



**POLITECNICO DI MILANO**

Scuola di Ingegneria Edile - Architettura

Corso di laurea magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi

## INNOVARE CON LA PIETRA

Riqualificazione di una cava di marmo a Vila Viçosa,  
Portogallo, mediante la progettazione di un centro  
benessere, un hotel, e spazi espositivi.

Relatore: Prof. Emilio PIZZI  
Co-relatore: Prof. Giuliana IANNACCONE

Tesi di Laurea di:

Marco MERLA

Gianluca VILLA

Matr. 752984

Matr. 751748

Anno Accademico 2010 - 2011

## INDICE

INTRODUZIONE .....	14
1. INQUADRAMENTO .....	18
1.1 BREVE STORIA DELL'ARCHITETTURA PORTOGHESE .....	18
1.1.1 Dal VIII al XIX secolo .....	19
1.1.2 Architettura moderna e contemporanea portoghese .....	25
1.2 ANALISI GEOGRAFICA E CLIMATICA .....	30
1.2.1 Morfologia del territorio .....	30
1.2.2 Analisi climatica .....	32
1.3 VILA VIÇOSA .....	40
1.3.1 Inquadramento urbanistico .....	40
1.3.2 Evoluzione storica della cittadina .....	45
1.3.3 Vila Viçosa, una perla bianca in un oceano verde .....	48
1.4 IL SITO DI PROGETTO: "PEDREIRA DA GRADINHA" .....	52
1.4.1 Descrizione generale .....	52
1.4.2 Modello tridimensionale della cava .....	55
1.4.3 Inquadramento fotografico .....	58
2. L'INTERVENTO .....	86
2.1 OBIETTIVI DI PROGETTO .....	86
2.2 ANALISI FUNZIONALE E SPAZIALE .....	88
2.2.1 Individuazione della attività fondamentali .....	92
2.2.2 Legami tra le attività .....	94
2.2.3 Analisi temporale delle attività .....	95
2.2.4 Individuazione delle attrezzature .....	99
2.2.5 Analisi dei disturbi ambientali e individuazione delle prestazioni ambientali .....	104
2.3 IL CONCEPT .....	113

2.4 IL MASTERPLAN E IL TEMA DEL VIAGGIO .....	115
2.5 GLI EDIFICI .....	123
2.5.1 Il museo .....	124
2.5.2 L'Hotel .....	127
2.5.3 La SPA .....	130
2.5.4 La zona fitness .....	140
2.5.5 Il bar - ristorante.....	142
2.5.6 Il parcheggio .....	144
3. RIFERIMENTI.....	148
4. RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÁ.....	166
4.1 PORTE .....	171
4.2 PERCORSI ORIZZONTALI .....	173
4.3 SERRAMENTI .....	176
4.4 ARREDI FISSI .....	176
4.5 TERMINALI DEGLI IMPIANTI .....	178
4.6 SCALE .....	179
4.7 ASCENSORI .....	180
4.8 PARCHEGGI.....	182
4.9 SERVIZI IGIENICI.....	183
4.10 SEGNALETICA.....	191
5. SISTEMI ANTINCENDIO.....	194
5.1 PRESCRIZIONI ANTINCENDIO DI HOTEL-SPA E RISTORANTE.....	197
5.1.1 Accesso all'area e accostamento mezzi di soccorso .....	197
5.1.2 Resistenza al fuoco delle strutture.....	198
5.1.3 Reazione al fuoco dei materiali .....	200
5.1.4 Compartimentazione.....	201
5.1.5 Corridoi.....	203

5.1.6	Scale .....	203
5.1.7	Dimensionamento delle vie di esodo .....	203
5.1.8	Aree ed impianti a rischio specifico .....	206
5.1.9	Impianti di produzione calore .....	206
5.1.10	Impianti di condizionamento e ventilazione .....	206
5.1.11	Condotte.....	207
5.1.12	Impianti elettrici .....	207
5.1.13	Sistemi di allarme .....	208
5.1.14	Estintori .....	209
5.1.15	Impianti idrici antincendio: naspi DN 20 .....	209
5.1.16	Impianti di rivelazione e segnalazione degli incendi .....	214
5.2	PRESCRIZIONI ANTINCENDIO DEL MUSEO .....	215
5.2.1	Resistenza al fuoco delle strutture.....	215
5.2.2	Reazione al fuoco dei materiali .....	218
5.2.3	Compartimentazione.....	219
5.2.4	Dimensionamento delle vie di esodo .....	219
5.2.5	Sistemi di allarme .....	220
5.2.6	Estintori .....	221
5.2.7	Impianti idrici antincendio: naspi DN 20 .....	221
6.	PROGETTAZIONE TECNOLOGICA.....	224
6.1	STRATIGRAFIE.....	226
6.1.1	CV01: Chiusura verticale camere hotel .....	226
6.1.2	CV02: Chiusura verticale Gabion Wall su stratigrafia a secco.....	228
6.1.3	CV03: Chiusura verticale tra Sauna ed esterno.....	230
6.1.4	CV04: Chiusura verticale tra Bagno Turco ed esterno .....	232
6.1.5	CV05: Chiusura verticale Gabion Wall su parete portante in c.a. ....	234



6.1.6 CV06: Chiusura verticale verso terra – Zona Fitness.....	236
6.1.7 CO01: Chiusura orizzontale camere hotel.....	238
6.1.8 CO02: Chiusura orizzontale a tetto verde .....	240
6.1.9 CO03: Chiusura orizzontale verso il patio esterno .....	242
6.1.10 CO04: Chiusura orizzontale verso terra hotel .....	244
6.1.11 CO05: Chiusura orizzontale verso terra zona impianti.....	247
6.1.12 PIO01: Partizione interna orizzontale tra centro benessere e hotel.....	248
6.1.13 PIO02: Partizione interna orizzontale tra piscina e zona impianti .....	250
6.1.14 PIV01: Partizione interna verticale standard .....	252
6.1.15 PIV02: Partizione interna verticale verso zona impianti .....	253
6.1.16 PIV03: Partizione interna verticale tra sauna e centro benessere.....	254
6.1.17 PIV04: Partizione interna verticale tra sauna e bagno turco .....	255
6.1.18 PIV05: Partizione interna verticale tra bagno turco e centro benessere.....	257
6.1.19 PIV06: Partizione interna verticale verso ascensori.....	258
6.1.20 PIV07: Partizione interna verticale zona fitness.....	259
6.2 IL GABION WALL.....	261
7. ANALISI STRUTTURALI .....	268
7.1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	268
7.2 MATERIALI .....	269
7.3 TIPOLOGIE DI TRAVI E PILASTRI.....	270
7.4 ANALISI DEI CARICHI.....	271
7.5 AZIONE DEL VENTO .....	274
7.6 AZIONE DELLA NEVE.....	280
7.7 VERIFICHE STRUTTURALI .....	281
7.7.1 Solaio .....	282
7.7.2 Travi.....	287

7.7.3	Pilastri.....	297
7.8	VERIFICA DELLA FACCIATA IN GABION WALL.....	299
8.	ACTIVE SHADING .....	304
8.1	IL CONCEPT DELL'ACTIVE SHADING .....	305
8.2	PRO E CONTRO DI UN MATERIALE DA COSTRUZIONE: IL MARMO.....	313
8.2.1	Caratteristiche generali .....	313
8.3	LA SCELTA DEL MARMO .....	317
8.4	LA REALIZZAZIONE DELLA LAMELLA.....	321
8.4.1	Estrazione .....	322
8.4.2	Stoccaggio blocchi .....	323
8.4.3	Taglio blocchi.....	324
8.4.4	Stoccaggio lastre .....	325
8.4.5	Taglio lastre .....	325
8.4.6	Levigatura.....	327
8.4.7	Inserimento della Sunstrip .....	328
8.4.8	Accoppiamento e sigillatura delle lastre .....	331
8.4.9	Fissaggio alla struttura .....	332
8.5	VERIFICA A FLESSIONE.....	335
8.6	IL MODELLO DI CALCOLO DELL'ENERGIA PRODOTTA .....	337
9.	ACTIVE SHADING: Energia prodotta.....	348
9.1	IL RENDIMENTO AL VARIARE DELL'INCLINAZIONE DELLA LAMELLA.....	358
9.1.1	Lamelle inclinate 30 ° .....	359
9.1.2	Lamelle inclinate 35° .....	360
9.1.3	Lamelle inclinate 40° .....	361
9.1.4	Lamelle inclinate 45° .....	362
9.1.5	Lamelle inclinate 50° .....	363
10.	INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA.....	366

10.1	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE ED ESTIVA .....	369
10.1.1	Carico termico di riscaldamento .....	377
10.1.2	Carico termico di raffrescamento .....	380
10.1.3	Impianto di climatizzazione.....	395
10.1.4	Potenza delle batterie di riscaldamento .....	401
10.1.5	Potenza delle batterie di raffrescamento .....	406
10.1.6	Dimensioni delle Unità di Trattamento Aria .....	412
10.2	PISCINE .....	415
10.2.1	Le vasche di compenso.....	422
10.2.2	Potenza termica dispersa per trasmissione e ventilazione.....	423
10.2.3	I filtri .....	427
10.2.4	Temperatura del fluido circolante .....	429
10.3	ACQUA CALDA SANITARIA.....	435
11.3.1	Unità di carico e portate.....	435
11.3.2	La prevalenza delle pompe di circolazione .....	443
11.3.3	Il bollitore .....	451
11.	ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto.....	460
11.1	IL CALCOLO DELL'EP <sub>w</sub> .....	465
11.1.1	Erogazione .....	466
11.1.2	Distribuzione .....	467
11.1.3	Accumulo.....	470
11.1.4	Generazione .....	471
12.	ACTIVE SHADING: Analisi dei costi .....	476
12.1	LASTRE IN MARMO.....	477
12.2	IMPIANTO DELL'EDIFICIO .....	480
13.	CONCLUSIONI .....	484
	BIBLIOGRAFIA.....	487

## ALLEGATI

- Allegato 01 - Inquadramento generale
- Allegato 02 - Sito di progetto
- Allegato 03 - Concept
- Allegato 04 - Masterplan
- Allegato 05 - Masterplan
- Allegato 06 - A journey in the quarry
- Allegato 07 - Museo
- Allegato 08 - Ristorante
- Allegato 09 - Hotel - SPA
- Allegato 10 - Vasche esterne
- Allegato 11 - Pavimentazioni e arredo
- Allegato 12 - Piante definitive Hotel - SPA
- Allegato 13 - Fuoco - Masterplan
- Allegato 14 - Fuoco - Ristorante
- Allegato 15 - Fuoco - Museo
- Allegato 16 - Fuoco - Hotel e fitness
- Allegato 17 - Fuoco - SPA
- Allegato 18 - Fruibilità - Masterplan
- Allegato 19 - Fruibilità - Ristorante
- Allegato 20 - Fruibilità - Museo
- Allegato 21 - Fruibilità - Hotel
- Allegato 22 - Fruibilità - SPA
- Allegato 23 - Sezione AA' BB'
- Allegato 24 - Sezione CC' e Prospetto ovest
- Allegato 25 - Sezione sauna
- Allegato 26 - Sezione bagno turco
- Allegato 27 - Particolari costruttivi
- Allegato 28 - Particolari costruttivi
- Allegato 29 - Particolari costruttivi

- Allegato 30 - Particolari costruttivi
- Allegato 31 - Particolari costruttivi
- Allegato 32 - Particolari costruttivi
- Allegato 33 - Particolari costruttivi
- Allegato 34 - Particolari costruttivi
- Allegato 35 - Particolari costruttivi
- Allegato 36 - Particolari costruttivi
- Allegato 37 - Particolari costruttivi
- Allegato 38 - Particolari costruttivi
- Allegato 39 - Pianta strutturale
- Allegato 40 - Particolari Active Shading
- Allegato 41 - Particolari Active Shading
- Allegato 42 - Particolari Active Shading
- Allegato 43 - Particolari Active Shading
- Allegato 44 - Particolari Active Shading
- Allegato 45 - Unifilare impianti
- Allegato 46 - Schemi impiantistici
- Allegato 47 - Schemi impiantistici
- Allegato 48 - Schemi impiantistici
- Allegato 49 - Schemi impiantistici
- Allegato 50 - Schemi impiantistici
- Allegato 51 - Foglio di calcolo Active Shading - Lamelle inclinate 30°



## INNOVARE CON LA PIETRA

Riqualificazione di una cava di marmo a Vila Viçosa, Portogallo, mediante la progettazione di un centro benessere, un hotel, e spazi espositivi.

## ABSTRACT

The project consists of the redevelopment of a disused marble quarry area in Vila Viçosa, Portugal, by building a hotel - spa, restaurant and exhibition spaces.

This work is the result of the elaboration of an early project presented during the 13<sup>th</sup> edition of the international workshop “Premio Compasso Volante 2011”, whose title “*Stone, Wellness and Innovation*” clearly expresses the three main areas explored in this thesis.

We took care of the architectural design: firstly, with the definition of an initial concept, secondly, with the management of the master plan and of the indoor spaces and thirdly, with the final proposals for technologies, structures and systems. At the same time we didn't fail to consider innovation and stone.

Great importance was attached to environmental, economic and energy sustainability.

It was possible to minimize the environmental impact through two main measures: the use of gabion walls, built with the remaining quarry stones, and an innovative system of active shading, using brise soleil made of local stone. These elements, hosting metallic strips, absorb solar radiation and transfer it to a heat transfer fluid, thus reducing the energy demand of the building.

We studied the whole cycle of this Active Shading system, from the mining to the installation of the stripes. We developed a calculation model to assess its energy production and we analyzed the integration between the Active Shading system and the spa plants in terms of energy and economic advantage.

This project aims at being an example of a smart, integrated and conscious design, threefold expression of the Vitruvian *Venustas, Firmitas* and *Utilitas*.



## ABSTRACT

Il lavoro svolto prevede la riqualificazione di un'area dismessa a Vila Viçosa, in Portogallo, ospitante al suo interno una cava di marmo a cielo aperto abbandonata, mediante la realizzazione di un hotel con centro benessere, un ristorante, e spazi espositivi.

Il progetto consiste nello sviluppo e nell'approfondimento di quanto presentato in sede di partecipazione al workshop internazionale Premio Compasso Volante 2011, XIII edizione, il cui titolo, *Stone Wellness and Innovation*, esprime in modo chiaro i tre ambiti in cui si sviluppa la tesi.

Da un lato è stata curata la progettazione architettonica, partendo dalla definizione di un concept di progetto, passando per la gestione del masterplan e degli spazi distributivi, sino ad arrivare alla caratterizzazione esecutiva di tecnologie, strutture ed impianti presenti, dall'altro non sono stati trascurati i temi della pietra e dell'innovazione.

Grande importanza è stata data agli aspetti di sostenibilità ambientale, economica ed energetica; in particolar modo l'impatto ambientale è stato ridotto al minimo sia grazie alla tecnologia del gabion wall, realizzato con il marmo di risulta dei lavori di sistemazione del sito di progetto, sia grazie ad un innovativo sistema di *oscuramento attivo* costituito da brise soleil in pietra locale, che alloggiando al loro interno elementi metallici alettati, assorbono la radiazione solare cedendola ad un fluido termovettore, contribuendo ad abbassare il fabbisogno energetico dell'edificio.

Del sistema, chiamato Active Shading, è stato studiato il ciclo produttivo, dall'estrazione del marmo sino alla messa in opera delle lamelle, è stato definito un modello di calcolo per la stima dell'energia prodotta, e ne è stata studiata l'integrazione con gli impianti del centro benessere, valutandone la convenienza in termini energetici ed economici.

Il progetto ambisce ad essere un esempio di smart design, una progettazione consapevole, contestualizzata ed integrata, espressione trilaterale delle vitruviane Venustas, Firmitas e Utilitas.

## INTRODUZIONE

Obiettivo della tesi è la presentazione di un progetto di riqualificazione di un'area dismessa a Vila Viçosa, in Portogallo, ospitante al suo interno una cava di marmo a cielo aperto abbandonata.

Il tema di progetto è dato dal titolo del workshop internazionale Premio Compasso Volante 2011, XIII edizione, *Stone Wellness and Innovation*.

Le richieste, molto chiare, sono relative sia ad aspetti architettonici, legati alla gestione del grande sito di progetto e alla progettazione di un hotel con centro benessere, di un museo ed un ristorante, sia ad aspetti tecnologici, legati al wellness dell'utenza da una lato, e all'innovazione nella tecnologia della pietra dall'altro.

Da subito è stato necessario svolgere analisi relative al contesto in cui si operava, in modo da realizzare edifici che fossero ben inseriti nell'ambiente locale, e in merito alle particolari esigenze (e le relative possibili interferenze) che le diverse e specifiche attività comportavano.

Per quanto riguarda l'utilizzo della pietra si è deciso di sfruttare la tecnologia del gabion wall per la realizzazione delle chiusure degli edifici, mentre relativamente all'innovazione è stato concepito un sistema di captazione di energia solare, costituito da brise soleil in marmo alloggianti al loro interno elementi metallici alettati che assorbono la radiazione solare cedendola ad un fluido termovettore.

Nell'ottobre 2011 il progetto è stato valutato da due commissioni, una a Vila Viçosa e una a Lecco, guadagnando un secondo ed un terzo posto; da ottobre ad oggi il progetto è stato sviluppato e sviscerato, concentrandosi in particolar modo sull'edificio Hotel - SPA.

Sostanzialmente, consci che sarebbe stato impensabile spingersi sino alla progettazione esecutiva di ogni aspetto del progetto, si è cercato di concentrare l'attenzione sulle particolarità che maggiormente influenzano le differenze leggibili tra progetto *as built* e progetto *on paper*.

Si sono dunque svolte verifiche in merito alla fruibilità degli spazi, all'abbattimento delle barriere architettoniche e alle misure antincendio necessarie, suddividendo gli edifici in un numero adeguato di compartimenti e prevedendo un numero sufficiente di uscite di sicurezza. Sono state poi definite le stratigrafie e le tecnologie presenti, studiando i dettagli costruttivi in modo che fossero evitati ponti termici e qualsiasi tipo di errore che potesse innescare

fenomeni di patologia edilizia, focalizzando l'attenzione in particolar modo sulla tecnologia del gabion wall.

Sono stati svolti dimensionamenti strutturali sugli elementi più sollecitati, e sono state definite le tipologie di impianti presenti, concentrandosi principalmente sul dimensionamento delle Unità di Trattamento Aria, che date le loro grandi dimensioni e la loro rumorosità, soprattutto in edifici quali centri benessere, possono creare problemi, se non prese in considerazione preventivamente.

Lo studio si è rivolto poi alla definizione della tecnologia Active Shading, il sistema oscurante in lamelle di marmo integrate con elementi captanti, prendendo in considerazione le fasi dall'estrazione del materiale dalle cave locali, sino alla messa in opera finale.

Per quanto riguarda il calcolo dell'energia prodotta dal sistema, è stato necessario definire un modello di calcolo, che ha permesso di quantificare ora per ora, durante tutto l'arco dell'anno, la temperatura raggiunta dal fluido circolante.

Il sistema Active Shading viene integrato agli impianti di produzione acqua calda sanitaria e riscaldamento piscine del centro benessere, che sono stati di conseguenza dimensionati, in modo da poter effettuare considerazioni in merito alla convenienza, in termini economici ed energetici, del sistema captante.

Come già detto, una buona progettazione non può prescindere da un inquadramento storico - politico - geografico del territorio sul quale si interviene, ed è proprio da qui che è iniziata la nostra ricerca.

Marzo 2012,

Marco Merla  
Gianluca Villa



# 1. INQUADRAMENTO

# 1. INQUADRAMENTO

## 1.1 BREVE STORIA DELL'ARCHITETTURA PORTOGHESE

Data la sua posizione geografica, all'estremo occidente della penisola iberica, il Portogallo ha visto un evolversi dell'architettura nel corso della storia che ha seguito in parte gli sviluppi europei, dal romanico al gotico, dal barocco al liberty, anche se diverse volte in ritardo rispetto ai tempi continentali. Lo stile architettonico è stato soggetto ad importanti influenze islamico musulmane dovute al dominio dei mori, che hanno lasciato un segno indelebile sia sul territorio che nel gusto comune (architettura manuelina).

In altri casi la lontananza dalle vicende storiche europee ha impedito ad alcuni stili di affermarsi pienamente. È il caso per esempio del barocco, nato come reazione della Chiesa alla Riforma Luterana. Quest'ultima, non avendo avuto grande riscontro popolare in Portogallo, non portò ad importanti azioni della Controriforma, come invece avvenne nel resto del continente, lasciando il paese povero di architetture barocche. Anche in epoca moderna e contemporanea, in seguito alle vicende della seconda guerra mondiale, a causa del forte regime isolazionista di Salazar, il Portogallo si è mosso in ritardo rispetto ai paesi centrali dell'Europa, generando un'architettura connotata da un linguaggio proprio, fortemente legato al contesto, ancor oggi in fase di maturazione.

### 1.1.1 Dal VIII al XIX secolo

#### Il dominio islamico

Nel 711 d.C. i Mori dal Maghreb invasero la penisola iberica. La loro presenza influenzò fortemente l'arte e l'architettura portoghese, in particolare nel sud, dove la Riconquista ebbe fine soltanto nel 1249. Tuttavia, contrariamente alla Spagna, in Portogallo solo pochi edifici islamici sono sopravvissuti fino ad oggi mantenendo invariati i loro caratteri fondamentali. In molte città e villaggi del Portogallo le case sono caratterizzate da semplici facciate bianche che conferiscono all'insieme di strade e quartieri un aspetto distinto, simile a quello dei villaggi nel nord Africa. Molti quartieri medioevali delle maggiori città hanno mantenuto il sistema viario di epoca islamica, come ad esempio l'Alfama a Lisbona.

Gli edifici in questo periodo erano spesso costruiti con terra battuta (*taipa*) e secondo la tecnica adobe (mattoni preparati entro stampi, essiccati al sole ed infine messi in opera con le tradizionali tecniche murarie), seguita da imbiancatura. Durante il dominio musulmano furono costruite diverse moschee, che trasformate poi in chiese e cattedrali, videro cancellarsi i tratti caratteristici dell'arte islamica. L'unica eccezione è data dalla chiesa Igreja Matriz di Mértola, nella regione Alentejo.



Figura 2 - Vista dall'alto del quartiere Alfama a Lisbona



Figura 1 - Quartiere Alfama, Lisbona

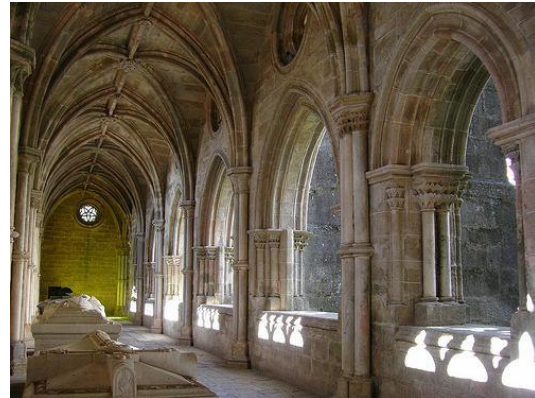


Figura 3 - Duomo di Evora, facciata

La Moschea di Mértola fu costruita nella seconda metà del XII secolo e, pur avendo subito diverse modifiche, risulta essere ancor oggi la moschea medievale meglio conservata in Portogallo. I mori costruirono anche castelli e fortificazioni in molte città, in gran parte rimaneggiati ampiamente dopo la Riconquista cristiana.

### **Lo stile romanico (1100 - 1230)**

Lo stile romanico fu introdotto in Portogallo tra la fine del XI e l'inizio del XII secolo, principalmente grazie all'ordine dei Benedettini e degli altri ordini religiosi che diedero grande impulso all'architettura romanica durante tutto il XII secolo. Il Monastero di Rates costituisce una delle opere fondamentali del primo periodo romanico portoghese, anche se il progetto fu modificato più volte nel corso del XII secolo.



*Figura 4 - Duomo di Evora, chiostro*

Tutte le cattedrali romaniche portoghesi sono state ampiamente modificate nei periodi successivi. In generale le cattedrali romaniche apparivano massicce e pesanti, richiamando l'immagine delle contemporanee fortezze, aspetto solo in parte raffinato dalle merlature e decorazioni poste intorno alle aperture.

### **Lo stile gotico (1200 - 1450)**

L'architettura gotica fu portata in Portogallo dalla diffusione dell'ordine cistercense. La chiesa del Monastero di Alcobaça, costruita tra il 1178 e il 1252, rappresenta il primo edificio completamente gotico del Portogallo.

In seguito lo stile gotico fu principalmente diffuso dagli ordini mendicanti (soprattutto francescani, agostiniani e domenicani).

Durante il XIII e XIV secolo, nei maggiori centri urbani furono fondati vari conventi come São Domingos ad Elvas. In generale le chiese erano suddivise in tre navate, con copertura in legno, e un'abside con tre cappelle coperte da volte a costola, erano inoltre prive di torri e decorazioni particolari, in linea con gli ideali degli ordini mendicanti. Molte delle cattedrali romaniche furono modernizzate con elementi gotici. Il Duomo di Évora, costruito nel XIII secolo, rappresenta un importante edificio di transizione. Infatti, mentre la pianta e la facciata



si ispirano alla Cattedrale di Lisbona di epoca romanica, le sue forme (archi, finestre e volte) sono già gotiche.

Nel XV secolo, la costruzione del monastero di Batalha, portò ad un rinnovamento del gotico portoghese, introducendo il gotico fiammeggiante. Il Gotico-Mudéjar rappresenta un'altra variante dello stile gotico; si è sviluppato in Portogallo verso la fine del XV secolo, in particolare nella regione Alentejo. Il nome Mudéjar indica l'influenza dell'arte islamica nei regni cristiani della penisola iberica, soprattutto durante il Medioevo. Nell'Alentejo l'influenza Mudéjar



Figura 5 - Monastero di Alcobaça

è evidente nel profilo di finestre e portali in molti edifici, nei merli e nelle torrette circolari con pinnacoli tipici dell'architettura islamica, e soprattutto nel utilizzo di piastrelle in ceramica con una superficie smaltata e decorata, gli azulejos. In diversi palazzi e chiese di Évora ed Elvas si possono trovare esempi di questa tendenza.

Durante il periodo gotico furono costruiti o rinforzati numerosi castelli, soprattutto lungo il confine con il Regno di Castiglia. Rispetto alle precedenti fortificazioni, i castelli gotici tendevano ad avere un maggior numero di torri, spesso a pianta circolare o semi-circolare, e migliori opere di difesa.

### **Lo stile manuelino (1490 - 1520)**

L'architettura portoghese tardo-gotica è caratterizzata dallo sviluppo di uno stile sontuoso chiamato Manuelino in onore di re Manuel I, sotto il cui regno (1495-1521) furono costruiti o iniziati un gran numero di edifici. Lo stile Manuelino mescola aspetti del tardo gotico con l'architettura del



Figura 6 - Monastero di Gesù di Setúbal

Rinascimento, rivelando influenze spagnole, italiane e fiamminghe, così come caratteri provenienti dalla tradizione islamica Mudéjar. Gli edifici in stile Manuelino sono spesso

decorati con motivi naturalistici tipici dell'Age of Discovery, motivi spiraliformi che ricordano le corde utilizzate sulle navi, motivi vegetali ed una ricca gamma di animali. Le chiese realizzate in questo periodo presentano tipicamente tre navate di uguale altezza sostenute da colonne a spirale, portali decorati con colonne tortili, nicchie ed elaborati motivi decorativi rinascimentali e gotici. Il Monastero di Gesù di Setúbal è considerato il primo edificio in stile manuelino. A Lisbona furono realizzati due importanti edifici in stile Manuelino, voluti da re Manuel I per celebrare il ritorno del navigatore portoghese Vasco de Gama dopo la scoperta della rotta per l'India.

### **Il Rinascimento e il Manierismo (1520 - 1650)**

Lo stile rinascimentale non si affermò mai totalmente in Portogallo. Introdotto da un architetto francese nel 1517, fu praticato principalmente da architetti stranieri, per questo motivo è stato chiamato "Estrangeirada" (estero-influenzato). Negli ultimi anni del periodo lo stile rinascimentale si evolse lentamente nel Manierismo.



*Figura 7 - Chiesa di São Roque, Lisbona*

L'architetto portoghese più conosciuto di questo periodo è Afonso Álvares, fra le cui opere troviamo le cattedrali di Leiria (1551-1574), la cattedrale di Portalegre (iniziata nel 1556), e la Chiesa di São Roque a Lisbona. Quest'ultima è stata completata dall'italiano Filippo Terzi, architetto gesuita, che realizzò anche il collegio dei Gesuiti a Évora, il Monastero di São Vicente de Fora a Lisbona e il palazzo episcopale di Coimbra. La sua notevole produzione in Portogallo annovera, oltre a numerose chiese, diversi acquedotti e fortezze.

### **Architettura "Cha" (1580-1640)**

Durante il periodo di unione tra Portogallo e Spagna, tra il 1580 e il 1640, si sviluppa un nuovo stile chiamato "Arquitecture Cha" (1580-1640). Lo stile, in sostanza manierista, ricerca una maggiore chiarezza nella struttura, presentando un aspetto possente attraverso l'uso di superfici regolari e piane ed una composizione moderata dello spazio; è privo inoltre di decorazioni eccessive. Questa semplificazione fu in realtà in parte causata dalla limitatezza delle risorse finanziarie, e in parte da un tentativo di resistere al barocco, già diffuso in Spagna, servendosi di uno stile che meglio esprimesse l'identità portoghese.



*Figura 8 - Collegio dei Gesuiti, Evora*

### **L'indipendenza e l'architettura Barocca (1640-1755)**

Il barocco in ambito europeo è stato considerato come espressione della Controriforma, una reazione della Chiesa Cattolica all'imminente Riforma Protestante. Il nuovo credo religioso luterano non fece però presa in Portogallo e di conseguenza il barocco ebbe un'ampia diffusione. Con la conquista dell'indipendenza nel 1640 si sviluppò, invece, un nuovo stile che appare come una transizione tra "Arquitecture Cha" e il tardo barocco. In realtà la sua diffusione coincise con un periodo di calo della potenza economica e militare del Portogallo e di conseguenza vide un minor numero di progetti e minore opulenza. Nel periodo successivo, tra il 1690 e il 1717, si assistette ad una cauta introduzione dello stile barocco in Portogallo. La Chiesa di Santa Engrácia (oggi Pantheon Nazionale di Santa Engracia), iniziata nel 1682 da João Nunes Tinoco e continuata da João Antunes è forse l'unico edificio veramente barocco in Portogallo.



*Figura 9 - Chiesa di Santa Engrácia*

Nel 1697 furono scoperti importanti giacimenti di oro, gemme e diamanti a Minas Gerais, in Brasile. L'esplorazione mineraria era fortemente controllata dalla Corona portoghese che impose pesanti tasse su tutto ciò che veniva estratto. Gli enormi proventi del regime fiscale portarono ricchezza al paese, che divenne uno degli stati più ricchi d'Europa nel XVIII secolo.

Re João V, che regnò tra il 1706 e il 1750, volendo competere con il re di Francia Luigi XIV, il Re Sole, avviò la costruzione di un gran numero di edifici per la glorificazione del suo nome e del Portogallo. Dovette però compensare la mancanza di esperienza e tradizione locale attirando artisti stranieri con enormi quantità di denaro, sperperando così le ricchezze ottenute dai possedimenti coloniali in grandiosi progetti, molti dei quali non furono mai finiti. Il Palazzo Nazionale di Mafra rappresenta uno dei palazzi più sontuosi dell'architettura barocca portoghese. Il re nominò per la sua realizzazione l'architetto Johann Friedrich Ludwig che ideò il palazzo come una sintesi dei principali caratteri della Basilica di San Pietro in Vaticano, della chiesa gesuita di Sant'Ignazio a Roma e del Palazzo di Montecitorio. Il progetto si allineava con l'ambizione del sovrano di fondare una "seconda Roma" presso il fiume Tago.

#### **Pombaline style (1755-1860)**

Il terremoto di Lisbona e il successivo tsunami del 1755 distrussero molti edifici ed interi quartieri. Il re Giuseppe I e il suo primo ministro Sebastião de Melo, marchese di Pombal, ingaggiarono architetti e ingegneri per ricostruire le parti danneggiate della città. Lo stile Pombaline è caratterizzato da un'architettura laica e utilitaria segnata principalmente dal pragmatismo. Unisce composizioni regolari e razionali, tipiche dell'ingegneria militare, a dettagli rococò ed un approccio neoclassico alla struttura. Inoltre, per la prima volta, alcuni modelli furono testati in relazione alla loro capacità antisismica simulando un terremoto attraverso la marcia di alcune truppe militari.

### **1.1.2 Architettura moderna e contemporanea portoghese**

Dopo il secondo conflitto mondiale, l'Europa ha conosciuto un diffuso e crescente benessere per oltre sessant'anni, mentre il Portogallo è stato vittima dell'isolazionismo del regime dittatoriale di Antonio Oliveira Salazar e solo con la "rivoluzione dei garofani", il colpo di stato del 25 aprile del 1974, è stato restituito ad una stagione nuova. Si aprivano in quel momento le porte ad un linguaggio nuovo, moderno e internazionale, che aveva preso piede nel continente qualche decennio prima e si era ormai già consolidato. La stessa industrializzazione che il regime aveva impedito poteva ora cominciare a svilupparsi. Il piano straordinario di edilizia residenziale pubblica (SAAL), varato per far fronte al drammatico problema dell'abitazione, diede inizio ad una fase di grandi opportunità per gli architetti e per tutti gli operatori nel campo dell'edilizia.

*"La cultura architettonica portoghese degli anni sessanta, in sostanza, difende e conferma il concetto di "progettualità" architettonica e il recupero del contatto con il reale come condizione del progetto intendendo così rinunciare alla soluzione universale a favore di un recupero del rapporto personale-territoriale.*

*[...] Il cosiddetto stile internazionale si afferma con un certo riguardo nei programmi della terziarizzazione, mediante la sostituzione di lotti o di quartieri della città esistente e vestendo di forme più folcloristiche i luoghi dell'esplosione turistica a sud della capitale, e soprattutto nell'Algrave"*

[N. Portas, M. Mendes, 1991, pag. 21].

*"Non possiamo dimenticare il ritardo del mio paese: la "rivoluzione dei garofani" lasciava infatti intravedere una società ancora sostanzialmente feudale. Il nostro dittatore, Antonio de Oliveira Salazar, aveva osteggiato efficacemente la costruzione di industrie e, conseguentemente, il paese era ancora legato ad un'economia prevalentemente agricola. Pertanto si materializzava in Portogallo lo scenario che aveva caratterizzato l'Europa centrale subito dopo la seconda guerra mondiale, quando iniziò la ricostruzione. Così, gli architetti italiani che venivano a visitare le opere di Alvaro Siza, all'inizio degli anni Settanta, si ricordavano inevitabilmente dei film di Vittorio De Sica.*

*Il dubbio che avevo all'epoca era legato alla necessità di capire se in quel contesto "medievale" avremmo dovuto aspettare l'inizio della Rivoluzione Industriale e, successivamente, l'avvento del modernismo.*

*In realtà, le stesse condizioni economiche e tecniche imponevano un sistema costruttivo in travi e pilastri in calcestruzzo armato che finì per costituire lo strumento necessario per un modernismo in fondo involontario. Infatti le 500.000 abitazioni previste dal governo potevano essere realizzate soltanto con la struttura Domino. Nello stesso tempo, comunque, c'era il desiderio, tra gli architetti della generazione di Alvaro Siza, di sperimentare quelle forme che il regime fascista aveva fino ad allora proibito.*

*Lo stesso Siza ispirò un articolo collettivo, dopo la rivoluzione, per affermare che il Portogallo non poteva aderire al postmodernismo perché, in fondo, quell'atteggiamento aveva imperato fino ad allora con il "português suave", imposto proprio dal regime fascista" (Souto de Moura) [G. Giangregorio (a cura di), 2002, pag. 27-28].*

*"Quel periodo, tra la fine degli anni Quaranta e l'inizio degli anni Cinquanta, è stato davvero straordinario, direi magico, grazie soprattutto ai molti stimoli e al notevole entusiasmo che lo hanno caratterizzato. La caduta dei regimi fascisti aveva determinato, nel secondo dopoguerra, l'inevitabile apertura del governo di Salazar, costruito a rinunciare al radicale isolamento iniziale. Conseguentemente, diventavano possibili contatti fino ad allora improponibili, mentre persino la censura era meno oppressiva.*

*[...] Ovviamente è opportuno sottolineare alcune inevitabili differenze tra il Portogallo e gli altri paesi europei, dovute sia al nostro ritardo nel processo di industrializzazione, sia all'importante peso che qui ancora aveva l'artigianato. Furono poi Fernando Tavora e Viana de Lima gli architetti che durante il periodo CIAM ristabilirono i contatti con la cultura europea. In particolare, fu ancora una volta la grandezza di spirito di Carlos Ramos a permettere che giovani assistenti, come Tavora, potessero esercitare un'importante influenza nella Escola de Belas Artes di Porto.*

*[...] Pertanto si può dire che si realizzava, in quel momento, un incontro tra influenze esterne molto forti e ricerche interne altrettanto interessanti" (Alvaro Siza)*

*[G. Giangregorio (a cura di), 2002, pag. 8-11].*

Ruolo fondamentale nell'architettura portoghese fu svolto da Fernando Távora, figura di riferimento per la critica nei confronti della sofisticata ortodossia modernista e

contemporaneamente avversa all'eclettismo accademico intorno al quale si creò un'identità di pensiero, un gruppo culturalmente unito, conosciuto come "Scuola di Porto". A differenza di Lisbona, la Scuola sosteneva l'idea di un'architettura moderna sobria, sganciata dalle ideologie, criticamente avanzata, legata al contesto, rispondente alla topografia del luogo, sensibile alla luce e fondata sulle risorse (forme, caratteri, materiali, genius loci) della regione.

Kenneth Frampton suggerì di definirla "Regionalismo Critico". Le diversità tra le due scuole portarono in primis all'individuazione di programmi accademici differenti e in seguito alla decisione di percorrere cammini separati, che ancor oggi seguono binari differenti. Se da un lato a Lisbona "i programmi erano molto asettici"<sup>1</sup> e il dibattito e la partecipazione non trovavano spazio, dall'altro, a Porto, l'architetto manteneva la sua vocazione al servizio della società.

*"A Porto si elaboravano studi che sperimentavano l'ausilio delle indagini sulle condizioni e il sistema di vita delle popolazioni urbane. In questo modo, si raccolsero numerosi dati che furono poi immediatamente utilizzati nel momento in cui iniziò il SAAL. Penso, ad esempio, al progetto per il quartiere Barredo di Fernando Tavora. Del resto è per questo che il SAAL di Porto è stato molto più vivo e fecondo di quello del Sud. Nello stesso tempo a Lisbona esisteva una maggior sensibilità nei confronti di quanto accadeva all'estero. Tale sensibilità era inoltre associata a una maggiore possibilità di ottenere informazioni. A Porto, invece, l'ambiente di studio e di lavoro era molto più introverso" (Alvaro Siza)*

[G. Giangregorio (a cura di), 2002, pag. 20].

*"A Porto si costruivano appena piccole attrezzature o case unifamiliari, in cui la componente probabilmente più interessante era la sperimentazione costante. L'aspetto più significativo di tale sperimentazione consisteva nell'approfondimento della tradizionale arte della costruzione, in stretto dialogo con un paesaggio che in questa regione, nonostante tutto, non subiva ancora grandi trasformazioni. Risultava allora possibile il raggiungimento di una grande continuità con la natura e con la storia, senza sussulti.*

*Al contrario, a Lisbona dilagava la costruzione di grandi complessi ad alta densità, con la conseguente polverizzazione della città.*

---

<sup>1</sup> Guido Giangregorio (a cura di), *Ventiquattro domande a Alvaro Siza*, Clean Edizioni, Napoli, 2002, pag.

*Pertanto, diventa chiaramente comprensibile come il clima nelle due realtà si andasse definendo in forme totalmente differenti. Inevitabilmente, all'interno delle due scuole i programmi dei corsi finirono per essere anch'essi sostanzialmente diversi e, conseguentemente, la formazione professionale finì per avere caratteri distinti, fino all'affermazione di un vero e proprio "divorzio", ancor oggi visibile" (Alvaro Siza)*

[G. Giangregorio (a cura di), 2002, pag. 18-19].

Tra la fine degli anni '80 e i primi degli anni '90, l'ingresso del Portogallo nell'Unione Europea (1986) diede un nuovo impulso all'economia, favorendo lo sviluppo del territorio con grandi trasformazioni. L'EXPO 1998 costituì un'ulteriore occasione per l'attività progettuale.

Ciò che emerge da una lettura complessiva dell'architettura portoghese sono alcune costanti quali: la riduzione linguistica, l'uso sobrio discreto ed essenziale (non semplicistico) dei materiali locali, l'adattamento formale all'ambiente naturale e costruito, l'articolazione delle piante su base prospettica.

*"Nessun architetto veramente serio può iniziare un progetto pensando di costruire un'opera poetica. L'architetto deve limitarsi a pensare come, concretamente, è fatto un giardino, una copertura e così via. Per questa ragione, non capisco nemmeno come si possa iniziare un progetto con l'obiettivo di integrare un edificio nel suo intorno. Io pensa appena a fare un progetto come si deve. Inevitabilmente, un buon progetto è sempre "integrato" nel contesto. Qualsiasi decisione aprioristica è invece fatale" (Souto de Moura)*

[G. Giangregorio (a cura di), 2002, pag. 45-47].

La posizione decentralizzata del paese e il forte isolamento subito fino agli anni settanta hanno quindi influenzato pesantemente lo sviluppo dell'architettura portoghese. La stessa lontananza dal centro dell'Europa e dagli sviluppi dell'ultimo mezzo secolo non ha permesso al Portogallo di raggiungere una maturità architettonica al pari degli altri paesi europei.

*"Negli ultimi dieci anni della cultura architettonica portoghese si assiste ad un vorticoso agitarsi di immagini, forme, gesti, mode e intenti, più che di idee e concetti critici che diano il fondamento alle nuove forme emergenti.*

*Evocando a gran voce la liberazione da ogni formalismo, oggi assistiamo a riciclaggi affrettati dell'esperienza creativa, tanto che non è azzardato affermare che nella maggior parte delle*



*realizzazioni architettoniche è evidente un certo letargo concettuale, risultato forse provvisorio di chi ha accompagnato e ha discusso, allegramente o drammaticamente, la “crisi del paradigma” nella conquista delle libertà democratiche, e in questo processo ha scordato le aspettative che erano alla base del cambiamento.*

*Assenti i valori strutturali che avevano percorso la tradizione della cultura architettonica portoghese, l'enfatizzazione dell'autonomia nei modelli si riproduce in atteggiamenti riduttivi, dogmatici e da neoavanguardia che rendono difficile trovare un fondamento teorico alla produzione più recente, facendo perdurare le incapacità culturali e le valenze antagoniste di una presunta condizione di post-modernità”*

[N. Portas, M. Mendes, 1991, pag. 35].

## 1.2 ANALISI GEOGRAFICA E CLIMATICA

### 1.2.1 Morfologia del territorio

#### Portogallo

La penisola iberica è chiusa sui lati orientale, settentrionale e meridionale da elevate catene montuose ed è aperta sul lato occidentale verso l'oceano Atlantico. Da ciò derivano i caratteri peculiari del territorio portoghese che, nel suo insieme, si presenta come una successione di vallate, di terrazze collinari e di pianure che dai margini dell'altopiano interno spagnolo, la Meseta, digradano verso l'Atlantico.

Le vallate, che non hanno tutte un andamento regolare da est a ovest, sono di solito ampie e soltanto in corrispondenza dell'orlo della Meseta si restringono, formando talora profondi valloni incisi dai fiumi.

L'elemento montuoso più elevato del Paese è la Serra da Estrela (1991 m), dalle pendici non troppo impervie, che separa le vallate appartenenti al bacino del Tago dalla valle del Mondego e che con le sue estreme propaggini, praticamente parallele alla costa, arriva sin quasi alla foce del Tago.

La regione settentrionale, che si ricollega al Massiccio Galaico, è prevalentemente montuosa, solcata da una serie di valli fluviali, costituenti il basso bacino del Duoro. A sud del fiume Tago si stendono invece le maggiori superfici pianeggianti del Paese, chiuse sul lato costiero dai rilievi dell'Algrave. Solo sporadicamente il rilievo portoghese raggiunge il mare; mai comunque con le sue forme più movimentate. Ne deriva un profilo costiero uniformemente regolare, con profonde rientranze solo alle foci dei grandi fiumi, come il Tago ed il Sado; altrove esso presenta estesi arenili rettilinei o caratteristici festoni, che solo in pochi tratti si innalzano con forme aspre e dirupate.



Figura 10 - Cartina geofisica del Portogallo

A nord del Capo di Sines e lungo la costa dell'Algarve si affacciano al mare paludi e pantani soggetti all'alternata vicenda della marea. Molto frequenti sono i cordoni sabbiosi presso le foci dei fiumi, come per esempio quello molto vasto che si estende alla foce del Vouga.

La varietà di forme che caratterizzano il territorio da nord a sud è alla base delle principali differenziazioni regionali del Portogallo. Ma non meno importanti sono le diversità tra la costa e l'interno, ossia tra *terra alta* e *terra baixa*, tra *montanha* e *campo*, soprattutto agli effetti delle condizioni climatiche.

Il territorio portoghese è sottoposto ad influenze climatiche assai varie: su di esso passa infatti la linea d'incontro tra le masse d'aria di origine ciclonica dell'Atlantico settentrionale e quelle anticloniche d'origine subtropicale. D'inverno, le masse d'aria anticloniche subtropicali si ritirano, mentre d'estate i cicloni atlantici lasciano l'intero territorio sotto gli influssi dell'anticiclone delle Azzorre, che blocca per molti mesi la situazione metereologica. Il cielo è sempre stabile e sereno, la temperatura si eleva, l'umidità si riduce estremamente. A tali condizioni si aggiunge, specialmente nell'Alentejo, il vento caldo continentale che proviene dalla Meseta interna. Sulle coste il mare promuove invece una certa azione mitigatrice. Verso l'autunno, il sopravvivere dei cicloni atlantici determina condizioni di tempo piovoso, col cielo che resta nuvoloso per lunghi periodi, specialmente nelle regioni di nord-orientali, le *terras trasmontanas*, dove si hanno anche le precipitazioni più forti. Queste registrano naturalmente i valori più elevati sui rilievi, che catturano l'umidità dei venti atlantici. Nel Sud, che è sottoposto a un clima spiccatamente mediterraneo, gli inverni sono tiepidi e brevi, così come lunghi, freddi e nevosi sono gli inverni nel Nord-Est.



Figura 11 - Cartina geopolitica del Portogallo

## **Alentejo**

Letteralmente "Oltre Tago", l'Alentejo è una regione del Portogallo che comprende la totalità dei distretti di Portalegre, Évora e Beja e parte dei distretti di Setúbal e di Santarém. Confina con le regioni di Lisbona e Centro a nord, con la Spagna a est, con l'Algarve a sud e con l'Oceano Atlantico a ovest. Capitale dell'Alentejo è Evora, il cui distretto è suddiviso in 14 comuni, tra i quali il Comune di Vila Viçosa.

Il territorio dell'Alentejo è prevalentemente pianeggiante, con dossi lievi che si fanno via via più elevati nella zona dell'Alto Alentejo, interrotto di tanto in tanto da valli, dolci colline e dighe importanti.

La vegetazione arborea non è ricca ed in tutto il territorio si estendono coltivazioni di ulivi, querce da sughero e cereali.

### **1.2.2 Analisi climatica**

Il clima dell'Alentejo, e in particolare di Vila Viçosa, si può definire mite e temperato, molto caldo per la maggior parte dell'anno. Le temperature variano infatti da un minimo di 3-5 gradi centigradi in inverno ad un massimo di 35-38 gradi in estate e raramente scendono sotto lo zero. La temperatura media rimane in un range compreso tra i 10 gradi in gennaio e i 25 gradi in agosto; i mesi di luglio agosto e settembre risultano infatti essere i più caldi dell'anno.

L'umidità relativa annuale varia da un 80% invernale ad un 60% estivo, con scostamenti giornalieri di  $\pm 20\%$ . I venti più forti raggiungono velocità di 35-40 km/h in direzione ovest-nord-ovest, ma sono molto rari; i venti dominanti soffiano in direzione



*Figura 12 - Pergolato a Lisbona*



*Figura 13 - Residenza monofamiliare, Alvaro Siza*

nord-nord-ovest con una velocità di circa 25-30 km/h, hanno una temperatura intorno ai 20°C e un'umidità relativa del 60%. Le piogge sono molto rare se non quasi totalmente assenti.

Il caldo torrido della stagione estiva è una condizione al contorno imprescindibile nelle architetture del Portogallo. Analizzando attentamente alcuni edifici, si scopre che

molti elementi nati come soluzione al problema del forte soleggiamento siano diventati caratteri connotanti dell'architettura portoghese. Pergolati, elementi a sbalzo, intonaci chiari. Lo stesso Padiglione del Portogallo progettato da Siza per l'Expo di Lisbona ne è un chiaro esempio. Il sole e le alte temperature sono quindi il problema principale da prendere in considerazione e mai dimenticare in una progettazione consapevole e contestualizzata.

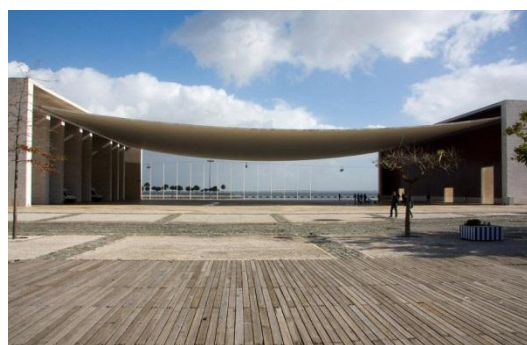


Figura 14 - Padiglione del Portogallo, Alvaro Siza

### Temperatura, umidità, radiazione solare

I dati che sono riportati sono i dati sperimentali prodotti dall'Ashrae (2001) relativi alla città di Vila Viçosa.

Città	Vila Viçosa
Altitudine	321 m s.l.m
Latitudine	38,6°
Longitudine	-7,9°

Tabella 1 - Posizione geografica della città di Vila Viçosa

Si riportano di seguito i grafici relativi alle temperature minime, medie e massime sull'arco dell'intero anno; dati relativi alla radiazione solare diretta e diffusa e all'umidità relativa.

Temperature	Direct Solar
Rel.Humidity	Diffuse Solar
Wind Speed	Cloud Cover

Figura 15 - Legenda



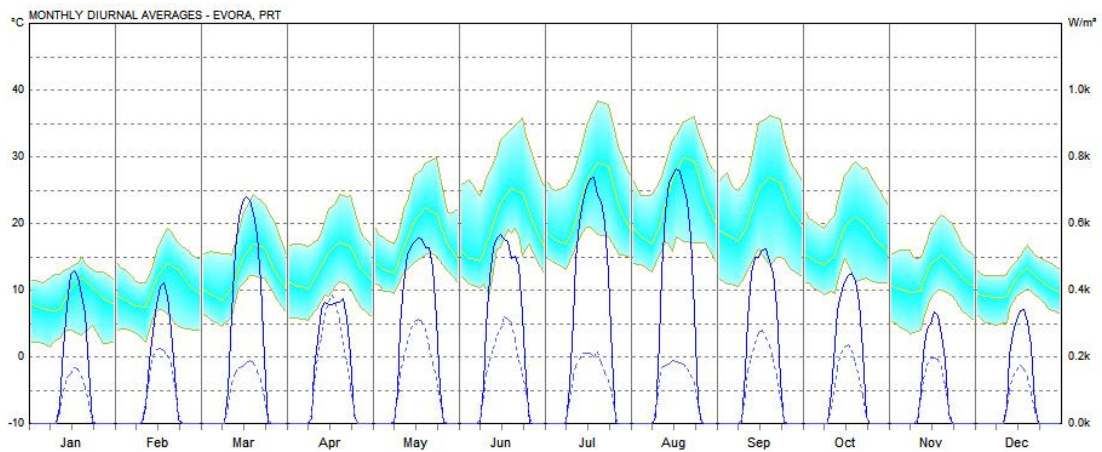


Figura 16 - Temperature medie giornaliere e radiazione solare diretta e diffusa

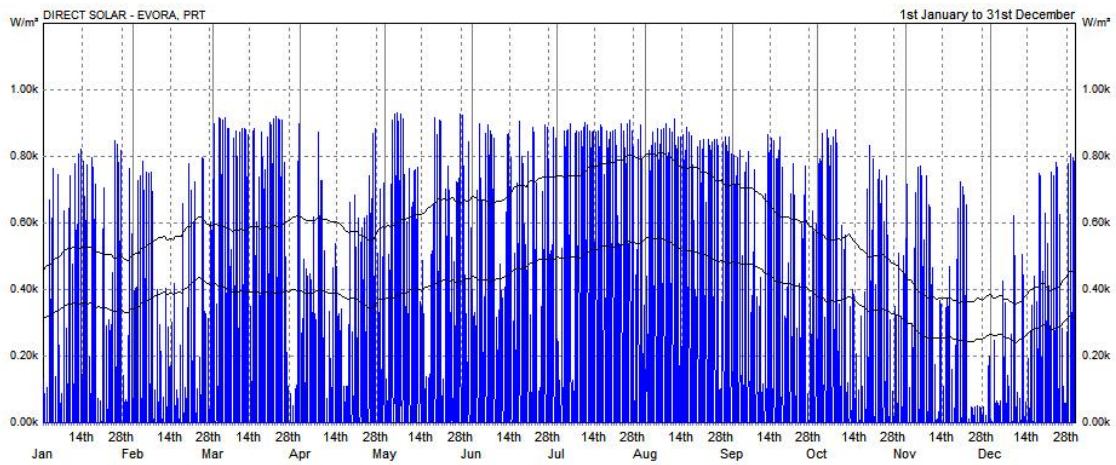


Figura 17 - Radiazione solare diretta

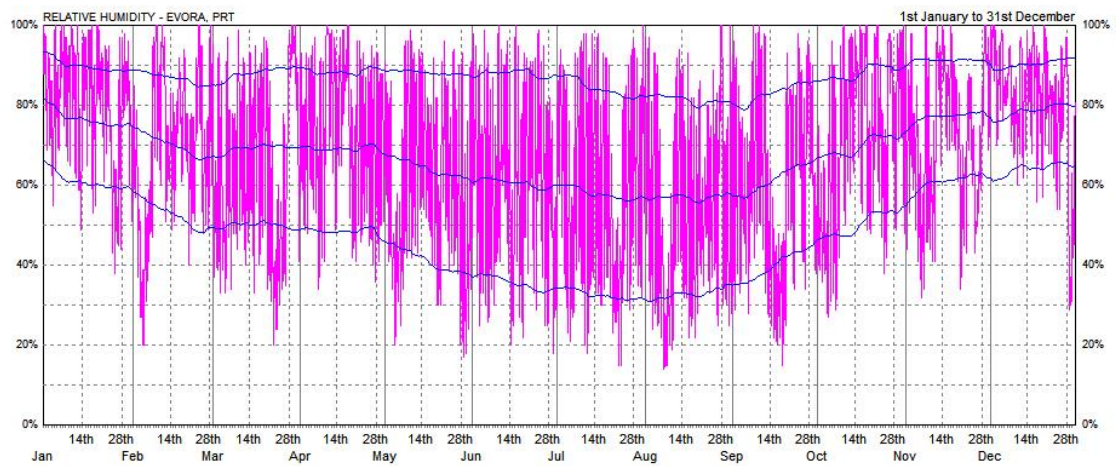


Figura 18 - Umidità relativa

Mese	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>med</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	UR (%)	
				9:00	15:00
Gennaio	3,6	8,8	14,6	83	69
Febbraio	4,2	10,2	18,7	73	56
Marzo	4,9	12,4	21,4	68	47
Aprile	5,6	13,2	21,1	73	56
Maggio	10,2	17,2	27,2	59	41
Giugno	9,9	19,8	31,2	57	39
Luglio	14,0	22,7	35,2	6	34
Agosto	13,2	23,0	34,2	56	35
Settembre	13,8	21,9	33,2	61	42
Ottobre	10,2	17,2	29,1	74	57
Novembre	6,3	12,1	21,3	73	59
Dicembre	5,8	10,4	16,1	81	73

Tabella 2 - Medie mensili delle temperature minime, medie, massime e dell'umidità relativa

### Posizione del sole

Nella tabella seguente si riportano gli angoli di incidenza dei raggi solari con il sole allo zenith relativi al giorno primo e quindicesimo di ogni mese.

Giorno	01	15	01	15	01	15	01	15	01	15	01	15
	Gen	Gen	Feb	Feb	Mar	Mar	Apr	Apr	Mag	Mag	Giu	Giu
Angolo di incidenza	28°	30°	34°	38°	43°	48°	55°	61°	66°	70°	73°	75°

Tabella 3 - Angolo di incidenza della radiazione solare da gennaio a giugno

Giorno	01	15	01	15	01	15	01	15	01	15	01	15
	Lug	Lug	Ago	Ago	Set	Set	Ott	Ott	Nov	Nov	Dic	Dic
Angolo di incidenza	74°	73°	70°	66°	60°	55°	48°	43°	37°	33°	30°	28°

Tabella 4 - Angolo di incidenza della radiazione solare da luglio a dicembre

### Venti prevalenti

Di seguito si riportano i grafici relativi a frequenza, direzione, temperatura e umidità dei venti. I primi sono relativi all'intero arco annuale, i secondi sono grafici stagionali. Si nota come i venti dominanti soffino in direzione nord-ovest (colore verde scuro) e raramente superino i 30 km/h. Le temperature medie si aggirano intorno ai 20° mentre l'umidità relativa varia tra il 60% e l'80%.

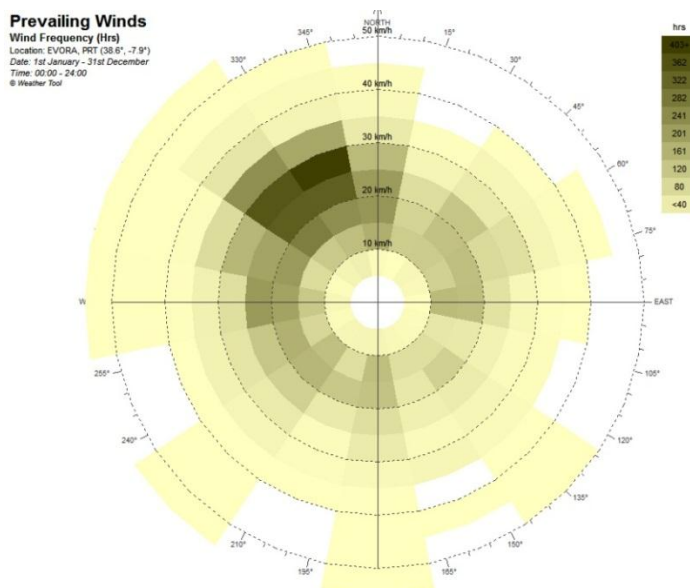


Figura 19 - Frequenza dei venti

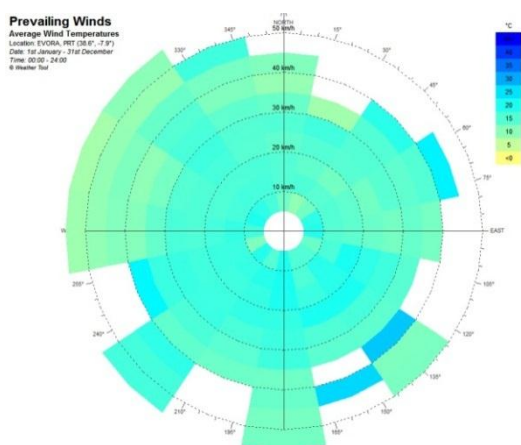


Figura 20 - Temperature dei venti

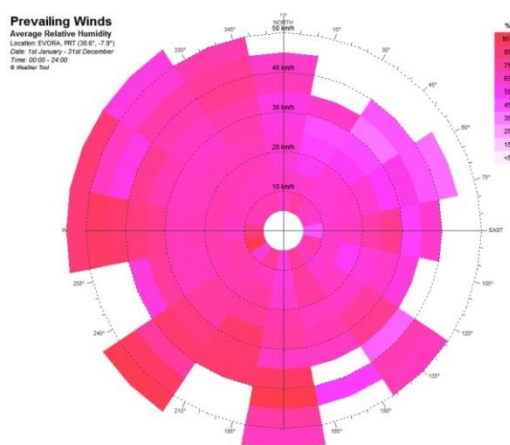


Figura 21 - Umidità relativa dei venti



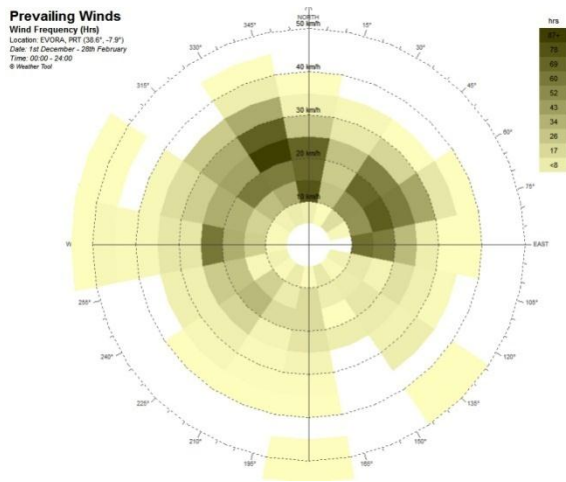


Figura 22 - Frequenza dei venti in inverno

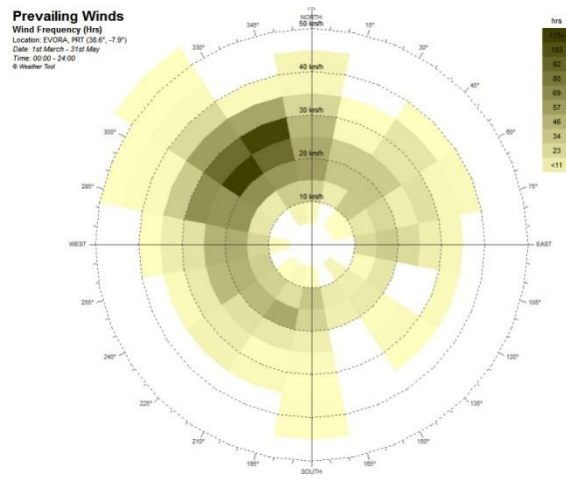


Figura 23 - Frequenza dei venti in primavera

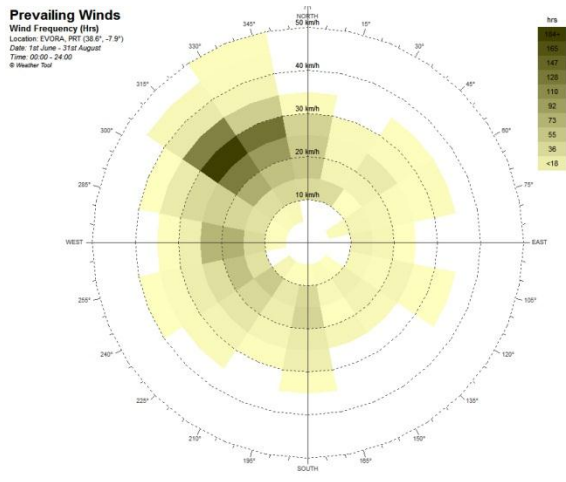


Figura 24 - Frequenza dei venti in estate

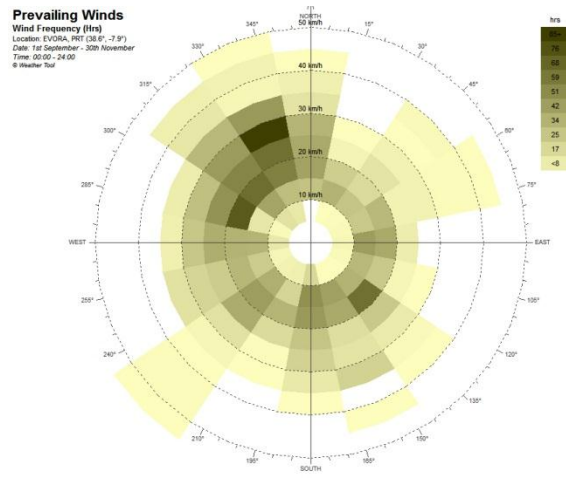


Figura 25 - Frequenza dei venti in autunno

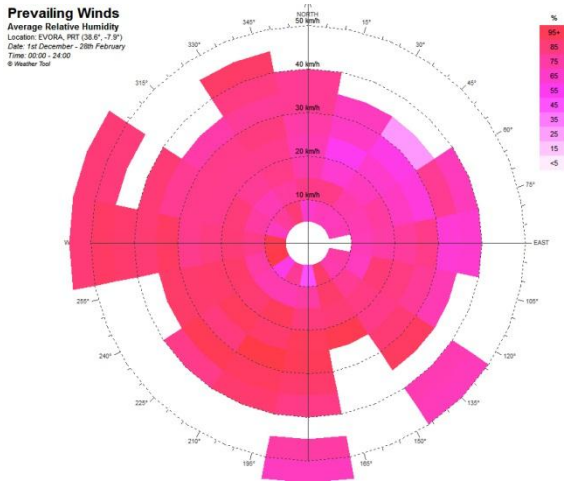


Figura 26 - Umidità dei venti in inverno

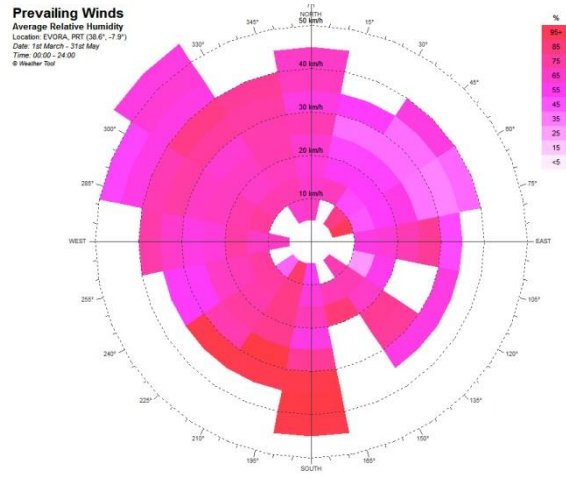


Figura 27 - Umidità dei venti in primavera

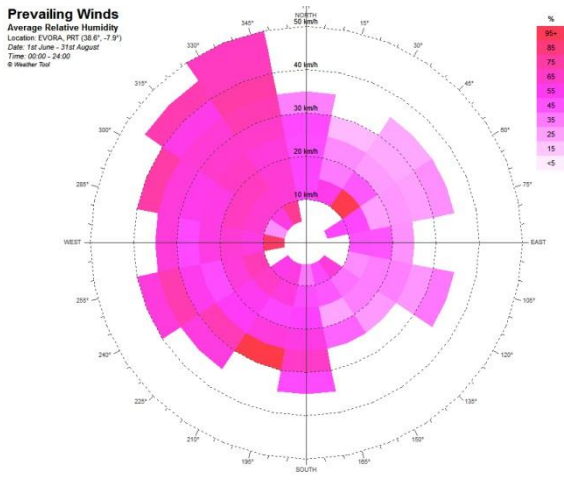


Figura 28 - Umidità dei venti in estate

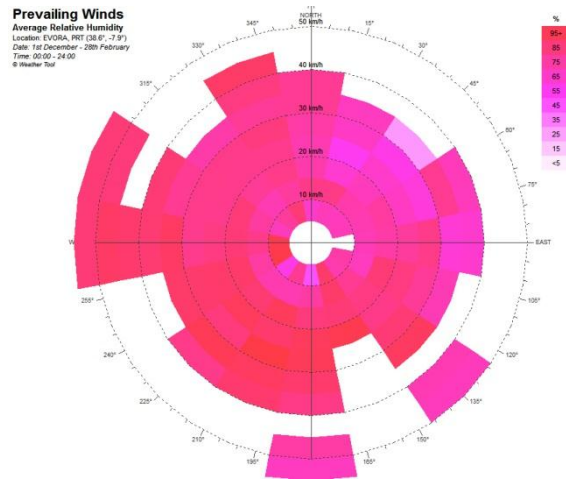


Figura 29 - Umidità dei venti in autunno

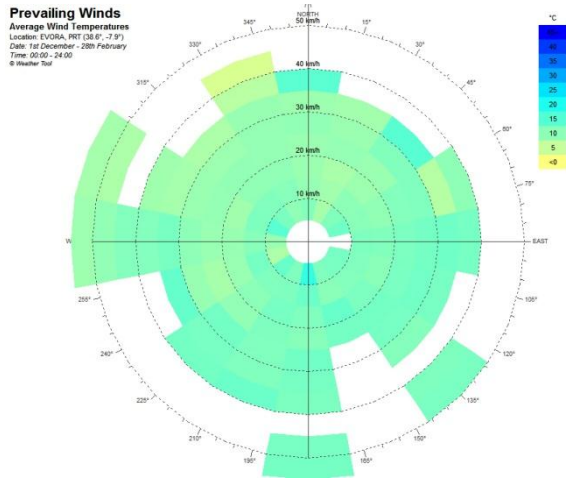


Figura 30 - Temperature dei venti in inverno

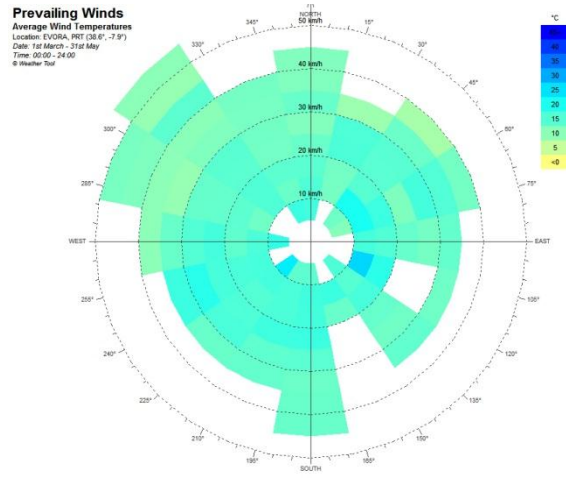


Figura 31 - Temperature dei venti in primavera

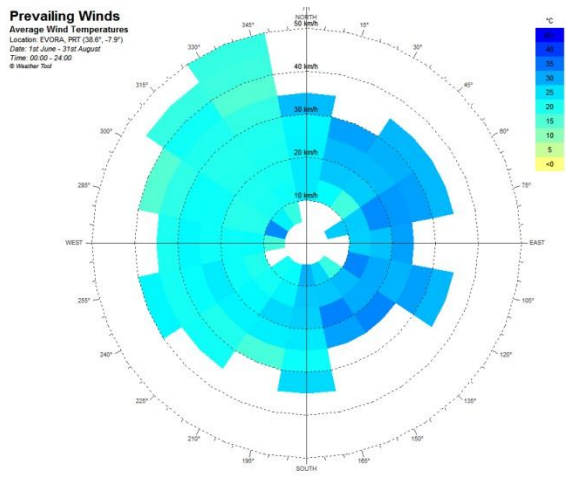


Figura 32 - Temperature dei venti in estate

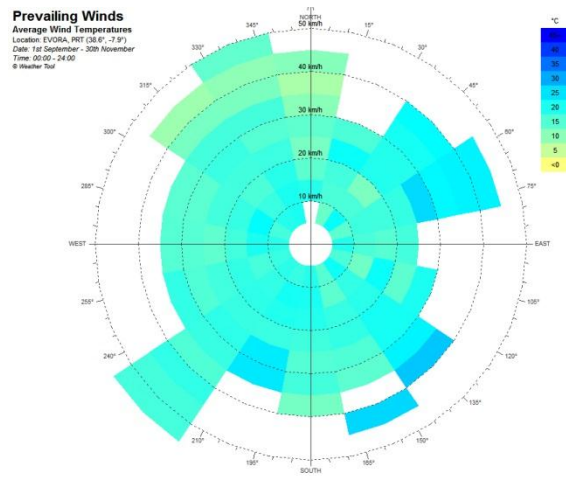


Figura 33 - Temperature dei venti in autunno

### 1.3 VILA VIÇOSA

#### 1.3.1 Inquadramento urbanistico

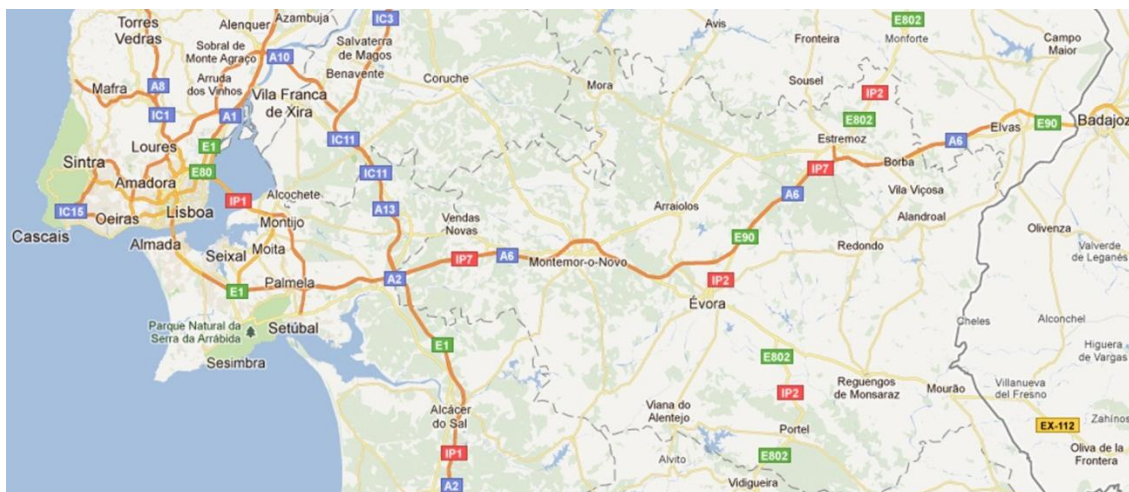


Figura 34 - Cartina stradale del Portogallo, Lisbona e distretto di Evora

Il Comune di Vila Viçosa è situato nella parte più a ovest della regione dell'Alentejo, e dista circa 60 km da Évora, capoluogo dell'omonimo distretto, 160 km da Lisbona e 15 km dal confine spagnolo.

Le principali connessioni viarie con il resto del distretto sono la N254 e la N255 che collegano Vila Viçosa al comune di Redondo e alla città di Évora a Ovest, e al comune di Borba a Nord. Le due importanti infrastrutture autostradali sono la IP1, che percorre il Portogallo da Nord a Sud lungo la costa orientale, e la IP2/IP7 (E90) affiancata dalla N4, a pochi chilometri da Vila Viçosa, che mette in comunicazione Lisbona con la vicina Spagna attraversando longitudinalmente l'intero stato.



Figura 35 - Suddivisione territoriale in comuni del Portogallo



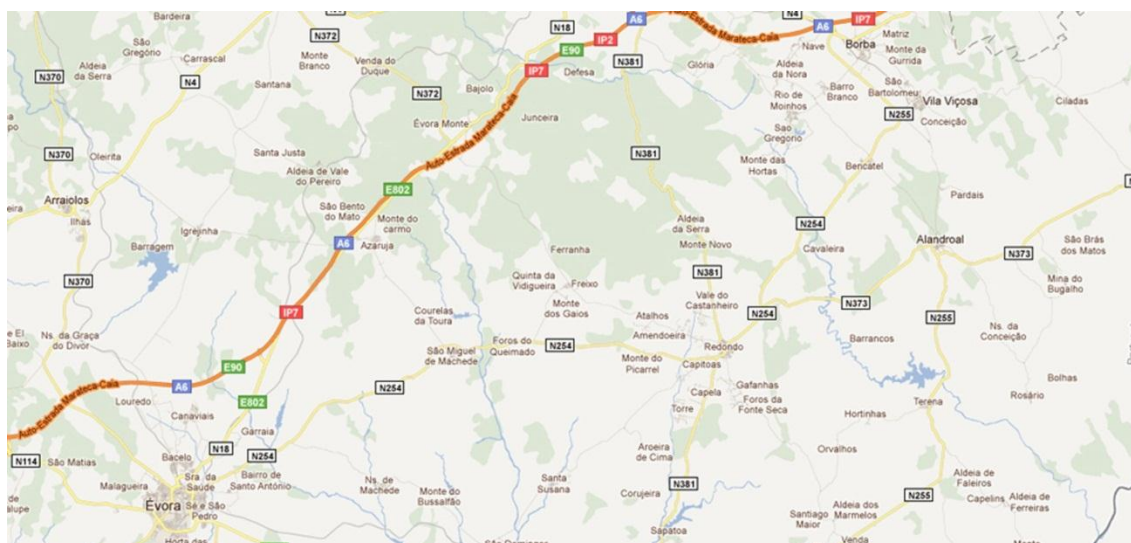
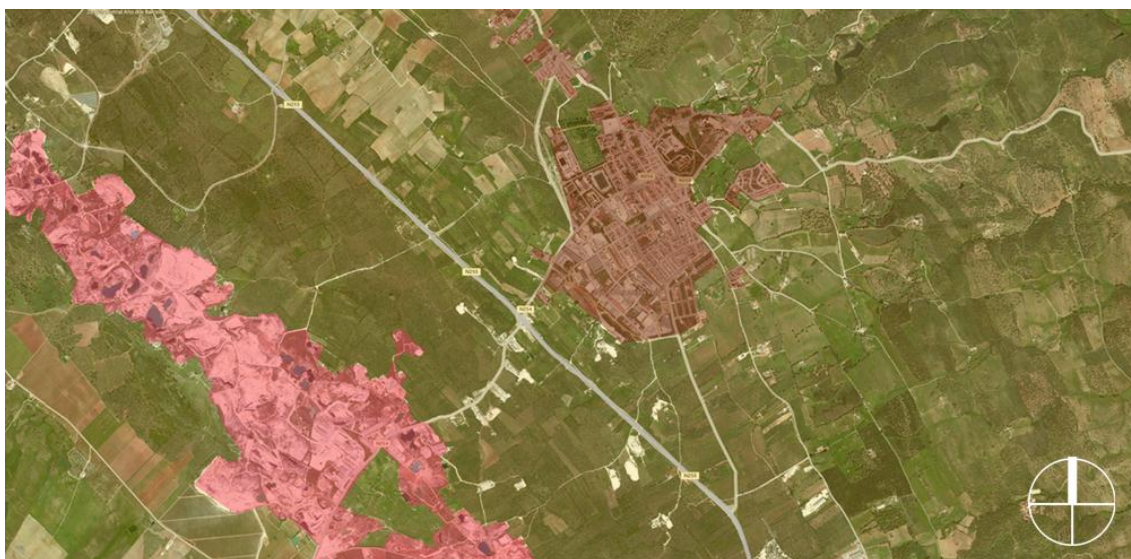


Figura 36 - Cartina stradale, Evora e Vila Viçosa

Vila Viçosa si estende su una superficie di 194,92 km<sup>2</sup> con una popolazione di 8293 abitanti<sup>2</sup>. Lo scarso numero di abitanti su un territorio così vasto (42,6 abitanti/km<sup>2</sup>) sottolinea fortemente la vocazione del paese al settore economico primario e secondario. Solamente 2,55 km<sup>2</sup>, pari al 3% della superficie totale, risultano edificati, a destinazione d'uso principalmente residenziale. Per la sua quasi totalità infatti il territorio ospita coltivazioni di ulivi, querce da sughero, grano e una grossa riserva di caccia, la "Tapada Real". La parte restante, circa 9 km<sup>2</sup>, pari al 4,5%, è occupata da cave attive per l'estrazione del marmo, il "marmo rosa portoghese" conosciuto in tutto il mondo, storica e principale fonte economica del paese.

Con il 93% di popolazione attiva impiegata, l'estrazione, la lavorazione e il commercio del marmo risultano essere le attività economiche più importanti nella regione; nella sola Vila Viçosa si contano più di 60 imprese medio piccole legate all'estrazione di marmi.

<sup>2</sup> Censimento 2011, Fonte INE (Istituto Nacional de Estatística).

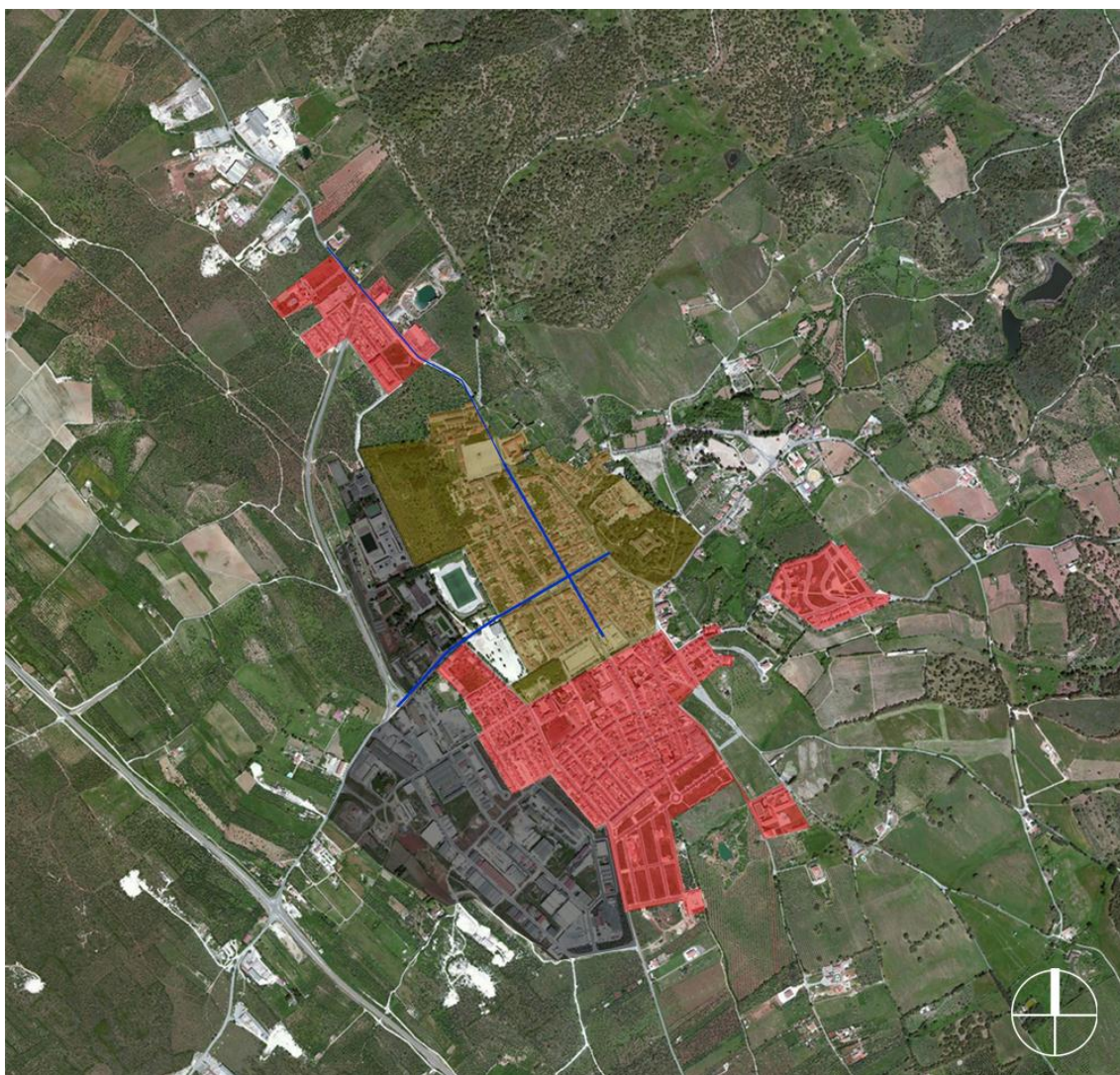


*Figura 37 - Vila Viçosa. In marrone è evidenziata la zona edificata, in rosa la zona delle cave. Il restante è destinato ad area agricola e riserva di caccia*

La parte abitata del comune di Vila Viçosa si può dividere in tre zone egualmente estese: un centro storico, caratterizzato dalla presenza di edifici storicamente e architettonicamente importanti e da edifici residenziali tipici della regione dell'Alentejo, affiancato da due zone di più recente urbanizzazione, una a carattere residenziale-commerciale, l'altra industriale.

La struttura viaria è a maglia ortogonale. Il centro è caratterizzato da un importante viale alberato (Avenida Bento de Jesus Caraça) a doppia carreggiata con asse Est-Ovest che separa la zona storica della cittadina in due parti. Agli estremi del viale sono posti la chiesa di Nossa Senhora do Conceição a Est e il castello fortificato a Ovest; a metà, in prossimità di Praça da República, si trova il Municipio cittadino. Un asse perpendicolare ad Avenida Bento de Jesus Caraça, caratterizzante la struttura urbanistica di Vila Viçosa, attraversa invece la cittadina da Sud a Nord: si divincola inizialmente nel quartiere residenziale più antico, costeggia il palazzo ducale e il seminario, attraversa la zona residenziale popolare per poi uscire dai confini del paese e giungere al Comune di Borba fiancheggiando importati cave di marmo.





*Figura 38 - Vila Viçosa. In marrone è evidenziato il centro storico, in rossa le zone residenziali più recenti, in grigio la zona industriale*

Per quanto riguarda i servizi, sul territorio comunale sono presenti attività commerciali di prima necessità, negozi di alimentari, di abbigliamento, centri di assistenza medica e farmacie, ristoranti, bar; una sala teatrale e cinematografica, scuole per l'istruzione primaria<sup>3</sup> e secondaria<sup>4</sup>, e un centro sportivo.

Vi sono inoltre, nel solo Comune di Vila Viçosa, cinque attività alberghiere, la cui presenza, in un paese di soli 9000 abitanti sperduto nell'Alentejo, è segno di come il paese sia un centro attivo importante nel settore del turismo.

---

<sup>3</sup> [agrupescolasvicosano.sapo.pt](http://agrupescolasvicosano.sapo.pt)

<sup>4</sup> [www.esphcastro.pt](http://www.esphcastro.pt)

Nell'Alentejo in particolare il turismo è fortemente legato alla produzione vinicola. Si contano infatti più di 200 produttori di vino in tutta la regione e sono presenti nel territorio diversi percorsi enogastronomici legati alla viticoltura, le "rotas do vinho"<sup>5</sup>. Gli itinerari turistici, che attraversano un totale di 27 città e riuniscono attorno a sé 44 produttori, sono: la "Rota de São Mamede", la "Rota Histórica" e la "Rota do Guadiana".

Il comune di Vila Viçosa non rientra in nessuno degli itinerari presentati, pertanto si potrebbe pensare di inserire nel progetto di riqualficazione della cava oggetto di tesi una cantina, o in ogni caso valorizzare l'aspetto enogastronomico locale, prevedendo un ristorante a km 0, che potrebbe favorire l'inserimento di Vila Viçosa in un *rota*.

---

<sup>5</sup> [www.abcdosvinhos.com](http://www.abcdosvinhos.com)



### **1.3.2 Evoluzione storica della cittadina**

La cittadina di Vila Viçosa, conosciuta anche con il nome di Callipòle, è nota in particolare per essere stata residenza del Ducato di Bragança sin dagli inizi del XVI secolo. Il Gran Palazzo Ducale di Vila Viçosa è infatti uno dei monumenti storici più famosi e ammirati del Portogallo.

Storicamente, dopo la dominazione dei Mori nel XIII secolo, Vila Viçosa divenne residenza permanente della Casa di Bragança, ed ebbe il suo periodo di maggior sviluppo urbanistico e architettonico con l'ottavo Duca di Bragança, incoronato re João IV nel XVII secolo.

Le prime testimonianze di insediamenti nella regione sono di epoca Neolitica, più precisamente IV e III Millennio a.C.: un grande numero di dolmen cromlech e menhir è disseminato nell'intera regione.

L'area dell'attuale cittadina di Vila Viçosa sarebbe stata occupata da diversi popoli in successione, fino al periodo della sua romanizzazione, che iniziò nel II secolo a.C. e terminò con la caduta dell'Impero, nel V secolo d.C.

Risalgono al periodo romano alcuni resti archeologici tutt'ora visibili a Vila Viçosa. Di origine romana sono sicuramente le attività estrattive, che hanno fornito copioso materiale per la costruzione delle lussuose e decorate Villae. Alla dominazione romana si deve anche la creazione delle prime vie lastricate che per secoli hanno rappresentato l'unico collegamento tra le cittadine della regione. Il centro dell'antico borgo romano è situato nei pressi del Poço de Alandroal, fulcro della vita della popolazione locale fino al XIII secolo.

Dopo cinque secoli di dominazione araba, nel 1217 il borgo venne riconquistato ai Mori dai Cavalieri di Avis, durante il regno di D. Sancho II. Da quel momento l'Ordine di Avis amministrò queste terre, facendosi carico di favorire per alcuni anni un processo di ripopolamento della regione che, nonostante il passaggio sotto l'autorità effettiva del Re del Portogallo, continuò ad essere occupata in gran parte da arabi.

Sotto il regno di Alfonso III il fronte di riconquista si estese fino all'Algarve, ottenendo il possesso finale dell'Alto Alentejo. Nel 1250 il re garantì l'immunità alla città di Estremoz, che includeva nel suo territorio le aree attualmente occupate dal comune di Vila Vicoso. A causa dell'enorme estensione territoriale del comune di Estremoz, si ritenne opportuno tracciare un nuovo distretto nella stessa zona e iniziò così, a partire dal 1267, la divisione delle terre per la futura Vila Viçosa.

La fondazione del "Monasterio dos Agostinhos" diede lo slancio necessario per la fondazione di questo nuovo insediamento; fu infatti nel 1270 che fu concessa autorità legale a Vila Viçosa.

All'epoca la cittadina era un piccolo borgo fortificato attorno ad un castello, dotato della sicurezza difensiva necessaria per un effettivo sviluppo urbano. Gli edifici medievali attualmente risultano fortemente modificati rispetto a ciò che erano in origine, è possibile quindi solo supporre che le tipologie di costruzione più diffuse fossero "case agricole" con poche aperture, costruite prevalentemente secondo la tradizione edificatoria araba.

La nuova area urbana di Vila Viçosa, sorta dopo il 1270, seguiva una maglia urbanistica regolare, costituita da una griglia di strade strette e rettilinee fra loro perpendicolari e attraversate da una strada principale di collegamento a livello regionale. I quartieri erano caratterizzati da lotti di piccole dimensioni, vicoli stretti e poche aree aperte. Riguardo alle costruzioni, attualmente si può osservare che gli edifici sono per lo più composti da due o tre livelli con aperture regolari e realizzati essenzialmente in muratura, ma poco o nulla resta degli edifici originali.

Vila Viçosa ospita diverse chiese e conventi, testimonianza della lunga fase di evangelizzazione che ha caratterizzato il Portogallo dopo la cacciata dei Mori. Si distinguono fra questi il Convento Agostinhos, con il Pantheon dei Duchi, quello delle Duchesse, il Convento das Chagas, la Chiesa di Santa Cruz, il Convento da Esperança, la Chiesa da Lapa e la Chiesa di Nossa Senhora da Conceicao.

Il Rinascimento fu sicuramente il periodo di massima prosperità della cittadina. Vila Viçosa entrò a far parte della Casa di Bragança nel 1461, diventando il centro di potere dei suddetti Duchi. Per ragioni storiche la si può considerare una sorta di "Villaggio di Corte" e quindi uno di quei centri che fu oggetto di maggiori attenzioni a livello urbanistico.

Furono i secoli XVI e XVII che segnarono il momento più alto della storia di Vila Viçosa, lasciando in eredità alla città un ricco patrimonio monumentale. L'istituzione della corte dei Duchi fu un importante stimolo per lo sviluppo della città. Per più di due secoli vi abitarono un gran numero di funzionari della Casa Ducale con le loro famiglie, creando un importante flusso di reddito e dando luogo ad uno sviluppo economico e socio-culturale senza pari in altri paesi di simili dimensioni, oltre a permettere la costruzione di monasteri e numerosi palazzi nobiliari. L'edificio di maggior rilievo è il Palazzo Ducale, esempio



*Figura 39 - Il palazzo ducale*

unico di architettura manierista. La sua facciata, in stile classico, connotata da un forte rigore geometrico, è rivestita dai migliori marmi della regione. Il suo interno è opulento e la piazza che lo accoglie ha un forte impatto scenografico. A pochi passi dalla città si trova la “Tapada Real”, una casa di campagna costruita nella tenuta della Casa di Bragança, oggi riserva di caccia.

A partire dal XVI secolo, con la costruzione del Palazzo Ducale, ha inizio un’importante fase di costruzione che, attraverso la creazione di nuovi quartieri residenziali e giardini per i nobili della corte, cambiò completamente l’aspetto della città. Oltre a questo, la costruzione della nuova fortezza destinata all’artiglieria, portò alla demolizione di numerose abitazioni originarie, del castello preesistente e della muraglia medioevale.

Grazie alla Corte Letteraria dei Duchi di Bragança, Vila Viçosa e il Palazzo Ducale divennero anche un importante centro culturale umanistico, ma dall’anno in cui il Duca João salì al trono, Vila Viçosa smise di essere il centro della corte di Bragança e molte delle ricchezze del palazzo furono trasferite a Lisbona.

Tenendo conto del tessuto unitario del paese, la città conserva ancora nel suo complesso quelle caratteristiche architettoniche e strutturali che consentono di definirla come uno degli esempi più significativi di urbanistica portoghese.

### 1.3.3 Vila Viçosa, una perla bianca in un oceano verde

*“In cammino per Vila Viçosa, da un lato e dall’altro della strada il viaggiatore incontra innumerevoli cave di marmo. Queste ossa della terra hanno ancora aggrappata su di sé la carne dell’argilla che le ricopriva. E, parlando di ossa, il viaggiatore nota che, alla sua destra, si ergono, all’orizzonte, le alture*

*della serra de Ossa, che vuol dire orsa e non è il femminile di osso, che non esiste. Come si vede e si esemplifica, non tutto ciò che sembra esiste.*

*A Vila Viçosa si va al Paço Ducal, al Palazzo Ducale. Il viaggiatore non si sottrae a questo dovere, che è anche un piacere, ma dovrà confessare che questi palazzi lo lasciano sempre in uno stato vicino alla confusione mentale. La pletora di oggetti, l’eccellente vicino al mediocre, la successione della sale lo stancano qui come l’hanno stancato a Sintra o a Queluz. O a Versailles, senza voler essere presuntuoso. È innegabile, tuttavia, che il palazzo di Vila Viçosa giustifica una visita attenta per quanto lo consentano gli orari che è necessario siano rispettati dalle guide. Non sempre l’oggetto indicato perché degno di interesse è quello che il visitatore desidererebbe ammirare di più, ma la scelta obbedirà a un modello di gusto medio con cui si intende soddisfare tutti.*



Figura 39 - Il palazzo ducale e la statua di D. João IV



Figura 40 - La Chiesa di Nossa Senhora do Conceição



Figura 41 - La fortezza di Vila Viçosa

*[...] Qua fuori, il viaggiatore fa un giro intorno alla statua equestre di D. João IV. La giudica una sorella più incisiva di quella di D João I, che si trova a Lisbona. Il che, evidentemente, non adula la prima, né valorizza la seconda. E per alleviarsi il cuore da questi mali, il viaggiatore si reca nella cittadina vecchia, che possiede la particolare bellezza degli antichi caseggiati alentejani. Prima di salire al castello, che molti viaggiatori erroneamente trascurano, entra nella Chiesa di Nossa Senhora do Conceição, rivestita da cima a fondo di azulejos policromi, un ulteriore esempio da addurre su come abbiamo via via perduto il gusto di questo splendido materiale o di come l'abbiamo adulterato nelle moderne utilizzazioni”<sup>6</sup>.*

Immersa in un territorio collinare coperto da sterminati boschi di querce e olivi, Vila Viçosa è un paese dai caratteri tipici rurali delle città dell'Alentejo. Le strade e i marciapiedi fatti di sassi, gli alberi di arance a decorare il viale principale e a garantire nelle ore più calde, quel tanto di frescura che basta per rilassarsi, le case, per la quasi totalità bianche, a uno, due, massimo tre piani, decorate con tinteggiature dai colori forti, blu rosso e



Figura 42 - Una via del centro storico di Vila Viçosa



Figura 44 - Piazza della repubblica



Figura 45 - Paesaggio dell'Alentejo lungo la strada che unisce Lisbona a Vila Viçosa

<sup>6</sup> José Saramago, *Viaggio in Portogallo*, Einaudi, 2005



giallo, e intonacate con malte miste a polvere di marmo, che sporca le mani che toccano i muri. Queste sono solo alcune delle caratteristiche della cittadina. Le abitazioni costruite con materiali poveri, presentano però elementi di notevole pregio e qualità. Finestre e porte sono coronate con elementi massicci in marmo. Le stesse soglie delle case sono in marmo, con particolari fresature per far scorrere l'acqua piovana. I basamenti degli edifici, come molti altri elementi di decoro, sono in marmo. Elemento pregiato e nobile, materiale ricco, contrapposto alla semplicità e alla povertà dell'intonaco. Ne possiede in abbondanza Vila Viçosa di marmo, dato che il sostentamento economico del paese è fondato storicamente sull'estrazione e la lavorazione di questa pietra. Ma se perfino la residenza più umile ha elementi marmorei, di certo le architetture più importanti non ne possono rimanere prive. Se la chiesa del seminario mantiene la contrapposizione tra intonaco e pietra, il palazzo ducale, residenza estiva dei duchi di Bragança e già citato in precedenza, è completamente rivestito di marmo rosa e grigio, come allo stesso modo, ma solamente con quello rosa, ne è rifinita esternamente la chiesa di Nossa Senhora do Conceição.

Il marmo è quindi l'elemento che connota, dà carattere e nobilita questo paese dal cuore di pietra.

Tutt'attorno al villaggio abitato invece, sono gli oliveti e le cave di marmo a disegnare il territorio.

Bianche voragini nel terreno offrono un candido e meraviglioso spettacolo infernale (se è concesso il paragone con la struttura dell'Inferno dantesco). Le fasce che si osservano lungo le pareti delle cave sono i livelli progressivi dell'attività estrattiva. Se si considera che ogni livello è profondo circa 6 metri, ci si rende conto che le cave di Vila Viçosa raggiungono profondità di 70-80 metri. È davvero impressionante osservare dall'alto questi enormi vuoti nella terra. A fianco alle cave, le colline di detriti, formatesi nel tempo con gli scarti dell'attività estrattiva, e le imponenti gru derrick, visibili da diversi



*Figura 40 - Le cave di marmo: voragini nel paesaggio*

chilometri di distanza, delineano e connotano il profilo del paesaggio.

Enormi blocchi di marmo vengono stoccati, movimentati e tagliati tutti i giorni. Fili diamantati e potenti getti d'acqua lavorano in continuità.

Vila Viçosa è l'emblema della dicotomia che vede da una lato dolci e verdi paesaggi collinari, e dall'altro profondi scavi, gru e macchinari che lavorano senza sosta sventrando il paesaggio.



*Figura 41 - Il suggestivo panorama creato dalle gru derrick, sparse lungo la linea dell'orizzonte*



*Figura 42 - Le due facce di Vila Viçosa*



## 1.4 IL SITO DI PROGETTO: “PEDREIRA DA GRADINHA”

### 1.4.1 Descrizione generale



Figura 44 - Vila Viçosa, foto satellitare del sito di progetto

Il sito di progetto è una cava di marmo dismessa, situata nella parte nord del Comune di Vila Viçosa, in una zona residenziale e commerciale di recente urbanizzazione.

L'ingresso al lotto di progetto si trova lungo la strada che collega Vila Viçosa al Comune di Borba. Il trasporto pubblico al sito è garantito da una linea di autobus a gestione distrettuale (distretto di Evora); la linea e la stazione ferroviaria sono dismesse.

Il lotto si affaccia a sud-ovest su una zona caratterizzata da case bianche intonacate a due piani tipiche della tradizione portoghese. Un imponente complesso residenziale-popolare con pianta a doppia “C” che realizza assieme al paesaggio collinare una quinta scenica non particolarmente gradevole alla vista.

Una fascia di rispetto pedonale, con disegno sinusoidale su un lato, separa le abitazioni dalla strada. I marciapiedi, come nel resto del Paese, sono realizzati con una pavimentazione



composta da piccole pietre chiare, derivanti dagli scarti di estrazione e lavorazione della pietra (marmi e rocce calcaree).

Un muro bianco alto circa 70 cm chiude il lotto di progetto sul fronte stradale.

A nord-ovest e a sud-est il lotto confina per circa 70 metri con due aree commerciali, per aprirsi poi su ampi terreni dedicati alla coltivazione di alberi di olive. La recinzione è realizzata con una rete a maglia metallica plastificata.

A nord-est le colline della riserva di caccia "Tapada Real", disseminate di querce da sughero, disegnano in prossimità del lotto un dolce avvallamento, creando un cannocchiale prospettico naturale che lascia la vista libera di perdersi all'orizzonte.

Un muro, di altezza variabile tra 1,80 e 3,00 metri e costituito da pietre irregolari, separa i terreni della riserva di caccia dal resto del territorio.



*Figura 43 - Fotografia satellitare del sito di progetto*

L'interno del sito di progetto è caratterizzato dalla presenza di una cava marmo di pianura di medie dimensioni: circa 70 x 90 metri di larghezza e 24 metri di profondità. A causa delle spaccature presenti nella roccia e della porosità della pietra, l'acqua di falda riempie la cava per tutto il periodo dell'anno. Il livello dell'acqua, che di sua natura varia nelle diverse stagioni,

rivelando o coprendo a periodi alterni le balze di marmo del sito estrattivo, è tenuto sotto controllo da sistemi di pompaggio automatici.

A ridosso della cava, nella parte terminale del lotto, è presente una collina di detriti, oramai consolidata, alta 18 metri, formatasi nel tempo con gli scarti dell'attività estrattiva. I diametri dei massi che la costituiscono variano da pochi centimetri al metro e mezzo.

Realizzata per necessità, la collina è divenuta inconsciamente un potenziale belvedere dal quale si può godere della vista a tutto tondo del paesaggio: a nord-est le pianure dell'Alto Alentejo e in lontananza la città di Elvas; a sud-est il profilo dei tetti del centro storico di Vila Viçosa in mezzo ai quali spicca il campanile della chiesa del seminario; a sud-ovest la zona residenziale, il complesso popolare e le verdi colline; a nord-ovest la città di Borba, montagne di detriti di altre cave di marmo attive e le gru derrick, segni entrambi di un'intensa attività estrattiva del marmo che sparge sul territorio i suoi simboli connotativi.

La vegetazione presente nel sito è composta da arbusti, palme nane e alberi a basso fusto, principalmente giovani ulivi. Due edifici, destinati uno a residenza del custode e l'altro ad uffici, ed un edificio a pianta rettangolare destinato a deposito, disabitati tutti da diversi anni, testimoniano l'attività estrattiva della pietra in tempi precedenti.

Ad oggi il sito risulta abbandonato, anche se nel mese di luglio 2011 ha ospitato un concerto di musica classica tenutosi su una balza di amrmo a livello dell'acqua, e per l'occasione il sito è stato lievemente modificato per permettere ai musicisti di accedervi.

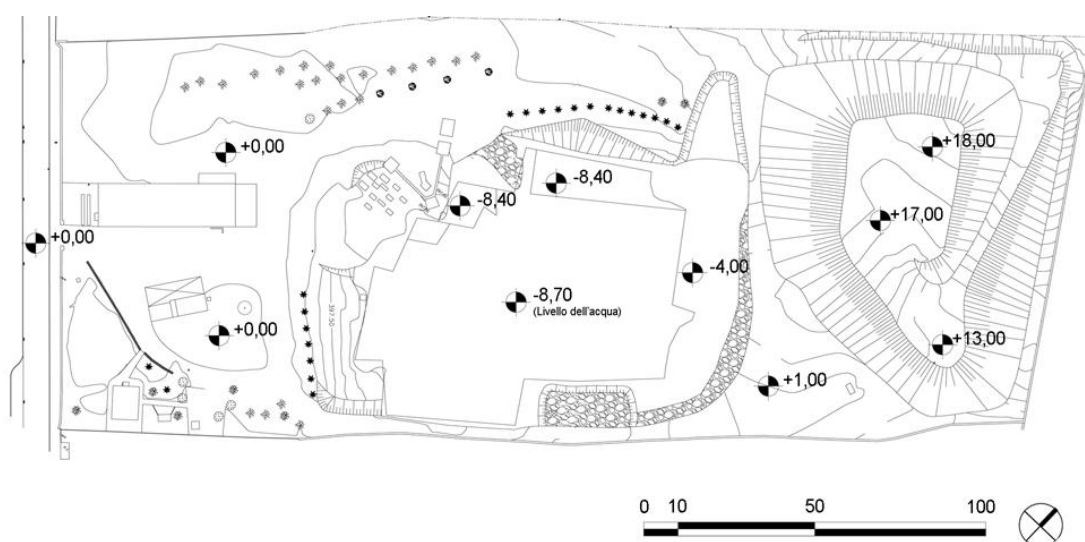


Figura 44 - Stato di fatto del sito di progetto. Planimetria

### 1.4.2 Modello tridimensionale della cava



Figura 45 - Livello dell'acqua nella cava

Grazie alla collaborazione con il Comune di Vila Viçosa e con alcuni professori dell'Università di Lisbona è stato effettuato un rilievo altimetrico delle balze della cava ed è stato prodotto un modello tridimensionale.

La comprensione della reale conformazione della cava ha consentito di evitare di formulare ipotesi semplicistiche sulla sua natura e, durante la fase di progettazione, ha permesso di considerare come spazi utili anche le balze realizzate durante il periodo di attività del sito.

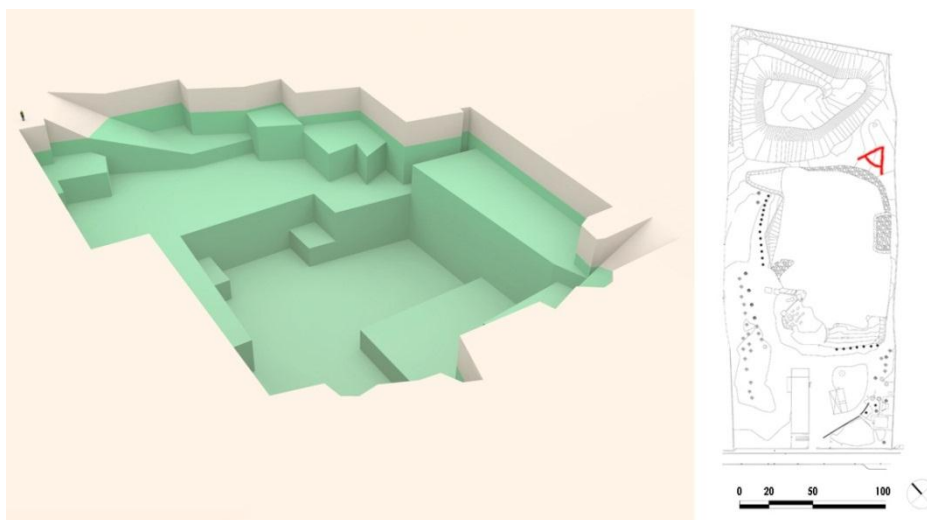


Figura 46 - Modello tridimensionale, vista prospettica

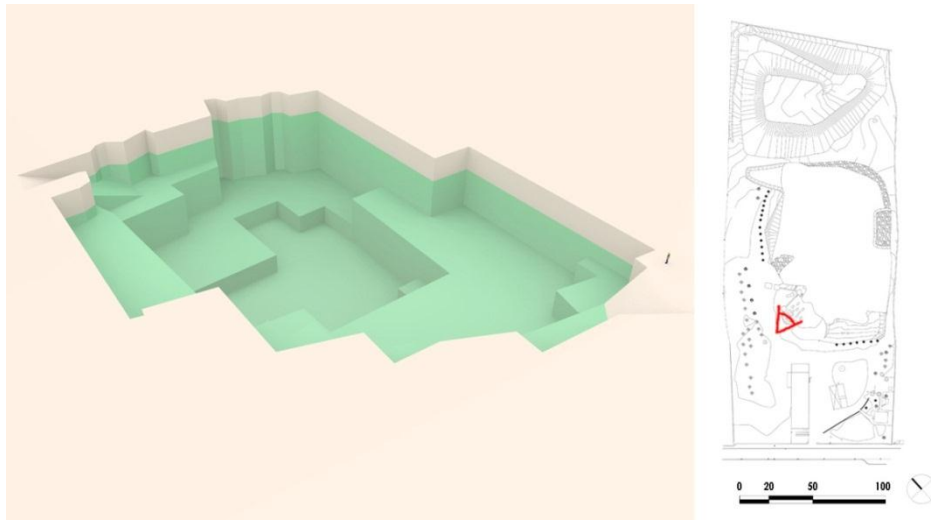


Figura 47 - Modello tridimensionale, vista prospettica

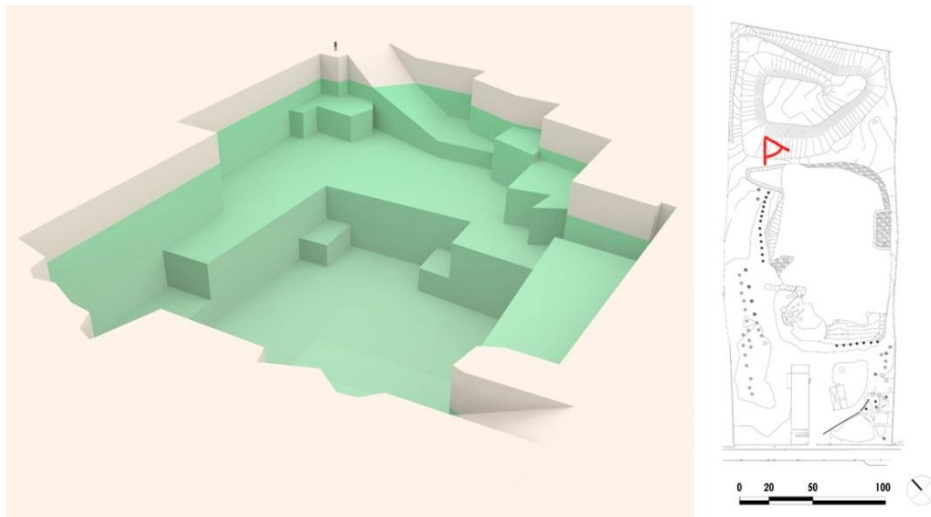


Figura 48 - Modello tridimensionale, vista prospettica



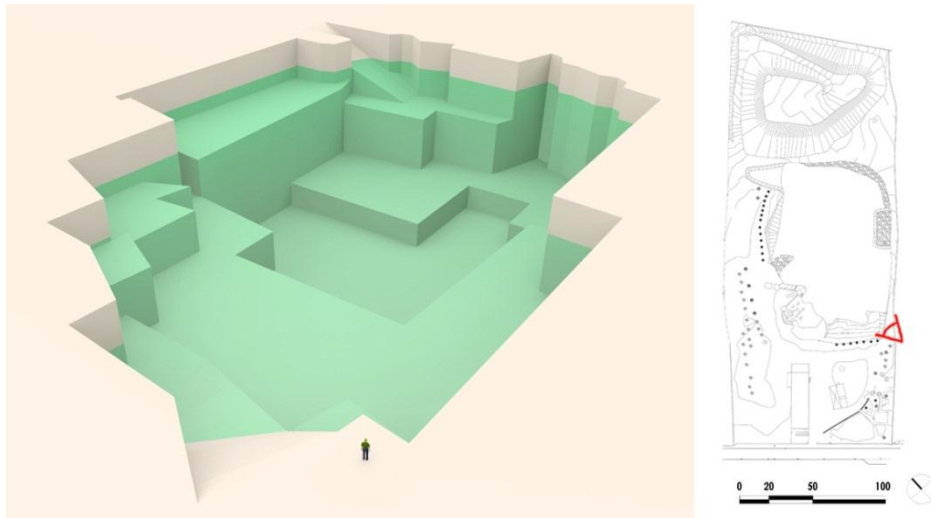


Figura 49 - Modello tridimensionale, vista prospettica

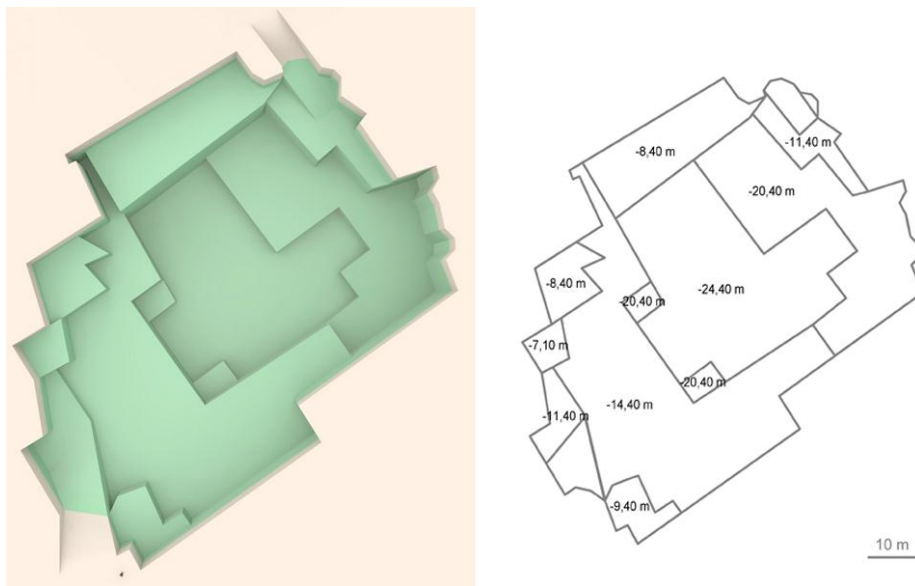


Figura 50 - Modello tridimensionale, vista dall'alto e planimetria quotata

### 1.4.3 Inquadramento fotografico

Le fotografie presentate di seguito sono state scattate durante le due visite al sito di progetto: la prima nel mese di maggio 2011, la seconda nel mese di ottobre 2011.

Non è stata utilizzata una simbologia ad hoc per distinguere le fotografie della prima da quelle della seconda visita, ma è facilmente riconoscibile il periodo dell'anno se si presta attenzione ad alcuni elementi: il cielo parzialmente nuvoloso in maggio, sereno in ottobre; la vegetazione più verde in primavera, inaridita in autunno; il livello d'acqua nella cava alto durante il sopralluogo di maggio, più basso durante la visita di ottobre (alcune balze risultano esposte).

In alcune fotografie sono state ritratte persone fisiche al fine di rendere meglio apprezzabili le proporzioni del lotto e degli elementi presenti al suo interno.



Figura 51 - Foto di contesto: fronte sud del lotto



Figura 52 - Foto di contesto: fronte sud del lotto



Figura 53 - Foto di contesto: fronte sud del lotto



*Figura 54 - Foto di contesto: fronte sud del lotto*

In figura 53 e 54 è inquadrato il complesso residenziale sul quale si affaccia il sito di progetto. Le abitazioni presentano i caratteri tipici dell'architettura residenziale dell'Alentejo: due livelli, intonaco bianco, basamento in marmo, coronamento di porte e finestre in marmo. La pavimentazione come in tutto il resto del paese è realizzata con sassi in diverse tonalità di colore.



*Figura 55 - Foto di contesto: muro di confine del lotto*





Figura 56 - Foto di contesto: ingresso del lotto

Il muro bianco alto 70 centimetri che delimita il sito di progetto è un elemento ricorrente in tutta la regione dell'Alentejo, anche se altrove si può trovare con altezze maggiori, a garanzia di una maggior privacy.

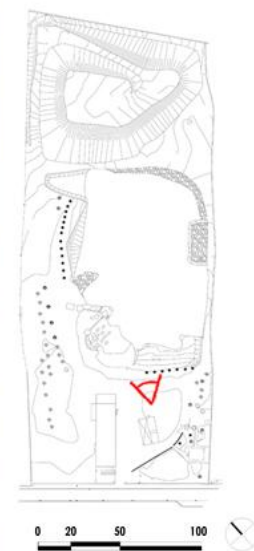


Figura 57 - Interno del lotto: vista generale dall'ingresso

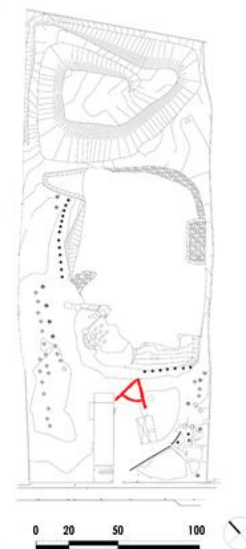


Figura 58 - Interno del lotto: preesistenze

In figura 57 si può osservare l'interno del lotto così come appare poco dopo aver oltrepassato il cancello di ingresso. Sullo sfondo la collina di detriti, in primo piano dei grossi blocchi di marmo in prossimità della cava.

In figura 58, a fianco del cancello di ingresso, l'edificio oggi abbandonato, un tempo magazzino e zona di stoccaggio e lavorazioni.

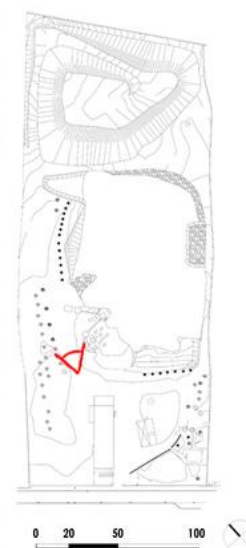
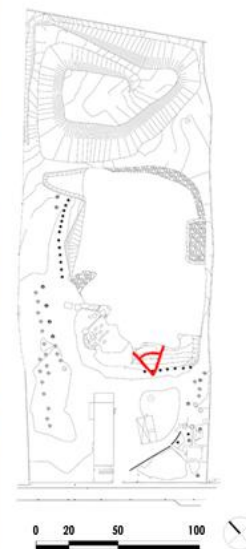


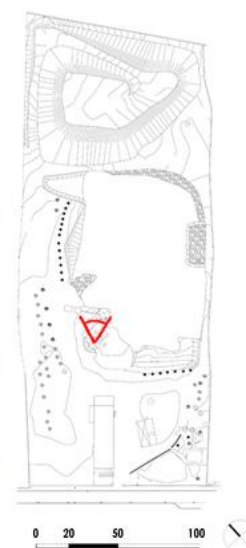
Figura 59 - Interno del lotto: percorso interno

In figura 59 il percorso che attraversa il lotto e conduce alla collina di detriti, fiancheggiato da alberi a basso fusto.



*Figura 60 - Interno del lotto: la cava e la collina*

In figura 60 la cava, oggi piena di acqua di falda e sullo sfondo la collina. La fotografia è stata scattata nel mese di maggio.



*Figura 61 - Interno del lotto: la cava e la collina*



La figura 61 mostra invece la situazione della cava e il livello dell'acqua di falda nel mese di ottobre. Come si può notare la grossa balza a quota -8,40 m risulta scoperta.



Figura 62 - Interno del lotto: particolare delle balze

La figura 62 mostra una particolare balza con profilo a “doppia V” che sarà sfruttata in fase di progettazione come area esterna del museo.



Figura 63 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava

La figura 63 mostra il luogo ove sorgerà il ristorante. Si effettuerà uno sbancamento fino a raggiungere quota -4,00: la roccia sarà spianata per creare un grosso terrazzamento.



Figura 64 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava

Le figure 63, 64, 65 e 66 mostrano una sequenza fotografica del profilo est della cava, realizzata dalla grossa balza di marmo di figura 61.

