studio sui materiali	92
Tabella 44. Studio sulla distribuzione del verde	92
Tabella 45. Studio sulle funzioni degli spazi verdi	92
Tabella 46. Studio collegamenti interni	93
Tabella 47. Studio sugli impianti	93
Tabella 48. Studio sulle tipologie di parcheggi	94
Tabella 49. Studio sulla copertura	94
Tabella 50. Studio sulla struttura portante	94
Tabella 51. Analisi possibili incroci tra le variabili	96
Tabella 52. Variabili ed alternative scelte	97
Tabella 53. Analisi delle competenze	101
Tabella 54. Fase 1: concorso	104
Tabella 55. Fase 3: progetto definitivo	109
Tabella 56. Politiche realizzative scelte	111
Tabella 57. Aree di rischio e metodi di mitigazione	113
Tabella 58. Locali e metrature piano terra Espe	120
Tabella 59. Locali e metrature piano primo Espe	120
Tabella 60. Locali e metrature piano terra Aule	121
Tabella 61. Locali e metrature piano primo Aule	121
Tabella 62. Locali e metrature piano terra Cassa Edile	122
Tabella 63. Locali e metrature piano primo Cassa Edile	122

Tabella 64. Valori ammissibili a seconda della zona climatica in esame	139
Tabella 65. Materiali e valori corrispondenti CO.01	145
Tabella 66. Materiali e valori corrispondenti CO.02	146
Tabella 67. Materiali e valori corrispondenti CO.03	147
Tabella 68. Materiali e valori corrispondenti CO.04	148
Tabella 69. Materiali e valori corrispondenti CO.05	149
Tabella 70. Materiali e valori corrispondenti CO.06	150
Tabella 71. Materiali e valori corrispondenti CV.01	151
Tabella 72. Materiali e valori corrispondenti CV.02	152
Tabella 73. Materiali e valori corrispondenti CV.03	153
Tabella 74. Materiali e valori corrispondenti CV.04	154
Tabella 75. Materiali e valori corrispondenti CV.05	155
Tabella 76. Materiali e valori corrispondenti CV.06	156
Tabella 77. Materiali e valori corrispondenti CV.07	157
Tabella 78. Materiali e valori corrispondenti CV.08	158
Tabella 79. Materiali e valori corrispondenti CV.09	159
Tabella 80. Materiali e valori corrispondenti CV.10	160
Tabella 81. Materiali e valori corrispondenti PO.01	161
Tabella 82. Materiali e valori corrispondenti PO. 02	162
Tabella 83. Materiali e valori corrispondenti PO. 03	163
Tabella 84. Materiali e valori corrispondenti PV. 01	164
Tabella 85. Materiali e valori corrispondenti PV. 02	165
Tabella 86. Materiali e valori corrispondenti PV. 03	166
Tabella 87. Materiali e valori corrispondenti PV. 04	167
Tabella 88. Materiali e valori corrispondenti PV. 05	168
Tabella 89. Materiali e valori corrispondenti PV. 06	169
Tabella 90. Materiali e valori corrispondenti PV. 07	170
Tabella 91. Materiali e valori corrispondenti PV. 08	171
Tabella 92. Materiali e valori corrispondenti PV. 09	172
Tabella 93. Materiali e valori corrispondenti PV. 10	173
Tabella 94. Valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edifici	178
Tabella 95. Valori dei parametri del vento	179

Tabella 96. Classi di rugosità del terreno	180
Tabella 97. Individuazione zona	181
Tabella 98. Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione	181
Tabella 99. Valori di Cg per diverse classi di topografia	184
Tabella 100. Valori dei coefficienti di forma	184
Tabella 101. Categorie di sottosuolo	186
Tabella 102. Determinazione coordinate	186
Tabella 103. Espressioni di Ss e di Cc	187
Tabella 104. Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica St	188
Tabella 105. Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico	189
Tabella 106. Tabelle identificative classe acciaio	191
Tabella 107. Valori resistenza	192
Tabella 108. Limiti superiori per gli spostamenti verticali	193
Tabella 109. Valori coefficienti per carichi permanenti e variabili	194
Tabella 110. Informazioni dettagliate IPE 270	195
Tabella 111. Informazioni dettagliate IPE 200	198
Tabella 112. Informazioni dettagliate IPE 220	199
Tabella 113. Informazioni dettagliate IPE 180	202
Tabella 114. Informazioni dettagliate IPE 300	203
Tabella 115. Informazioni dettagliate IPE 270	206
Tabella 116. Curva di instabilità e classi di acciaio	209
Tabella 117. Informazioni dettagliate HE 180 B	210
Tabella 118. Azioni agenti su correnti	217
Tabella 119. Azioni agenti su calastrelli	217
Tabella 120. Coefficienti Kyy, Kyz, Kzy, Kzz	219
Tabella 121. Curva di instabilità su sezioni trasversali	221
Tabella 122. Distribuzione momento flettente e fattore correttivo	221
Tabella 123. Dati UPN 280	222
Tabella 124. Valori ottenuti	222
Tabella 125. Verifica resistenza a taglio	223
Tabella 126. Calastrelli interni UPN 180	224
Tabella 127. Valori ottenuti	224