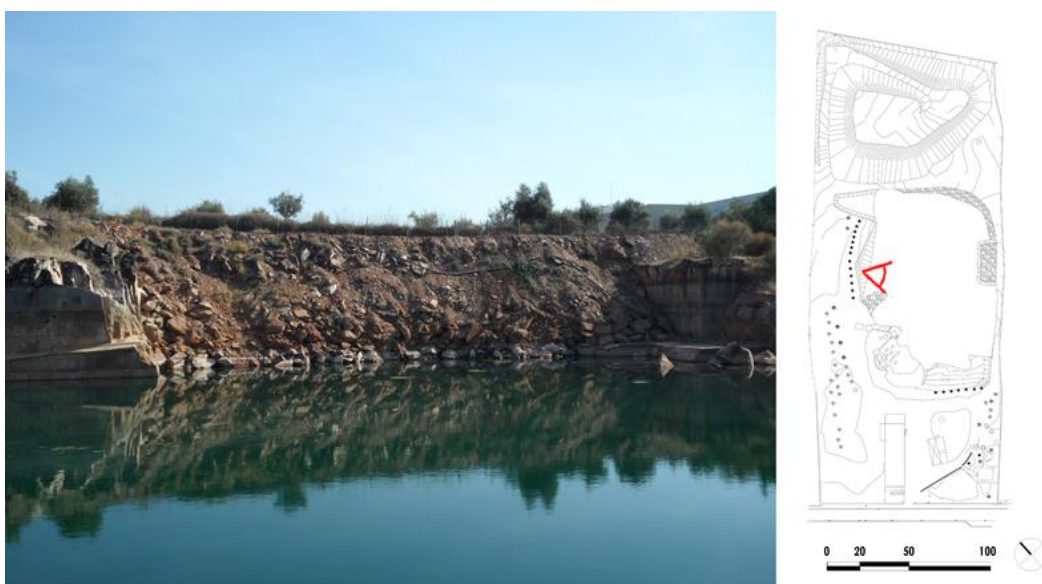
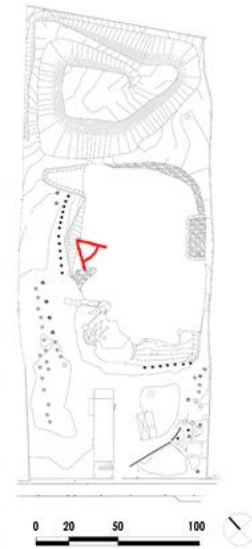
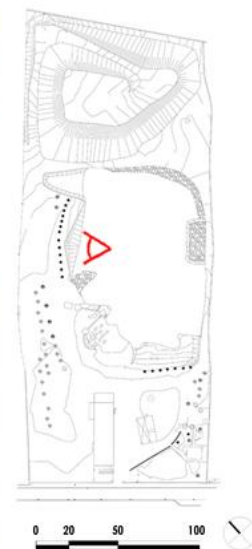


Figura 65 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava



*Figura 66 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava*



*Figura 67 - Interno del lotto: particolare della roccia*





Figura 68 - Interno del lotto: particolare della balza

Le figure 67, 68 e 69 mostrano alcuni particolari della balza di figura 61.

In figura 67 si osserva il profilo irregolare che il giacimento di marmo presenta superiormente e le grandi fessure che lasciano all'acqua di falda la possibilità di filtrare e riempire la cava.

In figura 68 invece la (quasi) perfetta planarità delle pareti e del piano di calpestio. Si noti in particolare lo spigolo arrotondato, sull'intersezione tra la parete e il piano di calpestio.

In figura 69 il vuoto tra la grande balza e la parete adiacente. Si confronti la fotografia con il modello tridimensionale (figure dalla 46 alla 50).

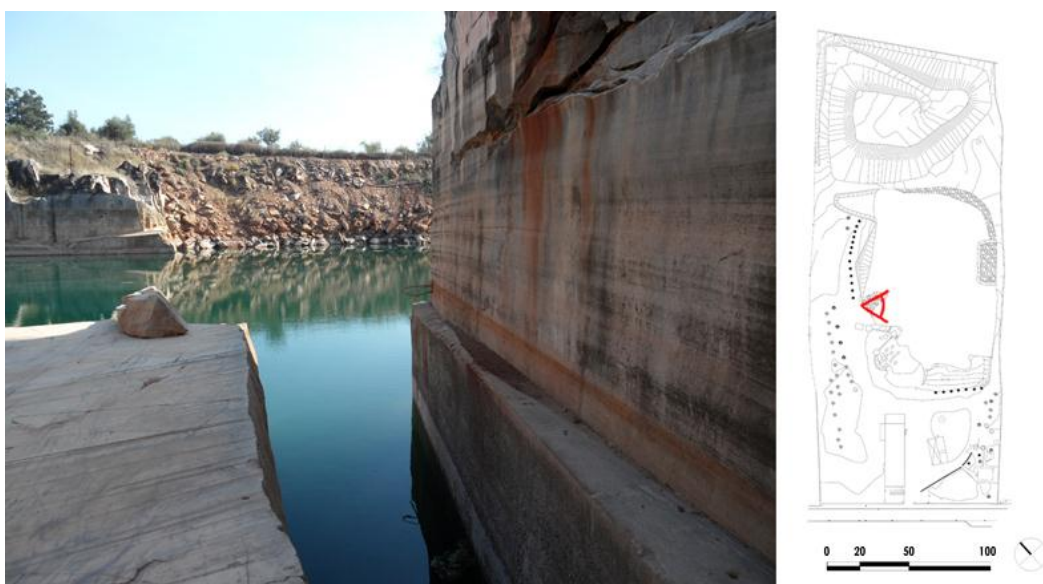


Figura 69 - Interno del lotto: particolare della balza

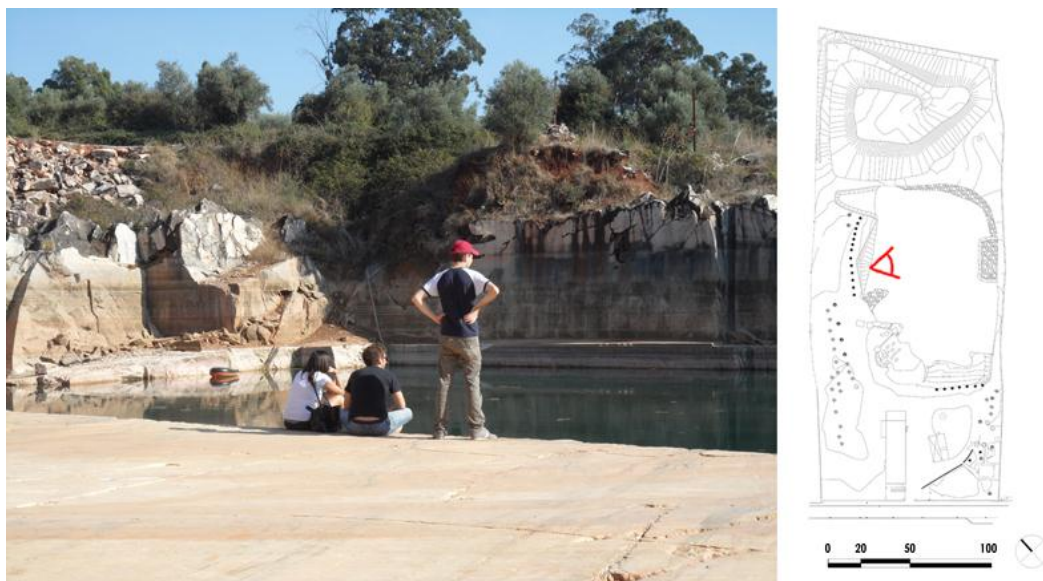


Figura 70 - Interno del lotto: balza a quota -8,40 m

Le figure 70, 71, 72, 73 e 74, nelle quali sono inquadrare delle persone, risultano efficaci al fine di comprendere quali siano le effettive proporzioni del sito di progetto. Si osservi in particolare in figura 71 come le persone risultino piccole e come quindi le dimensioni del lotto, che ad un primo sguardo possono sembrare ridotte, sono effettivamente grandi.

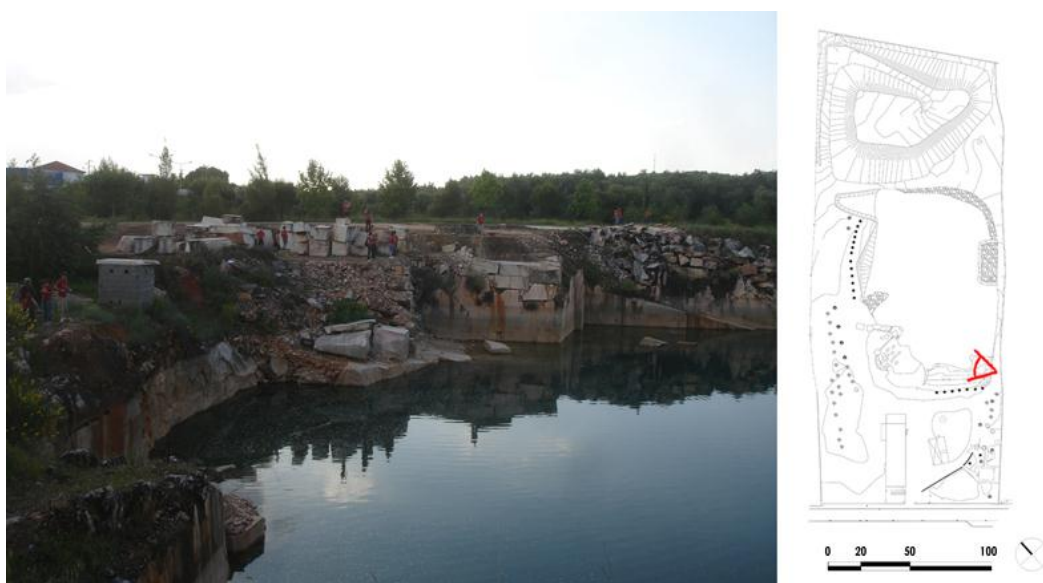


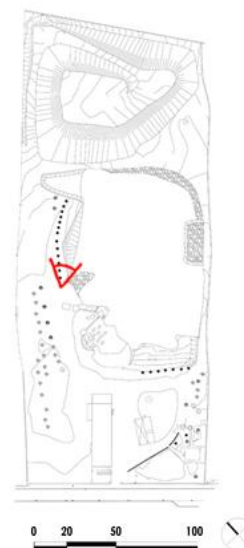
Figura 71 - Interno del lotto: persone nel sito di progetto



In figura 71 si può osservare bene la quota 0,00 di progetto, che coincide con la linea orizzontale del terreno sopra la mezzeria della foto.

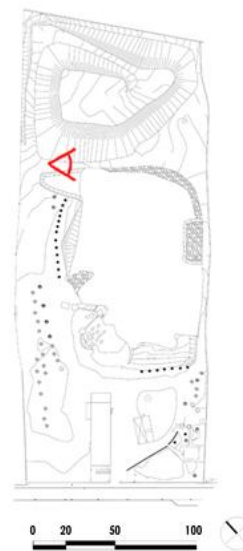


*Figura 72 - Interno del lotto: la collina*



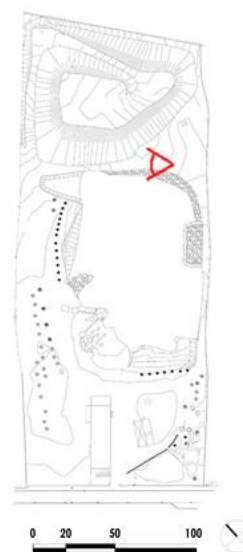
*Figura 73 - Interno del lotto: persone sulla collina*

In figura 73 si notano in piccolo alcune persone in cima alla collina, che in quel punto raggiunge quota +18,00 m. Si osservi il rapporto tra le dimensioni delle persone i grossi blocchi di marmo della collina.

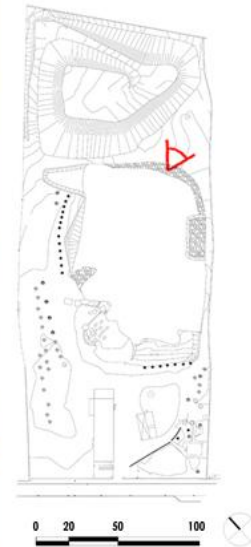


*Figura 74 - Interno del lotto: strada interna*

In figura 74 e 75 la strada interna al lotto che percorre il perimetro della cava in prossimità della collina.

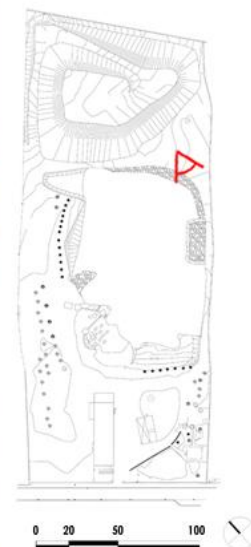


*Figura 75 - Interno del lotto: strada interna*



*Figura 76 - Interno del lotto: zona nord-est*

La figura 76 mostra il luogo ove sorgerà il ristorante, mentre in figura 77 si può osservare il sentiero, che fiancheggia su un lato la cava e sull'altro un uliveto.



*Figura 77 - Interno del lotto: sentiero interno*





Figura 78 - Interno del lotto: la cava

In figura 78 le balze con profilo a “doppia V” che nel progetto ospiteranno il museo.

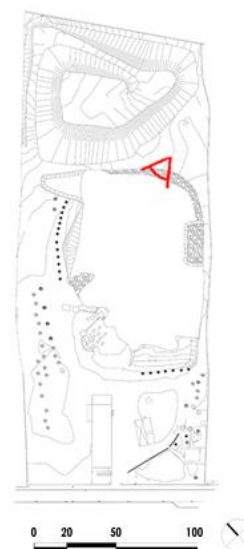


Figura 79 - Interno del lotto: la balza a quota -8,40m

La presenza delle persone in figura 79 e 80 rende apprezzabili le reali dimensioni della cava, del muro di confine con la Tapada Real e del lato nord della collina.

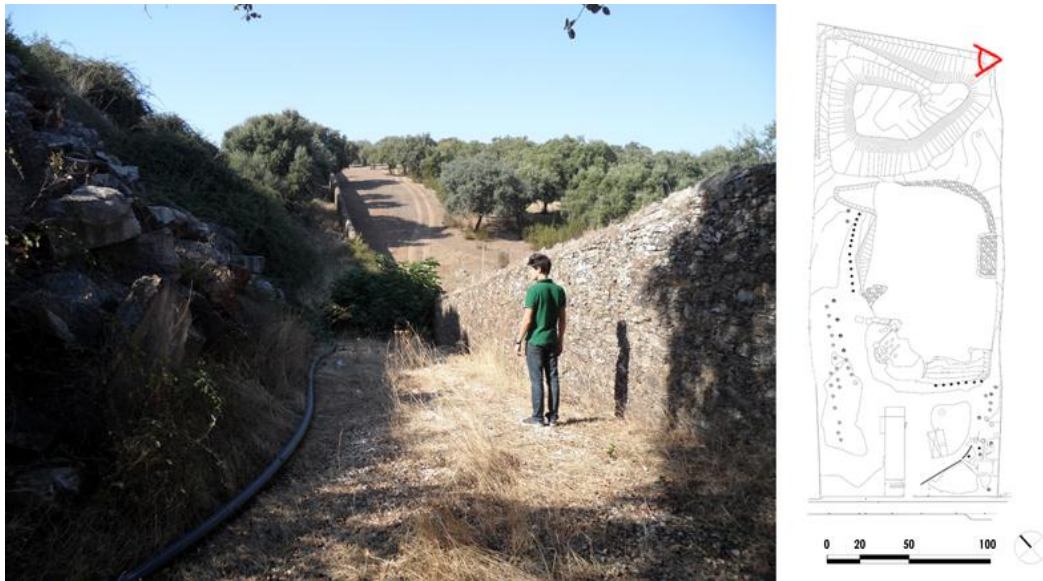


Figura 80 - Interno del lotto: muro di confine con la Tapada Real



Figura 81 - Interno del lotto: particolare dei massi della collina

In figura 81 i detriti che nel corso del tempo hanno realizzato la collina.





Figura 82 - Interno del lotto: percorso sulla collina

In figura 82, 83 e 84 la strada di servizio che porta in cima alla collina, percorsa nei periodi di attività dagli autocarri per il deposito dei detriti.



Figura 83 - Interno del lotto: percorso sulla collina





Figura 84 - Interno del lotto: percorso sulla collina

In figura 84, si osserva come sulla curva il percorso si allarghi formando uno spiazzo che in fase di progetto ospiterà una vasca d'acqua ad uso piscina.



Figura 85 - Interno del lotto: foto panoramica della cava, mese di maggio

In figura 85 e 86 due foto panoramiche del lotto scattate dalla cima della collina mostrano il livello dell'acqua nel mese di maggio (fig. 85) e nel mese di ottobre (fig. 86). In entrambe si può

osservare il paesaggio in direzione sud-ovest, le verdi colline ricoperte di olivi sullo sfondo e in prossimità del lotto, il quartiere residenziale.



Figura 86 - Interno del lotto: foto panoramica della cava, mese di ottobre

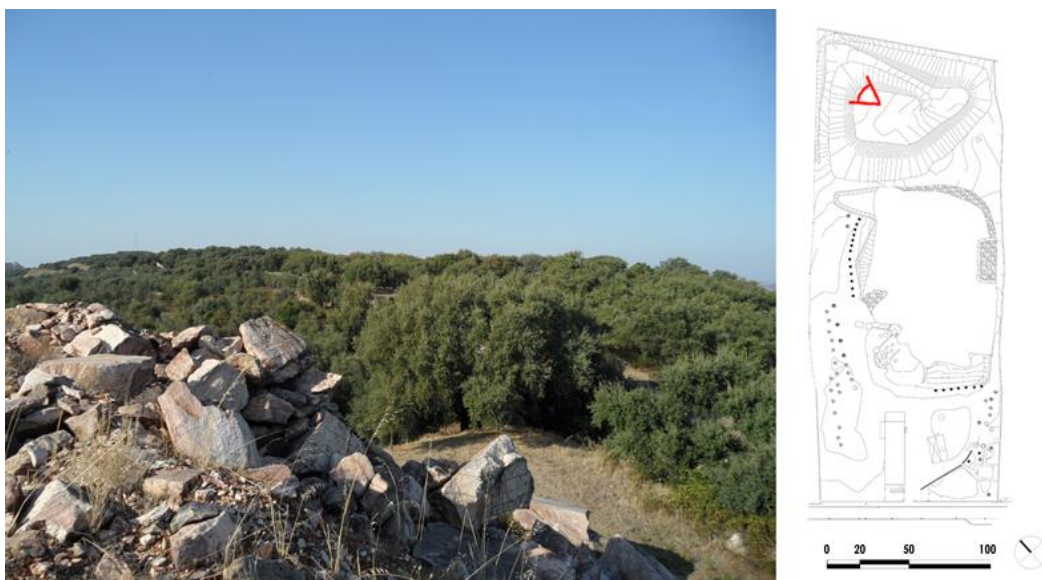


Figura 87 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto

Le figure dalla 87 alle 99 mostrano una panoramica a 360° del paesaggio che si osserva dall'alto della collina.



*Figura 88 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



*Figura 89 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



La figura 89 mostra una vista del paesaggio che si è scelto di privilegiare in fase di progettazione. Si osservi come le colline creino un dolce avvallamento, che come le tende di un teatro si aprono sulla scena, permette alla vista del visitatore di perdersi all'orizzonte.



*Figura 90 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*

In figura 90 querce da sughero ricoprono le colline della Tapada Real.



*Figura 91 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



*Figura 92 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*

In figura 92 si intravede l'ingresso alla Tapada Real, incorniciato dai due alberi più alti della scena.



*Figura 93 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*

In figura 93 l'uliveto adiacente al sito di progetto e sullo sfondo di figura 94 e 95 i tetti della cittadina di Vila Viçosa.



*Figura 94 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



*Figura 95 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



Nelle immagini dalla 95 alla 99 la panoramica mostra le adiacenze del lotto, le due aree commerciali, e gli uliveti.



*Figura 96 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



*Figura 97 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto*



Figura 98 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto



Figura 99 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto

Infine sullo sfondo di figura 99, in direzione ovest si scorgono le colline di detriti e le gru derrick delle cave della città di Borba. La presenza di questi due segni, che caratterizzano la regione dell'Alentejo e in particolare le zone circostanti Vila Viçosa, è stata considerata in fase di progettazione come elemento non trascurabile. L'intervento di sistemazione della collina, che

prevedrà un percorso di vasche esterne e giochi d'acqua, assumerà come condizione al contorno di privilegiare ed esaltare la vista del paesaggio in direzione ovest, oltre a alla vista in direzione nord di figura 89.



## **2. L'INTERVENTO**



## 2. L'INTERVENTO

### 2.1 OBIETTIVI DI PROGETTO

L'edizione 2011 del premio internazionale "Compasso Volante" prevede la riqualificazione del sito di progetto e la realizzazione di edifici che assolvano sostanzialmente quattro funzioni principali: una zona ricettiva, una di centro benessere, una di bar-ristoro e una zona museale.

Per ognuna di tali funzioni vengono specificate ben determinate superfici da rispettare:

- Hotel:	15 - 20 stanze (25 m <sup>2</sup> ciascuna)
- Piscine:	150 - 200 m <sup>2</sup>
- Jacuzzi:	25 - 50 m <sup>2</sup>
- Sauna:	25 - 50 m <sup>2</sup>
- Bagno Turco:	25 - 50 m <sup>2</sup>
- Doccia scozzese:	25 m <sup>2</sup>
- Area trattamenti e massaggi:	200 m <sup>2</sup>
- Spogliatoi per donne e uomini:	50 + 50 m <sup>2</sup>
- Zona fitness:	100 m <sup>2</sup>
- Ristorante e cucina:	200 + 100 m <sup>2</sup>
- Bar:	50 - 100 m <sup>2</sup>

Per quanto riguarda il progetto nel suo complesso vengono invece posti come capisaldi i seguenti aspetti:

- Minimo impatto ambientale (energia, materiali, acqua, etc.)
- Tecnologie innovative, in riferimento alle normative europee relative agli edifici nearly zero energy
- Innovazione tecnologica

In riferimento alle prerogative di progetto l'attività svolta si è diretta in diverse direzioni.

In primo luogo sono stati presi in considerazione l'aspetto architettonico compositivo, i vincoli di contesto e le peculiarità del luogo, in modo che il progetto fosse contestualizzato e ben inserito.

Si è deciso di non intaccare le preesistenze sul sito, ossia la collina e la cava, in modo da lasciar memoria della pregressa attività di sito estrattivo e soprattutto per mantenere basso l'impatto ambientale del progetto.

L'enorme dispendio di risorse ed energia necessario per coprire o svuotare la cava e per sbancare la collina era infatti in totale disaccordo con l'approccio *soft* che si è mantenuto per ogni scelta progettuale. Si è infatti preferito *sfruttare* il sito ed ottimizzare le sue caratteristiche in modo da ridurre il più possibile gli interventi artificiali. Ecco dunque che si è deciso di sfruttare la collina così da poter garantire una visuale a 360 gradi ai visitatori, di utilizzare per le tecnologie di facciata la pietra scartata nei lavori di sistemazione della collina, di costruire sulle balze naturali della cava, e di non interrare la zona parcheggi ma di ombreggiarla semplicemente tramite piantumazione.

Accanto a tali scelte legate al contesto sono stati previsti anche espedienti di ordine tecnologico - impiantistico per minimizzare l'impatto, ossia la realizzazione di tetti verdi, il riutilizzo di acqua piovana e lo sfruttamento della radiazione solare per il riscaldamento dell'acqua delle piscine.

Ed è proprio in merito alla radiazione solare che è stato sviluppato il tema dell'innovazione tecnologica. Volendo trarre vantaggio dal clima caldo - secco tipico dell' Alentejo per scaldare l'acqua delle piscine, la scelta più ovvia è stata prevedere la presenza di pannelli solari, posizionati in copertura o sulla facciata degli edifici. Tuttavia un approccio troppo *tech* contrastava con il contesto tipico di Vila Viçosa, e la presenza della collina, che assume il ruolo di *mirador*, impediva di nascondere i pannelli solari sulla copertura degli edifici; si è pertanto deciso di innovare la tecnologia dei pannelli solari e realizzare un nuovo sistema di riscaldamento dell'acqua che sfruttasse la radiazione solare, ma che fosse in sintonia cromatico - materica con il contesto in cui si stava operando.

La soluzione è stata decidere di sfruttare il più economico e diffuso materiale presente sul posto, il marmo, e realizzare un sistema di oscuramento attivo, costituito da due lamelle tra le quali viene posto una lamella captante dove scorre il fluido termovettore che, scaldandosi, contribuisce al riscaldamento dell'acqua delle vasche della SPA.

## 2.2 ANALISI FUNZIONALE E SPAZIALE

*«Scopo ultimo dell'architettura è agire a favore dell'uomo: interporsi tra l'uomo e l'ambiente in modo tale da ... alleviare lo stress della vita. »*

*J.M. Fitch, La Progettazione ambientale, 1980*

Scopo del capitolo è definire con chiarezza le *esigenze* dell'utenza, in modo da poterle trasformare in *requisiti* di progetto, e realizzare un edificio nel quale siano evitate il più possibile interferenze tra attività, disturbi, e qualsiasi sensazione di discomfort.

La norma UNI 10838 definisce come *attività* gli atti o le azioni svolte dall'utente finale dell'edificio per i quali si richiede l'individuazione di uno spazio<sup>7</sup>.

Per *Unità Ambientale* si intende un raggruppamento di attività dell'utente, derivanti da una determinata destinazione d'uso dell'organismo edilizio, compatibili spazialmente e temporalmente fra loro<sup>8</sup>.

Definite ed analizzate le attività sulla base delle esigenze è quindi possibile passare dalle Unità Ambientali alle *Unità Spaziali*, definite come porzioni di spazio fruibile destinate ad accogliere, interamente o parzialmente, una o più unità ambientali<sup>9</sup>.

L'analisi ha origine dall'esplicitazione delle esigenze, o meglio delle *classi di esigenze*, definite come la definizione di bisogni dell'utenza finale tenuto conto dei vincoli che l'ambiente naturale pone all'ambiente costruito<sup>10</sup>.

Le classi di esigenza rappresentano il primo livello di analisi dell'approccio esigenziale-prestazionale, e cioè raggruppano sia i bisogni dell'utenza che dei differenti attori coinvolti nel processo edilizio.

---

<sup>7</sup> UNI 10838 - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia - termini generali

<sup>8</sup> Ibidem

<sup>9</sup> Ibidem

<sup>10</sup> Ibidem

Viene di seguito riportata la classificazione delle esigenze secondo la UNI 8289.

- Sicurezza: insieme delle condizioni relative all'incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali, nell'esercizio del sistema edilizio;
- Benessere: insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti;
- Fruibilità: insieme delle condizioni relative all'attitudine di un sistema edilizio ad essere adeguatamente usato dagli utenti nello svolgimento delle attività;
- Aspetto: insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti;
- Gestione: insieme delle condizioni relative all'economia di esercizio del sistema edilizio;
- Integrabilità: insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente tra di loro;
- Salvaguardia dell'ambiente: insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasistemi di cui il sistema edilizio fa parte<sup>11</sup>.

Secondo la UNI 11277 le esigenze di un progetto non sono relative unicamente al benessere dell'utenza, esistono infatti delle esigenze di ecocompatibilità, intesa come compatibilità tra il contesto costruito e l'ambiente fisico, comprendenti diverse categorie di impatto e le varie fasi del ciclo di vita dell'edificio<sup>12</sup>. Pertanto, prima di procedere con l'analisi delle esigenze dell'utenza, viene proposto un estratto della normativa che ben rappresenta l'approccio progettuale generale applicato all'intervento edilizio.

Come si nota, gli aspetti relativi alla definizione di Unità Spaziali e Unità Ambientali sono costituiti dalle voci dell'ultimo paragrafo *Benessere, igiene e salute dell'utenza*; è proprio in tal direzione che proseguirà l'analisi metaprogettuale.

---

<sup>11</sup> UNI 8289 - Esigenze dell'utenza finale - paragrafo 4

<sup>12</sup> Uni 11277 - Esigenze e requisiti di eco-compatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione - paragrafo 3

Fase del ciclo di vita		Esigenze	Requisiti
FASE PRODUTTIVA FUORI OPERA	Produzione di materiali, elementi e componenti	Salvaguardia dell'ambiente	Utilizzo di materiali, elementi e componenti a ridotto carico ambientale
		Utilizzo razionale delle risorse	Utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati
			Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità
FASE PRODUTTIVA IN OPERA	Esecuzione	Salvaguardia dell'ambiente	Gestione ecocompatibile del cantiere
		Utilizzo razionale delle risorse	Utilizzo di tecniche costruttive che facilitino il disassemblaggio fine vita
	Manutenzione	Salvaguardia dell'ambiente	Riduzione degli impatti negativi nelle operazioni di manutenzione
		Utilizzo razionale delle risorse	Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità
	Demolizione	Salvaguardia dell'ambiente	Gestione ecocompatibile dei rifiuti
FASE FUNZIONALE	Salvaguardia dell'ambiente	Salvaguardia della salubrità dell'aria e del clima	Riduzione dell'emissione di inquinanti dell'aria climalteranti(gas serra)
		Salvaguardia del ciclo dell'acqua	Massimizzazione della percentuale di superficie drenante
		Salvaguardia dell'integrità del suolo e del sottosuolo	Contenimento dell'area di sedime degli edifici
			Recupero ambientale del terreno di sbancamento
		Salvaguardia dei sistemi naturalistici e paesaggistici	Protezione delle specie vegetali di particolare valore ed inserimento di nuove specie vegetali
			Tutela e valorizzazione della diversità biologica del contesto naturalistico
			Adeguate inserimento paesaggistico nel contesto, anche in relazione al rispetto delle visuali e alla compatibilità con la morfologia del terreno
	Utilizzo razionale delle risorse	Utilizzo razionale delle risorse derivanti da scarti e rifiuti	Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani
		Utilizzo razionale delle risorse idriche	Riduzione del consumo di acqua potabile
			Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche
		Utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche(requisiti geometrici e fisici)	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per riscaldamento
			Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico-sanitaria
			Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per l'illuminazione
			Isolamento termico
	Inerzia termica per la climatizzazione		



		Utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche(requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate (alternativo alla valutazione dei precedenti cinque requisiti)
Benessere, igiene e salute dell'utenza	Benessere termico negli spazi esterni		Riduzione di scambi termici radiativi tra persona e superfici circostanti in periodi di sovra riscaldamento
			Aumento di scambi termici radiativi in periodi di sotto riscaldamento
			Controllo degli effetti del vento dominante invernale
			Controllo degli effetti del vento dominante estivo
	Benessere termico negli spazi interni		Controllo adattativo delle condizioni di comfort termico
	Benessere visivo negli spazi esterni		Riduzione degli effetti di disturbo visivi
	Benessere visivo negli spazi interni		Illuminazione naturale
	Benessere acustico degli spazi esterni		Protezione degli spazi d'attività esterni da fonti di rumore esterne agli spazi stessi
	Benessere acustico degli spazi interni		Protezione degli spazi interni da fonti di rumore
	Condizioni d'igiene ambientale connesse con le variazioni del campo elettromagnetico da fonti artificiali		Protezione degli ambienti e degli spazi esterni da variazioni del fondo elettromagnetico generato da fonti artificiali (E.L.F. -elettrodotti ad alta tensione)
			Impianto elettrico e disposizione degli elettrodomestici, in modo da esporre gli utenti a valori minimi di campo elettromagnetico (E.L.F.)
	Condizioni d'igiene ambientale connesse con l'esposizione ad inquinanti dell'aria interna		Riduzione delle emissioni tossiche/nocive di materiali, elementi e componenti
		Riduzione della concentrazione di radon	

### 2.2.1 Individuazione della attività fondamentali

Prima di poter porre vincoli progettuali in modo da garantire sufficienti condizioni di comfort all'interno degli edifici, è necessario definire le Unità Spaziali, cioè definire *quali* attività si svolgeranno, *in che rapporti l'una con l'altra, dove e con quali strumenti*.

Nota la destinazione d'uso dell'edificio vengono individuati gli atti o la serie di atti (azioni) che un utente (o un gruppo di utenti) svolge per soddisfare un bisogno.

In tale ambito si possono distinguere tra:

- Attività principali: scomponibili;
- Attività complementari: attività elementari che rispondono ad uno stesso bisogno da parte dell'utente;
- Attività concentrate: attività che richiedono per il proprio svolgimento uno spazio definito e costante;
- Attività diffuse: attività che possono svolgersi indifferentemente in diversi luoghi.

	Attività principali	Attività complementari	Attività concentrate	Attività diffuse
UTENZA	Mangiare	Consumare colazione		
		Consumare pranzo		
		Consumare cena		
		Consumare snack		
		Consumare alcolici - prodotti da bar		
	Igiene personale	Bisogni fisiologici		
		Lavarsi completamente		
		Lavarsi parzialmente		
		Radersi		
		Truccarsi – struccarsi		
	Dormire	Vestirsi - svestirsi		
		Dormire		
	Relax	Riposo		
		Leggere		
		Prendere il sole		
		Trattamenti per il corpo		
		Servizi SPA		
		Stare all'aperto		

		Attività fisica		
		Giocare		
	Visitare spazi espositivi	Visitare spazi espositivi		
	Vita sociale	Stare insieme		
Parlare				
STAFF	Cucinare	Preparare cibi		
		Cuocere cibi		
		Conservare cibi		
	Manutenzione e pulizia	Pulizia e riordino locali		
		Apparecchiare - sparecchiare		
		Rifornimento di: - cibo - biancheria pulita - asciugamani puliti - coperte e lenzuola pulite		
		Interventi di manutenzione ordinaria		
		Manutenzione giardino		
		Manutenzione vasche esterne		
		Manutenzione coperture verdi		
		Pulizia vetrate		
	Supervisione e attività qualificate	Supervisione zona fitness		
		Supervisione spazi espositivi		
		Attività nei locali trattamenti per il corpo		

### 2.2.2 Legami tra le attività

Definite le attività caratteristiche del progetto, tra queste è necessario esplicitare dei legami, compiendo un passo da un lato verso la definizione delle Unità Spaziali, e dall'altro verso la determinazione di possibili interferenze.

Tra le attività principali individuate esistono tre tipi di legame:

- Legame di consecutività temporale: se alcune attività devono essere svolte necessariamente prime delle altre.
- Legame di consequenzialità funzionale: se lo svolgimento di alcune attività è indispensabile per lo svolgimento di altre.
- Legame di contemporaneità: se alcune attività possono o devono essere svolte contemporaneamente.

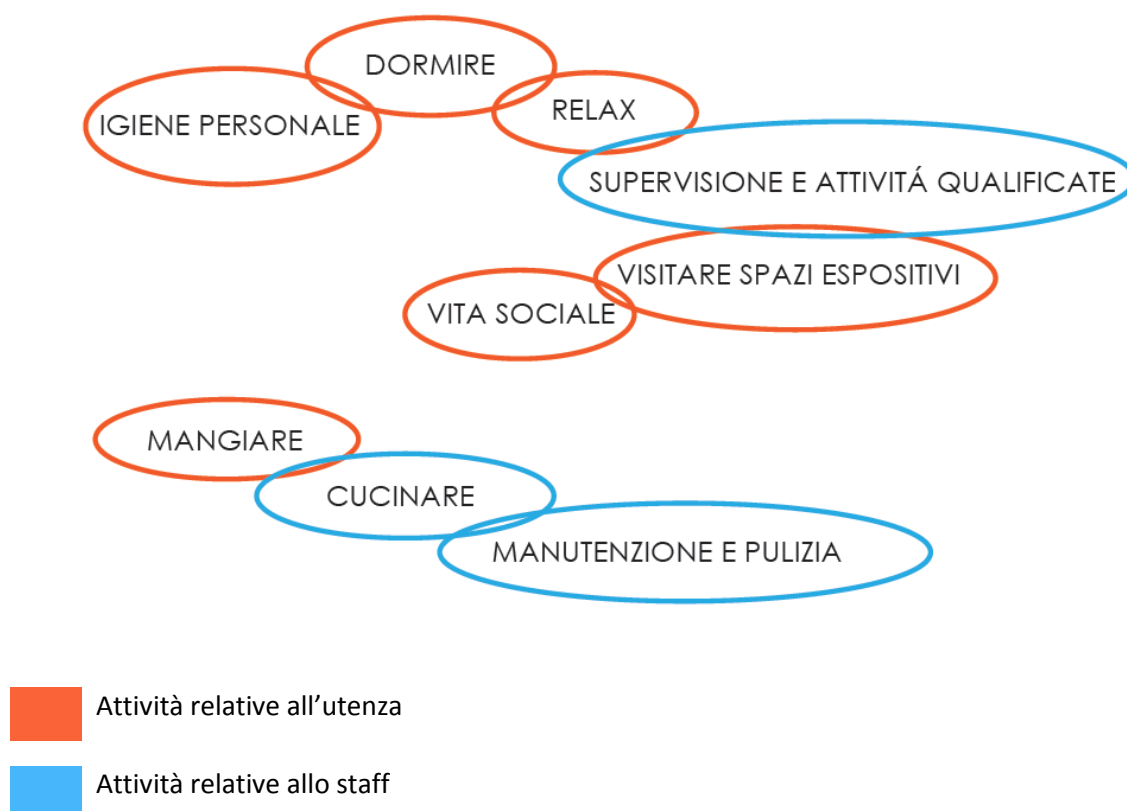


Figura 100 - Legami tra le attività. I legami presentati si ritroveranno nel progetto definitivo

### **2.2.3 Analisi temporale delle attività**

Ha come scopo la valutazione dell'aggregabilità delle attività in relazione alla loro sovrapposizione temporale, con la particolarità di individuare i periodi più critici nell'arco della giornata, in cui i medesimi spazi vengono occupati contemporaneamente da diversi utenti.

Dal punto di vista ambientale e funzionale richiedono attenzione i seguenti fattori:

- Compatibilità spazio-temporale;
- Compatibilità ambientale e livello di privacy;
- Connessioni funzionali tra le varie attività.

Nell'analisi temporale delle attività vengono valutate la durata ed il periodo di svolgimento, dove per durata si intende la quantità di tempo impiegato in media per svolgere un'azione spazialmente significativa, e per periodo di svolgimento la porzione di tempo nell'arco della giornata in cui l'attività viene svolta in modo preferenziale.



		< 10 min	10 – 30 min	30 – 60 min	> 60 min	Collocazione temporale delle attività nell'arco della giornata																							
Attività		Durata				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
UTENZA	Consumare colazione		■										■	■	■														
	Consumare pranzo			■														■	■	■									
	Consumare cena			■																				■	■	■	■		
	Consumare snack	■														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	Consumare alcolici – prodotti da bar		■														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Bisogni fisiologici		■										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Lavarsi completamente		■										■	■									■	■					
	Lavarsi parzialmente		■										■	■									■	■				■	
	Radersi		■										■	■									■	■					
	Truccarsi	■											■	■									■	■					
	Struccarsi	■											■	■									■	■					
	Vestirsi	■											■	■									■	■					
	Svestirsi	■											■	■									■	■					
	Dormire				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Riposo				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	





### 2.2.4 Individuazione delle attrezzature

Analizzando tipo e dimensione dell'attrezzatura necessaria allo svolgimento delle attività definite in precedenza è possibile stimare sia lo spazio minimo necessario sia quello ottimale per lo svolgimento dell'attività stessa.

Qualora diverse attività necessitino delle medesime attrezzature, è consigliabile fare in modo che si svolgano in luoghi vicini, sempre che non siano attività che per altri motivi (privacy, disturbi reciproci, etc.), sia preferibile mantenere separate.

Le attrezzature vengono classificate secondo:

- **Importanza:**        Attrezzature fondamentali;  
                              Attrezzature accessorie.
- **Ingombro:**         Attrezzature mobili;  
                              Attrezzature fisse.
- **Uso:**                Attrezzature di uso collettivo;  
                              Attrezzature di uso individuale;  
                              Attrezzature di uso a rotazione.

	Attività	Attrezzatura							
			fondamentali	accessorie	mobili	fisse	uso collettivo	uso individuale	uso a rotazione
UTENZA	Consumare colazione	Tavoli							
		Sedie							
		Tovaglie e tovaglioli							
		Stoviglie e bicchieri							
		Dispenser di zucchero, sale, olio, pepe etc.							
	Consumare pranzo	Tavoli							
		Sedie							
		Tovaglie e tovaglioli							
		Stoviglie e bicchieri							
		Dispenser di zucchero, sale, olio, pepe etc.							

	Consumare cena	Tavoli	■		■		■		
		Sedie	■		■		■		
		Tovaglie e tovaglioli	■		■			■	
		Stoviglie e bicchieri	■		■			■	
		Dispenser di zucchero, sale, olio, pepe etc.	■		■				■
	Consumare snack	Macchina dispensatrice	■			■	■		
	Consumare alcolici – prodotti da bar	Tavoli	■		■		■		
		Sedie	■		■		■		
		Stoviglie e bicchieri	■		■			■	
	Bisogni fisiologici	WC	■			■		■	
		Carta igienica	■			■		■	
		Scopino WC	■			■		■	
	Lavarsi completamente	Vasca	■			■		■	
		Doccia	■			■		■	
		Asciugamani e accappatoi	■		■			■	
		Phon		■	■			■	
	Lavarsi parzialmente	Lavabo	■			■		■	
		Bidet	■			■		■	
		Asciugamani	■		■			■	
	Radersi	Lavabo	■			■		■	
Specchio		■			■		■		
Asciugamani		■		■			■		
Truccarsi – struccarsi	Lavabo	■			■		■		
	Specchio	■			■		■		
	Asciugamani	■		■			■		
	Phon		■	■			■		
Vestirsi - svestirsi	Armadio o servomuto	■			■		■		
	Sedia		■	■			■		
	Specchio	■			■		■		
Dormire	Letto	■			■		■		
	Cuscini, coperte e lenzuola	■			■		■		
	Comodino	■			■		■		
	Abat jour	■			■		■		
Riposo	Sedie	■		■		■			
	Sdraio	■		■		■			
	Poltrone e divani	■		■		■			



		Televisione		■		■	■		
	Leggere	Sedie	■		■		■		
		Sdraio	■		■		■		
		Poltrone e divani	■		■		■		
	Prendere il sole	Sdraio	■		■		■		
		Asciugamani		■	■			■	
	Trattamenti per il corpo	Lettini	■		■				■
		Sedie	■		■				■
		Armadio o servomuto	■		■				■
		Asciugamani	■		■			■	
		Crema e olii	■		■				■
		Cosmetici	■		■				■
		Forbici, pinzette, etc.	■		■				■
	Servizi SPA	Asciugamani	■		■			■	
	Stare all'aperto	Tavoli		■	■		■		
		Sedie		■	■		■		
	Attività fisica	Panche, tapis roulant, cyclette, vogatori, etc.	■			■			■
		Tappetini	■		■				■
		Asciugamani	■		■			■	
	Giocare	-							
Visitare spazi espositivi	-								
Stare insieme	-								
Parlare	-								
STAFF	Preparare cibi	Lavabo	■			■	■		
		Posate e stoviglie	■		■		■		
		Frullatori, spremiagrumi, impastatrice etc.	■		■		■		
		Piani di appoggio	■			■	■		
		Taglieri, scolapasta etc.	■		■		■		
	Cuocere cibi	Forno	■			■	■		
		Fornelli a gas	■			■	■		
		Forno a microonde	■			■	■		
	Conservare cibi	Celle frigorifere	■			■	■		
		Dispense	■			■	■		
	Pulizia e riordino locali	Carrelli	■		■		■		
		Cestino	■		■		■		

		Prodotti per pulizia						
		Lavapavimenti						
		Secchio						
		Guanti						
		Spugne						
		Stracci						
		Aspirapolvere						
		Scopa						
		Paletta						
		Strumenti per pulizia vetri						
	Apparecchiare - sparecchiare	Carrelli						
		Lavastoviglie						
		Lavabo						
		Ripiani e scaffali						
	Rifornimento di: - cibo - biancheria pulita - asciugamani puliti - coperte e lenzuola pulite	Strada carrabile						
		Celle frigorifere						
		Dispense						
		Magazzini						
	Interventi di manutenzione ordinaria	Cassetta degli attrezzi						
		Contenitori						
		Scale doppie						
		Guanti						
		Antinfortunistica						
		Trapano						
		Martello						
		Chiodi e viti						
		Pinze						
		Chiavi inglesi etc.						
	Manutenzione giardino	Tagliaerba						
		Sega elettrica						
		Cesoie						
		Rastrello						
		Concimi e diserbanti						
Canna dell'acqua								
Innaffiatoi								
Vasi e fioriere								
Scale doppie								

		Antinfortunistica							
		Sistema di irrigazione automatico							
	Manutenzione vasche esterne	Retino raccogli-foglie							
		Sistemi meccanici per pulizia vasche							
	Manutenzione coperture verdi	Scale doppie							
		Tagliaerba							
		Cesoie							
		Rastrello							
		Concimi e diserbanti							
		Antinfortunistica							
	Pulizia vetrate	Scale doppie							
		Trabattello							
		Strumenti per pulizia manuale vetrate							
		Antinfortunistica e sicurezza							
	Supervisione zona fitness	-							
	Supervisione spazi espositivi	-							
Attività nei locali trattamenti per il corpo	-								

### **2.2.5 Analisi dei disturbi ambientali e individuazione delle prestazioni ambientali**

Con analisi ambientale si intende l'analisi delle condizioni di benessere richieste per lo svolgimento delle attività. Per benessere ambientale si intende che gli ambienti devono risultare idonei alla vita e quindi devono essere il risultato globale della progettazione intesa come definizione di spazi, scelta dei materiali nonché scelta delle soluzioni tecnologiche che dovranno garantire una buona qualità di vita.

Ne segue che il concetto di benessere non dipende esclusivamente dalle condizioni climatiche dell'ambiente, ma anche da condizioni che sono legate alla sfera personale ed emozionale del singolo utente che usufruisce dell'ambiente, quindi da fattori fisiologici e psicologici che variano a seconda dell'individuo; per questo motivo non è possibile raggiungere condizioni di benessere in senso assoluto, ma lo scopo di tale analisi è di individuare i disturbi ambientali che tendono a rendere precarie le condizioni di equilibrio ambientale al fine di limitarne l'incidenza sull'utenza (e quindi il grado di insoddisfazione). Rielaborando la UNI 11277, è possibile articolare il concetto di benessere in sei aspetti differenti:

- Benessere termoigrometrico: coincide con uno stato di neutralità termica, in cui l'utente non ha sensazione né di freddo né di caldo. La sensazione è dovuta alla temperatura media dell'aria, alla temperatura media radiante, all'umidità relativa e al tipo di indumenti indossati durante lo svolgimento delle attività.

Inoltre possono entrare in gioco fattori soggettivi quali l'età, il sesso, l'adattabilità al clima e lo stato di salute.

I requisiti di progetto relativi al comfort termoigrometrico sono dunque:

- a. Controllo del fattore solare
- b. Controllo dell'inerzia termica
- c. Controllo delle dispersioni di calore per rinnovo d'aria
- d. Controllo delle dispersioni di calore per trasmissione
- e. Isolamento termico
- f. Tenuta agli aeriformi
- g. Ventilazione

- Benessere respiratorio - olfattivo: l'aria deve avere la giusta composizione per portare l'ossigeno necessario all'apparato respiratorio. Bisogna prevedere una ventilazione costante e consistente, in particolare non si deve solo garantire quantità e qualità dell'aria, ma anche una corretta circolazione all'interno dell'edificio.

I requisiti di progetto relativi alla salubrità dell'aria sono dunque:

- a. Assenza dell'emissione di odori sgradevoli
  - b. Controllo delle dispersioni - fluidi, gas, elettricità
  - c. Tenuta alle polveri
  - d. Smaltimento dei gas nocivi
  - e. Ventilazione
- 
- Benessere visivo: deve essere garantito il giusto apporto di luce naturale per poter eseguire correttamente un'attività. Anche in questo caso il fattore è molto soggettivo e dipende in particolare dalla capacità degli individui di adattarsi. Il parametro a cui si fa riferimento è il Fattore di Luce Diurna.
- I requisiti di progetto relativi al comfort visivo sono dunque:
    - a. Assorbimento luminoso
    - b. Controllo del flusso luminoso
- 
- Benessere acustico: è la condizione psicofisica di benessere nella quale si trova un individuo immerso in un campo sonoro, in relazione all'attività che sta svolgendo. Anche in questo caso gli elementi da valutare sono molto soggettivi, legati ad esigenze personali o a particolari sensibilità individuali.
- I requisiti di progetto relativi al comfort uditivo sono dunque:
- a. Assorbimento acustico
  - b. Controllo del rumore prodotto
  - c. Isolamento acustico
  - d. Livello acustico

- Benessere igienico - sanitario: è necessario garantire una generale qualità degli ambienti, dotare l'edificio di locali appositi per lo smaltimento dei rifiuti senza che questi creino accumulo di inquinanti nell'aria. Anche sotto il profilo tecnologico bisogna avere un occhio di riguardo soprattutto per ponti termici e i nodi tra i vari elementi tecnici perché potrebbero causare infiltrazioni d'acqua o aria che comprometterebbero le caratteristiche di tenuta dell'involucro.

I requisiti di progetto relativi alla salubrità degli ambienti sono dunque:

- a. Asetticità
  - b. Assenza dell'emissione di sostanze nocive
  - c. Controllo della condensazione interstiziale
  - d. Controllo della condensazione superficiale
  - e. Controllo delle dispersioni - fluidi, gas, elettricità
  - f. Smaltimento dei gas nocivi
- Benessere posturale: oltre al sistema termoregolatorio e ai cinque sensi, per ottenere condizioni di comfort non si deve scordare il sistema muscolare e scheletrico umano, progettando spazi, arredi ed attrezzature in modo che presentino opportune caratteristiche di funzionalità, di facilità d'uso, di manovrabilità e comodità. Soprattutto in una SPA, dove l'utenza deve potersi riposare e rilassare, risulta chiara l'importanza di aspetti quali ergonomia, comodità d'uso e di manovra.

L'analisi procede determinando quindi:

- Requisiti ambientali;
- Relative classi di prestazioni;
- Disturbi prodotti dalle attività.

In particolare l'analisi dei disturbi viene condotta valutando sia i disturbi che danneggiano o impediscono lo svolgimento di un'attività, sia i disturbi che questa può arrecare ad altre attività.



Attraverso tale studio è possibile valutare i possibili disturbi che caratterizzano l'intorno ambientale di un edificio, indispensabile per operare l'aggregazione delle attività in Unità Ambientali.

I disturbi analizzati sono di natura igrometrica, acustica, luminosa ed atmosferica.

Svolta l'analisi viene proposta la conformazione finale delle Unità Spaziali che ha condotto tutta la successiva fase di progettazione architettonica.

Legenda	Simbolo	Descrizione
DISTURBI		Disturbo minimo, che non impedisce lo svolgersi di un'attività
		Disturbo tollerabile, ma da eliminare
		Disturbo che impedisce lo svolgersi di un'attività
RUMORI	A	Apparecchiature elettriche
	B	Apparecchiature meccaniche
	C	Persone
	D	Autovetture
	E	Naturali
ODORI	F	Attività fisiologiche
	G	Cottura cibi
	H	Rifiuti
	I	Biancheria sporca
	J	Fumo sigarette
	K	Gas di scarico autovetture
TEMPERATURA E UMIDITÀ	L	Sbalzi di temperatura
	M	Sbalzi di umidità
LUCE	N	Alti livelli di illuminamento
	O	Bassi livelli di illuminamento
	P	Disturbo delle visuali prospettiche





Le criticità sostanzialmente vengono riscontrate in merito a disturbi visivi ed olfattivi. Essendo il sito di progetto un luogo immerso in un contesto silenzioso, e date le destinazioni d'uso degli edifici progettati, difficilmente saranno presenti problemi ed interferenze di natura acustica. Fondamentalmente né il contesto né gli edifici generano rumori, pertanto l'unica criticità è legata al fatto che il parco può ospitare famiglie o bambini; è tuttavia sufficiente orientare gli affacci degli edifici in modo da evitare disturbi.

La maggior parte delle possibili interferenze sono dunque legate ai sensi dell'olfatto e della vista. Proprio per tal motivo, come si vedrà nelle piante, si è deciso di separare nettamente le zone destinate a diverse funzioni. Ecco pertanto che la cucina, il ristorante, il bar e il locale rifiuti, locali maggiormente produttori di odori, vengono previsti in un edificio isolato; ed ecco per esempio che di tutte le attività di manutenzione e pulizia, chiaramente sgradevoli alla vista da parte dell'utenza, ne viene previsto lo svolgimento in orari di chiusura o di afflusso minimo. Saranno quindi presenti tre corpi di fabbrica, uno dedicato agli spazi museali, uno legato al ristoro e allo svago, e uno destinato al benessere, nel quale trovano posto l'hotel, la zona fitness e la SPA.

La SPA, locale nel quale l'obiettivo è creare una sorta di mondo idilliaco isolato dal contesto, è ovviamente il locale più critico, che maggiormente risente di disturbi olfattivi, acustici e visivi. Ad essa sarà destinato un intero piano di un edificio, e gli affacci saranno studiati in modo da rivolgersi verso nord, verso la Tapada Real, una sterminata riserva di caccia dalla quale non provengono che profumi e rumori naturali.

Definite le macrointerferenze ovviamente non verranno trascurate le possibili interferenze dovute ad errori e dimenticanze progettuali. Saranno dunque studiati l'illuminamento e la possibilità di oscuramento dei singoli locali, saranno adeguatamente posizionati i serramenti, le canne fumarie e gli esalatori, verrà tenuta in considerazione la necessità di un riscontro d'aria naturale nei singoli locali, verranno svolte verifiche termo igrometriche sulle partizioni e sulle chiusure, e da ultimo saranno svolte verifiche acustiche sia sui materiali che sugli ambienti progettati.

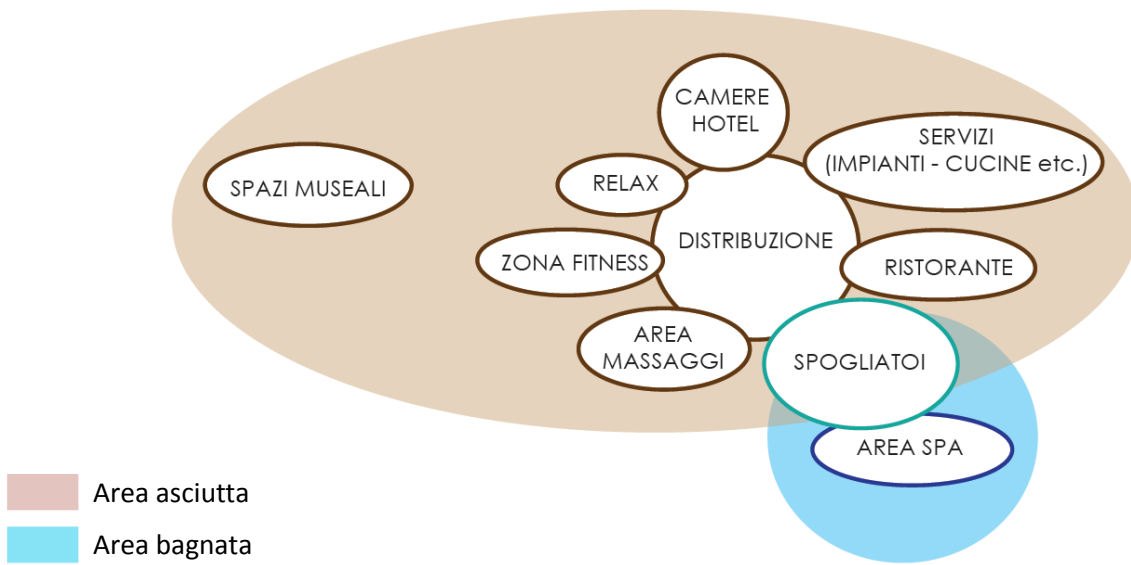


Figura 101 - Definizione delle Unità Spaziali. Sarà possibile leggere tale distribuzione nel progetto definitivo



### 2.3 IL CONCEPT

L'approccio, se come già detto è stato molto soft da punto di vista tecnologico, lo è stato anche dal punto di vista compositivo - progettuale, e consiste sostanzialmente in due linee, una retta che taglia il sito di progetto e una curva che abbraccia la cava, sulle quali si innestano le varie funzioni.

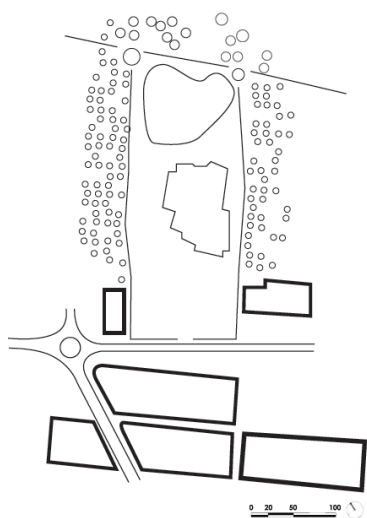


Figura 102 - Siteplan

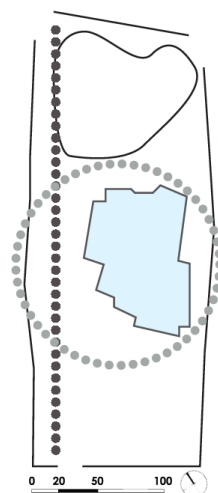


Figura 103 - Approccio progettuale

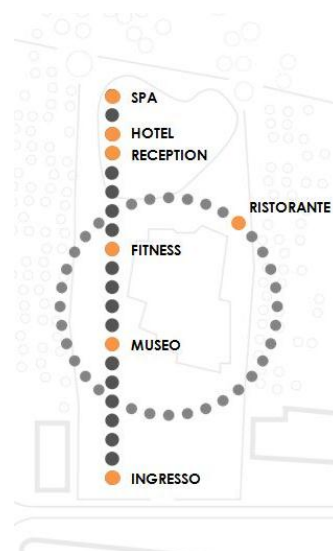


Figura 104 - Disposizione delle funzioni

La particolare forma del sito di progetto e gli scarsi volumi di costruito richiesti rappresentavano un problema, perché non volendo raggruppare tutte le funzioni in un unico piccolo corpo di fabbrica ma volendo realizzare un progetto che abbracciasse in modo armonico tutta l'area, un approccio con un'assialità così spinta poteva creare disorientamento nell'avventore, che fin dall'ingresso al parco avrebbe visto svilupparsi innanzi a sé un percorso lungo più di trecento metri, sul quale si sarebbero affacciati sporadici edifici.

Si è pertanto deciso di valorizzare l'assialità del progetto, di *sfruttarla*, al punto di renderla il punto cardine dell'intera opera, che prende il nome di *Un viaggio nella cava*.

Dopo aver tracciato i due percorsi si è dunque deciso di rompere, pur mantenendo un asse longitudinale, lo sviluppo rettilineo del percorso principale, in modo da creare dei particolari momenti, delle esperienze, delle speciali prospettive lungo il percorso, così da accompagnare passo passo l'avventore e fornirgli di volta in volta piccoli assaggi del luogo, nascondendo gli step successivi.

È proprio il tema del *viaggio di esperienze* che permea tutto il progetto e conduce l'attività progettuale affinché vengano curati ogni scorcio, ogni veduta e ogni sensazione che percepirà il visitatore durante il lungo e piacevole viaggio di oltre trecento metri dall'ingresso sino al centro benessere.

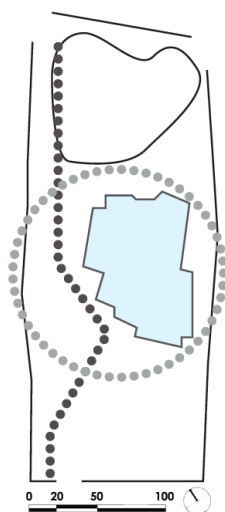


Figura 105 - La rottura dell'asse

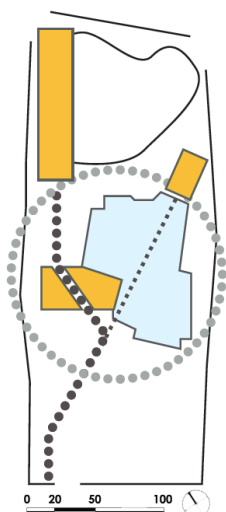


Figura 106 - Gli edifici



Figura 107 - Un viaggio di esperienze

## 2.4 IL MASTERPLAN E IL TEMA DEL VIAGGIO



Figura 108 - Il masterplan

Osservando il masterplan è possibile notare come, in accordo a quanto detto, l'approccio progettuale sia molto soft, la cava e la collina non vengano sostanzialmente toccate, il costruito sia il minimo richiesto, venga lasciata verde la maggior parte della superficie possibile, il parcheggio venga lasciato scoperto e siano stati utilizzati alberi per la protezione sia solare che visiva.

La maggior parte della superficie del sito di progetto viene mantenuta a quota 0, la zona parcheggio viene ribassata di 50 centimetri in modo da nasconderla alla vista, mentre l'area di parco appena sopra degrada dolcemente fino ad affacciarsi sulla cava ad una quota di -3 metri. La collina si eleva sino a quota +16 metri, mentre il livello dell'acqua della cava si attesta sui -8,5 metri, quota alla quale si hanno il piano di imposta e l'affaccio esterno del museo. Ad una quota intermedia, -4 metri, costituita dal primo livello di scavo delle balze della cava, si hanno invece gli affacci del ristorante, dell'area fitness e del link tra hotel e ristorante.

Il *viaggio di esperienze* comincia sin dall'ingresso al parco, al quale si giunge fiancheggiando un muro dalle geometrie semplici e con finitura ad intonaco bianco, che ben si inserisce nel contesto tipico di Vila Viçosa.

All'ingresso il visitatore viene immediatamente in contatto cromatico materico con tutti gli elementi che troverà una volta entrato; può percepire il marmo, visivamente dietro la cascata oppure toccando con mano le lastre di rivestimento di un setto sporgente, può entrare in contatto, di nuovo sia visivo che tattile, con l'acqua, che sarà un elemento fondamentale lungo tutto il viaggio, può osservare tre alberi d'arancio, inquadrati da una quinta color bianco, può intravedere di scorcio il legno della pavimentazione, che caratterizza tutto il cammino che dovrà percorrere, può già percepire l'altra tipologia di pavimentazione, che contraddistingue il percorso circolare, realizzata in lastroni di cemento bianco sagomati, ma non può vedere nulla di quello che lo aspetta, la sorpresa è ancora tutta da scoprire.



*Figura 109 - La strada che conduce al sito di progetto*



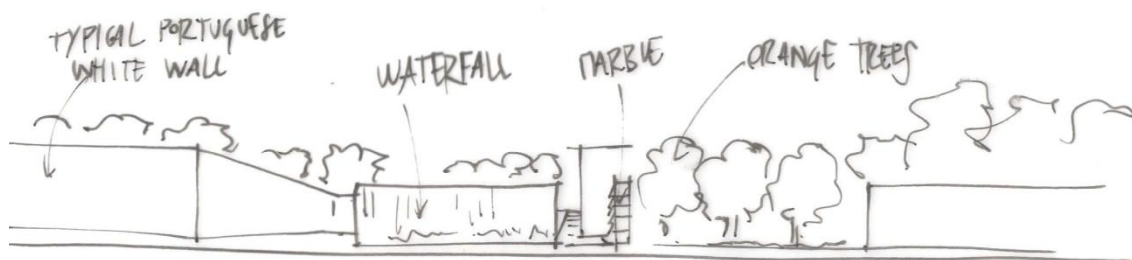


Figura 110 - L'ingresso: Sketch design e rappresentazione 3D

Una volta entrato, il visitatore si trova immediatamente immerso in un aranceto, che lo accompagnerà sulla sinistra per tutto lo sviluppo del percorso nel parco, ma continua a non vedere la cava perché protetto sul lato destro prima da una parete con finitura in lastre di marmo, e poi da una cintura di alberi, prevista per proteggere la vista dalla zona residenziale a sud e focalizzare l'attenzione sulla cava e sul panorama a nord. Dal percorso in legno si alzano sporadiche panchine dalla semplice geometria, che riprendono sulla seduta la stessa orditura della pavimentazione in legno, e sull'alzata la tecnologia del gabion wall.



Figura 111 - Piante d'arancio nella piazza centrale di Vila Viçosa



Figura 112 - Gabion bench

Superata la cintura verde l'utente può finalmente dare un primo sguardo alla cava, al ristorante che vi si affaccia su lato opposto e ai gradoni che conducono all'acqua, prima di continuare nel suo percorso e arrivare al museo, dove è possibile ammirare il marmo della

cava utilizzato in due modi differenti sulla medesima facciata: in lastre sul basamento dell'edificio e sotto forma di sassi nelle gabbie di rivestimento.

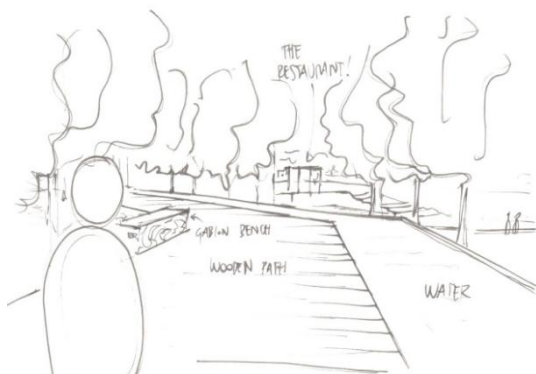


Figura 113 - Un primo sguardo alla cava: sketch design e rappresentazione 3D

Proseguendo sotto un pergolato, il viaggiatore può lanciare uno sguardo agli spazi espositivi all'interno del museo attraverso due pareti vetrate che costeggiano il camminamento.

Il pergolato, in estrusi di alluminio, riprende il gioco dei montanti della facciata vetrata, e ombreggia non solo il camminamento, ma anche l'interno del museo, che altrimenti risulterebbe eccessivamente esposto alla radiazione solare.

La bassa vasca d'acqua pavimentata in lastre di marmo, che ha accompagnato il visitatore sin dall'ingresso al parco, in corrispondenza dell'ingresso al museo scompare, per ricomparire solo in seguito, una volta entrati nell'hotel.

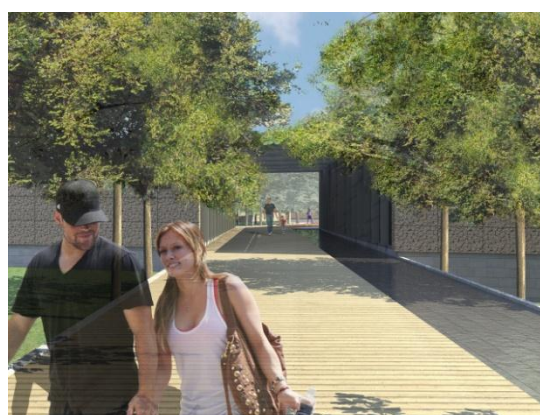


Figura 114 - Il pergolato in corrispondenza del museo: sketch design e rappresentazione 3D



Superato l'ingresso al museo il percorso si divide, è possibile da un lato scendere lungo la rampa di scale a destra e giungere sino al ristorante, e dall'altro proseguire nel *viaggio* e arrivare al centro benessere.

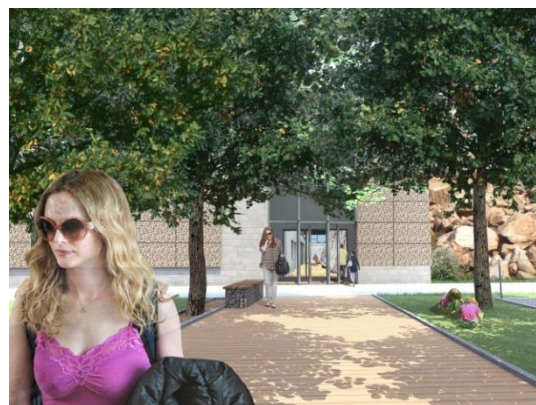
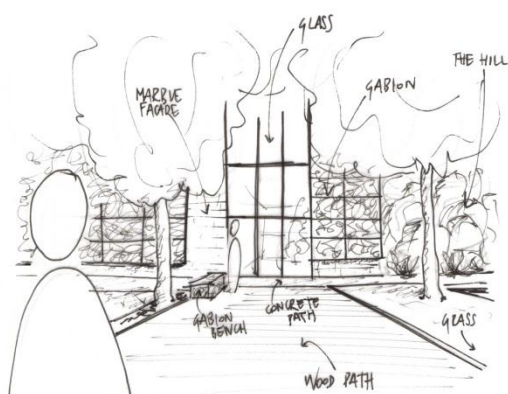


Figura 115 - Il centro benessere: sketch design e rappresentazione 3D

Una volta superato l'ingresso alla SPA, il percorso continua e conduce, fiancheggiando in un patio esterno una parete di viva roccia, ad una vasca d'acqua e ad una cascata sullo sfondo. Il patio esterno, come si può intravedere in figura, è collegato tramite un porticato ad un giardino interno a doppia altezza, utilizzabile dalla clientela dell'hotel come area relax.

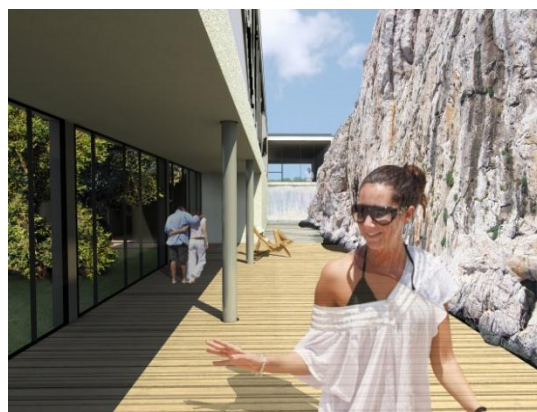
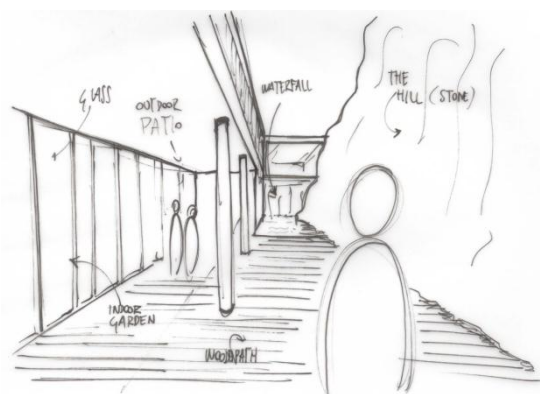


Figura 116 - Il patio esterno: pietra, legno, acqua e verde: sketch design e rappresentazione 3D

La fine del viaggio, a cui possono giungere solo coloro che accedono alla SPA, corrisponde con la zona vasche interna, alla quale si arriva percorrendo un camminamento in legno illuminato dall'alto da lame di luce naturale, che conduce lo sguardo sul bellissimo panorama della Tapada Real.

Nell'area vasche si contrappongono sui piani orizzontali il liscio e freddo marmo della pavimentazione al bianco intonaco del soffitto, e sui piani verticali le massicce pareti con finitura in pietra ai vuoti rivolti verso il suggestivo panorama a nord e ad ovest.

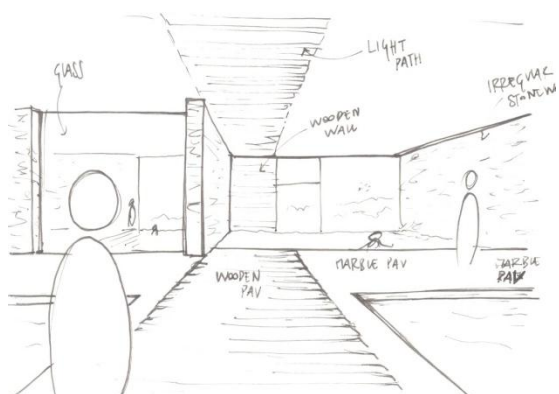


Figura 117 - Fine del viaggio: la zona vasche: sketch design e rappresentazione 3D

Il *viaggio di esperienze* è dunque evidenziato dal lungo percorso in legno che taglia tutto il sito di progetto, e che interseca in due punti il percorso secondario, realizzato in lastroni irregolari di cemento bianco, la cui concettuale forma circolare è stata sviluppata e sfrangiata in modo da poter servire tutto il parco.

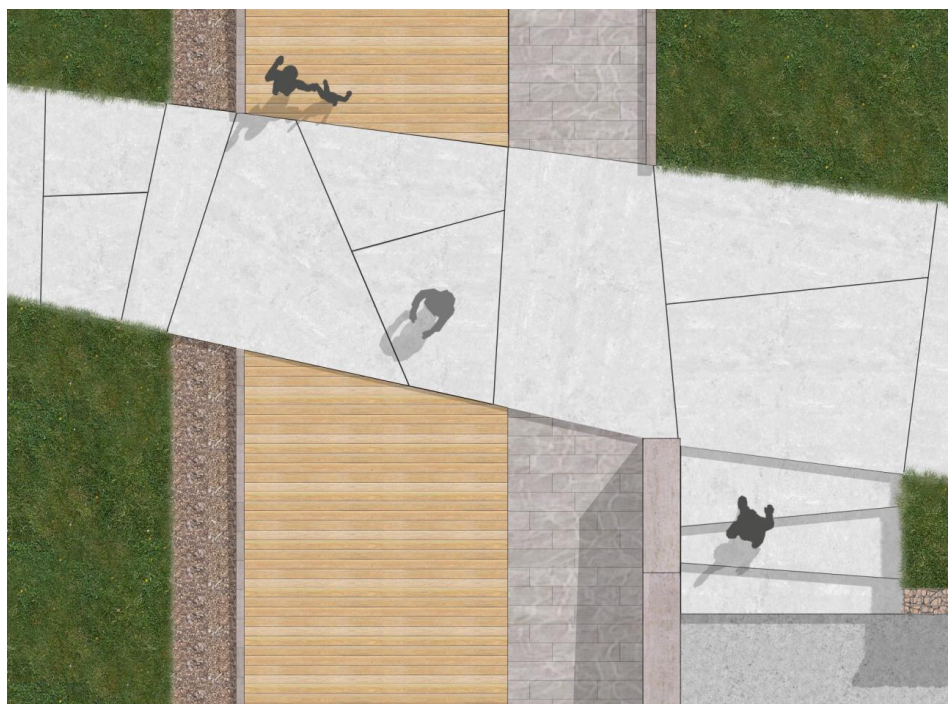


Figura 118 - La prima intersezione tra l'asse longitudinale e il percorso circolare

In particolare sono stati previsti nella zona sud della cava un camminamento che declina dolcemente verso l'acqua, giungendo sino a quota -3 metri, e sul bordo nord della cava una connessione tra il percorso principale e la balza a -4 metri, così da poter raggiungere facilmente la grande terrazza naturale e da qui, scendendo lungo una serie di gradoni scavati direttamente nel marmo, giungere sino all'acqua.

In ogni caso risulta sempre chiara l'impostazione per la quale dalla cava si originano una serie di generatrici circolari, quasi come se nell'acqua fosse stato lasciato cadere un masso da grande altezza.

Sempre in lastroni di cemento bianco è realizzato il percorso carrabile di servizio e approvvigionamento, che dall'angolo ovest conduce sino all'hotel e al ristorante, abbassandosi nel primo tratto sino a quota -1,5 metri, così da nascondere almeno in parte alla vista i mezzi di servizio.

Grande importanza è stata data agli elementi d'arredo del masterplan, che sono stati appositamente concepiti in modo da potersi ben inserire nel contesto di progetto.

Data la volontà di sfruttare come parco la superficie verde del lotto, sono state studiate delle *isole di marmo* come luoghi di socializzazione, sparsi per il parco, costituiti da una semplice lastra in calcestruzzo bianco su cui sono posizionate coppie di panchine in marmo che riprendono le semplici forme stereometriche sfruttate in ogni elemento del progetto. Ogni isola è accompagnata da un albero d'arancio, così da garantire ombra e ristoro agli avventori durante le ore più calde della giornata.

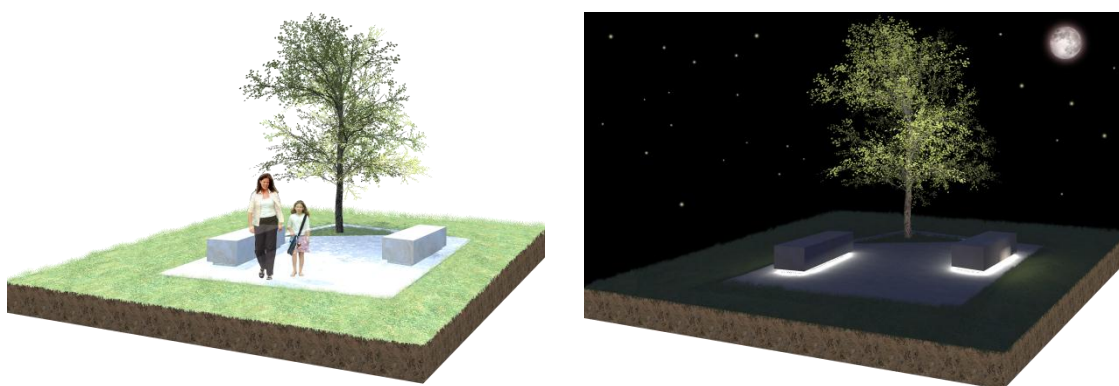


Figura 119 - Marble islands

Durante le ore notturne una calda luce filtra da sotto le sedute, così da creare un suggestivo effetto emozionale all'utenza del parco, permettere un agevole movimento al buio e al contempo limitare il più possibile l'inquinamento luminoso generato dal progetto; sfruttare



un'illuminazione radente la quota di calpestio ed evitare l'utilizzo di lampioni rappresenta un segno di rispetto verso il contesto urbano dove l'opera si inserisce, caratterizzato da un limitatissimo utilizzo di illuminazione notturna.



Figura 120 - Un vicolo di Vila Viçosa di notte

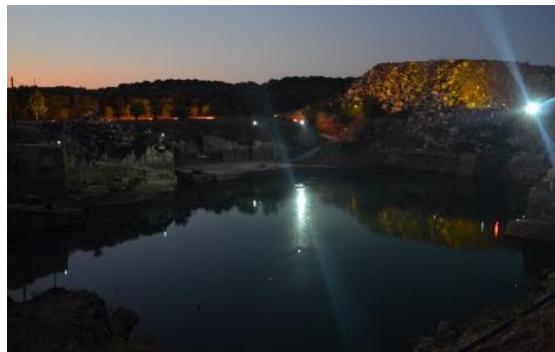


Figura 121 - La cava di notte

Come si nota dunque è il marmo il *fil rouge* che collega ogni elemento di progetto: si presenta sotto forma di sassi nel gabion wall, sfruttato per le chiusure verticali degli edifici e per le *gabion benches*, in blocchi monolitici come elemento d'arredo nelle isole di marmo, in lastre come elemento costitutivo del sistema di oscuramento attivo presente nel link tra hotel e ristorante e come elemento di rivestimento di murature, setti e pavimentazione delle vasche esterne, nonché come elemento costitutivo dei cestini per la spazzatura, accoppiato in questo caso al medesimo legno utilizzato per la pavimentazione del percorso longitudinale.

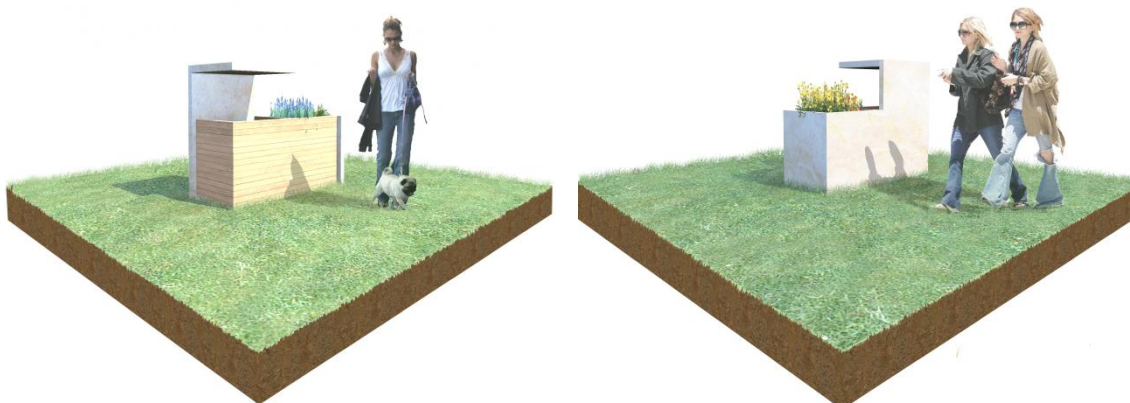


Figura 122 - Cestini per la spazzatura

## 2.5 GLI EDIFICI

Il volume di costruito si divide in tre corpi di fabbrica, due dei quali, il centro benessere ed il ristorante, sono collegati tra loro grazie ad un link sotterraneo.

Dato che gli edifici sfruttano come piani d'imposta i livelli naturali della cava, le quote sulle quali si articolano gli edifici sono tre; la prima è il livello -1, a quota -4,5 metri, che ospita gli spazi espositivi del museo, la zona fitness ed il ristorante; la seconda è il livello 0, dal quale si accede al museo, all'hotel e al bar; mentre la terza è il livello +1, a quota +3,75 metri, che ospita il centro benessere, dal quale poi si può raggiungere la sommità della collina a quota +16 metri.



Figura 123 - I livelli di progetto

### 2.5.1 Il museo



Figura 124 - Il museo: rappresentazione 3D



Figura 125 - La cava oggi

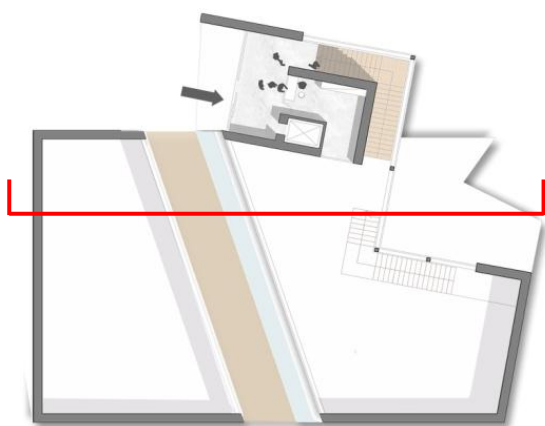


Figura 126 - Museo: livello 0

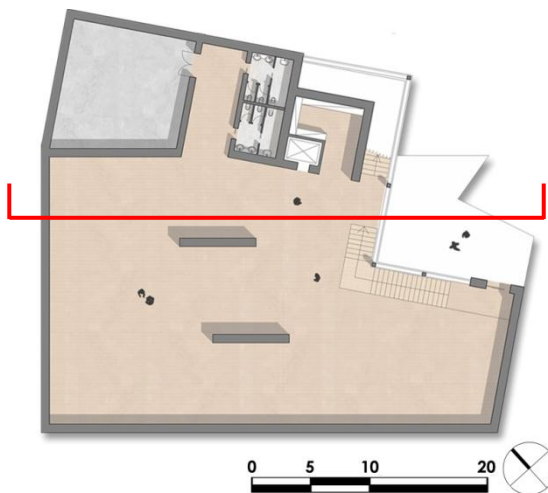


Figura 127 - Museo: livello -1

Come si osserva in figura il museo ospita al livello 0 solo la reception, alla quale si accede dal percorso in legno che taglia lo spazio espositivo sottostante. Una volta entrato, il visitatore raggiunge il piano inferiore scendendo lungo una scala panoramica che si apre verso la cava ed il panorama a est.

Il piano -1 si configura come un grande open space, sfruttabile in modo diverso a seconda



Figura 128 - La terrazza naturale



delle diverse mostre o eventi organizzati dalla committenza; unico punto fisso restano i due setti portanti del camminamento sospeso. Grazie ad una seconda rampa di scale è possibile inoltre scendere di un altro livello e raggiungere una terrazza esterna a quota -8,4 metri, che si affaccia direttamente sull'acqua. Le funzioni risultano così suddivise:

- Reception: 29 m<sup>2</sup>
- Spazi espositivi: 700 m<sup>2</sup>
- Guardaroba: 30 m<sup>2</sup>
- Servizi: 35 m<sup>2</sup>
- Magazzino: 100 m<sup>2</sup>
- Terrazza esterna: 93 m<sup>2</sup>

Alle grandi superfici vetrate che si aprono sulla cava si contrappongono le massicce superfici con finitura in pietra presenti su tutti gli altri affacci, che in accordo al tema del mostrare passo passo piccoli scorci del parco, non permettono al viaggiatore di vedere né il sito di progetto attraverso il museo, né l'interno del museo, almeno fin quando non si trova sul camminamento sospeso.

La pietra utilizzata per le chiusure opache è il medesimo tipo di marmo, ma impiegato in modo

diverso, così da contrapporre al basamento trattato in lisce lastre rosa le più pesanti zone realizzate in gabion wall. Viene quindi riproposto lo stesso contrasto che si osserva nelle cave di marmo: da un lato superfici piane tagliate con il filo diamantato, dall'altro cumuli di massi, detriti e frammenti di marmo.

La parete vetrata che si affaccia sulla cava è invece realizzata con una struttura montanti - traversi, nella quale vengono evidenziati i montanti, che riprendono il ritmo delle travi di copertura che sporgono dall'edificio e reggono il peso del pergolato metallico a protezione della terrazza esterna poggiandosi su tre grossi pilastri cilindrici in acciaio.



*Figura 129 - Contrapposizione liscio - frammentato tipica delle cave di marmo*

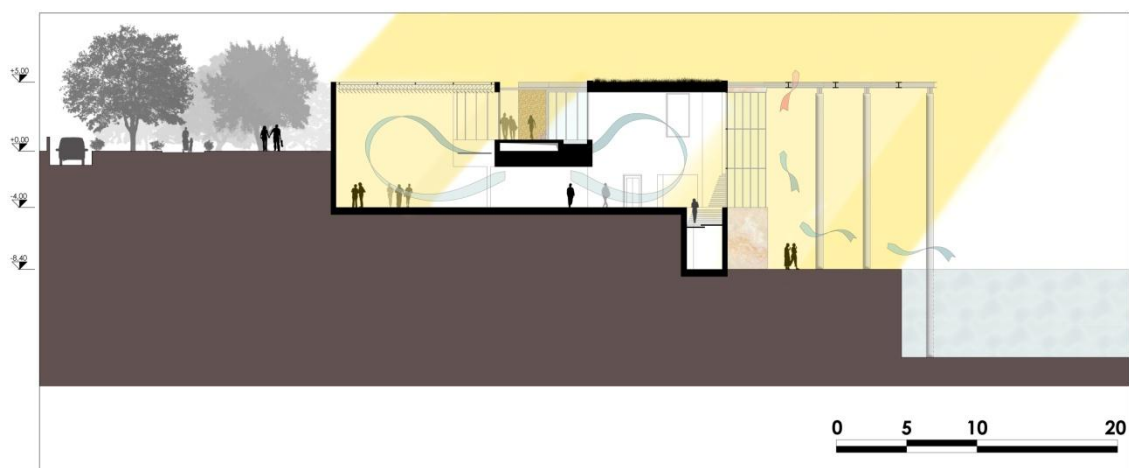


Figura 130 - Sezione ambientale sul museo

Come si osserva in sezione o nel masterplan le superfici trasparenti costituiscono una grossa percentuale delle chiusure del museo; ovviamente avere grandi superfici trasparenti in uno spazio espositivo comporta sia vantaggi che svantaggi: l'obiettivo è riuscire ad ottenere un'illuminazione naturale diffusa sufficientemente intensa da poter permettere, a seconda di ciò che verrà esposto, di soddisfare le esigenze dell'utenza, evitando sgradevoli fenomeni di abbagliamento od elevata intensità luminosa.

Verranno pertanto svolte approfondite analisi illuminotecniche in modo da poter progettare un sistema di oscuramento che abbia un comportamento flessibile a seconda della posizione del sole, dell'ora del giorno, delle condizioni meteorologiche e delle necessità della committenza.

### 2.5.2 L'Hotel

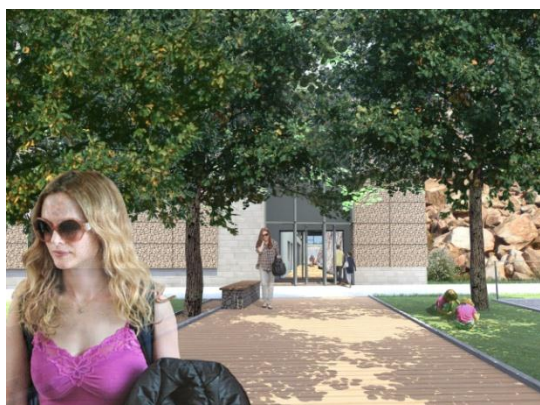


Figura 131 - L'Hotel: rappresentazione 3D



Figura 132 - Il sito di progetto oggi

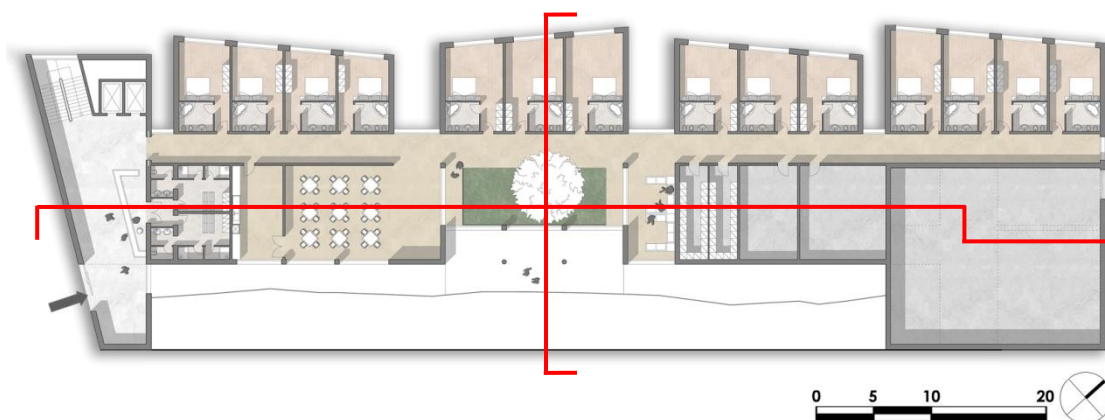


Figura 133 - Hotel: livello 0

Il corpo di fabbrica più grande è quello che ospita al piano terra l'hotel, al piano interrato la zona fitness, e al piano superiore il centro benessere.

L'ingresso avviene al livello 0, dove si accede ad una reception a doppia altezza dalla quale si può proseguire verso le stanze, salire alla SPA, scendere verso la zona fitness, o proseguire nel *viaggio* verso il patio esterno che conduce ad un portico, ad una vasca d'acqua e ad una cascata.

Al piano terra un lungo corridoio distributivo serve da un lato 14 camere, tutte affacciate verso ovest, e dall'altro una serie di locali di servizio. Le stanze hanno dimensione media di 35 m<sup>2</sup>, sono tutte dotate di letto matrimoniale e bagno con vasca idromassaggio, in considerazione del fatto che l'utenza del centro benessere sarà costituita prevalentemente da coppie in vacanza. Sul lato opposto del corridoio, oltre ai locali impianti, ai magazzini per la biancheria, ai locali staff e alla reception, sono posizionate una piccola cucina e una sala colazioni, dato che

per pranzi e cene si suppone venga sfruttato il ristorante, collegato all'hotel grazie al corridoio interrato.

Sono presenti inoltre quattro uscite di servizio vetrate verso ovest, che oltre a dare ritmo al prospetto portano aria e luce all'altrimenti cupo e lungo corridoio centrale, che si configura come un lungo cannocchiale prospettico convergente verso la porta vetrata sul fondo, dalla quale è possibile uscire nel cortile a nord.

È stato poi previsto come zona relax un giardino interno a doppia altezza, dotato di copertura trasparente così da aumentare ulteriormente la luminosità presente negli spazi distributivi. Dal giardino è possibile uscire nel patio esterno per rilassarsi, leggere un libro o prendere il sole accompagnati solamente dallo scroscio della cascata sullo sfondo.



Figura 134 - Sezione trasversale in corrispondenza del giardino interno



Figura 135 - Sezione longitudinale

Le funzioni al piano terra risultano così suddivise:

- Reception:	90 m <sup>2</sup>
- Cucina:	35 m <sup>2</sup>
- Sala colazioni:	100 m <sup>2</sup>
- Giardino interno:	115 m <sup>2</sup>
- Zone relax:	33 m <sup>2</sup>
- Stanze:	520 m <sup>2</sup>
- Magazzino:	140 m <sup>2</sup>
- Patio esterno:	150 m <sup>2</sup>

Anche qui, come avviene nel museo, si contrappongono le grandi superfici vetrate delle stanze dell'albergo alla parete piena soprastante, che chiude completamente la SPA verso ovest. Il contrasto viene sottolineato ulteriormente dai materiali utilizzati: al piano terra le stanze sono finite ad intonaco bianco, mentre il piano superiore è realizzato in gabion wall.

Le stanze vengono in realtà concepite come dei corpi secondari, innestati sulla stecca principale rappresentata dalla sagoma della SPA al piano superiore, fatto evidenziato dalla minore altezza di queste rispetto al resto dell'edificio e dalla differente copertura, realizzata in ghiaia e non con la tecnologia del tetto verde.

### 2.5.3 La SPA



Figura 136 - La collina: rappresentazione 3D



Figura 137 - La collina oggi

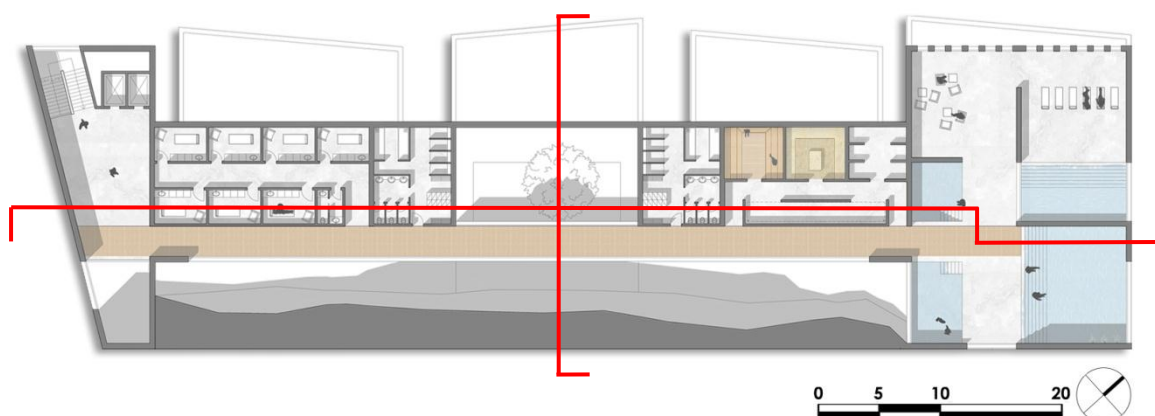


Figura 138 - Centro benessere: livello +1

Il piano superiore dell'edificio, dedicato interamente ai servizi SPA, riprende e sottolinea lo stampo longitudinale che è stato dato sia a tutto il progetto che al corpo di fabbrica in esame, riproponendo un lungo corridoio pavimentato in legno, che conduce sino all'ultima tappa del *viaggio di esperienze*.

I primi locali a cui è possibile accedere sono le stanze trattamenti - massaggi, di modo che possa essere lasciata la possibilità di usufruire unicamente di tali servizi, senza entrare in contatto con le aree bagnate e soprattutto senza pagare un biglietto completo, lasciando alla committenza la libertà di gestire gli accessi proponendo tariffe e costi diversi.

Proseguendo si giunge agli spogliatoi, separati tra loro da una grande apertura sul giardino interno dell'hotel; è proprio qui, su un camminamento sospeso chiuso tra due pareti vetrate, che l'utente, che fino ad ora ha percepito un contatto diretto solo con la pietra, può vivere



anche uno stretto rapporto con il verde e gli alberi piantati nella zona relax al piano sottostante.

Subito dopo gli spogliatoi trovano posto la sauna, il bagno turco e le docce scozzesi, di fronte alle quali sono posizionate le docce, necessarie tra due successivi trattamenti, che assumono anche la funzione di quinta di protezione, creando un ambiente più intimo e raccolto per coloro che vogliono far esperienza di sauna, bagno turco o docce scozzesi.

### **La sauna finlandese**

Nata in Finlandia, dove veniva praticata già nel 1100, la sauna si svolge solitamente all'interno di un locale in legno dove alcune resistenze o bruciatori portano la temperatura tra gli 80 ed i 100°C. Oltre ad essere molto calda, l'aria contenuta all'interno del box è anche secca perché contiene una percentuale di umidità molto bassa (10-20%). Il nostro corpo reagisce all'elevata temperatura dilatando i pori dell'epidermide ed aumentando la sudorazione per favorire la dispersione di calore.



*Figura 139 - La sauna finlandese*

La sauna ha diversi effetti benefici, in primo luogo favorisce la circolazione: lo sbalzo di temperatura migliora il sistema circolatorio centrale e periferico, grazie al fatto che il calore causa la dilatazione dei vasi sanguigni ed un rapido aumento delle pulsazioni cardiache.

Favorisce inoltre una profonda pulizia della pelle grazie all'eliminazione delle tossine attraverso la sudorazione, ha poi un effetto tonificante e rilassante e riduce lo stress: l'aumento della temperatura corporea ha effetti benefici sulla muscolatura, che si rilassa e diminuisce la sua tensione.

La sauna può anche avere effetti psico-terapeutici e combattere dolori, ansia e depressione favorendo il senso di rilassatezza e serenità. Non ha effetti sul dimagrimento ma l'aumento della circolazione sanguigna e lo smaltimento di tossine può favorire indirettamente la riduzione dell'adiposità soprattutto in zone colpite da cellulite.

Il tempo di permanenza nella sauna può variare dai 10 ai 15 minuti, tuttavia prima di iniziare la seduta è opportuno fare una doccia abbastanza calda per dilatare preventivamente i pori ed abituarsi alle alte temperature della stanza.

Al termine della seduta si utilizza di nuovo la doccia; è poi possibile ripetere il percorso.

Terminato il trattamento, per riabituare il fisico alla temperatura ambiente, è bene indossare un accappatoio ed asciugare il sudore con un asciugamano.

Dato che la vasodilatazione provoca una diminuzione della pressione arteriosa è opportuno alzarsi in piedi lentamente e una volta usciti sdraiarsi per qualche minuto sopra un lettino.

Infine è consigliabile reintegrare i sali minerali persi con il sudore assumendo bevande, tisane, succhi di frutta e verdura, che si potranno trovare proseguendo lungo il percorso SPA.

Come avviene per le linee che descrivono le forme degli edifici e dei locali, anche nell'arredo interno sono stati evitati tratti curvi, ai quali sono stati preferiti semplici tratti rettilinei, evidenziati dalla listellatura in abete che ricopre tutte le superfici della stanza.

La suggestiva illuminazione dall'alto, insieme a bassa musica di sottofondo, concorre a creare un ambiente intimo e confortevole per tutti coloro che vorranno soffermarsi nella sauna.

### Il bagno turco

Dopo la caduta dell'impero romano, gli arabi ripresero la tradizione dei bagni riscaldati delle terme romane con dei bagni, chiamati "hammam" (dall'arabo: *scaldare*), più piccoli e con una procedura di balneazione più semplice. Nelle terme romane, dopo l'attività

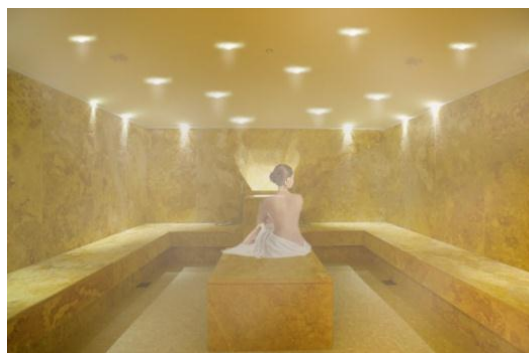


Figura 140 - Il bagno turco

fisica, si entrava nel tepidarium, poi nel calidarium ed infine nel laconicum, la stanza

finale più calda, riscaldata con aria secca ad altissima temperatura; infine, dopo la pulizia del corpo e i massaggi, si faceva una nuotata nella piscina del frigidarium.

Nella tradizione araba il ciclo si è ridotto: l'hammam è formato essenzialmente da tre sale in cui ci si lava, una sala è molto calda, una è tiepida e l'ultima è fresca; si inizia di solito dalla sala più calda. Alla fine del ciclo è possibile sottoporsi a massaggi.

Nelle SPA odierne spesso il ciclo viene ulteriormente ridotto, ed è presente un'unica stanza chiusa, dove l'umidità relativa è molto alta (dal 90 al 100%). La temperatura interna varia dai 40 ai 60°C ed aumenta procedendo dal basso verso l'alto.

La sudorazione è meno intensa che in un ambiente molto caldo e secco come la sauna, ma dato che la permanenza è più prolungata, il risultato finale spesso è che la quantità di sudore traspirato è superiore.

Il bagno turco ha diversi effetti benefici, innanzitutto favorisce la circolazione: il primo effetto del calore è infatti la dilatazione dei vasi sanguigni.

Favorisce inoltre una profonda purificazione della pelle, dato che quando in un ambiente il contenuto di vapore è superiore alla quantità d'acqua presente nell'epidermide, si forma sulla pelle uno strato di umidità che apporta calore al corpo. Il calore provoca l'apertura dei pori con relativo aumento della sudorazione; l'epidermide appare così più luminosa, elastica e morbida in quanto con il sudore si eliminano numerose tossine e si stimola il rinnovamento cellulare. A tale scopo può essere utile asportare le cellule morte tramite massaggio con guanto di crine.

Il bagno turco ha poi un effetto tonificante e rilassante, e riduce lo stress: il sistema nervoso viene aiutato a combattere la tensione quotidiana.

La seduta avviene solitamente in due tempi: dapprima si entra nella stanza ricca di vapore acqueo riscaldato, dove si sosta per circa 15 minuti, dopodiché si esce e si utilizzano le docce posizionate all'esterno del locale.

È possibile ripetere più volte il percorso a cui seguirà una fase di ulteriore relax di almeno 20 minuti e un massaggio conclusivo.

Come avviene per la sauna, anche in seguito al bagno turco è necessario sempre reintegrare i liquidi persi tramite bevande, tisane, succhi di frutta o verdure.

L'arredo del bagno turco riprende quello dell'adiacente sauna, riproponendo una suggestiva illuminazione dall'alto, ma si avvicina anche a ciò che l'avventore troverà nella zona vasche terminale: la pavimentazione è in lastre di marmo, come anche le pareti, le sedute perimetrali e quella centrale.

### La doccia scozzese

Alcune fonti suggeriscono che il termine "doccia scozzese" può essere fatto risalire al clima notoriamente volubile della Scozia. Una doccia scozzese è descritta come una serie di brevi acquazzoni che si verificano per giorni e giorni.

Allo stesso modo una moderna doccia scozzese è un trattamento idroterapico che consiste in un'alternanza di docce calde e fredde; il termine doccia è in realtà inesatto, in quanto tradizionalmente il trattamento è concepito come una serie di getti d'acqua che escono da ugelli dal diametro di pochi centimetri. A oggi tuttavia si tende ad associare il trattamento originale a docce tropicali, aromaterapia o cromoterapia, pertanto nel medesimo vano doccia sono presenti sia gli ugelli sui lati che il soffione a soffitto, corredato da illuminazione led così che, grazie a suggestivi giochi di luci e colori, non solo il corpo ma anche la sfera emozionale venga coinvolta nel trattamento.



Figura 141 - Soffioni doccia per cromoterapia

Il trattamento prevede l'esecuzione di docce con alternanza di getti caldi (38°C - 40°C) della durata di circa 2 minuti, e getti freddi (18°C circa) della durata di 20 secondi circa, con lo scopo di stimolare l'apparato circolatorio. I getti d'acqua vengono passati sul corpo dal basso verso l'alto; il tempo impiegato nella fase di salita è sempre maggiore di quello impiegato nella fase di discesa.

La durata di ogni applicazione è di circa tre minuti, ma può variare in relazione ai parametri fisici della persona e alla temperatura impiegata. Il grado di caldo e di freddo che si utilizza dipende dal proprio livello di sopportazione.

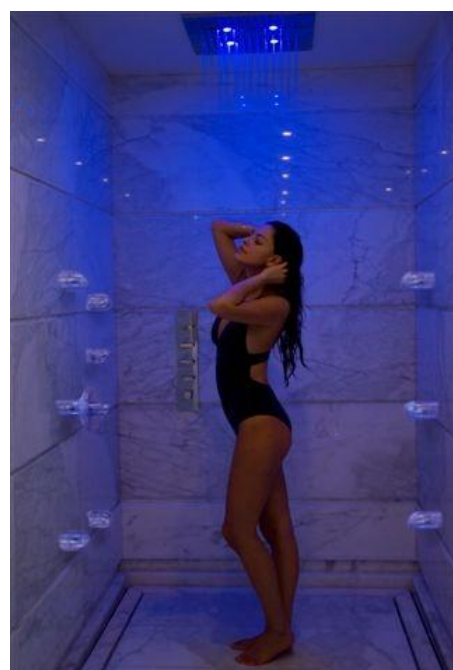


Figura 142 - La doccia scozzese

La doccia scozzese ha allo stesso tempo un effetto rilassante e calmante. Si tratta di una vera e propria palestra per il corpo in quanto ha un'azione stimolante sui tessuti, favorisce la circolazione, conserva l'elasticità della pelle e aiuta a combattere la cellulite.

Come già detto oltre al semplice trattamento a getti alternati di acqua calda e fredda, è stata prevista l'integrazione con aromaterapia e cromoterapia, rendendo possibile ricreare suggestivi ambienti con nebbia fredda agli aromi con effetto rinfrescante sulla pelle, piogge tropicali o getti a cascata che agiscono sulla cervicale decontraendo la muscolatura e donando sollievo.

In linea con lo stile di progetto, anche il vano doccia è caratterizzato da linee rette, superfici piane e volumi semplici e puliti, mentre come materiale, sia per le pareti verticali che per la pavimentazione, vengono sfruttate le medesime lastre di marmo che si trovano nella pavimentazione della zona vasche.

Il *viaggio di esperienze* prosegue oltre i tre piccoli locali e conduce ad un'ultima grande stanza, nella quale sono presenti tre vasche, tutte profonde 1,2 m, a differenti temperature. Due piccole piscine, a temperatura 40°C e 30°C, sono posizionate ai lati del percorso subito dopo l'ingresso alla grande stanza. Una, più intima, è chiusa su due lati da setti murari, l'altra invece si affaccia sul patio esterno dell'hotel, lasciando entrare una grande quantità di luce attraverso un'ampia finestra orientata a sud.



Figura 143 - La zona vasche

La vasca principale, a temperatura 33°C, si apre verso il panorama della Tapada Real, e accoglie al suo interno aree idromassaggio e aree con colli di cigno per il massaggio muscolare. Un setto murario e una parete in vetro separano la vasca da un zona relax, più piccola e silenziosa, con annessa un'altra vasca a temperatura 33°C. Adiacente alla zona relax è prevista un'area di ristoro con tisane e bevande che si affaccia, grazie a dodici piccole finestre da 90 x 90 cm, verso il suggestivo paesaggio a ovest.

Come avviene per i rivestimenti esterni, anche negli interni i materiali utilizzati provengono dal contesto in cui si opera: al marmo in blocchi utilizzato per le pareti verticali si contrappone quello in lastre sfruttato per la pavimentazione sia dei camminamenti sia delle vasche.

Il soffitto, dal quale in corrispondenza del camminamento in legno entra luce attraverso una serie di fessure trasversali, viene invece alleggerito grazie ad una finitura in intonaco bianco.

Le superfici destinate alle diverse funzioni del centro benessere risultano così suddivise:

- Spogliatoi staff:	54 m <sup>2</sup>
- Spogliatoi uomini:	52 m <sup>2</sup>
- Spogliatoi donne:	52 m <sup>2</sup>
- Trattamenti e massaggi:	150 m <sup>2</sup>
- Sauna finlandese:	21 m <sup>2</sup>
- Bagno turco:	21 m <sup>2</sup>
- Doccia scozzese:	21 m <sup>2</sup>
- Area relax:	80 m <sup>2</sup>
- Area tisane:	50 m <sup>2</sup>
- Piscine interne:	200 m <sup>2</sup>
- Piscine esterne:	50 m <sup>2</sup>

Il percorso prosegue poi all'esterno, risalendo la collina sul lato nord fino alla cima a quota +16 metri, dove si conclude in una grande vasca a sfioro orientata verso la Tapada Real. Il percorso, sempre in legno in accordo al concept di progetto, si snoda sinuoso attraverso un verde giardino caratterizzato da piante, fiori, piscine con giochi d'acqua, vasche e belvedere sull'orizzonte.



*Figura 144 - Il percorso esterno oggi*

La prima vasca che si incontra una volta usciti dall'edificio è una vasca profonda 75 centimetri, dalla quale si può godere di una magnifica vista sul paesaggio a nord stando sdraiati o facendosi massaggiare dai forti getti d'acqua spruzzati da quattro alti totem in pietra.





Figura 145 - I totem: sezione longitudinale



Figura 146 - I totem: sezione trasversale

Proseguendo il sentiero si divide, da un lato conduce ad una vasca idromassaggio profonda 75 cm rivolta a est, dall'altro porta ad una vasca Kneipp incastonata nella collina.

### La vasca Kneipp

Il nome deriva da una terapia sviluppata nel secolo scorso da padre Sebastian Kneipp (1821-1897) che introdusse come tecnica di idroterapia un percorso vascolare effettuato in una particolare vasca, lunga e stretta, divisa in due parti: la prima con acqua calda, la seconda con acqua fredda, entrambe profonde 70 - 80 centimetri.

Il trattamento consiste nel camminare alternativamente per diverse volte nelle due vasche.

L'acqua calda determina la dilatazione dei vasi sanguigni mentre l'acqua fredda causa un restringimento dei vasi. L'alternanza di vasodilatazione e vasoconstrizione costituisce una vera e propria ginnastica vascolare.

Il massaggio naturale esercitato sulle gambe dalla pressione dell'acqua favorisce inoltre il miglioramento della circolazione sia venosa che linfatica, e infine camminare ripetutamente da una vasca all'altra, salire e scendere i gradini del percorso, mette in moto una cosiddetta "pompa muscolare": i muscoli degli arti inferiori, contraendosi e rilasciandosi, spremono i vasi facilitando il ritorno venoso e riattivando così la circolazione sanguigna.

Ulteriore beneficio fisico è dato dalla pavimentazione della vasca, realizzata in ghiaia, che oltre a stimolare la circolazione sanguigna garantisce un piacevole massaggio plantare.

Il setto di separazione tra le due sezioni della vasca è realizzato con la stessa tecnologia sfruttata per la realizzazione di tutti i muri di contenimento del percorso sulla collina, ossia in piccoli blocchi di marmo annegati in una matrice di calcestruzzo. Un foro nel setto, schermato da un velo d'acqua, permette di intravedere l'orizzonte anche quando si sta percorrendo il segmento più arretrato.



Figura 147 - La vasca Kneipp: sezione longitudinale



Figura 148 - La vasca Kneipp: sezione trasversale

Il percorso prosegue poi fino ad arrivare ad una vasca d'acqua che, richiamando il contesto delle cave di marmo e le modalità di estrazione dei blocchi, viene concepita come un foro cubico con la faccia inferiore inclinata, come se fosse stata scavata nella viva roccia dall'azione del filo diamantato.

La vasca viene inserita sotto la collina, in modo da creare un ambiente intimo e poco luminoso, dove le persone possano rilassarsi protette dalla vista e dalla luce solare grazie ad una cascata, che assume anche la funzione di barriera acustica e garantisce all'utente un totale distacco dalla realtà che lo circonda.



Figura 149 - Concept: la cava



Figura 150 - La cava: sezione longitudinale



Figura 151 - La cava: sezione trasversale

Il percorso all'esterno termina sulla sommità della collina dove, immersi in una vasca a sfioro profonda 1,2 metri e protetti verso sud da alberi e cespugli, è possibile godere per un'ultima volta del magnifico panorama che circonda il sito di progetto, partendo dalla città a est, passando per le lontane montagne di detriti sovrastate dalle metalliche gru derrick a ovest, fino ad arrivare alla selvaggia Tapada Real a nord.



*Figura 152 - La vasca a sfioro affacciata verso lo splendido panorama della Tapada Real*

### 2.5.4 La zona fitness

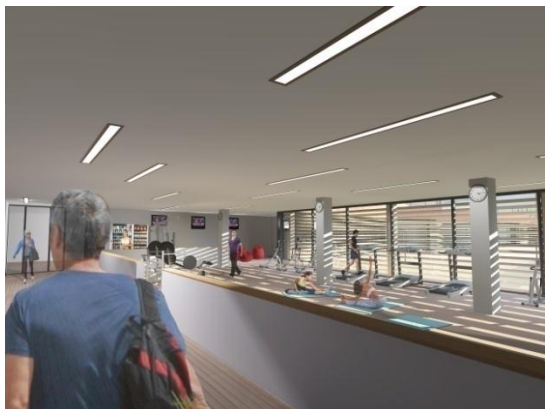


Figura 153 - Zona fitness: rappresentazione 3D

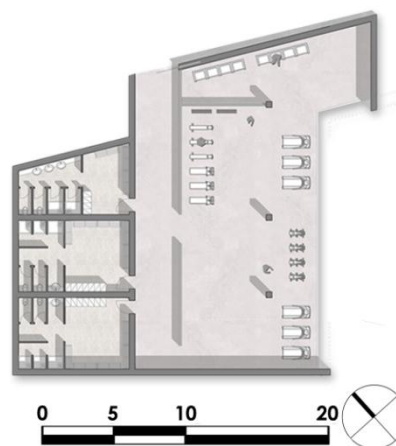


Figura 154 - Zona fitness: livello -1

La zona fitness è concepita come un elemento a sè stante innestato sul percorso in legno che caratterizza tutto il progetto; per raggiungerla è comunque necessario passare attraverso la reception dell'hotel dove, dopo aver pagato l'ingresso, sarà possibile scendere di un piano e poter usufruire dei servizi offerti dalla piccola palestra.

L'area viene concepita come un open space, nel quale trovano posto svariate tipologie di macchine per lo sport, dai tapis roulant alle panche per il sollevamento pesi, ma dove è anche prevista un'area relax e ristoro, di modo che la gente possa riposarsi senza intralciare coloro che si stanno allenando.

Un basso divisorio separa l'area sport dall'area di servizio, dove trovano posto gli spogliatoi per uomini e donne, e un locale spogliatoio comune per lo staff.

Le funzioni della zona fitness risultano così suddivise:

- Spogliatoi staff: 30 m<sup>2</sup>
- Spogliatoi uomini: 38 m<sup>2</sup>
- Spogliatoi donne: 38 m<sup>2</sup>
- Area palestra 170 m<sup>2</sup>
- Area relax 50 m<sup>2</sup>

L'affaccio diretto sulla cava, o più precisamente sulla balza naturale a quota -4 metri, viene protetto grazie ad una serie di brise soleil in lamelle di marmo orizzontali, realizzati con la tecnologia Active Shading che verrà in seguito illustrata.

Stessa tipologia di protezione viene applicata al corridoio interrato che congiunge l'hotel al ristorante, nel quale le nicchie formatesi grazie allo sfaccettarsi della parete vetrata e la protezione visiva e solare garantite dall'Active Shading aggiungono al connettivo la funzione di zona relax alla semplice funzione distributiva.



### 2.5.5 Il bar - ristorante



Figura 155 - Il bar - ristorante: rappresentazione 3D



Figura 156 - Il sito di progetto oggi

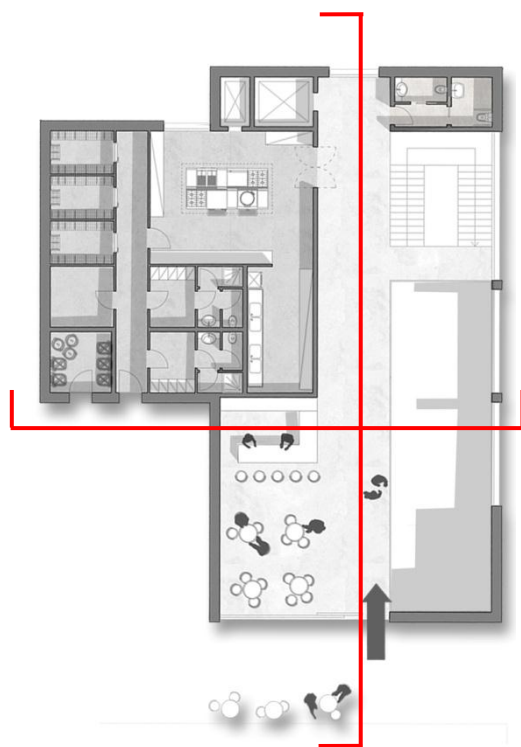


Figura 157 - Il bar: livello 0

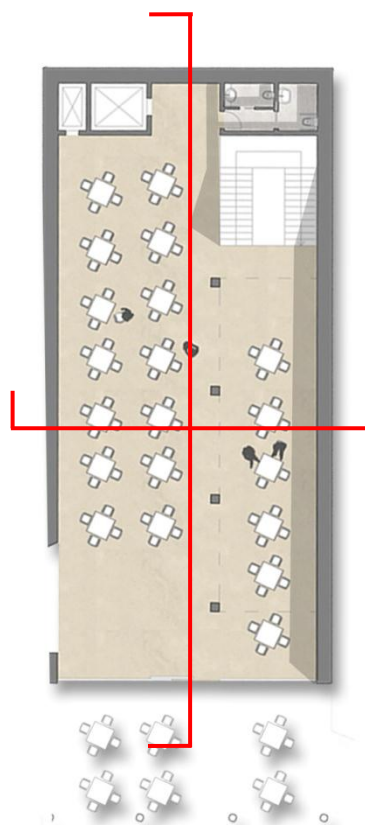


Figura 158 - Il ristorante: livello -1







Le funzioni all'interno dell'edificio risultano così suddivise:

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| - Spogliatoi staff:      | 25 m <sup>2</sup>  |
| - Cucina:                | 100 m <sup>2</sup> |
| - Bar:                   | 80 m <sup>2</sup>  |
| - Ristorante coperto:    | 280 m <sup>2</sup> |
| - Ristorante all'aperto: | 90 m <sup>2</sup>  |

Per quanto riguarda le tecnologie, l'approccio utilizzato è il medesimo di quanto fatto per gli altri edifici: il corpo principale ha il basamento in lastre di marmo e il resto delle facciate in gabion wall, la copertura è un tetto verde, e il pergolato sporgente sulla balza della cava è realizzato in elementi metallici, sostenuti da quattro grossi pilastri in acciaio.

La cucina viene considerata, in modo analogo alle stanze dell'hotel, un corpo estraneo, addossato al corpo principale, pertanto la finitura delle pareti è in intonaco bianco e la copertura è costituita da un semplice strato impermeabilizzante zavorrato con ghiaia.

### **2.5.6 Il parcheggio**

Il parcheggio, posizionato a ridosso della strada di accesso al lotto, sul lato sud del sito di progetto, come già detto segue l'approccio soft generale, pertanto sono stati evitati sistemi di schermatura artificiale, preferendo sfruttare elementi naturali per proteggere le automobili sia alla vista che al grande irraggiamento solare.

L'area è stata dunque ribassata di 50 centimetri rispetto alla quota 0, e sono state previste una folta cintura verde sul lato nord ed un filare di aranci sul lato sud. Al centro del parcheggio è previsto un ulteriore filare di aranci atto a proteggere dal sole le auto parcheggiate.

L'accesso al parcheggio avviene dalla strada principale, ed è riservato solo all'utenza di museo, hotel, SPA, zona fitness e ristorante; coloro che vogliono godere solo del parco possono trovar parcheggio nelle zone limitrofe all'intervento, essendo comunque Vila Viçosa una cittadina molto poco trafficata.

Anche coloro che accedono al parco passando attraverso il parcheggio godranno in ogni caso del medesimo effetto sorpresa che caratterizza il primo step del *viaggio di esperienze*: per poter vedere la cava è infatti necessario entrare e superare la cintura di diverse specie vegetali.

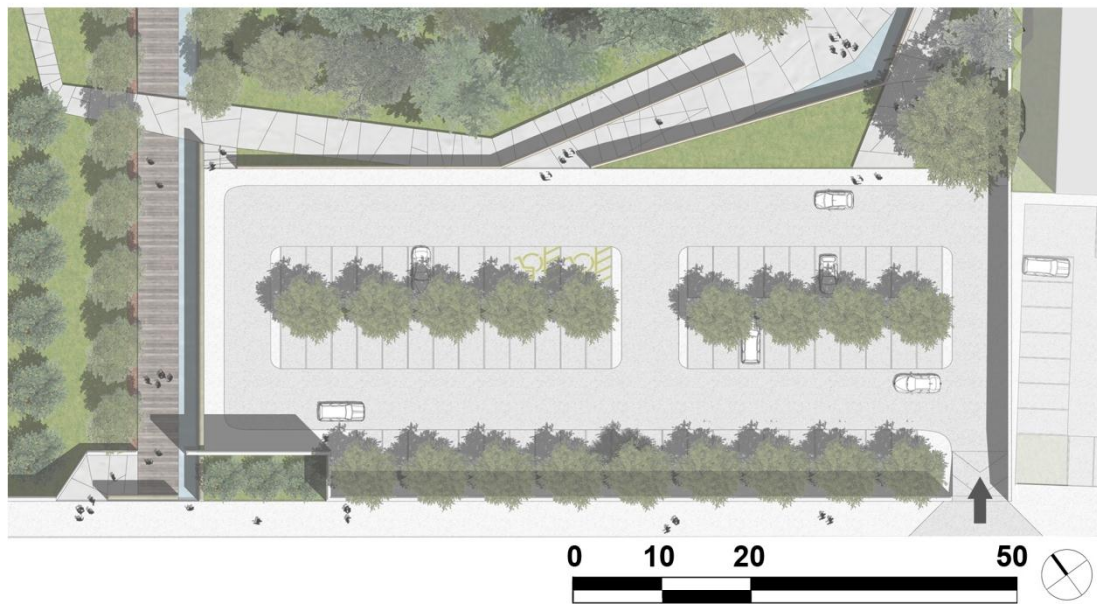
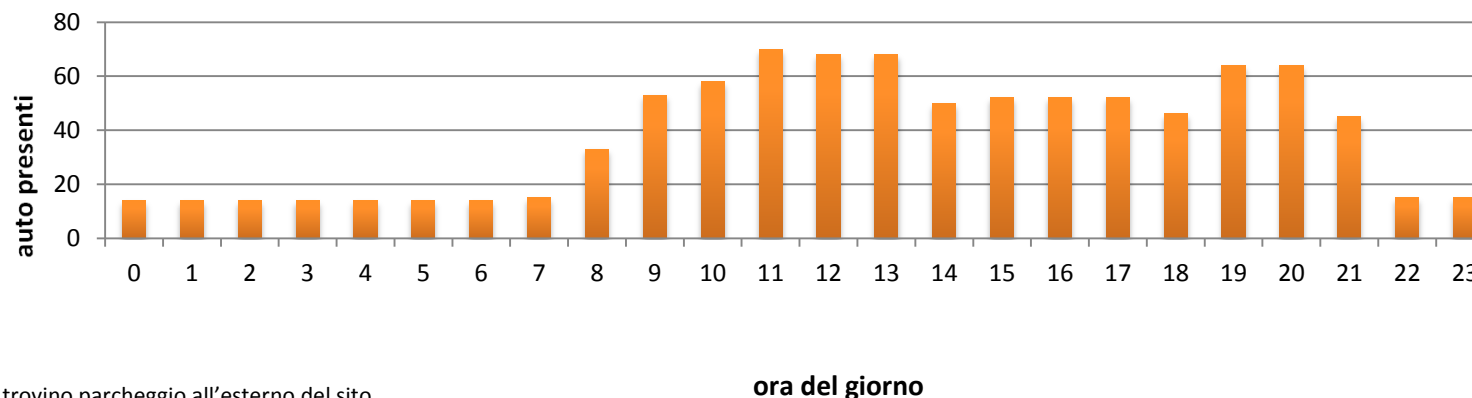


Figura 161 - Il parcheggio

Il parcheggio è stato dimensionato valutando il numero massimo di persone che potrebbero trovarsi contemporaneamente all'interno del lotto; ne sono risultati 67 posti auto, di cui due riservati ai portatori di handicap, seguendo lo schema di calcolo riportato in tabella.

		ora del giorno																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
STAFF	reception museo									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
	sorveglianza museo									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
	cucina ristorante											5	5	5	5					5	5	5	5		
	camerieri ristorante												3	3	3					3	3	3	3		
	barman										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	reception hotel									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	manutenzione							1	1	1	1														
	staff zona fitness								2	2	2	2					2	2	2	2					
	locali trattamenti e massaggi SPA									4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
UTENZA	visitatori museo								10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
	visitatori parco	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	utenti bar	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	utenti ristorante											10	10	10							20	20	20		
	utenti camere da letto hotel	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	utenti SPA esterni all'hotel									15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
<b>totale auto presenti</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>53</b>	<b>58</b>	<b>70</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>46</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	



\* I visitatori del parco si prevede trovino parcheggio all'esterno del sito  
 \*\* Il numero di utenti del bar viene considerato lo stesso dei visitatori del parco o comunque incluso nel numero di persone rappresentanti l'utenza delle altre attività

## **3. RIFERIMENTI**

### 3. RIFERIMENTI

#### HAUS 9x9 - TITUS BERNHARD ARCHITEKTEN

**Anno di realizzazione:** 2002 - 2003

**Localizzazione:** 48°21'52.91"N 10°50'37.44"E

**Descrizione del progetto ed elementi ripresi:**

Situato a Stadtbergen, una comunità suburbana di Augusta, l'edificio è stato costruito a fronte di notevoli resistenze da parte delle autorità edilizie comunali locali.

L'abitazione, che si sviluppa su due piani, è stata concepita come un gesto artistico e come dichiarazione contro lo stagnante e poco innovativo stile di progettazione del luogo.



*Figura 162 - Vista diurna e notturna dell'abitazione: lato ingresso*



*Figura 163 - Vista diurna e notturna dell'abitazione: lato cortile*



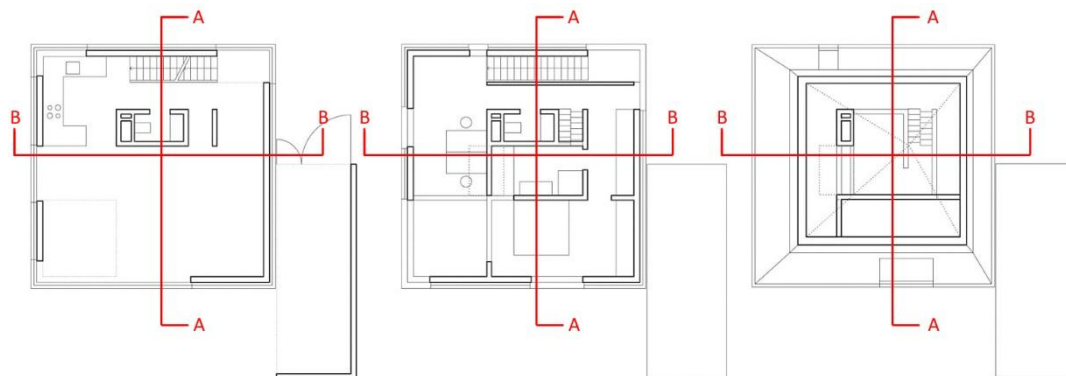


Figura 164 - Pianta piano terra, primo e copertura

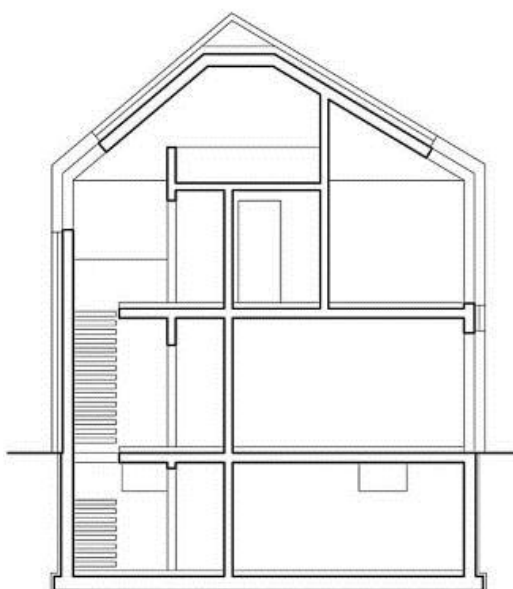


Figura 165 - Sezione AA

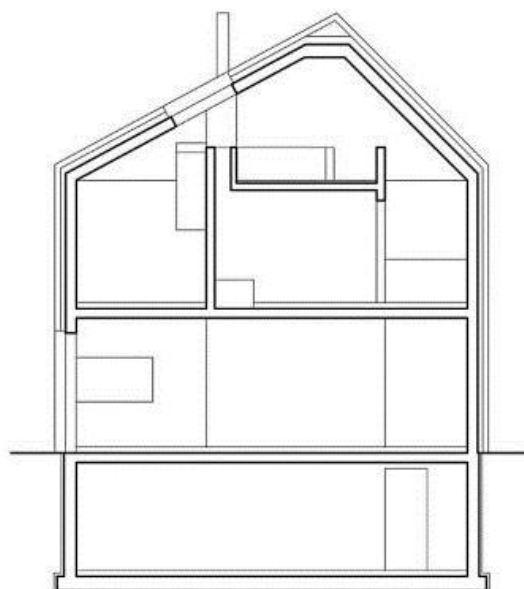


Figura 166 - Sezione BB

Su un lotto quadrato di 9x9 metri, la pianta si sviluppa su due piani in una sequenza aperta di stanze, dove al pian terreno trovano posto il soggiorno, la sala da pranzo e la cucina, e al piano primo sono presenti uno studio, la stanza da letto e il bagno, mentre sotto la copertura piramidale asimmetrica trova posto una zona lettura.

La bianca, semplice, luminosa e pulita



Figura 167 - House 9x9: vista all'interno

concezione degli interni, realizzati in intonaco di gesso, contrasta con il ruvido involucro esterno, realizzato mediante la tecnologia del gabion wall.

Sebbene l'abitazione sia di piccole dimensioni, un sapiente utilizzo di coni prospettici e raggi visuali garantisce una costante percezione di tutti i locali, così da creare nell'inquilino la sensazione di vivere all'interno di un unico, grande ed arioso ambiente.

L'edificio unisce a forti rivendicazioni estetiche ed architettoniche una consapevolezza tecnologica che si esplicita nel concept di progetto: per la prima volta infatti la tecnologia del gabion wall non viene sfruttata per realizzare strutture portanti, ma per costruire una facciata appesa, svincolata dal sottostante guscio isolato e sigillato e concepita come un carico fissato alla struttura portante.

L'intero involucro interno viene realizzato in calcestruzzo, e quindi termoisolato dall'esterno e reso idrofugo grazie ad una membrana impermeabilizzante, così da evitare qualsiasi tipo di canale di gronda a vista.

La pelle esterna è stata realizzata posando in opera 365 gabbioni in acciaio zincato di dimensioni 100x50x12 cm elettrosaldati a traliccio, nei quali sono state posizionate a mano, secondo precise prescrizioni della committenza, ben 40000 pietre grezze del tipo "dolomia della valle di Almühl".

Ogni gabbia pesa 80 kg e può essere rimossa manualmente, e nell'insieme garantiscono una



Figura 169 - House 9x9: vista dall'interno



Figura 168 - House 9x9: vista dall'interno

massa termica pari a 28 tonnellate, che agisce in modo molto positivo sul flusso termico sia in stagione estiva che invernale, garantendo condizioni di comfort all'interno dei locali a fronte di una ridotta spesa in termini energetici.

Le gabbie vengono fissate alla parete interna in calcestruzzo armato spessa 22 centimetri grazie ad un sistema di ancoraggio metallico costituito da una lamiera di acciaio piegata di 3 mm di spessore e profili verticali Halfen. Le guide verticali vengono fissate puntualmente al muro di calcestruzzo con una piastra in acciaio di dimensioni 140x70x10 mm, saldata ad una piastra di acciaio di dimensioni 200x150 mm annegata nel getto.

Il sistema di fissaggio permette di ottenere un'intercapedine nella quale viene collocato uno strato continuo di isolamento termico in schiuma rigida di polistirene estruso spessa 14 cm sopra un manto di impermeabilizzazione in mastice bituminoso. L'effetto finale è un suggestivo e regolare effetto di facciata, dove a fronte dell'irregolarità di ogni singola gabbia, si legge un ordine d'insieme evidenziato dal regolare reticolo di giunti verticali ed orizzontali.



Figura 170 - Fasi esecutive

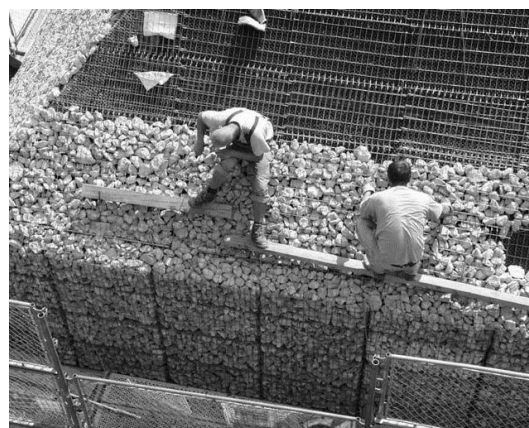
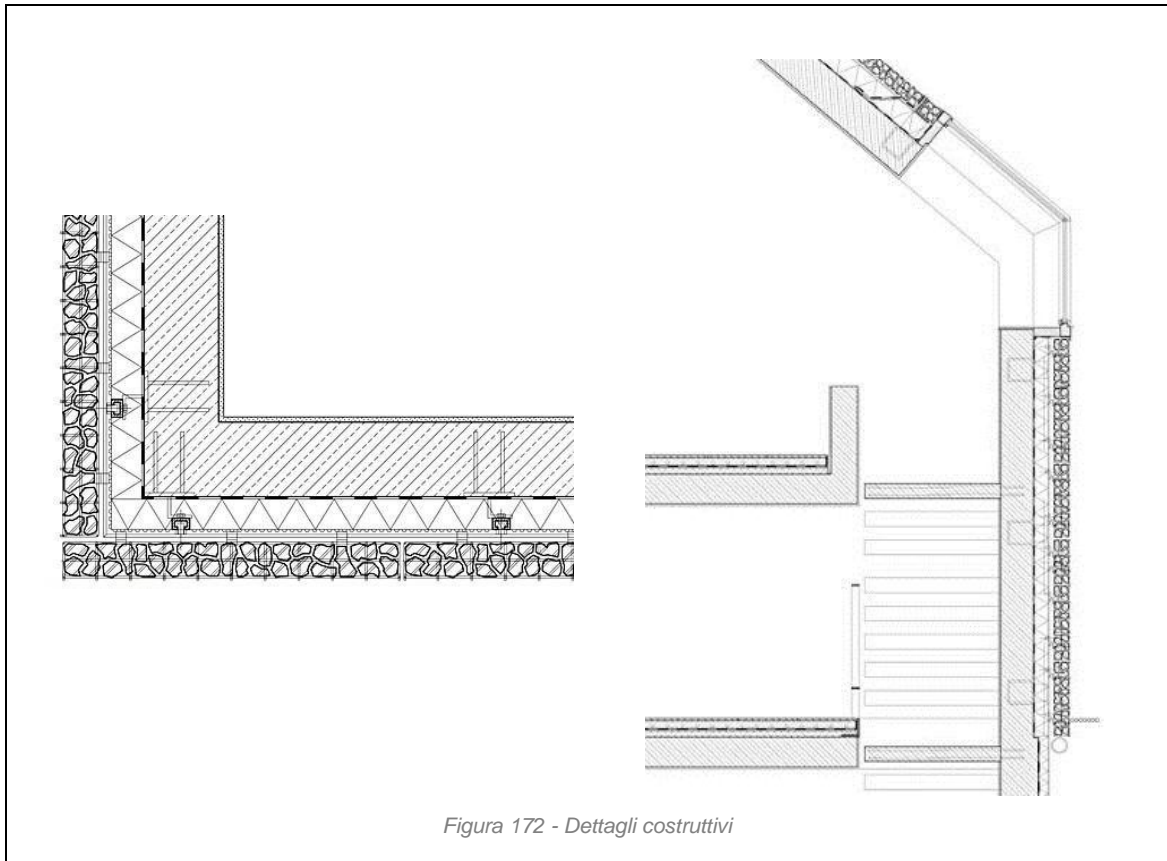


Figura 171 - Fasi esecutive



### JARDÍN BOTÁNICO DE BARCELONA - CARLOS FERRATER

**Anno di realizzazione:** 1989 - 1999

**Localizzazione:** 41°21'57.62"N 2°09'19.80"E

#### **Descrizione del progetto ed elementi ripresi:**

Il giardino botanico è situato sulle pendici settentrionali del monte di Montjuïc a Barcellona, tra lo stadio e il Castello, ad un'altitudine di 150 m sul livello del mare. Si estende su una superficie di circa 14 ettari e, grazie alle sue dimensioni, è uno dei più grandi spazi verdi nella città.

Il progetto nasce in un luogo dedicato al paesaggio e alla vegetazione, nel quale la natura riveste il ruolo di protagonista. Qui l'architettura, perfettamente consapevole della missione delicata che le spetta, stabilisce con l'ambiente un rapporto equilibrato, improntato alla valorizzazione sia dell'opera dell'uomo sia di quella della natura.

La storia dell'intervento ha inizio negli anni '90, quando il CSIC, Consell Superior d'Investigacions Científiques, bandì un concorso pubblico per la realizzazione della nuova sede dell'Istituto Botanico. Carlos Ferrater, vincitore della competizione, disegna una struttura semplice e complessa insieme, lineare nella geometria e nella distribuzione, mediterranea e al tempo stesso sensibile al linguaggio costruttivo delle aree di montagna.

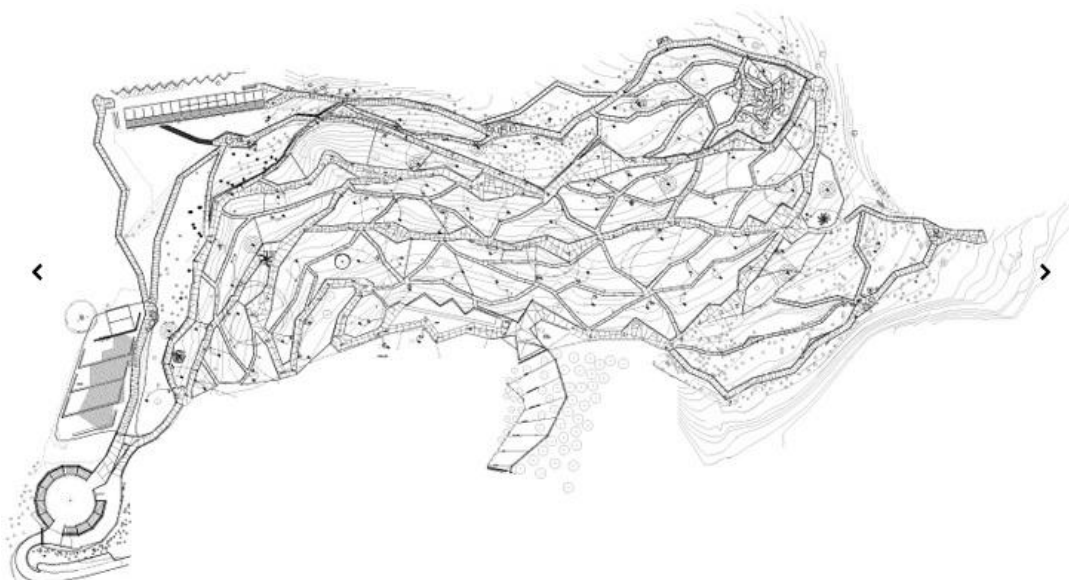


Figura 173 - Pianta dell'intervento





*Figura 174 - Vista complessiva dell'intervento*

L'intervento prevede la realizzazione di un edificio principale, inaugurato nell'estate del 2003, e la sistemazione di circa 14 ettari della collina del Montjuïc, un'area che negli ultimi cento anni era stata utilizzata come discarica di differenti tipi di residui. Il progetto si realizza rispettando rigorosamente criteri di sostenibilità e di eliminazione delle barriere fisiche. La terra della montagna viene sistemata in modo da creare una nuova topografia, utilizzando materiali riciclabili ed ecologici; viene realizzato un sistema di irrigazione integrale che dal computer centrale attiva mediante delle onde radio le differenti elettrovalvole, alimentate, come il sistema di illuminazione d'emergenza, da energia fotovoltaica. In questo modo si evita la presenza di una rete di cavi elettrici nel giardino. I criteri di piantumazione, basati sul raggruppamento di piante di zone omoclimatiche, vengono anch'essi realizzati secondo principi di sostenibilità. L'insieme forma una grande cavea naturale orientata a sud ovest e



*Figura 176 - Accostamento calcestruzzo - legno*



*Figura 175 - Dettaglio della pavimentazione*



aperta alla valle del fiume Llobregat, con un dislivello complessivo di circa 50 metri, dalla quale sarà visibile la zona olimpica e una generosa prospettiva sulla città e la sierra di Collserola.

Le specie vegetali sono distribuite rispettandone la provenienza geografica e una serie di affinità ecologiche: in tal senso il progetto riprende le tendenze più aggiornate in questioni di biologia, fedelmente riflesse nell'organizzazione generale del giardino.

Il progetto propone come struttura di base una griglia triangolare, che permette variazioni di orientamento con il minimo movimento di terreno; è inoltre attento alla creazione di microclimi locali che permettano di distribuire le unità vegetali secondo le necessità ecologiche e di esposizione al sole, in ogni punto del giardino. Ciò si ottiene intersecando i mosaici definiti dalle specie con le sezioni del terreno, in accordo con i criteri dettati, caso per caso, dalla natura.

Le unità fitogeografiche principali vengono disposte in maniera radiale. Tale articolazione permette di imbastire un discorso unico, capace di organizzare tutto il giardino.

All'estremo nord ovest vengono raggruppate le piante delle isole Canarie, spesso messe in relazione con la flora tropicale presente nella regione mediterranea prima dell'era glaciale. Verso il centro è presente un'area dedicata alla vegetazione dell'Africa settentrionale, molto simile alla nostra ma ricchissima di vegetali ad arbusto, che si adattano in genere senza problemi al clima di Barcellona. Al centro, nel cuore del giardino, la vegetazione catalana e, in generale, della penisola iberica e delle isole adiacenti.

La pendice orientata a nord è caratterizzata da vegetazione dell'ambiente montuoso



Figura 178 - Dettaglio della pavimentazione



Figura 177 - Dettaglio della pavimentazione

mediterraneo, con esempi della vegetazione del mediterraneo orientale e delle montagne umide e temperate prossime al mar Nero; all'estremo meridionale trova invece posto la flora delle regioni omoclimatiche alla nostra, il Cile, l'Africa del sud e l'Australia.



*Figura 179 - Dettaglio della pavimentazione*

### **I frattali nella costruzione del paesaggio**

Quando l'equipe interdisciplinare formata da biologi, botanici, paesaggisti e architetti iniziò il progetto per il giardino botanico di Barcellona, vennero stabilite le considerazioni di base che avrebbero retto l'intero processo:

- La prima era quella di ottenere un argomento progettuale che facesse sì che fosse il luogo stesso a fornire i principi di intervento, facendo affiorare dalle condizioni morfologiche e topografiche le forme del nuovo paesaggio, prendendo pertanto le distanze dai precedenti interventi urbanistici e architettonici realizzati sulla montagna, in genere legati all'uso di tracciati geometrici sovrapposti alla topografia (esposizioni universali, giochi olimpici etc.);
- La seconda considerazione riguardava la struttura del nuovo giardino, che avrebbe contemplato la flora mediterranea e quella di altre zone omoclimatiche, come la California, una parte del Giappone dell'emisfero nord, e nel parallelo simmetrico dell'emisfero sud, una zona del Cile e una piccola regione della costa australiana.

Il tracciato del nuovo giardino si sarebbe basato su ragioni botaniche e di ecosistema, e sull'uso del concetto di convergenza morfologica vegetale, in modo da trasformarsi in un elemento di alto valore scientifico, aderente allo stato contemporaneo della disciplina.

La sintesi di queste due intenzioni poteva realizzarsi solo se si riusciva ad ottenere uno strumento capace di rendere possibile il dialogo e la collaborazione tra le diverse discipline; nacque l'idea di stendere una griglia triangolare sul terreno, adattandola ai vari accidenti topografici, che potesse sfilacciarsi ai bordi, crescere o decrescere in superficie secondo la maggiore o minore pendenza del terreno. Le direttrici della griglia seguono le tre direzioni principali delle curve di livello, garantendo in tal modo che due vertici di ogni triangolo si trovino sempre ad una stessa quota, con linea di pendenza 0. Ulteriori suddivisioni della griglia, atte a risolvere i problemi di accessibilità e piantumazione, mantengono lo stesso principio di

conformazione.

Tale ordine geometrico irregolare e variabile a seconda della sua posizione sul terreno permette di:

- Razionalizzare le reti infrastrutturali occulte, il drenaggio, l'irrigazione e l'informatizzazione del giardino;
- Dotare il territorio di una rete gerarchizzata di itinerari in funzione dell'uso e della pendenza, stabilendo percorsi principali o secondari relativi al lavoro sul giardino;
- Conferire al terreno un ordine che rende possibile l'uso scientifico, pedagogico e per il tempo libero del giardino, creando un'articolazione strutturata di mosaici delle diverse comunità vegetali;
- Preparare la base teorica del progetto delle future costruzioni: erbari, serre, edifici di ricerca e servizio, seguendo la stessa logica di intervento.

Variando leggermente l'altezza dei vertici dei triangoli, la griglia si frattura e il territorio inizia a sfaccettarsi, dando ad ogni elemento un orientamento e una pendenza singolari, elementi che si adattano alle necessità di soleggiamento, quantità d'acqua, facilità di piantumazione e relazione con le altre specie.

Il paesaggio acquista dunque un ordine e una dimensione frattale, organizzandosi in base all'irregolarità e alla frammentazione. È la vegetazione ad addolcire l'eccessiva virtualità di partenza, che permane unicamente come un ordine inerente alla costruzione del giardino.

Il metodo, basato su di un elemento assolutamente artificiale inizialmente, finisce per assumere la dimensione frattale della natura, riuscendo, secondo J.M. Montaner, a fornire una sintesi di futuro tra l'equilibrio ecologico delle piantumazioni e l'artificialità che dota il territorio di un'infrastruttura costruita. La logica di intervento agisce senza riferirsi ad una scala determinata, senza tenere in considerazione le dimensioni finali; è l'uso della griglia triangolare che sfaccetta e frattalizza il paesaggio, risolvendo allo stesso tempo le complesse questioni progettuali.

L'accostamento di legno, acqua e lastre in calcestruzzo bianco è tipico di Ferrater, come si può osservare anche nel progetto di un Centro servizi sociali dei quartieri Dreta e Fort Pienc a Barcellona (2001-2003) e nella realizzazione di quattro case a schiera a Barcellona (1996-2001) dove, sebbene non dettato dal problema di dover coprire dislivelli del terreno, risulta chiaro l'approccio frattale alla progettazione grazie all'utilizzo della maglia triangolare.



Figura 180 - Accostamento di materiali: Centro servizi sociali dei quartieri Dreta e Fort Pienc



Figura 181 - Accostamento di materiali: quattro case a schiera a Barcellona

Seguendo lo stesso metodo progettuale viene realizzato anche l'arredo del Jardín Botánico, in particolare si legge lo stesso stampo frattale nel design delle sedute in acciaio corten sparse per il masterplan. Tali sedute vengono riprese e rilette in chiave *more comfortable* nel progetto della SPA a Vila Viçosa, dove vengono concepite come elementi in acciaio inox dotati di cuscini sulla seduta e sullo schienale.



Figura 182 - Sedute del Jardín Botánico de Barcelona



Figura 183 - Rivisitazione della seduta per il progetto a Vila Viçosa



**CARRÉ D'ART - NORMAN FOSTER 1984-1993**

**Anno di realizzazione:** 1984 - 1993

**Localizzazione:** 43°49'29.64"N 4°21'54.57"E

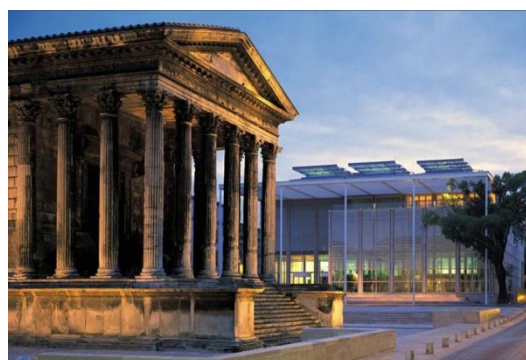
**Descrizione del progetto ed elementi ripresi:**

Risultata prima ad un concorso internazionale di architettura, la proposta della Foster Associates identifica un nuovo corso della ricerca progettuale del team di artisti inglesi. La mediateca costruita in Francia dimostra in che modo è cambiata la sensibilità critica e figurativa nei confronti delle preesistenze, tentando ora di riconoscere le matrici che condizionano la contestualizzazione nei siti urbanisticamente rilevanti.



*Figura 184 - Modellino tridimensionale della Maison Carrée*

La costruzione, infatti, risente sapientemente della vicinanza con la Maison Carrée, che è una delle più importanti testimonianze di epoca romana, attribuita ad Agrippa e giunta a noi in uno stato di conservazione eccezionale. L'architettura di Foster esprime un attento rigore formale, senza rinunciare alle componenti linguistiche riconoscibili nella tipica espressività tradizionalmente adottata dal progettista. Avviene così che l'edificio è pensato per sottendere alle dinamiche



*Figura 185 - Il dialogo tra la Maison Carrée e la Carré d'Art*

geometrico-configurative degli spazi urbani circostanti, al punto da essere proporzionato dimensionalmente alla Maison Carrée, “attingendo, comunque, esiti espressivi paragonati a quelli della Maison de Verre di Chareau o dell’architettura tradizionale giapponese”<sup>13</sup>.

La stessa attenzione è espressa dalle parole di Norman Foster, raccontando le emozioni di una delle sue prime visite.

*“Ho ancora un ricordo vivido della mia prima visita a Nîmes. Ritornando indietro nella memoria di quella visita, due sono i temi ricorrenti: la cultura del posto - la città ed il paesaggio intorno - e l'impressione che mi ha lasciato una luce particolare. Le stesse parole chiave, cultura e luce, possono descrivere perfettamente l'esperienza di Carré d'Art, che fu poi inaugurata nove anni più tardi. Quanto i due vocaboli hanno estremamente influenzato il disegno, il concetto, è veramente una cosa sorprendente. Il sito lega insieme i due temi; posso rivedere come, uscendo dal tunnel oscuro formato dagli alberi della strada che dal Boulevard Victor Hugo conduce a Place de la Comédie, si è simultaneamente abbagliati dall'esplosione della luce e dall'inaspettato prospetto di un tempio romano, la Maison Carré, il fuoco centrale dello spazio. L'architettura diventa un'esperienza al coperto e all'esterno. Dall'esterno, le nuove costruzioni sono generate dalla storia di Nîmes e dall'architettura tradizionale della regione.*

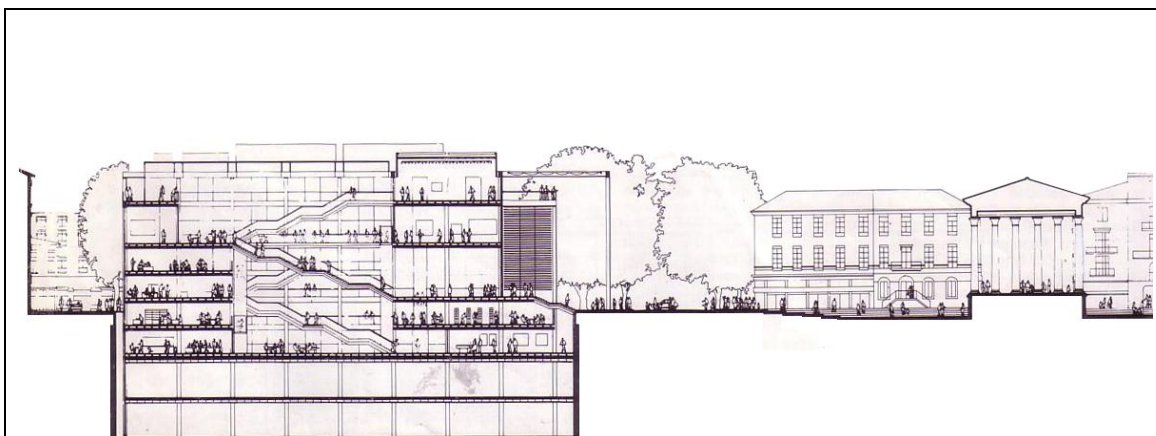
*Gli interni degli edifici ora prendono parte nel dare forma alla vita delle persone che li utilizzano, la generazione di oggi e quelle che le succederanno. L'esperienza di vedere il contenuto delle nuove costruzioni, le opere d'arte in esse esposte, i libri e le riviste nella sala lettura della libreria, saranno modificati dal contesto del nuovo. In cambio, l'esterno degli edifici storici è stato trasformato dall'impatto di questo ultimo intervento, malgrado esso si sia sviluppato al di fuori di un'area urbana strettamente legata al passato”<sup>14</sup>*

---

<sup>13</sup> A. Benedetti (a cura di), *Norman Foster*, Zanichelli, Bologna 1988, pag.189

<sup>14</sup> N. Foster, *Light and Culture*, in Ian Lambot (a cura di), “Foster Associates”, Watermark, Londra 1996, pagg. 107-109





*Figura 186 - Sezione longitudinale*

È evidente che Norman Foster comprende l'importanza di amplificare lo spazio progettuale allo spazio urbano, comunicando quanto un'esperienza architettonica sia molto più ampia della sola trasformazione puntuale di un sito.

La mediateca si sviluppa su nove livelli, di cui solo quattro sono fuori terra per proporzionare l'altezza della costruzione a quella degli edifici adiacenti. I piani più alti sono occupati da gallerie espositive, localizzate nella parte alta per meglio sfruttare l'illuminazione naturale, mentre al livello stradale e al primo piano interrato sono ubicate le biblioteche. Infine i rimanenti piani interrati ospitano ambienti per la danza, la musica, un cinema, le sale da riunione e gli ambienti tecnici.

La parte interessante dell'architettura è il fronte principale, diversificato dagli altri grazie ad una pensilina sorretta da sottili elementi verticali che sottolineano la leggerezza figurativa ricercata dal progetto. Inoltre, le lamelle frangisole con cui è costituita la copertura di questo spazio offrono una gradevole luce filtrata che illumina la terrazza café, aperta come un palco sulla piazza antistante.

Infine, l'evidente richiamo della facciata al fronte della Maison Carée dimostra quanto l'architettura contemporanea possa tranquillamente dialogare con l'architettura aulica.



*Figura 187 - Una vista dell'interno*



*Figura 188 - Fronte principale: vista frontale*



*Figura 189 - Fronte principale: vista angolata*



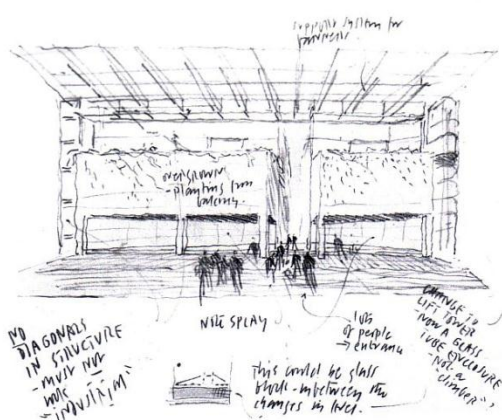


Figura 190 - Sketch design

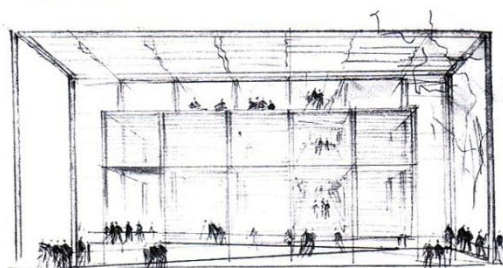


Figura 191 - Sketch design



Figura 192 - Particolare delle schermature solari



Figura 193 - La terrazza esterna



## 4. RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ

## 4. RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÁ

### ABBATTIMENTO DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE

Con barriere architettoniche si intendono tutti gli impedimenti di natura fisica che non permettono ad una fascia di utenti, i cosiddetti “portatori di handicap” di svolgere con continuità e senza grandi disagi le attività quotidiane.

Il concetto di barriera architettonica è l’espressione tangibile del concetto di handicap, ovvero una caratteristica (presenza di un ostacolo o mancanza di un’indicazione) dell’ambiente che impedisca a chiunque di poter entrare in relazione con esso. L’handicap, quindi, è una caratteristica non ascrivibile alla persona, ma è espressione antropologica e sociologica dell’ambiente. La definizione, la concettualizzazione, la simbolizzazione e l’attribuzione di accezione del fenomeno delle barriere architettoniche è allora, così come per ogni altro fenomeno di carattere sociale, un processo derivante da mutamenti sociali; il concetto di barriere architettoniche è dunque, assieme alla società circostante, destinato a cambiare: cambieranno la sua definizione, la sua accezione, la sua simbolicità.

Tutto ciò pone, da un punto di vista razionale prima che etico, il soddisfacimento di due imperativi che devono essere raccolti soprattutto dai progettisti.

Il primo è la base stessa della progettazione razionale: l’edificio e lo spazio costruito devono rispondere innanzitutto alle esigenze della comunità di riferimento. Il progettista, quindi, non deve prestare solo attenzione alle innovazioni tecniche e tecnologiche, ma deve essere osservatore attento della società che lo circonda. Il secondo imperativo risiede nell’obbligo della capacità critica di cui ogni progettista deve disporre. Se è vero che il concetto di barriere architettoniche è mutevole, assume diversi significati nel tempo ed è causato da diverse esigenze, è necessario non considerare intangibili gli standard e le indicazioni tecniche fissate: anche queste ultime sono il frutto della società circostante e devono avere, per forza di cose, vita limitata.

È evidente allora che le esigenze che il progetto deve soddisfare sono moltissime se il concetto di disabilità viene esteso ed ampliato a tutti smitizzando il binomio “persona disabile - barriere architettonica”, ovvero pensando che un costruito senza ostacoli restituisce comfort e sicurezza a tutti offrendo più opzioni per essere vissuto ed interpretato.



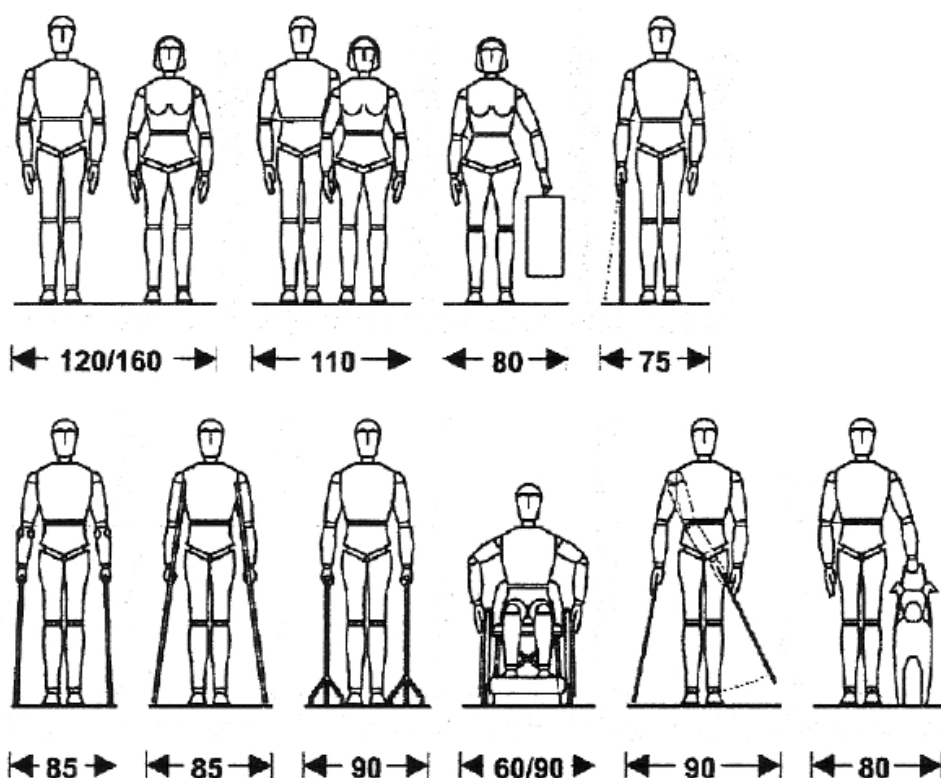


Figura 194 - Parametri antropometrici dimensionali secondo D.P.R. 236/89

Il bisogno di garantire agli utenti sufficienti condizioni di comfort, inteso come capacità di sfruttare al meglio gli spazi e diritto alla libertà di movimento, ha portato alla ricerca di parametri comuni che consentissero di determinare a livello normativo quali precisi elementi costruttivi siano da considerarsi barriera architettonica.

Pertanto bisogna pensare già in sede di progettazione a particolari accorgimenti per consentire la fruibilità da parte del maggior numero di persone possibile.

Per *barriere architettoniche* si intendono:

- Gli ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque ed in particolare di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- Gli ostacoli che limitano o impediscono a chiunque la comoda e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti;

- La mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettono l'orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque e in particolare per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi.

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 e ambientali, di entrarvi agevolmente e di fruirne spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia.

Per *visitabilità* si intende la possibilità, anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico di ogni unità immobiliare. Sono spazi di relazione gli spazi di soggiorno o pranzo dell'alloggio e quelli dei luoghi di lavoro, servizio ed incontro, nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta.

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<sup>15</sup>.

L'accessibilità esprime dunque il più alto livello di fruibilità, in quanto consente il totale impiego dell'edificio nell'immediato.

La visitabilità rappresenta un livello di accessibilità limitato ad una parte più o meno estesa dell'edificio o delle unità immobiliari, che consente comunque ogni tipo di relazione fondamentale anche alla persona con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale.

L'adattabilità rappresenta un livello ridotto di qualità, potenzialmente suscettibile, per originaria previsione progettuale, di trasformazione in livello di accessibilità; l'adattabilità si configura dunque come un'accessibilità differita.

---

<sup>15</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art. 2

In accordo al D.M. 14 giugno 1989, n. 236 l'accessibilità deve essere garantita per quanto riguarda:

- Gli spazi esterni; il requisito si considera soddisfatto se esiste almeno un percorso agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotte o impedito capacità motorie o sensoriali;
- Le parti comuni.

Devono inoltre essere accessibili gli ambienti destinati a museo, hotel e ristorante, per i quali il requisito della visitabilità si intende soddisfatto se almeno una zona riservata al pubblico, oltre a un servizio igienico, sono accessibili; deve essere garantita anche la fruibilità degli spazi di relazione e dei servizi previsti, quali la biglietteria e il guardaroba.

In particolare, per quanto riguarda l'hotel viene garantita la visitabilità verificando l'accessibilità di tutte le parti comuni e delle due stanze da letto più vicine alla reception, che ospitano una vasca da bagno di forma diversa così da permettere un agevole utilizzo del WC da parte dell'utenza disabile.

In tutte le stanze è inoltre prevista la presenza di un apparecchio per la segnalazione, sonora e luminosa, di allarme.

Il ristorante invece, al quale è possibile arrivare comodamente grazie all'ascensore all'interno dell'edificio, si configura come un grande open space, dal quale è possibile raggiungere il servizio igienico e, senza dover coprire nessun dislivello, arrivare sia all'hotel che alla balza esterna affacciata sulla cava.

Ai fini di progetto, e in accordo alla normativa, verranno verificate la visitabilità e l'adattabilità di ogni edificio, nonostante, a causa della natura temporanea dell'utenza, molto difficilmente le stanze dell'hotel saranno soggette ad interventi per garantire una completa accessibilità.

Ragionamento diverso è da svolgersi in merito allo staff operante nei diversi corpi di fabbrica: se si suppone che le attività presenti non vengano classificate come relative a "edifici sedi di aziende o imprese soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio", non è necessario verificare né accessibilità né visitabilità, dato che l'assunzione di personale diversamente abile sarà a discrezione della direzione; è in ogni caso necessario verificare l'adattabilità, dato che

**RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ**

“nei luoghi di lavoro sedi di attività non aperte al pubblico e non soggette alla normativa sul collocamento obbligatorio, è sufficiente che sia soddisfatto il solo requisito dell'adattabilità”<sup>16</sup> per considerare soddisfatto il requisito di visitabilità. Ove risulti comunque verificata l'accessibilità da parte di un ipotetico staff disabile, questa viene indicata (cfr. Allegati 18-22).

Accessibile	Visitabile	Adattabile			
			Unifamiliari e plurifamiliari privi di parti comuni		
			Unità immobiliari	Plurifamiliari con non più di tre livelli fuori terra	Edifici residenziali
			Parti comuni		
			Unità immobiliari	Plurifamiliari con più di tre livelli fuori terra	
			Parti comuni		
			Attività sociali(scuola, sanità, cultura, assistenza, sport)		
			Collocamento non obbligatorio	Riunione o spettacolo e ristorazione	
			Collocamento obbligatorio		
			Collocamento non obbligatorio	Ricettivi e pararicettivi	
			Collocamento obbligatorio		
			Culto		
			Collocamento non obbligatorio	Locali aperti al pubblico non previsti nelle precedenti categorie	
			Collocamento obbligatorio		
			Collocamento non obbligatorio	Luoghi di lavoro non aperti al pubblico	
			Collocamento obbligatorio		

Di seguito vengono evidenziate alcune prescrizioni da soddisfare al fine di garantire che il progetto rispetti la normativa vigente.

<sup>16</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.3

## 4.1 PORTE

La luce netta di tutte le porte interne del progetto è pari a 80 cm, mentre le dimensioni delle porte di accesso ai singoli edifici sono addirittura 2 m. Le porte d'accesso sono sempre scorrevoli con sensore di movimento, mentre le porte interne sono ad anta o scorrevoli, nel qual caso, in accordo alla normativa, l'anta mobile viene mossa esercitando una pressione minore a 8 kg.

L'altezza delle maniglie è 90 cm rispetto alla quota di calpestio.

Gli spazi antistanti e retrostanti la porta sono dimensionati nel rispetto dei minimi previsti da normativa (cfr. Allegati 18-22).

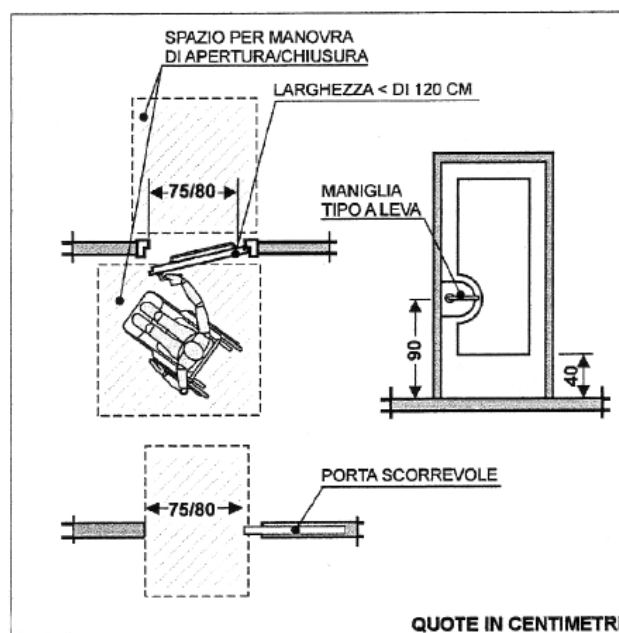


Figura 195 - Spazi di manovra secondo D.P.R. 236/89

**RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ**

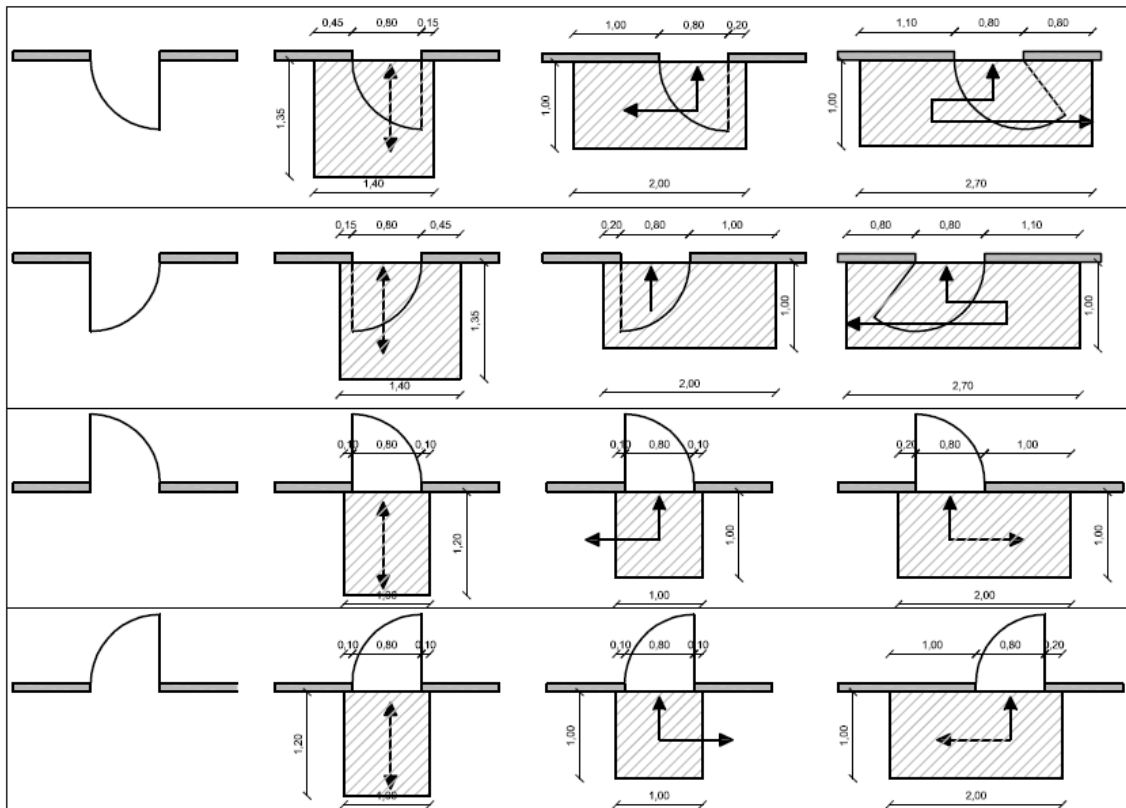
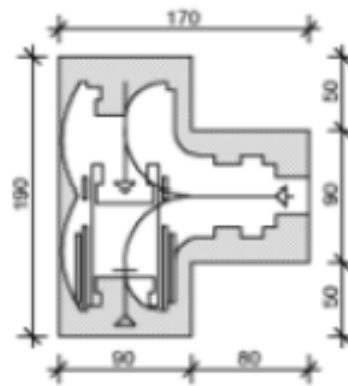
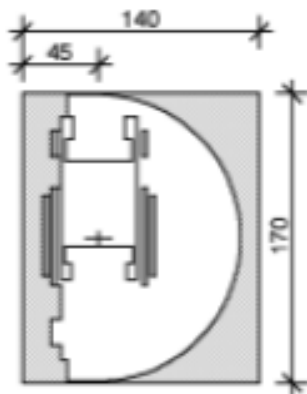
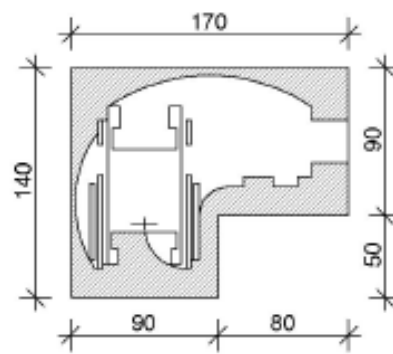
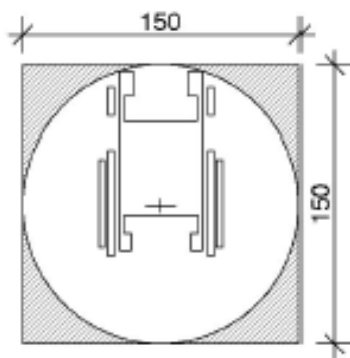


Figura 196 - Spazi antistanti e retrostanti le porte secondo D.P.R. 236/89





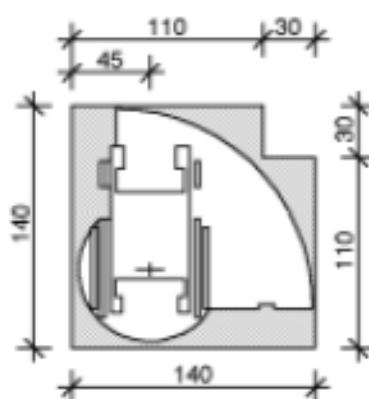


Figura 197 - Spazi di manovra secondo D.P.R. 236/89

## 4.2 PERCORSI ORIZZONTALI

Per quanto riguarda i percorsi all'esterno viene individuato un unico percorso ad anello intorno al parco, costantemente orizzontale se non per quanto riguarda la zona affacciata sul lato sud della cava, dove declina dolcemente verso l'acqua. Qui, per poter raggiungere l'area più bassa a -3,00 m (la normativa dichiara "non accessibile il superamento di un dislivello superiore a 3,20 m ottenuto esclusivamente mediante rampe inclinate poste in successione"<sup>17</sup>) è necessario percorrere lunghe rampe con una pendenza che si attesta mediamente sul 2%. Medesima pendenza viene mantenuta per coprire gli 80 cm di dislivello relativi al percorso longitudinale in legno sul quale si attesta il museo. Tutte le rampe presenti hanno in ogni caso sviluppo minore di 10 m, in modo da evitare di dover prevedere piani orizzontali di riposo.

---

<sup>17</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.8

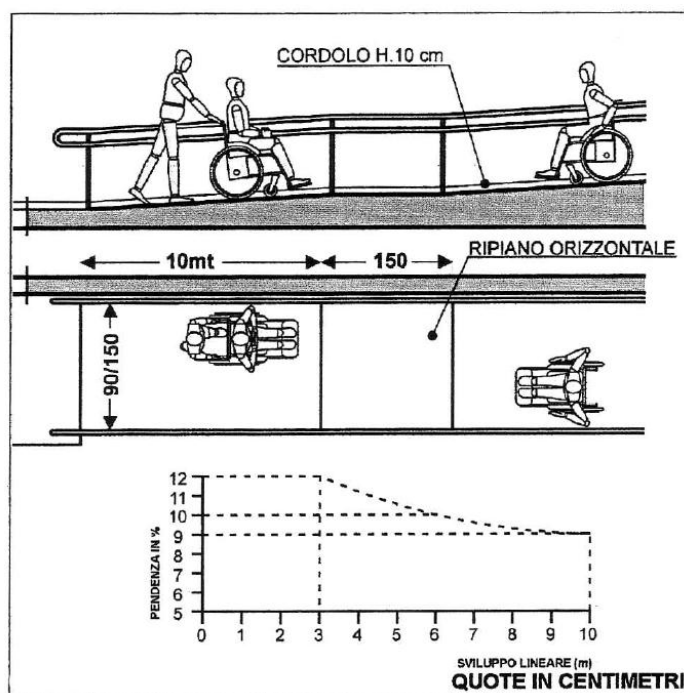


Figura 198 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

Entrambi i percorsi, circolare e longitudinale, sono caratterizzati da un andamento semplice e regolare, da 4 metri di larghezza, sufficiente a garantire un'adeguata mobilità, e da una finitura antisdrucchiolo: il primo percorso è realizzato in lastre di calcestruzzo grezzo, il secondo in listelli di legno trattato. In ogni caso il coefficiente di attrito di entrambi, misurato secondo il metodo della British Ceramic Research Association Ltd. (B.C.R.A.), è superiore ai seguenti valori, sia in condizioni asciutte che bagnate:

- 0,40 per elemento scivolante cuoio su pavimentazione asciutta;
- 0,40 per elemento scivolante gomma dura standard su pavimentazione bagnata.

Le fughe tra le diverse lastre di calcestruzzo sono inferiori a 5 mm, mentre per la pavimentazione realizzata in listelli di legno, posti con gli elementi ortogonali al verso di marcia, si prescrive che lo spazio tra due listelli adiacenti non sia attraversabile da una sfera di 2 cm di diametro.

Il percorso in legno è incorniciato da due piccoli cordoli in marmo alti 10 cm, in modo da realizzare un ciglio atto ad assicurare l'immediata percezione visiva nonché acustica se percorso con bastone.

La distribuzione nei locali interni avviene invece grazie a corridoi di larghezza superiore a 100 cm, nei quali sono stati previsti sufficienti spazi di manovra, in accordo alla normativa (cfr. Allegati 18-22).

I pavimenti all'interno dei locali sono sempre orizzontali, complanari tra loro e non sdruciolevoli.

Per quanto riguarda le terrazze, o in generale le discontinuità orizzontali verso spazi aperti, viene verificato che la soglia interposta tra balcone e ambiente interno non presenti un dislivello tale da costituire ostacolo al transito di una persona su sedia a ruote.

I parapetti, presenti solo sulle balze naturali che si affacciano verso l'acqua, hanno altezza di 110 cm e non possono essere attraversati da una sfera di 10 centimetri di diametro.

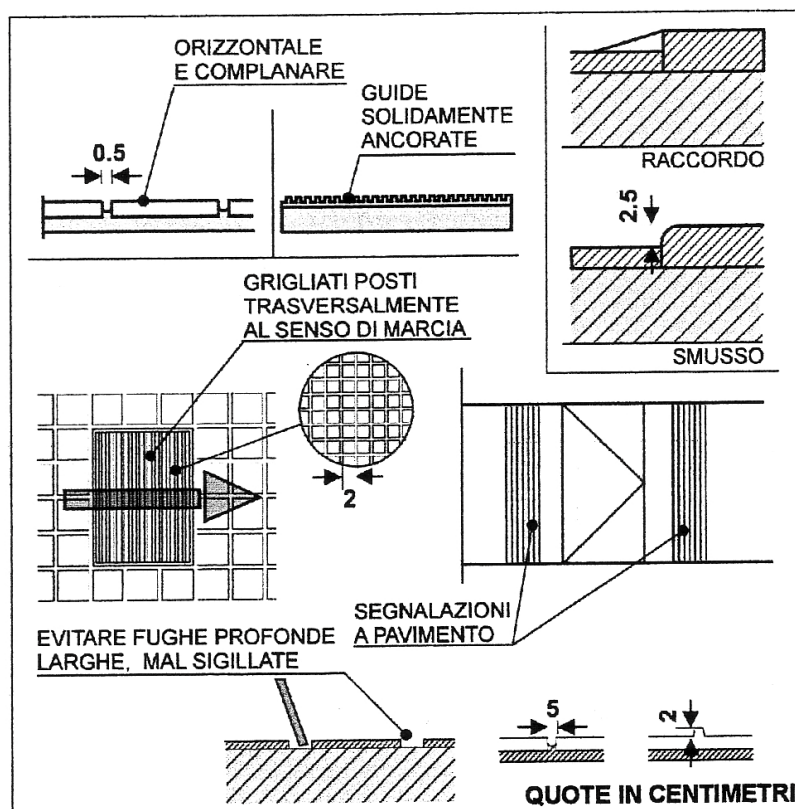


Figura 199 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

### 4.3 SERRAMENTI

Per quanto riguarda i serramenti apribili manualmente e non regolati da sensori, l'altezza delle maniglie per l'apertura è a 115 cm rispetto alla quota di calpestio.

Sono state evitate il più possibile finestre, preferendo sfruttare portefinestre che, oltre a fornire più luce ed aria agli ambienti, consentono la visuale anche a persone sedute.

Come avviene per le porte, qualora non siano scorrevoli, le ante mobili dei serramenti esterni possono essere aperte esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

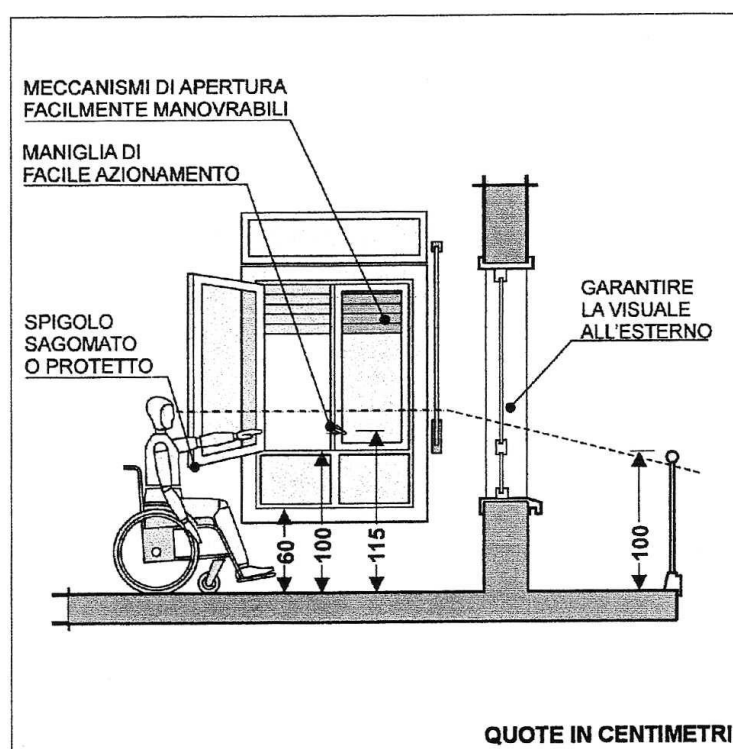


Figura 200 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

### 4.4 ARREDI FISSI

La disposizione degli arredi fissi all'interno degli ambienti è studiata in modo da consentire il transito di una persona su sedia a ruote e l'agevole utilizzabilità di tutte le attrezzature presenti.

In particolare, per quanto riguarda il museo, è agevole l'utilizzo del guardaroba al piano interrato; per quanto riguarda l'hotel, gli spazi sono così ampi che non risulta impedita alcuna

mobilità, mentre per il bar, essendo un luogo dove il contatto con il pubblico mediante sportelli su bancone continuo o su parete<sup>18</sup>, sarebbe necessario, al fine di garantire un'attesa supportabile dalla generalità del pubblico, onde di evitare l'insorgere di situazioni patologiche di nervosismo e di stanchezza, prevedere un adeguato spazio libero, eventualmente in ambiente separato. Tuttavia, dato il non eccessivo affollamento ipotizzato per il parco e dunque per il bar, si considera rispettato il requisito, date le grandi dimensioni dell'area antistante il bancone.

Per quanto riguarda i tavoli, presenti sia nella sala colazioni che nel bar e nel ristorante, viene garantito che la distanza libera anteriormente ad ogni tavolo sia almeno 1,50 m, e lateralmente di almeno 1,20 m al fine di consentire un agevole passaggio fra i tavoli.

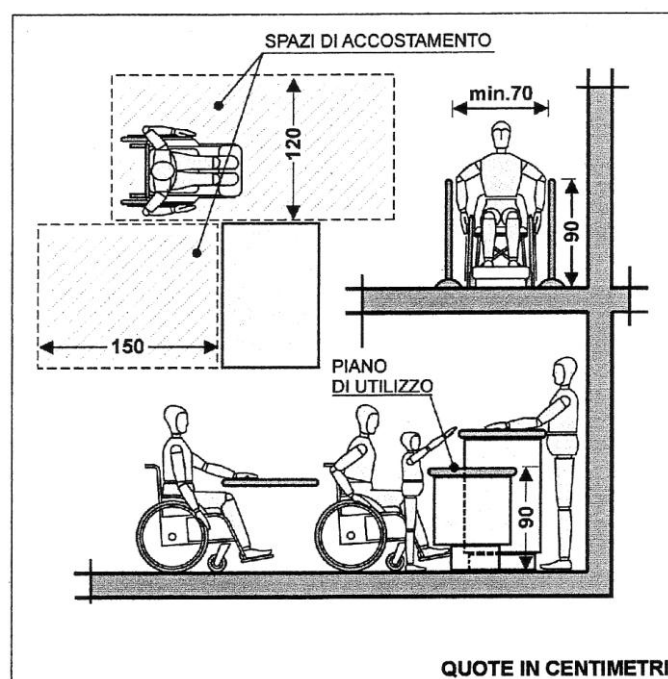


Figura 201 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

<sup>18</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.8

#### 4.5 TERMINALI DEGLI IMPIANTI

Gli apparecchi elettrici, i quadri generali, le valvole e i rubinetti di arresto delle varie utenze, i regolatori degli impianti di riscaldamento e condizionamento, nonché i campanelli, pulsanti di comando e i citofoni, sono, sia per tipo che per posizione planimetrica ed altimetrica, tali da permettere un uso agevole anche da parte della persona su sedia a ruote; sono facilmente individuabili anche in condizioni di scarsa visibilità e sono protetti dal danneggiamento per urto.

Viene proposto lo schema, estratto da normativa, nel quale sono indicate le altezze dei diversi terminali.

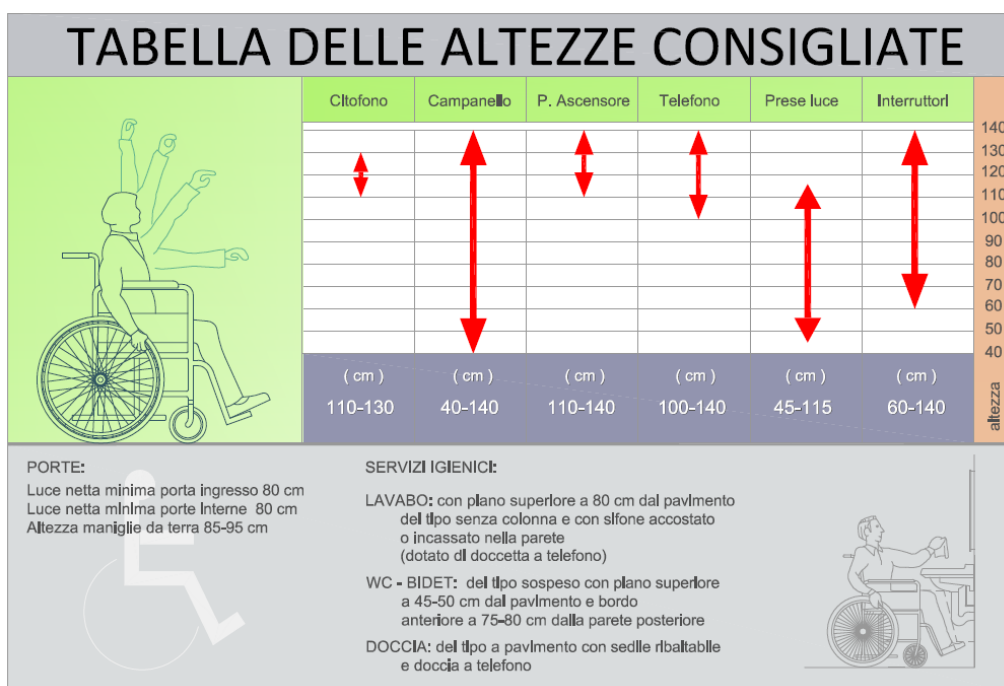


Figura 202 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89



## 4.6 SCALE

Tutte le rampe di scale presenti nel progetto hanno una larghezza superiore a 1,20 m e una pendenza limitata e costante per l'intero sviluppo della scala.

Per quanto riguarda il dimensionamento dei gradini, dato che al variare della pendenza della rampa di una scala l'utente tende a modificare la lunghezza del passo di modo tale che il lavoro svolto per superare un gradino sia uguale al lavoro svolto per compiere lo stesso passo su un piano, si è fatto riferimento alla formula di Blondel, che ottimizza l'ergonomia della scala.

$$2a + p = 62 \div 64$$

Dove:

a alzata

p pedata

La pedata è in ogni caso sempre maggiore o uguale a 30 cm, con profilo regolare e continuo e realizzata in materiale antisdrucciolo.

Sono presenti segnali a pavimento, realizzati grazie a fasce di materiale diverso percepibile anche da parte dei non vedenti, posizionate a 30 cm dal primo e dall'ultimo scalino, in modo da indicare l'inizio e la fine della rampa.

Tutte le scale sono dotate di corrimano e parapetto: il primo è presente su entrambi i lati ed è caratterizzato, in ogni rampa di progetto, da facile prendibilità, materiale resistente e non tagliente. I parapetti invece, come avviene per i parapetti dei camminamenti esterni, sono alti 110 cm e non sono attraversabili da una sfera di diametro di 10 cm.

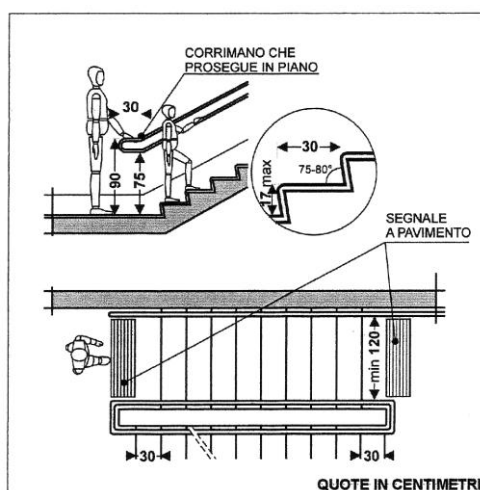


Figura 203 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

## 4.7 ASCENSORI

In accordo alla normativa, in quanto edifici di nuova edificazione non residenziali<sup>19</sup>, i diversi ascensori presenti nei corpi di fabbrica, rispettano le seguenti caratteristiche:

- Cabina di dimensioni minime di 1,40 m di profondità e 1,10 m di larghezza;
- Porta con luce netta minima di 0,80 m, posta sul lato corto;
- Piattaforma minima di distribuzione anteriormente alla porta della cabina di 1,50 × 1,50 m.

Vengono proposte le diverse tipologie di vano ascensore e di cabina presenti nel progetto, come si può osservare i requisiti risultano soddisfatti.

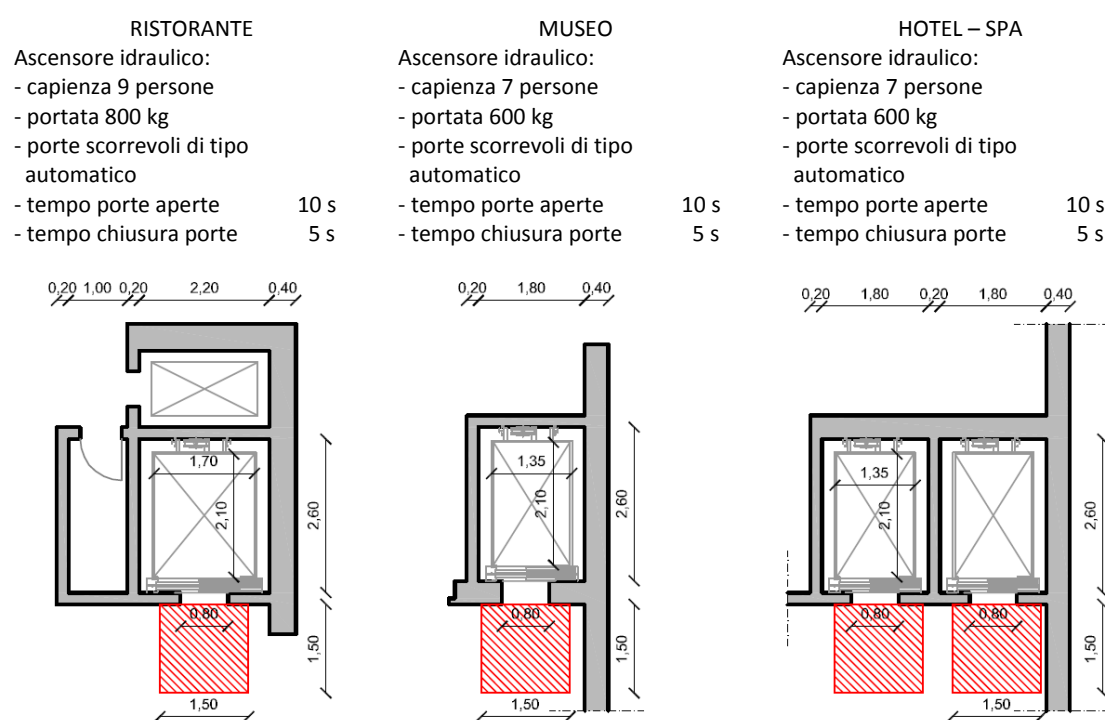


Figura 204 - Dimensioni dei vani ascensori di ristorante, museo e hotel-SPA

<sup>19</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.8

Tutti gli ascensori presenti sono di tipo idraulico, compreso il portavivande tra la cucina e il ristorante sottostante.

Le porte di cabina e di piano sono sempre del tipo a scorrimento automatico, rimangono aperte per 10 secondi e il tempo di chiusura è di 5 secondi.

L'arresto ai piani avviene con autolivellamento con tolleranza massima  $\pm 2$  cm, mentre lo stazionamento della cabina ai piani di fermata avviene con porte chiuse.

La bottoniera di comando interna ed esterna ha i bottoni ad una altezza compresa tra 1,10 e 1,40 m; la bottoniera interna viene posta su una parete laterale ad almeno 35 cm dalla porta della cabina.

All'interno della cabina, oltre al campanello di allarme, sono presenti un citofono ad altezza di 1,10 m e una luce d'emergenza con autonomia minima di 3 ore.

I pulsanti di comando prevedono la numerazione in rilievo e le scritte con traduzione in Braille: in adiacenza alla bottoniera esterna deve essere posta una placca di riconoscimento di piano in caratteri Braille.

È prevista inoltre la segnalazione sonora dell'arrivo al piano.

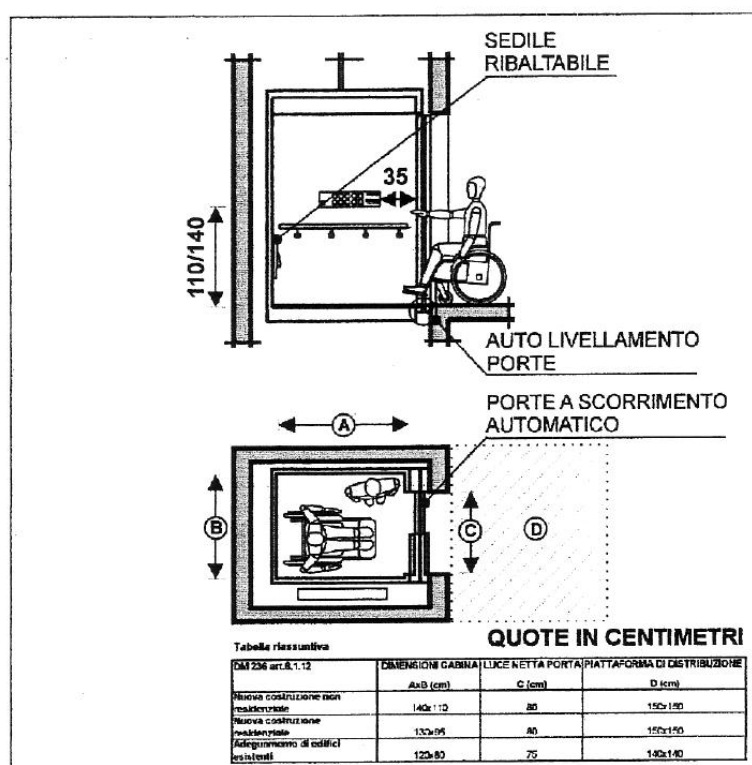


Figura 205 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89

#### 4.8 PARCHEGGI

Nell'area di parcheggio, in accordo alla normativa<sup>20</sup>, data la presenza di 65 posti auto, sono previsti due posti di larghezza pari a 5 m riservati gratuitamente ai veicoli al servizio di persone disabili.

Detti posti auto, opportunamente segnalati, sono ubicati in corrispondenza dell'accesso centrale al parco, al fine di agevolare la manovra di trasferimento della persona su sedia a ruote fino all'ingresso del giardino.

L'area propria di parcheggio relativa all'ingombro del veicolo è affiancata da uno spazio zebra con una larghezza di 1,60 m; lo spazio di rotazione, complanare all'area di parcheggio, è raccordato ai percorsi pedonali. Le aree di parcheggio, manovra e raccordo hanno le stesse caratteristiche dei percorsi pedonali e la localizzazione del parcheggio è evidenziata con segnalazioni su pavimentazione e su palo.<sup>21</sup>

La segnaletica orizzontale è di colorazione gialla, che distingue i posteggi riservati a specifiche categorie di veicoli, quella verticale riporta il cartello stradale previsto dall'art. 149 del codice della strada.



Figura 206 - Segnaletica verticale secondo codice della strada

<sup>20</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.8

<sup>21</sup> L.R. 20 febbraio 1989, n. 6 - Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione - Allegato - cap 2.2. Parcheggi

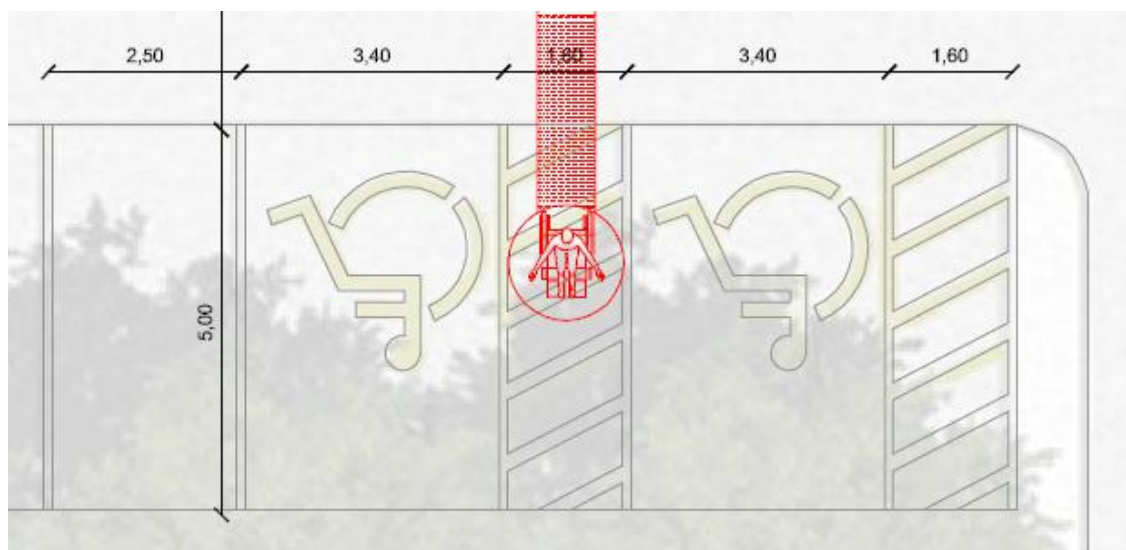


Figura 207 - Verifica della fruibilità dei parcheggi

#### 4.9 SERVIZI IGIENICI

Le prescrizioni normative sono ovviamente molto stringenti in relazione alla fruibilità dei servizi igienici da parte dell'utenza. Per garantire la manovra e l'uso degli apparecchi anche alle persone con impedita capacità motoria, devono essere previsti l'accostamento laterale alla tazza del WC, al bidet, alle vasche o docce, e l'accostamento frontale al lavabo.

A tal fine devono essere rispettati i seguenti minimi dimensionali:

- Lo spazio necessario all'accostamento e al trasferimento laterale dalla sedia a ruote alla tazza WC e al bidet, ove previsto, deve essere minimo 100 cm misurati dall'asse dell'apparecchio sanitario;
- Lo spazio necessario all'accostamento laterale della sedia a ruote alla vasca deve essere minimo di 140 cm lungo la vasca con profondità minima di 80 cm;
- Lo spazio necessario all'accostamento frontale della sedia a ruote al lavabo deve essere minimo di 80 cm misurati dal bordo anteriore del lavabo.

**RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ**

Relativamente alle caratteristiche degli apparecchi sanitari inoltre:

- I lavabi devono avere il piano superiore posto a 80 cm dalla quota di calpestio ed essere sempre senza colonna con sifone del tipo incassato a parete;
- I WC e i bidet sono di tipo sospeso, l'asse della tazza WC o bidet deve essere posto ad una distanza di 40 cm dalla parete laterale, il bordo anteriore a 80 cm dalla parete posteriore e il piano superiore a 50 cm dalla quota di calpestio.
- Viene inoltre previsto, a 40 cm dall'asse dell'apparecchio sanitario, un maniglione per consentire il trasferimento;
- Le docce sono a pavimento, dotate di sedile ribaltabile e doccia a telefono.

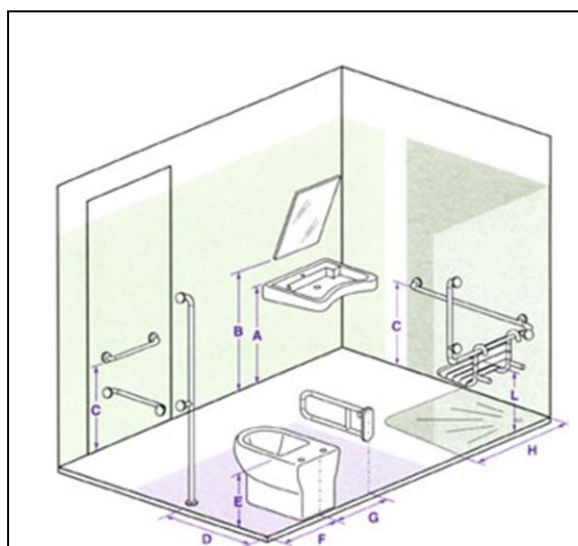


Figura 208 - Minimi dimensionali secondo D.P.R. 236/89

**ZONA LAVABO**

- A Lavabo: altezza massima 80 cm
- B Specchio: altezza compresa tra 90 cm e 170 cm
- C Maniglione e corrimano orizzontali: altezza max 80 cm

**ZONA WC**

- D Maniglione verticale: distanza consigliata da WC 110 cm
- E Sanitario WC/bidet: altezza max 50 cm
- F Distanza minima dell'interasse WC dalla parete laterale: min. 40 cm
- G Distanza consigliata sostegno di sicurezza laterale dall'interasse WC: min. 40 cm

**ZONA DOCCIA**

- H Maniglione e corrimano orizzontali: H max. 80 cm
- I Dimensione minima piatto doccia a filo pavimento: 90 x 90 cm
- L Seduta sedile doccia: H max. 50 cm

Nei servizi igienici dei locali aperti al pubblico è necessario prevedere e installare il corrimano in prossimità della tazza WC, posto ad altezza di 80 cm dal piano di calpestio, e di diametro 4 cm; i maniglioni fissati a parete invece vengono posti a 5 cm dalla stessa.

La normativa nazionale non specifica in modo preciso le modalità di avvicinamento al WC, si è fatto dunque riferimento al D.G.R 509/2010 "Prescrizioni Tecniche atte a garantire la fruizione degli edifici residenziali privati, degli edifici residenziali pubblici e degli edifici e spazi privati aperti al pubblico" della regione Veneto, che identifica diverse modalità con cui un disabile può avvicinarsi al WC, invece di prescrivere genericamente che "lo spazio necessario



all'accostamento e al trasferimento laterale dalla sedia a ruote alla tazza WC e al bidet, ove previsto, deve essere minimo 100 cm misurati dall'asse dell'apparecchio sanitario"<sup>22</sup>.

Vengono dunque identificate quattro modalità di accostamento al sanitario: frontale, perpendicolare, laterale e bilaterale.

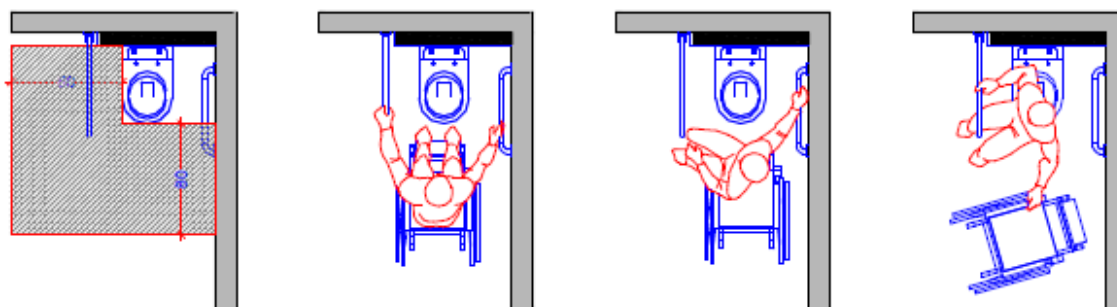


Figura 209 - Accostamento frontale

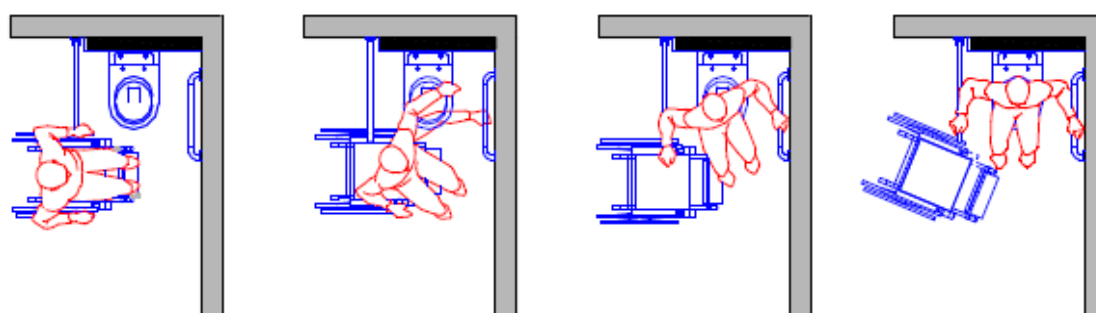


Figura 210 - Accostamento perpendicolare

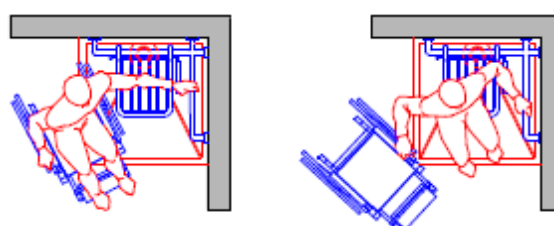


Figura 211 - Accostamento laterale

<sup>22</sup> D.M. 14 giugno 1989, n. 236 - 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 - art.8

**RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ**

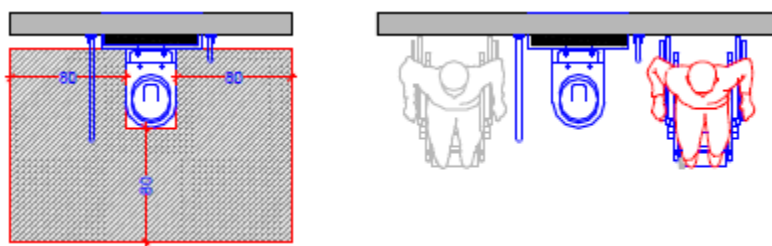


Figura 212 - Accostamento bilaterale

Per quanto riguarda i servizi del museo è necessario garantire un accostamento bilaterale al sanitario, tuttavia si accetta anche che tale tipologia di accostamento venga ottenuta provvedendo alla dotazione di due servizi igienici, l'uno con accostamento laterale da destra, l'altro da sinistra, come avviene nel caso in esame (cfr. Allegati 18-22).

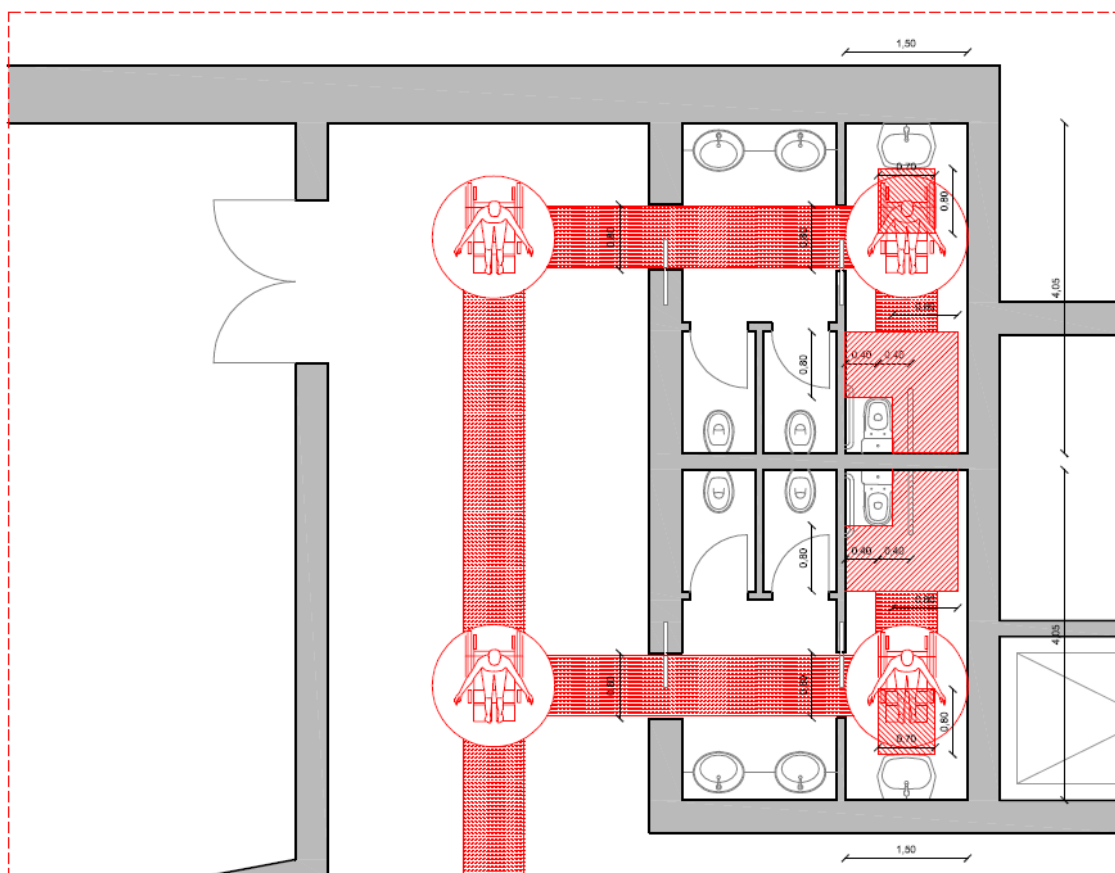


Figura 213 - Fruibilità dei servizi igienici del museo

Per quanto riguarda il ristorante, su entrambi i piani dell'edificio è possibile accedere ed utilizzare i servizi igienici in massima comodità; l'accostamento è di nuovo di tipo laterale (cfr. Allegati 18-22).

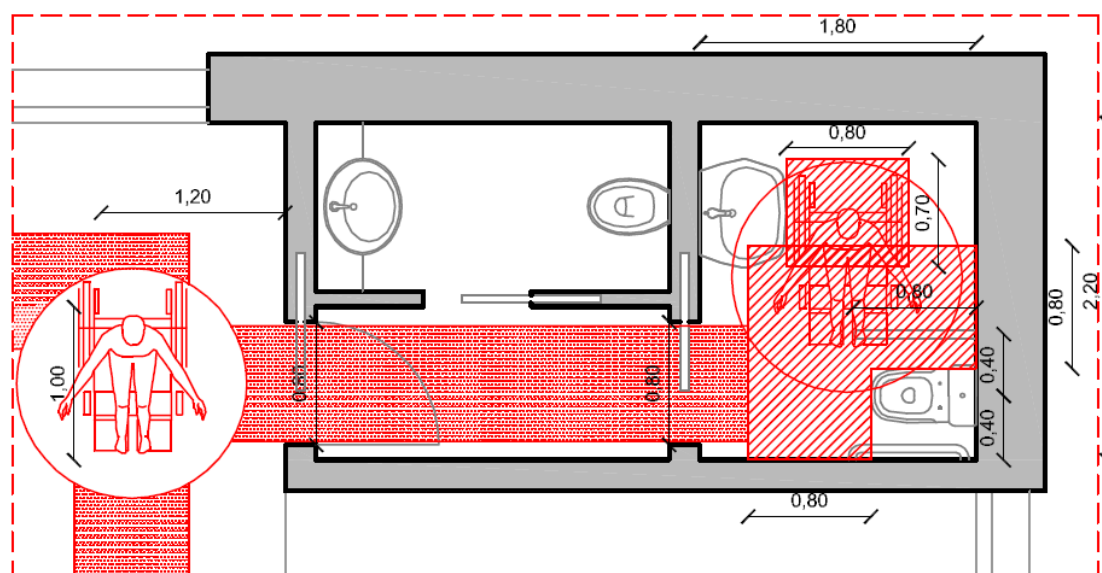


Figura 214 - Fruibilità dei servizi igienici del ristorante

In merito alle prime due stanze dell'hotel invece, al fine di mantenere un'impronta architettonica costante, si è deciso semplicemente di eliminare la vasca ad angolo e sostituirla con una più allungata, in modo da garantire un percorso largo 100 cm e permettere ad un'ipotetica utenza disabile di usufruire dei servizi con un accostamento al sanitario di tipo perpendicolare. Le grandi dimensioni del locale consentono in ogni caso, qualora dovesse essere richiesta a causa di particolari motivi, una completa adattabilità (cfr. Allegati 18-22).

Come si può notare dell'immagine, l'apertura di alcune porte avviene in un verso che, seppur leggermente scomodo o *anticonvenzionale* in *condizioni normali*, garantisce la visitabilità e permette di limitare interventi di sostituzione qualora fosse necessario passare in *condizioni adattate*.

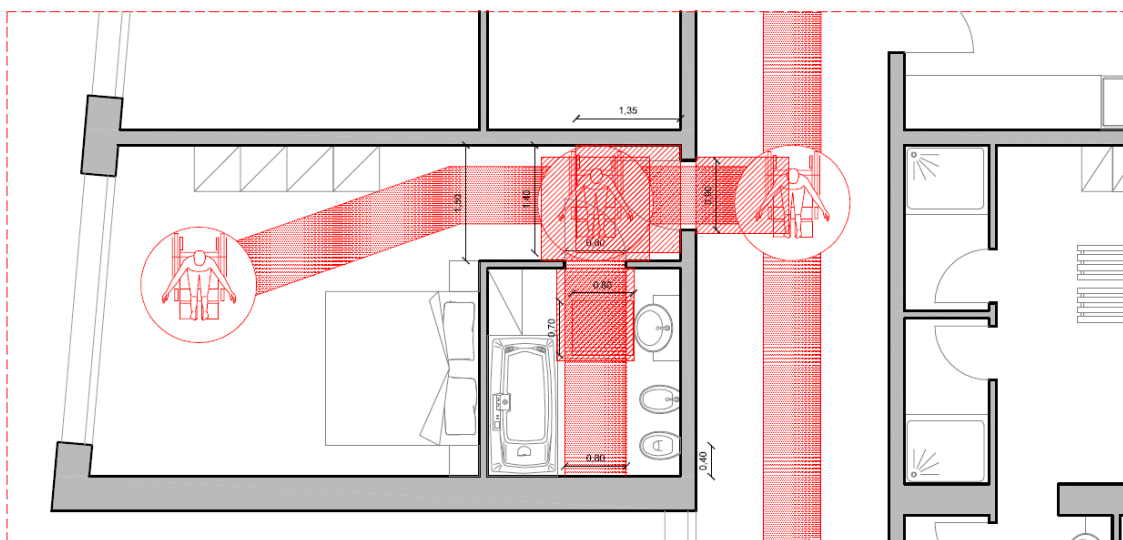


Figura 215 - Fruibilità dei servizi igienici dell'hotel

La SPA e la zona fitness sono *formalmente* visitabili, nel senso che i limiti normativi sono rispettati, e l'utenza può raggiungere comodamente ogni locale, tuttavia non si può affermare che siano progettate in modo da essere *dedicate* ad un'utenza disabile, intendendo con disabile un'utenza su sedia a ruote.

Per esempio nella zona vasche non è stata messa in atto alcuna disposizione che permetta di entrare nelle vasche in modo agevole (rampe), e nella zona fitness i servizi igienici sono sì fruibili, ma non è presente la doccia.

In ogni caso, qualora la committenza voglia destinare i servizi offerti *prettamente* ad un'utenza disabile, è possibile adattare i locali bagno in modo da garantire una completa accessibilità.

RISPETTO DEL REQUISITO DI FRUIBILITÀ

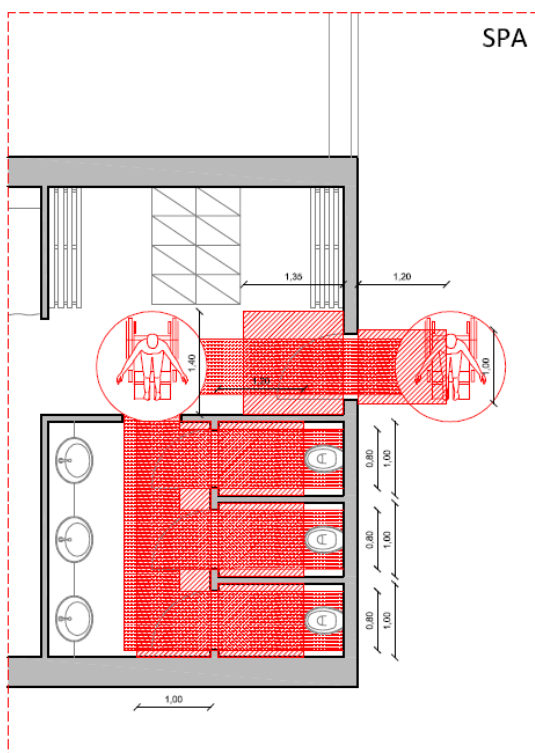


Figura 216 - Fruibilità dei servizi igienici della SPA

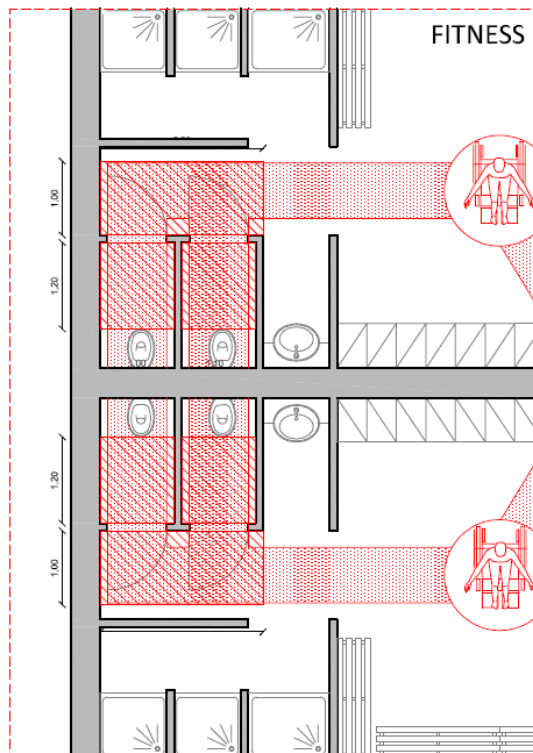


Figura 217 - Fruibilità dei servizi igienici della zona fitness

Se dunque l'adattabilità dei locali destinati all'utenza non è stata verificata, garantendo semplicemente il requisito di visitabilità, per quanto riguarda i locali staff, come già detto, è stato necessario verificare che una ipotetica utenza disabile potesse svolgere le proprie mansioni all'interno di spazi adattati opportunamente.

Per quanto riguarda il museo non risulta necessaria nessuna verifica, mentre per l'hotel, il ristorante e la zona fitness è stato necessario verificare che i locali fossero adattabili.

Sostanzialmente, essendo tutto il resto già visitabile, la valutazione si è ridotta unicamente ai locali destinati a servizi igienici, nei quali si è cercato in ogni caso di limitare gli interventi, posizionando i sanitari in modo da sfruttare gli stessi attacchi agli impianti.





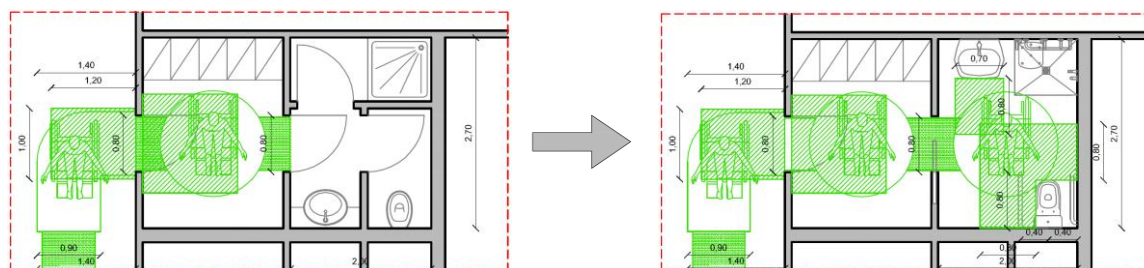


Figura 220 - Ristorante: adattabilità dei servizi igienici staff

#### 4.10 SEGNALETICA

All'interno degli edifici e negli spazi esterni accessibili sono installati, in posizioni tali da essere agevolmente visibili, cartelli di indicazione che facilitano l'orientamento e la fruizione degli spazi costruiti e che forniscono una adeguata informazione sull'esistenza degli accorgimenti previsti per l'accessibilità di persone ad impedite o ridotte capacità motorie; i cartelli indicatori riportano il simbolo internazionale di accessibilità.

Negli edifici aperti al pubblico, ossia museo e ristorante, è predisposta una adeguata segnaletica che indica le attività principali svolte ed i percorsi necessari per raggiungerle. Per i non vedenti vengono inoltre predisposti apparecchi fonici per dette indicazioni e tabelle integrative con scritte in Braille.

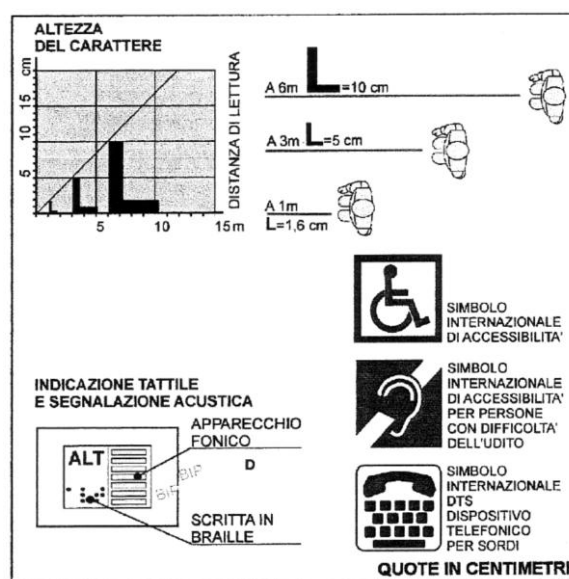


Figura 221 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89



## **5. SISTEMI ANTINCENDIO**

## 5. SISTEMI ANTINCENDIO

Oggetto dell'intervento è la realizzazione di tre corpi di fabbrica con destinazioni d'uso differenti: uno a destinazione hotel - ricettiva, uno con funzione ristorante e uno a destinazione museale.

La normativa<sup>23</sup> distingue alcune attività e le indica come soggette a prevenzione incendi, tuttavia non sempre sono presenti normative che contengono le prescrizioni tecniche da applicarsi caso per caso.

Una classificazione sulla quale è bene porre l'attenzione sin dall'inizio è quella tra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e quelle soggette alle norme di sicurezza.

Quando si parla di attività soggette ai controlli dei VVFF si intendono le attività che sono pericolose, e per le quali, ai sensi del D.Lgs. 139/2006 "Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'articolo 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229", i titolari devono avviare la pratica di prevenzione incendi per la richiesta del parere e poi del certificato di prevenzione incendi.

L'elenco di tali attività pericolose comprende 97 tipologie di edifici o impianti. Non tutti questi, però, hanno una norma di riferimento. Quelli più diffusi (autorimesse, centrali termiche, depositi di gas etc.), infatti, sono soggetti a delle norme specifiche, mentre altre attività (lavanderie industriali, officine di grandi dimensioni etc.) non hanno una norma di riferimento. Le misure di sicurezza, in tali casi, devono essere individuate dal tecnico ed approvate dai Vigili del Fuoco caso per caso.

Posta questa necessaria premessa, un'attività può ricadere in una delle quattro categorie:

- *non* è soggetta ai controlli dei VVFF e *non* è soggetta ad una norma (ad esempio un piccolo negozio, sotto i 400 m<sup>2</sup>, una piccola officina meccanica). In tal caso non si dovrà presentare domanda ai Vigili del Fuoco e non si dovrà verificare nessuna norma, tranne i criteri generali di sicurezza dei luoghi di lavoro;

---

<sup>23</sup> D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'art. 49, co.4-quater, del D.L. 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con mod. dalla l. 30 luglio 2010, n. 122

- è soggetta ai controlli dei VVFF e *non* è soggetta ad una norma (ad esempio un locale in cui si vernicia con prodotti infiammabili con oltre 5 addetti). In tal caso si dovrà presentare domanda ai Vigili del fuoco ma non si dovrà verificare nessuna norma specifica, tranne i criteri generali di sicurezza dei luoghi di lavoro;
- *non* è soggetta ai controlli dei VVFF ed è soggetta ad una norma (ad esempio un impianto di produzione calore a gas di potenza termica pari a 100 kW). In tal caso non si dovrà presentare domanda ai Vigili del Fuoco ma si dovrà verificare il rispetto della norma, il decreto 12 aprile 1996;
- è soggetta ai controlli ed è soggetta ad una norma (ad esempio, un'autorimessa con più di 9 posti auto). In tal caso di dovrà presentare la domanda ai VVFF in cui è dimostrato il rispetto del decreto 1 febbraio 1986.

Secondo l'allegato 1 del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151, tutte le attività presenti negli edifici in progetto sono soggette a prevenzione incendi. L'hotel, il centro benessere e la zona fitness, dato che costituiscono il medesimo corpo di fabbrica, e data la mancanza di normativa antincendio specifica per le piscine e i locali trattamento quali sauna o bagno turco, verranno verificati in accordo al D.M. 9 aprile 1994 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività turistico alberghiere".

Medesima normativa viene seguita per le verifiche relative al ristorante, per il quale, rappresentando un'attività che spesso si trova all'interno delle strutture ricettive, il semplice fatto che nel caso in esame sia un corpo di fabbrica separato dall'hotel non ne snatura la destinazione d'uso.

Per quanto riguarda il museo, invece, la normativa è abbastanza scarsa; i musei sono sì soggetti a prevenzione incendi, tuttavia, forse a causa della difficoltà di catalogare in modo semplice e univoco le molteplici configurazioni che può assumere un edificio a destinazione museale, non sono presenti molte norme che definiscono in modo prescrittivo come procedere. Sostanzialmente solo il D.M. 20 maggio 1992 "Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre", contiene alcune specificazioni tecniche, tuttavia per quanto riguarda superfici compartimentate, resistenza al fuoco delle strutture e lunghezza delle vie di esodo è abbastanza carente.

Si procederà dunque, almeno per poter prescrivere la resistenza che dovranno garantire le strutture, al calcolo del carico di incendio specifico di progetto, in accordo al D.M. 9 marzo

2007 “Determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco degli edifici” e al D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

		A	B	C
65	<p>Locali di spettacolo e di trattenimento in genere, impianti e centri sportivi, palestre, sia a carattere pubblico che privato, con capienza superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m<sup>2</sup>. Sono escluse le manifestazioni temporanee, di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico.</p> <p>Nota: il dpr 2011 n 151 sostituisce il D.M. 16 febbraio 1982, che tuttavia è più approfondito, e per questa categoria specifica:                      "compresi: impianti sportivi, sale convegni, case da gioco (casinò), sale giochi, drive in, palestre sportive, <i>sale da fitness</i>, circoli privati ove si svolgono trattenimenti danzanti)                      esclusi: ristoranti, bar, sale consiliari, chiese ed edifici destinati al culto, musei"</p>		fino a 200 persone	oltre 200 persone
66	<p>Alberghi, pensioni, motel, villaggi albergo, residenze turistico - alberghiere, studentati, villaggi turistici, alloggi agrituristici, ostelli per la gioventù, rifugi alpini, bed &amp; breakfast, dormitori, case per ferie, con oltre 25 posti letto; Strutture turistico-ricettive nell'aria aperta (campeggi, villaggi-turistici, ecc.) con capacità ricettiva superiore a 400 persone.</p>	fino a 50 posti letto	oltre 50 posti letto fino a 100 posti letto; Strutture turistico-ricettive nell'aria aperta (campeggi, villaggi-turistici, ecc.)	oltre 100 posti letto
72	<p>Edifici sottoposti a tutela ai sensi del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, aperti al pubblico, destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato.</p>			tutti
<p>Legenda:                      A: autocertificazione secondo le procedure della SCIA                      B: esame del progetto e controllo a campione                      C: esame del progetto e sopralluogo per il rilascio del CPI</p>				
<p>Estratto dall'Allegato 1 del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151</p>				



## **5.1 PRESCRIZIONI ANTINCENDIO DI HOTEL-SPA E RISTORANTE**

Hotel e ristorante, sebbene appaiano separati, costituiscono in realtà il medesimo corpo di fabbrica, grazie alla presenza di un link sotterraneo che dallo spazio distributivo in corrispondenza dell'ingresso della zona fitness conduce al ristorante e quindi alla balza esterna.

La porzione di edificio che accoglie la zona fitness, l'hotel e la SPA si sviluppa su due piani fuori terra, e presenta un'altezza antincendio pari a 3,55 m, corrispondente alla quota di uscita verso il percorso vasche esterno.

Al ristorante invece, che si sviluppa unicamente su due piani, uno dei quali interrato, si può accedere direttamente dalla quota 0,00.

Le strutture di elevazione verticale sono in acciaio, quelle di elevazione orizzontale sono costituite da lamiera grecata e getto di completamento in calcestruzzo; le coperture, sia della SPA che del ristorante, sono verdi e risultano praticabili solo per manutenzione.

La testata nord dell'hotel ospita ai piani terra e interrato un'area impianti, dove sono posizionate le UTA, le Pompe di Calore, i serbatoi di accumulo, gli scambiatori di calore e gli elementi relativi ai sistemi di purificazione e riscaldamento acqua delle piscine; i locali impianti vengono considerati compartimenti a sé stanti, come richiesto da normativa.

In accordo al D.M. 9 aprile 1994 l'edificio è di nuova realizzazione e viene classificato come "attività con capienza superiore a venticinque posti letto", pertanto si fa riferimento al titolo II – parte prima della norma.

### **5.1.1 Accesso all'area e accostamento mezzi di soccorso**

Per consentire l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco, è stato previsto che l'accesso all'area dove sorgono gli edifici avvenga sfruttando il medesimo percorso di servizio sfruttato quotidianamente per l'approvvigionamento.

Il percorso, per essere più nascosto alla vista dei visitatori del parco, viene ribassato di 1,50 m rispetto al piano 0,00.

In ogni caso risultano soddisfatti i seguenti limiti dimensionali:

- larghezza: 3,50 m;
- altezza libera: 4 m;

- raggio di svolta: 13 m;
- pendenza: non superiore 10%;
- resistenza al carico: 20 tonnellate (8 sull'asse anteriore, 12 sull'asse posteriore, passo 4 m).

Nonostante l'altezza antincendio dell'edificio sia minore di 12 m, e dunque la normativa non prevede l'obbligo di verifica di possibilità di accostamento delle autoscale dei Vigili del fuoco, tale requisito risulta comunque soddisfatto (cfr. Allegati 13-17).

### 5.1.2 Resistenza al fuoco delle strutture

Il D.M. 9 aprile 1994 prevede che “i requisiti di resistenza al fuoco degli elementi strutturali devono essere valutati secondo le prescrizioni e le modalità di prova stabilite dalla Circolare del Ministero dell'interno n. 91 del 14 settembre 1961”<sup>24</sup>, specificando che il dimensionamento degli spessori e delle protezioni da adottare, per i vari tipi di materiali, nonché la classificazione degli edifici in funzione del carico di incendio, vanno determinati in relazione a specifiche tabelle e seguendo precise modalità di calcolo. Tuttavia poi, in modo semplificato, prescrive dei valori di Resistenza, Isolamento e Tenuta (REI) da garantire alle strutture portanti, in funzione dell'altezza antincendio dell'edificio.

Le strutture portanti dovranno garantire resistenza al fuoco R e quelle separanti REI secondo quanto indicato nella successiva tabella<sup>25</sup>:

Altezza antincendio dell'edificio	R	REI
Fino a 24 m	60	60
Superiore a 24 m	90	90

---

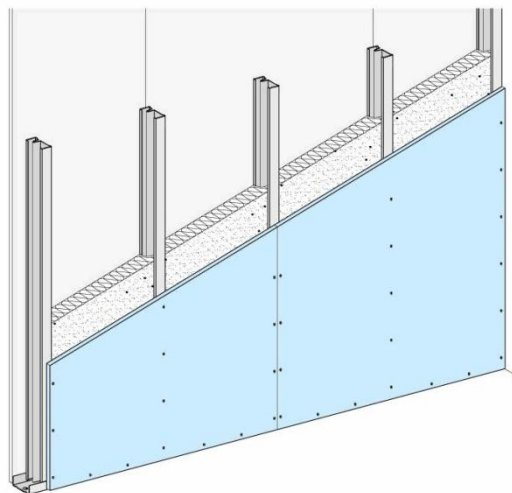
<sup>24</sup> Norma abrogata D.M. 9 marzo 2007 - Determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco degli edifici

<sup>25</sup> D.M. 9 aprile 1994 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività turistico alberghiere - punto 6.1

Il telaio strutturale dell'edificio viene completamente nascosto e protetto da pareti a secco realizzate con lastre di gesso o fibrocemento, che garantiscono in ogni punto una protezione superiore ai minimi normativi richiesti (cfr. Allegati 13-17).

Le stratigrafie di chiusure e partizioni verranno presentate in dettaglio in seguito (cfr. Capitolo 6.1), si anticipa solo che, secondo le schede tecniche di prodotto e i certificati di prova forniti dal produttore, la più semplice parete realizzabile, costituita da due lastre in gesso

rivestite sorrette da una struttura metallica di spessore 5 cm, garantisce un valore di resistenza al fuoco pari a EI 60; le strutture metalliche sono sempre protette da lastre in numero superiore, e spesso da ulteriori strati di finitura in lastre di marmo, pertanto la resistenza minima al fuoco delle strutture in acciaio, R 60, viene sempre garantita.



*Figura 222 - Nel progetto vengono impiegate stratigrafie a secco*

### 5.1.3 Reazione al fuoco dei materiali

Il D.M. 9 aprile 1994 prescrive diverse classi di reazione al fuoco a seconda del luogo dove vengono utilizzati i diversi materiali, tuttavia fa riferimento alla vecchia classificazione italiana in classi da 0 a 5, classificazione aggiornata dai successivi D.M. 10 marzo 2005 e D.M. 15 marzo 2005. Dato che negli elaborati di progetto vengono riportati i valori di reazione al fuoco in accordo alle norme più recenti, viene proposta la tabella di conversione presente nel D.M. 15 marzo 2005, modificata con le aggiunte previste dal D.M. 16 febbraio 2009:

	<b>Classe italiana</b>	<b>Classe europea</b>
<b>Impiego lungo le vie di esodo</b>		
a	Pavimento	(A2FL-s1), (BFL-s1), (CFL-s1)
b	Parete	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s1,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1)
c	Soffitto	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (B-s1,d0), (B-s2,d0)
<b>Impiego a pavimento</b>		
I	Classe 1	(A2FL-s1), (A2FL-s2), (BFL-s1), (BFL-s2), (CFL-s1)
II	Classe 2	(CFL-s2), (DFL-s1)
III	Classe 3	(DFL-s2)
<b>Impiego a parete</b>		
I	Classe 1	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s3,d0), (A2-s1,d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1), (B-s2,d1)
II	Classe 2	(A2-s1,d2), (A2-s2,d2), (A2-s3,d2), (B-s3,d0), (B-s3,d1), (B-s1,d2), (B-s2,d2), (B-s3,d2), (C-s1,d0), (C-s2,d0), (C-s1,d1), (C-s2,d1)
III	Classe 3	(C-s3,d0), (C-s3,d1), (C-s1,d2), (C-s2,d2), (C-s3,d2), (D-s1,d0), (D-s2,d0), (D-s1,d1), (D-s2,d1)
<b>Impiego a soffitto</b>		
I	Classe 1	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s3,d0), (A2-s1,d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s3,d0)
II	Classe 2	(B-s1,d1), (B-s2,d1), (B-s3,d1), (C-s1,d0), (C-s2,d0), (C-s3,d0)
III	Classe 3	(C-s1,d1), (C-s2,d1), (C-s3,d1), (D-s1,d0), (D-s2,d0)

Negli atri, nei corridoi, nei disimpegni, nelle scale e nei passaggi in genere, a parete e soffitto vengono utilizzate lastre in gesso e fibra di cellulosa che garantiscono reazione al fuoco A2-s1,d0, spesso ulteriormente protette da marmo; a pavimento viene utilizzato marmo o legno,

per il quale si prescrive che venga opportunamente trattato con prodotti vernicianti omologati di classe 1 di reazione al fuoco. In ogni caso l'assito è fissato su un supporto in lastre in gesso rivestito, che garantiscono reazione al fuoco A2FL-s1.

In tutti gli altri ambienti, ossia le stanze dell'hotel, i locali staff, gli spogliatoi, la zona fitness, la zona vasche ed il ristorante, è consentito che le pavimentazioni, compresi i relativi rivestimenti, siano di classe 2 e che gli altri materiali di rivestimento siano di classe 1.

In ogni caso vengono sfruttate le medesime stratigrafie delle vie di esodo, pertanto sono garantite altissime prestazioni di reazione al fuoco.

Non sono presenti materiali di rivestimento combustibili, né materiali isolanti in vista, pertanto gli unici rischi presenti sono legati a materiali suscettibili di prendere fuoco su entrambe le facce (tendaggi etc.), per i quali si prescrive una classe di reazione al fuoco non superiore ad 1, e l'arredo, per il quale si prescrive che i mobili imbottiti ed i materassi debbano essere di classe 1 IM.

#### **5.1.4 Compartimentazione**

Il D.M. 09 aprile 1994 prevede che gli edifici vengano opportunamente compartimentati, in funzione dell'altezza antincendio. Per edifici sotto i 24 m tuttavia è consentito che i primi due piani fuori terra dell'edificio costituiscano un unico compartimento, avente superficie complessiva non superiore a 4000 m<sup>2</sup>, e che il primo piano interrato, per gli spazi destinati ad aree comuni a servizio del pubblico, se di superficie non eccedente 1000 m<sup>2</sup>, faccia parte del compartimento sovrastante. Essendo la superficie interrata pari a 1240 m<sup>2</sup> è tuttavia necessario dividere il corpo di fabbrica in due compartimenti: uno comprende la zona hotel, la SPA, l'area fitness e il link, l'altro il ristorante e il bar.

Un terzo e più piccolo compartimento è costituito dalla zona impianti, opportunamente separata dalle aree di servizio.

Le partizioni REI verso l'area impianti vengono realizzate in lastre di gesso e fibre di cellulosa, isolamento termico in pannelli semirigidi di lana minerale, e 30 cm di calcestruzzo armato. La norma non prevede prescrizioni particolari verso il locale impianti, data l'assenza di bruciatori (vengono sfruttate Pompe di Calore alimentate elettricamente), tuttavia una stratigrafia siffatta garantisce prestazioni REI 120.

L'interfaccia tra link e ristorante invece viene realizzata con serramenti trasparenti, che garantiscono valori di resistenza, tenuta e isolamento al fuoco pari a REI 60.