Tabella 128. Verifica a taglio	224
Tabella 129. Calastrelli agli estremi UPN 280	225
Tabella 130. Valori ottenuti	225
Tabella 131. Verifica a taglio	225
Tabella 132. Azioni agenti sui correnti	229
Tabella 133. Azioni agenti sui diagonali	229
Tabella 134. Quadro riassuntivo azioni sulle varie aste	233
Tabella 135. Verifica a trazione	234
Tabella 136. Caratteristiche legno lamellare	239
Tabella 137. Azioni di compressione e trazione	240
Tabella 138. Corrente compresso	241
Tabella 139. Corrente teso	241
Tabella 140. Montante compresso	241
Tabella 141. Diagonale teso	241
Tabella 142. Verifica a compressione	241
Tabella 143. Verifica a trazione	242
Tabella 144. Verifica trazione diagonale	242
Tabella 145. Verifica trazione montanti	242
Tabella 146. Carichi permanenti ed accidentali fondazione	243
Tabella 147. Caratteristiche cls	255
Tabella 148. Caratteristiche terreno	255
Tabella 149. Dimensioni muratura	255
Tabella 150. Verifica scivolamento	256
Tabella 151. Verifica ribaltamento	257
Tabella 152. Verifica sprofondamento	258
Tabella 153. Scambio termico per trasmissione	269
Tabella 154. Flusso termico in vari locali	270
Tabella 155. Flusso termico totale	270
Tabella 156. Totale calore	274
Tabella 157. Specifiche meccaniche fotovoltaico	281
Tabella 158. Caratteristiche elettriche	281
Tabella 159. Coefficienti termici	282

Tabella 160. Calcolo portata effettiva in base	283
Tabella 161. FLD per i singoli locali	296
Tabella 162. Illuminamento per i singoli locali	297
Tabella 163. Indicatori e segnalatori funzioni	308
Tabella 164. Indicatore aree gioco bambini	309
Tabella 165. Indicatore aree gioco ragazzi	309
Tabella 166. Indicatore spazio anziani	309
Tabella 167. Indicatore recinto per cani	310
Tabella 168. Indicatore percorsi senza barriere	310
Tabella 169. Varietà flora	310
Tabella 170. Varietà vedute	310
Tabella 171. Contesto e sfondo	311
Tabella 172. Accessi pedonali sicuri	311
Tabella 173. Accessi ciclabili sicuri	311
Tabella 174. Recinzioni	311
Tabella 175. Servizi igienici	312
Tabella 176. Acqua potabile	312
Tabella 177. Posteggio bici	312
Tabella 178. Panchine e cestini	312
Tabella 179. Strade di traffico	313
Tabella 180. Ferrovie	313
Tabella 181. Elettrodotti	313
Tabella 182. Industrie e depositi	313
Tabella 183. Manto erboso	314
Tabella 184. Percorsi	314
Tabella 185. Panchine e cestini	314
Tabella 186. Pulizia	314
Tabella 187. Computo metrico travi ESPE	380
Tabella 188. Computo metrico pilastri ESPE	380
Tabella 189. Computo metrico muri controterra ESPE	380
Tabella 190. Computo metrico corpi scala ESPE	381
Tabella 191. Computo metrico platea di fondazione ESPE	381