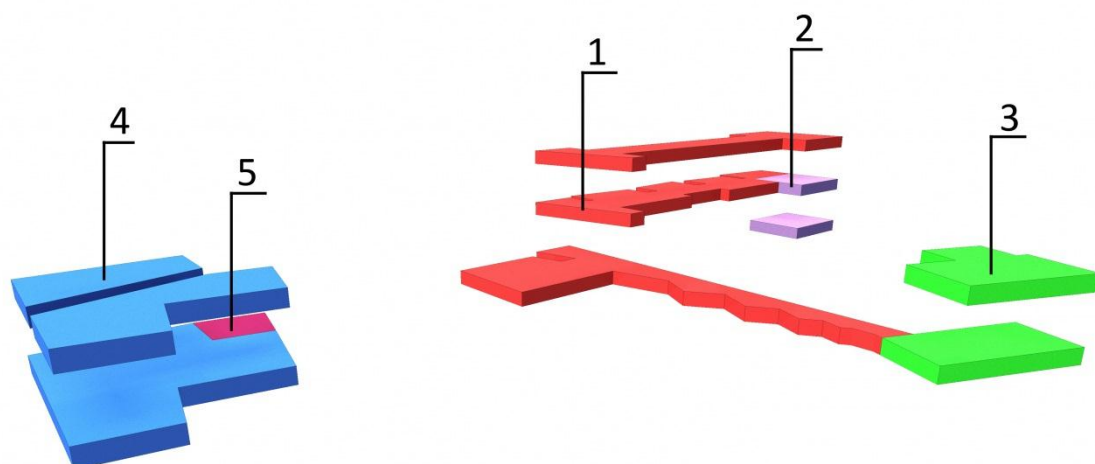


Figura 223 - Suddivisione in compartimenti degli edifici di progetto

compartimento	piano	locale	Superficie m <sup>2</sup>
1	1	Centro benessere	970
	0	Camere hotel	475
	0	Spazi comuni hotel	570
	0	Locali staff	185
	-1	Link	370
	-1	Zona fitness	555
2	0	Locale impianti	270
	-1	Locale impianti	270
3	0	Bar	265
	-1	ristorante	320
4		Reception museo	71
		Museo	820
5		Deposito	103

Nota: viene presentato anche il museo, anche se la trattazione specifica viene svolta in seguito



### **5.1.5 Corridoi**

I tramezzi che separano le camere per ospiti dai corridoi hanno, in accordo ai minimi normativi che prevedono un minimo di REI 30, caratteristiche di resistenza al fuoco pari a REI 90.

Il sistema costruttivo scelto infatti, ove sia richiesto anche il valore di R, oltre a E ed a I, prevede l'utilizzo di lastre di gesso e fibre di cellulosa, che garantiscono prestazioni REI 90.

Le porte delle camere hanno caratteristiche non inferiori a RE 30 con dispositivo di autochiusura.

### **5.1.6 Scale**

Le rampe di scale, in quanto strutture, hanno caratteristiche di resistenza al fuoco pari a REI 60, tuttavia, avendo l'edificio servito uno sviluppo fuori terra di soli due piani, non sono richieste prescrizioni particolari relativamente a compartimentazione e aerazione.

Tutte le altre prescrizioni indicate nella norma vengono rispettate, infatti la larghezza delle scale non è inferiore a 1,20 m, le rampe delle scale, che non sono rettilinee, hanno pianerottoli di riposo almeno ogni quindici gradini e i gradini sono a pianta rettangolare, hanno alzata e pedata costanti, rispettivamente non superiore a 17 cm e non inferiore a 30 cm.

### **5.1.7 Dimensionamento delle vie di esodo**

L'edificio è provvisto di un sistema organizzato di vie di uscita, dimensionato in base al massimo affollamento previsto in funzione della capacità di deflusso.

Il percorso comprende corridoi, vani di accesso alle scale e di uscita all'esterno, scale e passaggi. La larghezza utile è verificata deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono considerati quelli posti ad altezza superiore a 2 m ed eventuali corrimano lungo le pareti, con ingombro non superiore a 8 cm.

Le porte di accesso alle scale e quelle che immettono all'esterno o in luogo sicuro si aprono nel verso dell'esodo a semplice spinta. Le porte delle camere per ospiti sono dotate di serrature a sblocco manuale istantaneo delle mandate dall'interno, al fine di facilitare l'uscita in caso di pericolo; l'apertura di tali porte avviene verso l'interno, in modo da non ridurre la larghezza utile delle vie di esodo.

La norma prescrive che le porte si aprano nel senso della via di esodo, e che al contempo non ne riducano la larghezza; nel caso in esame, dato che l'edificio rientra nella categoria "strutture ricettive monopiano in cui tutte le camere per ospiti hanno accesso direttamente dall'esterno", vengono considerate come vie di esodo le portefinestre di ogni stanza (cfr. Allegato 16), pertanto si considerano rispettati i vincoli normativi nonostante il senso di apertura delle porte verso il corridoio sia contrario a quanto prescritto.

La larghezza utile delle vie di uscita è sempre multipla del modulo di uscita (0,6 m) e non inferiore a due moduli (1,20 m). La misurazione della larghezza delle uscite è eseguita nel punto più stretto della luce.

Dalla porta di ciascuna camera e da ogni punto dei locali comuni è possibile raggiungere una uscita su luogo sicuro o su scala di sicurezza esterna con un percorso non superiore a 40 m; la lunghezza dei corridoi ciechi non è mai superiore a 15 m.

La larghezza totale delle uscite da ogni piano, espressa in numero di moduli, è determinata dal rapporto tra il massimo affollamento previsto e la capacità di deflusso del piano.

$$L = \frac{A}{X} \cdot 0,6$$

Dove

A è il massimo affollamento al piano, fissato in:

- aree destinate alle camere: numero dei posti letto;
- aree comuni a servizio del pubblico: densità di affollamento pari a 0,4 persone/m<sup>2</sup>;
- aree destinate ai servizi: persone effettivamente presenti più il 20%.

X è la capacità di deflusso, fissata in:

- 50 per il piano terra;
- 37,5 per i piani interrati;
- 37,5 per il primo piano.

0,6 è la larghezza sufficiente a transito della persona.

Viene presentata la verifica che le dimensioni delle vie di esodo da ogni piano siano superiori ai minimi imposti da normativa. In particolare si sottolinea che, dato che l'ingresso all'hotel, alla SPA e alla zona fitness è controllato, si impone pari a zero l'affollamento degli spazi comuni dell'hotel, dato che il numero di presenti è già stato conteggiato in funzione del numero di stanze, e si fissa pari a 50 persone (maggiorato del 20% per sicurezza) l'affollamento di SPA e

zona fitness. Per quanto riguarda il bar, non potendo limitare l'accesso di persone, si mantiene uno 0,4 persone/m<sup>2</sup>, mentre per il ristorante, essendo previsto un numero preciso di tavoli, si calcola il numero di persone presenti in funzione delle sedute previste.

compartimento	piano	locale	Numero persone presenti	capacità di deflusso	larghezza vie di esodo minima	larghezza vie di esodo di progetto	
1	1	centro benessere	60	37,5	0,96 m	uscita verso la collina; vano scala	5,80 m
	0	camere hotel	56			14 uscite stanze;	20,0 m
	0	spazi comuni hotel	0	50	0,79 m	uscita a nord; ingresso	
	0	locali staff	10			-	-
	-1	link	147				
	-1	zona fitness	60	37,5	3,32 m	vano scala; uscita verso la balza	3,60 m
2	0	locale impianti	-	-	-	-	-
	-1	locale impianti	-	-	-	-	-
3	0	bar	128	50	1,53 m	porta ingresso; uscita di sicurezza cucina	5,2 m
	-1	ristorante	96	37,5	1,54 m	vano scala; uscita verso la balza	3,7 m

Nel computo della larghezza delle uscite sono conteggiate anche le porte d'ingresso, dato che sono apribili verso l'esterno e sono di tipo scorrevole con azionamento automatico, apribili a spinta verso l'esterno (con dispositivo appositamente segnalato).

Il numero delle uscite dai singoli piani dell'edificio non è inferiore a due e sono poste in punti ragionevolmente contrapposti.

### **5.1.8 Aree ed impianti a rischio specifico**

Sono presenti locali deposito e locali impianti, che tuttavia non ospitano materiale combustibile, data l'alimentazione elettrica delle pompe di calore. Non sono pertanto presenti limitazioni normative.

### **5.1.9 Impianti di produzione calore**

La produzione di calore avviene in modo centralizzato grazie a due Pompe di Calore ad alimentazione elettrica, ubicate al piano interrato nell'edificio hotel. Non essendo presenti gas, né gruppi frigoriferi, non vengono indicate prescrizioni particolari da garantire.

### **5.1.10 Impianti di condizionamento e ventilazione**

L'intervento prevede la presenza di sei Unità di Trattamento Aria: il ristorante, il centro benessere, l'hotel e la zona fitness afferiscono tutti alla medesima centrale termica, che si localizza sotto la zona vasche e si sviluppa su due livelli.

Al piano inferiore, interrato, vengono posizionate le Unità di Trattamento Aria dedicate alla climatizzazione di zona piscine, sauna, bagno turco e camere da letto dell'hotel, mentre al piano terra trova posto l'Unità di Trattamento Aria dedicata all'hotel.

L'Unità di Trattamento Aria della zona fitness e del ristorante trovano invece posto in locali separati, adiacenti alle zone servite, accessibili dall'esterno grazie a scale.

In ogni caso la norma stabilisce che gli impianti devono possedere i requisiti che garantiscono il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- mantenere l'efficienza delle compartimentazioni;
- evitare il riciclo dei prodotti della combustione o di altri gas ritenuti pericolosi;
- non produrre, a causa di avarie e o guasti propri fumi che si diffondano nei locali serviti;
- non costituire elemento di propagazione di fumi e o fiamme anche nella fase iniziale degli incendi.

### **5.1.11 Condotte**

Le condotte sono realizzate in materiale di classe 0 di reazione al fuoco; le tubazioni flessibili di raccordo sono di classe di reazione al fuoco non superiore alla classe 2.

Non sono mai attraversati vani scala e vani ascensore, né le superfici di delimitazione dei compartimenti, dato che nella centrale sotto la zona vasche vengono generati unicamente il fluido caldo ed il fluido freddo, mentre l'UTA del ristorante si trova nel relativo compartimento.

Ogni impianto è dotato di un dispositivo di comando manuale, situato in un punto facilmente accessibile, per l'arresto dei ventilatori in caso d'incendio.

L'intervento dei dispositivi, sia manuali che automatici, non deve consentire la rimessa in marcia dei ventilatori senza l'intervento manuale dell'operatore.

### **5.1.12 Impianti elettrici**

Gli impianti elettrici devono essere realizzati in conformità alla legge n. 186 del 1 marzo 1968.

In particolare, ai fini della prevenzione degli incendi, gli impianti elettrici:

- non devono costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
- non devono fornire alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi. Il comportamento al fuoco della membratura deve essere compatibile con la specifica destinazione d'uso dei singoli locali;
- devono essere suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema (utenza);
- devono disporre di apparecchi di manovra ubicati in posizioni "protette" e devono riportare chiare indicazioni dei circuiti cui si riferiscono.

I seguenti sistemi utenza devono disporre di impianti di sicurezza:

- illuminazione;
- allarme;
- rivelazione;
- impianti di estinzione incendi;
- ascensori antincendio.

L'alimentazione di sicurezza è automatica ad interruzione breve ( $\leq 0,5$  sec) per gli impianti di rivelazione allarme e illuminazione.

Il dispositivo di carica degli accumulatori è di tipo automatico e tale da consentire la ricerca completa entro 12 ore.

L'autonomia dell'alimentazione di sicurezza deve consentire lo svolgimento in sicurezza del soccorso e dello spegnimento per il tempo necessario; in ogni caso l'autonomia minima viene stabilita per ogni impianto come segue:

- rivelazione e allarme: 30 minuti;
- illuminazione di sicurezza: 1 ora;
- ascensori antincendio: 1 ora;
- impianti idrici antincendio: 1 ora.

L'installazione dei gruppi elettrogeni deve essere conforme alle regole tecniche vigenti.

L'impianto di illuminazione di sicurezza deve assicurare un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux ad 1 m di altezza del piano di calpestio lungo le vie di uscita.

Sono ammesse singole lampade con alimentazione autonoma purché assicurino il funzionamento per almeno 1 ora.

Il quadro elettrico generale deve essere ubicato in posizione facilmente accessibile, segnalata e protetta dall'incendio.

#### **5.1.13 Sistemi di allarme**

L'edificio è munito di un sistema di allarme acustico in grado di avvertire gli ospiti e il personale presenti delle condizioni di pericolo in caso di incendio. I dispositivi sonori hanno caratteristiche e ubicazione tali da poter segnalare il pericolo a tutti gli occupanti del fabbricato o delle parti di esso coinvolte dall'incendio (cfr. Allegati 13-17).

Il comando del funzionamento simultaneo dei dispositivi sonori è posto in corrispondenza della reception, sotto il continuo controllo del personale preposto.

Il funzionamento del sistema di allarme è automatico ed è garantito anche in assenza di alimentazione elettrica principale, per un tempo non inferiore a 30 minuti.



#### **5.1.14 Estintori**

Tutte le attività ricettive devono essere dotate di un adeguato numero di estintori portatili.

Gli estintori sono distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere, prestando particolare attenzione alla protezione di accessi e aree caratterizzate da maggior pericolo.

Gli estintori sono ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile; appositi cartelli segnalatori ne facilitano l'individuazione, anche a distanza.

Gli estintori portatili, capacità estinguente non inferiore a 13 A - 89 B, sono installati in ragione di uno ogni 200 m<sup>2</sup> di pavimento, come indicato in tabella:

<b>locale</b>	<b>numero estintori</b>
<b>hotel</b>	6
<b>SPA</b>	5
<b>zona fitness</b>	3
<b>link</b>	2
<b>bar</b>	2
<b>ristorante</b>	2

#### **5.1.15 Impianti idrici antincendio: naspi DN 20**

Gli idranti ed i naspi, correttamente corredati, sono collocati in ciascun piano e distribuiti in modo da consentire l'intervento in tutte le aree dell'attività.

Sono dislocati in posizione facilmente accessibile e visibile; appositi cartelli segnalatori ne agevolano l'individuazione a distanza.

Gli idranti ed i naspi non sono posti all'interno delle scale in modo da non ostacolare l'esodo delle persone.

Per quanto riguarda il dimensionamento della rete, diverse normative sono in contrasto l'una con l'altra.

Il D.M. 9 aprile 1994 prevede che<sup>26</sup>

*“Le attività con numero di posti letto superiore a 25 e fino a 100, devono essere almeno dotate di naspi DN 20.*

*Ogni naspo è corredato da una tubazione semirigida lunga 20 m, realizzata a regola d'arte.*

*I naspi possono essere collegati alla normale rete idrica, purché questa sia in grado di alimentare in ogni momento contemporaneamente, oltre all'utenza normale, i due naspi in posizione idraulicamente più favorevole, assicurando a ciascuno di essi una portata non inferiore a 35 l/min ed una pressione non inferiore a 1,5 bar, quando sono entrambi in fase di scarica.*

*L'alimentazione deve assicurare una autonomia non inferiore a 60 minuti; qualora la rete idrica non sia in grado di assicurare quanto sopra prescritto, deve essere predisposta una alimentazione di riserva, capace di fornire le medesime prestazioni.”*

La UNI 10779 prevede invece che<sup>27</sup>

*“Nelle aree di livello 1 deve essere prevista almeno una rete di idranti per la protezione interna degli edifici.*

*L'alimentazione idrica deve garantire l'erogazione prevista per almeno 30 min.*

*L'impianto deve essere in grado di garantire una portata, per ciascun idrante a muro DN 45 o naspo, non minore di 0,002 m<sup>3</sup>/s ad una pressione residua non minore di 0,2 MPa considerando simultaneamente operativi non meno di 2 idranti nella posizione idraulicamente più sfavorevole.*

*In condizioni di rischio particolarmente basso rispetto al livello in questione, specialmente se le dimensioni delle aree sono limitate, si può prevedere l'installazione di soli naspi dimensionati in modo da garantire una portata per ciascun naspo non minore di 35 litri/min ad una pressione residua non minore di 0,2 MPa considerando simultaneamente operativi non meno di 4 naspi*

---

<sup>26</sup> D.M. 9 aprile 1994 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività turistico alberghiere - punto 11.3.1

<sup>27</sup> UNI 10779 - Reti di idranti: Progettazione, installazione ed esercizio - Allegato B

*nella posizione idraulicamente più sfavorita. La condizione di rischio ridotto deve essere adeguatamente documentata in fase di progetto.*

*In presenza di più colonne montanti, l'impianto deve avere caratteristiche tali da garantire per ogni montante le condizioni idrauliche e di contemporaneità sopra indicate, e di assicurare, per tali condizioni, il funzionamento contemporaneo di almeno 2 colonne montanti."*

Si segue quanto indicato nel D.M. 9 aprile 1994, considerando tuttavia i due naspi in posizione più sfavorevole, dato che il D.M. 18 marzo 1996 riprende a grandi linee la medesima prescrizione<sup>28</sup>.

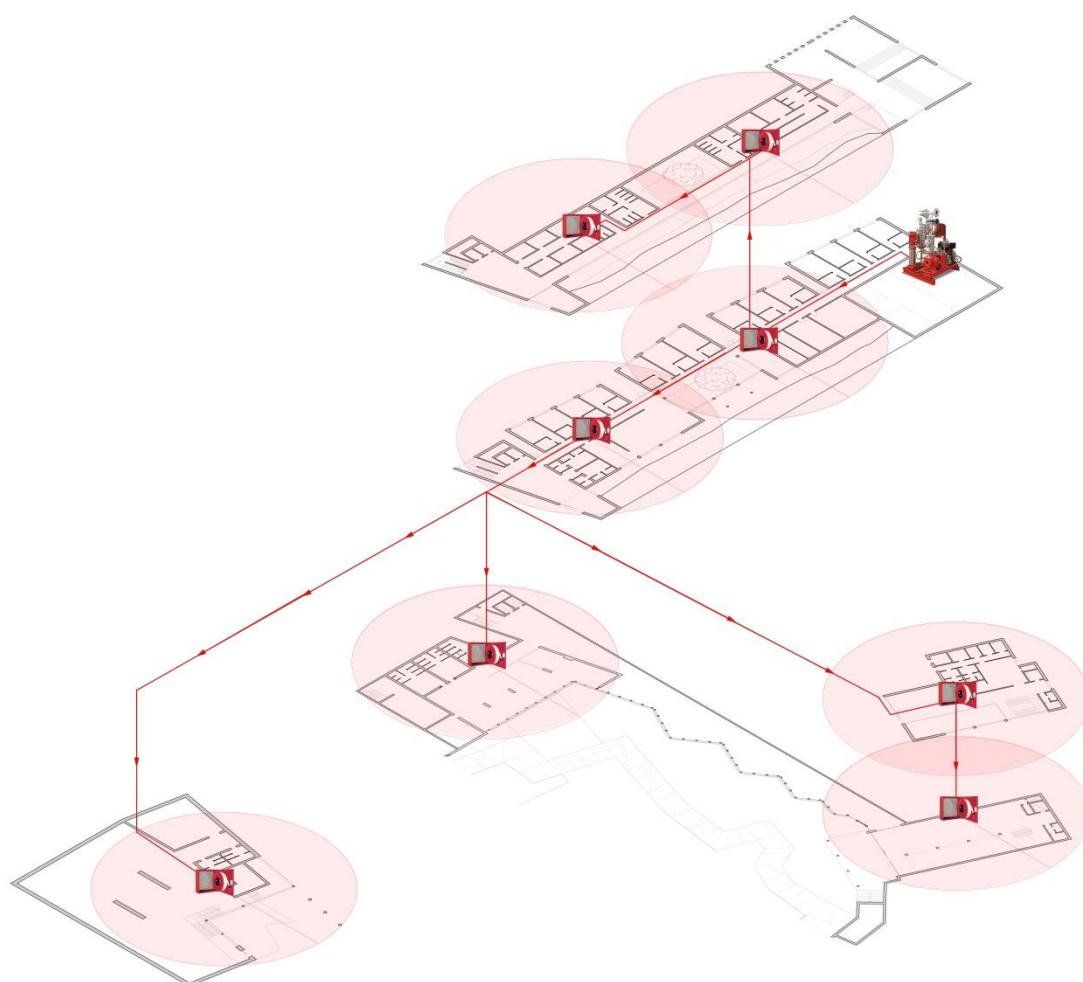


Figura 224 - Schematizzazione della rete naspi

<sup>28</sup> D.M. 18 marzo 1996 - Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi - art. 17

L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete di tubazioni di diametro interno non inferiore a 40 mm, indipendente da quella dei servizi sanitari.

Le tubazioni sono protette dal gelo, da urti e dal fuoco.

Viene previsto un gruppo di surpressione posizionato nel locale impianti sotto la zona vasche, costituito da una elettropompa con alimentazione elettrica di riserva.

Il volume di acqua scaricato in caso di incendio risulta:

$$V = q \cdot N \cdot \Delta t = 4200 \text{ l}$$

Dove

$q$  è la portata richiesta al naspo, pari a 35 l/min

$N$  è il numero di naspi in funzione contemporaneamente, pari a 2

$\Delta t$  è il tempo di scarica, pari a 60 min

La portata da garantire in fase di scarica risulta:

$$Q = q \cdot N = 70 \text{ l/min}$$

Qualora l'acquedotto non fosse in grado di garantire tale portata, risulterebbe necessario prevedere la presenza di una vasca d'accumulo. Tuttavia, in riferimento al dimensionamento del fabbisogno di acqua calda sanitaria dell'hotel – centro benessere, e dell'acqua di reintegro quotidiano delle piscine, si ha:

$Q_{ACS}$  è il fabbisogno orario medio di acqua calda sanitaria dell'hotel - centro benessere, calcolato in funzione dello scenario quotidiano (cfr. Capitolo 11.1), pari a

$$Q_{ACS} = \frac{28443 \text{ l}}{24 \cdot 60 \text{ min}} = 19,7 \text{ l/min}$$

$Q_{AFS}$  è il fabbisogno orario medio di acqua fredda sanitaria, calcolato come

$$Q_{AFS} = Q_{ACS} \cdot 1,1 = 21,7 \text{ l/min}$$

$Q_{A,TOT}$  è il fabbisogno orario medio di acqua relativo a tutto il complesso edificato, considerando quindi il museo, il ristorante, e l'irrigazione del parco, si stima pari a

$$Q_{A,TOT} = (Q_{ACS} + Q_{AFS}) \cdot 1,3 = 53,8 \text{ l/min}$$

$Q_{REINT}$  è il fabbisogno di acqua per il reintegro quotidiano del 5 % del volume d'acqua delle piscine (cfr. Capitolo 10.2.3), pari a

$$Q_{REINT} = 32,3 \text{ l/min}$$

$Q_{TOT}$  è il fabbisogno medio totale orario di acqua, pari a

$$Q_{TOT} = Q_{A,TOT} + Q_{REINT} = 86,1 \text{ l/min}$$

Non è noto il valore di portata dell'acquedotto di Vila Viçosa in corrispondenza del sito di progetto, tuttavia se non fosse almeno pari a  $Q_{TOT}$  non sarebbe possibile realizzare il progetto, a meno di ridurre l'utenza di acqua.

Pertanto, supponendo che in caso di incendio venga interrotta l'erogazione di acqua di servizio, essendo la portata necessaria alla rete antincendio minore di quella necessaria al funzionamento dell'edificio, non si prevede la presenza di una vasca di accumulo.

### **5.1.16 Impianti di rivelazione e segnalazione degli incendi**

Nei locali deposito dell'edificio, in accordo al D.M. 9 aprile 1994, sono installati impianti fissi di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi, progettati e realizzati secondo la regola dell'arte.

La segnalazione di allarme proveniente da uno qualsiasi dei rivelatori utilizzati dovrà sempre determinare una segnalazione ottica ed acustica di allarme incendio nella centrale di controllo e segnalazione, ubicata in ambiente presidiato.

L'impianto deve consentire l'azionamento automatico dei dispositivi di allarme posti nell'attività entro:

- 2 minuti dall'emissione della segnalazione di allarme proveniente da due o più rivelatori o dall'azionamento di un qualsiasi pulsante manuale di segnalazione di incendio;
- 5 minuti dall'emissione di una segnalazione di allarme proveniente da un qualsiasi rivelatore, qualora la segnalazione presso la centrale di allarme non sia tacitata dal personale preposto.
- I predetti tempi potranno essere modificati in considerazione della tipologia dell'attività e dei rischi in essa esistenti.



## **5.2 PRESCRIZIONI ANTINCENDIO DEL MUSEO**

Per quanto riguarda gli edifici a destinazione d'uso museale, l'allegato 1 del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 li definisce come attività soggette alla prevenzione incendi, che devono pertanto rispettare il D.M. 20 maggio 1992, n. 569 "Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre".

Tuttavia tale normativa è abbastanza scarna, lascia molta libertà al progettista e al comando dei Vigili del Fuoco, non specificando in modo preciso parametri quali le dimensioni massime dei compartimenti, l'affollamento dei locali e la lunghezza massima delle vie di fuga.

Totalmente assenti sono le prescrizioni relative alla resistenza al fuoco da garantire alle strutture, pertanto si procederà al calcolo del carico di incendio in accordo al D.M. 9 marzo 2007 e al D.M. 14 gennaio 2008 capitolo 3.6, sotto la voce delle azioni eccezionali.

### **5.2.1 Resistenza al fuoco delle strutture**

Le prestazioni da richiedere ad una costruzione con struttura in acciaio sono individuate nei seguenti livelli:

- Livello I: nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile;
- Livello II: mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione;
- Livello III: mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza;
- Livello IV: requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione;
- Livello V: requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

L'edificio in esame ricade nel III livello in quanto non risulta particolarmente pericoloso per quanto riguarda la possibilità di innesco di incendio; per gli edifici di III categoria, le classi di resistenza al fuoco da garantire si determinano in funzione del carico d'incendio specifico di progetto.

Carico d'incendio specifico	Classe
Non superiore a 100 MJ/m <sup>2</sup>	0
Non superiore a 200 MJ/m <sup>2</sup>	15
Non superiore a 300 MJ/m <sup>2</sup>	20
Non superiore a 450 MJ/m <sup>2</sup>	30
Non superiore a 600 MJ/m <sup>2</sup>	45
Non superiore a 900 MJ/m <sup>2</sup>	60
Non superiore a 1200 MJ/m <sup>2</sup>	90
Non superiore a 1800 MJ/m <sup>2</sup>	120
Non superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	180
Superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	240

La prestazione antincendio che le strutture fuori terra devono garantire dipende dal carico d'incendio specifico di progetto, il quale si ricava tramite la seguente espressione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Dove:

$q_{f,d}$  corrisponde al valore del carico d'incendio specifico di progetto (MJ/m<sup>2</sup>);

$\delta_{q1}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento, secondo quanto indicato in tabella:

Superficie in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$	Superficie in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$
A < 500 m <sup>2</sup>	1,00	2500 m <sup>2</sup> < A < 5000 m <sup>2</sup>	1,60
500 m <sup>2</sup> < A < 1000 m <sup>2</sup>	1,20	5000 m <sup>2</sup> < A < 10000 m <sup>2</sup>	1,80
1000 m <sup>2</sup> < A < 2500 m <sup>2</sup>	1,40	A > 10000 m <sup>2</sup>	2,00

$\delta_{q2}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti in tabella:

Classe di rischio	Descrizione	$\delta_{q2}$
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

$\delta_n$  è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione, calcolabile in funzione dei dati indicati in tabella come:

$$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$$

<b>Sistemi automatici di estinzione</b>	Ad acqua $\delta_{n1}$	0,6
	Altro $\delta_{n2}$	0,8
<b>Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore</b>	$\delta_{n3}$	0,9
<b>Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme antincendio</b>	$\delta_{n4}$	0,85
<b>Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio</b>	$\delta_{n5}$	0,9
<b>Rete idrica antincendio</b>	Interna $\delta_{n6}$	0,9
	Interna ed esterna $\delta_{n7}$	0,8
<b>Percorsi protetti di accesso</b>	$\delta_{n8}$	0,9
<b>Accessibilità ai mezzi di soccorso VV.F.</b>	$\delta_{n9}$	0,9
<b>Valore minimo: 0,267</b>		

$q_f$  è il valore nominale del carico d'incendio specifico da determinarsi tramite la formula:

$$q_f = \sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \frac{\psi_i}{A}$$

Dove

$g_i$  è la massa dell' $i$ -esimo materiale combustibile [kg];

$H_i$  è il potere calorifico inferiore dell' $i$ -esimo materiale combustibile [MJ/kg];

$m_i$  è il fattore di partecipazione alla combustione dell' $i$ -esimo materiale combustibile pari a 0,80, per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili;

$\psi_i$  è il fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell' $i$ -esimo materiale combustibile, pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco, e 1 in tutti gli altri casi;

$A$  è la superficie in pianta lorda del compartimento [m<sup>2</sup>].

Per il calcolo di  $q_f$ , carico di incendio nominale, dato che le esposizioni saranno temporanee e dunque c'è molta incertezza in merito a quantità e tipologia di materiali e arredi presenti, si fa riferimento a dei valori medi indicati nella Lettera Circolare n. 414 del 28 marzo 2008:

Attività	Valore medio (MJ/m <sup>2</sup> )	Frattile 80% (MJ/m <sup>2</sup> )
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365

Non essendo presente la categoria specifica, si considera ragionevole assumere un valore pari a 1000 MJ/m<sup>2</sup>.

Il carico di incendio specifico di progetto risulta dunque:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f = 1,4 \cdot 1,0 \cdot (0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 1000 = 963,9 \frac{MJ}{m^2}$$

In accordo alla normativa si può dunque asserire che le strutture dovranno essere protette con elementi REI 90.

Come già detto, una stratigrafia costituita da due lastre in gesso e fibre di cellulosa, fissate ad un telaio in alluminio di spessore 5 cm, garantisce prestazioni REI 90.

### 5.2.2 Reazione al fuoco dei materiali

Il D.M. 20 maggio 1992, n. 569, prevede che negli atri, nei corridoi di disimpegno, nelle scale e nelle rampe, non possono essere posti elementi di arredo combustibili, oltre al carico di incendio esistente costituito dalle strutture e dal materiale esposto, riportato nel certificato di prevenzione incendi.

Gli elementi di arredo presenti devono avere le seguenti caratteristiche di reazione al fuoco:

- i materiali di rivestimento dei pavimenti devono essere di classe non superiore a 2;

- i materiali suscettibili di prendere fuoco su entrambi i lati e gli altri materiali di rivestimento devono essere di classe 1;
- i mobili imbottiti devono essere di classe 1 IM.

### **5.2.3 Compartimentazione**

Non essendo presenti prescrizioni univoche in merito alla dimensione dei compartimenti, è prevista la presenza di un unico grande compartimento relativo al museo, affiancato da uno più piccolo relativo al locale UTA e al magazzino.

Per quanto riguarda il deposito, il D.M. 20 maggio 1992, n. 569, prevede che il materiale lì conservato deve essere posizionato all'interno del locale in modo da mantenere uno spazio libero di un metro dal soffitto e consentire i passaggi liberi non inferiori a 90 cm tra i materiali depositati.

Non sapendo cosa verrà esposto nel museo, vengono garantite un'altezza netta pari a 9 m, e una superficie del locale pari a 103 m<sup>2</sup>.

Il decreto impone inoltre che le comunicazioni tra i locali adibiti a deposito ed il resto dell'edificio debbano avvenire tramite porte aventi caratteristiche REI 120, di regola, e che nei locali deve essere assicurata la ventilazione naturale pari a 1/30 della superficie in pianta o numero due ricambi d'aria ambiente per ora con mezzi meccanici.

### **5.2.4 Dimensionamento delle vie di esodo**

Il D.M. 20 maggio 1992, n. 569 non prevede lunghezze massime delle vie di fuga, né lunghezza massima di corridoi ciechi, specifica unicamente che “al fine di garantire l'incolumità delle persone deve essere individuato il tratto più breve che esse devono percorrere per raggiungere le uscite”<sup>29</sup>.

Il percorso ha in ogni caso una larghezza superiore a 90 cm in ogni punto, è privo di ostacoli ed è segnalato da cartelli posti ad intervalli regolari di trenta metri, sui quali sono indicate, in modo chiaro e leggibile, le istruzioni sul comportamento che le persone devono adottare, in caso di pericolo.

---

<sup>29</sup> D.M. 20 maggio 1992, n. 569 - Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre - art. 3

Il dimensionamento delle vie di esodo viene svolto come per l'hotel, ossia calcolando la larghezza delle vie di fuga in funzione della capacità di deflusso e dell'affollamento.

L'unica prescrizione presente è che la larghezza minima del percorso sia 90 cm, pertanto, per quanto riguarda gli altri dati necessari per il calcolo, si assume come affollamento il ragionevole numero di 90 persone, come capacità di deflusso, essendo l'edificio interrato, il valore di 37,5, e come modulo per il passaggio di una persona uno spazio di 60 cm.

La larghezza delle vie di esodo risulta pari a:

$$L = \frac{A}{X} \cdot 0,6 = \frac{90}{37,5} \cdot 0,6 = 1,44 \text{ m}$$

Dove

A è il massimo affollamento

X è la capacità di deflusso

0,6 è la larghezza sufficiente a transito della persona.

Pertanto l'unica via di esodo presente, che corrisponde con la rampa di scale che dal piano espositivo conduce all'ingresso del museo, larga 1,50 m, è sufficiente a garantire sicurezza per l'utenza del museo.

### **5.2.5 Sistemi di allarme**

In accordo alla normativa è prevista l'installazione di impianti fissi di rivelazione automatica d'incendio. Sono collegati mediante apposita centrale a dispositivi di allarme ottici e acustici percepibili nella biglietteria all'ingresso.

È inoltre previsto un sistema di allarme acustico ed ottico in grado di avvertire i visitatori delle condizioni di pericolo in caso di incendio, collegato all'impianto fisso di rilevazione automatica.

Le modalità di funzionamento del sistema di allarme devono essere tali da consentire un ordinato deflusso delle persone dai locali.

### **5.2.6 Estintori**

Il Decreto Ministeriale prescrive che sia presente un estintore portatile con capacità estinguente non inferiore a 13 A per ogni 150 m<sup>2</sup> di superficie di pavimento.

Tutti i 7 estintori presenti sono disposti uniformemente lungo tutto il percorso aperto al pubblico in posizione ben visibile, segnalata e di facile accesso. Gli agenti estinguenti devono essere ovviamente compatibili con i materiali che compongono gli oggetti esposti.

### **5.2.7 Impianti idrici antincendio: naspi DN 20**

Secondo il Decreto Ministeriale deve essere presente un impianto idrico antincendio, costituito da una rete, possibilmente chiusa ad anello, dotata di attacchi UNI 45 utilizzabili per il collegamento di manichette flessibili o da naspi.

Nel caso di installazione di naspi, ogni naspo deve essere in grado di assicurare l'erogazione di 35 litri per minuto alla pressione di 1,5 bar al bocchello; la rete che alimenta i naspi deve garantire tali caratteristiche idrauliche per ciascuno dei due naspi in posizione idraulicamente più sfavorevole contemporaneamente in funzione, con una autonomia di 60 minuti.

Il calcolo del volume di acqua scaricato e della portata da garantire in caso di incendio è il medesimo di quanto svolto per l'hotel - centro benessere.

Considerando che la rete antincendio è la medesima e che, essendo gli edifici separati, molto probabilmente non si verificherà un incendio contemporaneamente nei due fabbricati, si considerano ancora valide le valutazioni svolte in precedenza in merito alla portata dell'acquedotto.

In prossimità dell'ingresso principale del museo inoltre, in posizione segnalata e facilmente accessibile dai mezzi di soccorso dei vigili del fuoco, è installato un attacco di mandata per autopompe.





# 6. PROGETTAZIONE TECNOLOGICA

## 6. PROGETTAZIONE TECNOLOGICA

Oggetto della trattazione è lo sviluppo tecnologico a livello esecutivo del corpo di fabbrica a destinazione d'uso hotel, centro benessere e zona fitness.

L'edificio, che si sviluppa su tre piani, ospita al piano interrato la zona fitness e la centrale termica, al piano terra l'hotel e una seconda centrale termica, e al piano superiore il centro benessere, dal quale, sul fronte nord, è possibile uscire per raggiungere la sommità della collina.

In accordo ad un *modus construendi* sempre più diffuso negli ultimi anni, si è scelto di sfruttare per la realizzazione tecnologie a secco, che garantiscono innumerevoli vantaggi su tutti i fronti, prestazionale, ambientale, economico ed estetico.

Tali tecnologie vengono preferite per la velocità di realizzazione, la possibilità di fare previsioni certe su tempi e costi, nonché per la loro flessibilità e per il loro basso impatto ambientale.

Un sistema costruttivo a secco presuppone che tutti i componenti da assemblare vengano direttamente forniti, secondo progetto esecutivo, da fabbriche specializzate e siano quindi, una volta confluiti in cantiere, già collaudati e dotati di certificazione.

Il cantiere diventa quindi luogo dell'assemblaggio di componenti di alta qualità, in cui operai specializzati compongono quello che è semplicemente un sistema meccanico realizzato a priori dal progettista.

A tutto ciò si aggiunge l'alto grado di sostenibilità di questi edifici, poiché i consumi energetici sono calcolabili e controllabili in ogni loro fase di vita: dalla nascita dei suoi componenti all'assemblaggio, dalla gestione dell'edificio alla sua demolizione.

Risultano molto più semplici il controllo di ponti termici e acustici, nonché la gestione di tolleranze costruttive e problemi dipendenti dalla qualità delle maestranze presenti in cantiere.

Un sistema costruttivo a secco, in sintesi, garantisce in modo più sicuro che l'opera realizzata corrisponda a quanto progettato.

Un sistema a secco, essendo per natura leggero, assicura sia una grande *flessibilità* nella distribuzione degli spazi interni di un edificio, sia conferisce al progetto reversibilità: alla dismissione dell'opera i componenti vengono disassemblati e possono essere riusati, riutilizzati o riciclati per consentire un ridotto uso delle materie prime per la produzione di nuovi componenti.

L'edificio progettato tuttavia non è completamente realizzato a secco: le fondazioni, i vani ascensore e i locali interrati vengono realizzati in calcestruzzo gettato in opera, e costituiscono a livello strutturale dei nuclei di controvento.

Il telaio strutturale è invece in acciaio, con travi IPE e pilastri HEA, soletta in lamiera grecata e getto di completamento di nuovo in calcestruzzo. Come già detto, nonostante la forte impronta prefabbricata che si vuole conferire al progetto, viene prevista la presenza di calcestruzzo, in modo da aumentare la massa termica dell'edificio e conferirgli almeno una minima inerzia termica, che con strutture completamente a secco risulterebbe assai ridotta.

Tutte le chiusure verticali e le partizioni interne, ad ogni modo, sono completamente a secco, realizzate con lastre in cartongesso rivestito, fissate su strutture metalliche di supporto in alluminio e opportunamente termoisolate con pannelli in fibre minerali.

Di particolare interesse risulta la chiusura verticale opaca con finitura in gabion wall, che rappresenta un ottimale connubio tra benessere termoigrometrico, ottenuto per sfasamento dell'onda termica sollecitante, e basso impatto ambientale, ottenuto grazie all'utilizzo dei materiali di risulta dalle operazioni di risistemazione della collina.

Prima di procedere con una più dettagliata analisi della facciata in gabion wall, vengono presentate tutte le stratigrafie presenti nel progetto, e per ognuna di esse viene proposta la verifica di assenza di condensa interstiziale e superficiale, mediante diagramma di glaser.

Si sottolinea che per il calcolo della trasmittanza, soprattutto in merito alla resistenza termica delle intercapedini d'aria non ventilate, si è fatto riferimento alla UNI EN ISO 6946<sup>30</sup>.

I valori limite di trasmittanza per chiusure opache verticali, orizzontali e chiusure trasparenti, sono presi dal Decreto Lei 4 aprile 2006, n.80, e valgono:

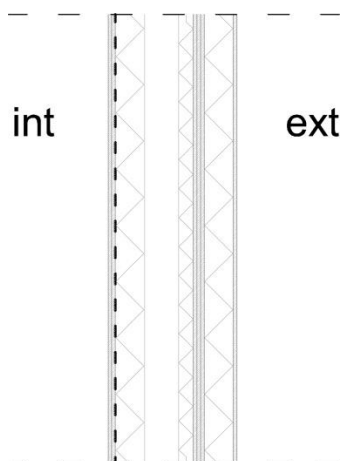
<b>Chiusure opache verticali</b>	$U_{\text{limite}}$	0,7 W/m <sup>2</sup> K
<b>Chiusure opache orizzontali</b>	$U_{\text{limite}}$	0,5 W/m <sup>2</sup> K
<b>Chiusure trasparenti</b>	$U_{\text{limite}}$	4,3 W/m <sup>2</sup> K

---

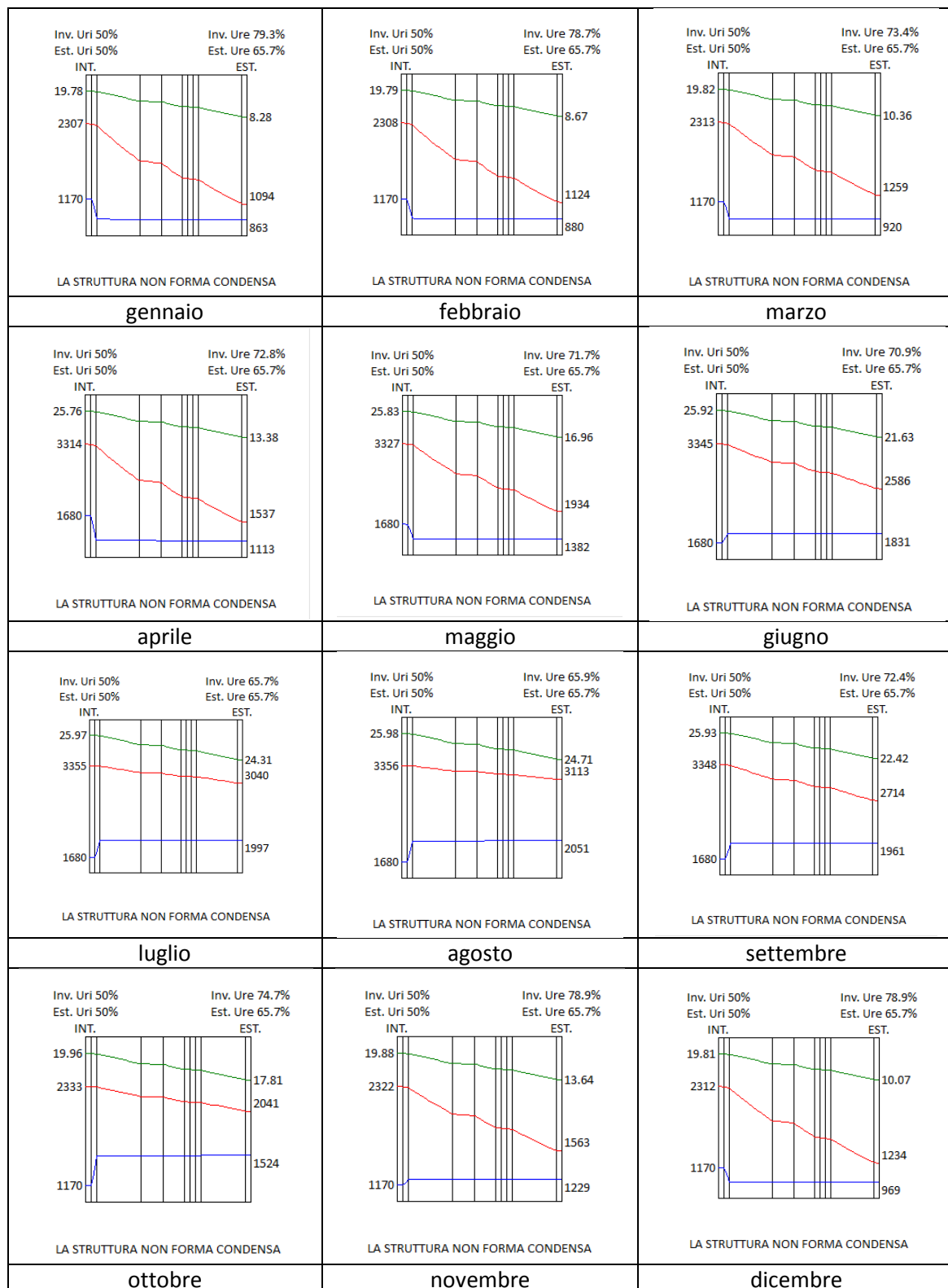
<sup>30</sup> UNI EN ISO 6946 - Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo - punti 5.3.1 e 5.3.2

## 6.1 STRATIGRAFIE

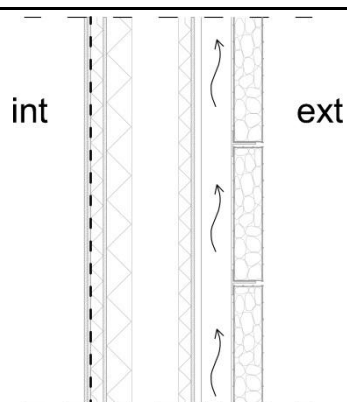
### 6.1.1 CV01: Chiusura verticale camere hotel



Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
Aria interna			0,125					
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A+bv)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	3700,00	5,41E-14	2,31E+11
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Aria ferma (*)	0,0500	0,278	0,180	1	0,05	2,00E-10	2,00E-10	2,50E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	761	9,51	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	761	9,51	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Lastra in cemento fibrorinforzato tipo Knauf Aquapanel Outdoor	0,0125	0,350	0,036	1360	17,00	66,00	3,03E-12	4,13E+09
Aria esterna			0,043					
$R_{tot}$	6,649	m <sup>2</sup> K/W						
$U_{tot}$	0,150	W/m <sup>2</sup> K		< $U_{lim} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$				
Peso	74,58	kg/m <sup>2</sup>						

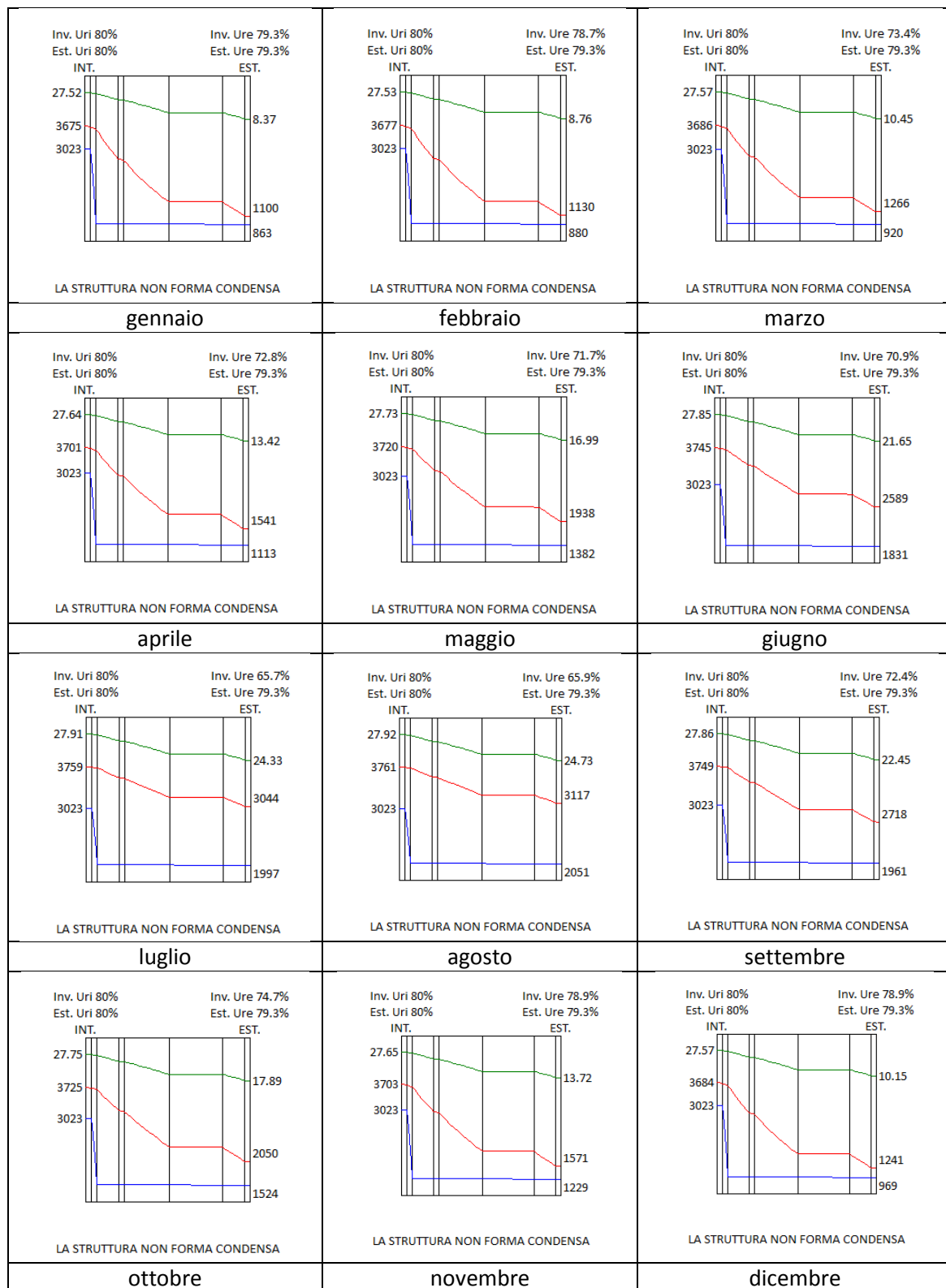


6.1.2 CV02: Chiusura verticale Gabion Wall su stratigrafia a secco

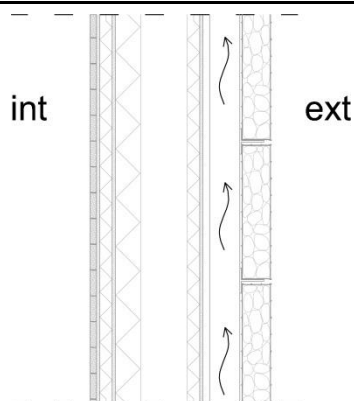


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	$m^2K/W$	$kg/m^3$	$kg/m^2$		$kg/msPa$	$m^2sPa/kg$
Aria interna			0,125					
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A+bv)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	3700,00	5,41E-14	2,31E+11
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Aria ferma (*)	0,1200	0,025	0,180	1	0,12	2,00E-10	2,00E-10	6,00E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in cemento fibrorinforzato tipo Knauf Aquapanel Outdoor	0,0125	0,350	0,036	1360	17,00	66,00	3,03E-12	4,13E+09
Aria esterna			0,043					
Gabion wall	0,1200	1,200	0,100	2200	264,00	2,00E-10	3,75E-11	3,20E+09
$R_{tot}$	5,333	$m^2K/W$						
$U_{tot}$	0,188	$W/m^2K$			$< U_{LIM} = 0,7 W/m^2K$			
Peso	317,62	$kg/m^2$						

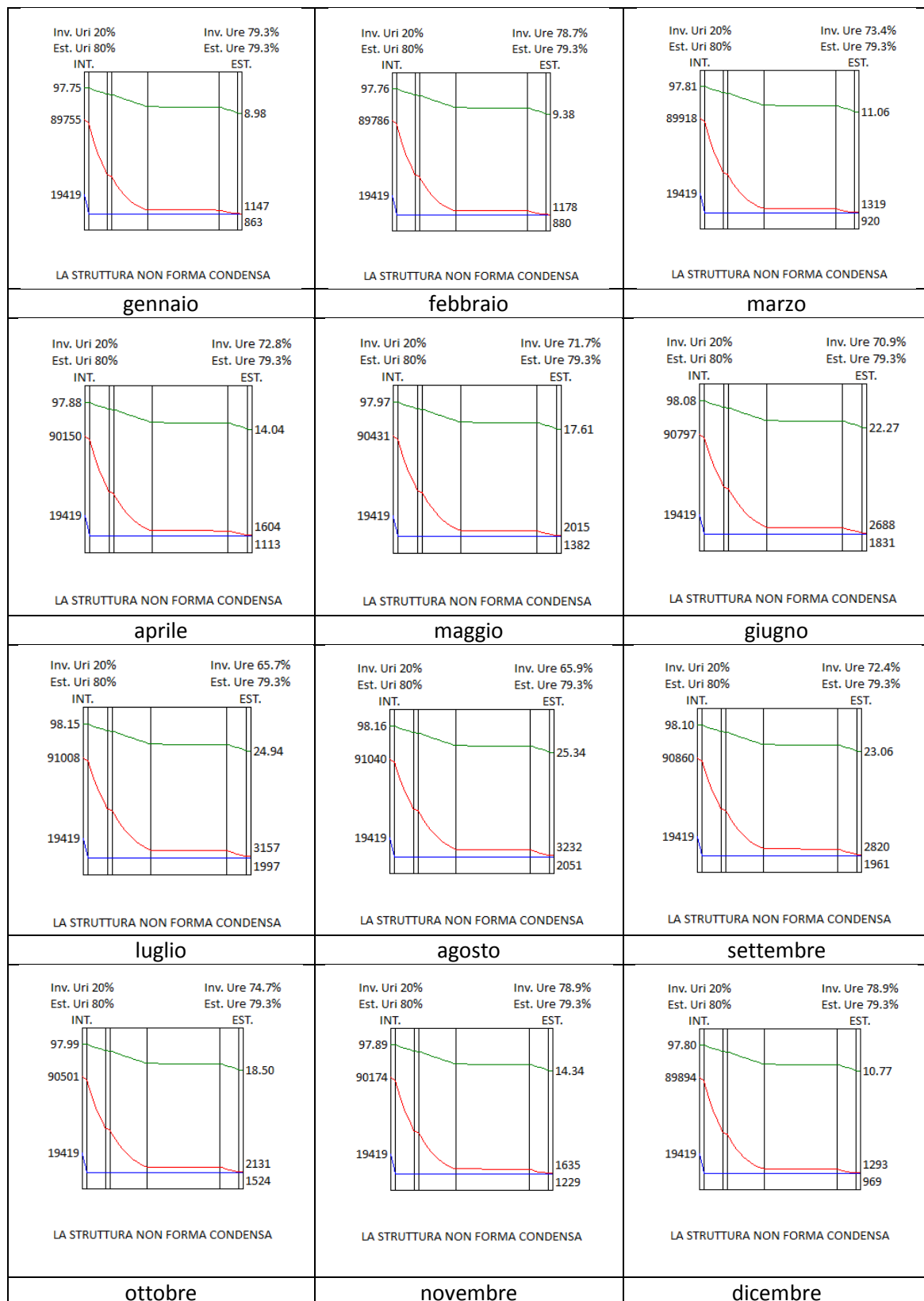




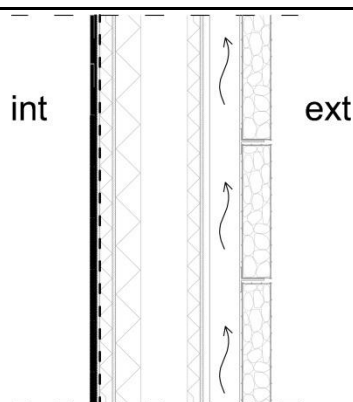
6.1.3 CV03: Chiusura verticale tra Sauna ed esterno



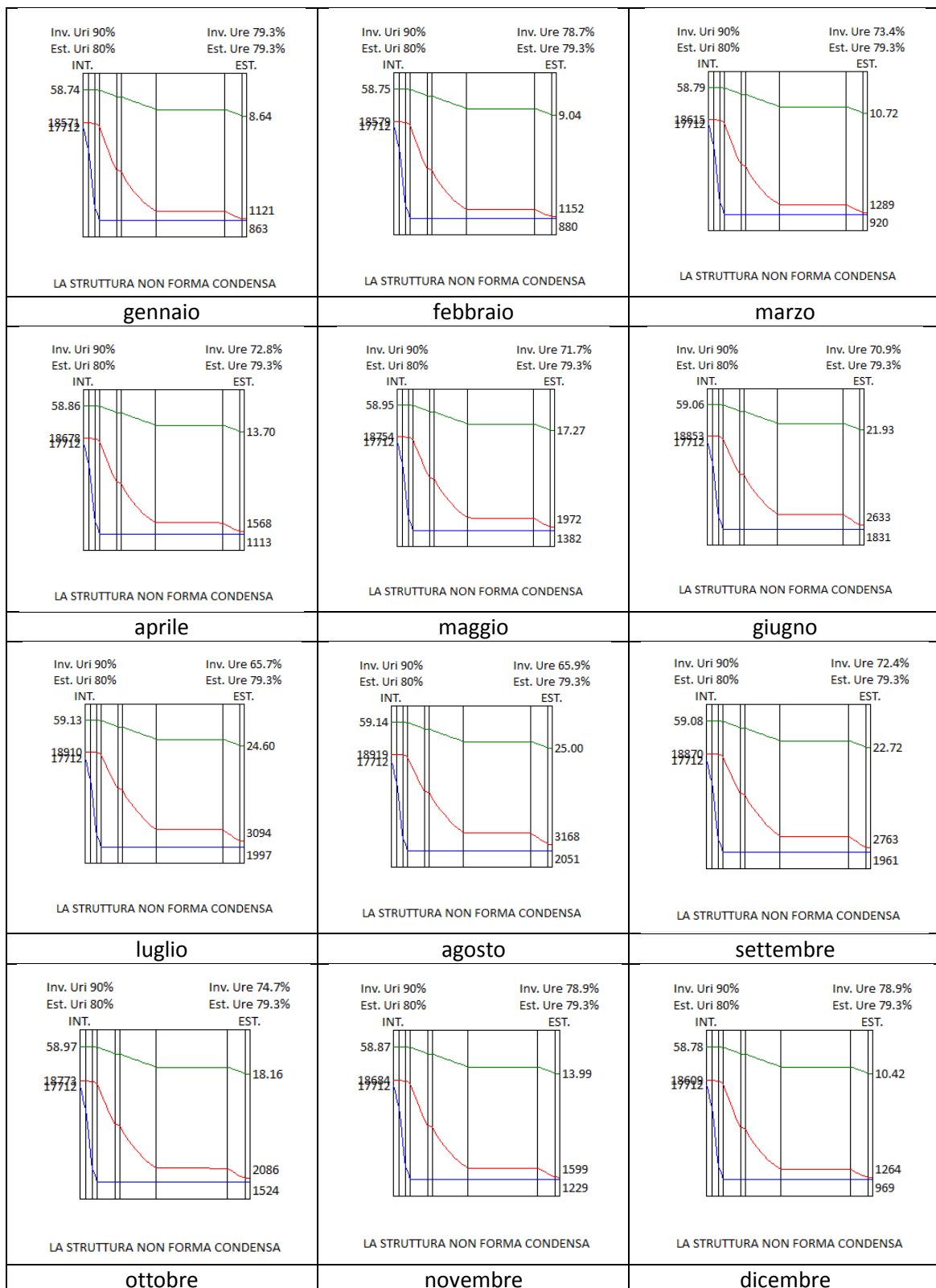
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	$m^2K/W$	$kg/m^3$	$kg/m^2$		$kg/msPa$	$m^2sPa/kg$
<b>Aria interna</b>			0,125					
Listellatura in abete	0,0250	0,1200	0,208	450	11,25	44,44	4,50E-12	5,56E+09
Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra +bv	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	7900,00	2,90E-14	4,31E+11
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Aria ferma (*)	0,2000	0,088	0,230	1	0,20	2,00E-10	2,00E-10	1,00E+09
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in cemento fibrorinforzato tipo Knauf Aquapanel Outdoor	0,0125	0,350	0,036	1360	17,00	66,00	3,03E-12	4,13E+09
<b>Aria esterna</b>			0,043					
Gabion wall	0,1200	1,200	0,100	2200	264,00	2,00E-10	3,75E-11	3,20E+09
<b><math>R_{tot}</math></b>	5,321	$m^2K/W$						
<b><math>U_{tot}</math></b>	0,188	$W/m^2K$						$< U_{LIM} = 0,7 W/m^2K$
<b>Peso</b>	319,95	$kg/m^2$						



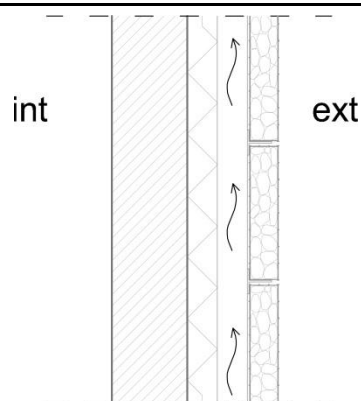
6.1.4 CV04: Chiusura verticale tra Bagno Turco ed esterno



Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria interna</b>			0,125					
<b>Lastre di marmo</b>	0,0150	3,500	0,004	2800	42,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
<b>Malta impermeabilizzante - costituisce strato di incollaggio per marmo</b>	0,0100	1,400	0,007	1800	36,00	50000000,70	9,76E-15	2,05E+12
<b>Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra +bv</b>	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	7900,00	2,90E-14	4,31E+11
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
<b>Aria ferma (*)</b>	0,2000	0,088	0,230	1	0,20	2,00E-10	2,00E-10	1,00E+09
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
<b>Lastra in cemento fibrorinforzato tipo Knauf Aquapanel Outdoor</b>	0,0125	0,350	0,036	1360	17,00	66,00	3,03E-12	4,13E+09
<b>Aria esterna</b>			0,043					
<b>Gabion wall</b>	0,1200	1,200	0,100	2200	264,00	2,00E-10	3,75E-11	3,20E+09
<b>R<sub>tot</sub></b>	5,332	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,188	W/m <sup>2</sup> K		< U <sub>LIM</sub> = 0,7 W/ m <sup>2</sup> K				
<b>Peso</b>	368,70	kg/m <sup>2</sup>						



6.1.5 CV05: Chiusura verticale Gabion Wall su parete portante in c.a.

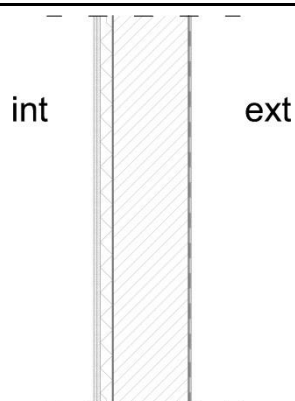


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
<b>Aria interna</b>			0,125					
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,3000	1,650	0,182	2200	660,00	120,00	1,67E- 12	0,0025
<b>Isolante termico in vetro cellulare espanso</b>	0,1200	0,041	2,927	150	18,00	106382 978,72	1,88E- 18	6,38E+ 16
<b>Aria esterna</b>			0,043					
<b>Gabion wall</b>	0,1200	1,200	0,100	2200	264,00	2,00E- 10	3,75E- 11	3,20E+ 09
<b>R<sub>tot</sub></b>	3,277	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,305	W/m <sup>2</sup> K		< U <sub>LIM</sub> = 0,7 W/ m <sup>2</sup> K				
<b>Peso</b>	942,00	kg/m <sup>2</sup>						

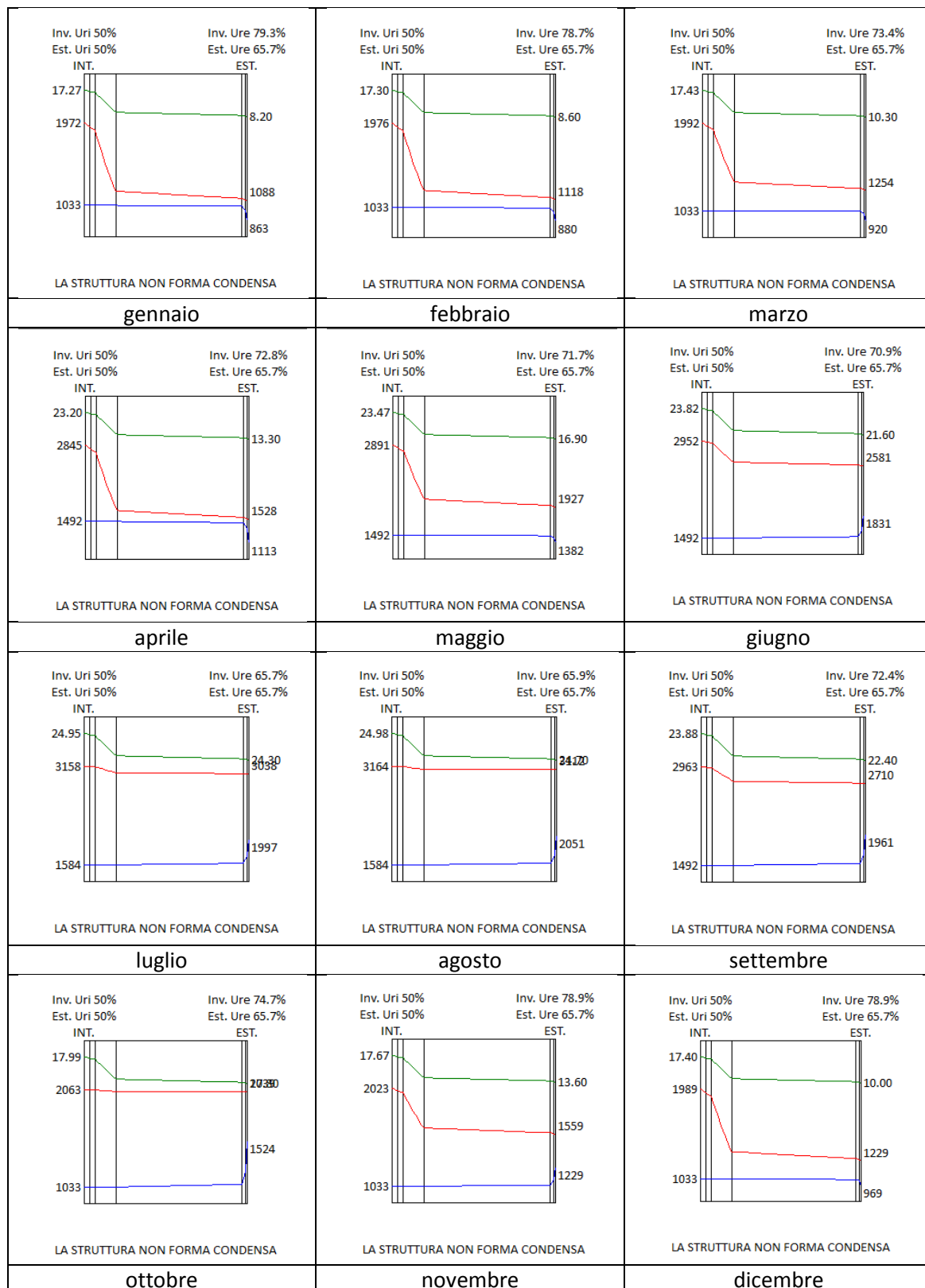
<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.55 2275 1170</p> <p>Inv. Ure 79.3% Est. Ure 74.7% EST. 8.36 1100 863</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.57 2277 1170</p> <p>Inv. Ure 78.7% Est. Ure 74.7% EST. 8.75 1130 880</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.63 2286 1170</p> <p>Inv. Ure 73.4% Est. Ure 74.7% EST. 10.43 1264 920</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>
<b>gennaio</b>	<b>febbraio</b>	<b>marzo</b>
<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.52 3266 1680</p> <p>Inv. Ure 72.8% Est. Ure 74.7% EST. 13.47 1545 1113</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.65 3293 1680</p> <p>Inv. Ure 71.7% Est. Ure 74.7% EST. 17.02 1941 1382</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.83 3328 1680</p> <p>Inv. Ure 70.9% Est. Ure 74.7% EST. 21.66 2590 1831</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>
<b>aprile</b>	<b>maggio</b>	<b>giugno</b>
<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.94 3348 1680</p> <p>Inv. Ure 65.7% Est. Ure 74.7% EST. 24.32 3042 1997</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.95 3351 1680</p> <p>Inv. Ure 65.9% Est. Ure 74.7% EST. 24.72 3115 2051</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 25.86 3334 1680</p> <p>Inv. Ure 72.4% Est. Ure 74.7% EST. 22.45 2718 1961</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>
<b>luglio</b>	<b>agosto</b>	<b>settembre</b>
<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.92 2327 1170</p> <p>Inv. Ure 74.7% Est. Ure 74.7% EST. 17.83 2043 1524</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.76 2304 1170</p> <p>Inv. Ure 78.9% Est. Ure 74.7% EST. 13.68 1567 1229</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>	<p>Inv. Uri 50% Est. Uri 50% INT. 19.62 2285 1170</p> <p>Inv. Ure 78.9% Est. Ure 74.7% EST. 10.13 1240 969</p> <p>LA STRUTTURA NON FORMA CONDENSA</p>
<b>ottobre</b>	<b>novembre</b>	<b>dicembre</b>



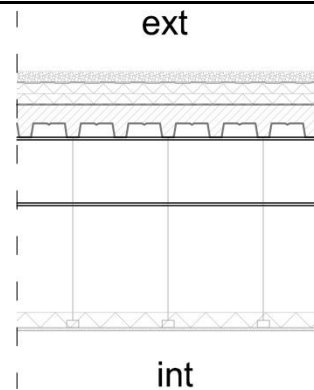
6.1.6 CV06: Chiusura verticale verso terra – Zona Fitness



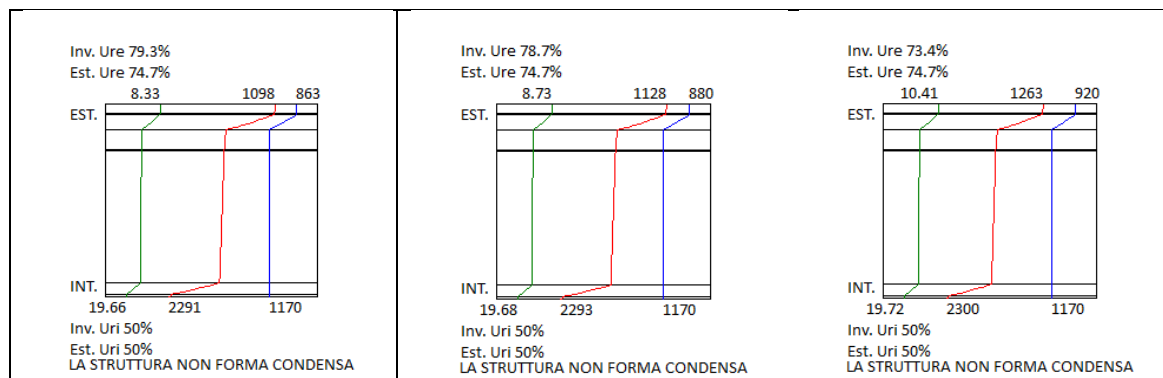
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
<b>Aria interna</b>			0,125					
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,3000	1,650	0,182	2200	660,00	120,00	1,67E-12	2,50E-03
<b>Membrana impermeabilizzante bituminosa in doppio strato</b>	0,0080	0,170	0,047	1200	9,60	20491,80	9,76E-15	8,20E+11
<b>Manto di protezione in HDPE bugnato</b>	0,004	0,5	0,008	980	3,92	100000,00	2,00E-15	2,00E+12
<b>R<sub>tot</sub></b>	1,677	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,596	W/m <sup>2</sup> K		< U <sub>LIM</sub> = 0,7 W/ m <sup>2</sup> K				
<b>Peso</b>	694,52	kg/m <sup>2</sup>						

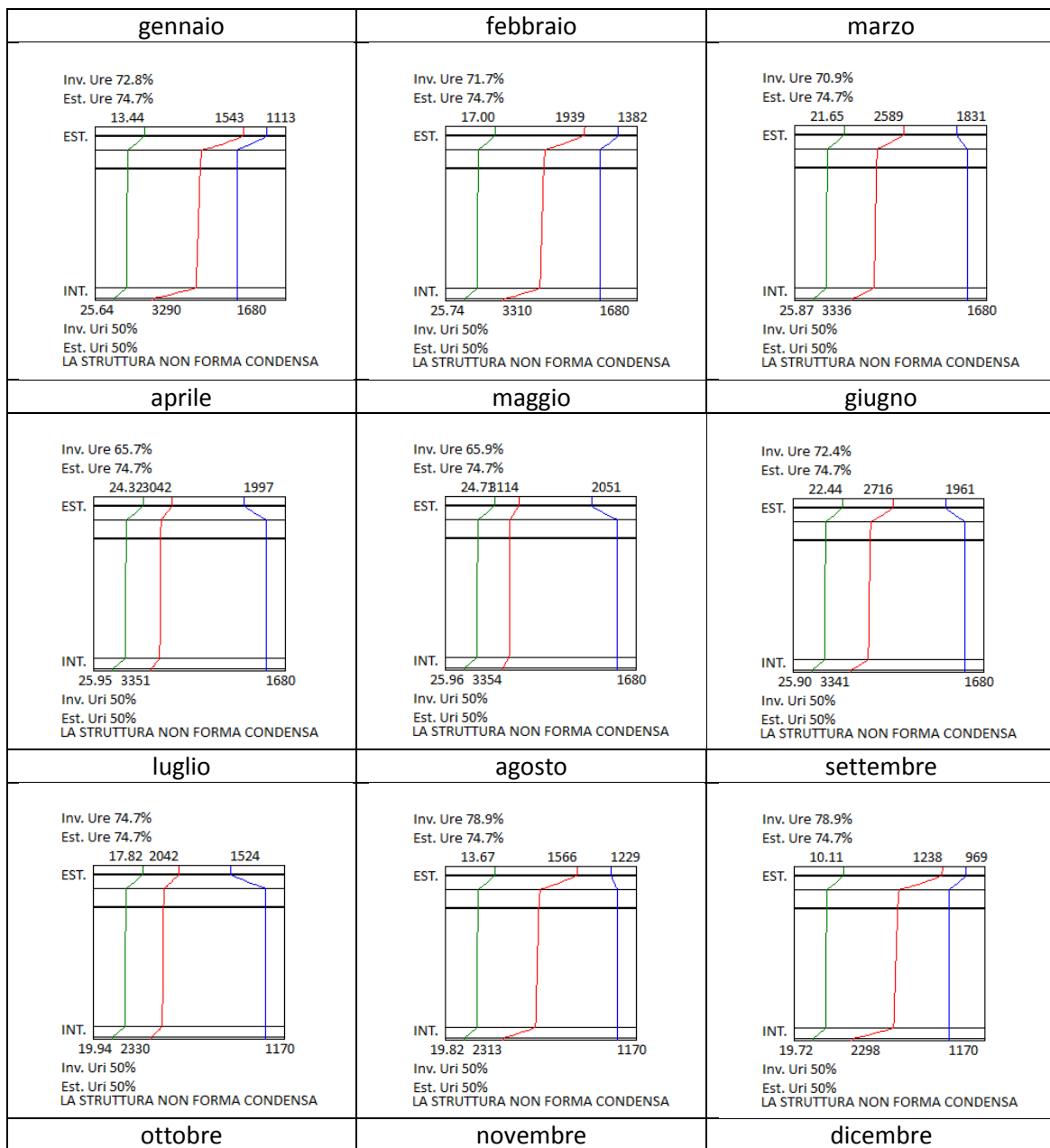


6.1.7 CO01: Chiusura orizzontale camere hotel

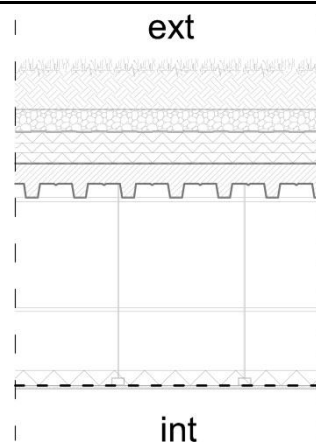


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria esterna</b>			0,043					
<b>Ghiaia</b>	0,0500	1,200	0,042	2200	110,00	0,00	3,75E-11	1,33E+09
<b>Membrana impermeabilizzante bituminosa in doppio strato</b>	0,0080	0,170	0,047	1200	9,60	20491,80	9,76E-15	8,20E+11
<b>Isolante termico in vetro cellulare espanso</b>	0,0800	0,041	1,951	150	12,00	106382978,72	1,88E-18	4,26E+16
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,1025	1,650	0,062	2200	225,50	120,00	1,67E-12	8,54E-04
<b>Lamiera grecata in acciaio S355</b>	52,0000	52,000	1,000	7800	9,55	1000000,00	2,00E-16	2,60E+17
<b>Aria ferma (*)</b>	0,7000	0,469	0,230	1	0,70	2,00E-10	2,00E-10	3,50E+09
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0600	0,042	1,429	40	2,40	1,33	1,50E-10	4,00E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Aria interna</b>			0,111					
<b>R<sub>tot</sub></b>	4,977	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,201	W/m <sup>2</sup> K		< U <sub>LIM</sub> = 0,5 W/ m <sup>2</sup> K				
<b>Peso</b>	379,25	kg/m <sup>2</sup>						

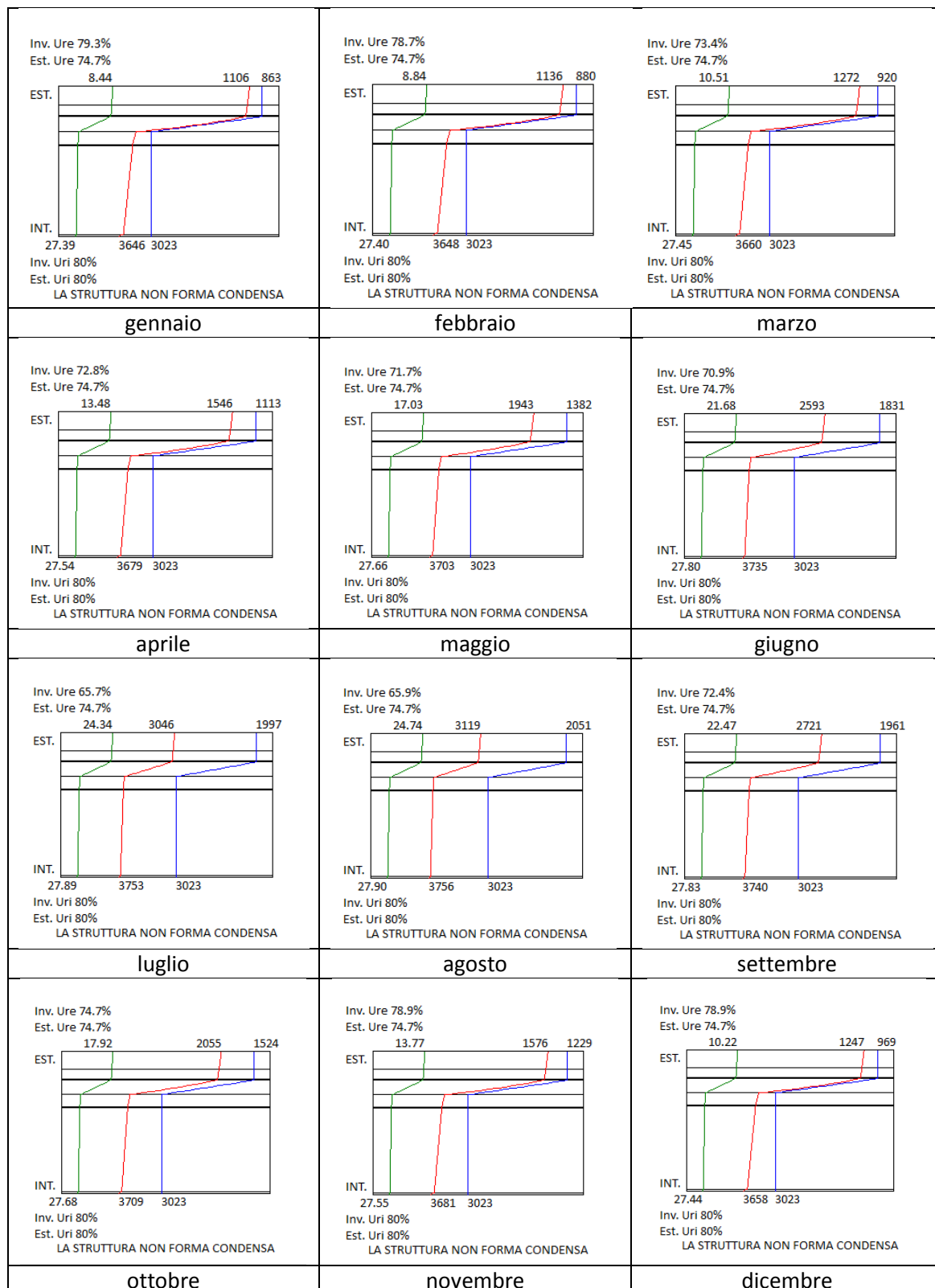




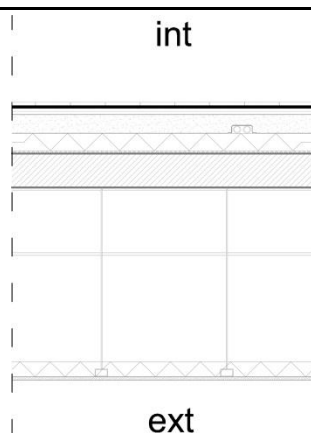
6.1.8 CO2: Chiusura orizzontale a tetto verde



Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
<b>Aria esterna</b>			0,043					
<b>Terreno</b>	0,1500	1,500	0,100	2300	345,00	2,00	1,00E-10	1,50E+09
<b>Ghiaia</b>	0,0800	1,200	0,067	2200	176,00	0,00	3,75E-11	2,13E+09
<b>Membrana impermeabilizzante bituminosa in doppio strato</b>	0,0080	0,170	0,047	1200	9,60	20491,80	9,76E-15	8,20E+11
<b>Isolante termico in vetro cellulare espanso</b>	0,1200	0,041	2,927	150	18,00	106382978,72	1,88E-18	6,38E+16
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,1025	1,650	0,062	2200	225,50	120,00	1,67E-12	8,54E-04
<b>Lamiera grecata in acciaio S355</b>	0,0080	52,000	0,000	7800	9,55	1000000,00	2,00E-16	4,00E+13
<b>Aria ferma (*)</b>	0,7000	0,469	0,230	1	0,70	2,00E-10	2,00E-10	3,50E+09
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A+bv)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	3700,00	5,41E-14	2,31E+11
<b>Aria interna</b>			0,111					
<b>R<sub>tot</sub></b>	3,649	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,274	W/m <sup>2</sup> K			< U <sub>LIM</sub> = 0,5 W/ m <sup>2</sup> K			
<b>Peso</b>	793,85	kg/m <sup>2</sup>						

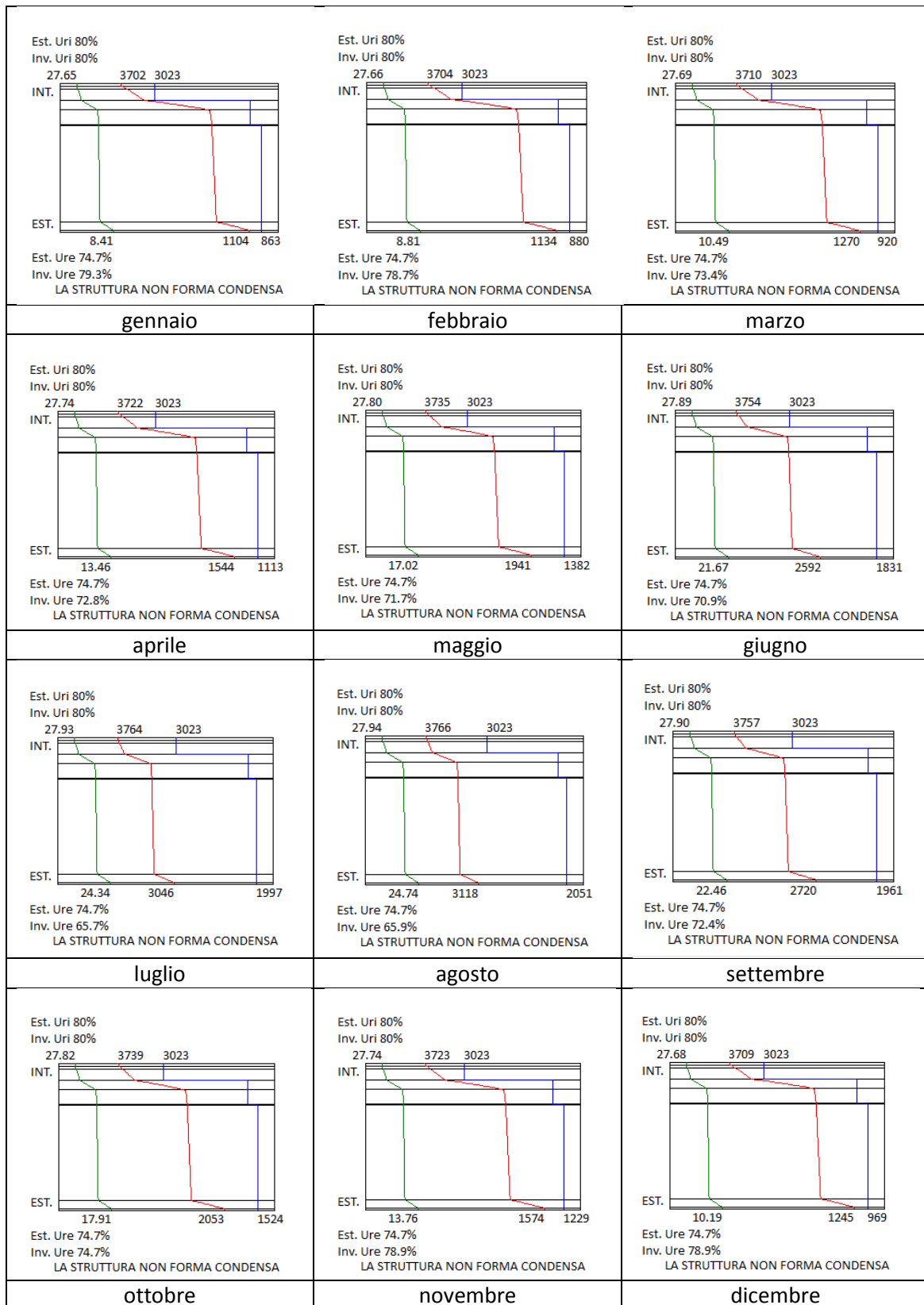


6.1.9 CO03: Chiusura orizzontale verso il patio esterno

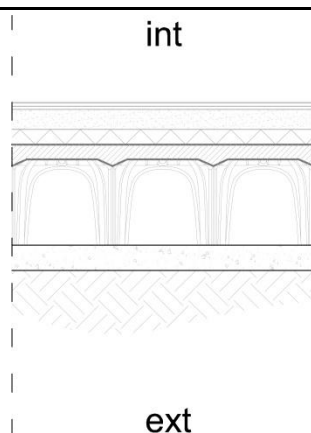


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
<b>Aria interna</b>			0,07					
<b>Pavimentazione in marmo</b>	0,0150	3,500	0,004	2800	42,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
<b>Malta impermeabilizzante - costituisce strato di incollaggio per marmo</b>	0,0100	1,400	0,007	1800	36,00	500000,00,70	9,76E-15	2,05E+12
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Massetto granulare a secco tipo Knauf Trockenschüttung</b>	0,0800	0,230	0,348	490	39,20	5,00	4,00E-11	2,00E+09
<b>Foglio in HDPE</b>	0,0010	0,330	0,003	920	0,92	667700,00,00	3,00E-18	3,34E+14
<b>Isolante termico in EPS tipo Knauf EPS Deo</b>	0,0700	0,040	1,750	130	9,10	50,00	4,00E-12	1,75E+10
<b>Feltro anticalpestio in poliesteri</b>	0,0100	0,050	0,200	238	2,38	1,33	3,03E-12	3,30E+09
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,1025	1,650	0,062	2200	225,50	120,00	1,67E-12	8,54E+04
<b>Lamiera grecata in acciaio S355</b>	0,0080	52,000	0,000	7800	9,55	100000,0,00	2,00E-16	4,00E+13
<b>Aria ferma (*)</b>	0,7000	0,469	0,230	1	0,70	2,00E-10	2,00E-10	3,50E+09
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0600	0,042	1,429	40	2,40	1,33	1,50E-10	4,00E+08
<b>Lastra in cemento fibrorinforzato tipo Knauf Aquapanel Outdoor</b>	0,0125	0,350	0,036	1360	17,00	66,00	3,03E-12	4,13E+09
<b>Aria esterna</b>			0,04					
	<b>R<sub>tot</sub></b>	4,304	m <sup>2</sup> K/W					
	<b>U<sub>tot</sub></b>	0,232	W/m <sup>2</sup> K	< U <sub>LIM</sub> = 0,5 W/ m <sup>2</sup> K				
	<b>Peso</b>	385,75	kg/m <sup>2</sup>					





6.1.10 CO04: Chiusura orizzontale verso terra hotel



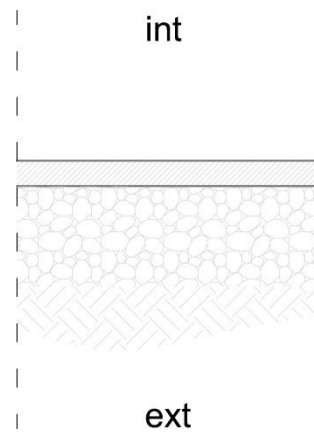
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria interna</b>			0,07					
<b>Pavimentazione in resina sintetica</b>	0,0150	0,200	0,075	1200	18,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Massetto granulare a secco tipo Knauf Trockenschüttung</b>	0,0800	0,230	0,348	490	39,20	5,00	4,00E-11	2,00E+09
<b>Foglio in HDPE</b>	0,0010	0,330	0,003	920	0,92	667700,00	3,00E-18	3,34E+14
<b>Isolante termico in vetro cellulare espanso</b>	0,0600	0,041	1,463	150	9,00	106382,978,72	1,88E-18	3,19E+16
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,0600	1,650	0,036	2200	132,00	120,00	1,67E-12	5,00E-04
<b>Membrana impermeabilizzante bituminosa in doppio strato</b>	0,0080	0,170	0,047	1200	9,60	20491,80	9,76E-15	8,20E+11
<b>CLS magro per sottofondazioni</b>	0,1000	0,300	0,043	800	80,00	40,00	5,00E-12	2,00E+10
<b>R<sub>tot</sub></b>	2,121		m <sup>2</sup> K/W					
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,472		W/m <sup>2</sup> K					
<b>Peso</b>	218,12		kg/m <sup>2</sup>					



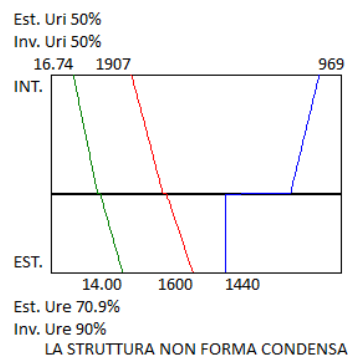
Le rimanenti stratigrafie sono relative o ad elementi tecnici che separano due ambienti a temperatura controllata lungo tutto l'arco dell'anno, o ad elementi tecnici interfacciati con ambienti a temperatura verosimilmente costante. Il calcolo viene svolto pertanto in condizioni stazionarie.

Si sottolinea che per il solaio contro terra dell'hotel, essendo messo in opera su di uno strato di casseri a perdere che garantiscono una ventilazione sottostante, il calcolo è stato svolto mese per mese, mentre per quanto riguarda il solaio contro terra del locale impianti, non essendo ventilato, si assume una temperatura costante del terreno pari a 14°C.

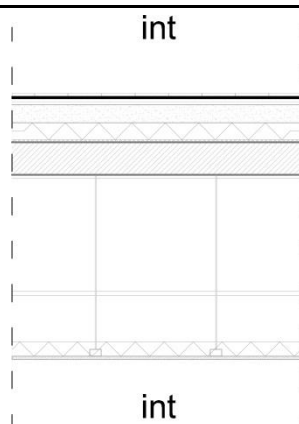
**6.1.11 CO05: Chiusura orizzontale verso terra zona impianti**



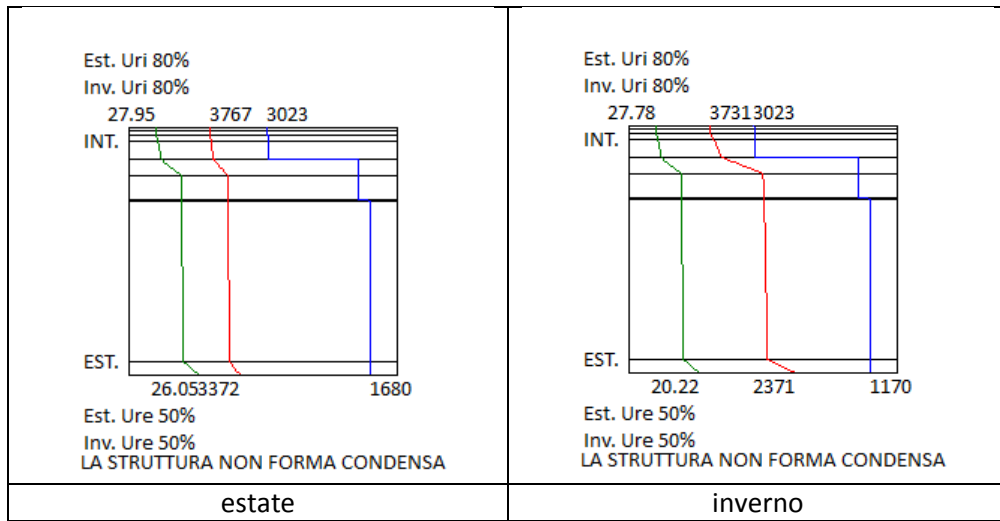
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria interna</b>			0,071					
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,6000	1,650	0,364	2200	1320,00	120,00	1,67E-12	5,00E-03
<b>Membrana impermeabilizzante bituminosa in doppio strato</b>	0,0080	0,170	0,047	1200	9,60	20491,80	9,76E-15	8,20E+11
<b>Ghiaia</b>	0,4000	1,200	0,333	2200	880,00	2,00E-10	3,75E-11	1,07E+10
<b>R<sub>tot</sub></b>	0,815	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	1,227	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	2209,60	kg/m <sup>2</sup>						



6.1.12 PIO01: Partizione interna orizzontale tra centro benessere e hotel

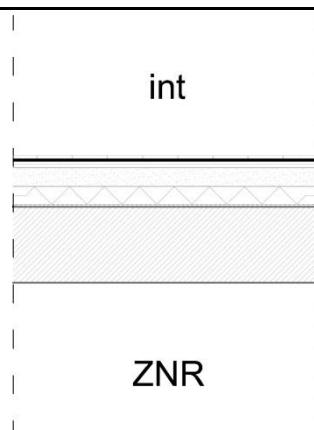


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
<b>Aria interna</b>			0,111					
<b>Pavimentazione in marmo</b>	0,0150	3,500	0,004	2800	42,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
<b>Malta impermeabilizzante - costituisce strato di incollaggio per marmo</b>	0,0200	1,400	0,014	1800	36,00	500000,00,70	9,76E-15	2,05E+12
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Massetto granulare a secco Knauf Trockenschüttung</b>	0,0800	0,230	0,348	490	39,20	5,00	4,00E-11	2,00E+09
<b>Foglio in HDPE</b>	0,0010	0,330	0,003	920	0,92	666666,66,70	3,00E-18	3,33E+14
<b>Isolante termico in EPS tipo Knauf EPS Deo</b>	0,0700	0,040	1,750	130	9,10	50,00	4,00E-12	1,75E+10
<b>Feltro anticalpestio in poliesteri</b>	0,0100	0,050	0,200	238	2,38	1,33	3,03E-12	3,30E+09
<b>CLS con aggregati naturali</b>	0,1025	1,650	0,062	2200	225,50	120,00	1,67E-12	8,54E+04
<b>Lamiera grecata in acciaio S355</b>	0,0080	52,000	0,000	7800	9,55	100000,0,00	2,00E-16	4,00E+13
<b>Aria ferma (*)</b>	0,7000	0,469	0,230	1	0,70	2,00E-10	2,00E-10	3,50E+09
<b>Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi</b>	0,0600	0,042	1,429	40	2,40	1,33	1,50E-10	4,00E+08
<b>Lastra in gesso rivestito ad alta densità armata con fibre minerali tipo Knauf GKF (F)</b>	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
<b>Aria interna</b>			0,111					
	<b>R<sub>tot</sub></b>	4,450	m <sup>2</sup> K/W					
	<b>U<sub>tot</sub></b>	0,225	W/m <sup>2</sup> K					
	<b>Peso</b>	396,25	kg/m <sup>2</sup>					



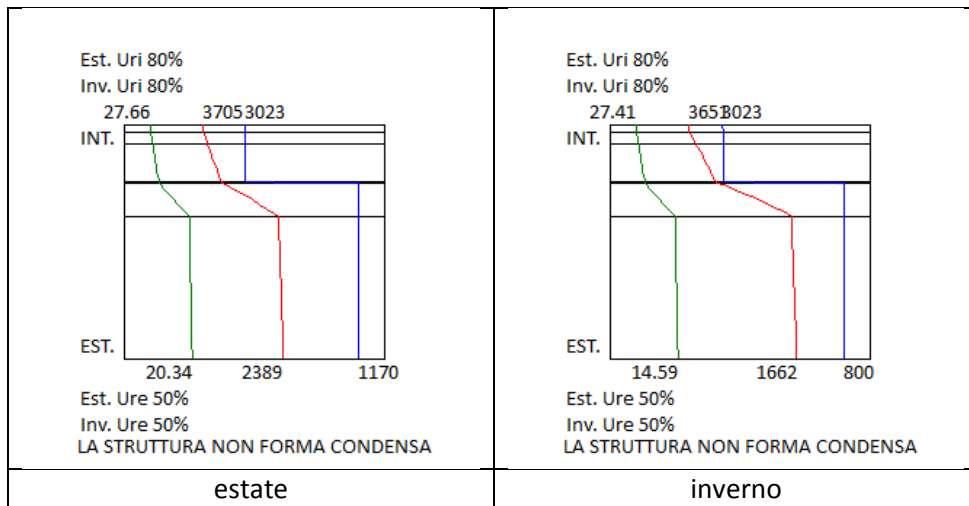


6.1.13 PIO02: Partizione interna orizzontale tra piscina e zona impianti

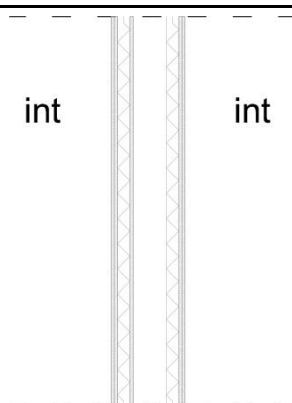


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
Aria interna			0,111					
Pavimentazione in marmo	0,0150	3,500	0,004	2800	42,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
Malta impermeabilizzante - costituisce strato di incollaggio per marmo	0,0200	1,400	0,014	1800	36,00	500000,00	9,76E-15	2,05E+12
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf pavilastra	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Massetto granulare a secco tipo Knauf Trockenschüttung	0,0800	0,230	0,348	490	39,20	5,00	4,00E-11	2,00E+09
Foglio in HDPE	0,0010	0,330	0,003	920	0,92	667700,00	3,00E-18	3,34E+14
Isolante termico in EPS tipo Knauf EPS Deo	0,0700	0,040	1,750	130	9,10	50,00	4,00E-12	1,75E+10
Feltro anticalpestio in poliesteri	0,0100	0,050	0,200	238	2,38	1,33	3,03E-12	3,30E+09
CLS con aggregati naturali	0,3000	1,650	0,182	2200	660,00	120,00	1,67E-12	2,50E-03
Aria interna			0,111					
<b>R<sub>tot</sub></b>	2,848	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,351	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	808,60	kg/m <sup>2</sup>						

**PROGETTAZIONE TECNOLOGICA**

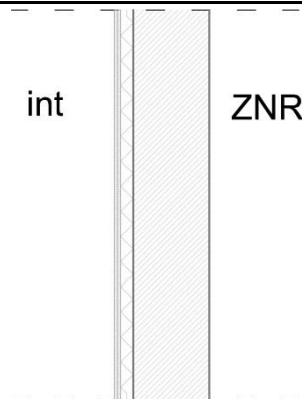


6.1.14 PIV01: Partizione interna verticale standard

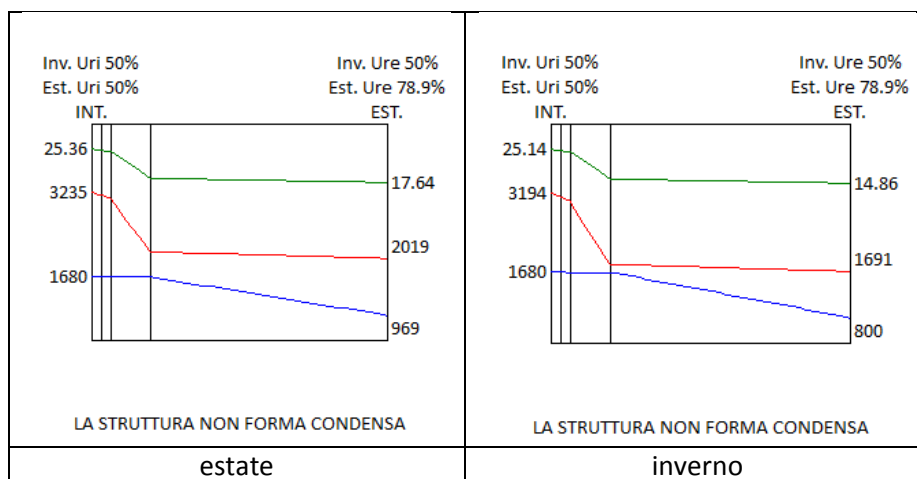


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
Aria interna			0,125					
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria ferma (*)	0,1500	0,088	0,230	1	0,15	2,00E-10	2,00E-10	7,50E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria interna			0,125					
<b>R<sub>tot</sub></b>	3,173	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,315	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	42,15	kg/m <sup>2</sup>						

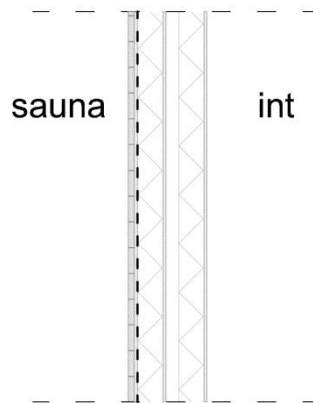
6.1.15 PIV02: Partizione interna verticale verso zona impianti



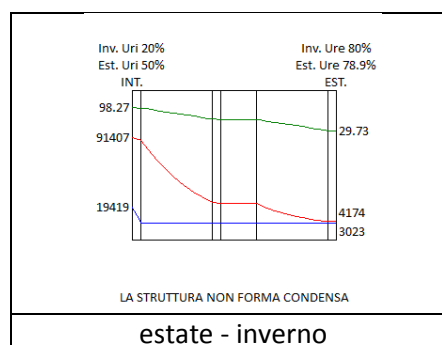
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria interna</b>			0,125					
Lastra in gesso e fibre di cellulosa tipo Knauf Vidiwall	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso e fibre di cellulosa tipo Knauf Vidiwall	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
CLS con aggregati naturali	0,3000	1,650	0,182	2200	660,00	120,00	1,67E-12	2,50E-03
<b>Aria interna</b>			0,125					
<b>R<sub>tot</sub></b>	1,747	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,572	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	681,00	kg/m <sup>2</sup>						



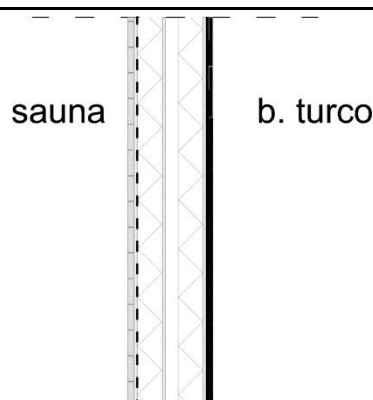
6.1.16 PIV03: Partizione interna verticale tra sauna e centro benessere



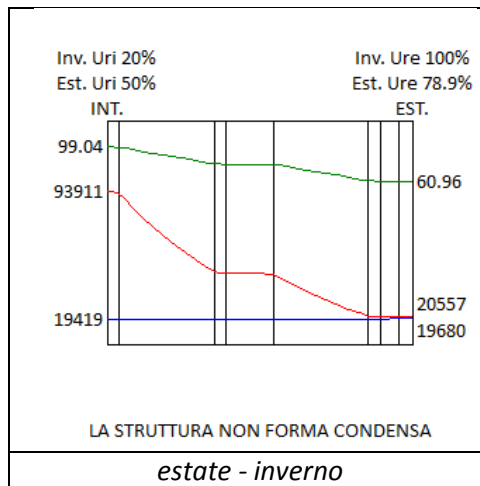
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
Aria interna			0,125					
Listellatura in abete	0,0250	0,1200	0,208	450	11,25	44,44	4,50E-12	5,56E+09
Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra +bv	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	7900,00	2,90E-14	4,31E+11
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria ferma (*)	0,0500	0,278	0,180	1	0,05	2,00E-10	2,00E-10	2,50E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria interna			0,125					
<b>R<sub>tot</sub></b>	5,379	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,186	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	37,55	kg/m <sup>2</sup>						



6.1.17 PIV04: Partizione interna verticale tra sauna e bagno turco

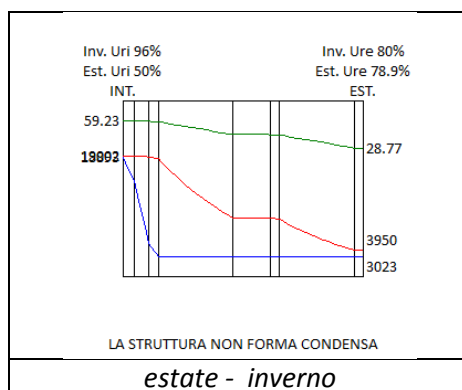


Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa	m <sup>2</sup> sPa/kg
<b>Aria interna</b>			0,125					
Listellatura in abete	0,0250	0,1200	0,208	450	11,25	44,44	4,50E-12	5,56E+09
Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra +bv	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	7900,00	2,90E-14	4,31E+11
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria ferma (*)	0,1000	0,067	0,180	1	0,10	2,00E-10	2,00E-10	5,00E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,1000	0,042	2,381	40	4,00	1,33	1,50E-10	6,67E+08
Lastra in gesso rivestito impregnata tipo Knauf GKI idrolastra	0,0125	0,200	0,063	800	10,00	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Malta impermeabilizzante - costituisce strato di incollaggio per marmo	0,0100	1,4	0,007	1800	36,00	500000,00,70	9,76E-15	2,05E+12
Lastre di marmo	0,0150	3,500	0,004	2800	42,00	10000,00	2,00E-14	7,50E+11
<b>Aria interna</b>			0,125					
<b>R<sub>tot</sub></b>	5,391	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,186	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	108,85	kg/m <sup>2</sup>						

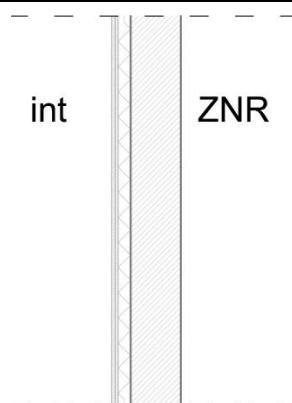




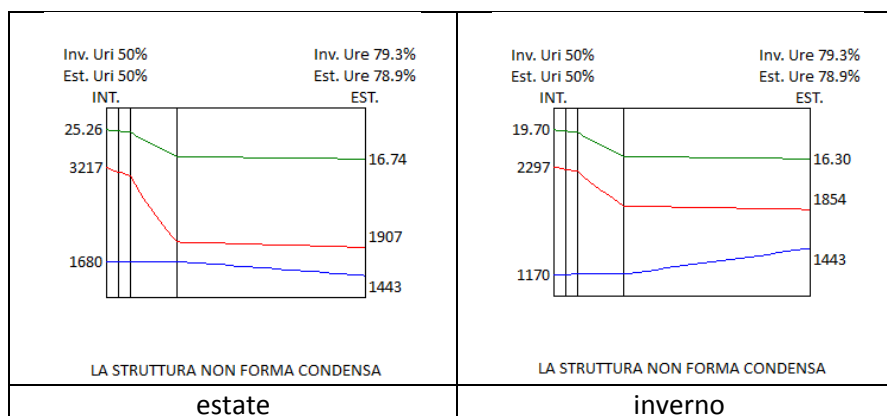




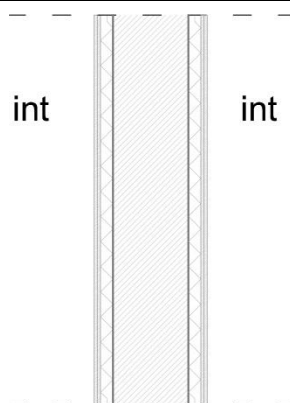
### 6.1.19 PIV06: Partizione interna verticale verso ascensori



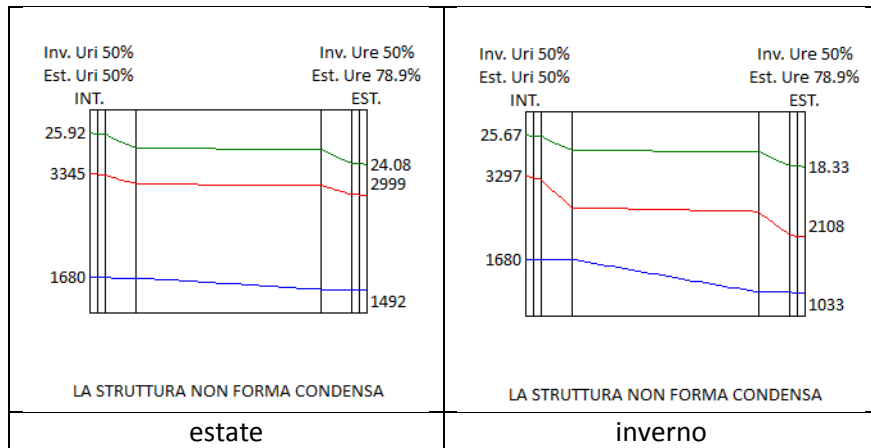
Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
Aria interna			0,125					
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
CLS con aggregati naturali	0,2000	1,650	0,121	2200	440,00	120,00	1,67E-12	1,67E-03
Aria interna			0,125					
<b>R<sub>tot</sub></b>	1,687	m <sup>2</sup> K/W						
<b>U<sub>tot</sub></b>	0,593	W/m <sup>2</sup> K						
<b>Peso</b>	440,00	kg/m <sup>2</sup>						



### 6.1.20 PIV07: Partizione interna verticale zona fitness



Strato	s	$\lambda$	R	$\rho$	$\rho'$	$\mu$	$\delta$	$R_v$
	m	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>		kg/msPa a	m <sup>2</sup> sPa/ kg
Aria interna			0,125					
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
CLS con aggregati naturali	0,3000	1,650	0,182	2200	660,00	120,00	1,67E-12	2,50E-03
Isolante termico in lana minerale, pannelli semirigidi	0,0500	0,042	1,190	40	2,00	1,33	1,50E-10	3,33E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Lastra in gesso rivestito tipo Knauf GKB (A)	0,0125	0,200	0,063	760	9,50	10,00	2,30E-11	5,43E+08
Aria interna			0,125					
$R_{tot}$	3,063		m <sup>2</sup> K/W					
$U_{tot}$	0,327		W/m <sup>2</sup> K					
Peso	660,00		kg/m <sup>2</sup>					



## 6.2 IL GABION WALL

*A smart way to reuse rejected stone:* così veniva presentata in fase di concept l'idea di utilizzare le pietre scartate durante l'estrazione e la lavorazione del marmo, presenti in grande quantità nel sito di progetto.



Figura 225 - La collina di detriti vista dal campo di olivi a est del sito di progetto



Figura 226 - La collina costituita dalle pietre scartate derivanti dall'estrazione del marmo

Il gabion wall, una gabbia di metallo contenente pietre, nasce nell'ingegneria civile per la realizzazione di muri a gravità per il contenimento delle terre dei pendii e dei letti dei fiumi. In tempi più recenti però le gabbie di sassi hanno visto aumentare il loro campo di utilizzo in svariate forme: dall'arredo urbano, all'arte, all'architettura.



Figura 227 - Muro a gravità in gabion wall per il contenimento di un pendio



Figura 228 - Gabion wall in prossimità del letto di un fiume





Figura 229 - Le Cantine Dominus nella Napa Valley di Herzog & De Meuron



Figura 230 - Scorcio dell'ingresso delle cantine Dominus



Figura 231 - Elemento di arredo urbano in gabion wall



Figura 232 - Elemento di arredo urbano in gabion wall nel nuovo quartiere di espansione "Spina 3" a Torino

In conformità alle indicazioni e al tema di concorso del Premio Compasso Volante "Stone, Wellness and Innovation" si è deciso di adottare il gabion wall come soluzione tecnologica per il rivestimento delle chiusure opache.

Avendo inoltre deciso in fase progettuale che le chiusure opache sarebbero state realizzate con tecnologie stratificate a secco leggere (cartongesso e lane minerali), posizionare sul lato esterno della parete uno strato di pietra avrebbe di certo conferito maggiori prestazioni alla stratigrafia.

Specialmente in un clima caldo come quello portoghese, avere a disposizione una massa che schermi ed assorba la radiazione solare incidente, risulta di particolare beneficio.

Valutato quindi che in termini energetici il gabion wall avrebbe potuto garantire buoni risultati, è stato affrontato il problema della messa in opera.

Se da un lato esiste una letteratura scientifica in merito ai muri di contenimento in gabion wall, poco o nulla è stato trovato sul loro utilizzo nel campo dell'edilizia come rivestimento esterno.

Il primo problema progettuale consiste nel riuscire ad interfacciare un edificio con pilastri e travi in acciaio e solette miste acciaio-calcestruzzo con una soluzione di facciata appesa in gabion wall.

Il secondo problema da risolvere è relativo alla scelta della dimensione della gabbia in funzione delle quote di interpiano strutturale e di pavimento finito, di controsoffitto e delle aperture.

Da ultimo, valutare se sia più conveniente prevedere un riempimento delle gabbie a terra, in vista di una successiva messa in opera, o un iniziale sollevamento e messa in opera, seguito dal riempimento con sassi solo dopo il fissaggio alla struttura.

Il primo passo verso la caratterizzazione del sistema è stato definire il tipo di sottostruttura.

Si è optato per dei profili metallici tubolari in acciaio di dimensione 12 x 6 centimetri e spessore 4 millimetri, appesi tra il solaio di copertura e il primo solaio e tra il primo solaio e la terra, con vincolo cerniera - carrello.

Si è deciso poi che le gabbie sarebbero state appoggiate per i tre quarti del loro spessore, e quindi saldate al fine di evitarne il ribaltamento, su dei traversi a "T".

Tali traversi, di dimensioni 10 x 9 cm e spessore 6 millimetri, sarebbero stati poi saldati ai montanti. Non essendo un elemento rigido e fragile come una lastra di pietra, la gabbia non risente particolarmente delle dilatazioni della sottostruttura e le sollecitazioni meccaniche sulle saldature non risultano essere un problema.

La distanza tra gli assi per il coordinamento nel posizionamento delle gabbie, scelta in funzione delle quote di interpiano, degli interpiani netti, degli spessori di controsoffitto e delle dimensioni dei serramenti, è 90 centimetri per il passo tra i montanti e 55 centimetri per il passo tra i traversi.

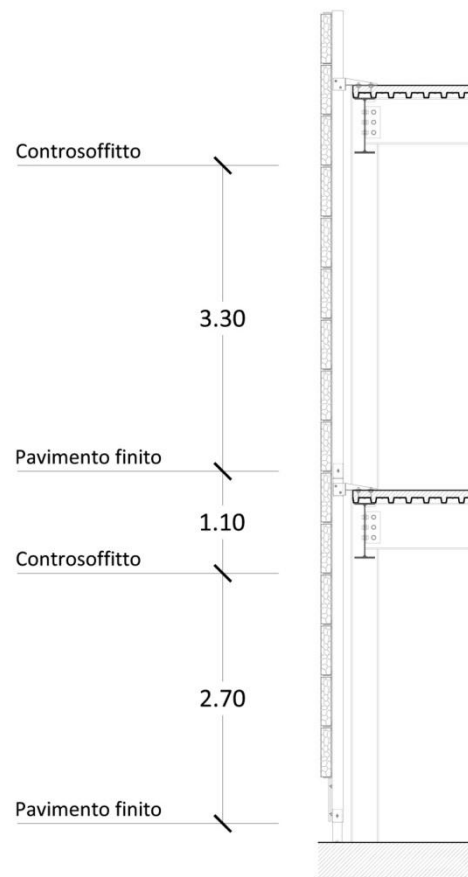


Figura 233 - Sezione della facciata in gabion wall con le quote di interpiano



Essendo le gabbie elementi non di precisione millimetrica, si è deciso di lasciare due centimetri di distanza tra una gabbia e l'altra in orizzontale e in verticale, in modo che la gabbia possa essere inserita tra un traverso e l'altro.

Le dimensioni finali risultano quindi 88,5 centimetri di larghezza, 53,5 centimetri in altezza e 12 centimetri di spessore.

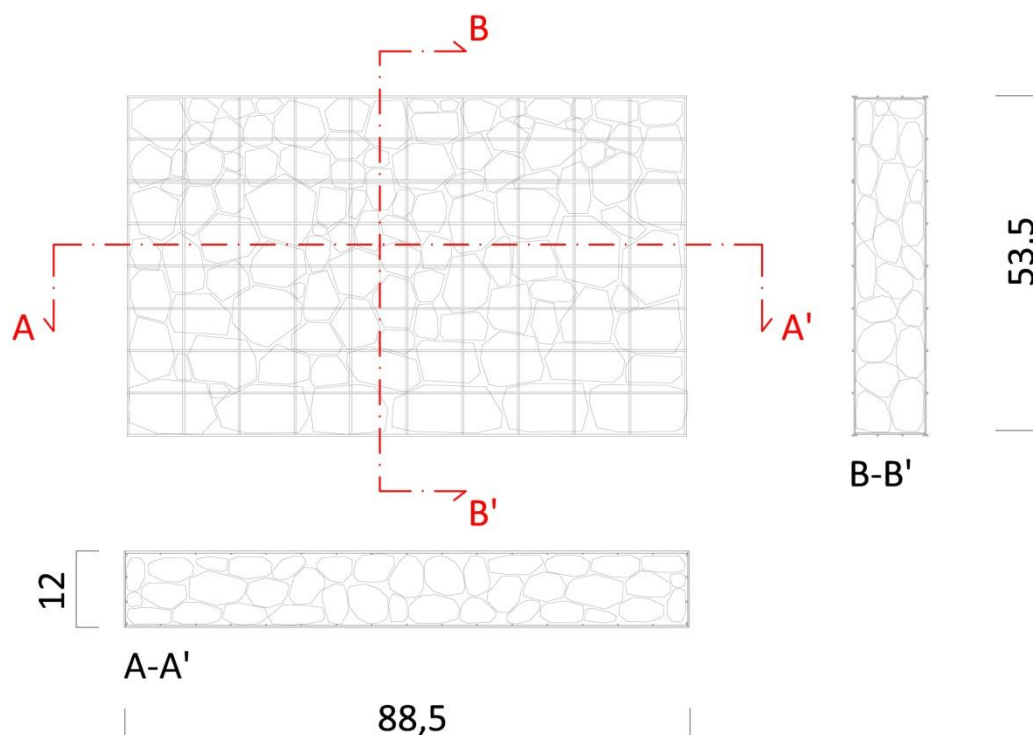


Figura 234 - Prospetto e sezioni della gabbia

Per non sovraccaricare il traverso ed il montante, si è deciso di posizionare i tubolari con passo 90 centimetri, di modo che ognuno di essi sorreggesse idealmente una colonna di gabbie (per le verifiche strutturali vedere capitolo 7.8).

Infine, per vincolare il montante alla struttura si è deciso di utilizzare una piastra di acciaio realizzabile in officina che *afferrasse* idealmente il tubolare con due ali imbullonate e lo vincolasse al solaio.

Si è scelto di vincolare la piastra al solaio con due profili di tipo "Halfen" annegati nel calcestruzzo, in modo tale da poter gestire le tolleranze di posa nella direzione parallela alla facciata. Per le tolleranze nella direzione perpendicolare alla facciata sono state previste delle asole sulla piastra.