Tabella 192. Computo metrico travi AULE	382
Tabella 193. Computo metrico pilastri AULE	382
Tabella 194. Computo metrico muro controterra AULE	382
Tabella 195. Computo metrico corpi scala AULE	383
Tabella 196. Computo metrico platea di fondazione AULE	383
Tabella 197. Computo metrico travi CASSA	384
Tabella 198. Computo metrico pilastri CASSA	384
Tabella 199. Computo metrico reticolare in legno CASSA	384
Tabella 200. Computo metrico muro controterra CASSA	384
Tabella 201. Computo metrico corpi scala CASSA	385
Tabella 202. Computo metrico platea di fondazione CASSA	385
Tabella 203. Computo metrico PASSERELLE	385
Tabella 204. Computo metrico travi reticolari PARCHEGGIO	386
Tabella 205. Computo metrico pilastri PARCHEGGIO	386
Tabella 206. Computo metrico muro controterra PARCHEGGIO	386
Tabella 207. Computo metrico platea di fondazione PARCHEGGIO	387
Tabella 208. Computo metrico CONTROVENTI	387
Tabella 209. Computo metrico PREFABBRICATO	387
Tabella 210. Computo metrico SCAVI	388
Tabella 211. Computo metrico CV.01	388
Tabella 212. Computo metrico CV. 02	388
Tabella 213. Computo metrico CV. 03	389
Tabella 214. Computo metrico CV. 04	389
Tabella 215. Computo metrico CV. 06	389
Tabella 216. Computo metrico CV. 07	390
Tabella 217. Computo metrico CV. 08	390
Tabella 218. Computo metrico CV. 09	390
Tabella 219. Computo metrico CV. 10	391
Tabella 220. Computo metrico CV. 12	391
Tabella 221. Computo metrico PV. 01	391
Tabella 222. Computo metrico PV. 02	392
Tabella 223. Computo metrico PV. 03	392

Tabella 224. Computo metrico PV. 04	392
Tabella 225. Computo metrico PV. 05	393
Tabella 226. Computo metrico PV. 06	393
Tabella 227. Computo metrico PV. 07	393
Tabella 228. Computo metrico PV. 09	394
Tabella 229. Computo metrico PV. 10	394
Tabella 230. Computo metrico CO. 01	395
Tabella 231. Computo metrico CO. 02	395
Tabella 232. Computo metrico CO. 03	396
Tabella 233. Computo metrico CO. 04	396
Tabella 234. Computo metrico CO. 05	397
Tabella 235. Computo metrico CO. 06	397
Tabella 236. Computo metrico CO. 07	397
Tabella 237. Computo metrico CO. 08	397
Tabella 238. Computo metrico CO. 09	398
Tabella 239. Computo metrico PO. 01	398
Tabella 240. Computo metrico PO. 02	398
Tabella 241. Computo metrico PO. 03	399
Tabella 242. Computo metrico serramenti ESPE	400
Tabella 243. Computo metrico serramenti AULE	400
Tabella 244. Computo metrico serramenti CASSA	401
Tabella 245. Computo trave Calastrellata	402
Tabella 246. Computo trave Reticolare	402
Tabella 247. Resoconto elementi tecnologici	403
Tabella 248. Resoconto elementi strutturali	403
Tabella 249. Resoconto serramenti	403
Tabella 250. Pro e contro del reticolo PERT	404

ALLEGATI

INDICE ALLEGATI

Capitolo 2:

2.01 Bando di concorso: La cittadella dell'edilizia

Capitolo 3:

3.01 Inquadramento territoriale

3.02a Inquadramento fotografico

3.02b Inquadramento fotografico

3.03 Analisi viabilità

3.04 Riferimenti progettuali

Capitolo 5:

5.01 Masterplan

5.02a Pianta piano terra

5.02b Piano Terra Espe

5.02c Piano Terra Cassa

5.02d Piano terra Parcheggio

5.02e Piano terra Aule

5.02f Pianta primo piano

5.02g Primo piano Espe

5.02h Primo piano Cassa

5.02i Primo piano Aule

5.02l Pianta coperture

5.03 Prospetti

5.04 Sezioni

5.05 Sezioni ambientali

5.06a Render parco

5.06b Render cittadella

Capitolo 6:**6.01a** Abaco/1**6.01b** Abaco/2**6.01c** Abaco/3**6.01d** Abaco/4**6.01e** Abaco/5**6.01f** Abaco/6**6.02a** Blow-up edificio aule**6.02b** Blow-up edificio cassa**6.02c** Blow-up edificio espe**6.02d** Nodi scala 1:10**Capitolo 7:****7.01** 3D Strutturale**7.02a** Piante strutturali piano terra**7.02b** Piante strutturali piano primo**7.03** Passerella calastrellata**Capitolo 8:****8.01a** Accessibilità: Espe**8.01b** Accessibilità: Aule**8.01c** Accessibilità: Cassa Edile**8.02a** Antincendio: Espe**8.02b** Antincendio: Aule**8.02c** Antincendio: Cassa Edile**8.03** Schematic design

Capitolo 9:**9.01a** Studio essenze arboree**9.01b** Studio essenze arboree**9.01c** Studio essenze arboree**9.02** Pista ciclabile**9.03** Pavimentazione**9.04** Percorso vitae**9.05** Aree gioco**Capitolo 10:****10.01** P.E.R.T.**10.02a** Layout Cantiere, Scavi**10.02b** Layout Cantiere, Impianti**10.02c** Layout Cantiere, Gru