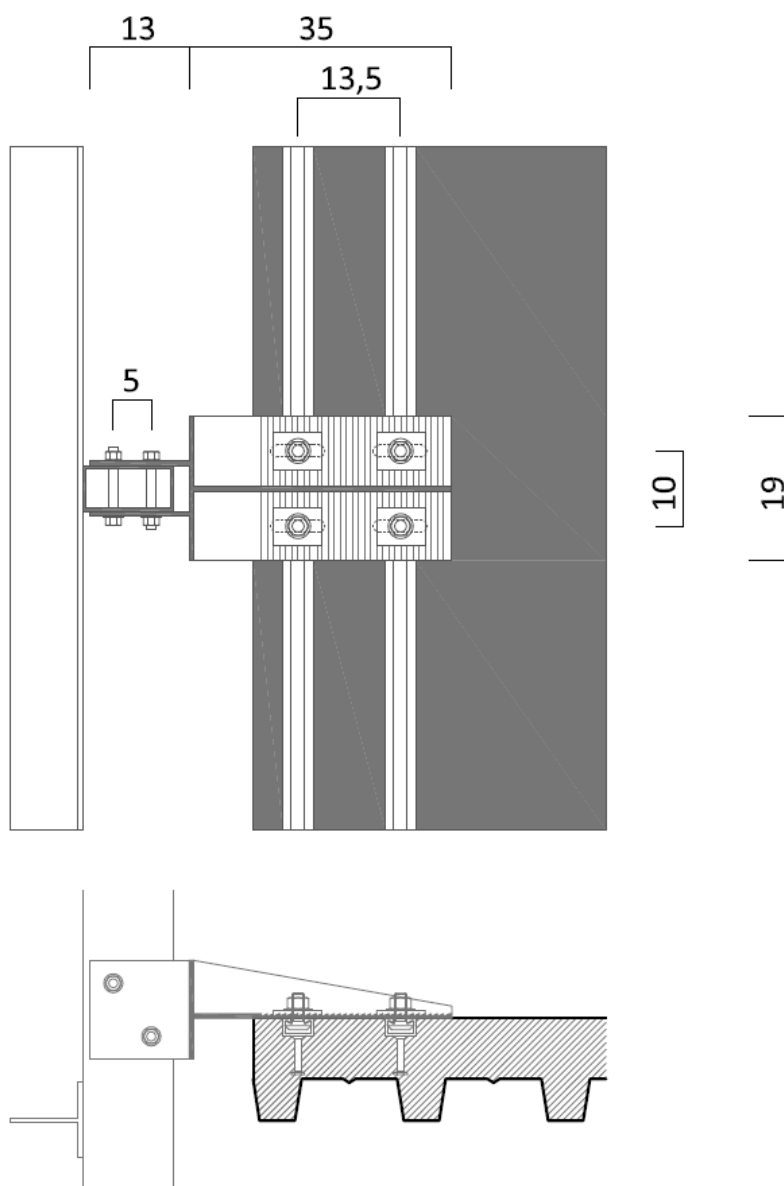


Figura 235 - Particolare della piastra di fissaggio del montante alla soletta in calcestruzzo

Pesando ogni gabbia circa 90 chilogrammi, si è deciso di affrontare il problema della posa prevedendo di mettere in opera per prime le gabbie vuote (saldandole), per procedere al loro riempimento solo in un secondo tempo. Mettendo in opera tutti i traversi e le gabbie, il riempimento dall'alto della gabbia risulta impossibile, essendo questa ostruita per i tre quarti dal traverso.

La gabbia quindi è stata progettata in modo tale che la sua parte frontale sia divisa in due parti, lasciando un'apertura di circa 15 centimetri in alto, così da poter essere riempita, ed una volta terminata l'operazione, chiusa.

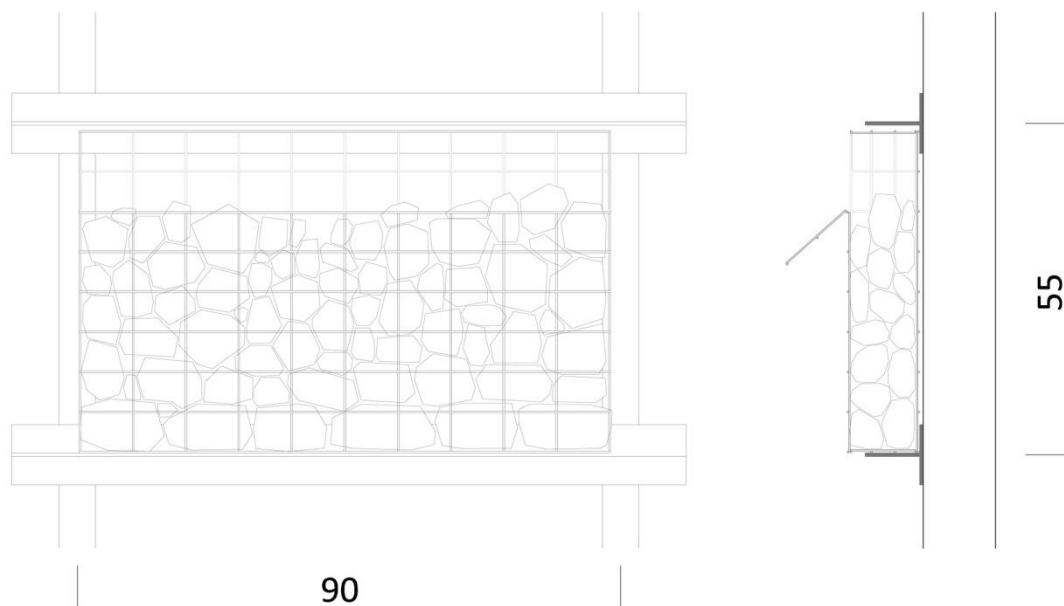


Figura 236 - L'immagine mostra la fase di riempimento della gabbia

Il sistema permette la manutenzione e la sostituzione delle gabbie indipendentemente le une dalle altre. Essendo però stato previsto in fase di progetto di saldare le gabbie ai profili a "T", nel caso di sostituzione, queste dovranno essere sacrificate e sostituite con gabbie nuove.

## 7. ANALISI STRUTTURALI

## 7. ANALISI STRUTTURALI

### 7.1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura prevista è di tipo mista acciaio - calcestruzzo: il solaio è realizzato in lamiera grecata con getto di completamento collaborante in calcestruzzo e pacchetto di finitura, mentre travi e pilastri sono in acciaio.

La pianta dell'edificio è di forma irregolare, e i solai, considerati come piani rigidi, sono orditi con orientamento differente a seconda della luce da coprire.

Nello svolgimento delle verifiche saranno trascurati gli effetti di sisma, i carichi dovuti a variazioni termiche, i carichi impiantistici ed eccezionali (incendio, esplosioni, urti); è data per scontata l'aderenza lamiera-calcestruzzo.

Per lo svolgimento dei calcoli sono state prese in considerazione le seguenti normative:

- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 - Lettera circolare n.617 del 2 febbraio 2009
- Norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008
- UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

## 7.2 MATERIALI

Acciaio strutturale per travi			
<b>S 235</b>			
<b>S 355</b>			
Tensione caratteristica di snervamento S 235	$f_{yk}$	235	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di snervamento S 355	$f_{yk}$	355	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura S235	$f_u$	360	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura S355	$f_u$	510	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s$	210000	N/mm <sup>2</sup>
Densità	$\rho$	78,5	kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Poisson	$\nu$	0,3	
Modulo elastico tangenziale	$G$	80769	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di dilatazione termica	$\alpha$	0,000012	K <sup>-1</sup>
	$\gamma_{M0}$	1,05	
Coefficienti di sicurezza	$\gamma_{M1}$	1,05	
	$\gamma_{M2}$	1,25	

Calcestruzzo			
Classe	C25/30		
Inerte	da ≤ 20 mm		
Classe di esposizione	XC1		
Peso specifico	24 kN/m <sup>3</sup> (se armato 25 kN/m <sup>3</sup> )		
Modulo elastico	30 kN/mm <sup>2</sup>		
Resistenza caratteristica	$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{cd}$	14,2	N/mm <sup>2</sup>
Ammissibile in esercizio	$\sigma_c$	11,2	N/mm <sup>2</sup>
Per compressione centrata	$\sigma'_c$	8,96	N/mm <sup>2</sup>

Lamiera grecata			
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{yk}$	280	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo	$f_{yd}$	266,7	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E$	210000	N/mm <sup>2</sup>

### 7.3 TIPOLOGIE DI TRAVI E PILASTRI

Profili utilizzati nei calcoli							
	IPE 270	IPE 450	IPE 500	IPE 600	HEB 240	HEB 300	
<b>h</b>	270,00	450,00	500,00	600,00	240,00	300,00	mm
<b>b</b>	135,00	190,00	200,00	220,00	240,00	300,00	mm
<b>t<sub>w</sub></b>	6,60	9,40	10,20	12,00	10,00	11,00	mm
<b>t<sub>f</sub></b>	10,20	14,60	16,00	19,00	17,00	19,00	mm
<b>r</b>	15,00	21,00	21,00	24,00	21,00	27,00	mm
<b>A</b>	4590,00	9880,00	11600,00	15600,00	10600,00	14910,00	mm <sup>2</sup>
<b>h<sub>i</sub></b>	249,60	420,80	468,00	562,00	206,00	262,00	mm
<b>d</b>	219,60	378,80	426,00	514,00	164,00	208,00	mm
<b>∅</b>	M16	M24	M24	M27	M27	M27	
<b>I<sub>y</sub></b>	5,79E+07	3,37E+08	4,82E+08	9,21E+08	1,13E+08	2,52E+08	mm <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b>	4,20E+06	1,68E+07	2,14E+07	3,39E+07	3,92E+07	8,56E+07	mm <sup>4</sup>
<b>W<sub>ply</sub></b>	4,84E+05	1,70E+06	2,19E+06	3,51E+06	1,05E+06	1,87E+06	mm <sup>3</sup>
<b>W<sub>plz</sub></b>	9,70E+04	2,76E+05	3,36E+05	4,86E+05	4,98E+05	8,70E+05	mm <sup>3</sup>
<b>W<sub>ely</sub></b>	4,29E+05	1,50E+06	1,93E+06	3,07E+06	9,38E+05	1,68E+06	mm <sup>3</sup>
<b>W<sub>elz</sub></b>	6,22E+04	1,76E+05	2,14E+05	3,08E+05	3,27E+05	5,71E+05	mm <sup>3</sup>
<b>i<sub>y</sub></b>	112,30	184,80	204,30	243,00	103,10	129,90	mm
<b>i<sub>z</sub></b>	30,20	41,20	43,10	46,60	60,80	75,80	mm
<b>A<sub>yz</sub></b>	2214,00	5085,00	5987,00	8378,00	3323,00	4743,00	mm <sup>2</sup>
<b>s<sub>s</sub></b>	44,57	63,20	66,80	78,12	68,60	80,63	mm
<b>I<sub>t</sub></b>	1,59E+05	668700,00	89290,00	165400,00	1027000,00	1850000,00	mm <sup>4</sup>
<b>I<sub>w</sub></b>	7,06E+10	7,91E+11	1,25E+12	2,85E+12	4,87E+11	1,69E+11	mm <sup>6</sup>
<b>Peso</b>	36,10	77,60	90,70	122,00	83,20	117,00	kg/m



## 7.4 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i pesi relativi ai pacchetti di solaio, suddivisi come da normativa in carichi permanenti strutturali e carichi permanenti non strutturali

Copertura SPA (tetto verde)	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	PESO PER m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE (kN/m <sup>2</sup> )
<i>Permanenti strutturali</i>			
Lamiera grecata	0,0008		0,11
Soletta c.a. (soletta piena)	0,08	25,00	2,00
Soletta c.a. (riempimento lamiera)	0,0275	25,00	0,69
<b>totale</b>			<b>2,79</b>
<i>Permanenti non strutturali</i>			
Controsoffitto	0,0125	7,60	0,10
Isolamento in vetro cellulare	0,12	1,50	0,18
Impermeabilizzazione in bitume-polimero	0,008	12,00	0,10
Strato di ghiaia grossa	0,10	22,00	2,20
Terra	0,15	23,00	3,45
<b>totale</b>			<b>6,02</b>

Copertura camere hotel	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	PESO PER m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE (kN/m <sup>2</sup> )
<i>Permanenti strutturali</i>			
Lamiera grecata	0.0008		0.11
Soletta c.a. (soletta piena)	0.08	25.00	2.00
Soletta c.a. (riempimento lamiera)	0.0275	25.00	0.69
<b>totale</b>			<b>2.79</b>
<i>Permanenti non strutturali</i>			
Controsoffitto	0.0125	7.60	0.10
Isolamento acustico in lana minerale	0.06	0.30	0.02
Isolamento in vetro cellulare	0.12	1.20	0.14
Impermeabilizzazione in bitume-polimero	0.008	11.00	0.09
Ghiaia	0.05	17.00	0.85
<b>totale</b>			<b>1.20</b>

Solaio SPA su esterno	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	PESO PER m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE (kN/m <sup>2</sup> )
<i>Permanenti strutturali</i>			
Lamiera grecata	0.0008		0.11
Soletta c.a. (soletta piena)	0.08	25.00	2.00
Soletta c.a. (riempimento lamiera)	0.0275	25.00	0.69
<b>totale</b>			<b>2.79</b>
<i>Permanenti non strutturali</i>			
Controsoffitto	0.0125	7.60	0.10

**ANALISI STRUTTURALI**

Feltro anticalpestio	0.01	0.24	0.00
Isolamento in lana minerale	0.06	0.30	0.02
Isolamento in EPS	0.07	0.13	0.01
Massetto impiantistico a secco	0.08	0.45	0.04
Lastre di sottopavimentazione	0.025	7.60	0.19
Pavimentazione in legno Teak	0.02	6.50	0.13
<b>totale</b>			<b>0.48</b>

Solaio SPA su Hotel	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	PESO PER m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE (kN/m <sup>2</sup> )
<b>Permanenti strutturali</b>			
Lamiera grecata	0,0008		0,11
Soletta c.a. (soletta piena)	0,08	25,00	2,00
Soletta c.a. (riempimento lamiera)	0,0275	25,00	0,69
<b>totale</b>			<b>2,79</b>
<b>Permanenti non strutturali</b>			
Controsoffitto	0,0125	7,60	0,10
Feltro anticalpestio	0,01	0,24	0,00
Isolamento in lana minerale	0,06	0,30	0,02
Isolamento in EPS	0,07	0,13	0,01
Massetto impiantistico a secco	0,08	0,45	0,04
Lastre di sottopavimentazione	0,0250	7,60	0,19
Malta impermeabilizzante	0,01	18,00	0,18
Pavimentazione in marmo	0,015	28,00	0,42
Divisori ripartiti		g <sub>k</sub>	0,80
<b>totale</b>			<b>1,75</b>

Secondo quanto disposto dal D.M. 14 gennaio 2008, il peso proprio degli elementi divisori interni può essere ragguagliato ad un carico permanente e uniformemente distribuito  $g_{k2}$ .

Il suddetto carico dipende dal peso proprio per unità di lunghezza  $G_{k2}$ .

Divisori ripartiti	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	ALTEZZA (m)	PESO $G_k$ (kN/m)
<b>Partizione verticale SPA</b>				
Cartongesso 4 lastre	0,05	7,6	4,235	1,61
Isolamento	0,2	0,3	4,235	0,25
<b>totale</b>				<b>1,86</b>
<b>Secondo DM 14/01/2008 <math>1.00 &lt; G_k &lt; 2.00</math> kN/m</b>				
<b>g<sub>2k</sub></b>				<b>0,80 kN</b>

Si riporta di seguito l'analisi del peso delle chiusure in Gabion Wall

Chiusura verticale in Gabion Wall	SPESSORE (m)	PESO SPECIFICO (kN/m <sup>3</sup> )	ALTEZZA (m)	PESO lineare (kN/m)
Cartongesso 4 lastre	0,05	7,6	4,235	1,61
Isolamento	0,2	0,3	4,235	0,25
<b>totale</b>				<b>1,86</b>
Gabion	0,12	17	5,00	10,20
	(m <sup>2</sup> )			
Montanti	0,00688	78,5	5,00	0,53
Traversi	0,0099	78,5		0,78
<b>totale</b>				<b>10,73</b>

I carichi accidentali sono stati assegnati secondo quanto riportato nella tabella 3.1.II del D.M. 14 gennaio 2008.

Carichi Accidentali	kN/m <sup>2</sup>
Hotel	2,00
Spa	3,00
Copertura	0,98
<b>Manutenzione copertura praticabile</b>	<b>0,50</b>
Neve (*)	0,48
(*) per il calcolo si vedano i paragrafi successivi	

## 7.5 AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici; tuttavia, per le costruzioni usuali, tali azioni vengono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti<sup>31</sup>.

Per poter condurre la valutazione dell'azione del vento è necessario valutare la velocità di riferimento  $v_b$ , definita come il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (terreno agricolo con recinzioni, piccole fattorie isolate, case o alberi), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni, ossia avente una probabilità di eccedenza di 0,02.

In mancanza di specifiche ed adeguate statistiche  $v_b$  è data dall'espressione<sup>32</sup>:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b &= v_{b,0} + k_a(a_s - a_0) && \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

Dalle analisi climatiche locali la velocità del vento risulta pari a 30 m/s, pertanto la pressione del vento  $p$  agente sulle lamelle viene calcolata come:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Dove:

$q_b$  è il valore della pressione cinetica di riferimento (in  $\text{N/m}^2$ );

$c_e$  è il coefficiente di esposizione;

$c_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

$c_d$  è il coefficiente dinamico, con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Esso può essere assunto pari a 1 nelle costruzioni di tipologia

---

<sup>31</sup> D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni - punto 3.3.3

<sup>32</sup> Ibidem

ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata validità.

Si valuta quindi il valore della pressione cinetica di riferimento  $q_b$ , data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = 562,5 \text{ N/m}^2$$

Dove:

$v_b$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

$\rho$  è la densità dell'aria, assunta convenzionalmente costante e pari a  $1,25 \text{ kg/m}^3$ .

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito in cui sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200 \text{ m}$ , esso è dato dalla formula:

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

Dove:

$k_r$ ,  $z_0$  e  $z_{min}$  sono definiti in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

$c_t$  è il coefficiente di topografia, assunto unitario sia per le zone pianeggianti, sia per quelle ondulate, collinose e montane;

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica e della classe di rugosità del terreno.

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.

Figura 237 - Tabella per la determinazione della classe di rugosità del terreno

Essendo la distanza di Vila Viçosa dalla costa pari a 130 km, e l'altitudine sul livello del mare pari a 150 m, la categoria di esposizione del sito risulta essere la IV, cui corrispondono i seguenti valori dei parametri sopra indicati:

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa			500m	750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
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						

Figura 238 - Tabella per la determinazione della categoria di esposizione del sito

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

Figura 239 - Tabella per la determinazione di  $k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{min}$

Essendo  $z = 6$  m, minore di  $z_{\min}$ ,  $c_e$  risulta:

$$c_e = c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = 1,45$$

Per la valutazione del coefficiente di forma, in assenza di valutazioni precise date da un'opportuna documentazione ovvero da prove condotte in galleria del vento, si sono seguite le indicazioni contenute nella Circolare esplicativa alla NTC<sup>33</sup>.

Per quanto riguarda la valutazione della pressione esterna:

- per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale  $\alpha > 60^\circ$ ,  $c_{pe} = 0,8$ .
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale  $20^\circ < \alpha < 60^\circ$   $c_{pe} = 0,03\alpha - 1$
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale  $0^\circ < \alpha < 20^\circ$  e per elementi sottovento  $c_{pe} = -0,4$ .

Per quanto riguarda il coefficiente legato alla pressione interna, l'edificio rientra nella categoria delle costruzioni che hanno pareti con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, pertanto  $c_{pi} = \pm 2$ .

La direzione prevalente del vento è verso nord ovest, pertanto le due facce del fabbricato più sollecitate dal vento sono proprio le due di maggiore sviluppo. La valutazione delle sollecitazioni provocate dal vento necessita tuttavia di analisi approfondite, a causa sia della cava che della montagna, che con la loro presenza possono modificare il comportamento dei flussi d'aria. In prima approssimazione si fa riferimento agli schemi proposti sulla normativa e si identificano due casi di sollecitazione.

---

<sup>33</sup> Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 - punto C.3.3.10

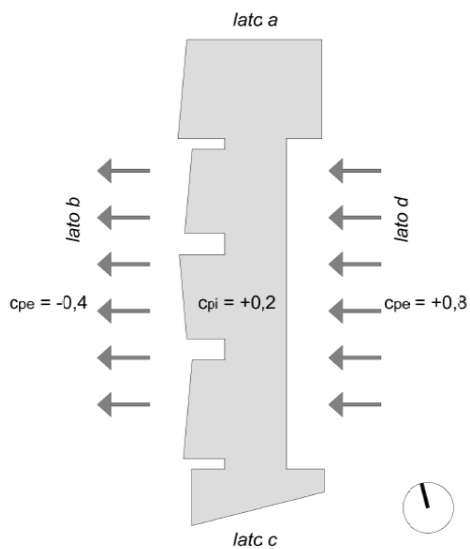
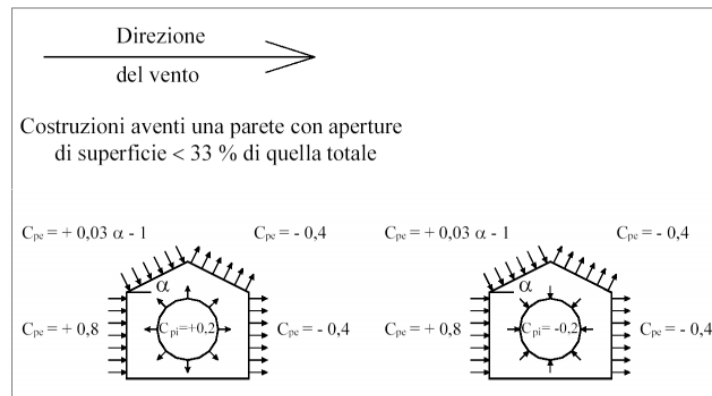


Figura 240 - Esposizione al vento: caso 1

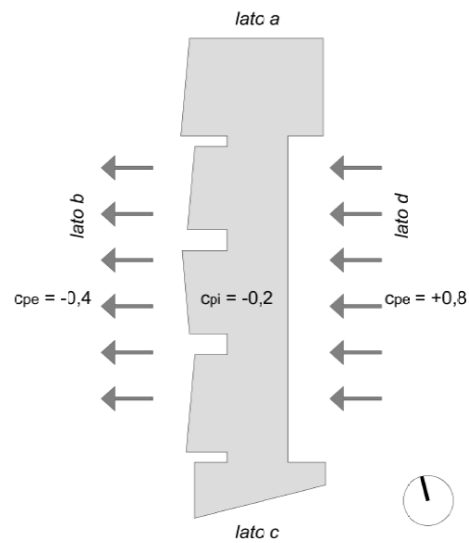


Figura 241 - Esposizione al vento: caso 2

### Caso 1

$$C_{pe, \text{sovravento}} = 0,80$$

$$C_{pe, \text{sottovento}} = -0,40$$

$$C_{pi} = 0,20$$

$$C_{p, \text{sovravento}} = C_{pe, \text{sovravento}} + C_{pi} = 0,80 + 0,20 = 1,00$$

$$C_{p, \text{sottovento}} = C_{pe, \text{sottovento}} + C_{pi} = -0,40 + 0,20 = -0,20$$

### Caso 2

$$C_{pe, \text{sovravento}} = 0,80$$

$$C_{pe, \text{sottovento}} = -0,40$$

$$C_{pi} = -0,20$$

$$C_{p, \text{sovravento}} = C_{pe, \text{sovravento}} + C_{pi} = 0,80 + (-0,20) = 0,60$$

$$C_{p, \text{sottovento}} = C_{pe, \text{sottovento}} + C_{pi} = -0,40 + (-0,20) = -0,60$$



Il *coefficiente dinamico* invece considera il fatto che il vento non è costante nel tempo, ma varia a causa delle turbolenze in atmosfera.

Il coefficiente tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle pressioni massime locali. In maniera cautelativa si può considerare:

$$c_d = 1,00 \text{ N/m}^2$$

Si può dunque considerare per le pareti sopravento esterne (lato d)

$$p = 562,5 \text{ N/m}^2 \cdot 1,45 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 815,6 \text{ N/m}^2$$

per le pareti sottovento esterne (lato b)

$$p = 562,5 \text{ N/m}^2 \cdot 1,45 \cdot (-0,6) \cdot 1,00 = -489,4 \text{ N/m}^2$$

Le pareti laterali vengono considerate sottovento.

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_{||} = q_b \cdot c_e \cdot c_f = 562,5 \text{ N/m}^2 \cdot 1,45 \cdot 0,2 = 163,1 \text{ N/m}^2$$

Dove

$q_b$  e  $c_e$  sono gli stessi definiti in precedenza

$c_f$  è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente. Si assume un valore pari a  $c_f = 0,02$  che corrisponde al caso di superficie scabra.

## 7.6 AZIONE DELLA NEVE

La copertura dell'edificio è piana e praticabile solo per manutenzione, non aggetta rispetto alle chiusure opache e non è dotata di sistemi per il bloccaggio della neve.

Il carico della neve, in accordo alla normativa, viene riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura, e risulta:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_E \cdot c_t = 0,8 \cdot 0,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Dove

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, e per coperture piane vale 0,8

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, e per la zona mediterranea vale  $0,6 \text{ kN/m}^2$

$c_E$  è il coefficiente di esposizione, che in condizioni normali viene assunto pari a 1

$c_t$  è il coefficiente termico, che in condizioni normali viene assunto pari a 1

## **7.7 VERIFICHE STRUTTURALI**

Il modello di trave utilizzato per i calcoli è quello di una trave in semplice appoggio sollecitata dai soli carichi verticali.

Le formule utilizzate nei calcoli sono riportate a fianco dei risultati e si riferiscono alle verifiche per strutture in acciaio secondo D.M. 14 gennaio 2008

Per le piante strutturali si rimanda all'Allegato 39.

Le travi ed i pilastri sono identificati attraverso le coordinate dei fili fissi.

I pilastri hanno coordinate semplici, ad esempio:

- (B-12) Il pilastro si trova in corrispondenza dell'intersezione tra il filo fisso A e il filo fisso 12

Le coordinate delle travi e dei solai corrispondono invece agli estremi tra i quali essi sono compresi, ad esempio:

- (B-C 3) la trave è compresa tra i fili fissi B e C che giace sul filo fisso 3
- (B-D 15-1) è il solaio compreso tra i fili fissi B e D e i fili fissi 15 e 1

### 7.7.1 Solaio

Si procede alla verifica del solaio di copertura B-D 15-1, considerato continuo, in semplice appoggio, tra gli interassi B e D. Da ciò risulta un solaio su cinque appoggi con quattro campate da 2,05 metri ciascuna.

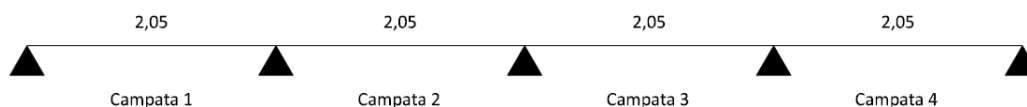


Figura 242 - Il solaio più caricato

Il solaio strutturale è costituito da una lamiera grecata in acciaio S 280 di altezza 55 millimetri e passo 150 millimetri, con getto di completamento in calcestruzzo di 80 millimetri.

Si è considerata come sezione resistente la sezione riferita ad una singola gola.

Per il calcolo dei momenti invece si è considerata una larghezza di influenza coincidente con il passo di 150 millimetri.

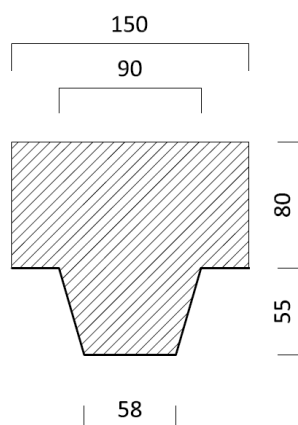


Figura 243 - Sezione resistente

Le caratteristiche geometriche della sezione sono:

- h altezza della sezione di calcestruzzo 80 mm
- c altezza della lamiera grecata 55 mm
- b base della sezione resistente 150 mm
- t spessore della lamiera 0,8 mm
- A area della lamiera 186 mm<sup>2</sup>

### Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico impostate servono a massimizzare le sollecitazioni di taglio e momento in campata e sugli appoggi.

Per la definizione dei carichi agenti sul solaio di copertura si rimanda al capitolo 7.4.

Combinazioni	Campata 1	Campata 2	Campata 3	Campata 4
SLU	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0+A	2,11	2,11	1,89	1,89
0+B	1,89	1,89	2,11	2,11
0+C	1,89	2,11	2,11	1,89
0+D	2,11	2,11	1,89	2,11
0+E	2,11	1,89	2,11	2,11
0+F	2,11	1,89	2,11	1,89
0+G	1,89	2,11	1,89	2,11
0+H	2,11	2,11	2,11	2,11

Gli involuppi di taglio e momento risultano quindi:

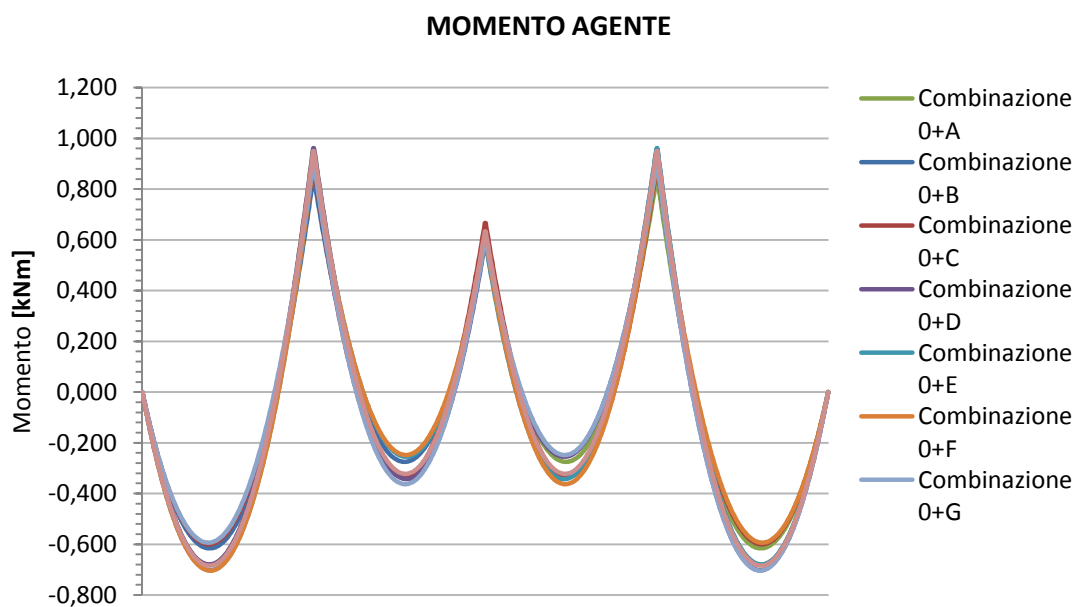


Figura 244 - Involuppo dei momenti

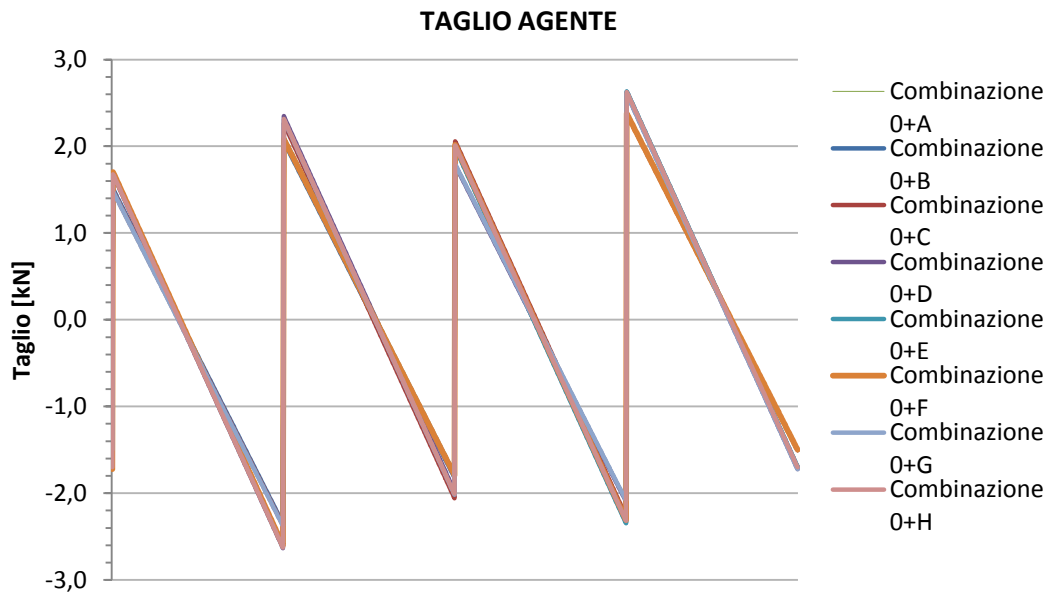


Figura 245 - Involuppo dei tagli

Da cui si ricava che i valori massimi di momento sono 0,96 kNm che tende le fibre superiori sull'appoggio e 0,70 kNm che tende le fibre inferiori in campata.

Il valore massimo del taglio all'appoggio risulta invece essere 2,63 kN.

### Verifica a taglio

Il valore massimo del taglio ricavato dall'involuppo è:

$$V_d = 2,63 \text{ kN}$$

Si assume che il taglio venga scaricato sulle anime, che nella sezione resistente sono due.

Essendo queste inclinate, il taglio andrebbe scomposto nelle 2 direzioni; in modo conservativo è possibile considerare la proiezione verticale delle anime come:

$$\text{Area di taglio} = A_v = n \cdot c \cdot t = 2 \cdot 55 \cdot 0,8 = 88 \text{ mm}^2$$

Dove

$n$  è il numero delle anime nella sezione

$c$  è l'altezza della sezione della lamiera

$t$  è lo spessore della lamiera

Da cui il taglio resistente risulta:

$$V_{pl,Rd} = 13,56 \text{ kN} > V_d$$

### Verifica a flessione

Dal grafico d'involuppo dei momenti si ricava il momento flettente massimo agente sulla sezione considerata:

$$M_{ad} = 0,70 \text{ kNm}$$

Per svolgere la verifica a flessione è necessario determinare la resistenza a compressione della soletta in calcestruzzo ( $R_c$ ) e la resistenza a trazione della lamiera ( $R_a$ ) al fine di determinare la posizione dell'asse neutro.

$$R_c = 0,85 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}$$

Dove:

$b$  è base della sezione

$h$  è lo spessore del getto di completamento in calcestruzzo

$f_{cd}$  è la resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo, calcolata come

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

Dove

$\alpha_{cc}$  è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata, pari a 0,85

$\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1,5

$f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni

$$R_a = A_s \cdot f_{yk} / \gamma_a$$

Dove:

$A_a$  è l'area della lamiera grecata

$f_{yk}$  è la tensione di snervamento dell'acciaio

$\gamma_a$  è un fattore riduttivo della tensione di snervamento

Si ricava:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yk} / \gamma_a}{b \cdot 0,85 \cdot f_{cd}} = \frac{186 \cdot 266,7}{150 \cdot 0,85 \cdot 14,16} = 41,35 \text{ mm}$$

Si procede al calcolo del momento resistente:

$$M_{rd} = A_s \cdot f_{sd} \cdot z = \frac{186 \cdot 266,7 \cdot 118,46}{1000} = 8,62 \text{ kNm}$$

Dove

$f_{sd}$  è la resistenza di snervamento dell'acciaio

$A_s$  è l'area di armatura imposta

$z$  è il braccio della coppia interna, calcolato come

$$z = \left[ d - \left( \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) \right] = \left[ 135 - \left( \frac{0,8 \cdot 41,35}{2} \right) \right] = 118,46 \text{ cm}$$

Dove

$d$  è l'altezza utile della sezione

$x$  è l'asse neutro

La verifica risulta quindi soddisfatta in quanto il momento resistente è maggiore del momento agente:

$$M_{rd} = 8,62 \text{ kNm} > M_{ad} = 0,70 \text{ kNm}$$



### 7.7.2 Travi

Trave Secondaria Solaio SPA				
Nome	B-D 12-13			
Profilo	IPE 270			
Acciaio	S235			
Luce	5,10	m		
Interasse	1,80	m		
Carichi				
Permanente strutturale		SLU parziali		
Peso proprio	0,36	kN/m		
Solaio	5,03	kN/m		
<b>totale</b>	<b>5,39</b>	<b>kN/m</b>	<b>7,00</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>3,15</b>	<b>kN/m</b>	<b>4,73</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>5,40</b>	<b>kN/m</b>	<b>8,10</b>	<b>kN/m</b>
Coefficienti di sicurezza SLU				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	19,83	kN/m		
Carico SLE	13,94	kN/m		
VERIFICA a flessione in mezzera SLU				
Med	64,47	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	108,32	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	VERO			
VERIFICA al taglio all'appoggio SLU				
Av	2209,32	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	50,56	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	285,48	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	VERO			
Ved < 0,5Vc,Rd	VERO			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
VERIFICA della freccia SLE				
v	10,10	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	20,40	mm	$v \text{ max} = l / 250$	
VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI				
v	3,91	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	14,57	mm	$v \text{ max} = l / 350$	

<b>Trave principale solaio SPA</b>				
Nome	B-D 13			
Profilo	IPE 500			
Acciaio	S355			
Luce	8,20	m		
Interasse	5,10	m		
<b>Carichi</b>				
<b>Permanente strutturale</b>		<b>SLU</b>		
Travi secondarie	0,90	kN/m		
Peso proprio	0,91	kN/m		
Solaio	14,24	kN/m		
<i>totale</i>	<i>16,05</i>	<i>kN/m</i>	<i>20,86</i>	<i>kN/m</i>
<b>Permanente non strutturale</b>				
<i>totale</i>	<i>8,93</i>	<i>kN/m</i>	<i>13,39</i>	<i>kN/m</i>
<b>Accidentale</b>				
<i>totale</i>	<i>15,30</i>	<i>kN/m</i>	<i>22,95</i>	<i>kN/m</i>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	57,20	kN/m		
Carico SLE	40,28	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzera SLU</b>				
Med	480,80	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	741,78	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	6035,20	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	234,54	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	1178,07	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	23,42	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	32,80	mm	$v \text{ max} = l / 250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	8,90	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	23,43	mm	$v \text{ max} = l / 350$	
v < v max	<b>VERO</b>			

<b>Trave principale solaio SPA</b>				
Nome	D-E 13			
Profilo	IPE 270			
Acciaio	S 235			
Luce	2,70	m		
Interasse	5,10	m		
<b>Carichi</b>				
<b>Permanente strutturale</b>		<b>SLU</b>		
Travi secondarie	2,72	kN/m		
Peso proprio	0,36	kN/m		
Solaio	14,24	kN/m		
<b>totale</b>	<b>17,32</b>	<b>kN/m</b>	<b>22,52</b>	<b>kN/m</b>
<b>Permanente non strutturale</b>				
<b>totale</b>	<b>8,93</b>	<b>kN/m</b>	<b>13,39</b>	<b>kN/m</b>
<b>Accidentale</b>				
<b>totale</b>	<b>15,30</b>	<b>kN/m</b>	<b>22,95</b>	<b>kN/m</b>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	58,86	kN/m		
Carico SLE	41,55	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzeria SLU</b>				
Med	53,64	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	108,32	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	2209,32	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	79,46	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	285,48	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>non viene considerata l'interazione del taglio nel momento</b>				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	2,36	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	10,80	mm	$v \text{ max} = l/250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	0,87	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	7,71	mm	$v \text{ max} = l/350$	
v < v max	<b>VERO</b>			

<b>Trave secondaria copertura verde</b>				
<b>Nome</b>	B-D 12-13			
<b>Profilo</b>	IPE 270			
<b>Acciaio</b>	S 235			
<b>Luce</b>	5,10	m		
<b>Interasse</b>	1,80	m		
<b>Carichi</b>				
<b>Permanente strutturale</b>			<b>SLU</b>	
<b>Peso proprio</b>	0,36	kN/m		
<b>Solaio</b>	5,03	kN/m		
<b>totale</b>	5,39	kN/m	7,00	kN/m
<b>Permanente non strutturale</b>				
<b>totale</b>	10,84	kN/m	16,26	kN/m
<b>Accidentale</b>				
<b>totale</b>	1,76	kN/m	2,65	kN/m
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
<b>Perm Stru</b>	1,30			
<b>Perm non Stru</b>	1,50			
<b>Accidentali</b>	1,50			
<b>Carico SLU</b>	25,91	kN/m		
<b>Carico SLE</b>	17,99	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzeria SLU</b>				
<b>Med</b>	84,23	kNm	$p \cdot I^2 / 8$	
<b>Mc,Rd</b>	108,32	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
<b>Med &lt; Mc,Rd</b>	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
<b>Av</b>	2209,32	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
<b>Ved</b>	66,06	kN	$pI/2$	
<b>Vc,Rd</b>	285,48	kN	$(A_v \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
<b>Ved &lt; Vc,Rd</b>	<b>VERO</b>			
<b>Ved &lt; 0,5Vc,Rd</b>	<b>VERO</b>			
<b>non viene considerata l'interazione del taglio nel momento</b>				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
<b>v</b>	13,03	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot I^4 / (E_s \cdot I)$	
<b>v max</b>	20,40	mm	$v \text{ max} = l/250$	
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
<b>v</b>	1,28	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot I^4 / (E_s \cdot I)$	
<b>v max</b>	14,57	mm	$v \text{ max} = l/350$	

Trave principale copertura verde				
Nome	B-D 13			
Profilo	IPE 500			
Acciaio	S 355			
Luce	8,20	m		
Interasse	5,10	m		
<b>Carichi</b>				
Permanente strutturale		SLU		
Travi secondarie	0,90	kN/m		
Peso proprio	0,91	kN/m		
Solaio	14,24	kN/m		
<b>totale</b>	<b>16,05</b>	<b>kN/m</b>	<b>20,86</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>30,71</b>	<b>kN/m</b>	<b>46,06</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>5,00</b>	<b>kN/m</b>	<b>7,50</b>	<b>kN/m</b>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	74,42	kN/m		
Carico SLE	51,75	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzera SLU</b>				
Med	625,51	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	741,78	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	6035,20	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	305,13	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	1178,07	kN	$(A_v \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	30,10	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	32,80	mm	$v \text{ max} = l/250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	2,91	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	23,43	mm	$v \text{ max} = l/350$	
v < v max	<b>VERO</b>			

<b>Trave principale copertura verde</b>				
Nome	D-E 13			
Profilo	IPE 270			
Acciaio	S 235			
Luce	2,70	m		
Interasse	5,10	m		
<b>Carichi</b>				
<b>Permanente strutturale</b>		<b>SLU</b>		
Travi secondarie	2,72	kN/m		
Peso proprio	0,36	kN/m		
Solaio	14,24	kN/m		
<b>totale</b>	<b>17,32</b>	<b>kN/m</b>	<b>22,52</b>	<b>kN/m</b>
<b>Permanente non strutturale</b>				
<b>totale</b>	<b>30,71</b>	<b>kN/m</b>	<b>46,06</b>	<b>kN/m</b>
<b>Accidentale</b>				
<b>totale</b>	<b>5,00</b>	<b>kN/m</b>	<b>7,50</b>	<b>kN/m</b>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	76,08	kN/m		
Carico SLE	53,03	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzeria SLU</b>				
Med	69,33	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	108,32	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	2209,32	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	102,71	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	285,48	kN	$(A_v \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>non viene considerata l'interazione del taglio nel momento</b>				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	3,02	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	10,80	mm	$v \text{ max} = l/250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	0,28	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	7,71	mm	$v \text{ max} = l/350$	
v < v max	<b>VERO</b>			

Trave secondaria copertura verde – zona piscine				
Nome	D-F 17			
Profilo	IPE 450			
Acciaio	S 235			
Luce	10,10	m		
Interasse	1,80	m		
Carichi				
Permanente strutturale			SLU	
Peso proprio	0,78	kN/m		
Solaio	5,03	kN/m		
<b>totale</b>	<b>5,80</b>	<b>kN/m</b>	<b>7,54</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>10,84</b>	<b>kN/m</b>	<b>16,26</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>1,76</b>	<b>kN/m</b>	<b>2,65</b>	<b>kN/m</b>
Coefficienti di sicurezza SLU				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	26,45	kN/m		
Carico SLE	18,40	kN/m		
VERIFICA a flessione in mezzeria SLU				
Med	337,21	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	380,92	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	VERO			
VERIFICA al taglio all'appoggio SLU				
Av	5082,44	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	133,55	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	656,74	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	VERO			
Ved < 0,5Vc,Rd	VERO			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
VERIFICA della freccia SLE				
v	35,19	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	40,40	mm	$v \text{ max} = l / 250$	
v < v max	VERO			
VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI				
v	3,37	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	28,86	mm	$v \text{ max} = l / 350$	
v < v max	VERO			

Trave secondaria copertura verde zona piscine				
Nome	A-B 17			
Profilo	IPE 270			
Acciaio	S 235			
Luce	5,40	m		
Interasse	1,80	m		
<b>Carichi</b>				
Permanente strutturale		SLU		
Peso proprio	0,36	kN/m		
Solaio	5,03	kN/m		
<b>totale</b>	<b>5,39</b>	<b>kN/m</b>	<b>7,00</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>10,84</b>	<b>kN/m</b>	<b>16,26</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>1,76</b>	<b>kN/m</b>	<b>2,65</b>	<b>kN/m</b>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	25,91	kN/m		
Carico SLE	17,99	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzera SLU</b>				
Med	94,43	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	108,32	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	2209,32	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	69,95	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	285,48	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	16,38	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	21,60	mm	$v \text{ max} = l / 250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	1,61	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	15,43	mm	$v \text{ max} = l / 350$	
v < v max	<b>VERO</b>			



Trave principale copertura verde - zona piscine				
Nome	D 15-17			
Profilo	IPE 600			
Acciaio	S 355			
Luce	9,00	m		
Interasse	7,65	m		
<b>Carichi</b>				
Permanente strutturale		SLU		
Travi secondarie	2,64	kN/m		
Peso proprio	1,22	kN/m		
Solaio	21,36	kN/m		
<b>totale</b>	<b>25,22</b>	<b>kN/m</b>	<b>32,79</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>46,06</b>	<b>kN/m</b>	<b>69,09</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>7,50</b>	<b>kN/m</b>	<b>11,25</b>	<b>kN/m</b>
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	113,13	kN/m		
Carico SLE	78,78	kN/m		
<b>VERIFICA a flessione in mezzera SLU</b>				
Med	1145,42	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	1187,39	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA al taglio all'appoggio SLU</b>				
Av	8380,00	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	509,08	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	1635,77	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	<b>VERO</b>			
Ved < 0,5Vc,Rd	<b>VERO</b>			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
<b>VERIFICA della freccia SLE</b>				
v	34,81	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	36,00	mm	$v \text{ max} = l/250$	
v < v max	<b>VERO</b>			
<b>VERIFICA della freccia solo ACCIDENTALI</b>				
v	3,31	mm	$v = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (Es \cdot I)$	
v max	25,71	mm	$v \text{ max} = l/350$	
v < v max	<b>VERO</b>			

Trave principale copertura verde - zona piscine				
Nome	B 15-17			
Profilo	IPE 600			
Acciaio	S 355			
Luce	9,00	m		
Interasse	4,60	m		
Carichi				
Permanente strutturale		SLU		
Travi secondarie	0,74	kN/m		
Peso proprio	1,22	kN/m		
Solaio	12,85	kN/m		
<b>totale</b>	<b>14,81</b>	<b>kN/m</b>	<b>19,25</b>	<b>kN/m</b>
Permanente non strutturale				
<b>totale</b>	<b>27,70</b>	<b>kN/m</b>	<b>41,54</b>	<b>kN/m</b>
Accidentale				
<b>totale</b>	<b>4,51</b>	<b>kN/m</b>	<b>6,76</b>	<b>kN/m</b>
Coefficienti di sicurezza SLU				
Perm Stru	1,30			
Perm non Stru	1,50			
Accidentali	1,50			
Carico SLU	67,56	kN/m		
Carico SLE	47,01	kN/m		
VERIFICA a flessione in mezzera SLU				
Med	684,00	kNm	$p \cdot l^2 / 8$	
Mc,Rd	1187,39	kNm	$W_{ply} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}$	
Med < Mc,Rd	VERO			
VERIFICA al taglio all'appoggio SLU				
Av	8380,00	mm <sup>2</sup>	$Av = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$	
Ved	304,00	kN	$p l / 2$	
Vc,Rd	1635,77	kN	$(Av \cdot f_{yk}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$	
Ved < Vc,Rd	VERO			
Ved < 0,5Vc,Rd	VERO			
non viene considerata l'interazione del taglio nel momento				
VERIFICA della freccia SLE				
v	20,77	mm	$v = 5 / 384 \cdot p \cdot l^4 / (E_s \cdot I)$	
v max	36,00	mm	$v_{max} = l / 250$	
v < v max	VERO			

### 7.7.3 Pilastri

<b>Pilastro SPA - Hotel</b>		
<b>Nome</b>	B 12	
<b>Profilo</b>	HEB 240	
<b>Acciaio</b>	S 235	
<b>Carichi</b>		
<i>Copertura verde</i>		
<b>Area influenza</b>	20,91	m <sup>2</sup>
<b>Strutturali</b>	67,64	kN
<b>Travi secondarie</b>	5,51	kN
<b>Travi principali</b>	3,73	kN
<b>Soletta</b>	58,39	kN
<b>Non Strutturali</b>	125,90	kN
<b>Accidentali</b>	20,49	kN
<i>Copertura ghiaia</i>		
<b>Area influenza</b>	16,32	m <sup>2</sup>
<b>Strutturali</b>	54,00	kN
<b>Travi secondarie</b>	5,51	kN
<b>Travi principali</b>	2,91	kN
<b>Soletta</b>	45,57	kN
<b>Non Strutturali</b>	19,50	kN
<b>Accidentali</b>	15,99	kN
<i>Partizione orizzontale</i>		
<b>Area influenza</b>	20,91	m <sup>2</sup>
<b>Strutturali</b>	65,80	kN
<b>Travi secondarie</b>	3,68	kN
<b>Travi principali</b>	3,73	kN
<b>Soletta</b>	58,39	kN
<b>Non Strutturali</b>	36,60	kN
<b>Accidentali</b>	62,73	kN
<b>Parete perimetrale</b>	1,86	kN/m
<b>Peso gabion</b>	10,73	kN/m
<b>Peso proprio pilastro</b>	0,83	kN/m
<b>Carichi per piani</b>		
<i>Copertura</i>		
<b>Strutturale</b>	67,64	kN
<b>Non Strutturale</b>	125,90	kN
<b>Accidentale</b>	20,49	kN
<i>Piano Primo</i>		
<b>Interpiano</b>	4,24	m
<b>Strutturale</b>	123,32	kN
<b>Non Strutturale</b>	109,44	kN
<b>Accidentale</b>	78,72	kN
<i>Piano Terra</i>		
<b>Interpiano</b>	3,66	m
<b>Strutturale</b>	3,05	kN
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>		
<b>Perm Stru</b>	1,3	
<b>Perm non Stru</b>	1,5	
<b>Accidentali</b>	1,5	

Verifica SLU	Nad	A min	A eff	Nrd		
	(kN)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(kN)		
<b>Sezione Piano Primo</b>	750,08	3039,82	10600	3583,81	Nrd/Nad =	4,78
<b>Sezione di Terra</b>	754,03	3055,86	10600	3583,81	Nrd/Nad =	4,75

<b>Pilastro Piscina</b>		
<b>Nome</b>	D 17	
<b>Profilo</b>	HEB 300	
<b>Acciaio</b>	S 235	
<b>Carichi</b>		
<i>Copertura verde</i>		
<b>Area influenza</b>	70,34	m <sup>2</sup>
<b>Strutturali</b>	232,02	kN
<b>Travi secondarie</b>	24,45	kN
<b>Travi principali</b>	11,14	kN
<b>Soletta</b>	196,43	kN
<b>Non Strutturali</b>	423,54	kN
<b>Accidentali</b>	68,94	kN
<b>Peso proprio pilastro</b>	1,17	kN/m
<b>Copertura</b>		
<b>Strutturale</b>	232,02	kN
<b>Non Strutturale</b>	423,54	kN
<b>Accidentale</b>	68,94	kN
<b>Piano Primo</b>		
<b>Interpiano</b>	4,24	m
<b>Peso pilastro</b>	4,96	kN
<b>Coefficienti di sicurezza SLU</b>		
<b>Perm Stru</b>	1,3	
<b>Perm non Stru</b>	1,5	
<b>Accidentali</b>	1,5	

Verifica SLU	Nad	A min	A eff	Nrd		
	(kN)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(kN)		
<b>Sezione Piano Primo</b>	1046,78	4242,28	10600	3583,81	Nrd/Nad =	3,42

## 7.8 VERIFICA DELLA FACCIATA IN GABION WALL

Si riportano di seguito le verifiche strutturali per la facciata in Gabion Wall. Per i particolari costruttivi e i disegni si vedano gli Allegati 27-38.

<b>Facciata in Gabion Wall</b>		
<b>Montanti</b>		
<b>Profilo</b>	Tubolare	
<b>Acciaio</b>	S 235	
<b>Dimensioni</b>	12x6x0,4	cm
<b>Interasse</b>	0,90	m
<b>Traversi</b>		
<b>Profilo</b>	"T"	
<b>Dimensioni</b>	10x9x0,6	cm
<b>Interasse</b>	0,55	m
<b>Gabion</b>		
<b>gioco verticale</b>	0,015	m
<b>gioco orizzontale</b>	0,015	m
<b>base</b>	0,885	m
<b>altezza</b>	0,535	m
<b>spessore</b>	0,120	m
<b>peso sp marmo</b>	2600,00	kg/m <sup>3</sup>
<b>% pieni marmo</b>	0,60	
<b>% pieni calcolo*</b>	0,65	
<i>(* il peso della gabbia in acciaio viene considerato come un 5% in più forfettario rispetto alla percentuale di pieni del marmo)</i>		
<b>peso sp gabion</b>	1690,00	kg/m <sup>3</sup>
<b>peso gabbia</b>	96,02	kg
<b>Sul montante</b>		
<b>num gabbie</b>	9,00	
<b>peso gabbie</b>	864,19	kg
<b>Traversi "T"</b>		
<b>s</b>	0,10	m
<b>t<sub>s</sub></b>	0,006	m
<b>a</b>	0,09	m
<b>t<sub>a</sub></b>	0,006	m
<b>A<sub>tr</sub></b>	0,0011	m <sup>2</sup>
<b>Montanti</b>		
<b>luce</b>	4,95	m
<b>h</b>	0,12	m
<b>b</b>	0,06	m

$t_w$	0,004	m
$A_{mon}$	0,001376	m <sup>2</sup>
$A_{mon}$	1376,00	mm <sup>2</sup>
$A_{mon\ res}$	1272,00	mm <sup>2</sup>
<b><math>A_{mon\ res} = A_{mon} * 2 * t_w - d_0</math></b>		
$I$	255,00	cm <sup>4</sup>
$I$	2,55E-06	m <sup>4</sup>
$W$	42,50	cm <sup>3</sup>
$W$	4,25E-05	m <sup>3</sup>

Carichi Montante			
Peso proprio	0,53	kN	
Peso trasversi	0,81	kN	
Peso gabbie	8,64	kN	
Coeff sicurezza 1,50			
Peso proprio	0,80	kN	SLU
Peso trasversi	1,21	kN	SLU
Peso gabbie	12,96	kN	SLU
<b>Totale</b>	<b>14,97</b>	<b>kN</b>	

VERIFICA MONTANTE			
<b>Azione assiale sulla sezione più sollecitata</b>			
$N_{ad}$	14,97	kN	
$A_{min}$	66,90	mm <sup>2</sup>	$N_{ad}/(f_{yk} * \gamma_{M1})$
$A_{mon, res}$	1272,00	mm <sup>2</sup>	
$A_{mon, res} > A_{min}$	VERO		
<b>Tensoflessione vento in mezzaria</b>			
$p_v$	1,10	kN/m	SLU
$M_v$	5,06	kNm	$p_v * l^2 / 8$
$N_{ad}$	7,49	kN	
$\sigma_d$	124411,99	kN/m <sup>2</sup>	$M_v / W + N / A_{mon}$
$\sigma_d$	124,41	N/mm <sup>2</sup>	
$f_{yk}$	235,00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	223,81	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di calcolo di snervamento
$\sigma_d < f_{yd}$	VERO		

Bulloni		
Tipologia	M12 8.8	
d	12,00	mm
d <sub>0</sub>	13,00	mm
A <sub>res</sub>	113,10	mm <sup>2</sup>
e <sub>1</sub>	30,00	mm
e <sub>2</sub>	30,00	mm
p <sub>2</sub>	50,00	mm
L	70,71	mm

$f_{tb}$	800,00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yb}$	649,00	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M2}$	1,25	

Piastra		
<b>t piastra</b>	4,00	mm
<b>t montante</b>	4,00	mm
$f_{tk}$	235,00	N/mm <sup>2</sup>
$\alpha$	0,77	
<b>k</b>	2,5	

#### VERIFICA BULLONI E PIASTRA

$F_{v,Rd}$	43429,38	N	resistenza a taglio del bullone vedi D.M. 4.2.57
$F_{b,Rd}$	17353,85	N	resistenza a rifollamento della piastra vedi D.M. 4.2.61
$F_{b,Rd}$	17353,85	N	resistenza a rifollamento del montante vedi D.M. 4.2.61
<b>Piani di taglio</b>	4		
$V_{ad}$	14,97	kN	
<b>V</b>	3743,23	N	$V/(\text{piani di taglio})$ sforzo di taglio su ogni piano di taglio
$V < F_{v,Rd}$	<b>VERO</b>		
$V < F_{b,Rd}$	<b>VERO</b>		

#### VERIFICA BULLONI HALFEN

##### forze di estrazione

<b>F1</b>	14,97	kN	Carico di facciata
<b>F2</b>	16,75	kN	Totale forza di estrazione sui 4 bulloni
<b>F2 = F1*L10/L02</b>			
<b>L10</b>	0,151	m	Distanza media bulloni - "centro di rotazione piastra"
<b>L02</b>	0,135	m	Distanza media "centro di rotazione piastra"- bulloni halfen
<b>Fb</b>	<b>5,44</b>	<b>kN</b>	$F2*1.3/(\text{numero bulloni halfen})$

*Fb = Forza di estrazione sul singolo bullone incrementata di un coefficiente 1.3 per sicurezza perché la distanza tra i bulloni è minore di 25 cm*

*Scelto un profilo Halfen HTA 40/22 che garantisce una resistenza all'estrazione per singolo bullone (M16) pari a 8 kN se la distanza tra i bulloni è maggiore di 25 cm*





## 8. ACTIVE SHADING

## 8. ACTIVE SHADING

Come da bando di concorso, *Stone Wellness and Innovation*, oltre alla riqualificazione dell'area di progetto, è stato richiesto di concepire e definire un'applicazione innovativa del materiale pietra.

La storia insegna che questo materiale è sempre stato utilizzato soprattutto con funzioni strutturali. A partire da luoghi di culto come Stonehenge (2500 a.C.) passando per strutture difensive quali la Grande Muraglia Cinese (200 a.C.) o i castelli medioevali.

Nel mondo contemporaneo, invece, la pietra è sfruttata quasi esclusivamente per i rivestimenti esterni delle facciate, tuttavia la sua pesantezza e la facilità di riproduzione della stessa finitura esterna con materiali più leggeri e durevoli porta la pietra ad un utilizzo sempre minore.

Allora perché non aggiungere alla pietra un'altra funzione? Si è pensato, dunque, di sfruttare l'elevata conducibilità termica della pietra per integrare delle lastre in marmo con un sistema impiantistico radiante.



Figura 246 - Stonehenge



Figura 247 - La grande muraglia cinese

## 8.1 IL CONCEPT DELL'ACTIVE SHADING

Il sistema si pone come obiettivo la realizzazione di moduli in pietra al cui interno passa una tubazione a serpentino nella quale scorre un fluido termovettore. Il modo più semplice di concepire il sistema è pensare a due lastre sottili in pietra naturale con all'interno la tubazione in materiale molto conduttivo, come il rame o l'alluminio. In alternativa la tubazione può essere pensata come annegata nella pasta di una pietra ricomposta. Oppure il sistema può essere realizzato come una sorta di *spiedino* in cui diversi conci di pietra, ognuno con all'interno la sua tubazione, sono sovrapposti tra loro.



Figura 248 - Tubolare annegato in pietra ricomposta



Figura 249 - Tubolare fissato tra due lastre di pietra

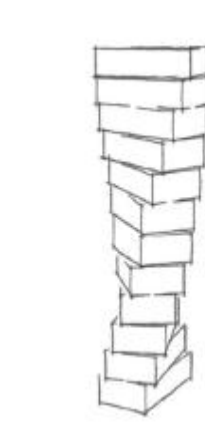
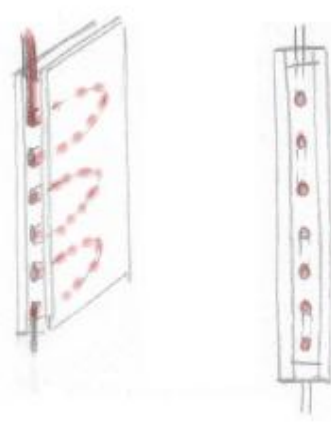


Figura 250 - Tubolare passante tra blocchi di pietra

Il sistema più facilmente realizzabile è il caso che prevede il tubolare tra due lastre in pietra. Annegare il serpentino in una matrice ricomposta infatti può permettere un risparmio grazie al possibile utilizzo di scarti di lavorazione tritati e riutilizzati, tuttavia implica un numero di lavorazioni molto superiore rispetto all'incollaggio di due lastre. Avere due lastre tra le quali viene interposto il tubo tuttavia diminuisce molto la superficie di contatto tra il serpentino e il marmo, diminuendo pertanto l'efficacia del sistema in generale, dato che il calore deve essere trasmesso attraverso la pietra.

Un sistema siffatto obbliga dunque ad inserire nell'intercapedine che si viene a creare tra le due lastre un materiale conduttore, e che sia compatibile fisicamente e chimicamente sia con il marmo che con il

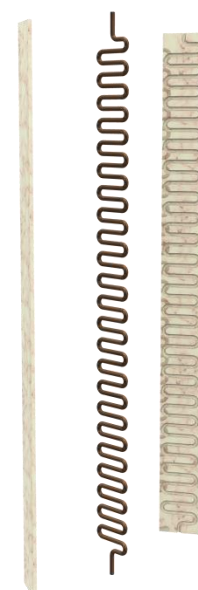


Figura 251 - Il serpentino in rame inserito tra due lastre di pietra

rame.

Nel caso del tubolare passante nei blocchi in pietra, invece, il fatto di non poter inserire un serpentino diminuisce moltissimo lo sviluppo lineare del tubo, con conseguenti diminuzioni del rendimento generale del sistema.

La soluzione migliore è la realizzazione di due lastre in marmo, nelle quali, grazie ad una fresa, viene realizzato l'alloggio per il serpentino: sono presenti solo due materiali, il marmo utilizzato è comunque naturale e non ricomposto, e la superficie di contatto per la conduzione del calore viene massimizzata.

Tuttavia, se il serpentino aumenta il rendimento rispetto ad un semplice tubo, rimangono ancora molte dispersioni e asimmetrie termiche dovute alla presenza delle diverse anse, e in ogni caso il raggio di curvatura della tubazione non permette di aumentarne così tanto lo sviluppo lineare.

Si è dunque deciso di sfruttare un elemento tubolare in rame inguainato in una piastra alettata in alluminio, presente sul mercato con il nome di Sunstrip.

La Sunstrip nasce come elemento captante, tuttavia le applicazioni di un tale sistema, a seconda delle necessità, della localizzazione ambientale e delle scelte architettoniche, possono essere le più svariate. Il fluido circolante può essere caldo, freddo o da preriscaldare, il sistema può essere posizionato all'interno, all'esterno, a parete o non a parete.

Vengono dunque presentati in tabella i pro e i contro relativi alle diverse modalità di messa in opera della lamella.



*Figura 252 - Sunstrip*

		ESTERNO		INTERNO	
		A parete	Non a parete	A parete	Non a parete
<b>SISTEMI ATTIVI</b>	Fluido caldo	<p>Stagione estiva: -</p> <p>Stagione invernale: può ridurre il flusso uscente dall'involucro, creando una sorta di barriera calda sul lato esterno. La realizzazione di una parete capacitiva risulta in ogni caso di difficile realizzazione, soprattutto a causa di problemi di condensa e umidità all'interno della parete. Inoltre, dato che il sistema è all'esterno, potrebbero esserci problemi di congelamento delle tubazioni.</p>	<p>Stagione estiva: -</p> <p>Stagione invernale: se utilizzato come sistema di oscuramento può ridurre il flusso uscente dai serramenti, creando una sorta di barriera calda sul lato esterno del vetro.</p> <p>Tuttavia, dato che il sistema è all'esterno, potrebbero esserci problemi di congelamento delle tubazioni.</p>	<p>Stagione estiva: -</p> <p>Stagione invernale: si configura come un sistema radiante a parete, pavimento o soffitto, già integrato con la finitura.</p> <p>Tuttavia, se la distribuzione dei serpentini sulle superfici del locale non è omogenea, è necessario alzare molto la temperatura del fluido termovettore, con conseguenti asimmetrie radianti e discomfort locali per l'utenza.</p>	<p>Stagione estiva: -</p> <p>Stagione invernale: se utilizzato come sistema di oscuramento, più che ridurre il flusso uscente dai serramenti, creando una sorta di barriera calda sul lato interno del vetro, può aumentare il comfort di coloro che si trovano in prossimità dei serramenti, qualora siano presenti ponti termici o la trasmittanza del vetro sia molto bassa.</p>
	Fluido freddo	<p>Stagione estiva: può ridurre il flusso entrante nell'involucro, creando una sorta di barriera fredda sul lato esterno. La realizzazione di una parete capacitiva risulta in ogni caso di difficile realizzazione, soprattutto a causa di problemi di condensa e umidità all'interno della parete.</p> <p>Stagione invernale: -</p>	<p>Stagione estiva: se utilizzato come sistema di oscuramento può ridurre il flusso entrante nei serramenti, dovuto all'irraggiamento solare e al <math>\Delta T</math> tra interno ed esterno, creando una sorta di barriera fredda sul lato esterno del vetro. Le temperature necessarie da raggiungere sono tuttavia esageratamente basse.</p> <p>Stagione invernale: -</p>	<p>Stagione estiva: si configura come un sistema radiante a parete, pavimento o soffitto, già integrato con la finitura. Tuttavia, se la distribuzione dei serpentini sulle superfici del locale non è omogenea, è necessario abbassare molto la temperatura del fluido termovettore, con conseguenti asimmetrie radianti e discomfort locali per l'utenza.</p> <p>Stagione invernale: -</p>	<p>Stagione estiva: se utilizzato come sistema di oscuramento, più che ridurre il flusso entrante dai serramenti, creando una sorta di barriera fredda sul lato interno del vetro, può aumentare il comfort di coloro che si trovano in prossimità dei serramenti, qualora siano presenti ponti termici o la trasmittanza del vetro sia molto bassa.</p> <p>Stagione invernale: -</p>

<p><b>SISTEMI PASSIVI</b></p>	<p>Fluido da preriscaldare</p>	<p>Stagione estiva: Se il fluido circolante ha una temperatura pari a quella dell'acquedotto, il sistema può ridurre il flusso entrante nell'involucro, asportando calore sul lato esterno. La realizzazione di una parete capacitiva risulta in ogni caso di difficile realizzazione, soprattutto a causa di problemi di condensa e umidità all'interno della parete. Il fluido, lavando la parete, innalza la sua temperatura e può cedere calore ad altri impianti grazie ad uno scambiatore di calore.</p> <p>Stagione invernale: Se il fluido circolante ha una temperatura pari a quella dell'acquedotto, il sistema può ridurre il flusso uscente nell'involucro, riducendo la temperatura superficiale esterna. La realizzazione di una parete capacitiva risulta in ogni caso di difficile realizzazione, soprattutto a causa di problemi di condensa e umidità all'interno della parete. Inoltre, dato che il sistema è all'esterno, potrebbero esserci problemi di congelamento delle tubazioni.</p>	<p>Stagione estiva: se utilizzato come sistema di oscuramento può ridurre il flusso entrante nei serramenti, dovuto all'irraggiamento solare e al <math>\Delta T</math> tra interno ed esterno, asportandone una quota prima che venga intercettato il vetro.</p> <p>Il fluido, proteggendo la parete, innalza la sua temperatura e può cedere calore ad altri impianti grazie ad uno scambiatore di calore.</p> <p>Stagione invernale: -</p>	<p>Stagione estiva: -</p> <p>Stagione invernale: -</p>	<p>Stagione estiva: se utilizzato come sistema di oscuramento, riduce minimamente il flusso entrante dai serramenti, creando una sorta di barriera a temperatura dell'acquedotto sul lato interno del vetro.</p> <p>Il sistema può aumentare il comfort di coloro che si trovano in prossimità dei serramenti, qualora siano presenti ponti termici o la trasmittanza del vetro sia molto bassa.</p> <p>Il fluido, proteggendo la parete, innalza la sua temperatura e può cedere calore ad altri impianti grazie ad uno scambiatore di calore.</p> <p>Stagione invernale: -</p>
-------------------------------	--------------------------------	---	---	--	--

Le prestazioni del sistema sono legate a moltissime variabili, da prendere in considerazione per un'analisi accurata, in modo che, una volta scelta la prestazione che si vuole ottimizzare, sia possibile trovare la configurazione optimum del sistema radiante.

È possibile elencare molti fattori che influiscono nella determinazione della configurazione ottimale, tra i quali:

- Il posizionamento migliore del sistema di oscuramento in merito ai punti cardinali N S W E, alla latitudine e alla longitudine del sito di progetto;
- Le dimensioni ottimali delle lamelle: maggiore è la dimensione della lamella, maggiore risulta la radiazione solare assorbita, ma ciò può provocare un aumento del peso del sistema e un eccessivo oscuramento dell'interno dei locali;
- Gli spessori ottimali delle lamelle: maggiore è lo spessore della lamella, maggiore è lo sfasamento della radiazione incidente, che è un beneficio se si intende sfruttare il sistema come accumulo, ma è dannoso qualora l'obiettivo sia per esempio creare uno "scudo freddo esterno" verso l'irraggiamento estivo. In ogni caso una lamella più spessa è molto pesante, con conseguente ingrossamento del sistema supporto;
- La costante necessità di verifica di assenza di condensa sia negli strati interni della lamella che, se il sistema viene applicato a parete, negli strati della muratura;
- I trattamenti superficiali realizzabili sulle lamelle: a seconda che si voglia riflettere o assorbire la radiazione solare è bene che la lamella sia più o meno levigata. È utile prestare attenzione al fatto che una lamella sottoposta a bugnatura o sabbiatura posta in esterno, essendo rugosa, sia più soggetta ad attacchi climatici. Bisogna inoltre tener conto dei costi di lavorazione, che aumentano all'aumentare dei trattamenti superficiali;
- La distanza rispetto al vetro dei brise soleil: qualora la lamella sia posta in esterno si deve prestare particolare attenzione ad evitare la presenza di vortici; inoltre, a seconda che si voglia utilizzare il sistema per riscaldare o raffrescare, è bene valutare gli effetti una possibile ventilazione che si verrebbe a creare lungo la faccia del vetro a ridosso delle lamelle;
- La lunghezza massima della lamella: a seconda che la lamella sia più o meno lunga, e a seconda che si voglia riscaldare, raffrescare o preriscaldare, è bene valutare gli effetti della lunghezza di tubo e lamella sui rendimenti del ciclo.

In ogni caso, i sistemi precedentemente classificati come attivi, per funzionare necessitano, oltre al costo della realizzazione dell'impianto, un sistema di generazione di fluido caldo o freddo, in modo da modificare in modo più o meno marcato le prestazioni dell'involucro edilizio.

La convenienza di tali sistemi risulta dubbia, in confronto all'installazione di un classico sistema di oscuramento accompagnato dal miglioramento delle prestazioni dell'involucro intervenendo sullo spessore dello strato isolante o sulle proprietà del telaio e del vetro dei serramenti.

Integrare invece un sistema di oscuramento esterno, che indubbiamente necessita di una valenza architettonica, con un sistema che passivamente garantisce energia agli impianti, risulta la scelta migliore, soprattutto in una zona come Vila Viçosa, dove la radiazione solare estiva è molto alta.

Il sistema di oscuramento, posto all'esterno, intercetta la radiazione solare prima che arrivi sul vetro, così da ridurre il flusso termico entrante nell'involucro. Orientare il sistema in funzione del massimo irraggiamento solare significa dunque orientarlo in modo che protegga al meglio i locali e in modo che il fluido termovettore assorba più energia possibile, scaldandosi di più e potendo cedere più calore allo scambiatore di calore.

Resta da valutare se il costo dell'installazione di tutto il sistema, o meglio, il costo aggiuntivo relativo alle lavorazioni per l'inserimento delle Sunstrip all'interno delle lamelle, copra o meno i vantaggi in termini di energetici forniti nell'arco di vita utile dell'impianto.

Proseguendo con valutazioni di carattere economico, l'idea originale è stata fare in modo che l'inclinazione delle lamelle potesse seguire la posizione del sole oppure le preferenze dell'utenza, prevedendo la presenza di giunti rotanti e sistemi meccanizzati per la rotazione degli oscuranti.

Tuttavia l'alto costo dei componenti, la costante alimentazione elettrica, e la necessariamente elevata manutenzione da fornire nel corso della vita utile hanno spinto verso la progettazione di un sistema a lamelle fisse.

Ulteriore motivazione è la destinazione d'uso del locale oscurato dall'Active Shading: essendo una sala lettura – relax, ed essendo molto grande, lasciare la libertà all'utente di poter regolare a suo piacimento il flusso luminoso ruotando i brise soleil può comportare un discomfort per



*Figura 253 - Giunto idraulico rotante*



altri utenti, a meno di settorializzare enormemente (con conseguente aumento di costi di esecuzione e manutenzione) il sistema, in modo che ogni sezione possa ruotare in modo separato dalle altre.

Deciso che il sistema sia da posizionarsi all'esterno, resta da decidere sia se la lamella sia da posizionarsi verticalmente od orizzontalmente, sia l'inclinazione di questa lungo l'asse longitudinale.

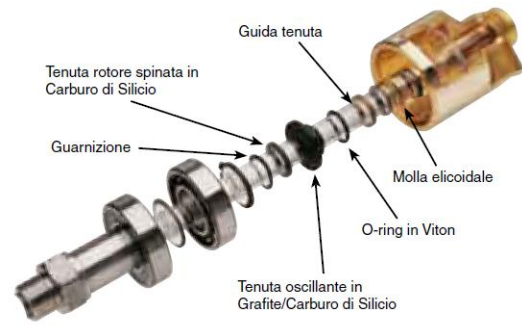
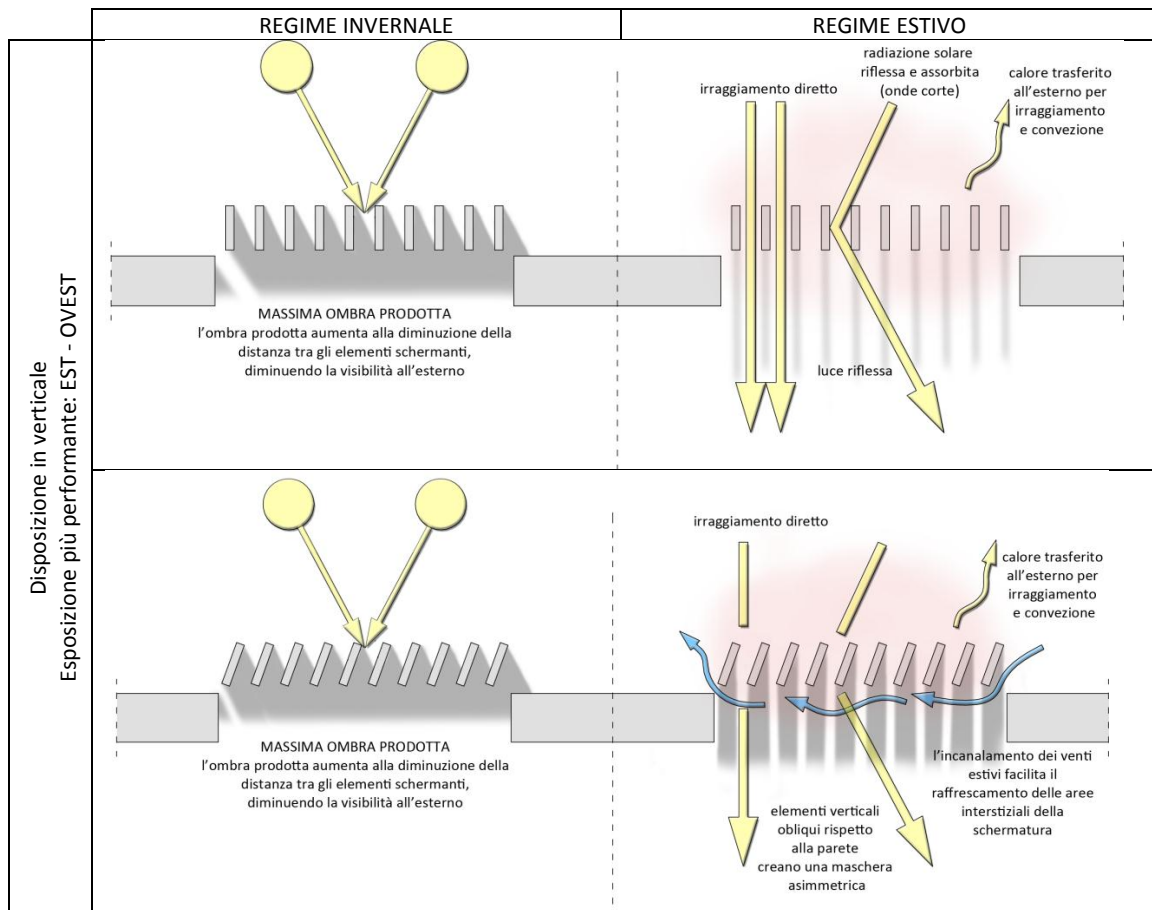
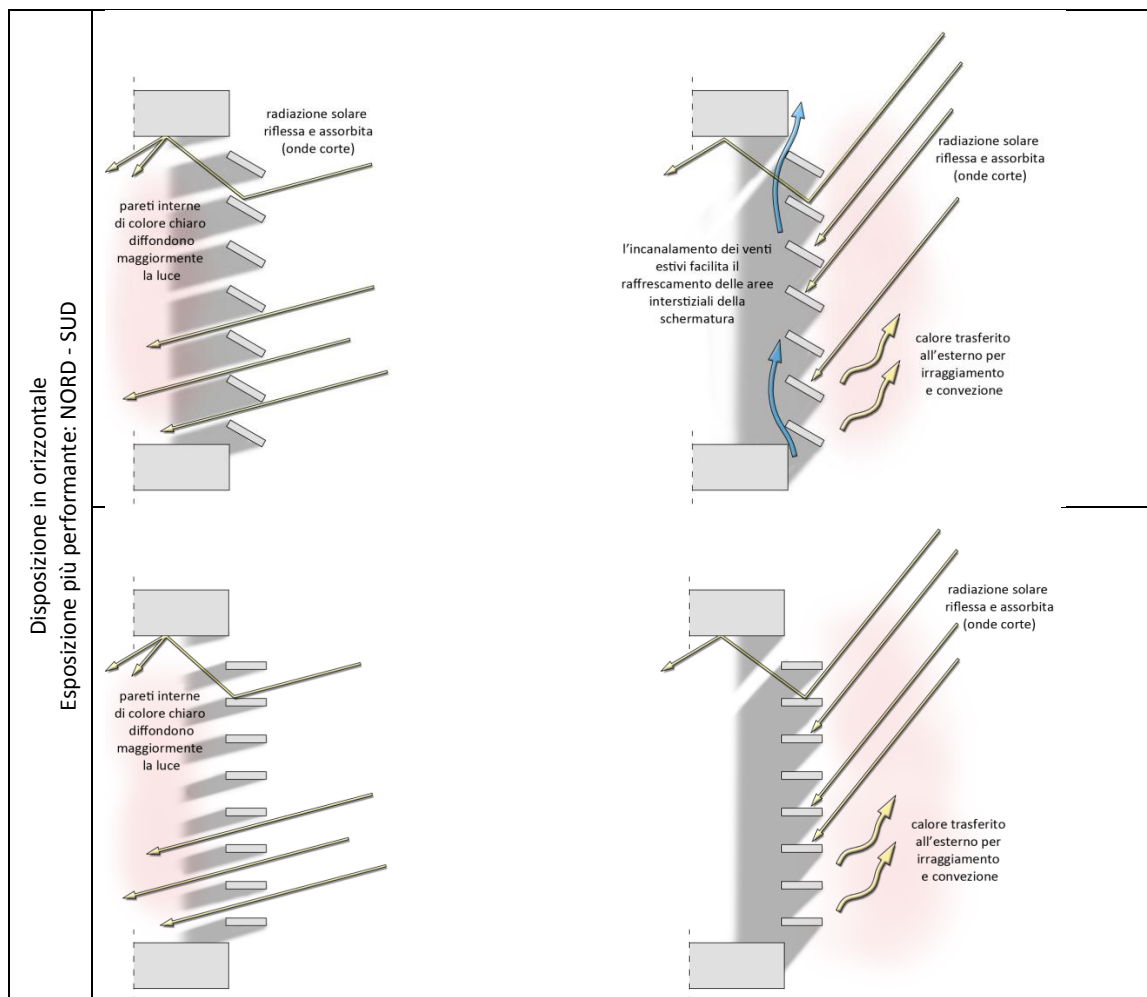


Figura 254 - Esploso del giunto idraulico rotante





Il sistema viene applicato, come già detto, a protezione di uno spazio comune esposto prevalentemente a sud, pertanto la soluzione più performante consiste nel posizionare gli elementi oscuranti in orizzontale. L'inclinazione della lamella sull'asse longitudinale verrà valutata per angoli di 30°, 35°, 40°, 45° e 50°, per poi scegliere quella più performante a livello di radiazione solare assorbita.

## 8.2 PRO E CONTRO DI UN MATERIALE DA COSTRUZIONE: IL MARMO

Il materiale scelto per la realizzazione del sistema Active Shading è il marmo, materiale nobile, di lunghissima tradizione, che presenta pregi e difetti a seconda dell'utilizzo che ne si voglia fare.

Il marmo è una roccia metamorfica composta prevalentemente di carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Il nome deriva dal greco antico μάρμαρον (mármaron) o μάρμαρος (mármaros), con il significato di "pietra splendente", a sua volta derivato dal verbo μαρμαίρω (marmaíró), che significa "splendere, brillare".

### 8.2.1 Caratteristiche generali

Il marmo si forma attraverso un processo metamorfico da rocce sedimentarie, quali il calcare o la dolomia, che provoca una completa ricristallizzazione del carbonato di calcio di cui sono in prevalenza composte e dà luogo ad un mosaico di cristalli di calcite o di dolomite (minerale). L'azione combinata della temperatura e della pressione, durante la trasformazione della roccia sedimentaria in marmo, porta alla progressiva obliterazione delle strutture e tessiture originariamente presenti nella roccia, con la conseguente distruzione di qualsiasi fossile, stratificazione o altra struttura sedimentaria presenti nella roccia originaria.

Il colore del marmo dipende dalla presenza di impurità minerali (argilla, limo, sabbia, ossidi di ferro, noduli di selce), esistenti in granuli o in strati all'interno della roccia sedimentaria originaria. Nel corso del processo metamorfico tali impurità vengono spostate e ricristallizzate a causa della pressione e del calore. I marmi bianchi sono esito della metamorfizzazione di rocce calcaree prive di impurità.

Il marmo presenta delle caratteristiche che lo rendono molto adatto all'uso in ambiente domestico, mentre altre caratteristiche ne delineano gli svantaggi. Ecco alcune delle principali caratteristiche del marmo:

- dura nel tempo
- resiste alle abrasioni
- resiste agli urti
- è lucente e gradevole esteticamente

- è poroso
- non è resistente alle macchie
- è sensibile alla maggior parte degli acidi
- non è impermeabile
- si sporca facilmente
- non è facile da pulire

Dato che l'obiettivo principale del sistema è assorbire la radiazione solare incidente sulle lamelle in modo da scaldare il fluido circolante nella Sunstrip, la porosità del marmo è bene che venga accentuata, non trascurando però che all'aumentare della rugosità superficiale diminuisce sì la radiazione riflessa, ma diminuisce anche la capacità di resistere alle intemperie, agli attacchi chimici e alle sporcature.

Viene proposta un'analisi svolta con il software CES 2010 in merito ad alcune proprietà caratteristiche delle pietre, in modo da poter determinare i pro e i contro del marmo in relazione ad altri tipi di pietra.

L'analisi viene svolta paragonando marmo (marble), granito (granite), calcare (limestone), arenaria (sandstone) e ardesia (slate), prestando attenzione a densità, conducibilità termica, resistenza a flessione, resistenza a compressione e modulo di Young, resistenza ai raggi UV, agli acidi deboli e agli acidi forti.

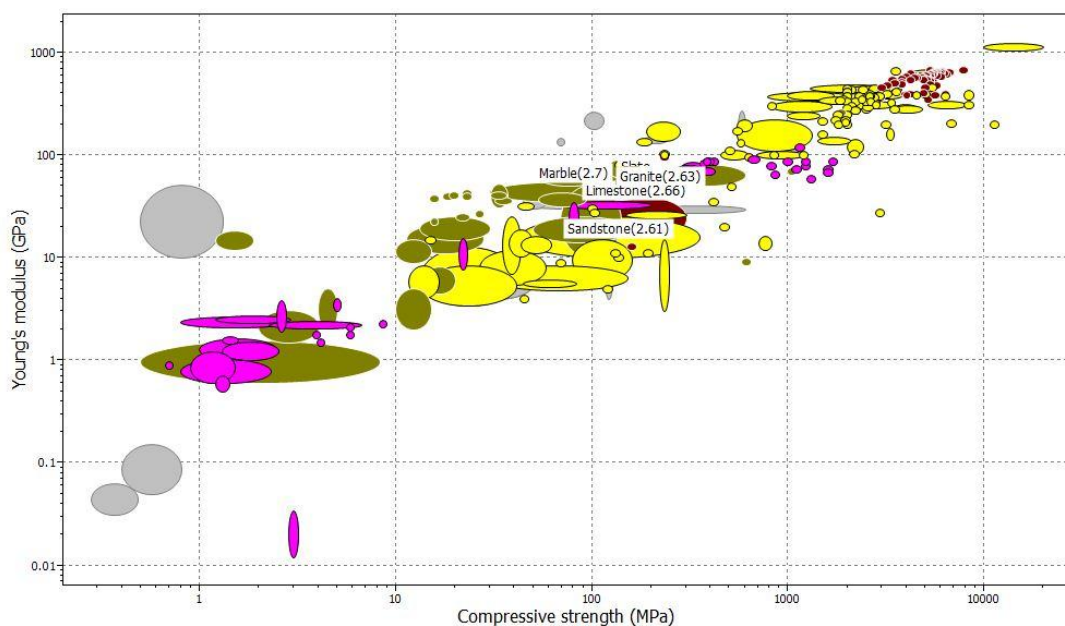


Figura 255 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Resistenza a compressione vs Modulo di Young

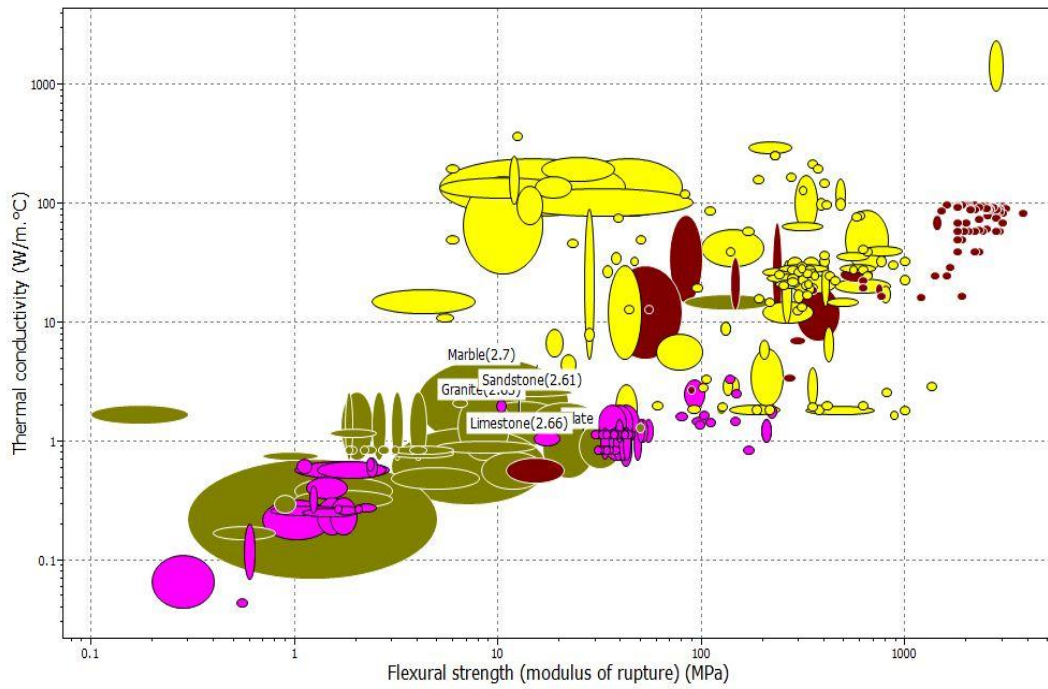


Figura 256 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Resistenza a flessione vs Conducibilità termica

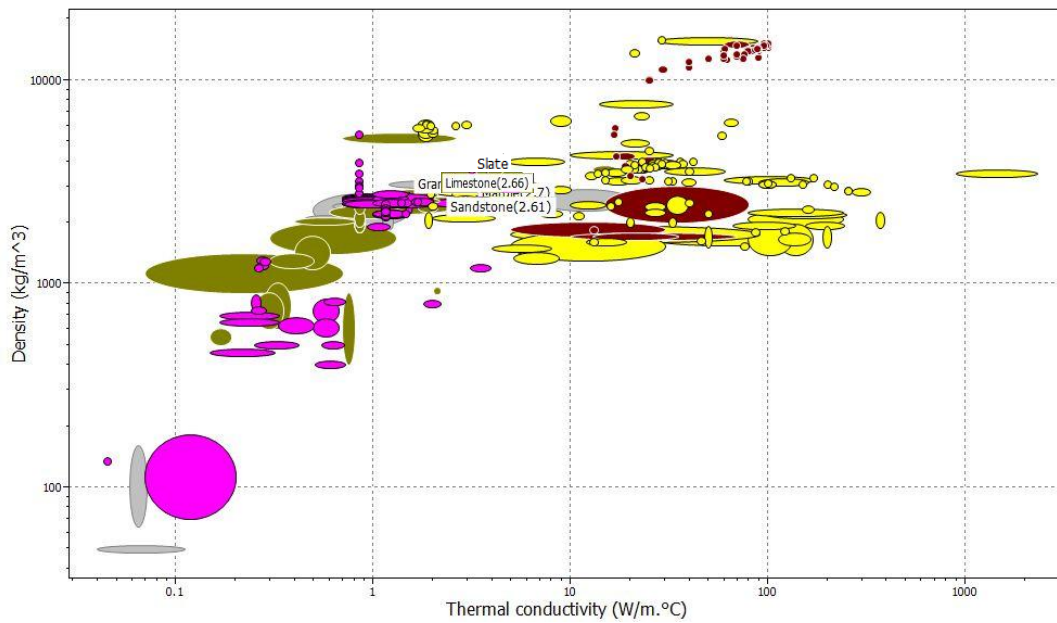


Figura 257 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Conducibilità termica vs Densità

<b>UV radiation</b>	<b>Excellent</b>	Marble Limestone	Sandstone		Slate Granite
	<b>Good</b>				
	<b>Fair</b>				
	<b>Poor</b>				
		<b>Unacceptable</b>	<b>Limited use</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Excellent</b>
<b>Weak acids</b>					

<b>UV radiation</b>	<b>Excellent</b>	Marble Limestone Sandstone			Slate Granite
	<b>Good</b>				
	<b>Fair</b>				
	<b>Poor</b>				
		<b>Unacceptable</b>	<b>Limited use</b>	<b>Acceptable</b>	<b>Excellent</b>
<b>Strong acids</b>					

Si nota come per quanto riguarda resistenza a compressione e modulo di Young il granito è sicuramente il materiale più performante, tuttavia le necessità del progetto sono scarsamente legate alle proprietà meccaniche, dati i deboli carichi in gioco, ma molto dipendenti dalla capacità del materiale di condurre e assorbire calore; è evidente, osservando il grafico 2, come sebbene il modulo di rottura a flessione per tutti i materiali si attesti attorno ad un valore di 10 MPa, il valore di conducibilità termica assume per il marmo un valore più alto rispetto alle altre pietre, arrivando fino a 6 W/m<sup>2</sup>K, mentre il granito rimane a valori molto più bassi.

Per quanto riguarda la resistenza agli agenti aggressivi tutte le pietre vengono classificate come resistenti ai raggi UV in modo eccellente, mentre per quanto riguarda la resistenza agli acidi, sia deboli che forti, sono il granito e l'ardesia a primeggiare, tuttavia la resistenza agli agenti atmosferici può essere incrementata tramite trattamenti superficiali, mentre non si può agire sul peso del materiale, legato alla densità, che caratterizza il granito come il più pesante in assoluto.

Il marmo garantisce poi, oltre alle ottime caratteristiche fisico meccaniche appena esposte, eccellenti proprietà di lavorabilità, ed è legato al contesto portoghese da una lunghissima tradizione di conoscenze e applicazioni.

Il marmo si configura quindi come la scelta più adatta, non solo per la disponibilità in loco ma anche per le proprietà che garantisce, per la realizzazione del sistema costruttivo innovativo Active Shading.

### 8.3 LA SCELTA DEL MARMO

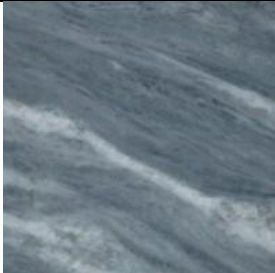
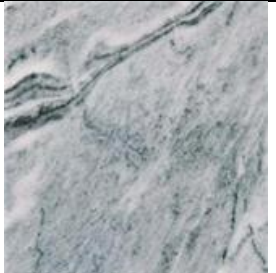


Uno degli obiettivi di progetto, come già specificato, è realizzare un edificio che impatti il meno possibile sull'ambiente in scala globale, e sul territorio in scala locale.

Essendo Vila Viçosa uno dei più grandi centri di estrazione e lavorazione del marmo, risulta chiaro come la varietà di marmo da utilizzarsi debba essere scelta tra quelle disponibili in loco. In riferimento alla UNI EN 12440<sup>34</sup>, vengono presentati i marmi estratti a Vila Viçosa, e tra questi i parametri principali da considerare per la scelta sono la conducibilità termica, la resistenza a flessione e ovviamente il costo.












La conducibilità termica non viene mai indicata dai produttori, pertanto si fa riferimento a valori medi, considerandone lieve l'influenza sui risultati a causa dei minimi spessori di marmo in gioco.

Per ogni varietà di marmo, in tabella, vengono indicate la massa volumica ( $\rho$ ), la resistenza a compressione ( $R_C$ ), la resistenza a flessione ( $R_F$ ) e l'assorbimento di acqua (A).





Data la maggior resistenza a flessione ed il basso assorbimento d'acqua garantiti, viene scelta per il progetto la varietà di marmo Branco Pardais.

			
<b>AZUL GUERRA</b> $\rho = 2715 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 91,2 \text{ MPa}$ $R_F = 26,48 \text{ MPa}$ $A = 0,5\%$	<b>AZUL LAGOA</b> $\rho = 2715 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 91,2 \text{ MPa}$ $R_F = 23,12 \text{ MPa}$ $A = 0,05\%$	<b>BRANCO EL REI</b> $\rho = 2710 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 82,38 \text{ MPa}$ $R_F = 16,87 \text{ MPa}$ $A = 0,08\%$	<b>BRANCO LAGOA</b> $\rho = 2710 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 79,04 \text{ MPa}$ $R_F = 16,87 \text{ MPa}$ $A = 0,08\%$

<sup>34</sup> UNI EN 12440 - Pietre naturali - Criteri per la denominazione - punto A.2.15

 <p><b>BRANCO MAROTEIRA</b>  <math>\rho = 2715 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 78,2 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 23,7 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,06\%</math></p>	 <p><b>BRANCO PARDAIS</b>  <math>\rho = 2709 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 85,12 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 27,16 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,08\%</math></p>	 <p><b>BRANCO VIGÁRIA</b>  <math>\rho = 2711 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 94,14 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 27,07 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,07\%</math></p>	 <p><b>CREME LAGOA</b>  <math>\rho = 2706 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 69,82 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 20,99 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,11\%</math></p>
 <p><b>CREME EL-REI</b>  <math>\rho = 2713 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 84,30 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 19,10 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,09\%</math></p>	 <p><b>CREME MAROTEIRA</b>  <math>\rho = 2720 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 90,00 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 25,00 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,05\%</math></p>	 <p><b>CREME PARDAIS</b>  <math>\rho = 2708 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 90,20 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 23,50 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,08\%</math></p>	 <p><b>CREME VIGARIA</b>  <math>\rho = 2717 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 104,48 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 23,25 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,05\%</math></p>
 <p><b>ROSA AURORA</b>  <math>\rho = 2717 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 85,51 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 17,55 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,06\%</math></p>	 <p><b>ROSA EL-REI</b>  <math>\rho = 2716 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 108,6 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 14,51 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,05\%</math></p>	 <p><b>ROSA LAGOA</b>  <math>\rho = 2713 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 83,16 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 19,22 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,07\%</math></p>	 <p><b>ROSA MAROTEIRA</b>  <math>\rho = 2716 \text{ kg/m}^3</math>  <math>R_C = 89,73 \text{ MPa}</math>  <math>R_F = 24,81 \text{ MPa}</math>  <math>A = 0,05 \%</math></p>



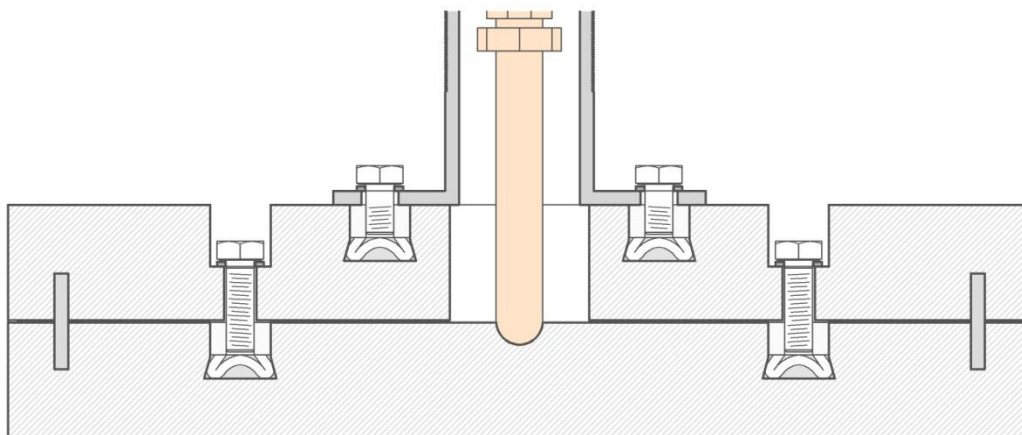
			
<b>ROSA PARDAIS</b>	<b>ROSA PORTUGAL</b>	<b>ROSA VIGÁRIA</b>	<b>RUIVINA DA FONTE DA MOURA</b>
$\rho = 2715 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 79,43 \text{ MPa}$ $R_F = 16,97 \text{ MPa}$ $A = 0,03\%$	$\rho = 2715 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 72,57 \text{ MPa}$ $R_F = 15,10 \text{ MPa}$ $A = 0,05\%$	$\rho = 2713 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 90,18 \text{ MPa}$ $R_F = 17,26 \text{ MPa}$ $A = 0,06\%$	$\rho = 2714 \text{ kg/m}^3$ $R_C = 84,63 \text{ MPa}$ $R_F = 13,73 \text{ MPa}$ $A = 0,05 \%$

Le proprietà del marmo Branco Pardais vengono elencate in modo più dettagliato nella seguente tabella:

<b>Densità</b>	2709 kg/m <sup>3</sup>
<b>Porosità (chiusa)</b>	0,002 - 0,004 %
<b>Porosità (aperta)</b>	0 %
<b>Assorbimento acqua</b>	0,08 %
<b>Composizione</b>	
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	98 %
<b>CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	1,76 %
<b>MgO</b>	1,32 % mol
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0,71 %
<b>Sr</b>	114 -160 ppm
<b>Residuo</b>	1,37 %
<b>Dimensioni grani</b>	100 - 800 µm
<b>Proprietà meccaniche</b>	
<b>Modulo elastico tangente</b>	75±7 GPa
<b>Modulo elastico secante</b>	83,5 ± 2,5 GPa
<b>Modulo di fessurazione</b>	50 - 70 GPa
<b>Modulo di taglio</b>	22 - 28 GPa
<b>Rapporto di Poisson</b>	0,274
<b>Fattore di forma</b>	15
<b>Rigidezza</b>	21,7 GPa
<b>Carico di snervamento</b>	6 - 10 Mpa
<b>Resistenza alla trazione</b>	6 - 10 Mpa
<b>Resistenza alla compressione</b>	85,12 Mpa
<b>Resistenza a flessione</b>	27,16 MPa
<b>Allungamento</b>	0,01 - 0,02 %
<b>Durezza - Vickers</b>	16 - 20 HV
<b>Res. alla fatica a 10<sup>7</sup> cicli</b>	5 - 8 Mpa
<b>Proprietà termiche</b>	
<b>Punto di fusione</b>	1,23·10 <sup>3</sup> - 1,34·10 <sup>3</sup> °C
<b>Temp. max di servizio</b>	680 °C
<b>Temp. min di servizio</b>	-273 °C
<b>Conducibilità termica</b>	2,9 W/m <sup>2</sup> °C
<b>Capacità termica specifica</b>	870 J/kg °C

<b>Coeff. di espansione termica</b>	$6,3 \pm 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
<b>Calore latente di fusione</b>	800 kJ/kg
<b>Proprietà elettriche</b>	
<b>Resistività elettrica</b>	$1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^{12} \text{ } \mu\text{ohm cm}$
<b>Cost. dielettrica</b>	7
<b>Fatt. di dissipazione</b>	$5 \cdot 10^{-4} - 0,001$
<b>Rigidità dielettrica</b>	5 -12 MV/m
<b>Proprietà ottiche</b>	
<b>Colore</b>	Bianco - rosa
<b>Trasparenza</b>	Opaco
<b>Infiammabilità</b>	Non infiammabile

#### 8.4 LA REALIZZAZIONE DELLA LAMELLA



*Figura 258 - La lamella finita, in sezione trasversale*

Ogni lamella oscurante è realizzata accoppiando due lastre di marmo di dimensioni 185 x 22 x 2,5 cm tramite elementi di ancoraggio ad espansione geometrica in acciaio inox (cfr. Allegati 43-44) .

Le due lastre, prima di essere accoppiate, vengono opportunamente fresate e forate in modo da poter alloggiare al loro interno la Sunstrip. Viene presentato per fasi il ciclo produttivo della lamella.

### 8.4.1 Estrazione

I blocchi di marmo vengono estratti da uno dei numerosi siti estrattivi presenti in loco. La tipologia di cava a cielo aperto è la più diffusa nell'intorno di Vila Viçosa Borba.



Figura 259 - Estrazione di blocchi di marmo nei dintorni di Vila Viçosa



### 8.4.2 Stoccaggio blocchi

I blocchi estratti, di dimensioni solitamente 2,5 x 2,5 x 2,5 m, vengono movimentati grazie a gru Derrick o gru a Ponte, e stoccati all'interno dello stabilimento.



Figura 260 - Stoccaggio blocchi di marmo negli stabilimenti nei dintorni di Vila Viçosa

### 8.4.3 Taglio blocchi

I blocchi vengono tagliati in lastre di spessore 2,5 cm grazie a macchinari a telaio dotati di fili diamantati o seghe. Tutte le lavorazioni avvengono sotto continua irrorazione di acqua, in modo da abbattere le polveri.

In accordo ai consigli di aziende produttrici nel settore, il taglio con segatrici a telaio è più vantaggioso, dato che fornisce in una volta sola un set di lastre dal medesimo spessore.



Figura 261 - Il taglio dei blocchi di marmo

#### 8.4.4 Stoccaggio lastre

Le lastre vengono stoccate all'interno dello stabilimento, in attesa di essere tagliate in sottili lamelle.



*Figura 262 - Stoccaggio lastre*

#### 8.4.5 Taglio lastre

Le lastre vengono tagliate e sagomate secondo le indicazioni di progetto (cfr. Allegati 43-44).

Le lastre si dividono in due tipi: quella superiore, la cui faccia rimane a vista dall'esterno, prevede unicamente la fresatura per il futuro alloggiamento della Sunstrip e 8 fori non passanti, per il posizionamento dell'elemento di ancoraggio ad espansione geometrica. La fresatura, data la particolare forma, viene realizzata utilizzando macchine a controllo numerico, che lavorano il marmo sulla base di un disegno vettoriale.



*Figura 263 - Fresa multiutensile a gambo eccentrico*

I fori per l'alloggiamento dei sistemi di fissaggio ad espansione vengono realizzati con una fresa multiutensile a gambo eccentrico, che ruotando asimmetricamente realizza il foro a sagoma troncoconica.

La latta inferiore, visibile dall'interno, prevede la realizzazione di due fori quadrati per il passaggio del tubo flessibile di mandata e ritorno del fluido termovettore, la fresatura per l'alloggiamento della Sunstrip, 4 fori non passanti per il fissaggio delle piastre di acciaio di

La latta inferiore, visibile dall'interno, prevede la realizzazione di due fori quadrati per il passaggio del tubo flessibile di mandata e ritorno del fluido termovettore, la fresatura per l'alloggiamento della Sunstrip, 4 fori non passanti per il fissaggio delle piastre di acciaio di



collegamento alla struttura, e 8 fori passanti per l'alloggiamento del bullone di connessione alla lastra soprastante.

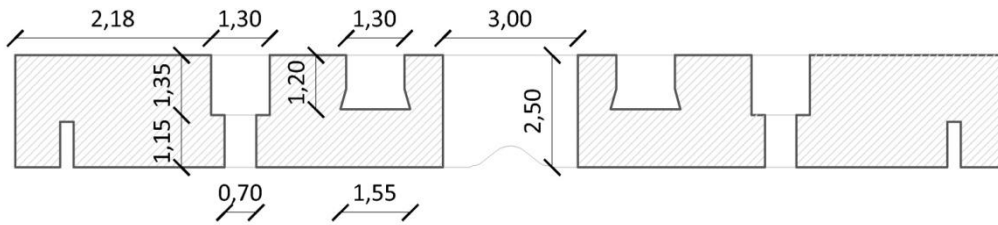


Figura 264 - Lastra superiore: sezione trasversale

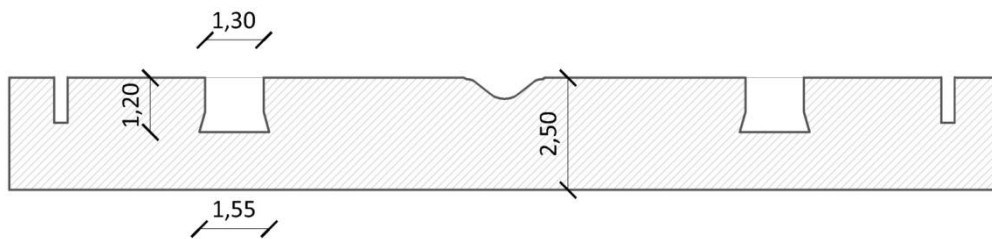


Figura 265 - Lastra inferiore: sezione trasversale



Figura 266 - Il taglio delle lastre



#### 8.4.6 Levigatura

Prima di essere assemblate, le lastre vengono sottoposte a levigatura.

È un trattamento che migliora la superficie della lastra, senza però aumentarne la riflettanza, come avverrebbe con la lucidatura.

Sebbene la lucidatura garantirebbe migliori performances relative alla capacità di resistere alle intemperie, agli attacchi chimici e alle sporcature, si preferisce mantenere il marmo ruvido in modo da massimizzarne l'assorbanza, considerando che in ogni caso la resistenza agli agenti sollecitanti è altissima.

A vista dunque la lastra si presenta ruvida, tuttavia sono state asportate tutte le zone dove il materiale presenta concentrazioni più tenere.

Sono sconsigliate lavorazioni meccaniche quali la bocciardatura, che a causa dei minimi spessori in gioco potrebbero creare tensioni o microfratture all'interno della lastra.



*Figura 267 - Levigatrice per marmo*

#### 8.4.7 Inserimento della Sunstrip



*Figura 268 - Sunstrip*

La Sunstrip è costituita da un tubo in rame legato metallurgicamente ad un elemento avvolgente alettato in alluminio. La superficie delle alette si presenta ondulata alla vista, in modo da aumentare la rigidezza e migliorarne l'aspetto.

Il rame utilizzato è puro al 99,9% e l'alluminio è una lega 1350.

La resistenza alla corrosione del rame combinata alla leggerezza e all'alta conducibilità dell'alluminio producono un elemento conduttore molto performante. Il legame metallurgico garantisce una superficie di contatto migliore e quindi migliori valori di assorbimento di calore e durabilità.

Grazie al perfetto legame che si instaura tra alluminio e rame, non c'è alcuna possibilità che aria o acqua riescano ad infiltrarsi tra i due materiali, dando inizio a fenomeni di corrosione galvanica.

La Sunstrip è caratterizzata da una bassa inerzia termica grazie alla sua leggerezza, pertanto, al variare della radiazione solare, le ali captanti reagiscono immediatamente in modo da massimizzare l'energia assorbita.

La Sunstrip è disponibile sia in nudo alluminio, sia con una finitura in materiale selettivo nero, che garantisce valori di emissività e assorbanza pari a 28 % e 94 %.

### Realizzazione della sunstrip

La sunstrip viene realizzata legando metallurgicamente in un laminatoio due strisce di alluminio ad un tubo in rame dove scorrerà il fluido termovettore. Il processo produttivo consiste in quattro fasi.

Dapprima le due bobine di alluminio (600 kg l'una) e quella di rame (150 kg) vengono caricate su svolgitori, poi le strip di alluminio

grezzo vengono sottoposte a spazzolatura su tutta la lunghezza, in modo da eliminare i contaminanti ed esporre il materiale vergine sottostante. Il tubo di rame viene spazzolato su entrambe le facce, quindi appiattito e spazzolato sulla parte superiore e inferiore. Questo assicura che tutte le superfici di contatto tra il rame e l'alluminio siano prive di contaminanti.

L'alluminio e il rame appiattito vengono posizionati tra due rulli in acciaio che applicando altissime pressioni realizzano il legame metallurgico (saldatura a freddo) tra i due materiali.

Infine la strip prodotta viene avvolta in bobine e venduta in pallet.

La Sunstrip, la cui lunghezza arriva sino a 520 m, viene poi tagliata secondo necessità di progetto a insufflata, in modo da aprire la via al fluido termovettore.

Grazie ad elementi di connessione appositi è possibile passare dalla sezione romboidale (sezione corrente della Sunstrip) a quella circolare, dove si congiunge ai tubi di adduzione e ripresa.



Figura 269 - Laminatoio

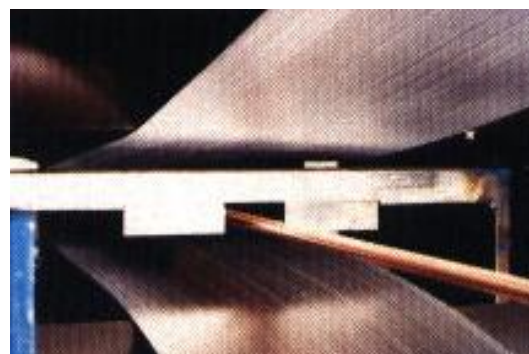


Figura 270 - Saldatura a freddo tra rame e alluminio

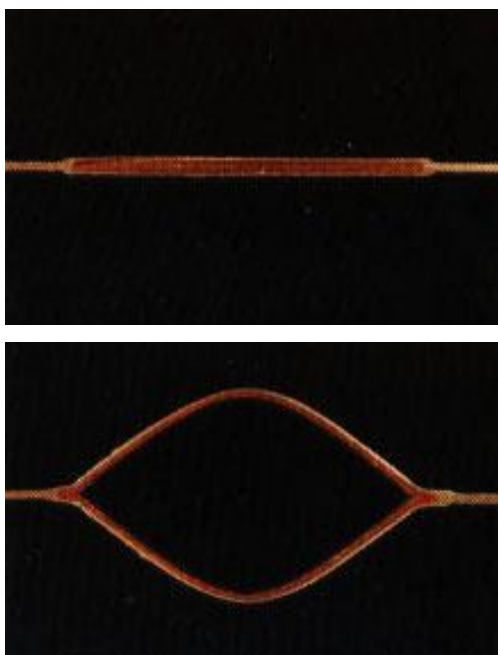
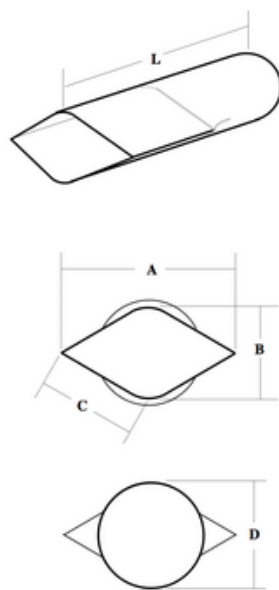


Figura 271 - La sunstrip, chiusa e insufflata



A = 12,9 mm  
B = 7,42 mm  
C = 7,42 mm  
E = 9,68 mm  
L = 25,4 mm

Figura 272 - Elemento di connessione al tubo a sezione circolare

Il modello scelto per l'applicazione presenta le seguenti caratteristiche:

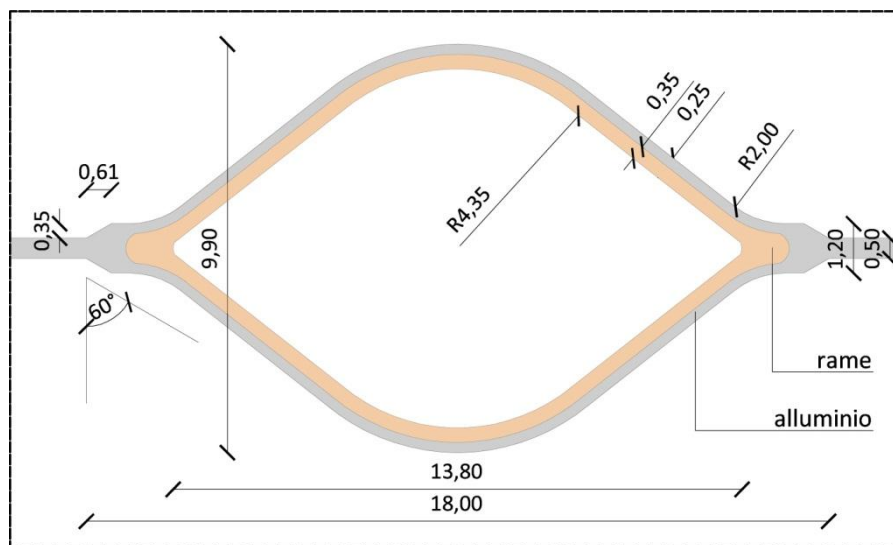


Figura 273 - Sunstrip: zoom sull'elemento in rame

La Sunstrip viene alloggiata tra le due lastre di marmo, e i tubi in rame piegati a 90° così da uscire perpendicolarmente attraverso i fori realizzati precedentemente sulla lastra visibile solo dall'interno.

#### 8.4.8 Accoppiamento e sigillatura delle lastre

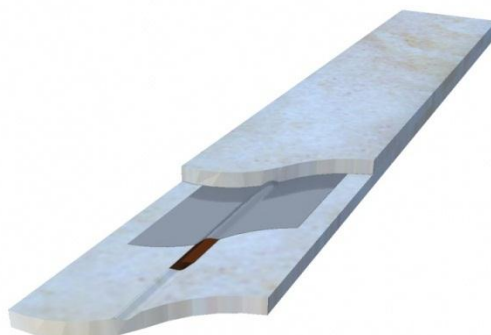


Figura 274 - Spaccato assometrico della lamella

Le lastre vengono dunque accoppiate e fissate grazie ad elementi di ancoraggio ad espansione geometrica in acciaio Inox AISI 316.

Onde evitare il possibile insorgere di fratture che porterebbero alla rottura fragile della lastra, e al fine di garantire, in caso di rottura avvenuta, che una delle due lastre cada al suolo, vengono inserite delle barre di armatura in acciaio, di dimensioni 1 x 0,2 x 175 cm, alloggiare all'interno di fessure appositamente fresate in precedenza, e fissate con collante epossidico. Solo dopo la giunzione si procede alla sigillatura della fuga con pasta a base cementizia.

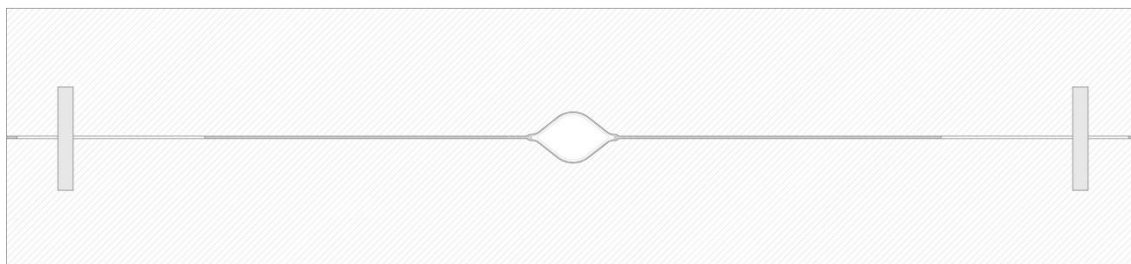


Figura 275 - Sezione trasversale della lamella

Prima di essere portate in cantiere, alle lastre vengono fissati grazie a bulloni M6 due piatti in acciaio di diametro 8 cm e spessore 3 mm, sui quali vengono saldati due tubi filettati di lunghezza 4 cm, diametro 3,2 cm e spessore 3 mm.

Grazie a questi elementi sarà possibile mettere in opera la lamella (cfr. Allegati 40-44).

#### 8.4.9 Fissaggio alla struttura

La messa in opera della lamella captante avviene grazie a degli elementi metallici connessi tra loro meccanicamente tramite anelli a ghiera, in modo da poter gestire comodamente le tolleranze ed evitare la presenza di qualsiasi tensione interna, che potrebbe portare il fragile marmo alla rottura.

Sul tubo in rame uscente dalla piastra viene fissato un elemento di raccordo diritto maschio a stringere in rame, collegato al rispettivo elemento di raccordo femmina a stringere innestato sul tubo flessibile in PE, di diametro 3/8" e termoisolato grazie ad una coppella in materiale elastomerico a celle chiuse di spessore 2 cm.



Figura 276 - Giunti a stringere maschio e femmina

Utilizzare sistemi di raccordo meccanici è più scomodo rispetto a sistemi ad innesto rapido, perché costringe l'installatore a ruotare uno sull'altro i due elementi di raccordo mentre la lastra non è ancora stata messa in opera. Tuttavia, per tubi della medesima sezione, i giunti a innesto rapido sono molto più grossi, e avrebbero comportato un sovradimensionamento degli elementi metallici all'interno dei quali passano i tubi.

Altro motivo contrario alla previsione di sistemi di connessione ad innesto rapido è il costo, che, come viene presentato in tabella, lieviterebbe quasi di un ordine di grandezza.

	Costo elemento €	Numero elementi	Costo totale €
<b>Innesto rapido femmina a sfera in rame</b>	4,8	738	3542,4
<b>Innesto rapido maschio a sfera in rame</b>	8,2	738	6051,6
			<b>9594,0</b>
<b>Raccordo diritto femmina a stringere in rame</b>	1,4	738	1033,2
<b>Raccordo diritto maschio a stringere in rame</b>	1,2	738	885,6
			<b>1918,8</b>

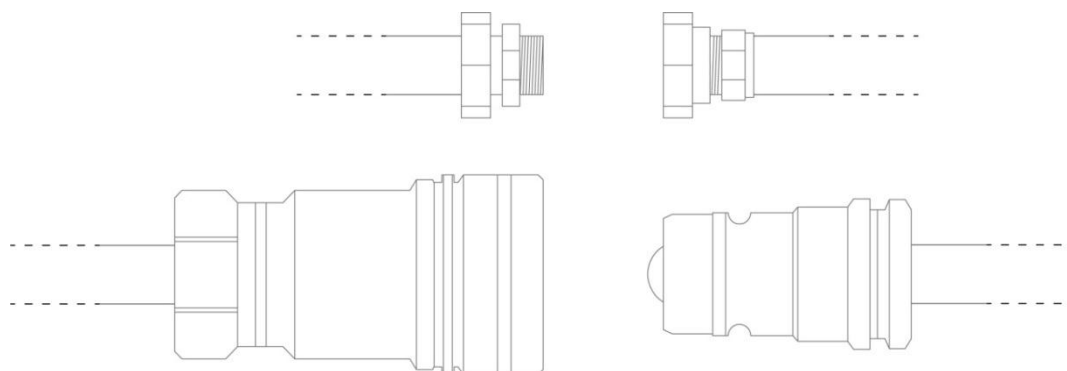


Figura 277 - Confronto con lo stesso rapporto di scala tra giunti a stringere e giunti a innesto rapido

Grazie ad una ghiera esagonale in acciaio filettata viene realizzato il serraggio meccanico tra il tubo saldato al piatto in acciaio e un tubo metallico di diametro esterno 2,6 cm e spessore 3 mm piegato a 90 gradi, inserito nel tubo con diametro 3,2 cm e tenuto in posizione grazie ad una rondella filettata in acciaio (cfr. Allegati 40-44).

In tal modo è possibile assorbire le tolleranze lungo l'asse perpendicolare al piano della lamella; per quanto riguarda l'asse parallelo al piano della lamella, le tolleranze vengono gestite allo stesso modo: il tubo piegato a 90° si inserisce in un tubo più grosso, di diametro 3,2 cm, viene tenuto in posizione grazie ad una rondella filettata in acciaio e quindi fissato grazie al serraggio meccanico garantito da un elemento a ghiera filettata.

Ovviamente prima di procedere al serraggio è possibile verificare ed eventualmente correggere l'inclinazione della lamella rispetto al piano orizzontale, secondo le indicazioni di progetto.



Figura 278 - Viste 3D delle lamelle messe in opera





Figura 279 - Esploso del sistema di fissaggio della lamella

Il tubo di diametro esterno 3,2 cm è saldato ad un altro elemento tubolare, di diametro esterno 6 cm e spessore 3 mm, saldato ad una piastra metallica curva, realizzata in modo da poter essere fissata al pilastro di sostegno in acciaio grazie a dei tasselli in acciaio Inox M8 appositamente concepiti per il fissaggio su cavità non accessibili da entrambi i lati. Per poter garantire una più comoda accessibilità e manutenibilità del sistema, l'elemento di chiusura del tubolare fissato al pilastro è filettato, e viene posto in opera semplicemente avvitandolo.



Figura 280 - Tassello in acciaio per il fissaggio su cavità non accessibili

Il pilastro in acciaio, di diametro esterno 25 cm e spessore 8 mm, viene forato localmente in corrispondenza degli elementi di sostegno delle lamelle, in modo che i tubi in PE nei quali scorre l'acqua possano raggiungere la sezione cava e quindi arrivare sino ai tubi di mandata e ripresa del sistema Active Shading, posizionati nel controsoffitto della sala relax.



## 8.5 VERIFICA A FLESSIONE

Essendo il marmo un materiale fragile e la lamella molto sottile, viene svolta una verifica a flessione. Si sottolinea che, dopo averne discusso anche con aziende, si è giunti alla consapevolezza che la validità di una verifica analitica a flessione risulta molto dubbia, dato che il marmo è sì un materiale omogeneo, ma presenta al suo interno piani di frattura che possono, in determinate condizioni, portare a rottura il materiale.

Sarebbe dunque necessario fare riferimento a centri di prova, i quali effettuano una serie di prove che permettono di caratterizzare il tipo di marmo dal punto di vista fisico, chimico e meccanico.

Per ottenere un valore numerico rappresentativo delle forze in gioco, si procede tuttavia alla verifica meccanica della lamella, considerata come un elemento in semplice appoggio, soggetto al peso proprio e al carico del vento.

Nonostante la validità del calcolo sia tutt'altro che sicura, lo svolgimento viene effettuato a favore di sicurezza, in quanto viene considerata una singola lastra; in realtà l'elemento finito è costituito da due lastre accoppiate con interposto un foglio di alluminio.

Il comportamento d'insieme pertanto sarà sicuramente migliore, e soprattutto il fatto di avere due lastre da 2,5 cm di spessore invece che una da 5 cm garantisce una probabilità pressoché nulla di trovarsi nella condizione per cui i piani di rottura delle due lastre coincidano.

Inoltre, la presenza delle due barre d'armatura in acciaio diminuisce ulteriormente la probabilità che possano espandersi cricche a causa di sforzi a flessione.

Altro vantaggio garantito è che, in caso di rottura di una lastra, questa non cadrà al suolo ma rimarrà verosimilmente attaccata all'altra, permettendone un'agevole e sicura sostituzione.

Per la verifica a flessione vengono considerati il peso proprio della lamella e l'azione del vento.

Il peso della neve, data l'inclinazione sull'orizzontale di 30° e la protezione che la lamella soprastante garantisce alla sottostante, viene trascurato.

La lamella è inclinata di 30°, pertanto le forze sollecitanti vengono proiettate lungo gli assi perpendicolare e parallelo allo sviluppo, come

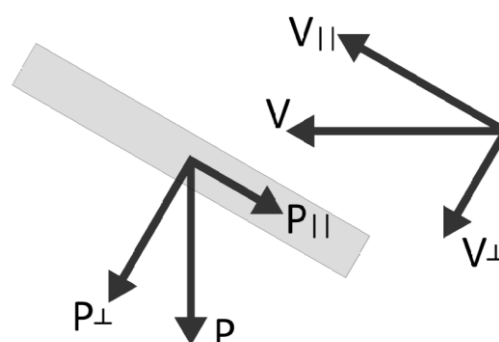


Figura 281 - Schema delle azioni sollecitanti

indicato in figura.

Il carico distribuito è dunque pari a:

$$p = (\rho \cdot b \cdot h) \cdot \cos 30 + p_{\text{vento}} \cdot \cos 60 = 102,58 \text{ N/m}$$

Dove

$\rho$  è la massa volumica del marmo, pari a  $2700 \text{ kg/m}^3$

$b$  è la base della sezione della lamella, pari a  $0,22 \text{ m}$

$h$  è l'altezza della sezione della lamella, pari a  $0,025 \text{ m}$

$p_{\text{vento}}$  è la pressione del vento, valutata in precedenza per superfici sopravento, nel peggiore dei casi pari a  $815,6 \text{ N/m}^2$

Sulla superficie esposta, il vento applica dunque:

$$N_{\text{vento}} = 815,6 \text{ N/m}^2 \cdot 1,85 \text{ m} \cdot 0,22 \text{ m} = 331,9 \text{ N}$$

Sulla sezione, risulta:

$$p_{\text{vento}} = \frac{301,8 \text{ N}}{1,85 \text{ m}} = 179,4 \text{ N/m}$$

Facendo riferimento allo schema statico di trave in semplice appoggio, il momento massimo sollecitante si sviluppa in mezzeria, e risulta:

$$M_{\text{ad}} = \frac{p \cdot l^2}{8} = 39,3 \text{ Nm}$$

Gli sforzi nella lamella risultano pari a:

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot \frac{h}{2} = \frac{M}{b \cdot h^2 / 6} = 1713493 \text{ N/m}^2$$

La resistenza a flessione del marmo risulta pari a

$$\sigma_{\text{marmo}} = 16900000 \text{ N/m}^2$$

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

## 8.6 IL MODELLO DI CALCOLO DELL'ENERGIA PRODOTTA

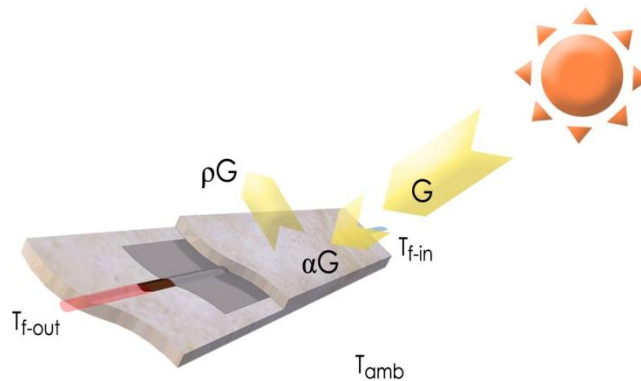


Figura 282 - Condizioni di esposizione della lamella

Per poter quantificare l'energia prodotta dal sistema Active Shading è necessario definire un modello di calcolo che ben rappresenti il fenomeno, che assuma delle ipotesi corrette e restituisca valori che, seppur approssimati, possano essere considerati validi.

Il problema principale del fenomeno da modellare è dovuto al fatto che il marmo, come tutti i materiali, è un materiale capacitivo, pertanto reagisce alle forzanti esterne sfasandole e ritardandole.

Il problema tuttavia non è assimilabile alla conduzione del calore in un mezzo seminfinito (o finito), dato che, a differenza di quanto avviene in tale fenomeno, la presenza di una sorgente fredda (il tubo in rame) all'interno della sezione, comporta un'alterazione delle ipotesi di base. Il flusso termico, dovuto alla differenza di temperatura e alla radiazione solare, infatti non attraversa un mezzo omogeneo, ma raggiunta una certa profondità di penetrazione viene *lavato* dal un fluido termovettore che scorre nella Sunstrip.

Occorre tuttavia svolgere alcune considerazioni in merito alle proprietà termiche della lamella di marmo, poiché problemi quali la conduzione di calore attraverso sezioni opache in regime estivo, similmente a quanto avviene per il calcolo dei carichi termici per trasmissione degli edifici, dovrebbero essere svolti in modo dinamico, dato che le oscillazioni delle forzanti ambientali sono molto ampie, e la temperatura dell'aria esterna risulta a volte superiore e a volte inferiore di quella di set point (nel caso in esame della temperatura del fluido termovettore).

Tuttavia il marmo in spessori così ridotti (2,5 cm per lastra) smorza e sfasa molto poco l'onda sollecitante, tanto che risulta ragionevole svolgere i calcoli a step orari, per tutto l'arco dell'anno.

Il tempo di ritardo a 2,5 cm di profondità, cioè il tempo in cui il picco della sollecitazione si sposta di 2,5 cm dalla superficie, risulta pari a:

$$t_r (x = 0,025) = \frac{\beta}{\omega} \cdot x = \frac{5,43 \text{ m}^{-1}}{0,000073 \text{ s}^{-1}} \cdot 0,025 \text{ m} = 1859,6 \text{ s} = 31 \text{ min}$$

Dove

$\beta$  è il fattore di attenuazione, calcolato come

$$\beta = \sqrt{\frac{\omega}{2 \cdot a}} = \sqrt{\frac{0,000073 \text{ s}^{-1}}{2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}} = 5,43 \text{ m}^{-1}$$

$\omega$  è la frequenza angolare, calcolata come

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86400 \text{ s}} = 0,000073 \text{ s}^{-1}$$

$T$  è il periodo delle vibrazioni, pari a 24 ore, ossia 86400 secondi, dato che la lamella è esposta alla radiazione solare per tutto l'arco della giornata

$a$  è un coefficiente definito come

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{2,9 \text{ W/mK}}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 870 \text{ J/kgK}} = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$\lambda$  è la conducibilità termica del marmo

$\rho$  è la massa volumica del marmo

$c$  è la capacità termica specifica del marmo

La profondità di penetrazione periodica  $\delta$  invece, ossia la profondità alla quale l'altezza relativa della forzante si riduce di un valore pari a  $1/e$ , risulta pari a:

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda \cdot T}{\rho \cdot c \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{2,9 \text{ W/mK} \cdot 86400 \text{ s}}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 870 \text{ J/kgK} \cdot \pi}} = 0,184 \text{ m} = 18,4 \text{ cm}$$

Da cui si deduce, essendo  $\delta$  maggiore di 2,5 cm, sia che la lastra di marmo si comporta come un mezzo finito, sia che in corrispondenza della Sunstrip la forzante è stata soggetta ad una riduzione minima.

Verificato che un modello di calcolo semistazionario su step orari risulta accettabile, resta da definire analiticamente il sistema marmo+Sunstrip, in modo da poter calcolare la temperatura che ora per ora l'acqua circolante nel sistema Active Shading fornisce all'impianto.

La lamella viene studiata lungo le due sezioni, trasversale e longitudinale.

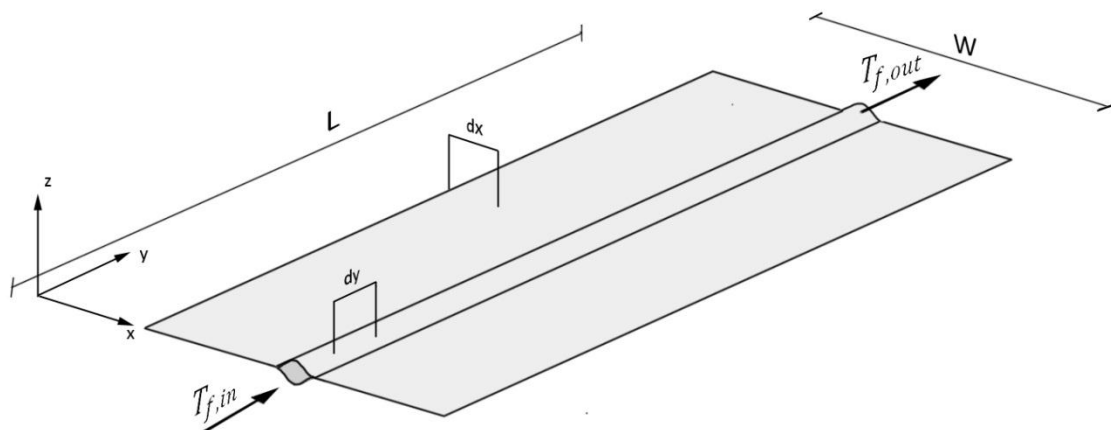


Figura 283 - Lo studio del fenomeno avviene lungo gli assi x e y

La sezione trasversale lungo l'asse x vede la Sunstrip sezionata, e le dimensioni in gioco vengono presentate in figura

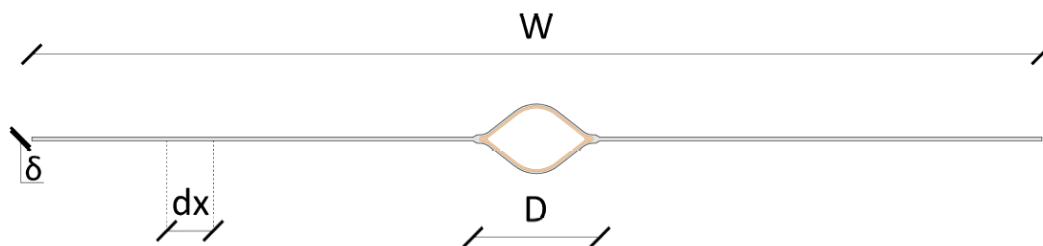


Figura 284 - Sezione della Sunstrip lungo l'asse x

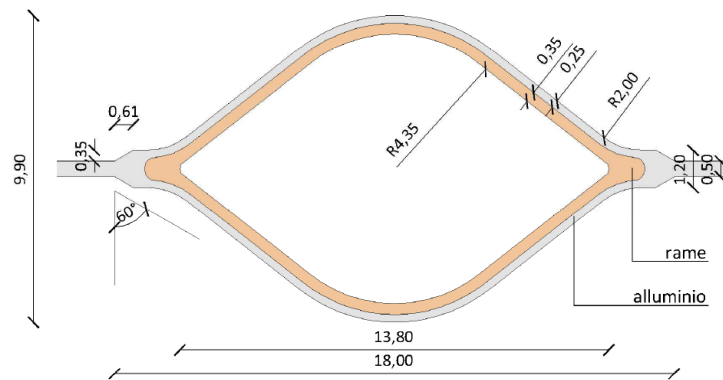


Figura 285 - Particolare del tubo centrale in rame

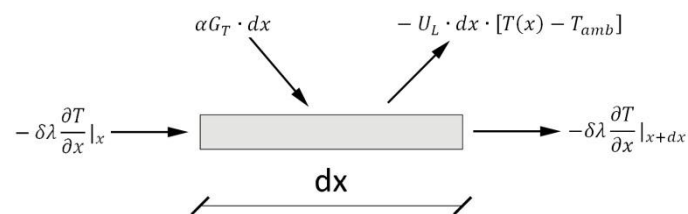


Figura 286 - Bilancio energetico su un dx

Imponendo l'equilibrio su un dx dell'aletta si ricava:

$$\alpha G_T \cdot dx - U_L \cdot dx \cdot [T(x) - T_{amb}] - \delta \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_x = -\delta \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x+dx}$$

Dove

$\alpha$  è l'assorbanza del marmo

$\delta$  è lo spessore dell'aletta in alluminio, pari a

$\lambda$  è la conducibilità termica dell'alluminio, pari a

$G_T$  è la radiazione solare

$U_L$  è la trasmittanza della sezione della lamella normalizzata sull'area captante, calcolabile come

$$U_L = \frac{2UA_c}{A_c} = 2U$$

Dove

$A_c$  è la superficie captante, pari a

$$A_c = 1,85 \cdot 0,2 = 0,37 \text{ m}^2$$

$U$  è la trasmittanza della semilamella, calcolata come:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{s_{\text{marmo}}/2}{\lambda_{\text{marmo}}} + \frac{s_{\text{alluminio}}/2}{\lambda_{\text{alluminio}}} + \frac{1}{h_e}\right)}$$

Dove

$s_{\text{marmo}}$  è pari a 5 cm

$s_{\text{alluminio}}$  è pari a 5 mm

$\lambda_{\text{alluminio}}$  è pari a 237 W/mK

$h_e$  è il coefficiente di scambio termico convettivo radiativo esterno, pari a 25 W/mK

Risolvendo l'equazione di equilibrio sul dx si ricava:

$$\alpha_{G_T} \cdot dx - U_L \cdot dx \cdot [T(x) - T_{\text{amb}}] = -\delta\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} dx$$

$$\alpha_{G_T} - U_L [T(x) - T_{\text{amb}}] + \delta\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{U_L}{\delta\lambda} [T(x) - T_{\text{amb}}] - \frac{\alpha_{G_T}}{\delta\lambda}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{U_L}{\delta\lambda} \left[ T(x) - T_{\text{amb}} - \frac{\alpha_{G_T}}{U_L} \right]$$

Si definisce quindi il flusso per unità di lunghezza  $\varphi'_{\text{fin}}$  relativo all'aletta come

$$\varphi'_{\text{fin}} = (W - D) \cdot F \cdot [\alpha_{G_T} - U_L (T_b - T_{\text{amb}})]$$

Dove

$W$  è la larghezza della Sunstrip, pari a 0,143 m

$D$  è la larghezza del tubo in rame a sezione romboidale, pari a 0,01238

$T_b$  è la temperatura all'interfaccia tra tubo e alette

$F$  è un fattore definito come

$$F = \frac{\tanh \left[ \frac{m(W - D)}{2} \right]}{m(W - D)/2} = 0,954$$

Dove

$m$  è un fattore pari a

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{\lambda_{\text{alluminio}} \cdot \delta}} = 5,891 \text{ m}^{-1}$$

A  $\varphi'_{fin}$  viene aggiunta la componente legata al tubo in cui passa il fluido termovettore  $\varphi'_{tubo}$ , così da ottenere  $\varphi'_u$

$$\varphi'_u = \varphi'_{fin} + \varphi'_{tubo} = [(W - D) \cdot F + D] \cdot [\alpha G_T - U_L(T_b - T_{amb})]$$

Dove D è la larghezza del tubo in cui scorre il fluido termovettore, pari a 0,0138 m

Obiettivo della dimostrazione è tuttavia legare la temperatura del fluido *unicamente* alle variazioni di temperatura e irraggiamento solare esterni, evitando di passare attraverso le temperature *nella* Sunstrip. Il passaggio seguente è dedicato dunque ad eliminare  $T_b$  dall'equazione.

Noto

$$\varphi'_u = \frac{T_b - T_f}{1/c_b + 1/\pi D_i h_{if}}$$

Dove

$T_f$  è la temperatura del fluido termovettore

$D_i$  è il diametro interno della tubazione pari a 0,0097

$h_{if}$  è il coefficiente di scambio termico del fluido

$c_b$  è un fattore definito come

$$c_b = \frac{\lambda_{alluminio} \cdot b}{\gamma} = 413,1 \text{ W/mK}$$

Dove

b è la lunghezza del legame pari a  $0,00061 \cdot 2 = 0,0012$  m

$\gamma$  è lo spessore della giunzione pari a  $0,00035 \cdot 2 = 0,0007$  m

È possibile ora scrivere il flusso termico per unità di lunghezza  $\varphi'_{tubo}$  come:

$$\varphi'_u = W \cdot F' \cdot [\alpha G_T - U_L(T_f - T_{amb})]$$

Dove  $F'$  è il fattore di efficienza del collettore, definito come:

$$F' = \frac{1/U_L}{W \left[ 1/U_L [D_e + (W - D_e) \cdot F] + 1/c_b + 1/\pi D_i h_{if} \right]} = 0,902$$



Dove

$D_e$  è il diametro esterno della tubazione pari a 0,0157 m

$h_{if}$ , coefficiente di scambio termico del fluido, è calcolabile come

$$h_{if} = \frac{k}{D_i} \cdot Nu_D = 3748,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Dove

$k$  è il coefficiente di conduzione del fluido, assunto pari a 0,617 W/mK in accordo alle tabelle relative alle proprietà dell'acqua a 35°C

$Nu_D$  è il numero di Nusselt, che per regime turbolento ( $Re_D > 10000$ ) e  $0,7 < Pr < 160$  vale

$$Nu_d = 0,023 Re_D^{0,8} \cdot Pr^n = 58,71$$

Dove

$n$  è un indice che vale 0,3

$Pr$  è il numero di Prandtl, calcolato come

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = 4,81$$

Dove

$v$  è la viscosità cinematica del fluido, assunta pari a  $7,27 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  in accordo alle tabelle relative alle proprietà dell'acqua a 35°C

$\alpha$  è la diffusività termica del fluido, assunta pari a  $1,51 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  in accordo alle tabelle relative alle proprietà dell'acqua a 35°C

$Re_D$  è il numero di Reynolds, pari a

$$Re_D = \frac{u \cdot D_i}{v} = 10068,11$$

Dove

$u$  è la velocità media del fluido, calcolata come

$$u = \frac{4\dot{m}}{\pi D_i^2} = 0,757 \text{ m/s}$$

Dove

$\dot{m}$  è la portata del fluido termovettore, pari a 200 l/h, ossia  $5,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Noto il flusso termico per unità di lunghezza  $\phi'_{\text{tubo}}$  relativo alle sezioni lungo l'asse x, è necessario analizzare l'andamento del flusso lungo l'asse y, ossia lungo tutto lo sviluppo della lamella.

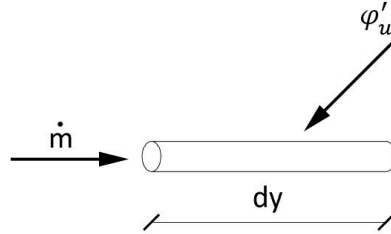


Figura 287 - Bilancio energetico su un dy

Verificando l'equilibrio su un dy si ha che

$$\dot{m} \cdot c_p \frac{\partial T_f}{\partial y} = \phi'_u$$

$$\dot{m} \cdot c_p \frac{\partial T_f}{\partial y} = W \cdot F' \cdot [\alpha G_T - U_L(T_f - T_{amb})]$$

Da cui si ricava che

$$\frac{(T_{f,out} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L)}{(T_{f,in} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L)} = e^{-\frac{A_C \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}}$$

$$T_{f,out} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L = [T_{f,in} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L] e^{-\frac{A_C \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}}$$

$$T_{f,out} - T_{f,in} = -T_{f,in} + T_{amb} + \alpha G_T / U_L + [T_{f,in} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L] e^{-\frac{A_C \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}}$$

$$T_{f,out} - T_{f,in} = \left[ e^{-\frac{A_C \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}} - 1 \right] \cdot [T_{f,in} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L]$$

$$(T_{f,out} - T_{f,in}) \cdot \dot{m} \cdot c_p = \left[ e^{-\frac{A_C \cdot U_L \cdot F'}{\dot{m} \cdot c_p}} - 1 \right] \cdot [T_{f,in} - T_{amb} - \alpha G_T / U_L] \cdot \dot{m} \cdot c_p$$

Definito il Fattore di Rimozione del collettore come

$$FR \cong \frac{(T_{f,out} - T_{f,in}) \cdot \dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot [\alpha G_T - U_L(T_{f,in} - T_{f,out})]} = \dot{Q}_u$$

Dove  $\dot{Q}_u$  è la potenza entrante, si ricava che

$$FR = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_c \cdot U_L} \left[ 1 - e^{-\frac{A_c U_L F' t}{\dot{m} c_p}} \right] = 0,698$$

Noto FR si ha che

$$\dot{Q}_u = A_c \cdot FR \cdot [\alpha G_T - U_L(T_{f,in} - T_{amb})]$$

Tuttavia

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{f,out} - T_{f,in})$$

Pertanto è possibile ricavare la temperatura  $T_{f,out}$  del fluido che ora per ora giunge all'impianto in funzione di  $T_{f,in}$ , cioè la temperatura dell'acquedotto, assunta pari a 14 °C nei mesi aprile – settembre e 10°C nei mesi ottobre – marzo, in funzione della portata, del calore specifico del fluido e della potenza entrante  $\dot{Q}_u$ , calcolata in funzione del Fattore di Rimozione, della stratigrafia della lamella e della radiazione solare.

$$T_{f,out} = T_{f,in} + \frac{\dot{Q}_u}{\dot{m} \cdot c_p}$$



## 9. ACTIVE SHADING: Energia prodotta

## 9. ACTIVE SHADING: Energia prodotta

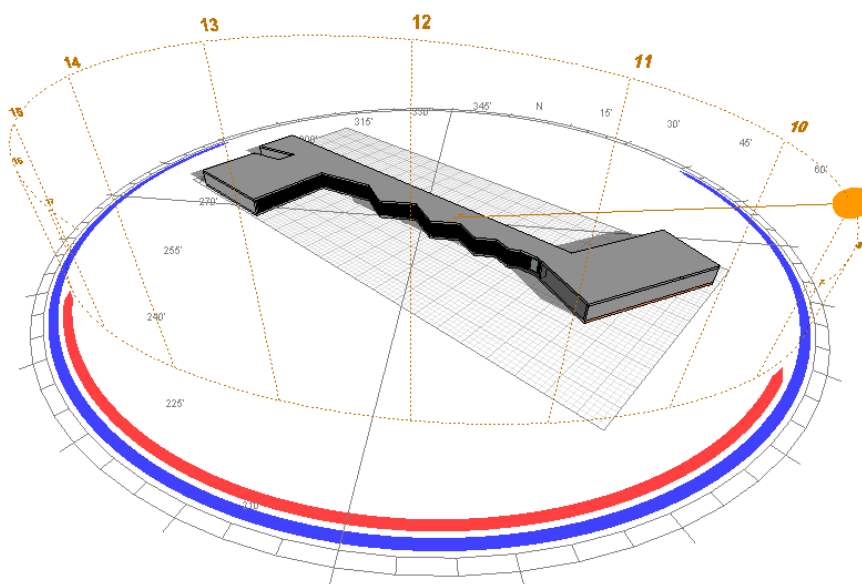


Figura 288 - Analisi della radiazione solare incidente tramite un software di calcolo

Il sistema Active Shading viene applicato a protezione dell'involucro vetrato della zona relax che si affaccia a sud sulla balza naturale in marmo. Le superfici di involucro tuttavia non hanno tutte lo stesso orientamento, sono infatti caratterizzate da quattro differenti angoli di azimuth rispetto al sud.

Vengono identificate pertanto 4 "superfici" captanti, ognuna relativa ad un preciso angolo di azimuth, come indicato in tabella.

	<b>Azimuth</b>	<b>A<sub>lamella</sub></b>	<b>Numero batterie</b>	<b>N° lamelle/batteria</b>	<b>Area captante</b>
		m <sup>2</sup>			m <sup>2</sup>
<b>Superficie 1</b>	0	0,41	10	9	36,9
<b>Superficie 2</b>	20	0,41	9	9	33,2
<b>Superficie 3</b>	-55	0,41	9	9	33,2
<b>Superficie 4</b>	57,5	0,41	13	9	48,0
					<b>151,3</b>

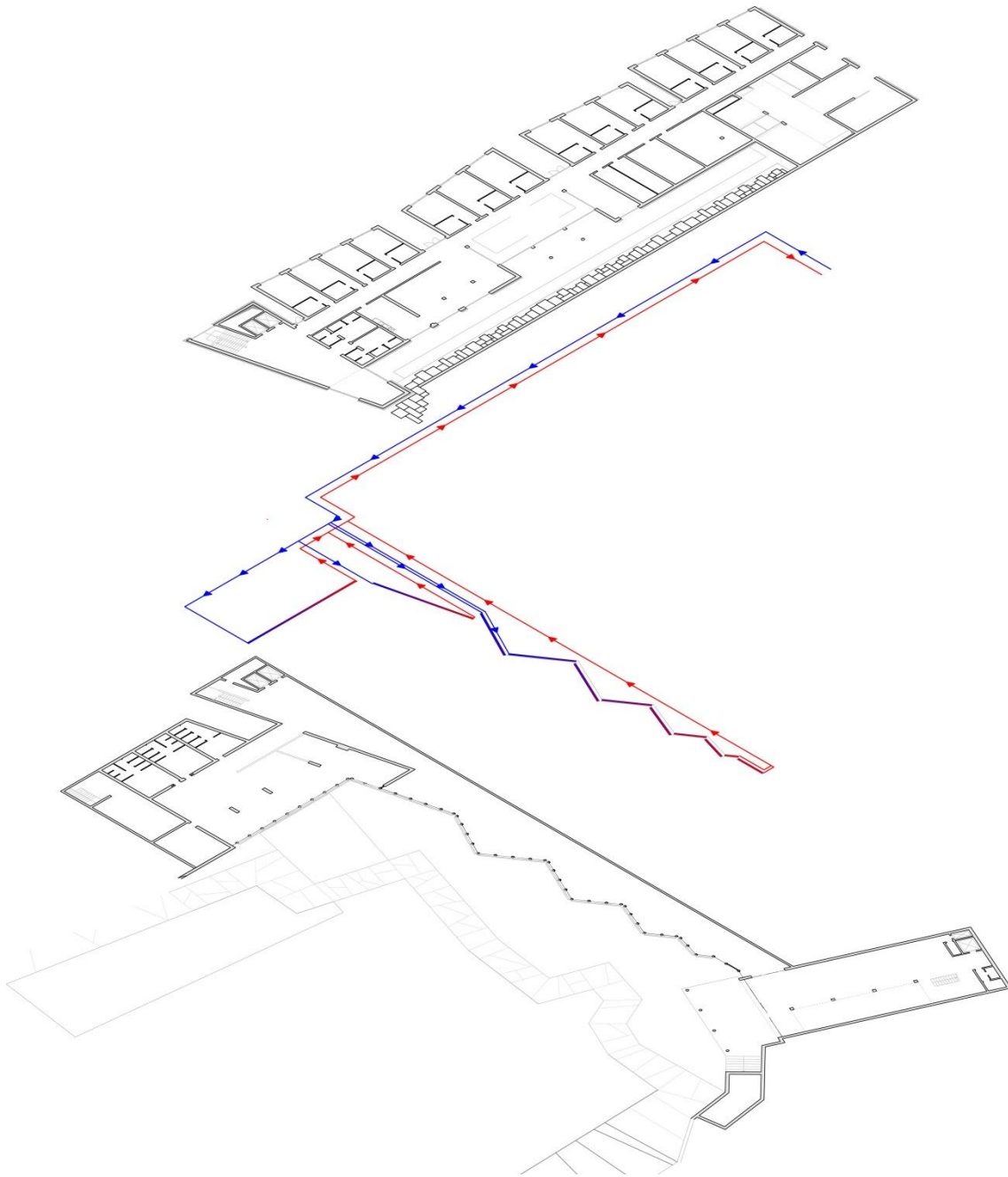
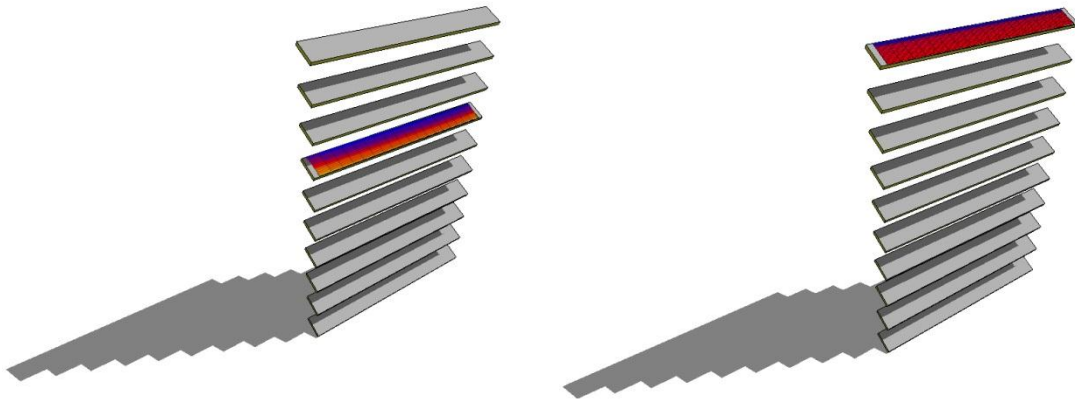


Figura 289 - Lo schema distributivo dell'Active Shading secondo i 4 angoli di azimuth

Ogni batteria captante è costituita da 9 lamelle, che tuttavia a seconda della posizione oraria del sole, causano ombreggiamenti reciproci che riducono la radiazione solare assorbita, e quindi la potenza trasferita al fluido  $\dot{Q}_u$ .

Risulta pertanto opportuno calcolare un valore di Shading Coefficient che riduca opportunamente la radiazione solare.

Il calcolo viene svolto rapportando la radiazione solare diretta incidente in assenza di oscuramenti a quella incidente in presenza delle lamelle soprastante e sottostante. L'operazione viene svolta grazie ad un software di calcolo, e i risultati orari vengono mediati mensilmente, così da ottenere un valore unico rappresentativo di ogni mese.



*Figura 290 - Posizionamento della griglia di calcolo per la determinazione dello Shading Coefficient*

Come già detto, il calcolo dell'energia guadagnata grazie all'Active Shading viene svolto per diversi angoli di rotazione della lamella lungo l'asse longitudinale: 30°, 35°, 40°, 45°, 50°.



**ACTIVE SHADING: Energia prodotta**

LAMELLE INCLINATE 30°												
mese	superficie 1			superficie 2			superficie 3			superficie 4		
	$G_{medio}$	$G_{medio}$ shaded	$SC_1$	$G_{medio}$	$G_{medio}$ shaded	$SC_2$	$G_{medio}$	$G_{medio}$ shaded	$SC_3$	$G_{medio}$	$G_{medio}$ shaded	$SC_4$
	Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh	
gen	238,76	205,86	0,86	238,78	204,02	0,85	238,72	189,46	0,79	237,87	186,86	0,79
feb	300,77	250,70	0,83	300,80	249,44	0,83	300,62	227,85	0,76	299,39	225,19	0,75
mar	447,11	388,92	0,87	447,14	364,16	0,81	442,09	327,15	0,74	439,31	320,11	0,73
apr	486,94	342,83	0,70	486,98	341,51	0,70	483,11	341,58	0,71	480,61	341,98	0,71
mag	568,40	328,24	0,58	568,43	347,60	0,61	562,05	383,17	0,68	561,80	382,30	0,68
giu	592,17	311,77	0,53	592,21	340,81	0,58	585,84	395,33	0,67	588,42	399,57	0,68
lug	618,16	312,31	0,51	617,82	342,64	0,55	609,36	402,06	0,66	608,51	401,52	0,66
ago	571,06	357,95	0,63	571,08	362,97	0,64	565,79	383,17	0,68	559,00	380,23	0,68
set	473,41	371,22	0,78	473,44	356,74	0,75	469,10	335,98	0,72	463,22	330,12	0,71
ott	370,59	316,75	0,85	370,62	306,64	0,83	369,40	277,37	0,75	363,88	269,73	0,74
nov	253,34	209,83	0,83	253,36	209,76	0,83	253,24	194,98	0,77	251,71	190,22	0,76
dic	209,82	173,33	0,83	209,84	173,40	0,83	209,80	166,20	0,79	209,45	163,28	0,78

**ACTIVE SHADING: Energia prodotta**

LAMELLE INCLINATE 35°												
mese	superficie 1			superficie 2			superficie 3			superficie 4		
	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_1$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_2$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_3$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_4$
	Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh	
gen	236,76	201,55	0,85	236,73	201,60	0,85	236,62	186,78	0,79	233,44	182,20	0,78
feb	297,90	247,22	0,83	297,86	245,99	0,83	297,58	223,84	0,75	293,39	218,84	0,75
mar	444,47	385,72	0,87	444,44	360,92	0,81	438,52	321,78	0,73	436,14	317,01	0,73
apr	482,38	337,64	0,70	482,33	336,72	0,70	474,93	331,85	0,70	472,22	332,59	0,70
mag	564,43	323,82	0,57	564,32	343,35	0,61	551,06	370,79	0,67	549,65	370,24	0,67
giu	588,06	307,97	0,52	587,74	336,03	0,57	576,38	384,30	0,67	577,45	389,12	0,67
lug	615,09	308,78	0,50	614,26	339,62	0,55	603,25	393,73	0,65	596,13	389,12	0,65
ago	568,20	356,36	0,63	568,07	360,66	0,63	556,74	371,54	0,67	549,70	370,62	0,67
set	469,87	367,49	0,78	469,83	352,52	0,75	464,36	331,11	0,71	458,21	323,82	0,71
ott	367,58	312,95	0,85	367,55	302,57	0,82	366,32	273,66	0,75	360,78	265,80	0,74
nov	250,84	206,81	0,82	250,81	206,72	0,82	250,44	191,35	0,76	249,23	186,77	0,75
dic	207,72	170,80	0,82	207,70	170,85	0,82	207,65	163,36	0,79	205,88	159,11	0,77

**ACTIVE SHADING: Energia prodotta**

LAMELLE INCLINATE 40°												
mese	superficie 1			superficie 2			superficie 3			superficie 4		
	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>1</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>2</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>3</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>4</sub>
	Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh	
gen	234,87	200,65	0,85	234,88	200,67	0,85	234,78	185,95	0,79	230,00	180,10	0,78
feb	295,18	245,93	0,83	295,19	244,70	0,83	295,02	223,33	0,76	290,34	217,89	0,75
mar	441,98	385,65	0,87	441,99	360,84	0,82	436,12	323,15	0,74	430,88	315,38	0,73
apr	478,08	336,99	0,70	478,03	335,05	0,70	469,74	332,05	0,71	467,21	331,95	0,71
mag	560,69	323,53	0,58	560,39	342,99	0,61	544,66	369,59	0,68	541,84	367,24	0,68
giu	584,19	307,66	0,53	583,07	335,76	0,58	563,79	378,51	0,67	562,14	376,42	0,67
lug	612,19	310,37	0,51	610,86	341,58	0,56	587,26	384,67	0,66	589,25	385,00	0,65
ago	565,50	359,17	0,64	564,91	361,37	0,64	550,28	373,17	0,68	544,78	369,21	0,68
set	466,54	367,74	0,79	466,54	352,56	0,76	461,04	332,75	0,72	454,66	324,96	0,71
ott	364,75	312,95	0,86	364,76	302,23	0,83	361,05	271,50	0,75	358,02	264,70	0,74
nov	248,48	205,69	0,83	248,49	205,56	0,83	248,06	190,73	0,77	247,07	185,94	0,75
dic	205,74	169,86	0,83	205,75	169,87	0,83	205,76	162,42	0,79	202,51	156,72	0,77

**ACTIVE SHADING: Energia prodotta**

LAMELLE INCLINATE 45°												
mese	superficie 1			superficie 2			superficie 3			superficie 4		
	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>1</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>2</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>3</sub>	G <sub>medio</sub>	G <sub>medio shaded</sub>	SC <sub>4</sub>
	Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh	
gen	232,99	200,10	0,86	232,97	200,10	0,86	232,22	185,13	0,80	228,32	180,97	0,79
feb	292,47	245,13	0,84	292,44	244,06	0,83	292,00	222,75	0,76	287,63	217,84	0,76
mar	439,50	385,72	0,88	439,46	362,25	0,82	434,25	326,05	0,75	419,30	307,85	0,73
apr	473,78	338,59	0,71	473,49	336,51	0,71	464,47	333,34	0,72	458,79	329,02	0,72
mag	556,95	328,60	0,59	556,19	346,98	0,62	538,84	369,41	0,69	536,02	368,77	0,69
giu	580,23	310,18	0,53	578,84	340,43	0,59	557,43	378,41	0,68	553,17	372,11	0,67
lug	609,17	314,78	0,52	606,56	347,04	0,57	582,52	387,32	0,66	581,98	384,56	0,66
ago	562,81	364,16	0,65	561,98	365,95	0,65	545,86	377,49	0,69	536,79	367,26	0,68
set	463,21	368,85	0,80	463,17	354,52	0,77	453,98	331,40	0,73	446,65	322,29	0,72
ott	361,92	312,33	0,86	361,89	301,77	0,83	354,66	268,65	0,76	354,23	264,31	0,75
nov	246,13	204,99	0,83	246,10	204,85	0,83	245,41	190,27	0,78	244,34	185,58	0,76
dic	203,77	169,28	0,83	203,75	169,28	0,83	203,35	161,55	0,79	199,95	156,34	0,78

**ACTIVE SHADING: Energia prodotta**

LAMELLE INCLINATE 50°												
mese	superficie 1			superficie 2			superficie 3			superficie 4		
	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_1$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_2$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_3$	$G_{\text{medio}}$	$G_{\text{medio shaded}}$	$SC_4$
	Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh		Wh	Wh	
gen	230,99	199,64	0,86	230,95	199,65	0,86	230,23	185,27	0,80	227,13	182,33	0,80
feb	289,59	244,48	0,84	289,54	243,53	0,84	288,88	222,52	0,77	285,71	218,99	0,77
mar	436,86	386,88	0,89	436,74	364,49	0,83	426,86	323,85	0,76	415,04	307,18	0,74
apr	469,22	342,43	0,73	468,75	339,15	0,72	451,82	326,84	0,72	446,47	321,45	0,72
mag	552,99	334,79	0,61	551,60	351,02	0,64	524,80	361,54	0,69	523,91	362,76	0,69
giu	576,13	318,76	0,55	573,51	347,29	0,61	542,27	371,52	0,69	536,42	365,12	0,68
lug	606,09	325,58	0,54	597,74	350,82	0,59	569,35	383,40	0,67	567,20	379,62	0,67
ago	559,95	371,81	0,66	558,50	372,62	0,67	534,15	374,07	0,70	519,49	355,86	0,69
set	459,67	373,30	0,81	459,52	356,62	0,78	442,62	326,22	0,74	436,40	318,34	0,73
ott	358,92	311,82	0,87	358,87	302,18	0,84	350,61	268,79	0,77	345,94	260,77	0,75
nov	243,62	204,43	0,84	243,58	204,30	0,84	243,05	190,73	0,78	237,89	181,68	0,76
dic	201,67	168,80	0,84	201,63	168,81	0,84	201,30	161,41	0,80	197,66	156,08	0,79

Noto lo Shading Coefficient mensile relativo ad ogni differente azimuth, l'analisi prosegue valutando, ora per ora, la temperatura di ritorno all'impianto; tale temperatura viene calcolata effettuando la media ponderata sulle portate relative ai diversi orientamenti.

Qualora la temperatura di ritorno fosse minore di 13°C il sistema Active Shading viene considerato spento, perché il fluido termovettore perderebbe calore invece che acquistarne; qualora fosse maggiore di 40°C, ossia la temperatura necessaria per poter scambiare calore con l'impianto piscine (cfr. Capitolo 10.2), il sistema preriscalda l'acqua di reintegro delle piscine.

In condizioni intermedie, dove la T è compresa tra 13°C e 40 °C, il sistema preriscalda unicamente l'acqua calda sanitaria.

In spiegazione dell'Allegato 51 si sottolinea che:

$G_1, G_2, G_3, G_4$  sono le radiazioni orarie dirette relative ai diversi azimuth, ottenute dai dati climatici relativi a Vila Viçosa

$G_{corretta 1}, G_{corretta 2}, G_{corretta 3}, G_{corretta 4}$  sono le radiazioni orarie dirette moltiplicate per il relativo Shading Coefficient

$G_{diff 1}, G_{diff 2}, G_{diff 3}, G_{diff 4}$  sono le radiazioni orarie diffuse, ottenute dai dati climatici relativi a Vila Viçosa

$\dot{Q}_{u1}, \dot{Q}_{u2}, \dot{Q}_{u3}, \dot{Q}_{u4}$  sono le potenze orarie trasferite al fluido, calcolate come

$$\dot{Q}_{ui} = A_{batt} \cdot FR \cdot [\alpha \cdot (G_{diff i} + G_{corretta i}) + G_i \cdot (1 - \alpha) \cdot 0,9 \cdot \alpha - U_L \cdot (T_{f in} - T_{amb})]$$

Dove

$A_{batt}$  è la superficie captante, e dato che il collettore è costituito da nove lamelle in serie, risulta pari a

$$A_{batt} = 9 \cdot A_c = 9 \cdot 0,41 m^2 = 3,69 m^2$$

FR è il fattore di rimozione del collettore, precedentemente definito, pari a 0,698

$\alpha$  è l'assorbanza del marmo, pari a 0,57

$U_L$  è la trasmittanza della sezione, pari a 41,126 W/m<sup>2</sup>K

$T_{out 1}, T_{out 2}, T_{out 3}, T_{out 4}$  sono le temperature in uscita dalla batteria, calcolate come

$$T_{out i} = T_{f in} + \frac{\dot{Q}_{ui}}{\dot{m} \cdot c_p}$$

Dove

$T_{f in}$  è la temperatura dell'acqua dell'acquedotto, assunta pari a 14°C

$\dot{m}$  è la portata del fluido termovettore, pari a 200 l/h, ossia  $5,56 \cdot 10^{-5} m^3/s$

$c_p$  è il calore specifico del fluido termovettore, pari a 4178 J/kgK

$T_{miscelata}$  è la temperatura del fluido che ritorna al puffer d'accumulo, ottenuta mediando sulle portate le temperature uscenti dalle batterie relative ai diversi azimuth

$$T_{miscelata} = \frac{\sum (T_{out i} \cdot N_{batt i})}{\sum N_{batt i}}$$

Dove  $N_{batt i}$  è il numero di batterie relative all' i-esimo azimuth

La portata d'acqua che ritorna al puffer è fissa, ed è pari a:

$$\dot{m}_{tot} = \dot{m} \cdot \sum N_{batt\ i} = 0,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 41 = 8,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

## **9.1 IL RENDIMENTO AL VARIARE DELL'INCLINAZIONE DELLA LAMELLA**

Per poter determinare la migliore inclinazione della lamella lungo il suo asse longitudinale, in modo che siano massimizzati l'oscuramento prodotto all'interno e al contempo l'acquisizione di energia, vengono paragonati i differenti valori ottenuti.

Si ricorda a tal proposito che la *condicio sine qua non* per la scelta della migliore inclinazione è stata la radiazione assorbita, non l'oscuramento prodotto all'interno.

È conseguenza logica, ma non sempre verificata, che più il sistema capta radiazione solare più oscura l'interno, tuttavia una bassa inclinazione, come per esempio i 30°, può risultare più captante termicamente non perché assorbe *per più tempo* durante l'anno, ma perché assorbe, magari in periodi di tempo ridotti, maggior quantitativo di radiazione solare.

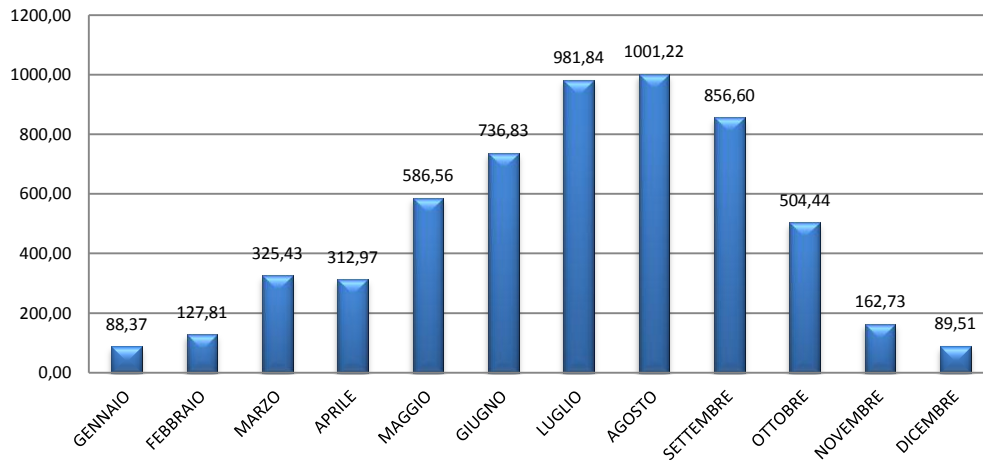
È infatti verificato che durante i mesi invernali, durante i quali l'altitudine del sole è più bassa, lamelle poco inclinate permettono il passaggio dei raggi solari, che potrebbero causare discomfort all'utenza.

Come già detto non sono state svolte verifiche sul benessere luminoso all'interno del locale, la discriminante per la scelta del sistema più performante è unicamente il valore di energia assorbita.

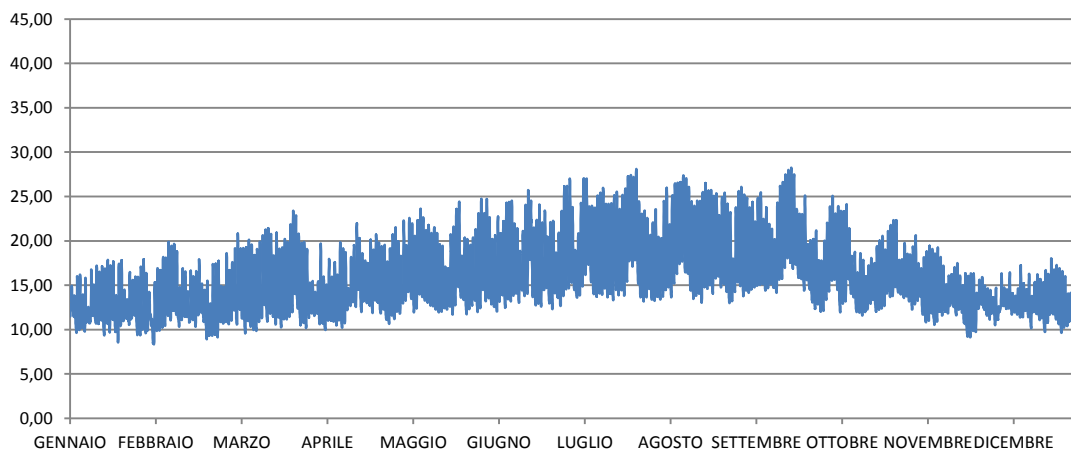


### 9.1.1 Lamelle inclinate 30 °

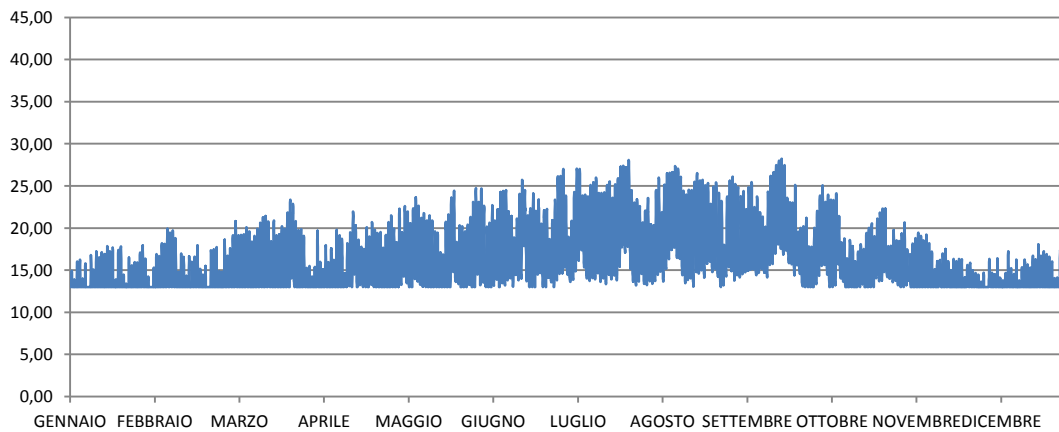
Energia fornita mensilmente all'ACS (kWh)



Temperatura all'impianto

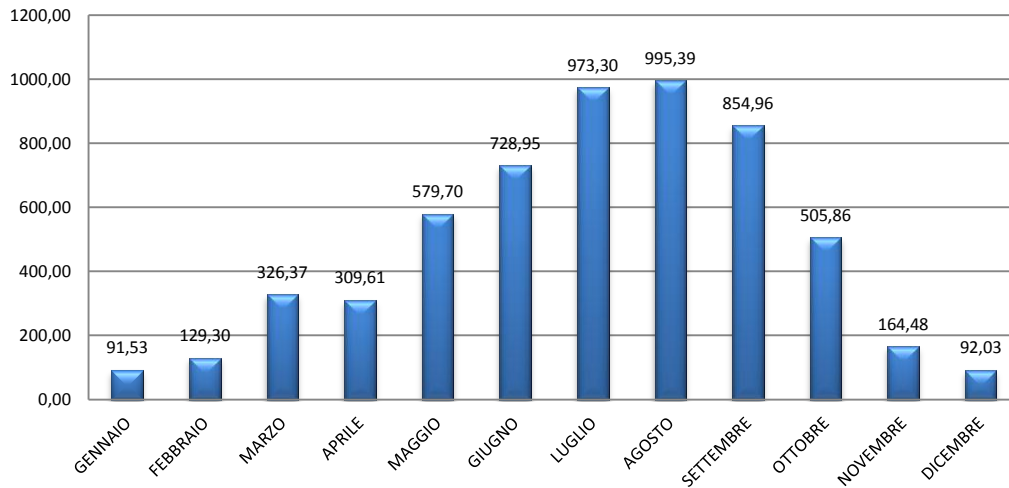


Temperatura acqua nel puffer

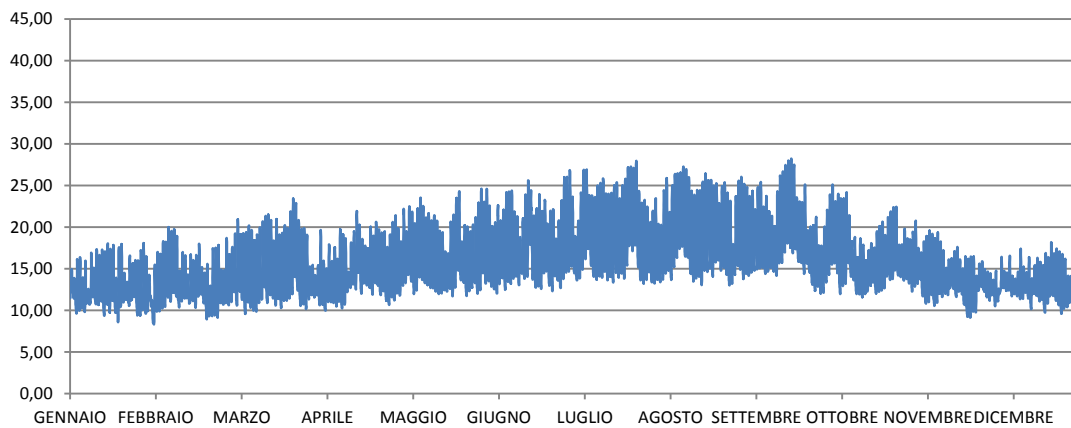


### 9.1.2 Lamelle inclinate 35°

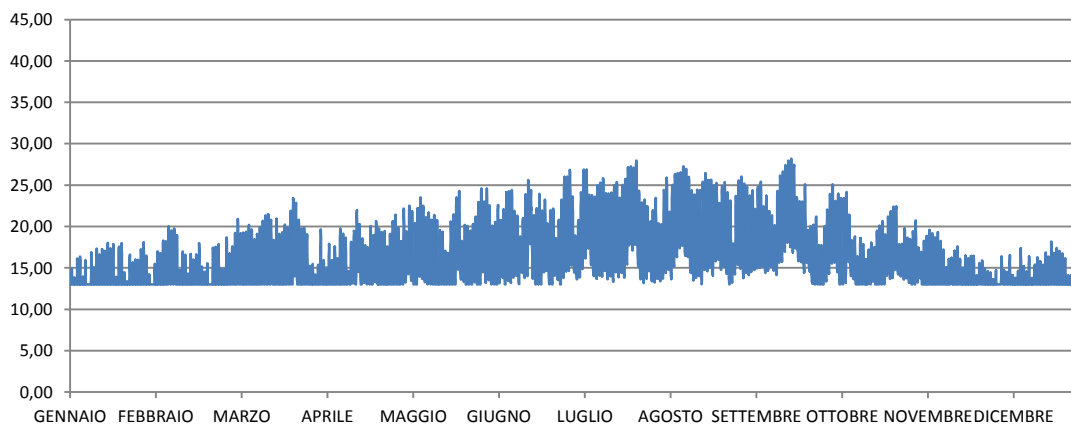
Energia fornita mensilmente all'ACS (kWh)



Temperatura all'impianto

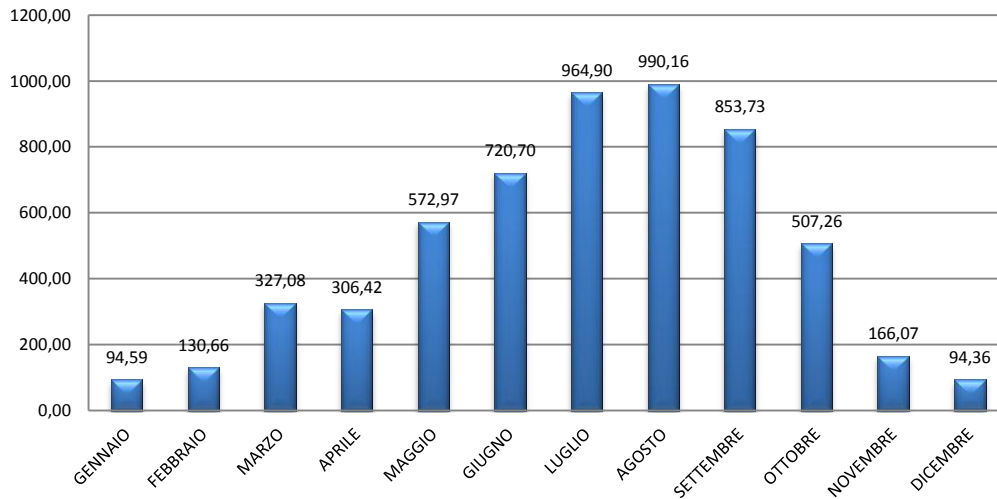


Temperatura acqua nel puffer

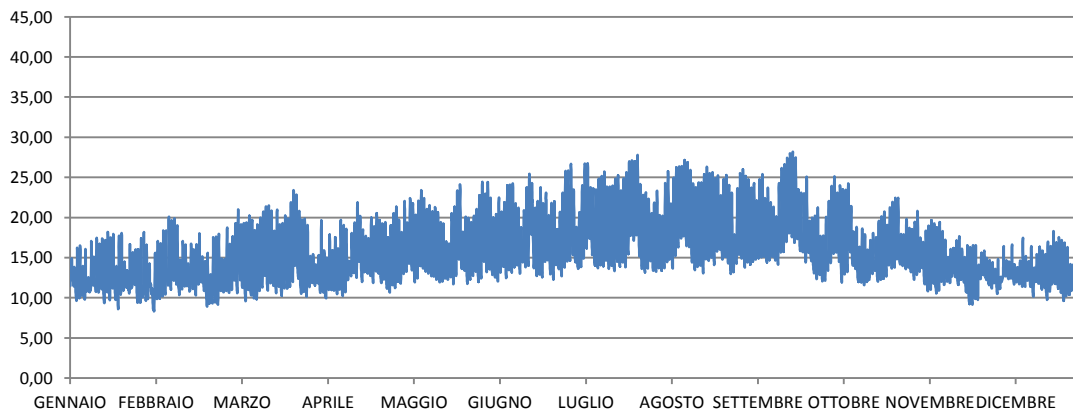


### 9.1.3 Lamelle inclinate 40°

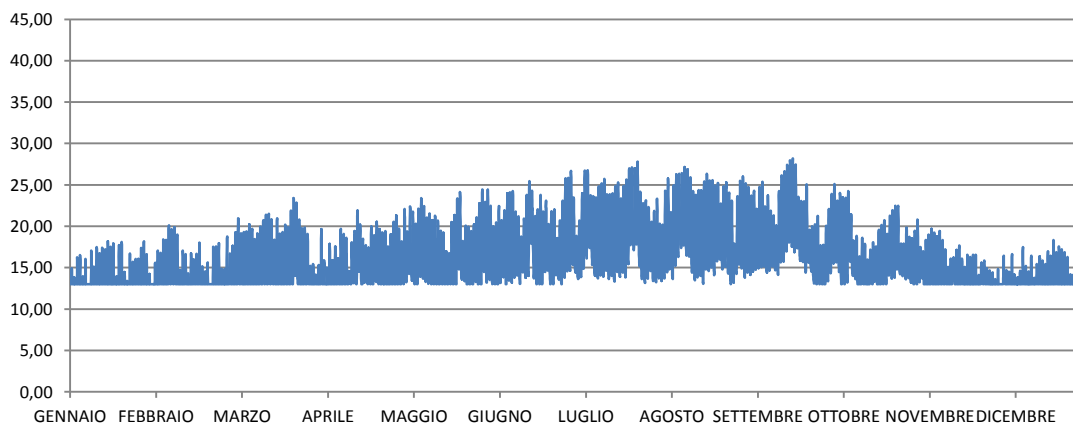
Energia fornita mensilmente all'ACS (kWh)



Temperatura all'impianto

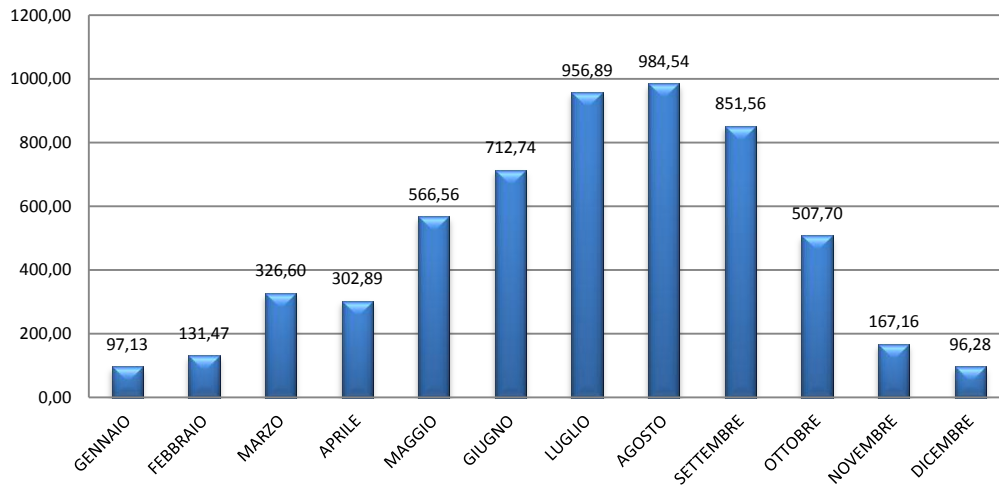


Temperatura acqua nel puffer

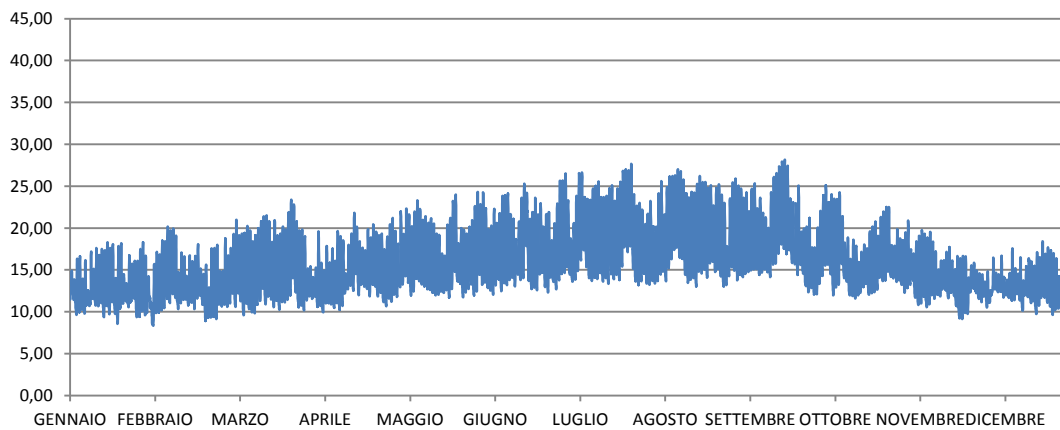


### 9.1.4 Lamelle inclinate 45°

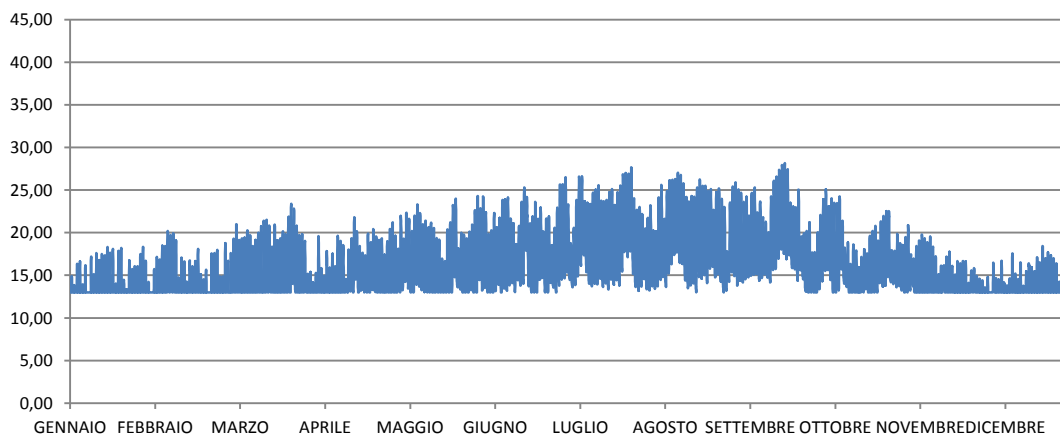
Energia fornita mensilmente all'ACS (kWh)



Temperatura all'impianto

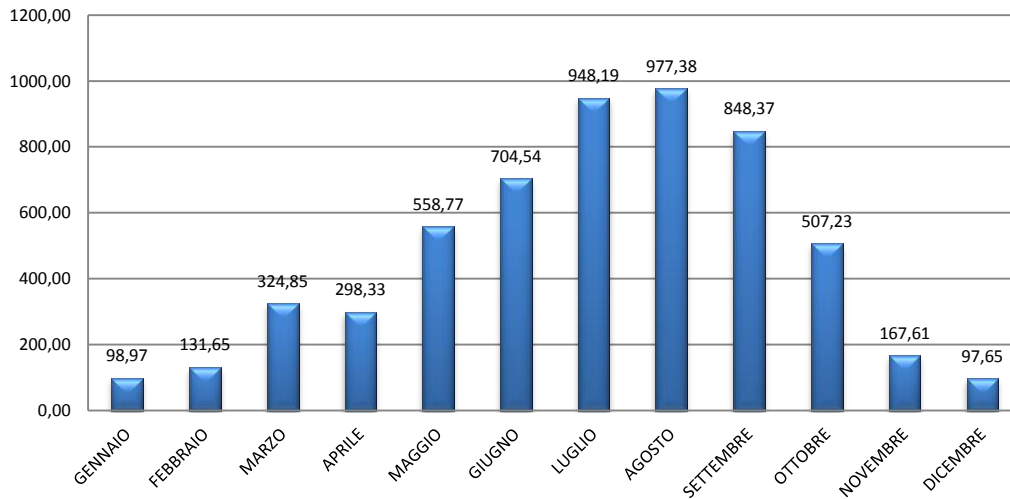


Temperatura acqua nel puffer

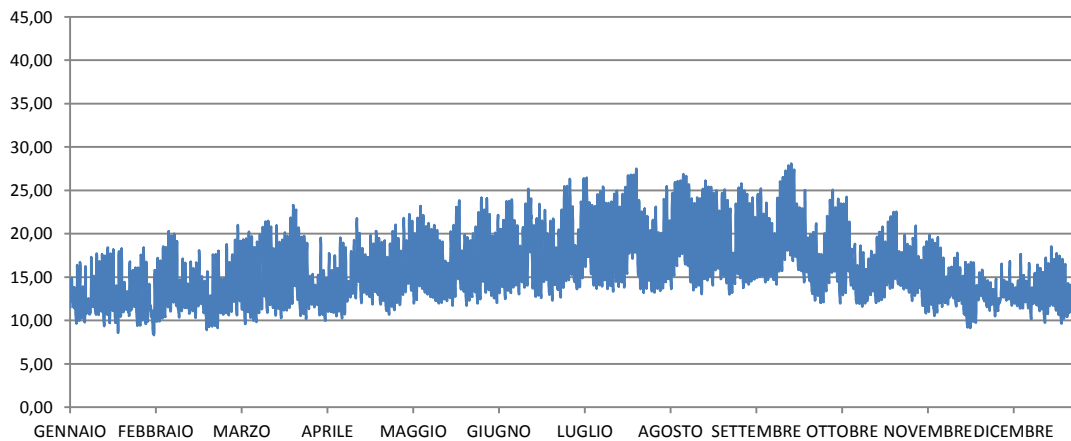


9.1.5 Lamelle inclinate 50°

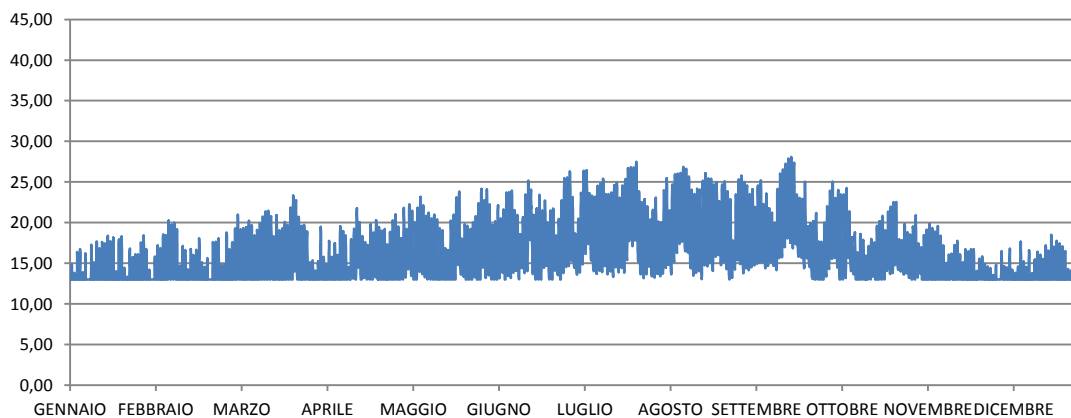
Energia fornita mensilmente all'ACS (kWh)



Temperatura all'impianto



Temperatura acqua nel puffer



Il valore di energia fornita al fluido viene calcolato ora per ora e risulta pari a:

$$E = 0 \quad \text{se } T_{\text{miscelata}} \leq 14^{\circ}\text{C}$$

altrimenti

$$E = (T_{\text{miscelata}} - 14) \cdot \dot{m} \cdot c_p$$

Dove

$\dot{m}$  è la portata del fluido termovettore, pari a 200 l/h, ossia 0,055 kg/s

<b>Energia totale annua fornita dal sistema Active Shading all'acqua</b>		
<b>Lamelle inclinate 30°</b>	5774,32	kWh
<b>Lamelle inclinate 35°</b>	5751,48	kWh
<b>Lamelle inclinate 40°</b>	5728,90	kWh
<b>Lamelle inclinate 45°</b>	5701,52	kWh
<b>Lamelle inclinate 50°</b>	5663,54	kWh

L'inclinazione delle lamelle più performante risulta essere 30°, resta ora da capire come sfruttare al meglio l'energia gratuita ottenuta, ma è prima necessario descrivere l'impianto relativo alle piscine e quello dedicato all'acqua calda sanitaria.

# 10. INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

## 10. INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

*«Ridotti i fabbisogni, impiantistica efficiente e risorse rinnovabili riducono il fabbisogno di energia primaria e conseguentemente anche le emissioni di gas clima-alteranti in atmosfera»*

*N. Lantschner, La mia casa clima, 2009*

Il requisito principale della progettazione tecnologico - impiantistica degli spazi abitativi è il comfort ambientale interno, espresso sostanzialmente in termini di temperatura e umidità relativa.

Durante qualsiasi tipo di intervento tuttavia la progettazione dell'edificio è un processo solo in parte focalizzato sulla realizzazione dello stesso: il processo si estende alla gestione dell'edificio e al suo comportamento nel corso della sua vita utile. Per questo motivo è indispensabile prevedere già in fase di progettazione una serie di accorgimenti architettonico - tecnologico - impiantistici i quali permettano che siano garantiti al massimo dell'efficienza i requisiti di comfort ambientale interno, di sostenibilità e di risparmio in termini energetici, ambientali e sicuramente economici.

Una progettazione lungimirante non può esimersi dal considerare l'impatto che l'edificio stesso ha sul suo intorno. Si è per questo cercato di adottare soluzioni tecnologico - impiantistiche che non solo non siano di danno, ma anzi diventino elemento qualificante sul contesto.

Le prestazioni tecnologiche dei sistemi costruttivi sono state già ampiamente trattate, nel presente capitolo ci si occupa della progettazione degli impianti a servizio dell'utenza.

Il centro benessere, l'hotel e la zona fitness afferiscono tutti alla medesima centrale termica, che si localizza sotto la zona vasche e si sviluppa su due livelli.

Al piano inferiore, interrato, vengono posizionate le Unità di Trattamento Aria dedicate alla climatizzazione di zona piscine, sauna, bagno turco e camere da letto dell'hotel, nonché le pompe di calore, gli scambiatori di calore a piastre, gli accumulatori e il puffer.

Al piano terra trovano posto l'Unità di Trattamento Aria dedicata all'hotel e il locale pompe di surpressione per la sicurezza al fuoco, entrambi in locali separati.



Lo spazio più esteso, separato dagli altri due locali per evitare problemi di corrosione da cloro, ospita le pompe, i filtri e tutti i dispositivi legati all'impianto di purificazione e circolazione dell'acqua delle piscine.

Entrambi i locali sono separati dagli spazi destinati all'utenza, e facilmente accessibili dall'esterno, in modo da poter provvedere comodamente alla manutenzione degli impianti.

L'Unità di Trattamento Aria della zona fitness trova invece posto in un locale separato, adiacente alla zona stessa, accessibile dall'esterno grazie ad una scala.

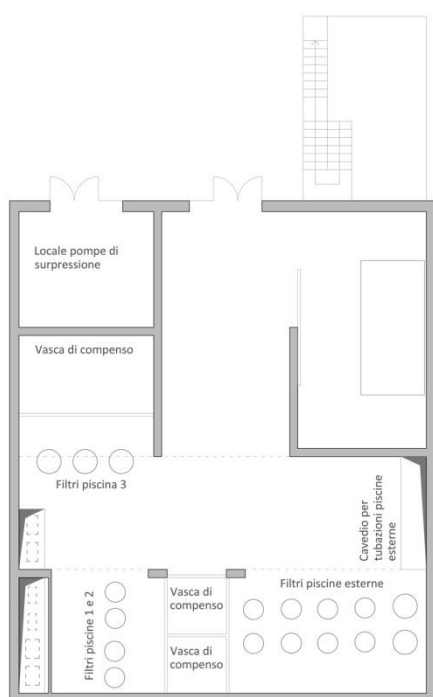


Figura 291 - Locale impianti: livello 0

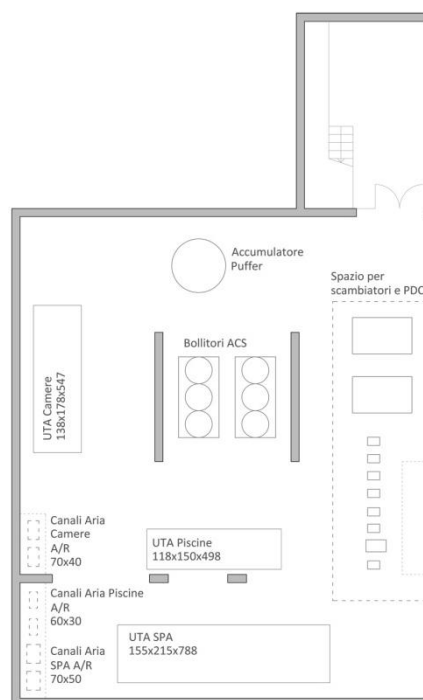


Figura 292 - Locale impianti: livello -1

In riferimento all'Allegato 45, si nota come l'impianto sia diviso in due. Una pompa di calore alimentata ad energia elettrica viene fatta lavorare a bassa temperatura ed è dedicata unicamente al riscaldamento di 7 piscine; una seconda pompa, sempre ad alimentazione elettrica, si occupa invece del riscaldamento della piscina rimanente, della produzione di acqua calda sanitaria e di fluido caldo e freddo per le Unità di Trattamento Aria a servizio di tutto il complesso, compresi il ristorante ed il museo.

Il sistema Active Shading è integrato con entrambi i circuiti: qualora la temperatura del fluido uscente dal sistema riuscisse a scaldare l'acqua di ricircolo delle piscine, il sistema viene attivato. In caso contrario il puffer contenente l'acqua del sistema Active Shading viene bypassato e sfruttato unicamente per il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria, che da

questo raggiunge i serbatoi di accumulo ad una temperatura superiore a quella che avrebbe arrivando direttamente dell'acquedotto.

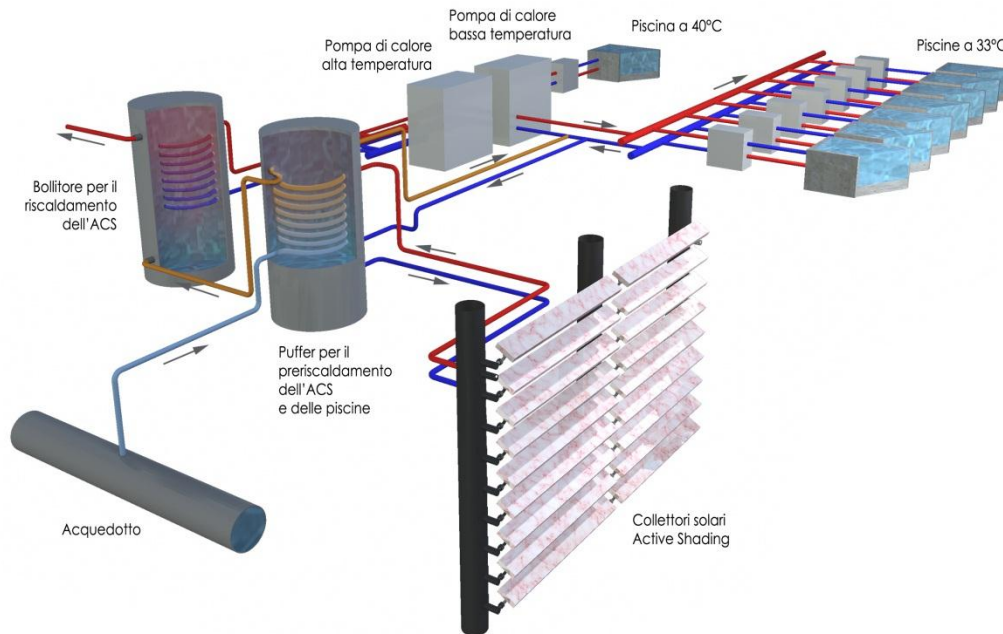


Figura 293 - Schema impiantistico

Sebbene non ne venga prevista l'integrazione con il sistema Active Shading, prima di verificare l'effettivo rendimento delle lamelle captanti sul fabbisogno annuo di energia, si procede con il dimensionamento delle Unità di Trattamento Aria, che, a causa del loro grosso ingombro e del rumore prodotto, costituiscono uno dei più influenti parametri da prendere in considerazione in funzione di un'ottima progettazione spaziale - architettonica.

## 10.1 CLIMATIZZAZIONE INVERNALE ED ESTIVA

Si è scelto di gestire la climatizzazione invernale ed estiva e la ventilazione dell'edificio hotel-spa-fitness attraverso un sistema centralizzato a tutt'aria. Il trattamento avviene attraverso UTA poste nel locale impianti, ad eccezione dell'UTA relativa alla zona fitness, per la quale è stato ricavato un locale adiacente all'area servita.

I parametri di controllo termo-igrometrico dell'aria variano in funzione dell'attività svolta all'interno delle diverse zone, le quali sono state definite secondo la normativa italiana di riferimento (D.P.R 412/93 integrato D.P.R 551/99).

Sono dunque stati calcolati i carichi di progetto per il riscaldamento ed il raffrescamento delle zone, in accordo con la norma UNI TS 11300 "Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale".

Infine, in funzione dei risultati ottenuti, sono stati definiti i componenti delle macchine per il trattamento dell'aria (recuperatori di calore, batterie, etc.)

Per il calcolo dei carichi termici di progetto l'edificio è stato suddiviso nelle seguenti zone:

Zona Termica	Sup (m <sup>2</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )
Z_Camere	467,24	1262
Z_Hotel	502,79	1934,66
Z_Hall	317,9	1261,20
Z_Piscina	430,76	1421,51
Z_SPA	467,43	1542,52
Z_Fitness	307,5	1120,50
Z_Sauna	21,07	69,53
Z_Bagno	21,07	69,53

I locali Sauna e Bagno turco non però sono stati presi in considerazione nei calcoli, poiché le condizioni al loro interno sono garantite da macchine speciali locali. Le estrazioni dell'aria per la ventilazioni avvengono anch'esse con apparecchi locali posti nel controsoffitto.

Si è poi proceduto alla definizione dei parametri geometrici delle varie zone in funzione della loro esposizione (la voce "LINK" indica la zona adiacente):

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_CAMERE	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure opache	0	80,73	64,26	80,73	0	Ext
Copertura	0	0	0	0	1967,42	Ext
Serramenti esterni	0	0	113,4	0	0	Ext
Partizioni interne	151,2	0	0	0	0	Z_Hotel
Serramenti interni	26,46	0	0	0	0	Z_Hotel
Solaio su terra	0	0	0	0	1967,42	Terra

Z_HOTEL	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure opache Gabion	38,07	1,35	0	0	0	Ext
Chiusure opache Cem Fiber	0	7,29	0	7,29	0	Ext
Serramenti esterni	82,08	5,4	31,32	0	0	Ext
Partizioni interne	0	0	158,49	0	0	Z_Hotel
Serramenti interni	0	0	26,46	0	0	Z_Hotel
Partizioni interne	89,91	22,14	0	0	0	Z_Impianti
Serramenti interni	7,56	0	0	0	0	Z_Impianti
Partizioni interne	0	0	0	22,35	0	Z_Hall
Serramenti interni	0	0	0	7,35	0	Z_Hall
Chiusure opache serra	0	0	48	0	0	Ext
Copertura vetrata serra	0	0	0	0	52,07	Ext
Copertura verde serra	0	0	0	0	71,75	Ext
Partizioni interne serra	0	23,4	0	24	0	Z_SPA
Serramenti interni serra	40,77	0	0	0	0	Z_SPA
Solaio Hotel	0	0	0	0	385,01	Z_SPA
Solaio su terra	0	0	0	0	520	Terra

Z_HALL	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure opache Gabion	25,205	49,695	41,535	148,035	0	Ext
Serramenti esterni strutturali	0	0	28,045	29,465	0	Ext
Serramenti esterni	0	6,75	0	0	0	Ext
Chiusure verticali	0	62,235	10,665	31,185	0	Terra
Partizioni interne verticali	0	27,06	0	0	0	Z_SPA
Serramenti interni verticali	0	8,25	0	0	0	Z_SPA
Partizioni interne verticali	0	22,935	0	0	0	Z_Hotel
Serramenti interni verticali	0	7,98	0	0	0	Z_Hotel
Partizioni interne verticali	0	54,39	50,505	0	0	Z_Ascensori
Partizioni interne verticali	0	0	0	40,005	0	Z_Fitness
Serramenti interni verticali	0	0	0	6,3	0	Z_Fitness
Serramenti interni verticali	7,155	0	0	0	0	Link
Solaio su terra	0	0	0	0	146,5	Terra
Copertura verde	0	0	0	0	135,5	Ext

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_PISCINE	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure opache Gabion	45,21	41,25	45,78	19,31	0	Ext
Serramenti esterni	13,53	38,61	0	22,28	0	Ext
Serramenti	0	0	12,96	0	0	Ext
Partizioni interne verticali	0	0	0	28,55	0	Z_SPA
Serramenti interni verticali	0	0	0	8,25	0	Z_SPA
Copertura verde	0	0	0	0	430,76	Ext
Solaio distribuzione	0	0	0	0	156,64	Z_Hotel
Solaio distribuzione	0	0	0	0	87,00	Z_Impianti

Z_SPA	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure opache Gabion	19,47	0	118,47	0	0	Ext
Serramenti esterni	186,45	0	0	0	0	Ext
Partizioni interne	0	27,06	0	0	0	Z_Piscine
Serramenti interni	0	8,25	0	0	0	Z_Piscine
Partizioni interne	0	14,85	15,3	0	0	Z_Sauna
Serramenti interni	0	0	2,52	0	0	Z_Sauna
Partizioni interne	0	0	14,64	14,85	0	Z_Bagno
Serramenti interni	0	0	2,52	0	0	Z_Bagno
Partizioni interne	0	27,06	0	27,06	0	Z_Hotel
Serramenti interni	0	0	52,47	0	0	Z_Hotel
Partizioni interne	0	0	0	27,06	0	Z_Hall
Serramenti interni	0	0	0	8,25	0	Z_Hall
Chiusura orizzontale	0	0	0	0	40	Ext
Copertura verde	0	0	0	0	489,6	Ext
Partizioni orizzontali	0	0	0	0	324	Z_Hotel
Partizioni orizzontali	0	0	0	0	125,6	Z_Impianti

Z_FITNESS	SE (m <sup>2</sup> )	NE (m <sup>2</sup> )	NW (m <sup>2</sup> )	SW (m <sup>2</sup> )	Hor (m <sup>2</sup> )	LINK
Chiusure verticali	0	22,28	49,95	55,08	0	Terra
Serramenti esterni	48,60	0	0	8,10	0	Ext
Partizioni interne	16,07	0	0	0	0	Link
Partizioni interne	0	36,86	0	0	0	Z_Hall
Serramenti interni	0	8,1	0	0	0	Z_Hall
Solaio su terra	0	0	0	0	415,00	Terra
Copertura verde	0	0	0	0	415,00	Ext

Si è quindi proseguito nel calcolo dei coefficienti di dispersione termica per trasmissione come prodotto tra la trasmittanza termica del componente tecnologico e la sua superficie:

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_CAMERE	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure opache	0,15	0,00	12,14	9,67	12,14	0,00	Ext
Copertura	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	395,29	Ext
Serramenti esterni	2,00	0,00	0,00	226,80	0,00	0,00	Ext
Partizioni interne	0,32	47,65	0,00	0,00	0,00	0,00	Z_Hotel
Serramenti interni	4,00	105,84	0,00	0,00	0,00	0,00	Z_Hotel
Solaio su terra	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	300,83	Terra

Z_HOTEL	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure opache	0,24	9,19	0,33	0,00	0,00	0,00	Ext
Chiusure opache	0,15	0,00	1,10	0,00	1,10	0,00	Ext
Serramenti esterni	2,00	164,16	10,80	62,64	0,00	0,00	Ext
Partizioni interne	0,32	0,00	0,00	49,94	0,00	0,00	Z_Hotel
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	105,84	0,00	0,00	Z_Hotel
Partizioni interne	0,57	51,46	12,67	0,00	0,00	0,00	Z_Impianti
Serramenti interni	4,00	30,24	0,00	0,00	0,00	0,00	Z_Impianti
Partizioni interne	0,32	0,00	0,00	0,00	7,04	0,00	Z_Hall
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	0,00	29,40	0,00	Z_Hall
Chiusure opache serra	0,24	0,00	0,00	11,59	0,00	0,00	Ext
Copertura vetrata serra	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,14	Ext
Copertura verde serra	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	19,66	Ext
Partizioni interne serra	0,32	0,00	7,37	0,00	7,56	0,00	Z_SPA
Serramenti interni serra	2,00	81,54	0,00	0,00	0,00	0,00	Z_SPA
Solaio Hotel-SPA	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	86,16	Z_SPA
Solaio su terra	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	141,86	Terra

Z_HALL	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure opache Gabion	0,24	6,08	12,00	10,03	35,73	0,00	Ext
Serramenti esterni	2,00	0,00	0,00	56,09	58,93	0,00	Ext
Serramenti esterni	2,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	Ext
Chiusure verticali	0,61	0,00	38,17	6,54	19,13	0,00	Terra
Partizioni interne	0,32	0,00	8,53	0,00	0,00	0,00	Z_SPA
Serramenti interni	4,00	0,00	33,00	0,00	0,00	0,00	Z_SPA
Partizioni interne	0,32	0,00	7,23	0,00	0,00	0,00	Z_Hotel
Serramenti interni	4,00	0,00	31,92	0,00	0,00	0,00	Z_Hotel
Partizioni interne	0,59	0,00	32,25	29,94	0,00	0,00	Z_Ascensori
Partizioni interne	0,33	0,00	0,00	0,00	13,06	0,00	Z_Fitness
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	0,00	25,20	0,00	Z_Fitness
Serramenti interni	4,00	28,62	0,00	0,00	0,00	0,00	Link
Solaio su terra	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	42,25	Terra
Copertura verde	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	37,13	Ext

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_PISCINE	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure opache Gabion	0,24	10,91	9,96	11,05	4,66	0,00	Ext
Serramenti esterni	2,00	27,06	77,22	0,00	44,55	0,00	Ext
Serramenti	2,00	0,00	0,00	25,92	0,00	0,00	Ext
Partizioni interne	0,32	0,00	0,00	0,00	8,99	0,00	Z_SPA
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	0,00	33,00	0,00	Z_SPA
Copertura verde	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	118,04	Ext
Solaio distribuzione	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	35,05	Z_Hotel
Solaio distribuzione	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	30,65	Z_Impianti

Z_SPA	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure opache Gabion	0,24	4,70	0,00	28,60	0,00	0,00	Ext
Serramenti esterni	2,00	372,90	0,00	0,00	0,00	0,00	Ext
Partizioni interne	0,32	0,00	8,53	0,00	0,00	0,00	Z_Piscine
Serramenti interni	4,00	0,00	33,00	0,00	0,00	0,00	Z_Piscine
Partizioni interne	0,19	0,00	2,76	2,84	0,00	0,00	Z_Sauna
Serramenti interni	1,00	0,00	0,00	2,52	0,00	0,00	Z_Sauna
Partizioni interne	0,19	0,00	0,00	2,72	2,76	0,00	Z_Bagno
Serramenti interni	1,00	0,00	0,00	2,52	0,00	0,00	Z_Bagno
Partizioni interne	0,32	0,00	8,53	0,00	8,53	0,00	Z_Hotel
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	209,88	0,00	0,00	Z_Hotel
Partizioni interne	0,32	0,00	0,00	0,00	8,53	0,00	Z_Hall
Serramenti interni	4,00	0,00	0,00	0,00	33,00	0,00	Z_Hall
Chiusura orizzontale	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	9,06	Ext
Copertura verde	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	134,16	Ext
Partizioni orizzontali	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	72,51	Z_Hotel
Partizioni orizzontali	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	44,24	Z_Impianti

Z_FITNESS	W/m <sup>2</sup> K	SE (W/K)	NE (W/K)	NW (W/K)	SW (W/K)	Hor (W/K)	LINK
Chiusure verticali	0,61	0,00	13,66	30,64	33,79	0,00	Terra
Serramenti esterni	2,00	97,20	0,00	0,00	16,20	0,00	Ext
Partizioni interne	0,33	5,25	0,00	0,00	0,00	0,00	Link
Partizioni interne	0,33	0,00	12,03	0,00	0,00	0,00	Z_Hall
Serramenti interni	4,00	0,00	32,40	0,00	0,00	0,00	Z_Hall
Solaio su terra	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	95,82	Terra
Copertura verde	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	113,72	Ext

Sono stati definiti i parametri termo-igrometrici esterni nel periodo di riscaldamento e nel periodo di raffrescamento secondo la normativa portoghese (Decreto Lei 80/2006).

Secondo il decreto legge il comune di Vila Viçosa rientra nella zona climatica I1 (1410 gradi giorno) per il periodo di riscaldamento e nella zona climatica V3 per il periodo di raffrescamento.

Le condizioni di progetto dell'aria esterna per il periodo invernale sono 0°C e 100% di Umidità Relativa, per un periodo di riscaldamento di 6 mesi. Per il periodo estivo invece la temperatura massima di progetto è 36°C, l'ampiezza dell'onda termica è 17°C, l'umidità relativa esterna è 50%.

La temperatura del terreno è stata considerata pari a 13°C.

È stata quindi calcolata la temperatura esterna massima di progetto ora per ora nel giorno più caldo come la differenza tra la temperatura massima e il prodotto tra il fattore di distribuzione  $F(t)$  e l'ampiezza dell'onda<sup>35</sup>:

Ora	F(t)	$\theta_t$ [°C]
1	0,87	21,2
2	0,92	20,4
3	0,96	19,7
4	0,99	19,2
5	1,00	19,0
6	0,98	19,3
7	0,93	20,2
8	0,84	21,7
9	0,71	23,9
10	0,56	26,5
11	0,39	29,4
12	0,23	32,1
13	0,11	34,1
14	0,03	35,5
15	0,00	36,0
16	0,03	35,5
17	0,10	34,3
18	0,21	32,4
19	0,34	30,2
20	0,47	28,0
21	0,58	26,1
22	0,68	24,4
23	0,76	23,1
24	0,82	22,1

---

<sup>35</sup> UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici



Infine sono state definite le condizioni interne di progetto in inverno e in estate:

Zona Termica	T <sub>int</sub> (°C) inverno	X <sub>int</sub> (kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub> )	UR (%)
Z_Camere	20	0,0073	50
Z_Hotel	20	0,0073	50
Z_Hall	20	0,0073	50
Z_Piscina	28	0,019	80
Z_SPA	28	0,019	80
Z_Fitness	18	0,0065	50
Z_Sauna	100		20
Z_Bagno	60		100

Zona Termica	T <sub>int</sub> (°C) estate	X <sub>int</sub> (kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub> )	UR (%)
Z_Camere	26	0,0105	50
Z_Hotel	26	0,0105	50
Z_Hall	26	0,0105	50
Z_Piscina	28	0,019	80
Z_SPA	28	0,019	80
Z_Fitness	24	0,0093	50
Z_Sauna	100		20
Z_Bagno	60		100

Sono state poi calcolate le temperature delle zone non riscaldate secondo la norma ISO 13789 “Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo”:

Zona Termica	T <sub>int</sub> (°C) inverno	T <sub>int</sub> (°C) estate
Z_Impianti	16	17
Z_Ascensore	14	15
Z_Link	20	25

La portata d’aria necessaria per garantire la ventilazione dei locali è definita tramite la norma UNI 10339 “Impianti aeraulici ai fini di benessere - Generalità , classificazione e requisiti”.

Gli indici di affollamento “ns” dati da normativa danno un affollamento “n” che è stato confrontato con il numero di persone “n stimato” nel particolare caso di studio, dato che per l’utilizzo della piscina e della SPA è previsto un numero di ingressi controllati.

Zona Termica	ns (pp/m <sup>2</sup> )	n (pp)	n stimato (pp)
Z_Camere	0,05	24	28
Z_Hotel	0,30	151	40
Z_Hall	0,20	64	60
Z_Piscina	0,30	130	60
Z_SPA	0,10	47	40
Z_Fitness	0,20	62	80
Z_Sauna	0,50	11	12
Z_Bagno	0,50	11	12

La portata d'aria di ricambio è stata definita come il massimo tra la portata data da  $(P_o \cdot n)$  o  $(P_o \cdot S)$ , a seconda del dato disponibile, e  $(P_{o-h} \cdot Vol)$ :

Zona Termica	$P_o$ (l/s/pp)	$P_o$ (l/s/m <sup>2</sup> )	$P_v$ (l/s)	$P_{o-h}$ (1/h)	$P_{v-h}$ (l/s) Vol · $P_{o-h}$	$P_v$ (l/s)	$P_v$ (m <sup>3</sup> /s)
Z_Camere	11		308,00	0,6	210,258	308,00	0,31
Z_Hotel	10		400,00	0,6	322,4425	400,00	0,40
Z_Hall	11		660,00	0,6	210,2	660,00	0,66
Z_Piscina		2,5	1076,90	3	1184,59	1184,59	1,18
Z_SPA		2,5	1168,58			1168,58	1,17
Z_Fitness		8,5	2613,75			2613,75	2,61
Z_Sauna		2,5	52,68			52,68	0,05
Z_Bagno		2,5	52,68			52,68	0,05

### 10.1.1 Carico termico di riscaldamento

Il calcolo del carico termico per riscaldamento è stato effettuato in regime stazionario. Tale ipotesi è giustificata dal fatto che l'escursione termica giornaliera, nel periodo considerato, risulta essere contenuta.

Il carico termico  $Q_d$  è stato definito come flusso termico trasmesso per conduzione e convezione delle pareti disperdenti, opache e trasparenti.

La formula che definisce lo scambio termico per trasmissione in regime stazionario è la seguente:

$$Q_d = U \cdot A \cdot (T_{ZONA} - T_{LINK})$$

Dove

$U \cdot A$  sono i coefficienti di dispersione termica delle unità tecnologiche;

$T_{ZONA} - T_{LINK}$  è la differenza di temperatura tra l'ambiente interno riscaldato e la zona adiacente.

Si riportano di seguito le dispersioni delle varie zone:

Z_Camere	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure opache Cem Fiber	20	0	20	0,68
Copertura Ghiaia	20	0	20	7,91
Serramenti esterni	20	0	20	4,54
Partizioni interne	20	20	0	0,00
Serramenti interni	20	20	0	0,00
Solaio su terra	20	13	7	2,09
				<b>15,21</b>

Z_Hotel	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure opache Gabion	20	0	20	0,19
Chiusure opache Cem Fiber	20	0	20	0,04
Serramenti esterni	20	0	20	4,75
Partizioni interne	20	20	0	0,00
Serramenti interni	20	20	0	0,00
Partizioni interne	20	16	4	0,26
Serramenti interni	20	16	4	0,12
Partizioni interne	20	20	0	0,00
Serramenti interni	20	20	0	0,00
Chiusure opache serra	20	0	20	0,23
Copertura vetrata serra	20	0	20	2,08
Copertura verde serra	20	0	20	0,28
Partizioni interne serra	20	28	-8	-0,12
Serramenti interni serra	20	28	-8	-0,65
Solaio Hotel	20	28	-8	-0,69
Solaio su terra	20	13	7	0,98
				<b>7,48</b>

Z_Hall	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure opache Gabion	20	0	20	1,28
Serramenti esterni strutturali	20	0	20	2,30
Serramenti esterni verso patio	20	0	20	0,27
Chiusure verticali verso terra	20	13	7	0,45
Partizioni interne verticali	20	28	-8	-0,07
Serramenti interni verticali	20	28	-8	-0,26
Partizioni interne verticali	20	20	0	0,00
Serramenti interni verticali	20	20	0	0,00
Partizioni interne verticali	20	14	6	0,37
Partizioni interne verticali	20	18	2	0,03
Serramenti interni verticali	20	18	2	0,05
Serramenti interni verticali	20	20	0	0,00
Solaio su terra	20	0	20	0,83
Copertura verde	20	0	20	0,53
				<b>5,78</b>

Z_Piscina	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure opache Gabion	28	0	28	1,02
Serramenti esterni	28	0	28	4,17
Serramenti	28	0	28	0,73
Partizioni interne verticali	28	28	0	0,00
Serramenti interni verticali	28	28	0	0,00
Copertura verde	28	0	28	2,38
Solaio distribuzione	28	20	8	0,28
Solaio distribuzione	28	16	12	0,36
				<b>8,94</b>

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_SPA	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure opache Gabion	28	0	28	0,93
Serramenti esterni	28	0	28	10,44
Partizioni interne verticali	28	28	0	0,00
Serramenti interni verticali	28	28	0	0,00
Partizioni interne verticali	28	100	-72	-0,41
Serramenti interni verticali	28	100	-72	-0,18
Partizioni interne verticali	28	60	-32	-0,18
Serramenti interni verticali	28	60	-32	-0,08
Partizioni interne verticali	28	20	8	0,14
Serramenti interni verticali	28	20	8	1,68
Partizioni interne verticali	28	20	8	0,07
Serramenti interni verticali	28	20	8	0,26
Chiusura orizzontale su patio	28	0	28	0,25
Copertura verde	28	0	28	2,70
Partizioni orizzontali	28	20	8	0,58
Partizioni orizzontali	28	16	12	0,53
				<b>16,73</b>

Z_Fitness	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>link</sub> (°C)	ΔT <sub>int-link</sub>	Q <sub>d</sub> (kW)
Chiusure verticali verso terra	18	13	5	0,39
Serramenti esterni	18	0	18	2,04
Partizioni interne verticali	18	20	-2	-0,01
Partizioni interne verticali	18	20	-2	-0,02
Serramenti interni verticali	18	20	-2	-0,06
Solaio su terra	18	0	18	1,70
Copertura verde	18	0	18	1,47
				<b>5,51</b>

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei carichi sensibili Q<sub>d</sub> e dei carichi latenti Q<sub>l</sub>. Per il calcolo dei carichi latenti sono stati considerati 85 W per persona; per i carichi latenti dati dall'evaporazione delle piscine fare riferimento al capitolo 10.2.2.

Zona Termica	Carichi Sensibili Totali	Carichi latenti Persone	Carichi latenti Piscine	Carichi Latenti Totali
	Q <sub>d</sub> (kW)	Q <sub>lpp</sub> (kW)	Q <sub>lp</sub> (kW)	Q <sub>l</sub> (kW)
Z_Hotel	7,85	3,40		3,40
Z_Hall	6,07	5,10		5,10
Z_Piscina	9,38	5,10	22,77	27,87
Z_SPA	17,57	3,40		3,40
Z_Fitness	5,78	6,80		6,80
Z_Camere	15,97	2,38		2,38

### 10.1.2 Carico termico di raffrescamento

Il carico termico per il raffrescamento è calcolato secondo la normativa UNI TS 11300 parte 1. Le componenti che rientrano nel calcolo al fine di dimensionare l'impianto di climatizzazione nelle condizioni più sfavorevoli sono date dalla somma di:

Per quanto riguarda i carichi sensibili:

- $Q_d$  flusso termico per trasmissione attraverso le superfici opache calcolato come  $Q_{\Delta\theta}$  (vedi paragrafo successivo)
- $Q_{si}$  apporti solari attraverso le superfici trasparenti
- $Q_{p\&c}$  apporti interni derivanti dalla presenza di persone e dal funzionamento di oggetti che riscaldano l'ambiente (impianto di illuminazione; elettrodomestici etc.)

Per i carichi latenti:

- $Q_{lp}$  carichi latenti dati dalla presenza delle persone
- $Q_{lp}$  carichi latenti dati dalla presenza delle piscine

*“Agli effetti del calcolo estivo degli impianti di condizionamento dell'aria la trasmissione del calore attraverso le strutture degli edifici (muri, tetti) è causata dalla radiazione solare assorbita dalle superfici esterne e dalla differenza di temperatura tra aria esterna ed aria interna.*

*D'altra parte le variazioni cicliche dell'irraggiamento e della temperatura dell'aria esterna, e la complessità dei fenomeni che intervengono, hanno portato alla generale adozione – per il computo della trasmissione totale di calore- di una <differenza di temperatura equivalente>, definita come quella differenza di temperatura (fittizia) tra aria esterna e aria interna che – in assenza di qualsiasi scambio per irraggiamento – provocherebbe, attraverso le strutture dell'edificio, lo stesso flusso di calore determinato, in realtà, dall'insieme della radiazione solare, degli scambi per irraggiamento con il cielo e con l'ambiente esterno, e dagli scambi per convezione con l'aria esterna.*

*La <differenza di temperatura equivalente> deve quindi prendere in considerazione i diversi tipi di costruzione, le diverse esposizioni, l'ora del giorno, la posizione geografica dell'edificio considerato (latitudine) e le condizioni di progettazione dell'impianto di condizionamento.*

Adottando la < differenza di temperatura equivalente > la trasmissione di calore attraverso una struttura può calcolarsi ricorrendo all'equazione fondamentale della trasmissione di calore attraverso una parete a facce piane e parallele in condizioni di regime<sup>36</sup>

$$Q_{\Delta\theta} = U_i \cdot A_i \cdot \Delta\theta_{equivalente}$$

Dove

$Q_{\Delta\theta}$  è la quantità di calore trasmessa;

$U_i \cdot A_i$  sono i coefficienti di dispersione termica delle unità tecnologiche considerate;

$\Delta\theta_{equivalente}$  è la < differenza di temperatura equivalente > prima definita.

Gli apporti solari  $Q_{si}$  attraverso i componenti trasparenti sono stati calcolati secondo la normativa di riferimento UNI TS 11300 parte 1, capitolo 14.

Gli apporti interni di progetto  $Q_i$  sono stati calcolati in funzione della destinazione d'uso delle varie zone seguendo la norma UNI TS 11300 parte 1, capitolo 13.1.1 (valutazione di progetto o standard).

Si riportano di seguito i valori dell'irradianza solare massima estiva per latitudini 40° e 38°.

UNI 10349						
latitudine 38°						
Irradianza solare massima estiva su sup verticali $R_{eff}$ [W/m <sup>2</sup> ]						
Ora	SE	NE	NW	SW	diffusa	hor
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	2	4	0	0	0	1
6	260	457	42	42	42	157
7	466	614	77	77	77	364
8	584	567	103	103	103	558
9	621	473	123	123	123	723
10	587	316	138	141	138	651

<sup>36</sup> 1960™ Carrier Corporation

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

11	492	158	147	174	147	931
12	349	150	150	349	162	958
13	174	147	158	492	147	931
14	141	138	316	576	138	851
15	123	123	473	621	123	723
16	103	103	576	584	103	558
17	77	77	614	466	77	364
18	42	42	457	260	42	157
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

latitudine 40°						
Irradianza solare massima estiva su sup verticali $R_{rif}$ [W/m <sup>2</sup> ]						
Ora	SE	NE	NW	SW	diffusa	hor
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	8	21	2	2	2	4
6	274	473	45	45	45	168
7	479	610	76	78	78	369
8	596	575	103	103	103	557
9	636	455	122	122	122	719
10	605	295	137	141	1137	842
11	512	155	145	194	145	920
12	369	148	148	369	160	948
13	194	145	155	512	145	920
14	141	137	2295	605	137	842
15	122	122	455	636	122	719
16	103	103	575	5596	103	557
17	76	78	610	479	78	369
18	45	45	475	274	45	166
19	2	2	21	8	2	4
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0



Fattore di correzione per latitudine 38° $R_{eff}/R_{rif}$						
Ora	SE	NE	NW	SW	ombra	Hor
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	0,25	0,19	1,00	1,00	1,00	0,25
6	0,95	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93
7	0,97	1,01	1,01	0,99	0,99	0,99
8	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
9	0,98	1,04	1,01	1,01	1,01	1,01
10	0,97	1,07	1,01	1,00	0,12	0,77
11	0,96	1,02	1,01	0,90	1,01	1,01
12	0,95	1,01	1,01	0,95	1,01	1,01
13	0,90	1,01	1,02	0,96	1,01	1,01
14	1,00	1,01	0,14	0,95	1,01	1,01
15	1,01	1,01	1,04	0,98	1,01	1,01
16	1,00	1,00	1,00	0,10	1,00	1,00
17	1,01	0,99	1,01	0,97	0,99	0,99
18	0,93	0,93	0,96	0,95	0,93	0,95
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1

I primi valori di  $\Delta\theta_{equivalente}$  di riferimento e corretti in funzione del caso specifico, sono relativi alle chiusure in Gabion Wall (300 kg/m<sup>2</sup>) e alle coperture verdi (700 kg/m<sup>2</sup>); i secondi sono riferiti alle chiusure delle camere leggere stratificate a secco (100 kg/m<sup>2</sup>) e alle relative coperture (200 kg/m<sup>2</sup>)

Per le stratigrafie fare riferimento al capitolo 6.

1960™ Carrier Corporation						
$\Delta\theta_{equivalente}$ da tab 3.8						
latitudine 40° superfici scure $\alpha = 0,9$						
Ora	Pareti verticali da 300 kg/m <sup>2</sup>				Tetto 700 kg/m <sup>2</sup>	
	SE	NE	NW	SW	Hor	ombra
1	2,5	1,9	1,9	2,5	14,7	0,8
2	1,9	0,8	1,3	1,9	12,5	0,2
3	1,3	0,2	0,2	1,9	10,8	-0,3
4	1,3	-0,3	-0,3	1,3	9,7	-0,8
5	0,8	-0,8	-0,8	1,3	7,4	-1,4
6	0,2	-0,8	-1,4	0,8	6,9	-1,9

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

7	0,2	-1,4	-1,9	0,2	6,4	-1,9
8	-0,3	-1,4	-2,5	-0,3	5,8	-1,4
9	6,9	2,5	-1,9	-0,3	5,8	-1,4
10	10,8	13,1	-1,4	-0,3	6,4	-1,4
11	13,1	11,9	-0,3	0,2	6,9	-0,8
12	15,2	10,8	0,8	0,8	8,5	-0,3
13	14,1	8,1	3	4,2	11,9	0,8
14	13,6	5,3	4,2	6,4	14,1	1,9
15	11,2	5,9	5,3	13,1	15,2	3
16	9,7	8,4	6,4	17,5	17,5	4,2
17	8,1	6,9	11,3	19,2	19,2	4,7
18	7,4	7,4	16,4	19,7	20,3	5,3
19	6,9	6,9	16,9	19,2	20,3	5,3
20	6,4	6,4	17,5	18,6	19,2	5,3
21	5,8	5,8	11,3	10,8	18,6	4,7
22	5,3	5,3	6,4	5,3	18,6	4,2
23	4,2	4,2	4,2	3,6	17,5	3
24	3	3	3	3	16,4	1,9

	Coeff ass pareti	Coeff ass tetto	Coeff corr $\Delta\theta_{e-i} = 11^{\circ}\text{C}$
<b>Ora</b>			
1	0,57	0,75	0
2	0,57	0,75	0
3	0,57	0,75	0
4	0,57	0,75	6,5
5	0,57	0,75	6
6	0,57	0,75	5,5
7	0,57	0,75	5
8	0,57	0,75	4,5
9	0,57	0,75	4
10	0,57	0,75	3,5
11	0,57	0,75	3
12	0,57	0,75	2,5
13	0,57	0,75	2
14	0,57	0,75	1,5
15	0,57	0,75	1
16	0,57	0,75	0,5
17	0,57	0,75	0
18	0,57	0,75	-0,5
19	0,57	0,75	-1
20	0,57	0,75	-1,5
21	0,57	0,75	0
22	0,57	0,75	0
23	0,57	0,75	0
24	0,57	0,75	0

$\Delta\theta_{\text{equivalente}}$ CORRETTO						
Ora	Pareti verticali da 300 kg/m <sup>2</sup>				Tetto 700 kg/m <sup>2</sup>	
	SE	NE	NW	SW	ombra	Hor
1	1,77	1,43	1,43	1,77	0,80	11,23
2	1,17	0,54	0,83	1,17	0,20	9,43
3	0,61	-0,02	-0,02	0,95	-0,30	8,03
4	6,90	5,99	5,99	6,90	5,70	13,58
5	4,91	4,67	4,94	6,14	4,60	11,20
6	4,74	4,21	3,87	5,04	3,60	9,76
7	4,26	3,39	3,10	4,28	3,10	9,25
8	3,23	2,62	2,00	3,25	2,00	8,50
9	7,00	4,71	2,10	3,02	2,10	8,04
10	8,85	10,95	2,10	2,73	2,10	2,81
11	9,81	9,58	2,49	2,71	2,20	8,05
12	10,56	8,61	2,84	2,79	2,20	8,88
13	9,84	7,23	4,29	4,89	3,30	11,24
14	10,54	5,82	4,59	6,35	4,50	12,62
15	9,35	6,30	5,97	10,29	5,50	13,23
16	8,31	7,57	6,43	6,53	5,80	14,68
17	7,13	6,42	8,96	13,23	5,80	15,44
18	6,43	6,43	11,38	13,09	5,90	15,30
19	5,69	5,69	11,39	12,70	5,40	15,55
20	4,90	4,90	11,23	11,85	4,90	14,23
21	5,59	5,59	8,72	8,44	5,30	15,13
22	4,83	4,83	5,45	4,83	4,20	15,00
23	3,68	3,68	3,68	3,34	3,00	13,88
24	2,53	2,53	2,53	2,53	1,90	12,78

1960™ Carrier Corporation						
$\Delta\theta_{\text{equivalente}}$ da tab 3.8						
latitudine 40° superfici scure $\alpha = 0,9$						
Ora	Pareti verticali da 100 kg/m <sup>2</sup>				Tetti 200 kg/m <sup>2</sup>	
	SE	NE	NW	SW	Hor	ombra
1	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	9,2	-0,3
2	-0,8	-1,4	-0,8	0,2	6,9	-0,8
3	-0,8	-1,9	-0,8	-0,3	5,8	-1,9
4	-1,4	-2,5	-1,4	-0,8	4,7	-2,5
5	-1,4	-1,4	-1,4	-0,8	3	-3,1
6	5,3	2,5	-1,9	-1,4	1,9	-3,1
7	3	8,1	-2,5	-2,5	1,3	-3,1
8	6,9	11,9	-2,5	-2,5	0,8	-2,5
9	10,2	12,5	-1,4	-1,4	1,3	-1,9
10	14,1	13,1	-0,3	-0,3	3	-1,4
11	14,7	10,2	1,3	1,9	5,3	-0,3
12	15,2	7,4	3	3	8,5	0,8
13	14,1	6,9	5,3	10,2	12,5	2,5
14	13,1	6,4	6,4	14,1	15,2	4,2
15	10,2	6,9	10,5	18,6	18,1	5,3

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

16	8,5	7,4	13,1	21,9	20,8	6,4
17	8,1	7,4	18,1	22,5	21,9	6,9
18	7,4	7,4	21,9	23,1	22,5	6,4
19	6,4	6,4	20,3	16,4	21,3	5,8
20	5,3	5,3	18,6	13,1	19,2	5,3
21	4,2	4,2	9,7	6,4	17,5	4,2
22	3	3	3	3	15,2	3
23	1,9	1,9	1,9	1,9	13,1	1,9
24	0,8	0,8	0,8	0,8	10,8	0,8

	Coeff ass pareti	Coeff ass tetto	Coeff corr $\Delta\theta_{e-i} = 11^{\circ}\text{C}$
<b>Ora</b>			
1	0,33	0,56	0
2	0,33	0,56	0
3	0,33	0,56	0
4	0,33	0,56	6,5
5	0,33	0,56	6
6	0,33	0,56	5,5
7	0,33	0,56	5
8	0,33	0,56	4,5
9	0,33	0,56	4
10	0,33	0,56	3,5
11	0,33	0,56	3
12	0,33	0,56	2,5
13	0,33	0,56	2
14	0,33	0,56	1,5
15	0,33	0,56	1
16	0,33	0,56	0,5
17	0,33	0,56	0
18	0,33	0,56	-0,5
19	0,33	0,56	-1
20	0,33	0,56	-1,5
21	0,33	0,56	0
22	0,33	0,56	0
23	0,33	0,56	0
24	0,33	0,56	0

$\Delta\theta_{\text{equivalente}}$ CORRETTO						
Ora	Pareti verticali da 100 kg/m <sup>2</sup>				Tetti 200 kg/m <sup>2</sup>	
	SE	NE	NW	SW	ombra	Hor
1	-0,30	-0,30	-0,30	-0,13	-0,30	4,98
2	-0,80	-1,00	-0,80	-0,47	-0,80	3,48
3	-0,80	-1,17	-0,80	-0,63	-0,80	2,38
4	5,10	4,73	5,10	5,30	5,10	8,00
5	4,60	4,60	4,60	4,80	4,60	6,29
6	5,88	5,02	3,60	3,76	3,60	4,99
7	4,69	6,46	2,90	2,90	3,10	4,31
8	5,07	6,73	2,00	2,00	2,00	3,83
9	6,04	7,09	2,27	2,27	2,10	3,89
10	7,11	7,28	2,47	2,47	2,10	2,40
11	7,84	6,60	3,57	3,71	3,20	5,85
12	8,59	6,26	4,77	4,75	4,40	7,63
13	9,16	7,11	6,57	8,12	6,20	10,13
14	9,40	7,17	6,85	9,59	6,80	11,86
15	8,41	7,30	8,56	11,10	7,00	13,47
16	8,27	7,90	9,80	8,40	7,90	14,90
17	7,31	7,06	10,66	11,96	6,90	15,13
18	6,21	6,21	10,87	11,18	5,90	14,25
19	4,67	4,67	9,30	8,00	4,30	13,41
20	3,07	3,07	7,50	5,67	2,70	11,52
21	3,40	3,40	5,23	4,13	3,00	11,59
22	2,27	2,27	2,27	2,27	1,90	9,78
23	1,17	1,17	1,17	1,17	0,80	8,12
24	0,07	0,07	0,07	0,07	-0,30	6,36

Si riportano di seguito i valori di progetto utilizzati per il calcolo degli apporti solari attraverso i componenti finestrati.

Vetri non schermati o schermati esternamente				
Tende colorate interne				
Doppio vetro con rivestimento basso emissivo #3 e selettivo #2				
$g_{gl,n}$	0,67			
$F_w$	0,90			
$g_{gl}$	0,60			
$g_{gl+sh}$	0,34			
$F_f$	0,80			
	SE	NE	NW	SW
$f_{sh,with}$	0,68	0,37	0,37	0,68
$F_{sh,gl}$	0,71	0,84	0,84	0,71

Fattori di ombreggiamento orizzontale				
Zone termiche	SE	NE	NW	SW
Z_Camere	1,00	1,00	0,65	1,00
Z_Hotel	0,39	1,00	0,65	0,00
Z_Hall	1,00	1,00	1,00	1,00
Z_Piscina	1,00	1,00	1,00	1,00
Z_SPA	0,39	1,00	1,00	1,00
Z_Fitness	1,00	1,00	1,00	1,00

1960™ Carrier Corporation						
Fattore di accumulo FA(t) tab 3.18						
Pavimenti di massa 200 kg/m <sup>2</sup>						
Ora	SE	NE	NW	SW	diffusa	hor
1	0,01	0	0,05	0,03	0,23	0,8
2	0,01	0	0,04	0,02	0,21	0,8
3	0,00	0	0,03	0,02	0,18	0,8
4	0,00	0	0,02	0,01	0,16	0,8
5	0,00	0	0,01	0,01	0,13	0,8
6	0,00	0,31	0,02	0,02	0,11	0,8
7	0,18	0,56	0,04	0,03	0,33	0,8
8	0,40	0,65	0,05	0,05	0,44	0,8
9	0,59	0,61	0,07	0,06	0,51	0,8
10	0,72	0,46	0,08	0,08	0,57	0,8
11	0,77	0,33	0,09	0,12	0,62	0,8
12	0,72	0,26	0,1	0,34	0,66	0,8
13	0,60	0,21	0,1	0,53	0,7	0,8
14	0,44	0,18	0,13	0,68	0,74	0,8
15	0,32	0,16	0,27	0,78	0,76	0,8
16	0,23	0,14	0,48	0,78	0,79	0,8
17	0,18	0,12	0,65	0,68	0,8	0,8
18	0,14	0,09	0,73	0,46	0,6	0,8
19	0,09	0,06	0,49	0,29	0,51	0,8
20	0,07	0,04	0,31	0,2	0,44	0,8
21	0,05	0,03	0,21	0,14	0,37	0,8
22	0,03	0,02	0,16	0,09	0,32	0,8
23	0,02	0,01	0,1	0,07	0,39	0,8
24	0,01	0,01	0,07	0,05	0,27	0,8

Irradianza trasmessa [W/m <sup>2</sup> ]						
Ora	SE	NE	NW	SW	diffusa	hor
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
6	0,00	57,47	0,34	0,29	2,23	60,59
7	28,63	139,48	1,25	0,79	12,26	140,47
8	79,74	149,50	2,09	1,76	21,86	215,34
9	125,07	117,04	3,50	2,53	30,26	279,02
10	144,27	58,97	4,49	3,86	37,95	251,23
11	129,32	21,15	5,38	7,15	43,97	359,29
12	85,77	15,82	6,10	40,63	51,58	369,71
13	35,64	12,52	6,43	89,28	49,64	359,29
14	21,18	10,08	16,71	134,10	49,26	328,42
15	13,44	7,98	51,94	165,84	45,09	279,02
16	8,09	5,85	112,44	155,96	39,25	215,34
17	4,73	3,75	162,31	108,49	29,72	140,47
18	2,01	1,53	135,67	40,95	12,16	60,59
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Di seguito i valori per il calcolo degli apporti interni in funzione della destinazione d'uso:

Carichi interni di progetto (*)	W/m <sup>2</sup>
E1_3 Hotel	6
E6_1 Piscine e saune	10
E6_2 Palestre e simili	5

(\*) UNI TS 11300 13.1.1 prospetto 8

Si è proceduto quindi secondo UNI TS 11300 al calcolo dei carichi termici per il raffrescamento; si riportano di seguito i valori orari del carico.

Ai carichi termici è stato sottratto il contributo benefico dato dallo scambio termico con il terreno.

Il carico di progetto è il valore massimo orario nelle ventiquattro ore.

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Per quanto riguarda le zone Hotel e Hall (essendo gestite dalla stessa UTA) il carico termico è dato dal valore massimo nelle ventiquattro ore della somma dei rispettivi carichi orari (e non invece la somma dei massimi, i quali sono relativi ad ore differenti).

Z_Camere	QΔθ	Qsi	Qp&c	Qtot
Ora	(W)	(W)	(W)	(W)
1	1959,51	0,00	2803,44	4762,95
2	1349,19	0,00	2803,44	4152,63
3	910,33	0,00	2803,44	3713,77
4	3333,45	0,00	2803,44	6136,89
5	2644,54	0,00	2803,44	5447,98
6	2114,84	25,18	2803,44	4943,47
7	1846,56	92,33	2803,44	4742,33
8	1640,66	154,38	2803,44	4598,48
9	1674,16	258,10	2803,44	4735,70
10	1089,57	330,95	2803,44	4223,96
11	2473,71	396,59	2803,44	5673,74
12	3196,31	449,65	2803,44	6449,41
13	4253,68	473,64	2803,44	7530,76
14	4956,21	1231,45	2803,44	8991,10
15	5630,53	3828,35	2803,44	12262,32
16	6182,57	8288,02	2803,44	17274,03
17	6313,37	11963,79	2803,44	21080,60
18	5948,44	10000,60	2803,44	18752,48
19	5544,99	0,00	2803,44	8348,43
20	4733,17	0,00	2803,44	7536,61
21	4723,04	0,00	2803,44	7526,48
22	3942,03	0,00	2803,44	6745,47
23	3250,25	0,00	2803,44	6053,69
24	2514,56	0,00	2803,44	5318,00
<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>			-3,88	kW
<b>Carico termico verso Ext</b>			21,08	kW
<b>Carico termico TOTALE</b>			<b>17,20</b>	<b>kW</b>

Z_Piscine	QΔθ	Qsi	Qp&c	Qtot
Ora	(W)	(W)	(W)	(W)
1	1009,75	0,00	4307,6	5317,35
2	832,27	0,00	4307,6	5139,87
3	691,57	0,00	4307,6	4999,17
4	1384,72	0,00	4307,6	5692,32
5	1133,40	0,00	4307,6	5441,00
6	987,70	2225,26	4307,6	7520,56
7	918,75	5790,28	4307,6	11016,63
8	819,63	6890,42	4307,6	12017,66
9	842,92	6267,43	4307,6	11417,94
10	479,91	4314,61	4307,6	9102,11



**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

11	925,90	2725,51	4307,6	7959,01
12	998,82	2676,31	4307,6	7982,73
13	1203,06	2954,36	4307,6	8465,02
14	1323,63	3662,76	4307,6	9293,99
15	1400,65	4184,18	4307,6	9892,43
16	1512,35	3809,32	4307,6	9629,27
17	1611,74	2625,44	4307,6	8544,78
18	1618,97	998,50	4307,6	6925,06
19	1622,74	0,00	4307,6	5930,34
20	1488,29	0,00	4307,6	5795,89
21	1535,29	0,00	4307,6	5842,89
22	1455,96	0,00	4307,6	5763,56
23	1310,19	0,00	4307,6	5617,79
24	1176,15	0,00	4307,6	5483,75

<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>	-0,40	kW
<b>Carico termico verso Ext</b>	12,02	kW
<b>Carico termico TOTALE</b>	<b>11,61</b>	<b>kW</b>

Z_SPA	QΔθ	Qsi	Qp&c	Qtot
Ora	(W)	(W)	(W)	(W)
1	1138,66	0,00	4674,3	5812,96
2	939,69	0,00	4674,3	5613,99
3	773,48	0,00	4674,3	5447,78
4	1564,10	0,00	4674,3	6238,40
5	1285,99	0,00	4674,3	5960,29
6	1106,48	0,00	4674,3	5780,78
7	1028,19	2082,00	4674,3	7784,49
8	920,02	5798,22	4674,3	11392,54
9	892,12	9094,23	4674,3	14660,64
10	391,60	10490,42	4674,3	15556,32
11	913,85	9403,25	4674,3	14991,40
12	1007,07	6237,06	4674,3	11918,43
13	1277,98	2591,33	4674,3	8543,61
14	1428,23	1539,90	4674,3	7642,43
15	1526,17	976,96	4674,3	7177,43
16	1680,40	588,01	4674,3	6942,71
17	1820,47	344,02	4674,3	6838,79
18	1874,48	145,95	4674,3	6694,73
19	1890,57	0,00	4674,3	6564,87
20	1750,08	0,00	4674,3	6424,38
21	1776,53	0,00	4674,3	6450,83
22	1662,99	0,00	4674,3	6337,29
23	1487,65	0,00	4674,3	6161,95
24	1333,10	0,00	4674,3	6007,40

<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>	-0,32	kW
<b>Carico termico verso Ext</b>	15,56	kW
<b>Carico termico TOTALE</b>	<b>15,24</b>	<b>kW</b>

## INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

Z_Fitness	QΔθ	Qsi	Qp&c	Qtot
Ora	(W)	(W)	(W)	(W)
1	917,38	0,00	1461	2378,01
2	770,27	0,00	1461	2230,90
3	655,86	0,00	1461	2116,48
4	1109,44	0,00	1461	2570,06
5	915,34	0,00	1461	2375,96
6	797,65	126,37	1461	2384,64
7	755,58	695,02	1461	2911,22
8	694,68	1239,60	1461	3394,90
9	657,43	1715,80	1461	3833,85
10	229,65	2151,51	1461	3841,79
11	658,28	2492,87	1461	4611,77
12	725,94	2924,48	1461	5111,05
13	918,59	2814,53	1461	5193,75
14	1031,13	2793,19	1461	5284,95
15	1080,84	2556,87	1461	5098,33
16	1199,34	2225,64	1461	4885,60
17	1261,50	1684,89	1461	4407,01
18	1250,42	689,27	1461	3400,32
19	1270,85	0,00	1461	2731,47
20	1162,56	0,00	1461	2623,19
21	1236,12	0,00	1461	2696,74
22	1225,90	0,00	1461	2686,53
23	1133,96	0,00	1461	2594,58
24	1044,06	0,00	1461	2504,68
<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>			-1,81	kW
<b>Carico termico verso Ext</b>			5,28	kW
<b>Carico termico TOTALE</b>			<b>3,47</b>	<b>kW</b>

Z_Hotel	QΔθ	Qsi	Qp&c	Qtot
Ora	(W)	(W)	(W)	(W)
1	191,39	0,00	3016,74	3208,13
2	152,07	0,00	3016,74	3168,81
3	116,86	0,00	3016,74	3133,60
4	337,49	0,00	3016,74	3354,23
5	272,50	20,09	3016,74	3309,33
6	237,21	3472,18	3016,74	6726,13
7	217,11	9009,76	3016,74	12243,61
8	183,38	14615,40	3016,74	17815,52
9	214,10	19235,40	3016,74	22466,24
10	159,59	18109,71	3016,74	21286,05
11	247,26	23071,61	3016,74	26335,60
12	270,24	22206,20	3016,74	25493,19
13	318,02	20047,51	3016,74	23382,27
14	348,66	18173,15	3016,74	21538,55
15	364,25	16059,13	3016,74	19440,11
16	378,53	13792,45	3016,74	17187,71

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

<b>17</b>	410,33	10790,50	3016,74	14217,57
<b>18</b>	428,37	5989,49	3016,74	9434,60
<b>19</b>	419,62	0,00	3016,74	3436,36
<b>20</b>	387,28	0,00	3016,74	3404,02
<b>21</b>	376,16	0,00	3016,74	3392,90
<b>22</b>	326,05	0,00	3016,74	3342,79
<b>23</b>	276,35	0,00	3016,74	3293,09
<b>24</b>	233,98	0,00	3016,74	3250,72
<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>			<b>-2,30</b>	<b>kW</b>
<b>Carico termico verso Ext</b>			<b>26,34</b>	<b>kW</b>
<b>Carico termico TOTALE</b>			<b>24,04</b>	<b>kW</b>

<b>Z_Hall</b>	<b>QΔθ</b>	<b>Qsi</b>	<b>Qp&amp;c</b>	<b>Qtot</b>
<b>Ora</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
<b>1</b>	404,93	0,00	1907,4	2312,33
<b>2</b>	315,18	0,00	1907,4	2222,58
<b>3</b>	251,63	0,00	1907,4	2159,03
<b>4</b>	782,47	0,00	1907,4	2689,87
<b>5</b>	653,64	0,00	1907,4	2561,04
<b>6</b>	558,44	405,97	1907,4	2871,81
<b>7</b>	497,36	999,91	1907,4	3404,67
<b>8</b>	414,20	1119,83	1907,4	3441,44
<b>9</b>	442,65	962,69	1907,4	3312,74
<b>10</b>	378,71	637,73	1907,4	2923,84
<b>11</b>	511,39	504,31	1907,4	2923,10
<b>12</b>	532,80	1474,95	1907,4	3915,15
<b>13</b>	664,22	2895,37	1907,4	5466,98
<b>14</b>	743,43	4487,95	1907,4	7138,79
<b>15</b>	912,89	6397,07	1907,4	9217,37
<b>16</b>	830,56	7788,32	1907,4	10526,28
<b>17</b>	1094,84	7774,04	1907,4	10776,28
<b>18</b>	1106,59	5021,92	1907,4	8035,91
<b>19</b>	1085,56	0,00	1907,4	2992,96
<b>20</b>	1004,34	0,00	1907,4	2911,74
<b>21</b>	893,43	0,00	1907,4	2800,83
<b>22</b>	714,71	0,00	1907,4	2622,11
<b>23</b>	593,21	0,00	1907,4	2500,61
<b>24</b>	502,22	0,00	1907,4	2409,62
<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>			<b>-2,08</b>	<b>kW</b>
<b>Carico termico verso Ext</b>			<b>10,78</b>	<b>kW</b>
<b>Carico termico TOTALE</b>			<b>8,70</b>	<b>kW</b>

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Z_Hotel + Z_Hall	Qtot Hotel	Qtot Hall	Q Hotel+Hall
Ora	(W)	(W)	(W)
1	3208,13	2312,33	5520,46
2	3168,81	2222,58	5391,39
3	3133,60	2159,03	5292,63
4	3354,23	2689,87	6044,10
5	3309,33	2561,04	5870,38
6	6726,13	2871,81	9597,94
7	12243,61	3404,67	15648,28
8	17815,52	3441,44	21256,96
9	22466,24	3312,74	25778,98
10	21286,05	2923,84	24209,89
11	26335,60	2923,10	29258,70
12	25493,19	3915,15	29408,34
13	23382,27	5466,98	28849,26
14	21538,55	7138,79	28677,34
15	19440,11	9217,37	28657,48
16	17187,71	10526,28	27713,99
17	14217,57	10776,28	24993,85
18	9434,60	8035,91	17470,51
19	3436,36	2992,96	6429,32
20	3404,02	2911,74	6315,76
21	3392,90	2800,83	6193,72
22	3342,79	2622,11	5964,90
23	3293,09	2500,61	5793,70
24	3250,72	2409,62	5660,34
<b>Carico termico verso Interno-Terra</b>		-4,38	kW
<b>Carico termico verso Ext</b>		29,41	kW
<b>Carico termico TOTALE</b>		<b>25,03</b>	kW

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei carichi termici di progetto delle singole zone

Zona termica	Carichi sensibili totali	Carichi latenti persone	Carichi latenti piscine	Carichi latenti totali
	Q <sub>s</sub> (kW)	Q <sub>lpp</sub> (kW)	Q <sub>lp</sub> (kW)	Q <sub>l</sub> (kW)
Z_Hotel + Z_Hall	25,03	8,50		8,50
Z_Piscina	11,61	5,10	22,77	27,87
Z_SPA	15,24	3,40		3,40
Z_Fitness	3,47	6,80		6,80
Z_Camere	17,20	2,38		2,38

### 10.1.3 Impianto di climatizzazione

È stato deciso in sede di progettazione di affidare la gestione della climatizzazione a cinque Unità di Trattamento Aria.

Le UTA sono state così suddivise:

Macchina	Zone servite
UTA01	Hotel - Hall
UTA02	Piscine
UTA03	SPA
UTA04	Fitness
UTA05	Camere

Al fine di calcolare le portate d'aria, necessarie a garantire lo smaltimento dei carichi, sono state prima definite le temperature di mandata dell'aria.

I valori di portata sono stati poi calcolati con la formula

$$P = \frac{Q}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T}$$

Dove

P è la portata d'aria da calcolare

Q è il carico termico da smaltire

$\rho$  è la densità dell'aria

$c_p$  è il calore specifico dell'aria a pressione costante

$\Delta T$  è la differenza di temperatura fra l'aria ambiente e l'aria di mandata

La tabella seguente riporta le temperature ambiente delle varie zone, le temperature di mandata dell'aria e le portate.

Sia nel caso invernale, sia in quello estivo, la portata d'aria considerata è stata poi scelta come il valore massimo tra la portata da garantire per la ventilazione e la portata necessaria allo smaltimento dei carichi.

**Periodo di riscaldamento**

<b>Zone servite</b>	<b>T mandata</b> (°C)	<b>P ventilazione</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>P sensibile</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>P progetto</b> (m <sup>3</sup> /s)
<b>Hotel - Hall</b>	26	1,06	0,43	1,06
<b>Piscine</b>	34	1,18	0,22	1,18
<b>SPA</b>	34	1,17	0,42	1,17
<b>Fitness</b>	24	2,61	0,19	2,61
<b>Camere</b>	26	0,31	0,5	0,5

**Periodo di raffrescamento**

<b>Zone servite</b>	<b>T mandata</b> (°C)	<b>P ventilazione</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>P sensibile</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>P progetto</b> (m <sup>3</sup> /s)
<b>Hotel - Hall</b>	20	1,06	3,37	3,37
<b>Piscine</b>	22	1,18	1,56	1,56
<b>SPA</b>	24	1,17	3,08	3,08
<b>Fitness</b>	22	2,61	3,37	3,37
<b>Camere</b>	20	0,31	2,32	2,32

Si osservi come durante l'inverno la portata d'aria necessaria alla ventilazione sia sufficiente per smaltire i carichi termici (ad eccezione delle camere), mentre in estate è la portata per smaltire i carichi sensibili ad essere vincolante.

Le macchine sono state quindi dimensionate in funzione della portata d'aria maggiore e sono state scelte dal catalogo dell'azienda Tecfer:

<b>Macchina</b>	<b>Portata Riscaldamento</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>Portata Raffrescamento</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>Portata di progetto</b>		<b>Portata di riferimento</b> (m <sup>3</sup> /h)
			(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /h)	
<b>UTA01</b>	1,06	3,37	3,37	12127,22	12200
<b>UTA02</b>	1,18	1,56	1,56	5627,27	5700
<b>UTA03</b>	1,17	3,08	3,08	11076,00	11100
<b>UTA04</b>	2,61	2,61	2,61	9409,50	9500
<b>UTA05</b>	0,50	2,32	2,32	8336,18	8400

Sono state poi determinate le sezioni dei canali di mandata dell'aria ipotizzando una perdita di carico di circa 1 Pa/m.

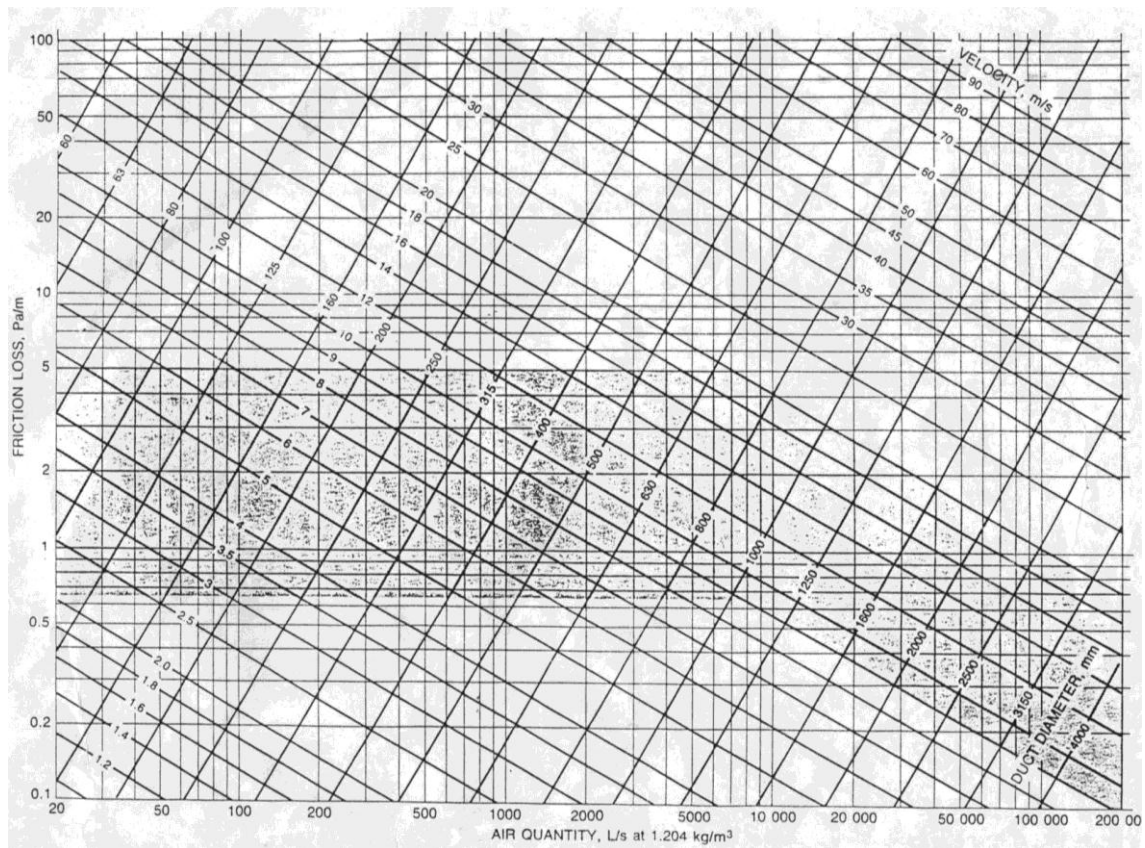


Figura 294 - Diagramma delle perdite di carico per flussi d'aria in condotte metalliche

Sono stati poi calcoli i diametri equivalenti per le sezioni rettangolari tramite la formula:

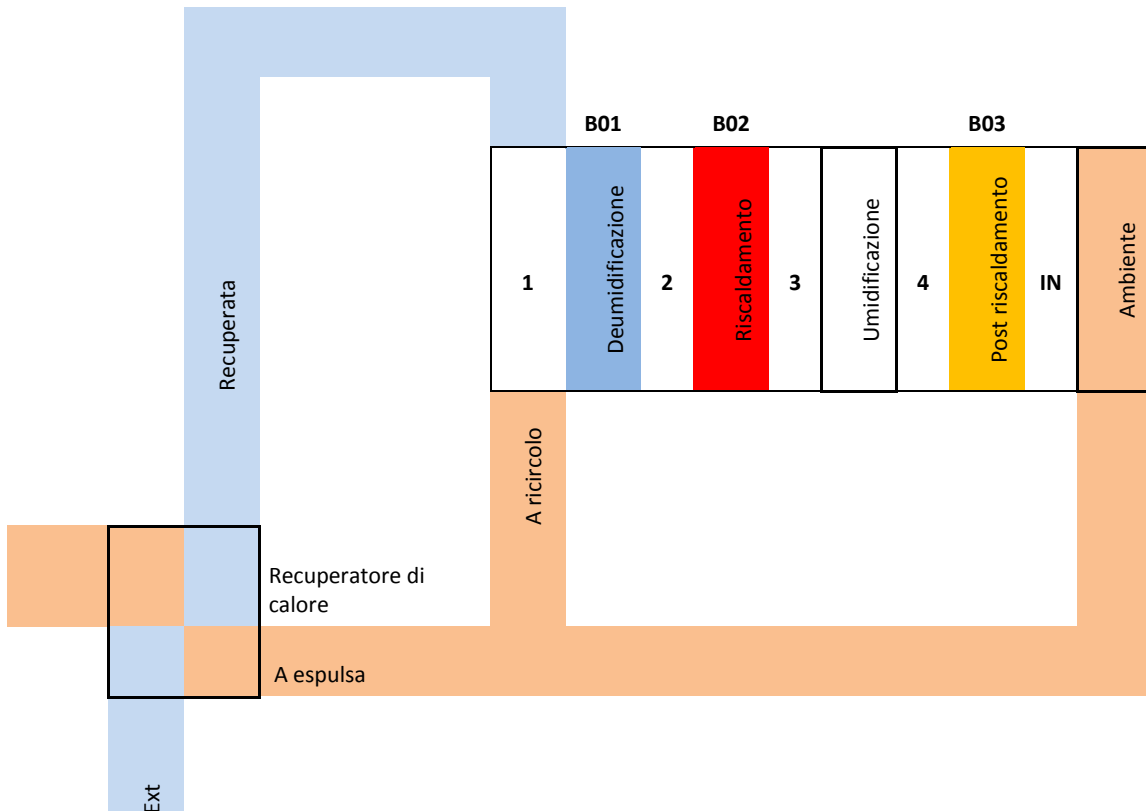
$$d_e = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

Dove "a" e "b" sono rispettivamente la base e l'altezza dei canali rettangolari

Macchina	Canale di mandata sezione circolare	a	b	Diametro equivalente
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
UTA01	680,00	800	500	687
UTA02	450,00	600	300	458
UTA03	640,00	700	500	645
UTA04	600,00	700	500	645
UTA05	570,00	700	400	573

In ultimo sono state calcolate le potenze delle batterie di riscaldamento, raffrescamento e post riscaldamento.

Il modello di UTA generico utilizzato per il calcolo è il seguente:



- B01 è la batteria di Raffreddamento/Deumidificazione
- B02 è la batteria di Riscaldamento
- B03 è la batteria di Post Riscaldamento

Nel caso dell'UTA a servizio della zona Z\_Camere si è deciso di affidare il Post Riscaldamento a delle batterie locali.

Nei casi specifici riportati di seguito è indicato se sono presenti o meno il recuperatore di calore e il ricircolo dell'aria.

Per le trasformazioni dell'aria è stato utilizzato il diagramma Psicrometrico fornito dall'AICARR basato sull'AHSRAE PSYCHROMETRIC CHART NO 1



Le umidità assolute di ingresso sono state calcolate con la seguente formula:

$$X_{IN} = X_A - \frac{Q_l}{\rho_{aria} \cdot c_{p\,aria} \cdot P_{in}}$$

Dove

$X_A$  è l'umidità assoluta nell'ambiente da climatizzare

$Q_l$  sono i carichi latenti nell'ambiente considerato

$\rho_{ARIA}$  è la densità dell'aria

$c_{p\,ARIA}$  è il calore specifico dell'aria a pressione costante

$P_{IN}$  è la portata d'aria in ingresso nel locale

La temperatura dell'aria esterna recuperata è stata calcolata con la seguente formula:

$$T_{REC} = T_{EXT} + \varepsilon \cdot (T_A - T_{EXT})$$

Dove

$T_{EXT}$  è la temperatura di progetto dell'aria esterna

$\varepsilon$  è l'efficienza del recuperatore di calore

$T_A$  è la temperatura dell'aria nell'ambiente considerato

Quando è presente ricircolo, le temperature e le umidità assolute della miscela di aria umida sono state calcolate con la formula della *regola della leva*, sommando tra loro le varie grandezze moltiplicate per le rispettive portate, e dividendo il risultato ottenuto per la portata totale in ingresso nell'UTA.

Nel caso del raffrescamento, l'umidità assoluta del punto 2\* è stata calcolata con la seguente formula, che tiene conto del Bypass Factor delle batterie di deumidificazione:

$$X_2^* = \frac{X_{IN} - X_1 \cdot BF}{1 - BF}$$

Dove

$X_{IN}$  è l'umidità assoluta dell'aria in ingresso nell'ambiente

$X_1$  è l'umidità assoluta dell'aria miscelata/recuperata/esterna

BF è il Bypass Factor della batteria di umidificazione

Si riportano le tabelle relative alle trasformazioni dell'aria umida e al calcolo della potenza delle batterie, prima nel caso di riscaldamento, poi in quello di raffrescamento.

10.1.4 Potenza delle batterie di riscaldamento

UTA01	T	X	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$
	°C	kg <sub>w</sub> /kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	J/(kgK)	
A	20,00	0,0073	1,06	1,22	1015	
A espulsa	20,00	0,0073	1,06			
Ext	0,00	0,0038	1,06			
1	0,00	0,0038	1,06			
3	5,20	0,0038	1,06			
4	3,30	0,0048	1,06			
IN	26,00	0,0048	1,06			

Batterie	Potenza				$\epsilon_{\text{rec}}$
	W	kW			
B02	6825,51	6,83	$(T_3-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Ricircolo	NO
B03	29795,97	29,80	$(T_{IN}-T_4) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	NO

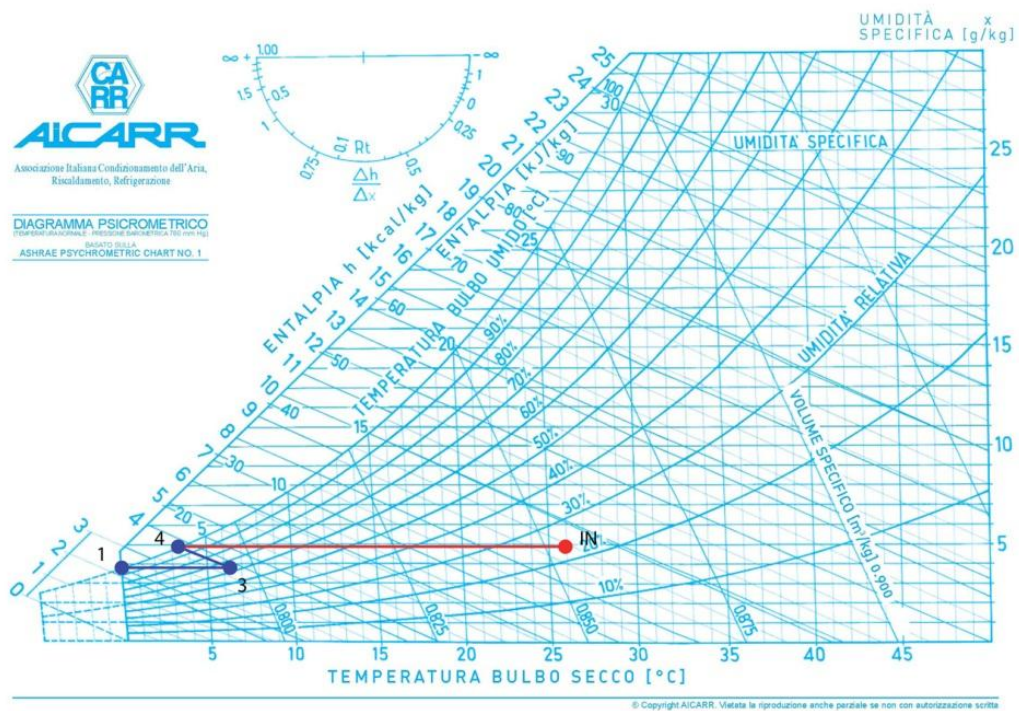


Figura 295 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 01

UTA02	T	X	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	J/(kgK)	
A	28,00	0,0190	1,18	1,22	1015	0,5
A espulsa	28,00	0,0190	1,18			
Ext	0,00	0,0038	1,18			
Recuperata	14,00	0,0038	1,18			
1	14,00	0,0038	1,18			
3	31,00	0,0038	1,18			
4	16,10	0,0116	1,18			
IN	34,00	0,0116	1,18			

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B02	24936,92	24,94	$(T_3 - T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Ricircolo	NO
B03	26257,11	26,26	$(T_{IN} - T_4) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	SI

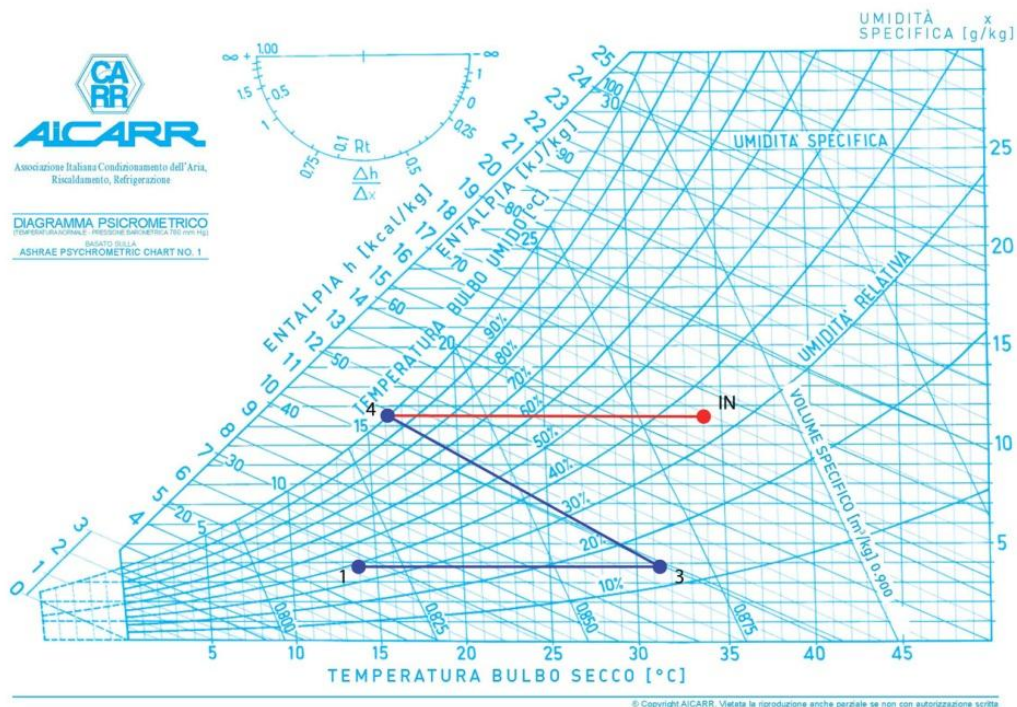


Figura 296 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 02

UTA03	T	X	P	$\rho_{\text{aria}}$	$c_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	J/(kgK)	
A	28,00	0,0190	1,17	1,22	1015	0,5
A espulsa	28,00	0,0190	1,17			
Ext	0,00	0,0038	1,17			
Recuperata	14,00	0,0038	1,17			
1	14,00	0,0038	1,17			
3	46,00	0,0038	1,17			
4	23,50	0,0181	1,17			
IN	34,00	0,0181	1,17			

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B02	46305,49	46,31	$(T_3-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Ricircolo	NO
B03	15193,99	15,19	$(T_{IN}-T_4) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	SI

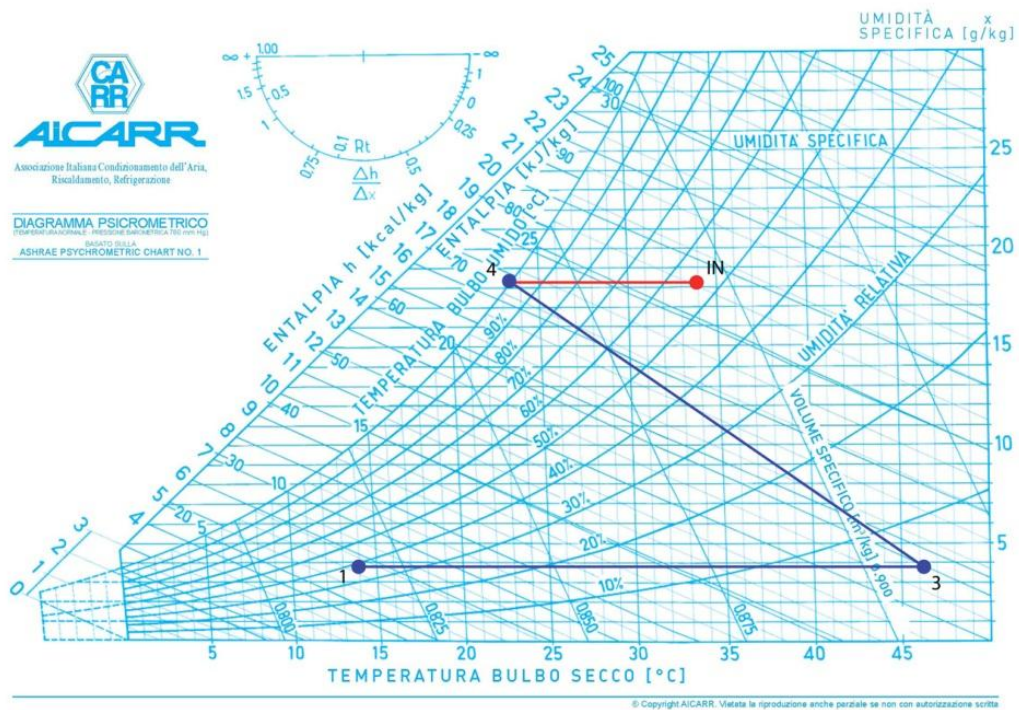


Figura 297 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 03



UTA04	T	X	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	J/(kgK)	
A	18,00	0,0065	2,61	1,22	1015	0,5
A espulsa	18,00	0,0065	2,61			
Ext	0,00	0,0038	2,61			
Recuperata	9,00	0,0038	2,61			
1	9,00	0,0038	2,61			
3	10,80	0,0038	2,61			
4	5,80	0,0057	2,61			
IN	24,00	0,0057	2,61			

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B02	5825,89	5,83	$(T_3-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Ricircolo	NO
B03	58906,24	58,91	$(T_{IN}-T_4) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	SI

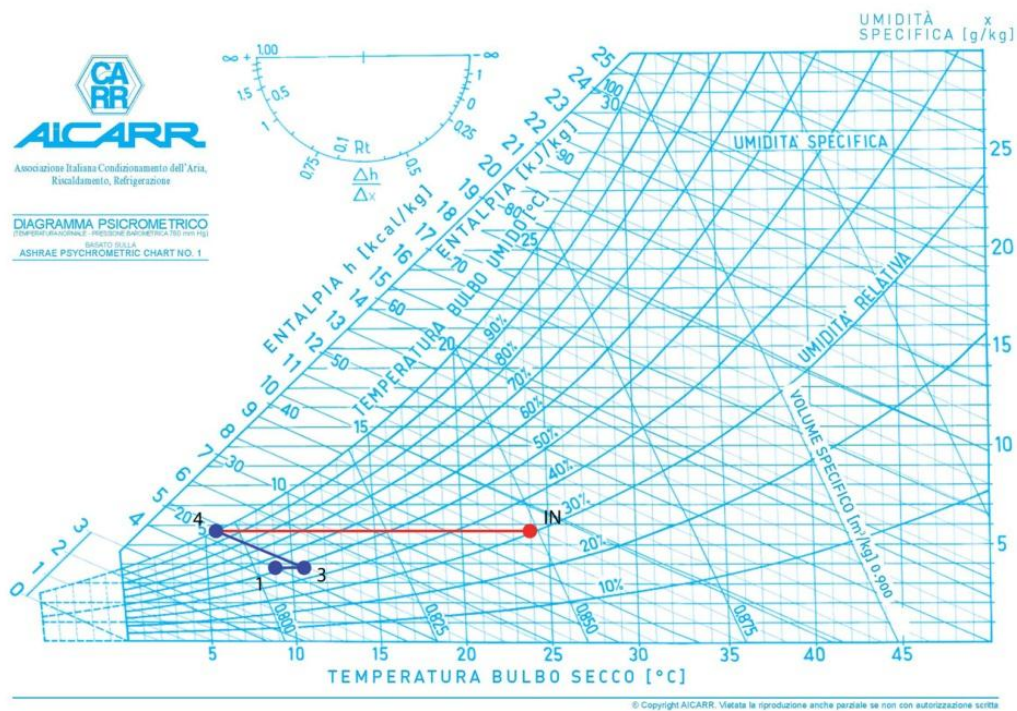


Figura 298 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 04

UTA05	T	X	P	$\rho_{\text{aria}}$	$c_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	J/(kgK)	
<b>A</b>	20,00	0,0073	0,50	1,22	1015	0,5
<b>A espulsa</b>	20,00	0,0073	0,50			
<b>Ext</b>	0,00	0,0038	0,50			
<b>Recuperata</b>	10,00	0,0038	0,50			
<b>1</b>	10,00	0,0038	0,50			
<b>3</b>	10,80	0,0038	0,50			
<b>4</b>	5,80	0,0058	0,50			
<b>IN</b>	26,00	0,0058	0,50			

Batterie	Potenza				
	W	kW			
<b>B02</b>	491,64	0,49	$(T_3 - T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	<b>Ricircolo</b>	NO
<b>B03</b>	12413,91	12,41	$(T_{IN} - T_4) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	<b>Recuperatore</b>	SI
		0,89	Batterie di post riscaldamento locali in ogni stanza		

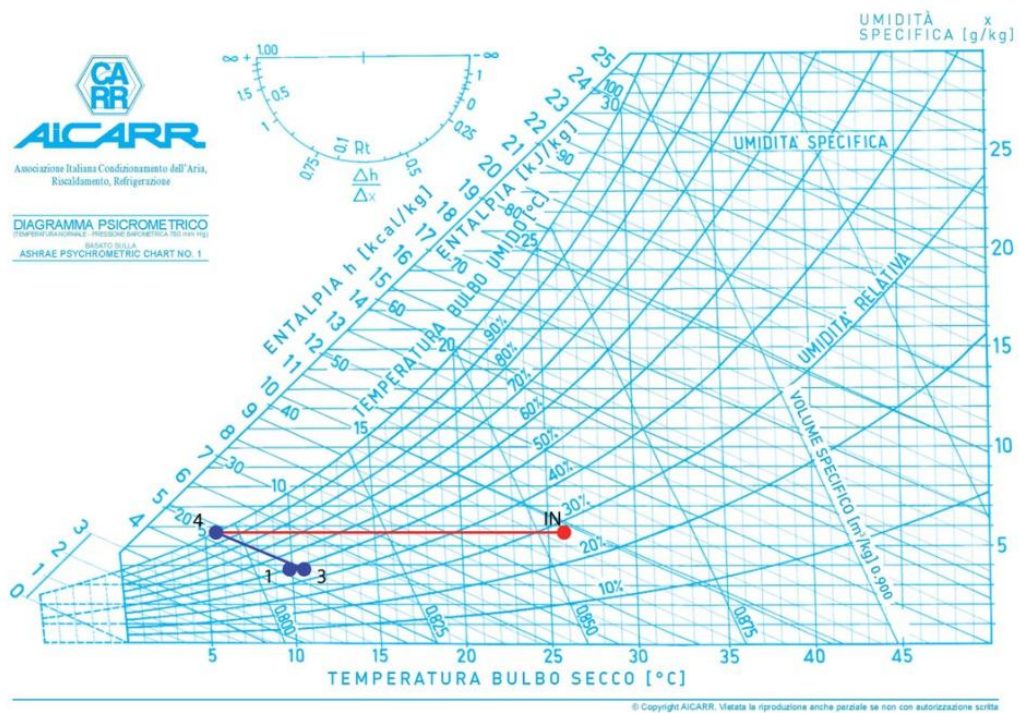


Figura 299 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 05

10.1.5 Potenza delle batterie di raffreddamento

Si prosegue con le trasformazioni dell'aria e il calcolo della potenza delle batterie nel periodo di raffreddamento:

UTA01	T	X	h	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$	BPF
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	kJ/kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg <sub>AS</sub> /m <sup>3</sup>	J/(kgK)		
A	26,00	0,0105		3,37	1,22	1015	non presente	0,2
A espulsa	26,00	0,0105		1,06				
A ricircolo	26,00	0,0105		2,31				
Ext	36,00	0,0190		1,06				
Recuperata	36,00	0,0190		1,06				
1	29,15	0,0132	60	3,37				
2*	12,50	0,0088		3,37				
2	15,00	0,0097	40	3,37				
IN	20,00	0,0097		3,37				

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B01	82195,60	82,20	$(h_1-h_2) \cdot P \cdot \rho$	Ricircolo	SI
B03	20857,13	20,86	$(T_{IN}-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	NO

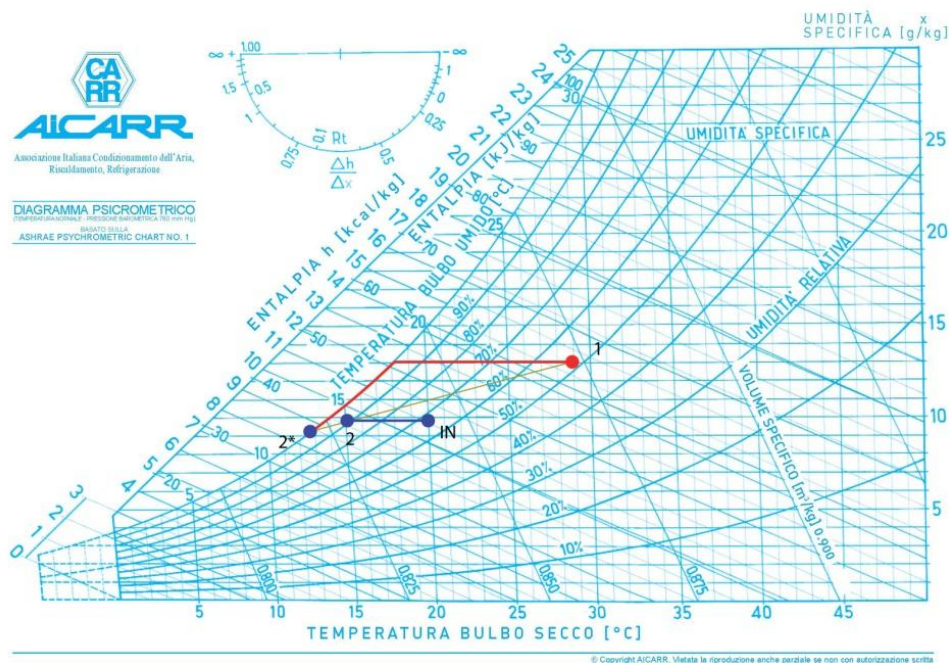


Figura 300 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 01



UTA02	T	X	h	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$	BPF
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	kJ/kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg <sub>AS</sub> /m <sup>3</sup>	J/(kgK)		
A	28,00	0,0190		1,56	1,22	1015	0,5	0,2
A espulsa	28,00	0,0190		1,56				
A ricircolo	28,00	0,0190		0,00				
Ext	36,00	0,0190		1,56				
Recuperata	32,00	0,0190		1,56				
1	32,00	0,0190	80	1,56				
2*	17,00	0,0120		1,56				
2	20,00	0,0134	54	1,56				
IN	22,00	0,0134		1,56				

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B01	49582,49	49,58	$(h_1 - h_2) \cdot P \cdot \rho$	Ricircolo	NO
B03	3871,25	3,87	$(T_{IN} - T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	SI

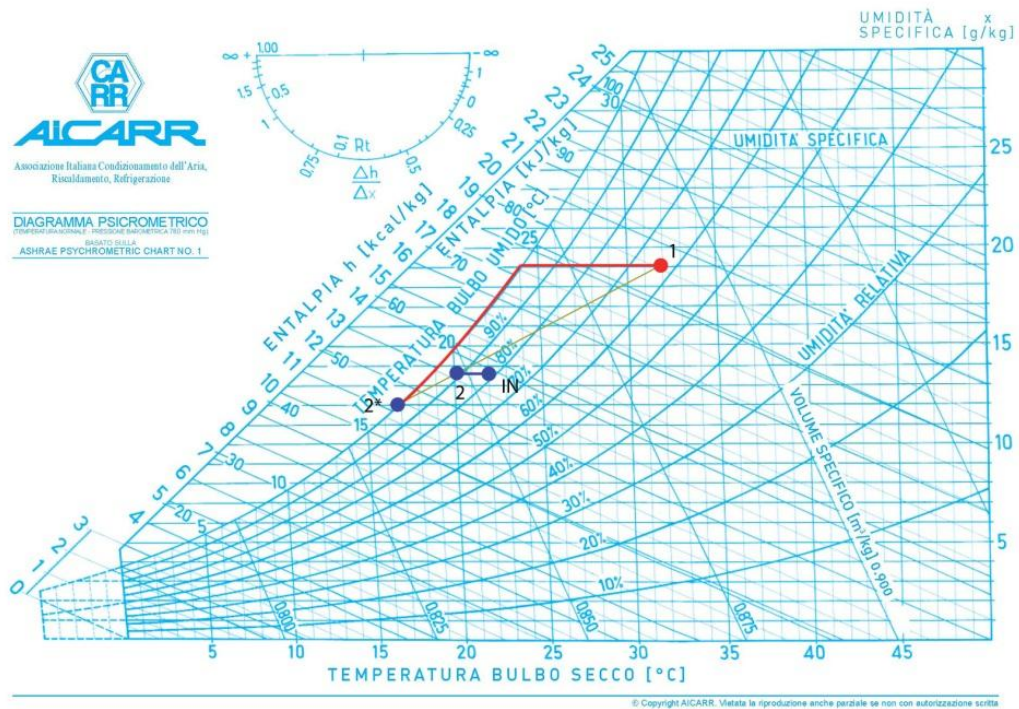


Figura 301 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 02

UTA03	T	X	h	P	$\rho_{aria}$	$C_{p\,aria}$	$\epsilon_{rec}$	BPF
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	kJ/kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg <sub>AS</sub> /m <sup>3</sup>	J/(kgK)		
A	28,00	0,0190		3,08	1,22	1015	0,5	0,2
A espulsa	28,00	0,0190		1,91				
A ricircolo	28,00	0,0190		1,17				
Ext	36,00	0,0190		1,91				
Recuperata	32,00	0,0190		1,91				
1	30,48	0,0190	78	3,08				
2*	22,50	0,0186		3,08				
2	24,00	0,0187	70	3,08				
IN	24,00	0,0187		3,08				

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B01	30028,27	30,03	$(h_1-h_2) \cdot P \cdot \rho$	Ricircolo	SI
B03	0,00	0,00	$(T_{IN}-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	Recuperatore	SI

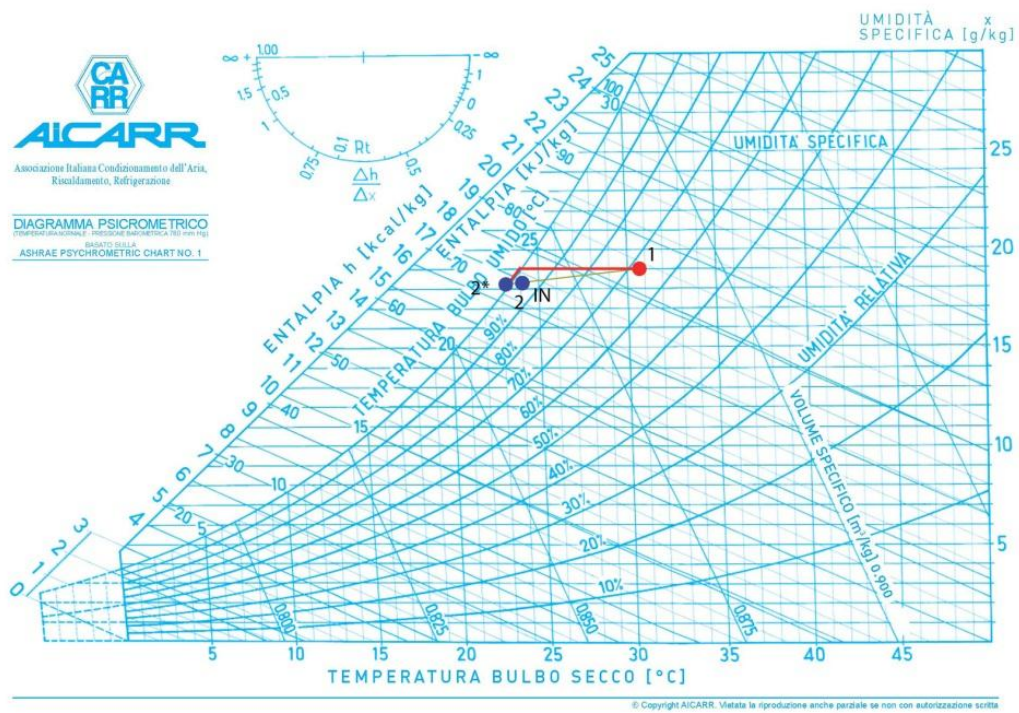


Figura 302 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 03

UTA04	T	X	h	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$	BPF
	°C	kg <sub>BV</sub> /kg <sub>AS</sub>	kJ/kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg <sub>AS</sub> /m <sup>3</sup>	J/(kgK)		
<b>A</b>	24,00	0,0093		2,61	1,22	1015	0,5	0,2
<b>A espulsa</b>	24,00	0,0093		2,61				
<b>A ricircolo</b>	24,00	0,0093		0,00				
<b>Ext</b>	36,00	0,0190		2,61				
<b>Recuperata</b>	30,00	0,0190		2,61				
<b>1</b>	30,00	0,0190	78	2,61				
<b>2*</b>	6,50	0,0058		2,61				
<b>2</b>	12,00	0,0085	35	2,61				
<b>IN</b>	22,00	0,0085		2,61				

Batterie	Potenza				
	W	kW			
<b>B01</b>	137117,33	137,12	$(h_1-h_2) \cdot P \cdot \rho$	<b>Ricircolo</b>	NO
<b>B03</b>	32366,07	32,37	$(T_{\text{IN}}-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	<b>Recuperatore</b>	SI

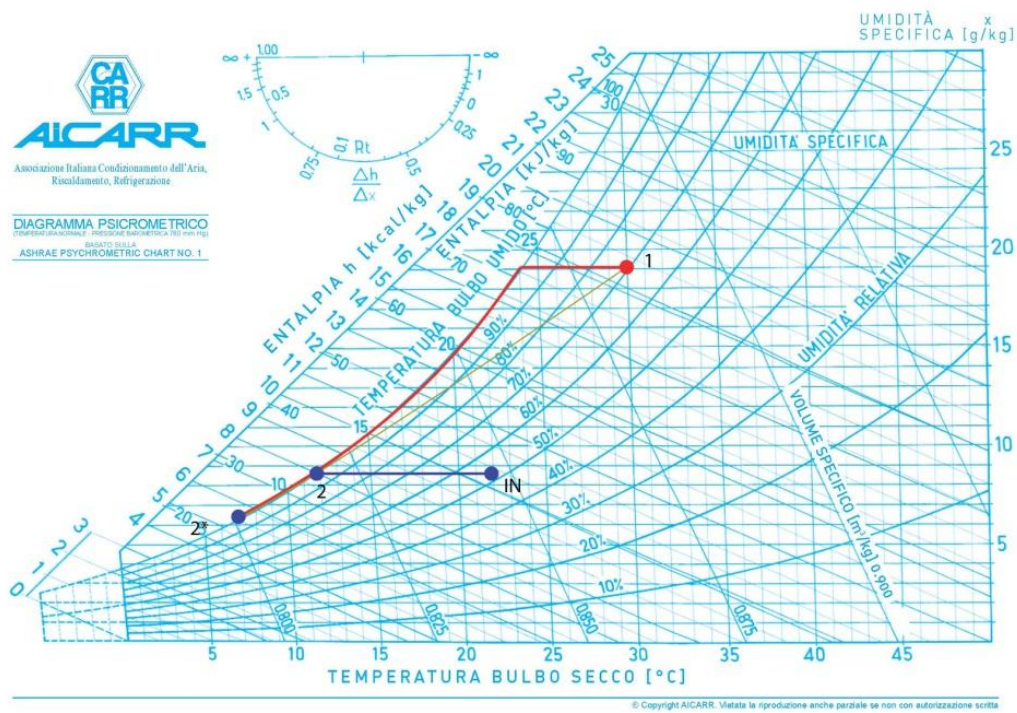


Figura 303 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 04



UTA05	T	X	h	P	$\rho_{\text{aria}}$	$C_{p \text{ aria}}$	$\epsilon_{\text{rec}}$	BPF
	°C	kg <sub>v</sub> /kg <sub>AS</sub>	kJ/kg <sub>AS</sub>	m <sup>3</sup> /s	kg <sub>AS</sub> /m <sup>3</sup>	J/(kgK)		
A	26,00	0,0105		2,32	1,22	1015	0,5	0,2
A espulsa	26,00	0,0105		2,32				
A ricircolo	26,00	0,0105		0,00				
Ext	36,00	0,0190		2,32				
Recuperata	31,00	0,0190		2,32				
1	31,00	0,0190	78	2,32				
2*	10,50	0,0080		2,32				
2	14,50	0,0102	42	2,32				
IN	20,00	0,0102		2,32				

Batterie	Potenza				
	W	kW			
B01	101701,36	101,70	$(h_1-h_2) \cdot P \cdot \rho$	<b>Ricircolo</b>	NO
B03	15770,77	15,77	$(T_{\text{IN}}-T_2) \cdot \rho \cdot c_p \cdot P$	<b>Recuperatore</b>	SI
		1,13	Post riscaldamento in ogni stanza		

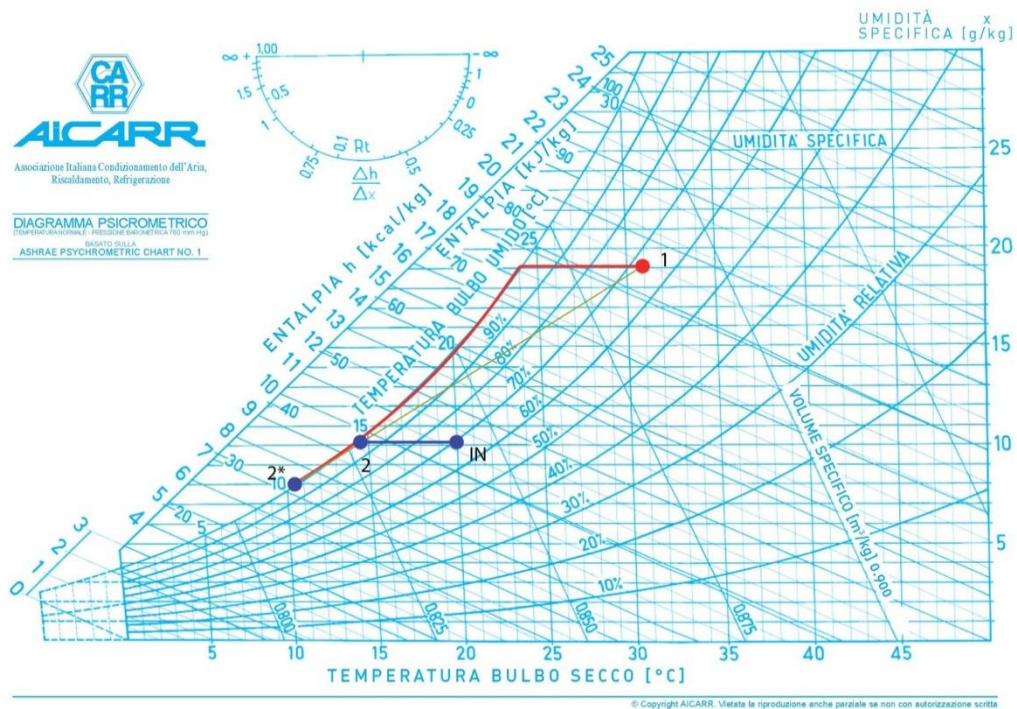


Figura 304 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 05

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

Si riporta una tabella che riassume la potenza delle varie batterie. Il valore di potenza delle batterie di post riscaldamento è stato scelto come il massimo tra i valori calcolati per la stagione estiva e la stagione invernale:

<b>Macchina</b>	<b>B01</b>	<b>B02</b>	<b>B03</b>	<b>Recuperatore</b>	<b>Ricircolo Riscaldamento</b>	<b>Ricircolo Raffrescamento</b>
	(kW)	(kW)	(kW)			
<b>UTA01</b>	82,80	6,83	29,80	NO	NO	SI
<b>UTA02</b>	49,58	24,94	26,26	SI	NO	NO
<b>UTA03</b>	30,03	46,31	15,19	SI	NO	SI
<b>UTA04</b>	137,12	5,83	58,91	SI	NO	NO
<b>UTA05</b>	101,70	0,49	1,13	SI	NO	NO

### 10.1.6 Dimensioni delle Unità di Trattamento Aria

Le dimensioni dei componenti della macchine per il trattamento dell'aria sono state scelte dal catalogo dell'azienda Tecfer.

I componenti sono stati assemblati in conformità alle ipotesi di trasformazione dell'aria umida per ogni unità (vedi paragrafo precedente).

Macchina	Modello macchina	Dimensioni frontali		Altezza recuperatore	Lunghezza
	UT/N	H (m)	B (m)	(m)	(m)
UTA01	205	1,55	2,35	3,10	4,99
UTA02	91	1,18	1,5	2,36	4,98
UTA03	185	1,55	2,15	3,10	7,88
UTA04	152	1,38	2,00	2,76	5,91
UTA05	138	1,38	1,78	2,76	5,47

L'UTA 01 gestisce la climatizzazione delle zone comuni dell'Hotel e della Hall ed è situata nel locale impianti al piano terra.

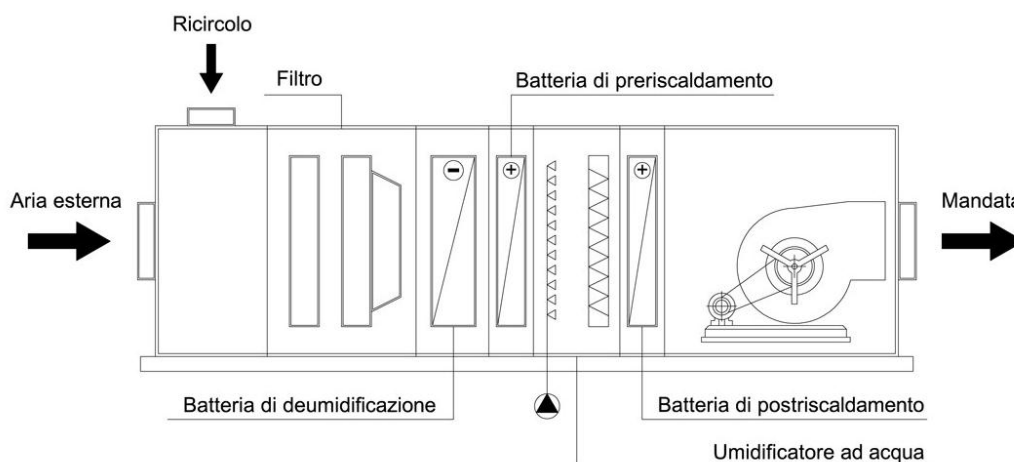


Figura 305 - Unità di Trattamento Aria 01

L'UTA 02, che gestisce la climatizzazione della zona piscine, è situata nella zona impianti al piano interrato poiché troppo alta per l'interpiano netto della zona impianti al piano terra. Il recuperatore di calore, come per la altre macchine, infatti ne raddoppia l'altezza.

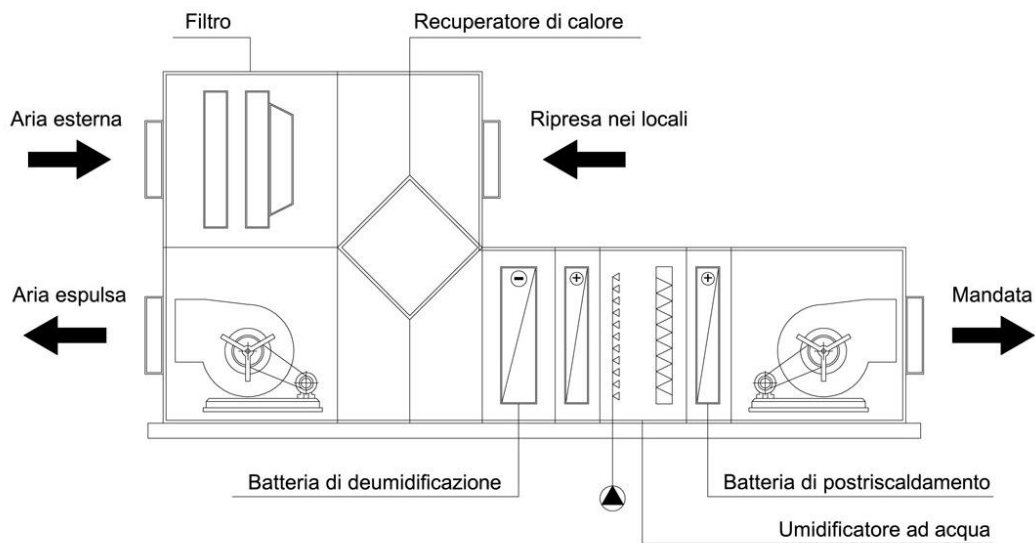


Figura 306 - Unità di Trattamento Aria 02

L'UTA 03, che serve i locali SPA, ha sia recuperatore di calore, sia ricircolo d'aria. Anch'essa è stata posta al piano interrato, per le sue dimensioni in altezza e in lunghezza.

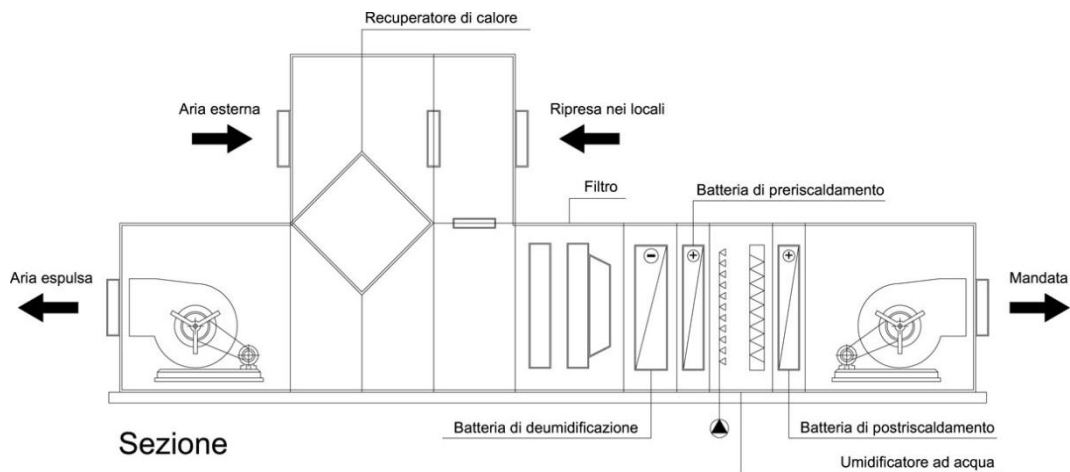


Figura 307 - Unità di Trattamento Aria 03

L'UTA 04, a servizio della zona fitness, è posta in un locale interrato apposito a adiacente ad essa. Le sue dimensioni in altezza sono tali per cui la macchina è contenuta nell'interpiano strutturale della zona fitness. In questo modo non sono necessarie variazioni di quote nei solai.

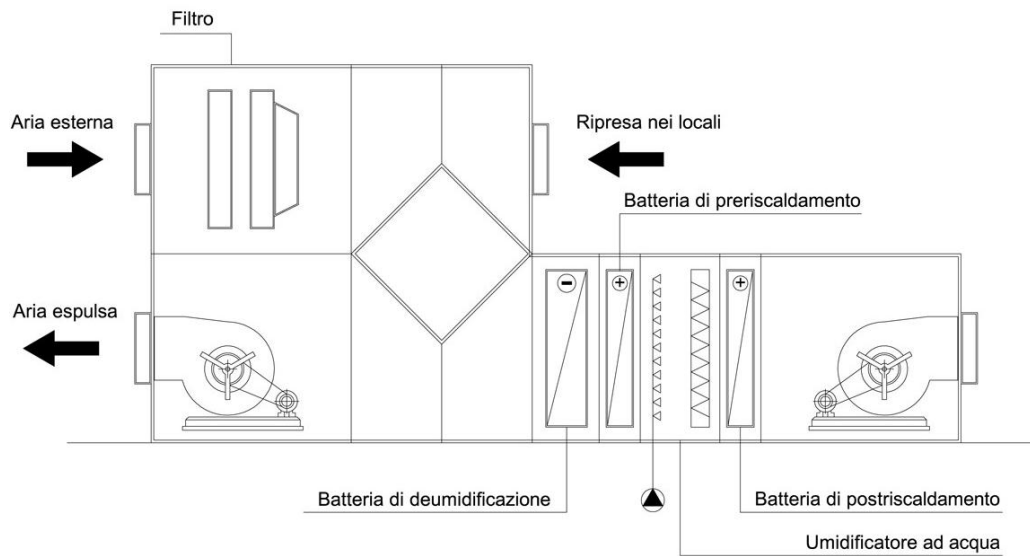


Figura 308 - Unità di Trattamento Aria 04

L'UTA 05, che serve le camere dell'albergo, è dotata di un recuperatore di calore, ma diversamente dalle altre macchine non è presente la batteria di post riscaldamento, che si è deciso di posizionare all'interno delle singole stanze, in modo da permettere una gestione locale della temperatura.

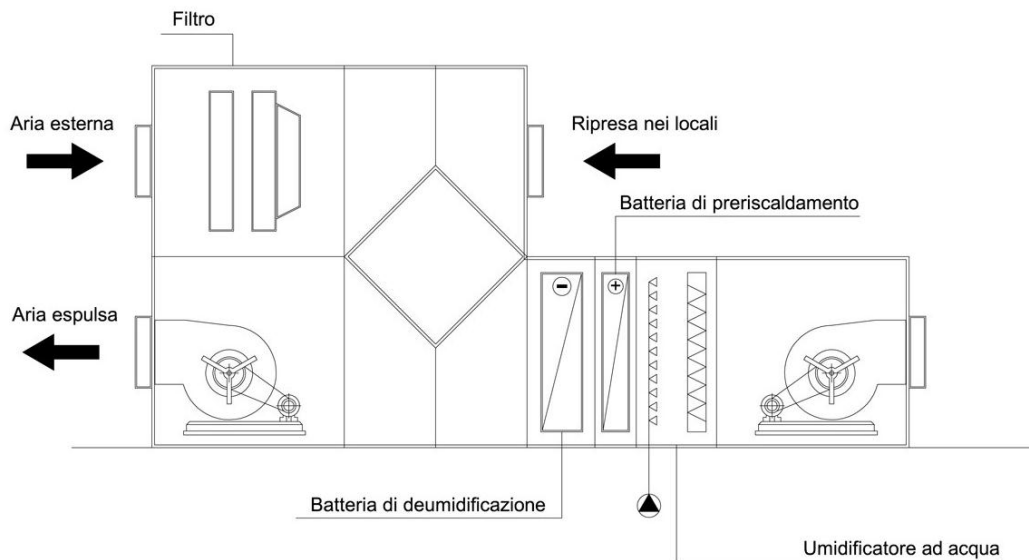


Figura 309 - Unità di Trattamento Aria 05



## 10.2 PISCINE

Nel centro benessere sono presenti otto piscine, delle quali tre all'interno dell'edificio e cinque sul percorso all'esterno che conduce sino alla cima della collina. Le prime due piscine che si incontrano accedendo alla SPA sono una a 30°C e l'altra a 40°C, le restanti sei vengono mantenute ad una temperatura di 33°C.

Le piscine interne, la piscina ad angolo nel percorso esterno e quella in sommità della collina sono vasche a sfioro, mentre le altre sfruttano skimmer per la ripresa dell'acqua.

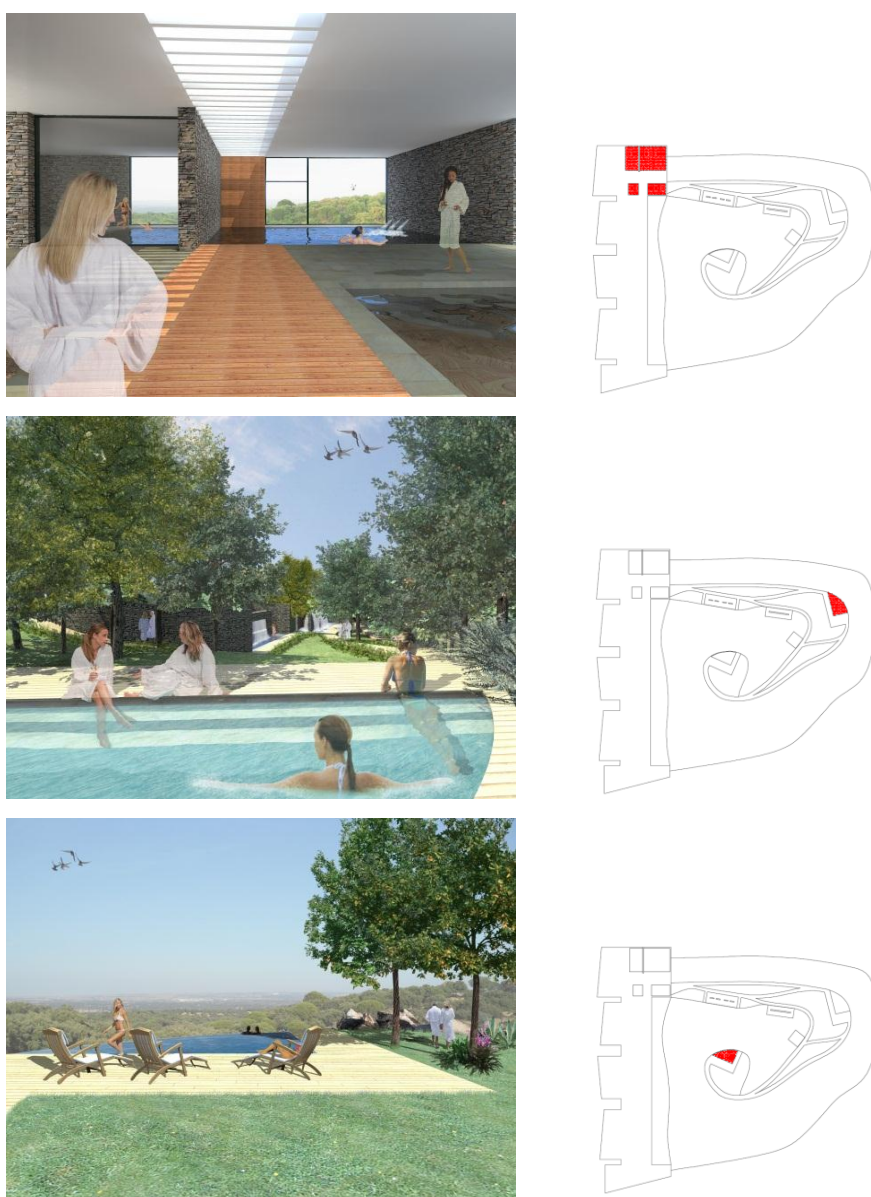


Figura 310 - Le vasche a sfioro

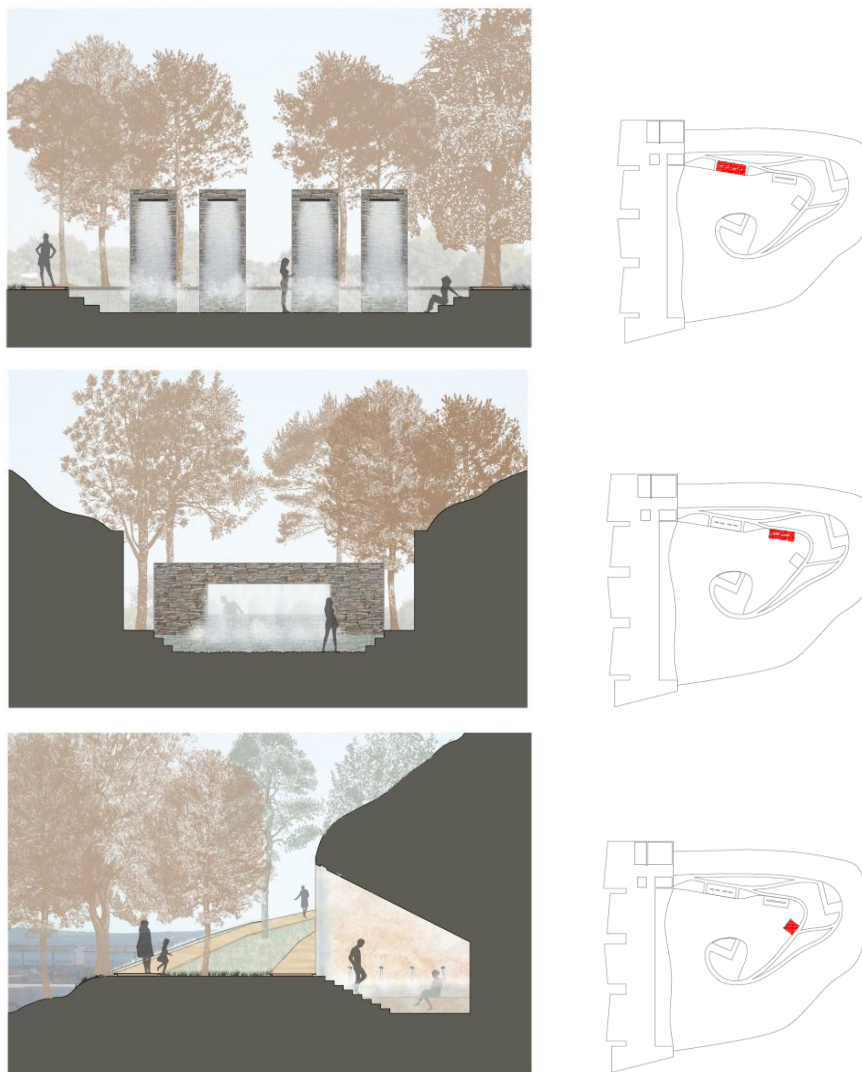


Figura 311 - Le vasche a skimmer

Viene ora presentato brevemente lo schema di funzionamento di una piscina; si sottolinea tuttavia che gli obiettivi della trattazione sono calcolare il fabbisogno di energia necessaria per riscaldare l'acqua di rinnovo, in vista di una possibile integrazione con il sistema Active Shading, e il dimensionamento degli elementi più ingombranti dell'impianto, così da destinare sufficienti spazi alle centrali dedicate.

La caratterizzazione dell'impianto non si spinge pertanto a livello esecutivo.

Una piscina è una vasca artificiale riempita d'acqua, usata principalmente per il nuoto, per attività ludiche o per motivi terapeutici. È dotata di un impianto di depurazione e può essere di varie forme, dimensioni e tipologie, interrata o fuori terra, con struttura in cemento armato, in acciaio o vetroresina. Le pareti e il fondo possono essere rivestiti con i più svariati materiali, dalla ceramica, con liner in PVC, a elementi lapidei in marmo, come nel caso in esame, a più semplici tinteggiature con smalti o vernici al clorocaucciù.

Una delle parti più importanti di una piscina è l'impianto di depurazione. Esso è costituito da una pompa di ricircolo, un grosso filtro, un quadro di comando e le tubature che collegano i vari componenti preposti alla chiarificazione dell'acqua.

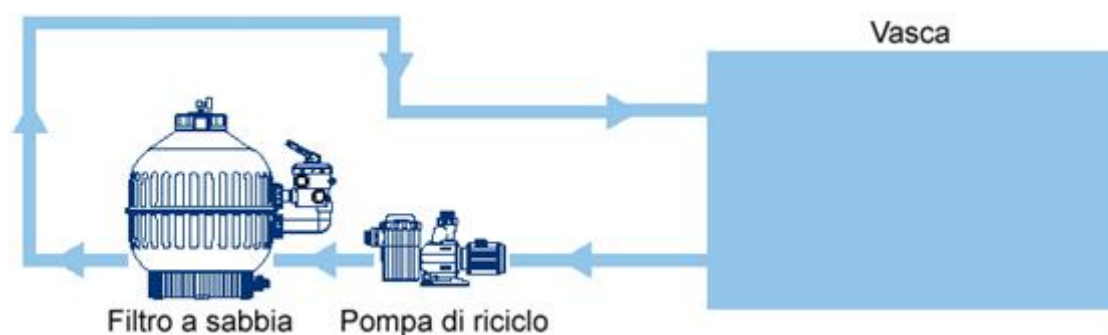


Figura 312 - Schema di funzionamento di una piscina

L'impianto di depurazione, chiamato anche impianto di filtrazione o di ricircolo, provvede, insieme ai disinfettanti a base di cloro o di ossigeno, al mantenimento della trasparenza e della balneabilità dell'acqua.

Alla filtrazione è affidato l'80% della qualità dell'acqua della piscina, mentre il rimanente 20% è affidato ai prodotti o ai sistemi di disinfezione; da ciò si intuisce l'enorme importanza di una buona progettazione tecnica, senza guardare risparmi nella scelta della qualità dei componenti.

Il filtro può essere a sabbia o a cartuccia: il più utilizzato è il filtro a sabbia, un recipiente contenente per due terzi sabbia di quarzo.

L'acqua, attraversando la sabbia dall'alto verso il basso, si depura dei vari inquinanti. Si utilizza sabbia quarzifera di granulometria uniforme (0,4 - 0,8 mm) invece della comune sabbia, in quanto il quarzo non è solubile in acqua a differenza del calcare.

In fase progettuale va presa in considerazione soprattutto la portata di filtrazione alla velocità massima di 50 m/h.

La pompa di ricircolo è il cuore dell'impianto, e va dimensionata con le giuste portate, considerando sia le perdite di carico dell'intero sistema di ricircolo che le prevalenze necessarie. Essendo in funzione per molte ore, in particolare nella stagione estiva, va scelta sempre di ottima qualità e con facilità di reperimento dei ricambi necessari.

Solitamente le pompe sono dotate di prefiltro, ossia di un piccolo filtro in entrata e di componenti interni anticorrosione adatti ad acque con cloro.

Il quadro di comando si occupa di proteggere il funzionamento della pompa (dei fari e degli altri dispositivi elettrici), di regolare attraverso un orologio i tempi di funzionamento, ed eventualmente di controllare altri parametri come il riempimento della vasca di compenso, il valore dei livelli dell'acqua o di temperatura.

Tutto il gruppo di filtrazione, compresi i comandi del funzionamento, deve essere inserito in un locale tecnico posizionato nelle vicinanze della piscina.

Un'accortezza è quella di preferire una posizione inferiore al livello dell'acqua della piscina, perché in questo modo si evitano i rischi di aspirazione di aria e difficoltà di adescamento della pompa.

Nel caso in esame il locale impianti, al piano terra dell'edificio, alloggia tutti i gruppi di filtrazione, nelle vicinanze della vasca vengono posizionati unicamente i dispositivi al servizio di accessori in vasca ed elementi ludici (idromassaggio - getti d'acqua) e le vasche di compenso.

Le vasche di compenso sono necessarie unicamente per le vasche a bordo sfioratore, e il loro scopo è compensare le perdite di acqua dovute all'immersione delle persone in piscina. Quando qualcuno si immerge, il volume del suo corpo alza il livello dell'acqua che defluisce dal bordo sfioratore, ma nel momento in cui esce, il livello dell'acqua non arriva più al bordo, e quindi c'è la necessità di ripristinarlo, per riprendere la normale circolazione.

Senza vasca di compenso, il ripristino dovrà essere fatto con acqua proveniente dalla rete idrica, che quindi sarà più fredda e soprattutto non ancora trattata chimicamente. Ecco la ragione della necessità della vasca di compenso: un serbatoio per integrare il volume dell'acqua con la stessa acqua presente in piscina, alla stessa temperatura e già disinfettata.

Le vasche di compenso rappresentano tuttavia il punto nel quale confluiscono la maggior parte delle impurità che si depositano sulla superficie della piscina, che tendono ad accumularsi sul fondo, formando spessori di "melma" che devono essere regolarmente puliti almeno ad ogni avvio stagionale.

È quindi preferibile evitare la realizzazione di vasche di compenso con l'impiego di serbatoi prefabbricati, tipo cisterne, perché l'accesso al loro interno è sempre molto difficoltoso.

Allo stesso modo anche tutti i residui dei prodotti chimici utilizzati per la disinfezione tendono ad accumularsi in questo spazio, e diventa quindi anche molto pericoloso svolgere le operazioni di pulizia a causa delle esalazioni che possono verificarsi.

La soluzione migliore è la realizzazione in opera di vasche facilmente accessibili, rivestite adeguatamente in modo che le superfici possano essere ripulite con facilità, dotate di uno scarico efficace per uno svuotamento completo, e di automatismi per mantenere costante il livello dell'acqua.

L'alternativa alla vasca di compenso è la vasca a skimmer, nella quale il ricircolo viene assicurato da un numero di skimmer che dipende dalla superficie della vasca, e dai quali viene aspirata l'acqua superficiale e convogliata al gruppo di filtrazione.

Gli immissori, che in questo caso sono posizionati in parete, hanno il compito di favorire, spingendo, il movimento dell'acqua verso gli skimmer.

Il numero di skimmer, come già detto, dipende dalla superficie della vasca, ognuno di essi copre circa 25 m<sup>2</sup>, a volte è però consigliabile, soprattutto nel caso di forme irregolari, ridurre tale rapporto a 15 - 20 m<sup>2</sup>.

Per ogni skimmer, normalmente, si prevedono 2 immissori.

Il posizionamento degli skimmer e degli immissori deve essere pensato in modo da favorire il ricircolo del volume di acqua contenuto nella vasca: di solito è contrapposto, cioè l'immissore spinge verso uno skimmer e non deve avere forze contrarie che impediscano un movimento dei fluidi corretto. Uno skimmer va poi progettato a seconda della forma vasca, e in considerazione dei venti dominanti, che devono sempre essere a favore.

Una considerazione che è necessario fare è che la forza di spinta di un immissore raramente riesce ad influire oltre i 5 - 6 metri di distanza, perciò in caso di vasche molto larghe è opportuno tenerne conto.

Nelle piscine realizzate con sistema skimmer è sempre visibile una striscia tra il pelo dell'acqua e il bordo vasca, normalmente compresa fra i 10 e i 15 cm. Non è ancora possibile ovviare a questa caratteristica, anche se sul mercato cominciano ad affacciarsi skimmer a "profilo ribassato".

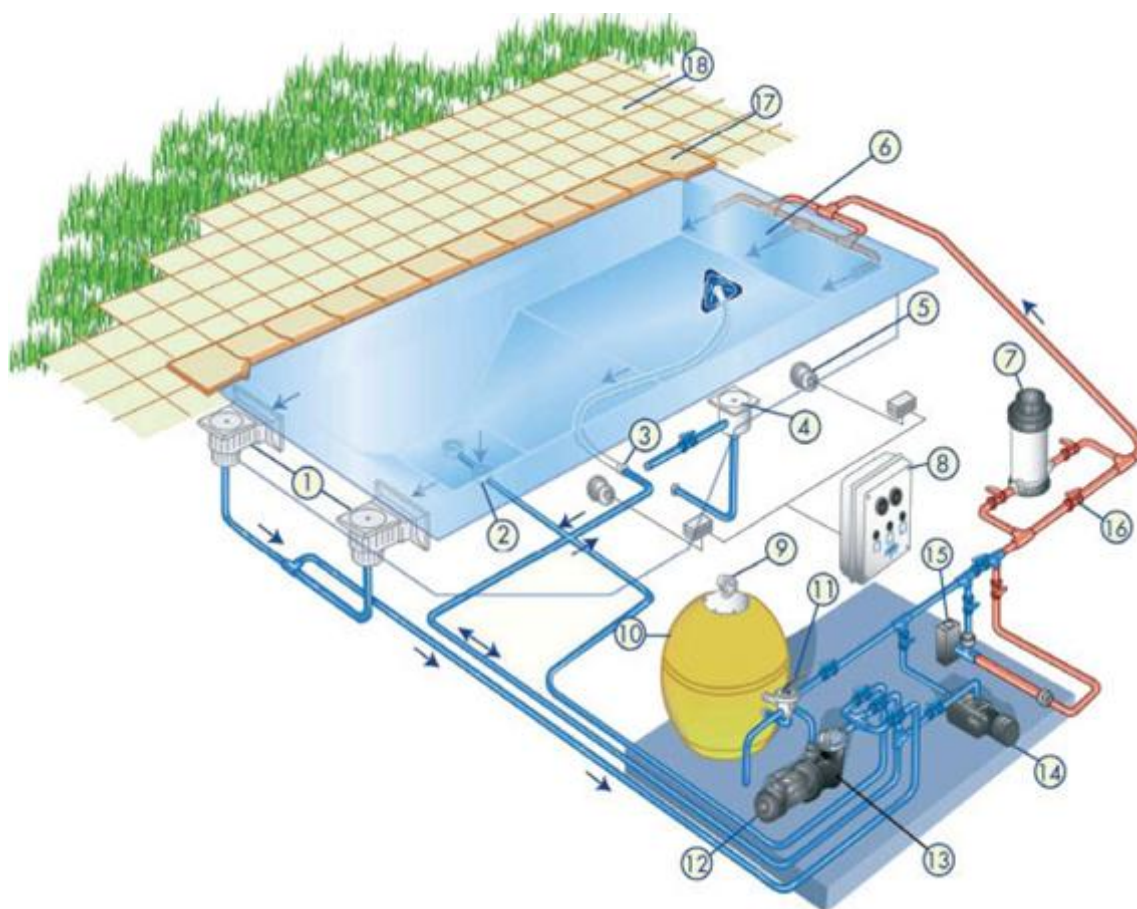


Figura 313 - Spaccato assonometrico di una piscina standard

- 1) Skimmer: sono necessari per la pulizia del pelo acqua;
- 2) Prese di fondo: sono degli scarichi con griglia che servono allo svuotamento e al ricircolo dell'acqua;
- 3) Presa aspirafango: è la presa tubo della scopa aspirafango o del pulitore automatico ad aspirazione;
- 4) Pozzetto per il ripristino automatico del livello piscina;
- 5) Faro subacqueo;
- 6) Bocchette di immissione: servono ad immettere l'acqua filtrata;
- 7) Lambitore per pastiglie di cloro: consente un semplice dosaggio del cloro;
- 8) Quadro elettrico: contiene i teleruttori delle pompe e il timer per l'avvio automatico dell'impianto;
- 9) Manometro: misura la pressione nel filtro, indicando quando è il momento di effettuare il controlavaggio;

- 10) Filtro a sabbia quarzifera: la sabbia, attraversata dall'acqua, ne trattiene le impurità;
- 11) Valvola selettiva: permette il lavaggio della sabbia, lo svuotamento della vasca e altre funzioni;
- 12) Elettropompa destinata alla filtrazione;
- 13) Prefiltro: le pompe per piscina sono dotate di un piccolo filtro a protezione delle loro parti interne;
- 14) Elettropompa utilizzata per il funzionamento del pulitore automatico;
- 15) Scambiatore di calore;
- 16) Valvola di bypass per la regolazione del flusso nel lambitore;
- 17) Bordo piscina;
- 18) Marciapiede perimetrale.

Secondo la UNI 10637 tutte le vasche vengono classificate come tipo A2

*“tipo A: piscine di proprietà pubblica o privata, aperte al pubblico o ad un’utenza identificabile, con o senza pagamento di biglietto d’ingresso. In base alla destinazione si suddividono nelle seguenti categorie:*

- *tipo A1: piscine pubbliche, quali per esempio le piscine comunali,*
- *tipo A2: piscine ad uso collettivo: sono quelle inserite in strutture già adibite, in via principale, ad altre attività ricettive (per esempio alberghi, camping, complessi ricettivi, agriturismo e simili) nonché quelle al servizio di collettività (per esempio scuole, collegi, caserme, palestre e simili) accessibili ai soli ospiti, clienti, soci o utenti della struttura stessa,*
- *tipo A3: piscine finalizzate al gioco acquatico”<sup>37</sup>.*

Ogni piscina è dotata del proprio impianto autonomo, pertanto sono presenti otto scambiatori di calore a piastre dedicati al riscaldamento dell’acqua di reintegro. Il circuito primario ha origine alla Pompa di Calore e porta acqua calda a tutti gli otto scambiatori, il circuito secondario invece è indipendente per ogni piscina, ed è costituito da filtri e pompe di circolazione, come indicato negli Allegati 45-50.

---

<sup>37</sup> UNI 10637 - Requisiti degli impianti di circolazione, trattamento, disinfezione e qualità dell’acqua di piscina - punto 4

### 10.2.1 Le vasche di compenso

Vengono svolti ora i calcoli relativi al dimensionamento delle vasche di compenso:

piscina	A	h	V	T	Aff	N°u	Litri/utente di compenso	V <sub>min</sub>	V <sub>ctrl</sub>	V <sub>comp, min</sub>	V <sub>comp,eff</sub>	
												m <sup>2</sup>
1	interno	28,53	1,2	34,236	30	0,25	8	70	500	2000	3,06	5,3
2	interno	20,58	1,2	24,696	40	0,25	6	70	500	2000	2,92	5,3
3	interno	127,02	1,2	152,424	33	0,25	32	70	2000	10000	14,24	15
4	totem	38,5	0,75	28,875	33	0,25	10	70			0	
5	kneipp	22,5	0,75	16,875	33	0,25	6	70			0	
6	angolo	34,07	1,2	40,884	33	0,5	18	70	500	2000	3,76	3,9
7	cava	25	1,2	30	33	0,5	13	70			0	
8	top	27,17	1,2	32,604	33	0,5	14	70	500	2000	3,48	3,9
<b>360,594</b>												

Dove

A è la superficie in pianta della piscina

h è la profondità della piscina

V è il volume della piscina, calcolato come  $V=A \cdot h$

T è la temperatura dell'acqua della piscina

Aff è il valore di affollamento

N°u è il numero di persone presenti nella piscina, calcolato come  $N^{\circ}u = A \cdot \text{Aff}$

V<sub>min</sub> è il volume minimo di acqua da garantire sul fondo della vasca di compenso, calcolato in funzione delle dimensioni della vasca di compenso (cfr. Allegati 47-50)

V<sub>ctrl</sub> è il volume di controlavaggio della vasca di compenso, calcolato in funzione delle dimensioni della vasca di compenso e del numero dei filtri (cfr. Allegati 47-50)

V<sub>comp, min</sub> è il volume minimo della vasca di compenso, calcolato come

$$V_{\text{comp, min}} = \text{Aff} \cdot N^{\circ}u + V_{\text{min}} + V_{\text{ctrl}}$$

V<sub>comp, eff</sub> è il volume effettivo della vasca di compenso, ottenuto ipotizzando le dimensioni costruttive della vasca. Si sottolinea che le vasche di compenso relative alle piscine 1,2,3 sono profonde 1,5 m, mentre quelle relative alle piscine esterne sono profonde 0,8 m.



### 10.2.2 Potenza termica dispersa per trasmissione e ventilazione

Si procede con il calcolo della potenza termica persa dalle vasche per trasmissione, applicando la formula:

$$Q_T = U \cdot A_{disp} \cdot (T_{acqua} - T_{ext})$$

Dove

U è la trasmittanza termica della vasca, che per le vasche esterne, essendo realizzate in calcestruzzo con isolamento termico in Polistirene Espanso Estruso, è pari a 0,497 W/m<sup>2</sup>K. Per le vasche interne, realizzate solo con calcestruzzo e strati di finitura, vale 2,59 W/m<sup>2</sup>K.

A<sub>disp</sub> è la superficie disperdente della vasca, costituita dai fianchi e dal fondo

T<sub>acqua</sub> è la temperatura dell'acqua nella vasca

T<sub>ext</sub> è la temperatura dell'ambiente con cui la vasca è in contatto. Il calcolo viene svolto nelle condizioni più critiche, cioè quelle invernali.

Per le vasche esterne è il terreno, la cui temperatura viene assunta pari a 13°C. Per quanto riguarda le vasche interne, è stato necessario calcolare il valore di temperatura del locale impianti non riscaldato sottostante, mediante la seguente formula.

$$T_{area\ impianti} = \frac{NUM}{DEN} = 21,27\ ^\circ C$$

Dove

$$\begin{aligned} NUM = & A_{SPA\ pavim} \cdot U_{SPA\ pavim} \cdot T_{SPA} + A_{HOTEL\ muro} \cdot U_{HOTEL\ muro} \cdot T_{HOTEL} + A_{EXT\ muro} \\ & \cdot U_{EXT\ muro} \cdot T_{EXT} + A_{TERRENO\ muro} \cdot U_{TERRENO\ muro} \cdot T_{TERRENO} \\ & + A_{LOC\ UTA\ pavim} \cdot U_{LOC\ UTA\ pavim} \cdot T_{LOC\ UTA} \\ & + \left( \sum_{i=1}^3 A_{verticale\ vs\ centrale\ i} \cdot U_{AREA\ IMPIANTI} \cdot T_{ACQUA\ i} \right) \\ & + \left( \sum_{i=1}^3 A_{orizzontale\ vs\ centrale\ i} \cdot U_{AREA\ IMPIANTI} \cdot T_{ACQUA\ i} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DEN = & A_{SPA\ pavim} \cdot U_{SPA\ pavim} + A_{HOTEL\ muro} \cdot U_{HOTEL\ muro} + A_{EXT\ muro} \cdot U_{EXT\ muro} \\
 & + A_{TERRENO\ muro} \cdot U_{TERRENO\ muro} + A_{LOC\ UTA\ pavim} \cdot U_{LOC\ UTA\ pavim} \\
 & + \left( \sum_{i=1}^3 A_{verticale\ vs\ centrale\ i} \cdot U_{AREA\ IMPIANTI} \right) \\
 & + \left( \sum_{i=1}^3 A_{orizzontale\ vs\ centrale\ i} \cdot U_{AREA\ IMPIANTI} \right)
 \end{aligned}$$

Dove

$T_{SPA}$  è la temperatura di set point della SPA, pari a 28°C

$T_{HOTEL}$  è la temperatura di set point dell'hotel, pari a 20°C

$T_{EXT}$  è la temperatura esterna, pari a 3°C

$T_{TERRENO}$  è la temperatura del terreno, pari a 13°C

$T_{LOC\ UTA}$  è la temperatura del locale UTA, posizionato sotto il locale impianti delle piscine. Anche il locale UTA non è riscaldato, pertanto anche la sua temperatura sarebbe da calcolare in funzione dei locali con cui è a contatto, cioè il locale impianti e il terreno. Per semplicità si assume  $T_{LOC\ UTA}$  pari a 16°C

$T_{ACQUA}$  è la temperatura delle vasche 1,2,3, rispettivamente pari a 30°C, 40°C e 33°C

$A_{SPA\ pavim}$  è la superficie orizzontale di contatto tra il locale impianti e la SPA, misurata al netto della sagoma delle piscine, pari a 87,36 m<sup>2</sup>

$U_{SPA\ pavim}$  è la trasmittanza della stratigrafia relativa a  $A_{SPA\ pavim}$ , pari a 0,35 W/ m<sup>2</sup>K

$A_{HOTEL\ muro}$  è la superficie verticale di contatto tra il locale impianti e l'hotel, pari a 52,62 m<sup>2</sup>

$U_{HOTEL\ muro}$  è la trasmittanza della stratigrafia relativa a  $A_{HOTEL\ muro}$ , pari a 0,57 W/ m<sup>2</sup>K

$A_{EXT\ muro}$  è la superficie verticale di contatto tra il locale impianti e l'esterno, pari a 44,69 m<sup>2</sup>

$U_{EXT\ muro}$  è la trasmittanza della stratigrafia relativa a  $A_{EXT\ muro}$ , pari a 0,31 W/ m<sup>2</sup>K

$A_{TERRENO\ muro}$  è la superficie verticale di contatto tra il locale impianti e il terreno, pari a 52,62 m<sup>2</sup>

$U_{TERRENO\ muro}$  è la trasmittanza della stratigrafia relativa a  $A_{TERRENO\ muro}$ , pari a 0,58 W/ m<sup>2</sup>K

$A_{LOC\ UTA\ pavim}$  è la superficie orizzontale di contatto tra il locale impianti e il locale UTA sottostante, pari a 267 m<sup>2</sup>

$U_{LOC\ UTA\ pavim}$  è la trasmittanza della stratigrafia relativa a  $A_{LOC\ UTA\ pavim}$ , pari a 4,72 W/ m<sup>2</sup>K

$U_{AREA\ IMPIANTI}$  è la trasmittanza della stratigrafia della piscina verso il locale impianti, pari a 2,59 W/ m<sup>2</sup>K

$A_{\text{verticale vs centrale}}$  è la superficie verticale di contatto tra la i-esima vasca e il locale impianti, pari a 13,2 m<sup>2</sup>, 10,92 m<sup>2</sup>, 18 m<sup>2</sup>

$A_{\text{orizzontale vs centrale}}$  è la superficie orizzontale di contatto tra la i-esima vasca e il locale impianti, pari a 28,56 m<sup>2</sup>, 20,58 m<sup>2</sup>, 130,5 m<sup>2</sup>

Nota la temperatura del locale impianti, per le vasche 1,2,3 è possibile calcolare la potenza termica persa per trasmissione, come presentato in tabella:

piscina	$A_{\text{vertical e vs ext}}$	$A_{\text{vertical e vs terreno}}$	$A_{\text{vertical e vs hotel}}$	$A_{\text{vertical e vs centrale}}$	$A_{\text{orizzontale vs centrale}}$	$A_{\text{tot disperden te}}$	$Q_{\text{tEXT muro}}$	$Q_{\text{tHOTE L muro}}$	$Q_{\text{tTERRE NO muro}}$	$Q_{\text{tAREA IMPIANTI}}$	$Q_{\text{tTOT}}$
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W	W	W	W	kW
<b>1</b>	8,16	5,04	0,00	13,20	28,56	54,96	68,30	0,00	49,69	943,97	<b>1,06</b>
<b>2</b>	0,00	0,00	10,92	10,92	20,58	42,42	0,00	124,49	0,00	1527,9	<b>1,65</b>
<b>3</b>	18,00	10,44	10,44	18,00	130,50	187,38	167,40	77,36	121,10	4510,6	<b>4,88</b>

Per le piscine esterne il calcolo risulta più semplice, pertanto:

piscina	U	A	T <sub>EXT</sub>	Qt
	W/m <sup>2</sup> K	m <sup>2</sup>	°C	kW
<b>Totem</b>	0,497	60,25	13	<b>0,599</b>
<b>Kneipp</b>	0,497	38,25	13	<b>0,380</b>
<b>Angolo</b>	0,497	64,43	13	<b>0,640</b>
<b>Cava</b>	0,497	49,00	13	<b>0,487</b>
<b>Top</b>	0,497	54,962	13	<b>0,546</b>

Le piscine perdono potenza termica non solo per trasmissione, ma anche per evaporazione, pertanto si prosegue applicando la formula:

$$Q_{ev} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot A_{\text{specchio}} \cdot (\rho_w - \rho_a) \cdot r$$

Dove

$A_{\text{specchio}}$  è la superficie esposta all'aria della piscina

$\rho_w$  è la pressione di vapore alla temperatura dell'acqua delle vasche, pari a 3,567 kPa

$\rho_a$  è la pressione parziale del vapore acqueo presente nell'aria, pari a 2,269 kPa

$r$  è il calore di vaporizzazione dell'acqua , pari a 2490 kJ/kg

Pertanto

piscina	$A_{\text{specchio}}$	$\rho_a$	$r$	$Q_{\text{ev}}$
	$\text{m}^2$	kPa	kJ/kg	kW
<b>1</b>	28,53	2,269	2490	<b>3,688</b>
<b>2</b>	20,58	2,269	2490	<b>2,661</b>
<b>3</b>	127,02	2,269	2490	<b>16,421</b>
<b>Totem</b>	38,50	2,269	2490	<b>4,977</b>
<b>Kneipp</b>	22,50	2,269	2490	<b>2,909</b>
<b>Angolo</b>	34,07	2,269	2490	<b>4,405</b>
<b>Cava</b>	25,00	2,269	2490	<b>4,405</b>
<b>Top</b>	27,17	2,269	2490	<b>3,513</b>

In totale le piscine cedono all'ambiente:

piscina	$Q_t$	$Q_{\text{ev}}$	$Q_{\text{tot}}$
	kW	kW	kW
<b>1</b>	<b>1,06</b>	<b>3,688</b>	<b>4,750</b>
<b>2</b>	<b>1,65</b>	<b>2,661</b>	<b>4,313</b>
<b>3</b>	<b>4,88</b>	<b>16,421</b>	<b>21,298</b>
<b>Totem</b>	<b>0,599</b>	<b>4,977</b>	<b>5,576</b>
<b>Kneipp</b>	<b>0,380</b>	<b>2,909</b>	<b>3,289</b>
<b>Angolo</b>	<b>0,640</b>	<b>4,405</b>	<b>5,045</b>
<b>Cava</b>	<b>0,487</b>	<b>4,405</b>	<b>4,892</b>
<b>Top</b>	<b>0,546</b>	<b>3,513</b>	<b>4,059</b>
			<b>53,222</b>

### 10.2.3 I filtri

Il passo successivo è il dimensionamento dei filtri, sia come numero che come portata. In funzione del tempo minimo di ricircolo dell'acqua, che per vasche ricreative di tipo A2 con profondità compresa tra 60 cm e 120 cm è pari a 2 ore<sup>38</sup>, viene calcolata la portata minima in ingresso e uscita dalla vasca  $P_{min}$ , per poi essere approssimata a  $P$ .

piscina	$P_{min}$	$P$
	$m^3/h$	$m^3/h$
<b>1</b>	18,036	18,100
<b>2</b>	13,224	13,300
<b>3</b>	80,484	80,500
<b>Totem</b>	14,438	14,500
<b>Kneipp</b>	8,438	8,500
<b>Angolo</b>	21,570	21,600
<b>Cava</b>	15,000	15,000
<b>Top</b>	17,346	17,400

L'acqua di *rinnovo* o *reintegro giornaliero* invece deve essere il 5% della somma del volume d'acqua di vasca e del volume della vasca di compenso<sup>39</sup>, pertanto, ipotizzando un tempo di funzionamento dell'impianto di 10 ore al giorno, viene calcolata la  $P_{r,min}$  ideale e successivamente, approssimando per eccesso, la  $P_{r, reale}$ .

piscina	Volume di rinnovo	$P_{r,min}$	$P_r$
	$m^3$	$m^3/h$	$m^3/h$
<b>1</b>	1,865	0,186	0,190
<b>2</b>	1,381	0,138	0,140
<b>3</b>	8,333	0,833	0,840
<b>Totem</b>	1,444	0,144	0,150
<b>Kneipp</b>	0,844	0,084	0,090
<b>Angolo</b>	2,232	0,223	0,230
<b>Cava</b>	1,500	0,150	0,150
<b>Top</b>	1,804	0,180	0,190

<sup>38</sup> UNI 10637 - Requisiti degli impianti di circolazione, trattamento, disinfezione e qualità dell'acqua di piscina - prospetto 3

<sup>39</sup> Ibidem - capitolo 5.9.1

Vengono dunque scelte due tipologie di filtri a sabbia, con portate rispettivamente di 21 m<sup>3</sup>/h e 30 m<sup>3</sup>/h. In funzione della portata di ricircolo viene determinato il numero di filtri presenti in ogni circuito.



Figura 314 - I filtri

	<b>Astral Cantabric 750</b>	<b>Astral Cantabric 900</b>
Portata	21 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h
Velocità di filtraggio	50 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	50 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Conessioni	2"	2,5"
Carico sabbia (2/3)	200 kg	366 kg
Carico ghiaia (1/3)	100 kg	183 kg
Peso	24 kg	34 kg
Volume	0,67 m <sup>3</sup>	1,3 m <sup>3</sup>
a	34,5 cm	40,5 cm
b	57,5 cm	67,5 cm
c	75 cm	90 cm
d	104,5 cm	121,5 cm

piscina	Portata del filtro m <sup>3</sup> /h	numero filtri minimo	numero filtri effettivo
1	21,000	1	2
2	21,000	1	2
3	30,000	3	3
<b>Totem</b>	21,000	1	2
<b>Kneipp</b>	21,000	1	2
<b>Angolo</b>	30,000	1	2
<b>Cava</b>	21,000	1	2
<b>Top</b>	21,000	1	2

Definiti numero e dimensioni dei filtri, che rappresentano gli elementi più ingombranti dell'impianto, si prosegue con l'analisi degli aspetti legati alla temperatura del fluido, dato che dovrà essere valutata l'integrabilità del sistema Active Shading con l'impianto di riscaldamento dell'acqua delle piscine.

### 10.2.4 Temperatura del fluido circolante

Procedendo a ritroso dalla piscina verso la centrale, si hanno perdite di calore nella vasca, perdite di distribuzione lungo le tubazioni di mandata e ritorno, e perdite dovute al reintegro giornaliero del 5% di acqua, che viene immessa alla temperatura dell'acquedotto, ossia 14°C.

L'abbassamento di temperatura nella vasca viene calcolato come:

$$\Delta T = \frac{Q_{tot}}{\rho \cdot c_p \cdot P}$$

Dove

$Q_{tot}$  sono le perdite totali per trasmissione e ventilazione

$\rho$  è la densità dell'acqua, pari a 998 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  è il calore specifico dell'acqua, pari a 4186 J/kgK

$P$  è la portata di ricircolo della piscina

Pertanto

piscina	$\Delta T$ nella vasca	$T_{out}$
	°C	°C
<b>1</b>	0,2	29,8
<b>2</b>	0,3	39,7
<b>3</b>	0,2	32,8
<b>Totem</b>	0,3	32,7
<b>Kneipp</b>	0,3	32,7
<b>Angolo</b>	0,2	32,8
<b>Cava</b>	0,3	32,7
<b>Top</b>	0,2	32,8

Le perdite di calore dovute alla mandata e al ritorno dell'acqua possono essere limitate isolando le tubazioni. Nel caso in esame i tubi sono tubi flessibili in PVC con spirale di rinforzo, termoisolati grazie a cospelle in lana di roccia.

La temperatura del fluido nel locale impianti, appena prima dello scarico del 5%, vale dunque:

piscina	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	l	U <sub>t</sub>	Q <sub>disp</sub>	T <sub>A</sub>	ΔT <sub>distr</sub>
	mm	mm	m	W/mK	W	°C	°C
<b>1</b>	75	70,4	8,00	0,463	31,47	29,8	0,001
<b>2</b>	75	70,4	8,00	0,463	68,29	39,8	0,001
<b>3</b>	144	133,0	8,00	0,763	70,19	32,8	0,000
<b>Totem</b>	75	70,4	28,52	0,463	365,19	32,7	0,006
<b>Kneipp</b>	63	59,0	51,46	0,406	577,85	32,7	0,016
<b>Angolo</b>	90	84,4	70,88	0,532	1047,63	32,8	0,012
<b>Cava</b>	90	84,4	78,92	0,532	1163,25	32,7	0,019
<b>Top</b>	75	70,4	116,75	0,463	1501,83	32,8	0,021

Dove

D<sub>e</sub> e D<sub>i</sub> sono i diametri esterno e interno del tubo corrugato in PVC, determinati in funzione della portata in accordo alla UNI EN 1452 “Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato”, rimanendo su perdite di carico di intorno ai 20 m/km

l è la lunghezza del tubo

U<sub>t</sub> è la trasmittanza lineica del tubo calcolata, in accordo alla norma UNI TS 11300 -2<sup>40</sup>, come:

$$U_t = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_j} \cdot \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_G} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_n}}$$

Dove

λ<sub>j</sub> è la conducibilità termica del j-esimo strato del tubo

d<sub>j</sub> è lo spessore esterno del j-esimo strato

d<sub>j-1</sub> è lo spessore interno del j-esimo strato

λ<sub>G</sub> è la conducibilità del materiale attorno alla tubazione, che per il terreno vale 2 W/m<sup>2</sup>K

z è la profondità di incasso

<sup>40</sup> UNI TS 11300 - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria - Appendice A - punto A.5.3



$Q_{disp}$  è la potenza dispersa lungo la distribuzione, calcolata come

$$Q_{disp} = l \cdot U_t \cdot (T_{out} - T_{ext})$$

Dove

$T_{out}$  è la temperatura del fluido in uscita dalla vasca

$T_{ext}$  è la temperatura esterna al tubo, che per le vasche 1,2,3 coincide con la temperatura del locale impianti, e per le altre vasche con la temperatura del terreno.

$T_A$  è la temperatura del fluido nel tubo una volta giunto nel locale impianti, prima dello scarico del 5%, calcolata come

$$T_A = T_{out} - \frac{Q_{disp}}{P \cdot c_p}$$

Dove

P è la portata circolante

$c_p$  è il calore specifico del fluido, pari a 4186 J/kgK

Giunti al punto A, il fluido viene sottoposto prima allo scarico del 5% del volume, poi alla filtrazione, quindi al miscelamento con l'acqua proveniente dall'acquedotto, e infine verrà riportato in temperatura passando nello scambiatore di calore a piastre.

Lo schema viene indicato in figura:

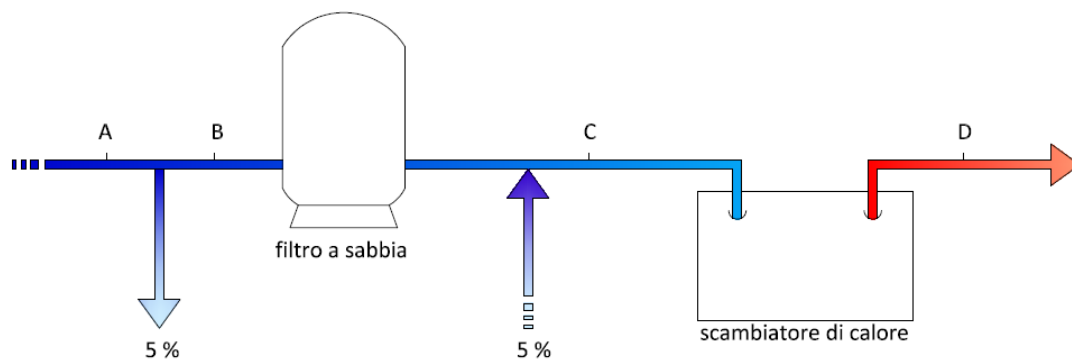


Figura 315 - Perdite di calore del fluido dovute al reintegro quotidiano di acqua

Per gli 8 circuiti dunque:

piscina	T <sub>A</sub>	P <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	P <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	P <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	P <sub>D</sub>
	°C	m <sup>3</sup> /h	°C	m <sup>3</sup> /h	°C	m <sup>3</sup> /h	°C	m <sup>3</sup> /h
<b>1</b>	29,8	18,100	29,8	17,910	<b>29,6</b>	18,100	30	18,100
<b>2</b>	39,7	13,300	39,7	13,160	<b>39,4</b>	13,300	40	13,300
<b>3</b>	32,8	80,500	32,8	79,660	<b>32,6</b>	80,500	33	80,500
<b>Totem</b>	32,7	14,500	32,7	14,350	<b>32,5</b>	14,500	33	14,500
<b>Kneipp</b>	32,7	8,500	32,7	8,410	<b>32,5</b>	8,500	33	8,500
<b>Angolo</b>	32,8	21,600	32,8	21,370	<b>32,6</b>	21,600	33	21,600
<b>Cava</b>	32,7	15,000	32,7	14,850	<b>32,5</b>	15,000	33	15,000
<b>Top</b>	32,8	17,400	32,8	17,210	<b>32,6</b>	17,400	33	17,400

Vengono scelte due tipologie di scambiatori di calore a piastre, con portate rispettivamente di 50 m<sup>3</sup>/h e 150 m<sup>3</sup>/h. Vengono presentate in tabella le caratteristiche dei due diversi scambiatori.

	<b>Techno System TSC 1410</b>	<b>Techno System TSC 2410</b>
Portata	50 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h
Telaio	PN10	PN10
A	312 mm	455 mm
B	140 mm	230 mm
C	963 mm	1091 mm
D	690	720
F	N piastre x 3,5 mm	N piastre x 3,1 mm
G	DN 50	DN 100
H	185 mm	200 mm
Vol canale	0,425 l	0,583 l
Peso telaio	135 kg	285 kg
Numero piastre	65	105
E	447 mm	750 mm

Figura 316 - Gli scambiatori di calore

piscina	Portata dello scambiatore
	m <sup>3</sup> /h
<b>1</b>	50
<b>2</b>	50
<b>3</b>	150
<b>Totem</b>	50
<b>Kneipp</b>	50
<b>Angolo</b>	50
<b>Cava</b>	50
<b>Top</b>	50

Si ricorda, in riferimento all'Allegato 45, che a causa della diversa temperatura da garantire allo scambiatore di calore, l'impianto viene sdoppiato. Una prima pompa di calore lavora a bassa temperatura, scaldando l'acqua di tutte le piscine esclusa quella a 40°C, una seconda invece si occupa del riscaldamento della piscina rimanente, nonché della produzione di acqua calda sanitaria e di fluido caldo e freddo per le Unità di Trattamento Aria a servizio di tutto il complesso, compresi il ristorante ed il museo.

Imposto un salto termico di 5°C sul lato dello scambiatore che si affaccia sul circuito primario, è stata calcolata la portata di ogni singolo tubo che dal collettore giunge allo scambiatore, nonché la portata del collettore stesso, come indicato in tabella.

	Lato piscina			Lato PDC		
	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	q	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	q <sub>p</sub>
	°C	°C	m <sup>3</sup> /h	°C	°C	m <sup>3</sup> /h
<b>1</b>	29,6	30	18,1	45	40	1,28
<b>2</b>	39,4	40	13,3	50	45	1,32
<b>3</b>	32,6	33	80,5	45	40	6,14
<b>Totem</b>	32,5	33	14,5	45	40	1,38
<b>Kneipp</b>	32,5	33	8,5	45	40	0,84
<b>Angolo</b>	32,6	33	21,6	45	40	1,61
<b>Cava</b>	32,5	33	15	45	40	1,31
<b>Top</b>	32,6	33	17,4	45	40	1,34

Dove q<sub>p</sub> è la portata del condotto del circuito primario che insiste sullo scambiatore di calore, calcolata come

$$q_p = \frac{q \cdot (T_{out} - T_{in})|_{lato\ piscine} \cdot \eta}{(T_{in} - T_{out})|_{lato\ PDC}}$$

Dove

$\eta$  è il rendimento dello scambiatore di calore, assunto pari a 0,9

La portata del collettore che torna verso la pompa di calore risulta pertanto pari a 13,90 m<sup>3</sup>/h.

### **10.3 ACQUA CALDA SANITARIA**

Come già detto, il sistema di generazione dell'intervento è costituito da due pompe di calore, delle quali quella che lavora a temperatura più alta si occupa di scaldare fino a 60°C l'acqua calda sanitaria, che viene accumulata in un serbatoio e quindi sfruttata dall'utenza del centro benessere e dell'hotel.

I grandi quantitativi di acqua utilizzati, e la necessità che questa sia calda non appena venga erogata, spingono a dotarsi di un impianto di ricircolo, che scorre in parallelo alla mandata ed al ritorno.

Per poter calcolare quanto possa incidere sul fabbisogno annuo di energia l'integrazione con il sistema Active Shading, è necessario procedere con il dimensionamento dell'impianto.

#### **11.3.1 Unità di carico e portate**

Per poter definire le portate e i diametri delle tubazioni in gioco è necessario individuare le unità di carico di ogni zona, e procedere a ritroso fino alla centrale.

Per determinare le unità di carico e i diametri delle tubazioni si è fatto riferimento alla UNI 9182, seguendo le indicazioni relative alle utenze degli edifici ad uso pubblico e collettivo<sup>41</sup>.

Si sottolinea, in merito al calcolo delle portate, che qualora non fosse presente il valore preciso relativo alle unità di carico calcolate, la portata è stata ottenuta per interpolazione.

---

<sup>41</sup> UNI 9182 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione - Appendice D

Apparecchio	Alimentazione	Unità di carico		
		Acqua fredda	Acqua calda	Totale acqua calda + acqua fredda
Lavabo	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Bidet	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Vasca	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Doccia	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Vaso	Cassetta	5,00	-	5,00
Vaso	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Orinatoio	Rubinetto a vela	0,75	-	0,75
Orinatoio	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Lavello	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Lavatoio di cucina	Gruppo miscelatore	3,00	3,00	4,00
Pilozzo	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Vuotatoio	Cassetta	5,00	-	5,00
Vuotatoio	Passo rapido o flussometro	10,00	-	10,00
Lavabo a canale (per ogni posto)	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Lavapiedi	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Lavapadelle	Gruppo miscelatore	2,00	2,00	3,00
Lavabo clinico	Gruppo miscelatore	1,50	1,50	2,00
Beverino	Rubinetto a molla	0,75	-	0,75
Doccia di emergenza	Comando a pressione	3,00	-	3,00
Idrantino Ø 3/8"	Solo acqua fredda	2,00	-	2,00
Idrantino Ø 1/2"	Solo acqua fredda	4,00	-	4,00
Idrantino Ø 3/4"	Solo acqua fredda	6,00	-	6,00
Idrantino Ø 1"	Solo acqua fredda	10,00	-	10,00

Figura 317 - Tabella per il calcolo delle Unità di Carico

Unità di carico UC	Portata l/s	Unità di carico UC	Portata l/s	Unità di carico UC	Portata l/s
6	0,30	120	3,65	1 250	15,50
8	0,40	140	3,90	1 500	17,50
10	0,50	160	4,25	1 750	18,80
12	0,60	180	4,60	2 000	20,50
14	0,68	200	4,95	2 250	22,00
16	0,78	225	5,35	2 500	23,50
18	0,85	250	5,75	2 750	24,50
20	0,93	275	6,10	3 000	26,00
25	1,13	300	6,45	3 500	28,00
30	1,30	400	7,80	4 000	30,50
35	1,46	500	9,00	4 500	32,50
40	1,62	600	10,00	5 000	34,50
50	1,90	700	11,00	6 000	38,00
60	2,20	800	11,90	7 000	41,00
70	2,40	900	12,90	8 000	44,00
80	2,65	1 000	13,80	9 000	47,00
90	2,90			10 000	50,00
100	3,15				

Figura 318 - Tabella per il calcolo delle portate

I tubi scelti per l'impianto sono multistrato Geberit Mepla, composti da un rivestimento interno in polietilene reticolato, uno strato legante, uno strato intermedio in alluminio saldato di testa longitudinalmente, un secondo strato legante e un rivestimento esterno in HDPE.

Le caratteristiche principali vengono indicate in tabella:



Figura 319 - I tubi multistrato

Conducibilità termica	0,43 W/m <sup>2</sup> K
Coefficiente di dilatazione termica	0,0026 mm/k/m
Temperatura di esercizio	0°C - 70°C
Temperatura massima (150 ore anno/50 anni)	95°C
Pressione di esercizio	10 bar

Nota la portata, in funzione di questa sono stati dimensionati i diametri dei tubi, cercando di rimanere in un range di perdite di carico distribuite compreso tra 2 e 3 mbar/m (200 – 300 Pa/m).

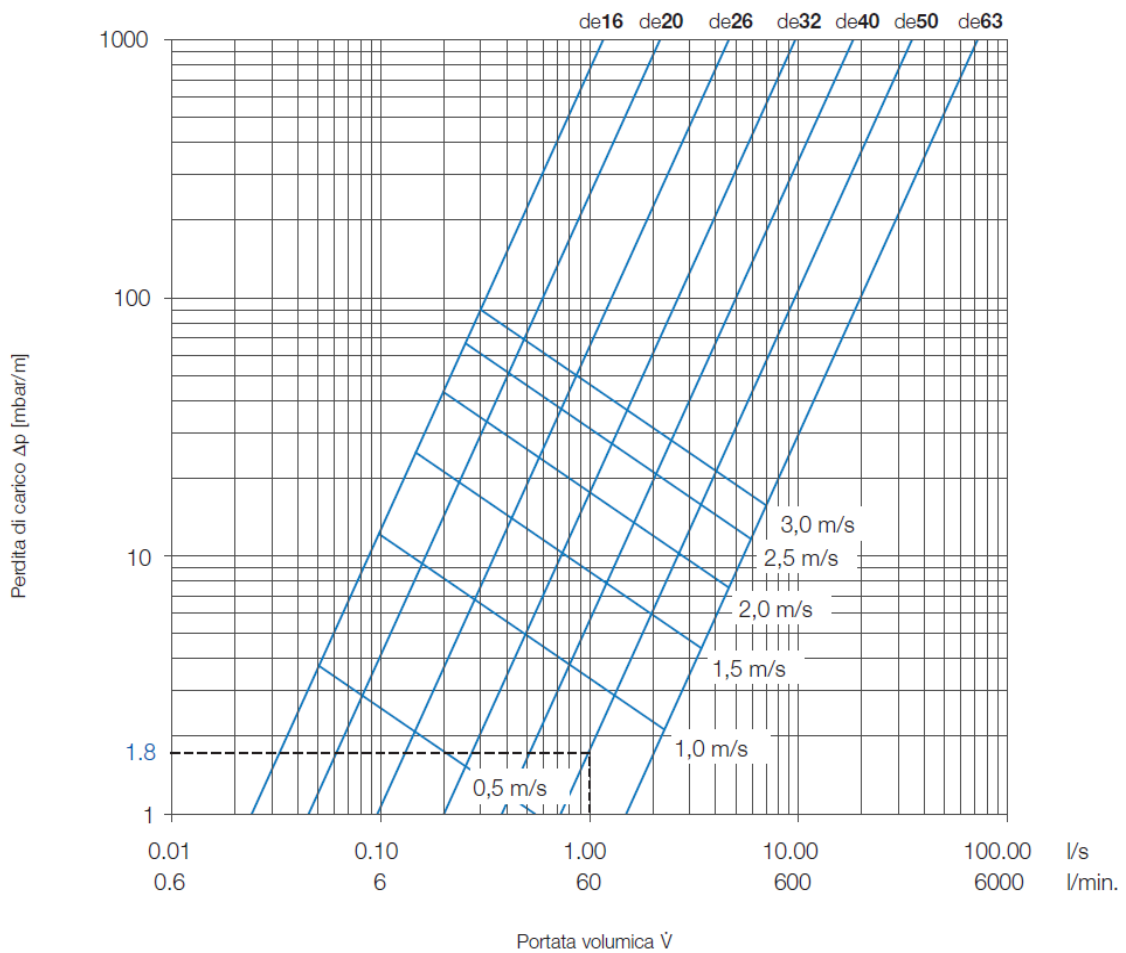


Figura 320 - Diagramma per il calcolo dei diametri dei tubi

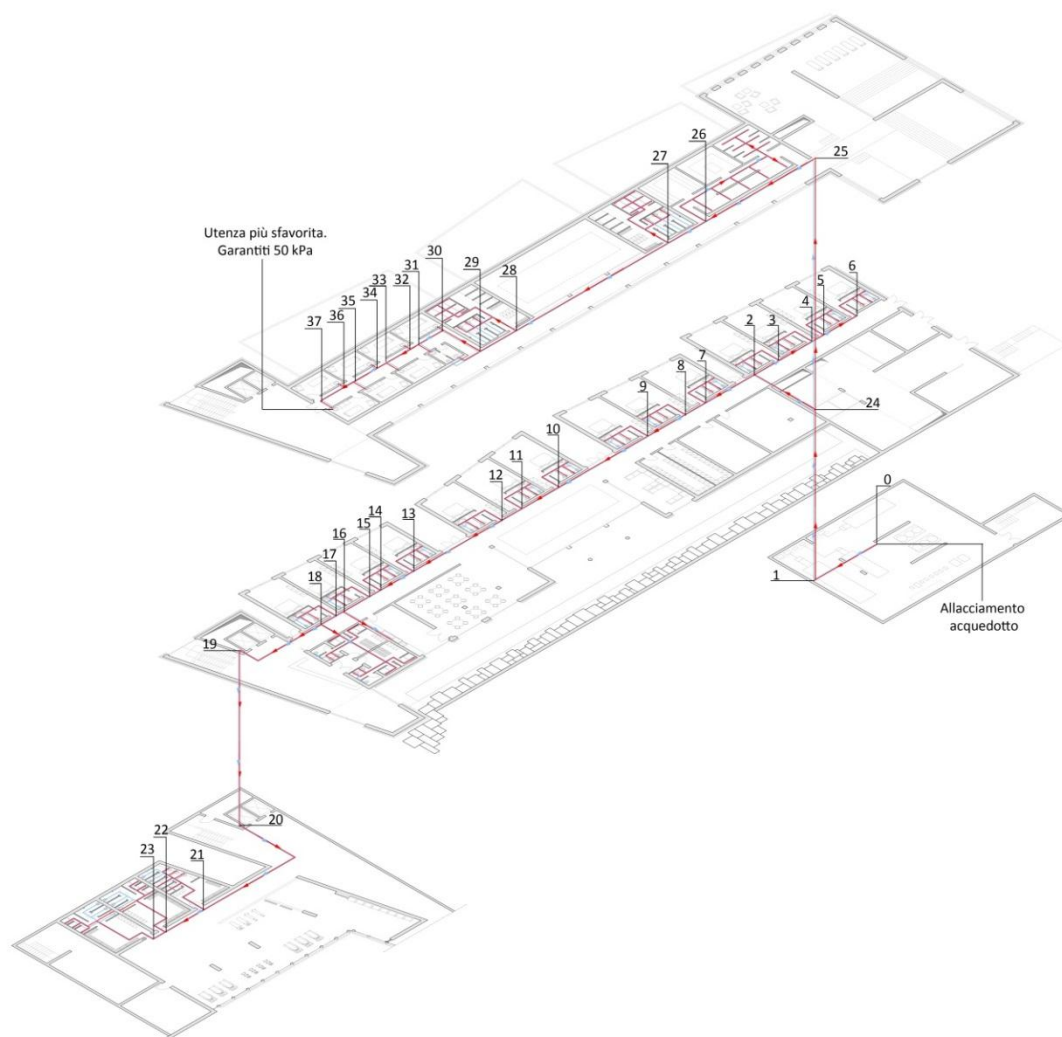


Figura 321 - Spaccato assometrico della distribuzione di acqua calda sanitaria

CAMERA DA LETTO				
Apparecchio	Numero	Unità di Carico		
		F	C	F+C
Lavabo	1	1,5	1,5	1
Bidet	1	1,5	1,5	1
Vasca	1	3	3	2
Vaso	1	5		3
		<b>11</b>	<b>6</b>	
	portata l/s	0,55	0,3	
	portata m <sup>3</sup> /h	1,98	1,08	
	D <sub>e</sub> (mm)	40	32	
	D <sub>i</sub> (mm)	33	26	
	sviluppo tubi (m)	11,35	9,55	



**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

<b>SALA PREPARAZIONE COLAZIONI</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	1	1,5	1,5	1
		<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	
	portata l/s	0,1	0,1	
	portata m <sup>3</sup> /h	0,36	0,36	
	D <sub>e</sub> (mm)	26	26	
	D <sub>i</sub> (mm)	20	20	
	sviluppo tubi (m)	6,7	6,7	

<b>SPOGLIATOIO STAFF</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	2	1,5	1,5	1
<b>Doccia</b>	2	1,5	1,5	2
<b>Vaso</b>	1	5		3
		<b>11</b>	<b>6</b>	
	portata l/s	0,475	0,350	
	portata m <sup>3</sup> /h	1,71	1,26	
	D <sub>e</sub> (mm)	32	32	
	D <sub>i</sub> (mm)	26	26	
	sviluppo tubi (m)	36,2	32,8	

<b>DOCCE SCOZZESI + DOCCE SPA</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Doccia SPA</b>	11	1,5	1,5	2
		<b>16,5</b>	<b>16,5</b>	
	portata l/s	0,798	0,798	
	portata m <sup>3</sup> /h	2,871	2,871	
	D <sub>e</sub> (mm)	40	40	
	D <sub>i</sub> (mm)	33	33	
	sviluppo tubi (m)	43,95	43,95	

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

<b>SPOGLIATOIO SPA</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	3	1,5	1,5	1
<b>Doccia</b>	6	1,5	1,5	2
<b>Vaso</b>	3	5		3
		<b>28,5</b>	<b>13,5</b>	
	portata l/s	1,249	0,660	
	portata m <sup>3</sup> /h	4,4964	2,376	
	D <sub>e</sub> (mm)	63	40	
	D <sub>i</sub> (mm)	54	33	
	sviluppo tubi (m)	35,05	27,1	

<b>ZONA MASSAGGI</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	9	1,5	1,5	1
<b>Vaso</b>	1	5		3
		<b>18,5</b>	<b>13,5</b>	
	portata l/s	0,870	0,660	
	portata m <sup>3</sup> /h	3,132	2,376	
	D <sub>e</sub> (mm)	40	40	
	D <sub>i</sub> (mm)	33	33	
	sviluppo tubi (m)	24,25	22,5	

<b>SPOGLIATOIO STAFF FITNESS</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	3	1,5	1,5	1
<b>Doccia</b>	2	1,5	1,5	2
<b>Vaso</b>	2	5		3
		<b>17,5</b>	<b>7,5</b>	
	portata l/s	0,833	0,375	
	portata m <sup>3</sup> /h	2,9988	1,35	
	D <sub>e</sub> (mm)	40	32	
	D <sub>i</sub> (mm)	33	26	
	sviluppo tubi (m)	21,7	16,55	

<b>SPOGLIATOIO UTENZA FITNESS</b>				
<b>Apparecchio</b>	<b>Numero</b>	<b>Unità di Carico</b>		
		<b>F</b>	<b>C</b>	<b>F+C</b>
<b>Lavabo</b>	1	1,5	1,5	1
<b>Doccia</b>	3	1,5	1,5	2
<b>Vaso</b>	2	5		3
		<b>16</b>	<b>6</b>	
	portata l/s	0,78	0,3	
	portata m <sup>3</sup> /h	2,808	1,08	
	D <sub>e</sub> (mm)	40	32	
	D <sub>i</sub> (mm)	33	26	
	sviluppo tubi (m)	23,5	16,9	

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

tratto	l	CALDO				FREDDO			
		UC <sub>c</sub>	q <sub>c</sub>	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	UC <sub>f</sub>	q <sub>f</sub>	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>
	m		l/s	mm	mm		l/s	mm	mm
<b>37</b> - 36	4,0	<b>1,5</b>	0,08	20,0	15,0	<b>1,5</b>	0,08	20,0	15,0
<b>36</b> - 35	1,2	<b>3,0</b>	0,15	26,0	20,0	<b>3,0</b>	0,15	26,0	20,0
<b>35</b> - 34	3,3	<b>4,5</b>	0,23	26,0	20,0	<b>4,5</b>	0,23	26,0	20,0
<b>34</b> - 33	1,2	<b>6,0</b>	0,30	32,0	26,0	<b>6,0</b>	0,30	32,0	26,0
<b>33</b> - 32	3,3	<b>7,5</b>	0,38	32,0	26,0	<b>7,5</b>	0,38	32,0	26,0
<b>32</b> - 31	1,1	<b>9,0</b>	0,45	32,0	26,0	<b>9,0</b>	0,45	32,0	26,0
<b>31</b> - 30	3,4	<b>10,5</b>	0,53	32,0	26,0	<b>10,5</b>	0,53	32,0	26,0
<b>30</b> - 29	5,0	<b>12,0</b>	0,60	40,0	33,0	<b>12,0</b>	0,60	40,0	33,0
<b>29</b> - 28	7,9	<b>13,5</b>	0,66	40,0	33,0	<b>18,5</b>	0,66	40,0	33,0
<b>28</b> - 27	20,8	<b>27,0</b>	1,20	50,0	42,0	<b>47,0</b>	1,82	50,0	42,0
<b>27</b> - 26	5,1	<b>40,5</b>	1,63	50,0	42,0	<b>75,5</b>	2,54	63,0	54,0
<b>26</b> - 25	14,9	<b>57,0</b>	2,11	63,0	54,0	<b>92,0</b>	2,95	63,0	54,0
<b>25</b> - 24	4,0	<b>57,0</b>	2,11	63,0	54,0	<b>92,0</b>	2,95	63,0	54,0
<b>23</b> - 22	1,7	<b>6,0</b>	0,30	32,0	26,0	<b>16,0</b>	0,78	40,0	33,0
<b>22</b> - 21	5,3	<b>12,0</b>	0,60	40,0	33,0	<b>32,0</b>	1,36	50,0	42,0
<b>21</b> - 20	20,0	<b>19,5</b>	0,91	40,0	33,0	<b>49,5</b>	1,89	50,0	42,0
<b>20</b> - 19	4,0	<b>19,5</b>	0,91	40,0	33,0	<b>49,5</b>	1,89	50,0	42,0
<b>19</b> - 18	11,0	<b>19,5</b>	0,91	40,0	33,0	<b>49,5</b>	1,89	50,0	42,0
<b>18</b> - 17	2,1	<b>31,5</b>	1,35	50,0	42,0	<b>71,5</b>	2,43	63,0	54,0
<b>17</b> - 16	1,0	<b>37,5</b>	1,54	50,0	42,0	<b>82,5</b>	2,71	63,0	54,0
<b>16</b> - 15	3,6	<b>39,0</b>	1,59	50,0	42,0	<b>84,0</b>	2,75	63,0	54,0
<b>15</b> - 14	1,5	<b>45,0</b>	1,76	50,0	42,0	<b>95,0</b>	3,03	63,0	54,0
<b>14</b> - 13	4,5	<b>51,0</b>	1,93	50,0	42,0	<b>106,0</b>	3,30	63,0	54,0
<b>13</b> - 12	12,1	<b>57,0</b>	2,11	50,0	42,0	<b>117,0</b>	3,58	63,0	54,0
<b>12</b> - 11	2,7	<b>63,0</b>	2,20	63,0	54,0	<b>128,0</b>	3,75	63,0	54,0
<b>11</b> - 10	5,1	<b>69,0</b>	2,38	63,0	54,0	<b>139,0</b>	3,89	63,0	54,0
<b>10</b> - 9	12,1	<b>75,0</b>	2,53	63,0	54,0	<b>150,0</b>	4,08	63,0	54,0
<b>9</b> - 8	5,1	<b>81,0</b>	2,68	63,0	54,0	<b>161,0</b>	4,27	63,0	54,0
<b>8</b> - 7	2,7	<b>87,0</b>	2,83	63,0	54,0	<b>172,0</b>	4,39	63,0	54,0
<b>7</b> - 2	10,1	<b>93,0</b>	2,90	63,0	54,0	<b>183,0</b>	4,60	63,0	54,0
<b>6</b> - 5	4,5	<b>6,0</b>	0,30	32,0	26,0	<b>11,0</b>	0,55	32,0	26,0
<b>5</b> - 4	1,5	<b>12,0</b>	0,60	40,0	33,0	<b>22,0</b>	1,01	40,0	33,0
<b>4</b> - 3	7,9	<b>18,0</b>	0,85	40,0	33,0	<b>33,0</b>	1,4	50,0	42,0
<b>3</b> - 2	0,5	<b>24,0</b>	1,13	50,0	42,0	<b>44,0</b>	1,73	50,0	42,0
<b>2</b> - 24	8,3	<b>117,0</b>	3,58	63,0	54,0	<b>227,0</b>	5,38	63,0	54,0
<b>24</b> - 1	4,0	<b>174,0</b>	4,50	63,0	54,0	<b>319,0</b>	6,71	63,0	54,0
<b>1</b> - 0	8,4	<b>174,0</b>	4,50	63,0	54,0	<b>319,0</b>	6,71	63,0	54,0

Definiti diametri e portate di tutto l'impianto, restano da dimensionare le pompe di circolazione, relative ad acqua fredda, calda e ricircolo.

Per poterlo fare è necessario identificare il percorso più sfavorito e garantire al relativo terminale una pressione residua di 50 kPa.

### 11.3.2 La prevalenza delle pompe di circolazione

PERCORSO PIÙ SFAVORITO														
CALDO														
tratto		l	UC <sub>c</sub>	q <sub>c</sub>	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	v	gomito a 90	T- 90	l <sub>eq</sub>	ΔP <sub>L</sub>	ΔP <sub>D+C</sub>	h	ΔP <sub>G</sub>
		m		l/s	mm	mm	m/s			m	Pa/ m	Pa	m	Pa
37	-	36	4,0	1,5	0,08	20,0	15,0	0,50	1	1,20	280,0	1456,0		
36	-	35	1,2	3,0	0,15	26,0	20,0	0,50	1	0,75	200,0	390,0		
35	-	34	3,3	4,5	0,23	26,0	20,0	0,80	1	0,75	500,0	2025,0		
34	-	33	1,2	6,0	0,30	32,0	26,0	0,70	1	0,60	200,0	360,0		
33	-	32	3,3	7,5	0,38	32,0	26,0	0,80	1	0,60	300,0	1170,0		
32	-	31	1,1	9,0	0,45	32,0	26,0	1,00	1	0,60	500,0	850,0		
31	-	30	3,4	10,5	0,53	32,0	26,0	1,00	1	0,60	500,0	2000,0		
30	-	29	5,0	12,0	0,60	40,0	33,0	0,70	1	1,80	210,0	1428,0		
29	-	28	7,9	13,5	0,66	40,0	33,0	0,80	1	1,80	250,0	2425,0		
28	-	27	20,8	27,0	1,20	50,0	42,0	0,90	1	0,70	210,0	4515,0		
27	-	26	5,1	40,5	1,63	50,0	42,0	1,20	1	0,70	350,0	2030,0		
26	-	25	14,9	57,0	2,11	63,0	54,0	1,00	1	0,70	200,0	3120,0		
25	-	24	4,0	57,0	2,11	63,0	54,0	1,00	1	1,30	200,0	1060,0	4,0	39161, 52
24	-	1	4,0	174, 0	4,5	63,0	54,0	2,00	1	0,70	750,0	3525,0	4,0	39161, 52
1	-	0	8,4	174, 0	4,50	63,0	54,0	2,00	1	1,30	750,0	7275,0		
												<b>33629,0</b>	<b>78323, 04</b>	

PERCORSO PIÙ SFAVORITO

FREDDO													
tratto	l	UC <sub>F</sub>	q <sub>F</sub>	D <sub>e</sub>	D <sub>i</sub>	v	gomito a 90	T- 90	l <sub>eq</sub>	ΔP <sub>L</sub>	ΔP <sub>D+c</sub>	h	ΔP <sub>G</sub>
	m		l/s	mm	mm	m/s			m	Pa/m	Pa	m	Pa
37 - 36	4,0	1,50	0,08	20,0	15,0	0,50	1		1,20	280,0	1456,0		
36 - 35	1,2	3,00	0,15	26,0	20,0	0,50		1	1,30	200,0	500,0		
35 - 34	3,3	4,50	0,23	26,0	20,0	0,80		1	0,75	500,0	2025,0		
34 - 33	1,2	6,00	0,30	32,0	26,0	0,70		1	0,60	200,0	360,0		
33 - 32	3,3	7,50	0,38	32,0	26,0	0,80		1	0,60	300,0	1170,0		
32 - 31	1,1	9,00	0,45	32,0	26,0	1,00		1	0,60	500,0	850,0		
31 - 30	3,4	10,50	0,53	32,0	26,0	1,00		1	0,60	500,0	2000,0		
30 - 29	5,0	12,00	0,60	40,0	33,0	0,70	1	1	1,80	210,0	1428,0		
29 - 28	7,9	18,50	0,66	40,0	33,0	0,80	1	1	1,80	250,0	2425,0		
28 - 27	20,8	47,00	1,82	50,0	42,0	1,30		1	0,70	400,0	8600,0		
27 - 26	5,1	75,50	2,54	63,0	54,0	1,20		1	0,70	250,0	1450,0		
26 - 25	14,9	92,00	2,95	63,0	54,0	1,30		1	0,70	310,0	4836,0		
25 - 24	4,0	92,00	2,95	63,0	54,0	1,30	1		1,30	310,0	1643,0	4,0	39161,52
24 - 1	4,0	319,00	6,71	63,00	54,00	2,70		1	0,70	1700,0	7990,0		
1 0 0	0,0	319,00	6,71	63,0	54,0	2,70	1		1,30	1700,0	2210,0		
											<b>38943,0</b>	<b>39161,52</b>	

Dove

v e ΔP<sub>L</sub> sono rispettivamente la velocità del fluido e le perdite di carico distribuite, calcolate in funzione della portata facendo riferimento a quanto indicato nella scheda tecnica dei tubi. Qualora il valore di portata non figurasse precisamente, v e ΔP<sub>L</sub> sono stati calcolati per interpolazione.

INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

V		de	di	de	di	de	di	de	di	de	di	de	di	de	di
V	V	16	11,5	20	15	26	20	32	26	40	33	50	42	63	54
l/s	Kg/h	v	p	v	p	v	p	v	p	v	p	v	p	v	p
		m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m
0,01	36	0,1	0,3	0,1	0,1										
0,02	72	0,2	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1								
0,03	108	0,3	1,7	0,2	0,5	0,1	0,1								
0,04	144	0,4	2,7	0,2	0,8	0,1	0,2								
0,05	180	0,5	4,0	0,3	1,1	0,2	0,3								
0,06	216	0,6	5,5	0,3	1,6	0,2	0,4								
0,07	252	0,7	7,2	0,4	2,0	0,2	0,5								
0,08	288	0,8	9,1	0,5	2,6	0,3	0,7								
0,09	324	0,9	11,1	0,5	3,1	0,3	0,8								
0,10	360	1,0	13,4	0,6	3,8	0,3	1,0	0,2	0,3	0,1	0,1				
0,15	540	1,4	27,3	0,8	7,6	0,5	1,9	0,3	0,6	0,2	0,2				
0,20	720	1,9	45,4	1,1	12,7	0,6	3,2	0,4	0,9	0,2	0,3				
0,25	900	2,4	67,6	1,4	18,8	0,8	4,7	0,5	1,4	0,3	0,4				
0,30	1.080	2,9	93,9	1,7	26,0	1,0	6,5	0,6	1,9	0,4	0,6				
0,35	1.260	3,4	124,0	2,0	34,2	1,1	8,6	0,7	2,4	0,4	0,8				
0,40	1.440	3,9	157,9	2,3	43,4	1,3	10,9	0,8	3,1	0,5	1,0				
0,45	1.620	4,3	195,7	2,5	53,7	1,4	13,4	0,8	3,8	0,5	1,2				
0,50	1.800	4,8	237,2	2,8	64,9	1,6	16,2	0,9	4,6	0,6	1,5	0,4	0,5		
0,55	1.980	5,3	282,4	3,1	77,1	1,8	19,2	1,0	5,4	0,6	1,7	0,4	0,5		
0,60	2.160			3,4	90,3	1,9	22,4	1,1	6,3	0,7	2,0	0,4	0,6		
0,65	2.340			3,7	104,4	2,1	25,8	1,2	7,3	0,8	2,3	0,5	0,7		
0,70	2.520			4,0	119,5	2,2	29,5	1,3	8,3	0,8	2,7	0,5	0,8		
0,75	2.700			4,2	135,5	2,4	33,4	1,4	9,4	0,9	3,0	0,5	0,9		
0,80	2.880			4,5	152,5	2,5	37,6	1,5	10,6	0,9	3,4	0,6	1,1		
0,85	3.060			4,8	170,4	2,7	41,9	1,6	11,8	1,0	3,7	0,6	1,2		
0,90	3.240			5,1	189,2	2,9	46,5	1,7	13,1	1,1	4,1	0,6	1,3		
0,95	3.420					3,0	51,2	1,8	14,4	1,1	4,6	0,7	1,4		
1,00	3.600					3,2	56,2	1,9	15,8	1,2	5,0	0,7	1,6	0,4	0,5
1,05	3.780					3,3	61,5	2,0	17,2	1,2	5,5	0,8	1,7	0,5	0,5
1,10	3.960					3,5	66,9	2,1	18,7	1,3	5,9	0,8	1,9	0,5	0,6
1,15	4.140					3,7	72,5	2,2	20,3	1,3	6,4	0,8	2,0	0,5	0,6
1,20	4.320					3,7	72,5	2,2	20,3	1,3	6,4	0,9	2,0	0,5	0,7
1,25	4.500					3,8	78,4	2,3	21,9	1,4	6,9	0,9	2,2	0,6	0,7
1,30	4.680					4,0	84,4	2,4	23,6	1,5	7,5	0,9	2,3	0,6	0,8
1,35	4.860					4,1	90,7	2,4	25,3	1,5	8,0	0,9	2,5	0,6	0,8
1,40	5.040					4,5	103,9	2,6	28,9	1,6	9,1	1,0	2,9	0,6	0,9
1,50	5.400					4,8	117,9	2,8	32,8	1,8	10,3	1,1	3,2	0,7	1,0
1,60	5.760					5,1	132,7	3,0	36,9	1,9	11,6	1,2	3,6	0,7	1,1
1,70	6.120							3,2	41,1	2,0	12,9	1,2	4,0	0,7	1,2
1,80	6.480							3,4	45,7	2,1	14,4	1,3	4,5	0,8	1,4
1,90	6.840							3,6	50,4	2,2	15,8	1,4	4,9	0,8	1,5
2,00	7.200							3,8	55,3	2,3	17,4	1,4	5,4	0,9	1,6
2,10	7.560							4,0	60,5	2,5	19,0	1,5	5,9	0,9	1,8
2,20	7.920							4,1	65,9	2,6	20,6	1,6	6,4	1,0	1,9
2,30	8.280							4,3	71,5	2,7	22,4	1,7	7,0	1,0	2,1
2,40	8.640							4,5	77,3	2,8	24,2	1,7	7,5	1,1	2,3
2,50	9.000							4,7	83,3	2,9	26,0	1,8	8,1	1,1	2,4
2,60	9.360							4,9	89,5	3,0	28,0	1,9	8,7	1,1	2,6
2,70	9.720							5,1	96,0	3,2	29,9	1,9	9,3	1,2	2,8
2,80	10.080									3,3	32,0	2,0	9,9	1,2	3,0
2,90	10.440									3,4	34,1	2,1	10,6	1,3	3,1
3,00	10.800									3,5	36,3	2,2	11,2	1,3	3,3
3,10	11.160									3,6	38,5	2,2	11,9	1,4	3,5
3,20	11.520									3,7	40,8	2,3	12,6	1,4	3,7
3,30	11.880									3,9	43,2	2,4	13,4	1,4	3,9
3,40	12.240									4,0	45,6	2,5	14,1	1,5	4,2
3,50	12.600									4,1	48,1	2,5	14,9	1,5	4,4
3,60	12.960									4,2	50,7	2,6	15,6	1,6	4,6
3,70	13.320									4,3	53,3	2,7	16,4	1,6	4,8
3,80	13.680									4,4	56,0	2,7	17,3	1,7	5,1
3,90	14.040									4,6	58,7	2,8	18,1	1,7	5,3
4,00	14.400									4,7	61,5	2,9	19,0	1,8	5,5
4,10	14.760									4,8	64,4	3,0	19,8	1,8	5,8
4,20	15.120									4,9	67,3	3,0	20,7	1,8	6,0
4,30	15.480									5,0	70,3	3,1	21,6	1,9	6,3
4,40	15.840									5,1	73,3	3,2	22,6	1,9	6,5
4,50	16.200											3,2	23,5	2,0	6,8
4,60	16.560											3,3	24,5	2,0	7,1
4,70	16.920											3,4	25,4	2,1	7,3
4,80	17.280											3,5	26,4	2,1	7,6
4,90	17.640											3,5	27,5	2,1	7,9
5,00	18.000											3,6	28,5	2,2	8,2
5,10	18.360													2,2	8,5
5,20	18.720													2,3	8,7
5,30	19.080													2,3	9,0
5,40	19.440													2,4	9,3
5,50	19.800													2,4	9,6
5,60	20.160													2,5	10,0
5,70	20.520													2,5	10,3
5,80	20.880													2,5	10,6
5,90	21.240													2,6	10,9
6,00	21.600													2,6	11,2
6,10	21.960													2,7	11,6
6,20	22.320													2,7	11,9
6,30	22.680													2,8	12,2
6,40	23.040													2,8	12,6
6,50	23.400													2,8	12,9
6,60	23.760													2,9	13,3
6,70	24.120													2,9	13,6
6,80	24.480													3,0	14,0
6,90	24.840													3,0	14,3
7,00	25.200													3,1	14,7
7,10	25.560													3,1	15,1
7,20	25.920													3,1	15,5
7,30	26.280													3,2	15,8
7,40	26.640													3,2	16,2
7,50	27.000													3,3	16,6
7,60	27.360													3,3	17,0
7,70	27.720													3,4	17,4
7,80	28.080													3,4	17,8
7,90	28.440													3,5	18,2
8,00	28.800													3,5	19,6

Figura 322 - Tabella per il calcolo delle perdite di carico

$l_{eq}$  è la lunghezza equivalente, rappresentativa delle perdite di carico concentrate, calcolata in funzione di quanto indicato nella scheda tecnica dei tubi.









	lunghezza equivalente dei tubi in m						
	16	20	26	32	40	50	63
Curva del tubo 	0.67	0.54	0.49	0.51	0.46	0.5	-
Gomito 90° 	1.5	1.2	1.1	1	1.2	1.2	1.3
T-90° 		1.3	0.7	0.75	0.6	0.6	0.7
		1.6	1.5	1.45	1.35	1.3	1.3
		1.7	1.3	1.25	1.2	1.4	1.4
Raccordo diritto 	0.9	0.6	0.3	0.25	0.3	0.4	0.3
Raccordo per rubinetto d'erogazione 	1.3	1.35	1.1	-	-	-	-

Figura 323 - Tabella per il calcolo delle perdite di carico concentrate

$\Delta P_{D+C}$  è la somma delle perdite di carico distribuite e concentrate, calcolato come

$$\Delta P_{D+C} = (l_{eq} + l) \cdot \Delta P_L$$

$h$  è lo sviluppo in verticale dei tubi, necessario per calcolare il battente geodetico

$\Delta P_G$  è il battente geodetico, calcolato come

$$\Delta P_G = \rho \cdot g \cdot h$$

Dove

$\rho$  è la densità dell'acqua, pari a 998 kg/m<sup>3</sup>

$g$  è l'accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s<sup>2</sup>

Per poter definire la prevalenza delle pompe di circolazione è necessario prendere in considerazione anche le perdite di carico che avvengono nel locale impianti.



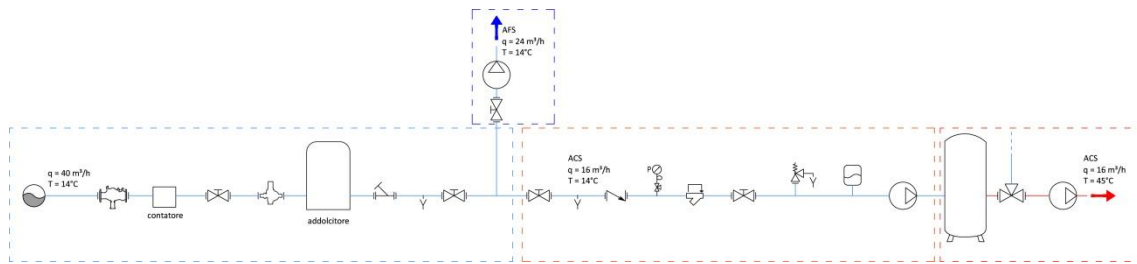


Figura 324 - Schema dell'allacciamento all'acquedotto

A tal proposito è bene differenziare tra acqua calda, fredda, e ricircolo, dato che i percorsi seguiti, e dunque le perdite di carico subite, sono diversi.

Il primo tratto, dall'allacciamento all'acquedotto sino alla valvola di chiusura dell'acqua fredda sanitaria, viene percorso dal fluido grazie alla pressione garantita dall'acquedotto, pari a 3,5 atm; il circuito acqua fredda ha la sua pompa di circolazione, come avviene per il circuito caldo e per quello di ricircolo (assimilato al circuito caldo).

Il tratto tra la diramazione caldo - freddo e la pompa di circolazione del circuito caldo viene invece coperto grazie alla pompa di carico del bollitore.

Per il calcolo del volume e delle proprietà del bollitore si rimanda al capitolo 11.3.3.

Le perdite di carico in gioco sono dunque:

$\Delta P_{\text{impianti}}$ acqua calda			
elemento	numero	$\Delta P'$	$\Delta P_{\text{impianti}}$
		Pa	Pa
Valvole a 3 vie DN 80	1	1035	1935
Bollitore	1	900	

$\Delta P_{\text{impianti}}$ acqua fredda			
elemento	numero	$\Delta P'$	$\Delta P_{\text{impianti}}$
		Pa	Pa
Valvola DN 80	1	1035	1035

$\Delta P_{\text{impianti}}$ tratto servito dalla $P_{\text{acquedotto}}$				
elemento	numero	$\Delta P'$	$\Delta P_{\text{impianti}}$	
		Pa	Pa	atm
Valvola DN 100	2	1275	307275	3,13
Filtro a Y	1	6000		
Addolcitore	1	120000		
Riduttore di pressione	1	100000		
Contatore	1	5000		
Disconnettore	1	75000		

Pertanto la prevalenza che le pompe di circolazione devono garantire risulta:

	$P_{\text{residua}}$	$\Delta P_{\text{impianti}}$	$\Delta p_{\text{tot}}$	Maggiorazione 5%		
	Pa	Pa	Pa	Pa	atm	$m_{\text{H}_2\text{O}}$
<b>caldo</b>	50000	1935	163887,04	<b>172081,39</b>	<b>1,70</b>	<b>17,54</b>
<b>ricircolo</b>	50000	1935	163887,04	<b>172081,39</b>	<b>1,70</b>	<b>17,54</b>
<b>freddo</b>	50000	1035	129139,52	<b>135596,50</b>	<b>1,34</b>	<b>13,82</b>

Mentre, si ricorda, la portata risulta:

Portata tratto 1-0	
	$m^3/h$
<b>caldo</b>	16,18
<b>ricircolo</b>	16,18
<b>freddo</b>	24,14

Vengono scelte due tipologie di pompe, entrambe del tipo centrifughe monostadio, non autoadescanti, con bocca di aspirazione assiale e bocca di mandata radiale con motore a velocità variabile. Corpo pompa in ghisa, albero pompa in acciaio inox, girante in ghisa e anelli di usura in bronzo.

Le proprietà delle due diverse pompe vengono indicate in tabella.

	Circuito caldo e ricircolo	Circuito freddo
	<b>GRUNDFOS NBE 32- 125.1/140 A-F-A- BAQE</b>	<b>GRUNDFOS NBE 40-160/177 A-F-A-BAQE</b>
Gamma temperatura liquido	0-120 °C	0-120 °C
Portata	16,2 m <sup>3</sup> /h	24,2 m <sup>3</sup> /h
Prevalenza	17,8 m	13,9 m
Diametro girante	140 mm	177 mm
Max pressione esercizio	16 bar	16 bar
Max temperatura ambiente	40°C	40°C
Potenza	2,2 kW	11 kW
Peso lordo	60 kg	172 kg

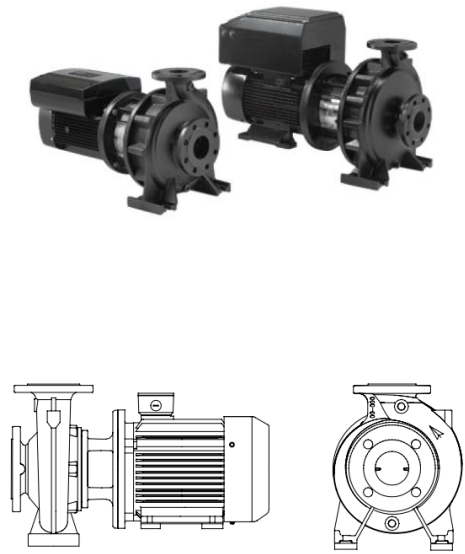


Figura 325 - Le pompe di circolazione

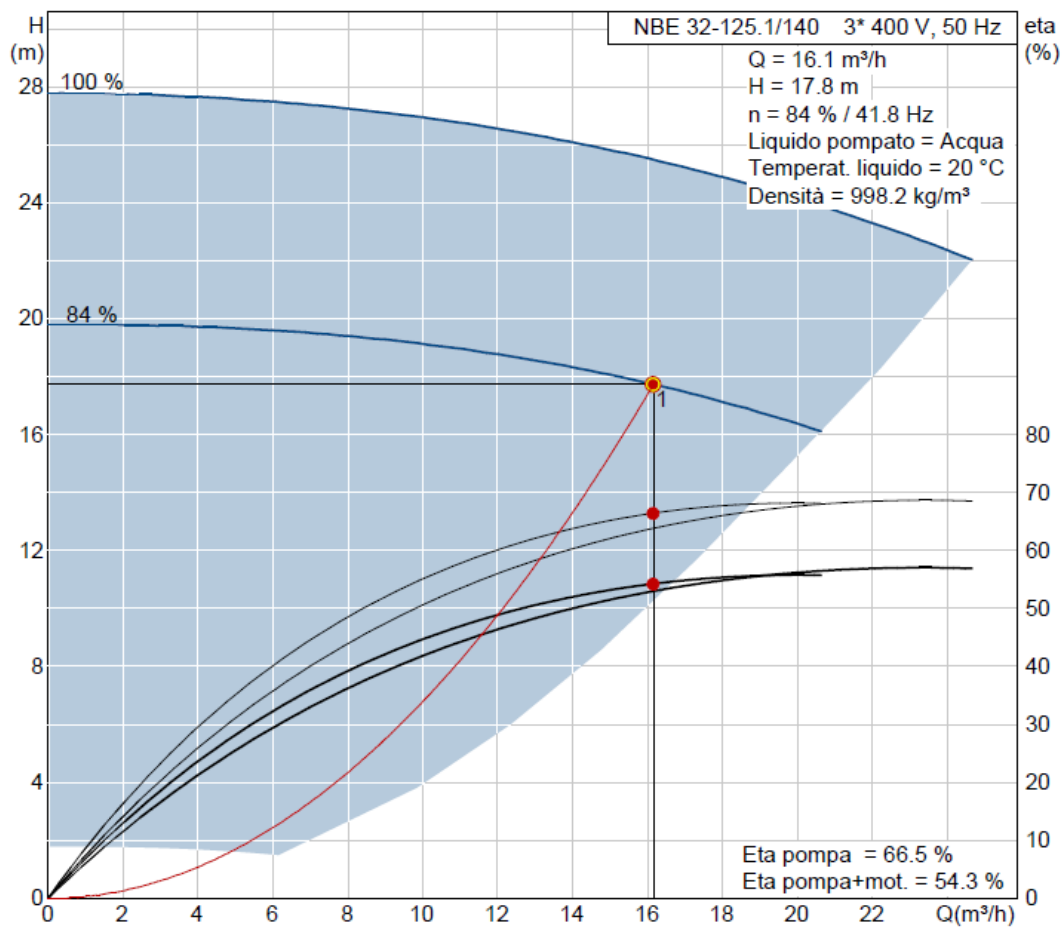


Figura 326 - Curva di funzionamento delle pompe sui circuiti caldo e ricircolo

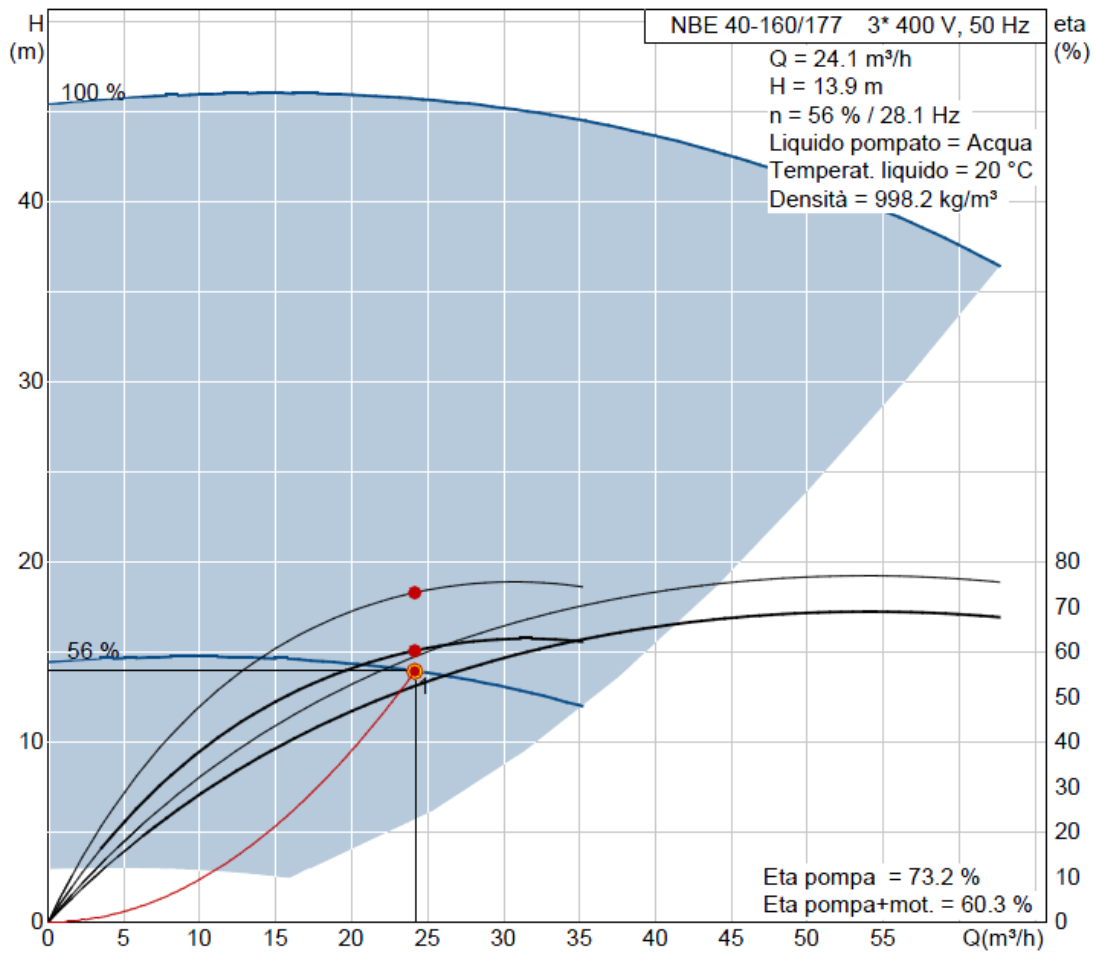


Figura 327 - Curva di funzionamento delle pompe sul circuito freddo

### 11.3.3 Il bollitore

Il passo successivo consiste nel dimensionamento del bollitore d'accumulo e nel calcolo della potenza del serpentino necessaria a scaldare l'acqua accumulata. Per prima cosa è necessario definire uno scenario di utilizzo quotidiano dell'acqua calda sanitaria.

Si sottolinea che, al fine del calcolo della potenza del serpentino, lo scenario rappresenta il numero massimo di apparecchi funzionanti *contemporaneamente*, ora per ora.

Utilizzo acqua calda						
Ora del giorno	Apparecchio	Numero di apparecchi in funzione contemporaneamente	portata singolo utilizzo	durata singolo utilizzo	q	q <sub>m</sub>
			l/s	s	l	l/h
0	Lavabo	0	0,1	120	0	0
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
1	Lavabo	0	0,1	120	0	0
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
2	Lavabo	0	0,1	120	0	0
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
3	Lavabo	0	0,1	120	0	0
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
4	Lavabo	0	0,1	120	0	0
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>5</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>6</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>7</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	
	Bidet	5	0,1	180	90	
	Vasca	2	0,2	300	120	306
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>8</b>	Lavabo	10	0,1	120	120	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	2	0,2	300	120	384
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>9</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	3	0,2	300	180	873
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	5	0,17	600	510	
	Doccia fitness	1	0,15	500	75	
<b>10</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	1416
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>11</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	1440
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	

**INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA**

<b>12</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	1356
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	3	0,2	300	180	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>13</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	1305
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	3	0,2	300	180	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	1	0,15	500	75	
<b>14</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	1440
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>15</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	1266
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>16</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	1416
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>17</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	1266
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	2	0,15	500	150	
<b>18</b>	Lavabo	6	0,1	120	72	1710
	Bidet	5	0,1	180	90	
	Vasca	8	0,2	300	480	
	Doccia hotel	1	0,15	500	75	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	1	0,15	500	75	
<b>19</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	1365
	Bidet	2	0,1	180	36	

INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA						
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	1	0,15	500	75	
	Doccia SPA	9	0,17	600	918	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>20</b>	Lavabo	8	0,1	120	96	720
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	8	0,2	300	480	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>21</b>	Lavabo	10	0,1	120	120	690
	Bidet	5	0,1	180	90	
	Vasca	8	0,2	300	480	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>22</b>	Lavabo	10	0,1	120	120	396
	Bidet	2	0,1	180	36	
	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	
<b>23</b>	Lavabo	5	0,1	120	60	60
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
	Doccia fitness	0	0,15	500	0	

Quotidianamente l'ora più sfavorita risulta il periodo tra le 18:00 e le 19:00, per il quale si suppone possano essere utilizzati contemporaneamente 1710 litri di acqua calda sanitaria.

Il volume del preparatore viene calcolato in accordo alla UNI 9182<sup>42</sup>, e risulta:

$$V_C = \frac{q_M \cdot d_p \cdot (T_m - T_f)}{d_p + P_r} \cdot \frac{P_r}{T_c - T_f} = 5652,5 \text{ l}$$

Dove

$q_m$  è il consumo massimo orario di acqua calda sanitaria, pari a 1710 l/h

<sup>42</sup> UNI 9182 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione - Appendice G



$d_p$  è la durata del picco, pari a 7 h

$T_m$  è la temperatura del fluido all'erogatore, pari a 45°C

$T_f$  è la temperatura del fluido freddo. È bene sottolineare a tal proposito che la  $T_f$ , nel caso in esame, risulta molto variabile, essendo legata al comportamento orario dell'Active Shading, pertanto si assume  $T_f$  pari a 15°C, valore maggiore del 14°C (temperatura dell'acquedotto), ma comunque molto conservativo.

$T_c$  è la temperatura dell'acqua accumulata, pari a 60°C

$P_r$  è il periodo di preriscaldamento, pari a 17 h

Si prevede dunque l'installazione di serbatoi d'accumulo per un totale di 6000l. Verranno utilizzati serbatoi Viessmann VITOCCELL 100-V da 1000l di capacità, raggruppati in gruppi di 3.

Sono bollitori in acciaio smaltati, resistenti alla corrosione, con anodo di magnesio per protezione catodica alimentato da energia esterna.

Le dispersioni termiche vengono ridotte grazie all'isolamento avvolgente in schiuma morbida di poliuretano.

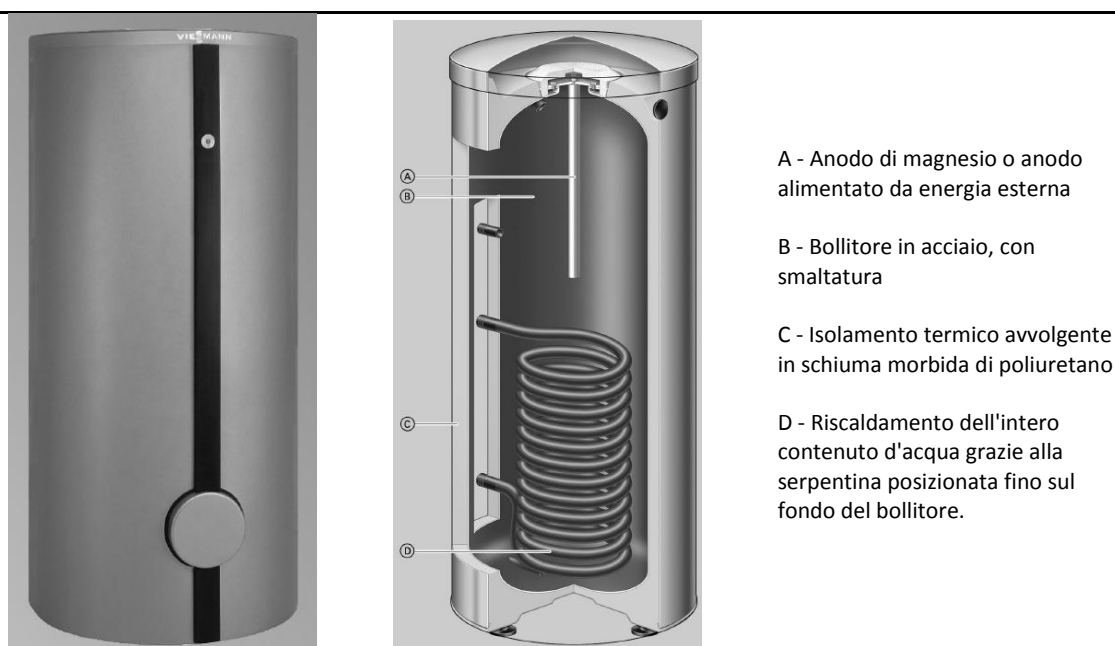
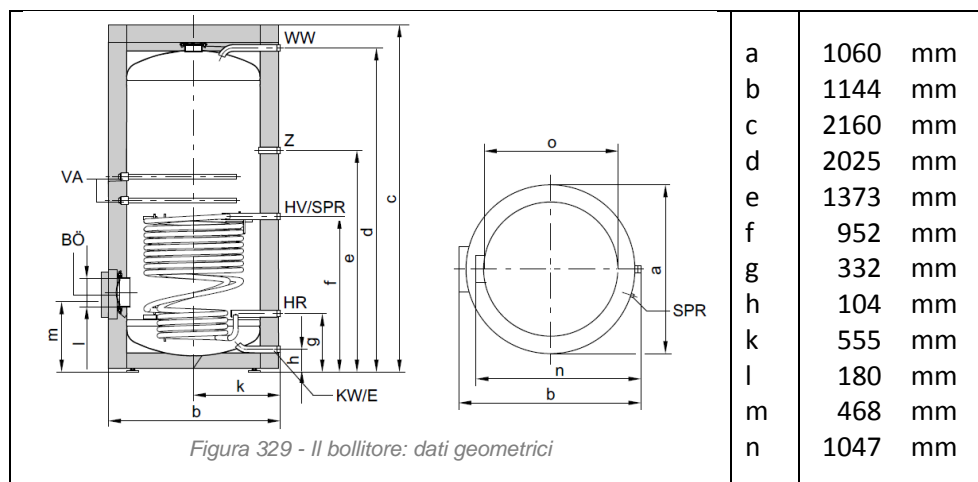


Figura 328 - Il bollitore

Dati tecnici	
Capacità singolo bollitore	1000 l
Numero bollitori in batteria	3
Capacità totale	3000 l
Resa continua per produzione di acqua da 10° a 60°C	183 kWh 3,15 m <sup>3</sup> /h
Portata massima erogabile	13 m <sup>3</sup> /h
Potenza assorbita dalla pompa di carico	175 W

Le dimensioni del singolo bollitore vengono riportate in figura:



Per il calcolo delle perdite di carico del bollitore, necessario per il dimensionamento delle pompe di ricircolo, si fa riferimento al grafico soprastante. I sei bollitori vengono collegati in parallelo, pertanto la portata che ciascuno deve garantire è pari a 2,7 m<sup>3</sup>/h; entrando nel grafico con tale valore di portata ed intersecando la curva E, rappresentativa dei bollitori da 1000 l, si definisce un valore di perdita di carico localizzata di 9 mbar.

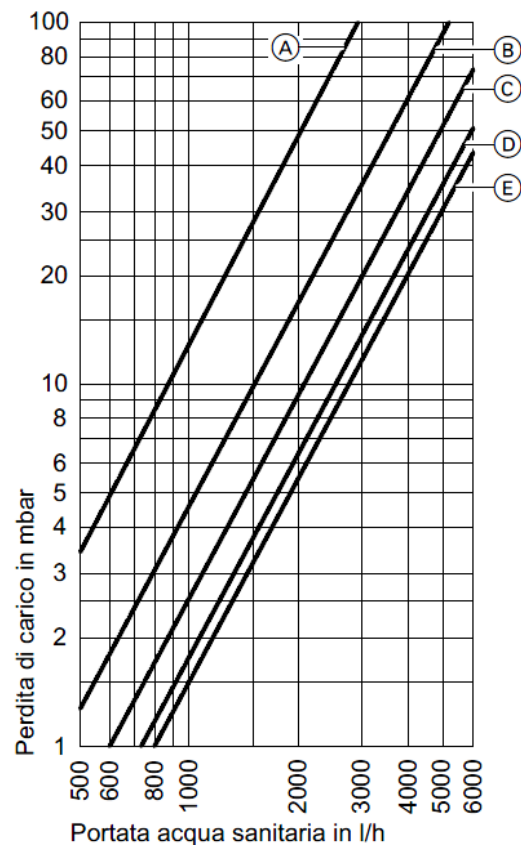


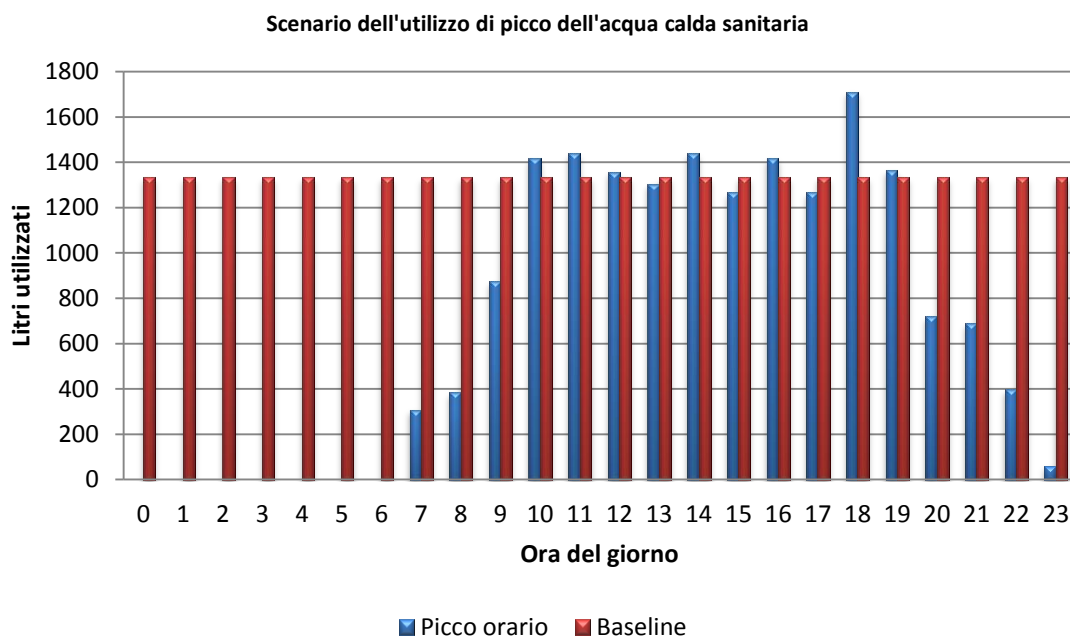
Figura 330 - Diagramma per il calcolo delle perdite di carico nel bollitore

Sempre in riferimento alla UNI 9182 viene calcolata la potenzialità termica del serpentino scaldante, come:

$$W = \frac{q_M \cdot d_p \cdot (T_m - T_f) \cdot 1,163}{d_p + P_r} = 17,4 \text{ kW}$$

Tuttavia il calcolo appena svolto presuppone che il generatore abbia a disposizione 17 ore per scaldare il volume di acqua necessario per coprire il picco di richiesta. In realtà l'impianto non può essere dimensionato unicamente per coprire il picco altrimenti, terminato questo, sarebbe disponibile acqua calda solo se scaldata istantaneamente.

Viene dunque definita una baseline di funzionamento, che prevede l'apertura *costante* sulle 24 h di due lavelli e una doccia.



In tal caso la potenza necessaria risulta:

$$W' = q'_m \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_m - T_f) = 46,37 \text{ kW}$$

Dove

$q'_m$  sono i litri utilizzati per l'apertura di due lavelli e una doccia, pari a 0,37 l/s

La potenza che il generatore deve garantire è il massimo tra  $W$  e  $W'$ , cioè 46,37 kW.



# **11. ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto**

## 11. ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto

Come già spiegato, il sistema Active Shading costituisce un enorme collettore solare, che captando la radiazione, scalda dell'acqua che scorre all'interno di una Sunstrip posizionata tra due lastre di marmo di spessore 2,5 cm.

La temperatura che l'acqua raggiunge varia a seconda del giorno, dell'ora, della posizione del sole e dell'azimuth di esposizione della lamella.

L'idea è integrare gli impianti di riscaldamento dell'acqua calda sanitaria e dell'acqua di ricircolo delle piscine con l'Active Shading, in modo da ridurre l'energia utilizzata dalle pompe di calore.

Come si è visto, tuttavia, la temperatura del fluido, durante l'arco dell'anno, raggiunge il picco massimo il giorno 18 settembre alle ore 13:00, arrivando alla temperatura di 28,24°C; risulta chiaro come il sistema sia difficilmente sfruttabile per le piscine, dato che, essendo la temperatura del fluido in uscita dallo scambiatore di calore pari a 40°C, perché possa riscaldarsi dovrebbe essere messo in contatto con un fluido a temperatura superiore, cosa che l'Active Shading non riesce a garantire.

Viene comunque prevista l'integrazione e la presenza di una valvola a tre vie (cfr. Allegato 45), che permetterebbe di sfruttare gli apporti solari gratuiti in caso di picchi di radiazione solare e temperature dell'aria esterna esageratamente elevate.

L'Active Shading risulta tuttavia utile per il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria, permettendo di elevare la temperatura in ingresso al bollitore di parecchi gradi.

Per calcolare il rendimento annuale dell'impianto è necessario definire un fabbisogno giornaliero standard di acqua calda sanitaria, e quindi calcolare, ora per ora, la percentuale di energia necessaria al riscaldamento coperta in modo gratuito dal sistema Active Shading.

In tabella viene presentato il fabbisogno giornaliero orario di acqua calda, si sottolinea che, diversamente da quanto fatto per il dimensionamento dell'accumulatore, in questo caso non si fa riferimento al numero di apparecchi funzionanti contemporaneamente, ma al *numero di utilizzi* dell'apparecchio nell'arco di un'ora.

**ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto**

Utilizzo acqua calda GIORNATA TIPO						
Ora del giorno	Apparecchio	Numero di utilizzi dell'apparecchio	portata singolo utilizzo	durata singolo utilizzo	q	q <sub>orario</sub>
			l/s	s	l	l
<b>0</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>1</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>2</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>3</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>4</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>5</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>6</b>	Lavabo	0	0,1	120	0	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	0
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>7</b>	Lavabo	15	0,1	120	180	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	5	0,2	300	300	624
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>8</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	5	0,2	300	300	684
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>9</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	2010

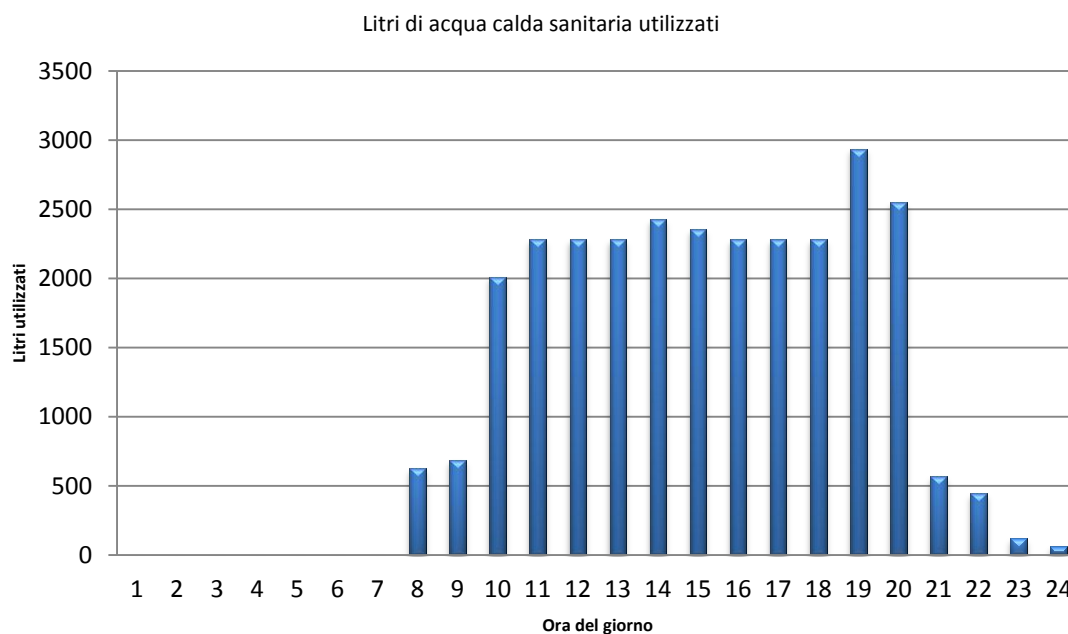
**ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto**

	Vasca	4	0,2	300	240	
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	15	0,17	600	1530	
<b>10</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>11</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>12</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>13</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	0	0,2	300	0	2424
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>14</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	4	0,1	180	72	
	Vasca	0	0,2	300	0	2352
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>15</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>16</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>17</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	2280
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>18</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	6	0,2	300	360	2934
	Doccia hotel	2	0,15	500	150	
	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
<b>19</b>	Lavabo	20	0,1	120	240	
	Bidet	4	0,1	180	72	
	Vasca	2	0,2	300	120	2547
	Doccia hotel	1	0,15	500	75	



**ACTIVE SHADING: Integrazione all'impianto**

<b>20</b>	Doccia SPA	20	0,17	600	2040	
	Lavabo	15	0,1	120	180	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	4	0,2	300	240	564
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>21</b>	Lavabo	15	0,1	120	180	
	Bidet	8	0,1	180	144	
	Vasca	2	0,2	300	120	444
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>22</b>	Lavabo	10	0,1	120	120	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	120
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	
<b>23</b>	Lavabo	5	0,1	120	60	
	Bidet	0	0,1	180	0	
	Vasca	0	0,2	300	0	60
	Doccia hotel	0	0,15	500	0	
	Doccia SPA	0	0,17	600	0	



Il volume d'acqua utilizzato quotidianamente pertanto risulta pari a

$$V_w = 28443 \text{ l/giorno}$$

Si sottolinea che calcolo del fabbisogno giornaliero di acqua è stato svolto mediante la definizione di uno scenario di utilizzo, facendo riferimento a valori normati<sup>43</sup> i risultati sarebbero stati molto diversi.

Tipo di attività	a	Nu
Hotel senza lavanderia		
1 stella	40 l/G letto	Numero di letti
2 stelle	50 l/G letto	
3 stelle	60 l/G letto	
4 stelle	70 l/G letto	
Hotel con lavanderia		
1 stella	50 l/G letto	Numero di letti
2 stelle	60 l/G letto	
3 stelle	70 l/G letto	
4 stelle	80 l/G letto	
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera - day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole di tutti i livelli e assimilabili	15 l/G persona	Numero di persone
Edifici adibiti ad attività sportive	100 l/G doccia	Numero di docce
Edifici per uffici e assimilabili, per attività commerciali e industriali	20 l/G persona	Numero di persone
N.B. G = giorno		

Figura 331 - Tabella per il calcolo del fabbisogno quotidiano di acqua calda sanitaria secondo il Decreto n. 5796

Infatti, in accordo alla norma, quotidianamente sarebbe stato utilizzato un volume d'acqua pari a:

$$V_w' = (70 \text{ l/giorno letto} \cdot 28 \text{ letti}) + (100 \text{ l/giorno doccia} \cdot 31 \text{ docce}) = 5060 \text{ l/giorno}$$

Si è deciso di considerare più affidabile il valore calcolato appositamente per il caso di studio, pertanto il volume d'acqua riscaldato quotidianamente sarà  $V_w$ .

Sul periodo annuale, l'energia necessaria al riscaldamento dell'acqua calda sanitaria in assenza del sistema Active Shading risulta pari a 383973,59 kWh, mentre supponendo attivo il sistema l'energia necessaria scende a 328926,27 kWh.

<sup>43</sup> Decreto n. 5796 dell'11 giugno 2009 - Prospetto XXXII

Viene pertanto coperto in modo gratuito il 14,34 % del fabbisogno annuo di energia per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Tuttavia il calcolo non considera le perdite energetiche di erogazione, distribuzione, accumulo e generazione, che fanno lievitare il fabbisogno di energia di qualche punto percentuale. Si procede dunque al calcolo del fabbisogno di energia utile, finale e primaria relativa all'acqua calda sanitaria.

### **11.1 IL CALCOLO DELL'EP<sub>w</sub>**

Il valore stimato al 14 %, indice del rendimento del sistema Active Shading mediato su tutto l'arco dell'anno, è stato calcolato fermandosi al fabbisogno di energia utile, ossia al fabbisogno di energia legato all'involucro dell'edificio, agli apporti solari e alle perdite per trasmissione e ventilazione. Nel caso particolare, essendo stato svolto il calcolo solo relativamente all'acqua calda sanitaria, sono sostanzialmente stati presi in considerazione solo gli apporti solari gratuiti, sottraendoli all'energia necessaria alla Pompa di Calore per scaldare l'acqua da 14°C a 40°C.

È necessario però prendere in considerazione anche il sistema impiantistico, che prevede perdite energetiche legate all'emissione, alla distribuzione, all'accumulo e alla produzione di calore, in modo da giungere al valore di energia finale, ossia l'energia legata al sistema edificio - impianto.

L'energia finale è l'energia effettivamente consumata dagli impianti, misurata al contatore e pagata all'ente fornitore, tuttavia, in termini più ampi, a seconda del tipo di energia utilizzata, ossia del vettore energetico entrante all'edificio, l'energia utile viene trasformata in energia primaria sfruttando ben definiti fattori di conversione, indice di perdite energetiche dovute all'estrazione, alla lavorazione e al trasporto del vettore.

L'energia primaria viene definita come il potenziale energetico dei vettori e delle fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale, rappresenta cioè l'energia che non è soggetta ad alcuna conversione o processo di trasformazione.

Obiettivo della trattazione è dunque percorrere la catena impiantistica a ritroso, dalla lamella all'origine del vettore energetico, e indicare un valore di EP<sub>w</sub>, energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il calcolo viene svolto su scala mensile, in riferimento al Decreto n. 5796 dell'11 giugno 2009.

### 11.1.1 Erogazione

Le perdite termiche di processo del sistema di erogazione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la formula:

$$Q_{W,e,ls} = \left( \frac{1}{\eta_{eW}} - 1 \right) \cdot Q_{DHW}$$

Dove

$Q_{W,e,ls}$  è la perdita termica di processo del sistema di erogazione

$\eta_{eW}$  è il rendimento del sistema di erogazione, assunto pari a 0,95

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione,  $W_{W,e}$  è legato ad erogatori o riscaldatori istantanei di acqua calda alimentati elettricamente, ed è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,e} = \sum_i \dot{W}_{W,e,i} \cdot 24 \cdot N$$

Dove

$N$  è il numero di giorni del mese considerato

$\dot{W}_{W,e,i}$  è la potenza dell' $i$ -esimo ausiliario al servizio del sistema di erogazione

Nel caso in esame vengono considerati 6 soffioni per cromoterapia, da 30 W l'uno

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di erogazione è data da:

$$Q_{W,e,L} = Q_{W,e,ls} + (1 - k_{W,e}) \cdot W_{W,e}$$

Dove

$k_{W,e}$  è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di erogazione; si assume normalmente pari a 0, salvo il caso in cui tali

ausiliari siano erogatori e/o riscaldatori istantanei di acqua calda alimentati elettricamente, per i quali si assume pari a 1

EROGAZIONE						
	$Q_{W,e,ls}$	$Q_{DHW}$	$\eta_{ew}$	$W_{W,e}$	$k_{W,e}$	$Q_{W,e,L}$
	kWh	kWh		kWh		kWh
<b>gennaio</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>febbraio</b>	1550,29	29455,51	0,95	120,96	0	1671,25
<b>marzo</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>aprile</b>	1661,02	31559,47	0,95	129,60	0	1790,62
<b>maggio</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>giugno</b>	1661,02	31559,47	0,95	129,60	0	1790,62
<b>luglio</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>agosto</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>settembre</b>	1661,02	31559,47	0,95	129,60	0	1790,62
<b>ottobre</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31
<b>novembre</b>	1661,02	31559,47	0,95	129,60	0	1790,62
<b>dicembre</b>	1716,39	32611,46	0,95	133,92	0	1850,31

### 11.1.2 Distribuzione

L'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione è data da:

$$Q_{W,d,out} = Q_{DHW} + Q_{W,e,ls} - k_{W,e} \cdot W_{W,e}$$

$Q_{W,d,ls}$  è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, è deve essere calcolata in maniera dettagliata.

Le perdite totali del sottosistema di distribuzione sono date dalla sommatoria delle perdite dei singoli tratti di tubo, dovute al flusso instauratosi tra il fluido nel tubo e l'ambiente circostante.

$$Q_{W,d,ls} = \sum_i L_i \cdot U_i \cdot (\theta_{W,avg,i} - \theta_{a,i}) \cdot \Delta t$$

Dove

$L_i$  è la lunghezza del tratto i-esimo della rete di distribuzione

$U_i$  è la trasmittanza lineica del tratto i-esimo della rete di distribuzione

$\theta_{w,avg,i}$  è la temperatura media dell'acqua nei tratti della rete di distribuzione, assunta pari a 60°C

$\theta_{a,i}$  è la temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni

$\Delta t$  è la durata in ore del mese considerato

Considerando per semplicità unicamente la più diffusa tipologia presente di tubi, consapevoli del minimo errore introdotto con tale approssimazione, la trasmittanza viene calcolata come:

$$U_t = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_j} \cdot \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_G} \cdot \ln \frac{d_n}{d_n}}$$

Dove

$\lambda_j$  è la conducibilità termica del j-esimo strato del tubo

$d_j$  è lo spessore esterno del j-esimo strato

$d_{j-1}$  è lo spessore interno del j-esimo strato

$\lambda_G$  è la conducibilità del materiale attorno alla tubazione

<b>D<sub>e</sub></b>	0,063	m
<b>D<sub>i</sub></b>	0,054	m
<b>λ<sub>PE</sub></b>	0,43	W/mK
<b>λ<sub>COPPELLA</sub></b>	0,035	W/mK
<b>λ<sub>MASSETTO</sub></b>	0,23	W/mK
<b>Spessore coppella</b>	0,025	m
<b>U<sub>tubi</sub></b>	<b>0,28</b>	W/mK

Si ricordano le temperature di set point degli ambienti e lo sviluppo dei tubi

	inverno		estate	
	T <sub>amb</sub>	Sviluppo tubi	T <sub>amb</sub>	Sviluppo tubi
	°C	m	°C	m
<b>SPA</b>	28	169,35	28	169,35
<b>Hotel + Hall</b>	20	253,3	26	253,3
<b>Fitness</b>	18	77,35	24	77,35
<b>Zona impianti</b>	16	24,7	17	24,7
<b>Vano ascensore</b>	14	4	15	4

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di distribuzione,  $W_{W,d}$ , è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,d} = \sum_i \dot{W}_{W,d,i} \cdot 24 \cdot N$$

Dove

$N$  è il numero di giorni del mese considerato

$\dot{W}_{W,d,i}$  è la potenza dell' $i$ -esimo ausiliario al servizio del sistema di erogazione.

Nel caso in esame vengono considerate le 3 pompe di circolazione relative ad acqua calda sanitaria, fredda e ricircolo. Acqua calda e ricircolo assorbono entrambe 2,2 kW, l'acqua fredda necessita di una pompa da 11 kW.

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di distribuzione è data da:

$$Q_{W,d,L} = Q_{W,d,ls} + (1 - k_{W,d}) \cdot W_{W,d}$$

Dove

$k_{W,d}$  è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione, assunta pari a 0,85. Nel caso in cui siano installate delle pompe di ricircolo si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico, per cui  $k_{W,d} = 0$

DISTRIBUZIONE					
	$Q_{W,d,out}$	$Q_{W,d,ls}$	$W_{W,d}$	$k_{W,d}$	$Q_{W,d,L}$
	kWh	kWh	kWh		kWh
<b>gennaio</b>	34327,85	4161,20	11457,60	0	15618,80
<b>febbraio</b>	31005,80	3758,50	10348,80	0	14107,30
<b>marzo</b>	34327,85	4161,20	11457,60	0	15618,80
<b>aprile</b>	33220,50	3623,16	11088,00	0	14711,16
<b>maggio</b>	34327,85	3743,93	11457,60	0	15201,53
<b>giugno</b>	33220,50	3623,16	11088,00	0	14711,16
<b>luglio</b>	34327,85	3743,93	11457,60	0	15201,53
<b>agosto</b>	34327,85	3743,93	11457,60	0	15201,53
<b>settembre</b>	33220,50	3623,16	11088,00	0	14711,16
<b>ottobre</b>	34327,85	4161,20	11457,60	0	15618,80
<b>novembre</b>	33220,50	4026,97	11088,00	0	15114,97
<b>dicembre</b>	34327,85	4161,20	11457,60	0	15618,80

### 11.1.3 Accumulo

L'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo, non integrato con il generatore, è data da:

$$Q_{W,s,out} = Q_{W,d,out} + Q_{W,d,ls} - \sum_i k_{W,d,i} \cdot W_{W,d,i}$$

Dove

$Q_{W,s,out}$  è l'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo

$Q_{W,d,out}$  è l'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione

In modo semplificato, in funzione delle dimensioni del serbatoio di accumulo, viene calcolata  $Q_{W,s,ls}$ , perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, come:

$$Q_{W,s,ls} = f'_s \cdot \Delta t$$

Dove

$\Delta t$  è la durata del mese considerato

$f'_s$  è il coefficiente di perdita in funzione della classe di volume dell'accumulo, che per serbatoi tra 1500 e 10000 litri vale 500 W

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di accumulo,  $W_{W,s}$ , è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,s} = \sum_i \dot{W}_{W,s,i} \cdot 24 \cdot N$$

Dove

$N$  è il numero di giorni del mese considerato

$\dot{W}_{W,s,i}$  è la potenza dell' $i$ -esimo ausiliario al servizio del sistema di accumulo.

Nel caso in esame vengono considerate le 6 pompe di carico dei bollitori, ciascuna con un valore di potenza assorbita pari a 0,125 kW

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di accumulo è data da:



$$Q_{W,s,L} = Q_{W,s,ls} + (1 - k_{W,s}) \cdot W_{W,s}$$

$k_{W,s}$  è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di accumulo, assunta pari a 1.

ACCUMULO						
	$Q_{W,s,out}$	$Q_{W,s,ls}$	$f's$	$W_{W,s}$	$k_{W,s}$	$Q_{W,s,L}$
	kWh	kWh	W	kWh		kWh
<b>gennaio</b>	38489,05	372,00	500	558	1	372,00
<b>febbraio</b>	34764,30	336,00	500	504	1	336,00
<b>marzo</b>	38489,05	372,00	500	558	1	372,00
<b>aprile</b>	36843,66	360,00	500	540	1	360,00
<b>maggio</b>	38071,78	372,00	500	558	1	372,00
<b>giugno</b>	36843,66	360,00	500	540	1	360,00
<b>luglio</b>	38071,78	372,00	500	558	1	372,00
<b>agosto</b>	38071,78	372,00	500	558	1	372,00
<b>settembre</b>	36843,66	360,00	500	540	1	360,00
<b>ottobre</b>	38489,05	372,00	500	558	1	372,00
<b>novembre</b>	37247,46	360,00	500	540	1	360,00
<b>dicembre</b>	38489,05	372,00	500	558	1	372,00

#### 11.1.4 Generazione

L'energia termica richiesta al sistema di generazione è pari a:

$$Q_{W,g,out} = Q_{DHW} + Q_{W,e,ls} - k_{W,e} \cdot W_{W,e} + Q_{W,d,ls} - k_{W,d} \cdot W_{W,d} + Q_{W,s,ls} - k_{W,s} \cdot W_{W,s}$$

Scelta la pompa di calore, con un COP pari a 5,5, l'energia *finale* necessaria risulta:

$$E_{HW,el,g,in} = \frac{Q_{W,g,out} - Q_{HS,g,out,W}}{COP}$$

Dove

$Q_{HS,g,out,W}$  è il contributo energetico fornito dal sistema Active Shading

<b>GENERAZIONE</b>				
	$Q_{W,g,out}$	$Q_{HS,g,out,W}$	$E_{HW,el,g,in}$	<b>COP</b>
	kWh	kWh	kWh	
<b>gennaio</b>	38303,05	1029,33	6777,04	5,5
<b>febbraio</b>	34596,30	1465,41	6023,80	5,5
<b>marzo</b>	38303,05	3674,95	6296,02	5,5
<b>aprile</b>	36663,66	3440,08	6040,65	5,5
<b>maggio</b>	37885,78	5973,61	5802,21	5,5
<b>giugno</b>	36663,66	6996,58	5394,01	5,5
<b>luglio</b>	37885,78	8762,81	5295,09	5,5
<b>agosto</b>	37885,78	8833,45	5282,24	5,5
<b>settembre</b>	36663,66	7354,13	5329,00	5,5
<b>ottobre</b>	38303,05	4682,71	6112,79	5,5
<b>novembre</b>	37067,46	1795,51	6413,08	5,5
<b>dicembre</b>	38303,05	1038,75	6775,33	5,5

Nota il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico dell'energia elettrica

$$f_p = 2,18$$

È possibile ottenere i valori di Energia Primaria relativi al solo riscaldamento di acqua calda sanitaria  $EP_W$

	<b>EP<sub>W</sub> active shading ON</b>	<b>EP<sub>W</sub> active shading OFF</b>	<b>% coperta</b>
	kWh	kWh	
<b>gennaio</b>	14773,95	15181,67	2,7
<b>febbraio</b>	13131,88	13712,48	4,2
<b>marzo</b>	13725,32	15181,67	9,6
<b>aprile</b>	13168,62	14530,23	9,4
<b>maggio</b>	12648,82	15014,57	15,8
<b>giugno</b>	11758,95	14530,23	19,1
<b>luglio</b>	11543,29	15014,57	23,1
<b>agosto</b>	11515,29	15014,57	23,3
<b>settembre</b>	11617,23	14530,23	20,1
<b>ottobre</b>	13325,88	15181,67	12,2
<b>novembre</b>	13980,52	14691,94	4,8
<b>dicembre</b>	14770,21	15181,67	2,7

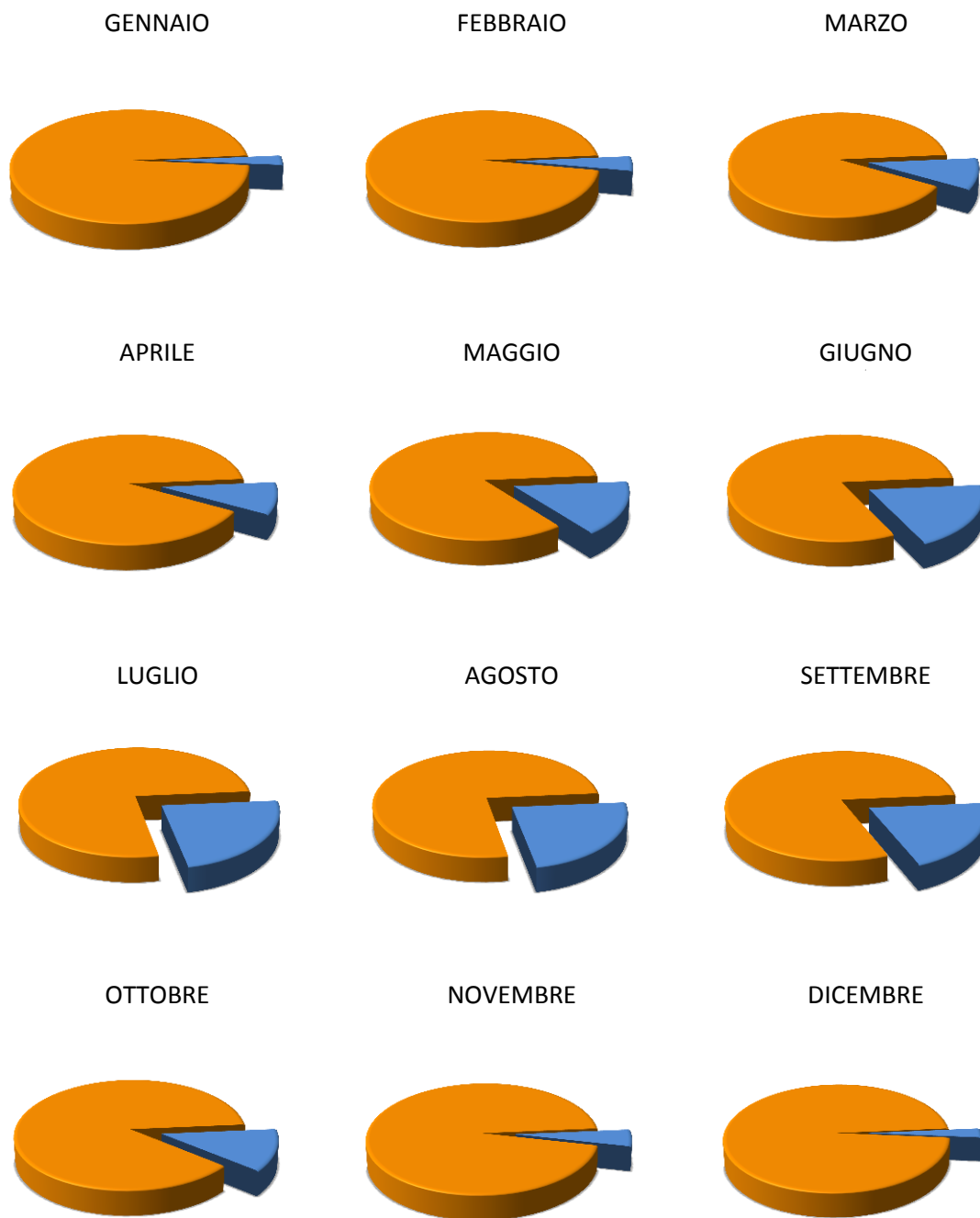


Figura 332 - Percentuale del fabbisogno di Energia Primaria coperta gratuitamente dall'Active Shading

Mediando su tutto l'arco dell'anno, la percentuale di Energia Primaria coperta è il 12,27 %.

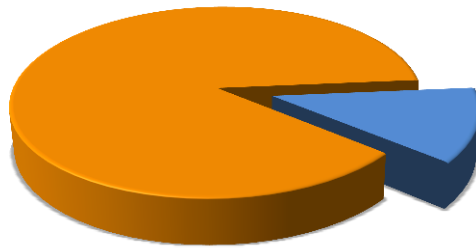


Figura 333 - Percentuale media annuale di Energia Primaria coperta in modo gratuito dall'Active Shading

Si riportano i valori dei diversi fabbisogni energetici dell'edificio:

<b>Energia UTILE</b>	383973,6	kWh
<b>Energia FINALE</b>	71541,3	kWh
<b>Energia PRIMARIA</b>	155960,0	kWh <sub>elettrico</sub>

Si ricorda che l'energia pagata, misurata al contatore, è l'energia finale, che nel caso in esame è di tipo elettrico. Ipotizzando un costo pari a 0,1 €/kWh<sub>elettrico</sub>, l'Active Shading garantisce un risparmio annuo pari a:

<b>Costo CON ACTIVE SHADING</b>	7154,1	€
<b>Costo SENZA ACTIVE SHADING</b>	8155,0	€
<b>RISPARMIO ANNUO</b>	1000,9	€

Resta da verificare se il relativamente basso risparmio in termini di energia pagata viene ammortato in tempi ragionevolmente brevi.

## 12. ACTIVE SHADING: Analisi dei costi

## 12. ACTIVE SHADING: Analisi dei costi

Per poter valutare la convenienza del sistema captante studiato, si procede con un'analisi dei costi; si sottolinea che verrà svolta unicamente in merito alle lavorazioni aggiuntive e agli elementi da prevedersi a seguito dell'integrazione con il sistema Active Shading.

Si segue dunque la procedura da applicarsi qualora la voce di prezzo cercata non sia presente sui prezziari<sup>44</sup>:

- Applicando alle quantità di materiali, mano d'opera, noli e trasporti, necessari per la realizzazione delle quantità unitarie di ogni voce, i rispettivi prezzi elementari dedotti da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio ovvero, in difetto, dai prezzi correnti di mercato;
- Aggiungendo ulteriormente una percentuale variabile tra il tredici e il diciassette per cento, a seconda della importanza, della natura, della durata e di particolari esigenze dei singoli lavori, per Spese Generali;
- Aggiungendo infine una percentuale del dieci per cento per utile dell'esecutore.

L'analisi dei prezzi, quindi, è basata sulla scomposizione delle lavorazioni nei suoi fattori elementari:

LAVORAZIONE	C
1. Mano d'opera (MO)	
2. Noli e trasporti (NO)	
3. Materiali (MT)	
<b>SPESE GENERALI</b>	<b>13 -17 %</b>
4. Spese generali (SG)	
<b>UTILI</b>	<b>10 %</b>
5. Utile (U)	

---

<sup>44</sup> A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica Edile*, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna, 2011

Quindi il prezzo, ipotizzando la media del 15 % per le Spese Generali, è:

$$P = C + \underbrace{(C \cdot 15\%)}_{\text{SG}} + \underbrace{(C + C \cdot 15\%)}_{\text{U}} \cdot 10\%$$

Facendo riferimento, per ricavare i costi unitari, al Prezzario delle Opere Pubbliche della regione Lombardia per l'anno 2009, si sottolinea che [...] 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 (15 %) ed utili d'impresa (10 %) nella misura complessiva del 26,5% [...].

I prezzi trovati verranno perciò "depurati" da SG e U, applicando in modo inverso la formula indicata sopra, per poi venir sommati a tutti gli altri costi; una volta noto il costo totale unitario della lavorazione, su di esso verranno di nuovo applicati SG e U.

Si sottolinea che non verranno calcolati i costi relativi alla sicurezza, dato che la messa in opera della lamella, che sia integrata o meno con gli elementi Active Shading, segue le medesime fasi.

## 12.1 LASTRE IN MARMO

La voce di computo rappresentativa delle lavorazioni sulle lastre di marmo di dimensioni 2,5 x 22 x 185 cm dovrebbe contenere le seguenti voci:

- taglio lastre
- realizzazione di fori per fissaggio e fresatura della sagoma della Sunstrip grazie a macchina a controllo numerico
- levigatura
- inserimento Sunstrip
- inserimento barre d'armatura e incollaggio con resina epossidica
- giunzione lastre grazie a bulloni ed elementi di ancoraggio ad espansione geometrica
- posizionamento del raccordo diritto maschio a stringere
- messa in opera

Facendo riferimento al Prezzario per le Opere Pubbliche della Regione Lombardia 2009, la voce che più si avvicina al caso di studio è:

*“Soglie lisce, pedate e sottogradi di gradini rettangolari, stangoni o simili in lastre di pietra naturale o marmo, dello spessore di 2 cm, di larghezza superiore a 18 cm e lunghezza non superiore a 1,50 m con le superfici a vista levigate e coste rifilate o semplicemente smussate per pedate o sottogradi, poste in opera con malta bastarda, compreso le occorrenti murature, stuccature, stilatura, sigillatura dei giunti e grappe”*

Dato che si suppone che anche qualora sia verificata la non convenienza dell'intervento, sia prevista la presenza delle lamelle oscuranti, è necessario calcolare la quota parte di lavorazione che viene svolta in più, nel caso le lamelle dovessero alloggiare le Sunstrip.

Qualora le lamelle venissero sfruttate unicamente come sistema di oscuramento, non sarebbero costituite da due elementi accoppiati, ma da una lastra monolitica.

<b>Taglio, levigatura e lavorazioni sulla lastra</b>	<b>97,8</b>	<b>€/m<sup>2</sup></b>
<b>Valore depurato di SG e U</b>	77,31	€/m <sup>2</sup>
<b>Superficie da trattare in caso di integrazione con Active Shading</b>	300,37	m <sup>2</sup>
<b>Costo in caso di integrazione con Active Shading</b>	23221,97	
<b>Superficie da trattare in caso di assenza di Active Shading</b>	150,18	m <sup>2</sup>
<b>Costo in caso di assenza di Active Shading</b>	11610,99	
<b>Differenza</b>	<b>11610,99</b>	

A questa voce vanno aggiunte quelle relative all'inserimento della Sunstrip e delle barre d'armatura, alla giunzione con elementi di fissaggio e al posizionamento del raccordo diritto maschio a stringere.

Dato che la percentuale di manodopera rappresenta il 47 % della voce relativa alle lastre di marmo, per le voci seguenti si considera solo il costo dei materiali.



**ACTIVE SHADING: Analisi dei costi**

	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	€	fonte
Elemento captante costituito da un condotto in rame inguainato in un tubo alettato in alluminio tipo Solar Sunstrip	41,45	87,07	3608,59	www.thermo-dynamics.com

Per quanto riguarda i bulloni e i tasselli ad espansione, vengono considerati solo quelli necessari alla giunzione delle due lastre, escludendo quelli necessari all'unione al piatto d'acciaio in vista della messa in opera.

	€/pezzo	pezzi	€	fonte
Elemento di ancoraggio ad espansione geometrica in acciaio tipo Fischer FZP M6/18	4,35	2952,00	12841,20	www.fischeritalia.it

	€/500 pezzi	pezzi	€	fonte
Bullone a testa esagonale interamente filettato 6 x 16 mm	12,70	2952,00	74,98	www.ferramentaonline.com

	€/pezzo	pezzi	€	fonte
Raccordo diritto maschio a stringere in rame	1,2	738,00	885,60	www.tiemme.com

	€/kg	kg	€	fonte
Barre d'armatura in acciaio, incollate con resine epossidiche	0,60	193,73	116,24	Prezzario per le Opere Pubbliche della Regione Lombardia 2009

Il costo totale delle lavorazioni fino alla messa in opera è dunque:

<b>Costo marginale</b>	<b>29137,6</b>	<b>€</b>
<b>Spese d'amministrazione (15%)</b>	4370,64	€
<b>Utile d'impresa (10%)</b>	3350,82	€
<b>Prezzo finale</b>	<b>36859,06</b>	<b>€</b>

## 12.2 IMPIANTO DELL'EDIFICIO

Per quanto riguarda i costi relativi agli elementi impiantistici che il sistema Active Shading prevede, il calcolo viene svolto come segue:

	€/ metro	metro	€	fonte
<b>Tubi flessibili in PE per la circolazione dell'acqua all'interno delle lamelle</b>	0,4	542,60	217,04	www.boldarino.com
<b>Tubi in acciaio per la circolazione dell'acqua dal Link alla zona impianti</b>	3,96	516,00	2043,36	www.marcegaglia.com
	€/ metro	metro	€	fonte
<b>Coppella isolante in materiale elastomerico espanso per tubo in PE sp 13 mm</b>	0,51	542,60	276,73	www.kflexsystem.com
<b>Coppella isolante in materiale elastomerico espanso per tubo in Acciaio sp 25 mm</b>	3,86	516,00	1991,76	www.kflexsystem.com

**ACTIVE SHADING: Analisi dei costi**

	€/pezzo	pezzi	€	fonte
<b>Valvola di intercettazione sul puffer</b>	56,50	1,00	56,50	www.kramer-italia.it
<b>Valvola a 3 vie per integrazione con impianto piscine</b>	266,80	1,00	266,80	www.kramer-italia.it
<b>Raccordo diritto femmina a stringere in rame</b>	1,40	738,00	1033,20	www.tiemme.com
<b>Stazione solare</b>	750,00	1,00	750,00	www.junkers.it
<b>Accumulatore puffer da 5000 l</b>	5900,00	1,00	5900,00	www.junkers.it
<b>Vaso espansione</b>	100,00	1,00	100,00	www.junkers.it

Il costo totale dei materiali e degli elementi relativi all' impianto dell'edificio è dunque:

<b>Costo marginale</b>	<b>12635,39</b>	<b>€</b>
<b>Spese d'amministrazione (15%)</b>	1895,31	€
<b>Utile d'impresa (10%)</b>	1453,07	€
<b>Prezzo finale</b>	<b>15983,76</b>	<b>€</b>

Da cui si ricava che:

<b>Costo totale dovuto all'integrazione Active Shading</b>	<b>52842,82</b>	<b>€</b>
<b>Risparmio energetico annuo garantito dall'Active Shading</b>	1000,86	€
<b>Numero anni per ammortamento</b>	<b>52,80</b>	<b>€</b>



## 13. CONCLUSIONI

## 13. CONCLUSIONI

Gli edifici progettati sono il risultato di un'attenta analisi che ha cercato di districarsi tra il rispetto delle condizioni al contorno, le richieste del bando di concorso Compasso Volante, le qualità architettoniche che si sono volute conferire agli ambienti progettati, la gestione degli spazi, delle interferenze tra le attività, il rispetto dei requisiti normativi, e non da ultimo il basso impatto ambientale ed energetico.

Nell'ottica di minimizzare il fabbisogno di energia dell'edificio, si è deciso di sviluppare il sistema Active Shading, che integra l'impianto di produzione di acqua calda sanitaria, preriscaldando gratuitamente l'acqua grazie alla radiazione solare.

I 53 anni stimati necessari per ammortarne i costi di realizzazione non sono tuttavia un valore particolarmente promettente, dal punto di vista dell'economicità e della convenienza del sistema; permettono però di effettuare alcune considerazioni.

Innanzitutto è bene sottolineare che se da un lato il valore ottenuto non considera né iva né inflazione, dall'altro non considera nemmeno il costante aumento del costo energetico, in particolare dell'energia elettrica, pertanto, ragionando su ordini di grandezza decennali, l'ago della bilancia potrebbe spostarsi in favore dell'utilizzo di sistemi che sfruttano risorse rinnovabili in modo gratuito.

Non viene preso in considerazione nemmeno l'aspetto della manutenzione, che se per sistemi come pannelli solari o fotovoltaici rappresenta un costo, qui è totalmente assente e anzi, più la superficie di marmo si sporca, più energia assorbe e cede al fuido.

Osservando le voci che compongono il prezzo dell'intervento, si nota che concorrono in modo preponderante proprio le lavorazioni sulle lastre, insieme agli elementi ad espansione geometrica necessari per l'accoppiamento.

Considerando che il costo delle lavorazioni è stato ricavato dal Prezzario per le Opere Pubbliche della regione Lombardia, è presumibile che un preventivo fatto a Vila Viçosa, centro di estrazione e lavorazione di marmi, sarà molto più basso, dovendo escludere tutti i costi di trasporto.

Anche per quanto riguarda gli elementi di fissaggio il valore del costo potrebbe verosimilmente abbassarsi, sia in ragione di un'economia di scala, che in caso di acquisto di ben 2952 pezzi comporterebbe uno sconto, sia perché potrebbero essere sfruttati meno elementi per il fissaggio delle lastre, previa verifica meccanica.

I tasselli infatti non intervengono in merito alle più critiche sollecitazioni cui è soggetta la lastra (flessione), ma vengono unicamente sfruttati per la giunzione. Ipotizzando di prevederne 6 invece di 8, il costo relativo si abbasserebbe del 15 %.

Per quanto riguarda il lato impianto invece, escluso l'accumulatore puffer, che non può non essere presente, sono i tubi in acciaio ad incidere maggiormente, data la distanza delle lamelle rispetto al locale impianti.

Pertanto, considerando in modo ottimistico un risparmio del 20 % sulle lavorazioni sul marmo, diminuendo il numero di elementi di ancoraggio a 6 e prevedendo uno sconto del 10% sul loro costo, diminuendo del 90 % lo sviluppo dei tubi in acciaio, il prezzo finale scenderebbe a 42300 euro, con un relativo numero di anni di ammortamento pari a 42.

È chiaro dunque che il problema non è tanto il costo dell'intervento, che risulta verosimilmente accettabile sia che sia 42300 euro, che 52900, ma il rendimento del sistema, che garantisce un risparmio solo pari a 1000 euro l'anno.

In prima battuta è possibile pensare che ciò che influisce sul rendimento della lamella captante sia il suo spessore, che è dato dai minimi imposti dalla scheda tecnica dell'elemento di fissaggio ad espansione geometrica.

Tuttavia anche supponendo di ridurre lo spessore totale a 4 cm, utilizzando sistemi di fissaggio più piccoli, il rendimento cambia di meno di un punto percentuale.

Non è possibile nemmeno cercare una causa del basso rendimento nel fatto che il sistema funziona solo in determinate condizioni, dato che il fatto di utilizzare il sistema per riscaldare acqua calda sanitaria fa sì che praticamente *tutta* l'energia assorbita venga ceduta al fluido freddo a 14°C.

Anche il fatto che l'utenza servita necessiti di alti quantitativi di acqua non influisce molto sul rendimento, dato che, se nel caso in esame l'acqua preriscaldata viene quasi istantaneamente utilizzata, anche supponendo di lasciarla circolare più volte all'interno delle lamelle, la temperatura che raggiungerebbe sarebbe comunque dell'ordine dei 25 - 30 °C nei picchi estivi. Dato che la conducibilità del marmo è molto alta, ma comunque oltre 100 volte minore di quella del rame, si potrebbe pensare che sia la causa della bassa temperatura del fluido circolante nelle lamelle; tuttavia, assegnando al marmo nel modello di calcolo la medesima trasmittanza dell'alluminio, il risultato finale cambia di pochi punti percentuali.

Il problema principale è dunque legato al fatto che la lamella è esposta alla circolazione dell'aria, e la radiazione solare non viene massimizzata in corrispondenza della sua superficie.

Le temperature con le quali si interfaccia il fluido sono quelle dell'aria esterna, che non supera mai i 40°C.

Diversamente da quanto avviene per i pannelli solari, l'Active Shading non prevede la presenza di strati isolanti dietro gli assorbitori e di strati in vetro che favoriscono l'aumento di temperatura cui sono esposti i pannelli; è un sistema molto più semplice, data la necessità di integrarlo architettonicamente al progetto.

Un sistema oscurante a lamelle esposto in un'area, come nel caso in esame, dove risente anche dei flussi d'aria naturali dovuti alla presenza dell'enorme massa d'acqua nella cava, molto probabilmente sarebbe stato più performante se integrato con sistemi fotovoltaici.

Uno dei motivi che hanno spinto a sviluppare la tecnologia Active Shading era il fatto di non voler vedere pannelli solari sulle coperture degli edifici dalla sommità della collina, a quota +16,00 m.

L'idea di base dunque, che più un elemento crea ombra più assorbe radiazione solare, era semplice, ma il suo sviluppo si è rivelato non particolarmente vantaggioso dal punto di vista economico.

Molto meno dispendioso, e molto più performante, sarebbe stato sfruttare l'enorme superficie disponibile nel parco e predisporre sotto i percorsi dei tubi captanti, sfruttando in maniera inversa il principio dei pavimenti radianti.

Impiegando marmo, invece che calcestruzzo, per le pavimentazioni, si sarebbe massimizzato l'assorbimento di calore, contando anche sul fatto che sarebbe stato possibile posizionare uno strato isolante tra i tubi ed il terreno.

Non sarebbe stato quindi necessario gravare *tecnologicamente* sul progetto, come è avvenuto nel caso dell'Active Shading, dove è stato indispensabile prevedere complessi elementi di sostegno costituiti da bracci in acciaio e pilastri cavi, in modo da consentire il passaggio dei tubi.

Ogni tecnologia ha i suoi pro e i suoi contro, ogni materiale ha i suoi pregi e i suoi difetti, ogni innovazione ha le sue potenzialità, e porta con sé peculiari vantaggi e carenze; il marmo e le pietre lasciano aperto un mondo di possibili applicazioni innovative, a noi il compito di definirle, svilupparle e approfondirle.



## BIBLIOGRAFIA

### Capitolo 1

Daniele Vitale, *Architetture Portoghesi. Tre scritti sul Portogallo del 1984, 1987, 1999*, Milano Politecnico, Quaderni del dottorato in Composizione Architettonica;

Aa. Vv., *Professione poetica. Alvaro Siza*, Electa, Milano, 1986;

Giacomo Borella, *La scuola di Porto*, Clup Città Studi, 1991;

Numo Portas - Manuel Mendes, *Portogallo. Architettura. Gli ultimi vent'anni*, Electa, Milano, 1991;

Ernesto Veiga de Oliveira, Fernando Galhano, *Arquitectura tradicional portuguesa*, Dom Quixote, Lisboa, 1992;

Massimo Del Vecchio, Gianfranco Marrucci (a cura di), *Portogallo e dintorni. Appunti di viaggio*, Edizioni Kappa, 1998;

Aa. Vv., *Gedea. Il Milione: Terre e popoli del Mondo*, Vol. 1, De Agostini, Novara, 2000;

Gabriele Szaniszlò (a cura di), *L'identità plurale. Caratteri dell'architettura portoghese*, Guida, 2002;

Guido Giangregorio (a cura di), *Quarantacinque domande a Eduardo Souto de Moura*, Clean Edizioni, Napoli, 2002;

Guido Giangregorio (a cura di), *Ventiquattro domande a Alvaro Siza*, Clean Edizioni, Napoli, 2002;

Guida D'Europa, *Portogallo Lisbona, Porto, l'Atlantico, Sintra e l'Estremadura, Madeira e le Azzorre*, Touring Club Italiano, 2002;

Antonio Esposito - Giovanni Leoni (a cura di), *Eduardo Souto de Moura*, Electa, Milano, 2003;

José Saramago, *Viaggio in Portogallo*, Einaudi, 2005;

Antonio Esposito - Giovanni Leoni (a cura di), *Fernando Tavora. Opera completa*, Electa, Milano, 2005;

Giacomo Corna Pellegrini, *Paesi e popoli del mondo*, Utet Università, 2007;

*Atlante Stradale e Turistico, Spagna & Portogallo*, Michelin, 2009;

R. Louis (a cura di), *Portogallo*, Lonely planet, EDT, 2009;

Walter Crum Watson, *Portuguese Architecture*, Michigan State University libraries, Chicago, 2009.

[agrupescolasvicosas.no.sapo.pt](http://agrupescolasvicosas.no.sapo.pt)

[www.abcdosvinhos.com](http://www.abcdosvinhos.com)

[www.cm-vilavicosas.pt](http://www.cm-vilavicosas.pt)

[www.esphcastro.pt](http://www.esphcastro.pt)

[www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it)

## Capitolo 2

J. M. Fitch, *La progettazione ambientale*, Franco Muzzio, Padova, 1980;

Paul von Naredi-Rainer, *A design Manual, Museum Buildings*, Birkhauser, Basel, 2000;

Helder Gançaves e João Mariz Graça, *Conceitos bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, Lisbona, 2004;

Silvio San Pietro, Paolo Fasoli, *Spas & recreation centers*, L'archivolto, Milano, 2004;

Simone Micheli (a cura di), *Centri benessere*, F. Motta, Milano, 2005;

Emilio Faroldi, Francesca Cipullo, Maria Pilar Vettori, *Terme e architettura. Progetti, tecnologie, strategie per una moderna cultura termale*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, 2007.

UNI 8289, 1981 - Esigenze dell'utenza finale - Classificazione;

UNI 10838,1999 - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia;

UNI EN ISO 7730, 2006 - Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale;

UNI 11277, 2008 - Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova costruzione e ristrutturazione.

[www.architizer.com](http://www.architizer.com)

[www.europaconcorsi.com](http://www.europaconcorsi.com)

### Capitolo 3

A. Benedetti (a cura di), *Norman Foster*, Zanichelli, Bologna, 1988;

Aa. Vv., *Norman Foster, 1964-1987*, A + U, Tokyo, 1988;

Ian Lambot (a cura di), *N. Foster, Light and Culture*, "Foster Associates", Watermark, Londra 1996;

Massimiliano Campi, *Norman Foster, il disegno per la conoscenza di strutture complesse e di geometrie pure*, Edizioni Kappa, Roma, 2002;

*Wohnhaus in Stadtbergen*, in "Detail", anno 2003, numero 11, pagg. 1274-1277;

*Carlos Ferrater, istituto di botanica*, in "Casabella", anno LXVIII (2004), numero 724, pagg. 82-89;

Aa. Vv., *Catalogue Foster and Partners*, Prestel, Munich, 2005;

Massimo Preziosi (a cura di), *Opere e progetti. Carlos Ferrater. Volume 1*, Electa, Milano 2007;

Massimo Preziosi (a cura di), *Opere e progetti. Carlos Ferrater. Volume 2*, Electa, Milano 2007.

[www.deutschlandschaft.de](http://www.deutschlandschaft.de)

[www.ferrater.com](http://www.ferrater.com)

[www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

[www.titus-bernhard.de](http://www.titus-bernhard.de)

[www.treehugger.com](http://www.treehugger.com)

### Capitolo 4

L.R. n. 6 20/02/1989 - Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione;

D.M. n. 236 14/06/1989 - Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;

Dgr n. 509 02/03/2010 - Prescrizioni Tecniche atte a garantire la fruizione degli edifici residenziali privati, degli edifici residenziali pubblici e degli edifici e spazi privati aperti al pubblico - allegato A.

## **Capitolo 5**

Circolare del Ministero dell'interno n. 91 14/09/1961 - Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile;

D.M. 16/02/1982 - Modificazioni del decreto ministeriale 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi;

D.M. 20/05/1992 - Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre;

D.M. 09/04/1994 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività turistico alberghiere;

D.M. 18/03/1996 - Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi;

D.M. 10/03/1998 - La gestione della sicurezza antincendio;

D.M. 10/03/2005 - Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso di incendio;

D.M. 15/03/2005 - Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo;

D.Lgs. n. 139 08/03/2006 - Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'articolo 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229;

D.M. 9/03/2007 - Determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco degli edifici;

D.M. 14/01/2008 - Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni;

Lettera Circolare n. 414 28/03/2008 - Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVVF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi;

D.P.R. n. 151 01/08/2011 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi.

UNI 10779, 1998 - Reti di idranti: Progettazione, installazione ed esercizio - Allegato B.

## **Capitolo 6**

UNI 10351, 1994 - Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore;

UNI EN ISO 6946, 1999 - Componenti e elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo;

EN ISO 6946, 2007 - Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method.

[www.foamglas.it](http://www.foamglas.it)

[www.knauf.it](http://www.knauf.it)

[www.schueco.com](http://www.schueco.com)

### **Capitolo 7**

D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;

Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio - calcestruzzo;

Circolare n. 617 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

### **Capitolo 8**

UNI EN 12440, 2008 - Pietre naturali - Criteri per la denominazione.

[www.assimagra.pt](http://www.assimagra.pt)

[www.lindapter.com](http://www.lindapter.com)

[www.stonecontact.com](http://www.stonecontact.com)

[www.videomarmoteca.it](http://www.videomarmoteca.it)

### **Capitolo 10**

D.P.R n. 412 26/08/1993 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia - integrato D.P.R 551/99;

D.M. 18/03/1996 - Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi;

Decreto Lei n. 80 04/04/2006 - Relativo as características de comportamento termico dos edificios (RCCTE);

D.G.R. 17/05/2006 - Requisiti per la costruzione, la manutenzione, la gestione, il controllo e la sicurezza, ai fini igienico-sanitari, delle piscine natatorie;

Decreto n. 5796 11/06/2009 - Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici.

UNI 10339, 1995 - Impianti aeraulici ai fini di benessere - Generalità, classificazione e requisiti;

UNI 10349, 1997 - Riscaldamento e raffreddamento degli edifici - Dati climatici;

ISO 13789, 2005 - Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo;

UNI 10379, 2005 - Riscaldamento degli edifici - Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato;

UNI 10637, 2006 - Requisiti degli impianti di circolazione, trattamento, disinfezione e qualità dell'acqua di piscina;

UNI EN 12831, 2006 - Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto;

UNI TS 11300, 2008 - Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;

UNI EN 1452, 2010 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato  
la trasmittanza lineica del tubo calcolata, in accordo alla norma UNI TS 11300 -2;

UNI 9182, 2010 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.

[www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)

[www.astralpool.com](http://www.astralpool.com)

[www.boldarino.com](http://www.boldarino.com)

[www.caleffi.it](http://www.caleffi.it)

[www.ferramentaonline.com](http://www.ferramentaonline.com)

[www.fischeritalia.it](http://www.fischeritalia.it)

[www.geberit.it](http://www.geberit.it)

[www.grundfos.it](http://www.grundfos.it)

[www.junkers.it](http://www.junkers.it)

[www.kflexsystem.com](http://www.kflexsystem.com)

[www.kramer-italia.it](http://www.kramer-italia.it)

[www.marcegaglia.com](http://www.marcegaglia.com)

[www.tecfer.it](http://www.tecfer.it)

[www.thermo-dynamics.com](http://www.thermo-dynamics.com)

[www.tiemme.com](http://www.tiemme.com)

[www.robur.it](http://www.robur.it)

[www.viessmann.it](http://www.viessmann.it)

## **Capitolo 12**

A. Gottfried, G.M. Di Giuda, *Ergotecnica Edile*, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna, 2011.

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Quartiere Alfama, Lisbona .....	19
Figura 2 - Vista dall'alto del quartiere Alfama a Lisbona .....	19
Figura 3 - Duomo di Evora, facciata .....	19
Figura 4 - Duomo di Evora, chiostro.....	20
Figura 5 - Monastero di Alcobaça .....	21
Figura 6 - Monastero di Gesù di Setúbal.....	21
Figura 7 - Chiesa di São Roque, Lisbona.....	22
Figura 8 - Collegio dei Gesuiti, Evora.....	23
Figura 9 - Chiesa di Santa Engrácia.....	23
Figura 10 - Cartina geofisica del Portogallo .....	30
Figura 11 - Cartina geopolitica del Portogallo.....	31
Figura 12 - Pergolato a Lisbona .....	32
Figura 13 - Residenza monofamiliare, Alvaro Siza .....	32
Figura 14 - Padiglione del Portogallo, Alvaro Siza .....	33
Figura 15 - Legenda .....	33
Figura 16 - Temperature medie giornaliere e radiazione solare diretta e diffusa .....	34
Figura 17 - Radiazione solare diretta .....	34
Figura 18 - Umidità relativa.....	34
Figura 19 - Frequenza dei venti.....	36
Figura 20 - Temperature dei venti .....	36
Figura 21 - Umidità relativa dei venti.....	36
Figura 22 - Frequenza dei venti in inverno.....	37
Figura 23 - Frequenza dei venti in primavera .....	37
Figura 24 - Frequenza dei venti in estate.....	37



Figura 25 - Frequenza dei venti in autunno .....	37
Figura 26 - Umidità dei venti in inverno.....	38
Figura 27 - Umidità dei venti in primavera .....	38
Figura 28 - Umidità dei venti in estate.....	38
Figura 29 - Umidità dei venti in autunno .....	38
Figura 30 - Temperature dei venti in inverno .....	39
Figura 31 - Temperature dei venti in primavera .....	39
Figura 32 - Temperature dei venti in estate.....	39
Figura 33 - Temperature dei venti in autunno .....	39
Figura 34 - Cartina stradale del Portogallo, Lisbona e distretto di Evora.....	40
Figura 35 - Suddivisione territoriale in comuni del Portogallo .....	40
Figura 36 - Cartina stradale, Evora e Vila Viçosa.....	41
Figura 37 - Vila Viçosa. In marrone è evidenziata la zona edificata, in rosa la zona delle cave. Il restante è destinato ad area agricola e riserva di caccia .....	42
Figura 38 - Vila Viçosa. In marrone è evidenziato il centro storico, in rossa le zone residenziali più recenti, in grigio la zona industriale .....	43
Figura 39 - Il palazzo ducale .....	46
Figura 40 - Le cave di marmo: voragini nel paesaggio .....	50
Figura 41 - Il suggestivo panorama creato dalle .....	51
Figura 42 - Le due facce di Vila Viçosa .....	51
Figura 43 - Fotografia satellitare del sito di progetto .....	53
Figura 44 - Stato di fatto del sito di progetto. Planimetria .....	54
Figura 45 - Livello dell'acqua nella cava .....	55
Figura 46 - Modello tridimensionale, vista prospettica .....	55
Figura 47 - Modello tridimensionale, vista prospettica .....	56
Figura 48 - Modello tridimensionale, vista prospettica .....	56
Figura 49 - Modello tridimensionale, vista prospettica .....	57

Figura 50 - Modello tridimensionale, vista dall'alto e planimetria quotata .....	57
Figura 51 - Foto di contesto: fronte sud del lotto .....	58
Figura 52 - Foto di contesto: fronte sud del lotto .....	59
Figura 53 - Foto di contesto: fronte sud del lotto .....	59
Figura 54 - Foto di contesto: fronte sud del lotto .....	60
Figura 55 - Foto di contesto: muro di confine del lotto .....	60
Figura 56 - Foto di contesto: ingresso del lotto .....	61
Figura 57 - Interno del lotto: vista generale dall'ingresso .....	61
Figura 58 - Interno del lotto: preesistenze.....	62
Figura 59 - Interno del lotto: percorso interno .....	62
Figura 60 - Interno del lotto: la cava e la collina .....	63
Figura 61 - Interno del lotto: la cava e la collina .....	63
Figura 62 - Interno del lotto: particolare delle balze .....	64
Figura 63 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava .....	64
Figura 64 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava .....	65
Figura 65 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava .....	65
Figura 66 - Interno del lotto: foto panoramica delle pareti della cava .....	66
Figura 67 - Interno del lotto: particolare della roccia .....	66
Figura 68 - Interno del lotto: particolare della balza.....	67
Figura 69 - Interno del lotto: particolare della balza.....	67
Figura 70 - Interno del lotto: balza a quota -8,40 m .....	68
Figura 71 - Interno del lotto: persone nel sito di progetto .....	68
Figura 72 - Interno del lotto: la collina.....	69
Figura 73 - Interno del lotto: persone sulla collina .....	69
Figura 74 - Interno del lotto: strada interna .....	70
Figura 75 - Interno del lotto: strada interna .....	70

Figura 76 - Interno del lotto: zona nord-est.....	71
Figura 77 - Interno del lotto: sentiero interno .....	71
Figura 78 - Interno del lotto: la cava .....	72
Figura 79 - Interno del lotto: la balza a quota -8,40m .....	72
Figura 80 - Interno del lotto: muro di confine con la Tapada Real .....	73
Figura 81 - Interno del lotto: particolare dei massi della collina .....	73
Figura 82 - Interno del lotto: percorso sulla collina .....	74
Figura 83 - Interno del lotto: percorso sulla collina .....	74
Figura 84 - Interno del lotto: percorso sulla collina .....	75
Figura 85 - Interno del lotto: foto panoramica della cava, mese di maggio .....	75
Figura 86 - Interno del lotto: foto panoramica della cava, mese di ottobre.....	76
Figura 87 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	76
Figura 88 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	77
Figura 89 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	77
Figura 90 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	78
Figura 91 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	78
Figura 92 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	79
Figura 93 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	79
Figura 94 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	80
Figura 95 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	80
Figura 96 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	81
Figura 97 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	81
Figura 98 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	82
Figura 99 - Panoramica a 360° del paesaggio attorno al sito di progetto.....	82
Figura 100 - Legami tra le attività. I legami presentati si ritroveranno nel progetto definitivo .	94
Figura 101 - Definizione delle Unità Spaziali. Sarà possibile leggere tale distribuzione nel progetto definitivo .....	112

Figura 102 - Siteplan.....	113
Figura 103 - Approccio progettuale .....	113
Figura 104 - Disposizione delle funzioni.....	113
Figura 105 - La rottura.....	114
Figura 106 - Gli edifici.....	114
Figura 107 - Un viaggio di esperienze .....	114
Figura 108 - Il masterplan.....	115
Figura 109 - La strada che conduce al sito .....	116
Figura 110 - L'ingresso: Sketch design e rappresentazione 3D.....	117
Figura 111 - Piante d'arancio nella piazza centrale.....	117
Figura 112 - Gabion bench .....	117
Figura 113 - Un primo sguardo alla cava: sketch design e rappresentazione 3D .....	118
Figura 114 - Il pergolato in corrispondenza del museo: sketch design e rappresentazione 3D	118
Figura 115 - Il centro benessere: sketch design e rappresentazione 3D .....	119
Figura 116 - Il patio esterno: pietra, legno, acqua e verde: sketch design e rappresentazione 3D .....	119
Figura 117 - Fine del viaggio: la zona vasche: sketch design e rappresentazione 3D .....	120
Figura 118 - La prima intersezione tra l'asse longitudinale e il percorso circolare.....	120
Figura 119 - Marble islands .....	121
Figura 120 - Un vicolo di Vila Viçosa di notte.....	122
Figura 121 - La cava di notte .....	122
Figura 122 - Cestini per la spazzatura .....	122
Figura 123 - I livelli di progetto .....	123
Figura 124 - Il museo: rappresentazione 3D .....	124
Figura 125 - La cava oggi .....	124
Figura 126 - Museo: livello 0 .....	124
Figura 127 - Museo: livello -1.....	124

Figura 128 - La terrazza naturale.....	124
Figura 129 - Contrapposizione liscio - frammentato tipica delle cave di marmo .....	125
Figura 130 - Sezione ambientale sul museo.....	126
Figura 131 - L'Hotel: rappresentazione 3D.....	127
Figura 132 - Il sito di progetto oggi .....	127
Figura 133 - Hotel: livello 0 .....	127
Figura 134 - Sezione trasversale in corrispondenza del giardino interno .....	128
Figura 135 - Sezione longitudinale .....	128
Figura 136 - La collina: rappresentazione 3D .....	130
Figura 137 - La collina oggi .....	130
Figura 138 - Centro benessere: livello +1.....	130
Figura 139 - La sauna finlandese .....	131
Figura 140 - Il bagno turco .....	132
Figura 141 - Soffioni doccia per cromoterapia.....	134
Figura 142 - La doccia scozzese .....	134
Figura 143 - La zona vasche.....	135
Figura 144 - Il percorso esterno oggi.....	136
Figura 145 - I totem: sezione longitudinale.....	137
Figura 146 - I totem: sezione trasversale .....	137
Figura 147 - La vasca Kneipp: sezione longitudinale.....	138
Figura 148 - La vasca Kneipp: sezione trasversale .....	138
Figura 149 - Concept: la cava .....	138
Figura 150 - La cava: sezione longitudinale.....	138
Figura 151 - La cava: sezione trasversale .....	138
Figura 152 - La vasca a sfioro affacciata verso lo splendido panorama della Tapada Real .....	139
Figura 153 - Zona fitness: rappresentazione 3D .....	140

Figura 154 - Zona fitness: livello -1 .....	140
Figura 155 - Il bar - ristorante: rappresentazione 3D.....	142
Figura 156 - Il sito di progetto oggi .....	142
Figura 157 - Il bar: livello 0 .....	142
Figura 158 - Il ristorante: livello -1 .....	142
Figura 159 - Sezione longitudinale .....	143
Figura 160 - Sezione trasversale.....	143
Figura 161 - Il parcheggio .....	145
Figura 162 - Vista diurna e notturna dell'abitazione: lato ingresso .....	148
Figura 163 - Vista diurna e notturna dell'abitazione: lato cortile .....	148
Figura 164 - Pianta piano terra, primo e copertura .....	149
Figura 165 - Sezione AA.....	149
Figura 166 - Sezione BB.....	149
Figura 167 - House 9x9: vista all'interno.....	149
Figura 168 - House 9x9: vista dall'interno.....	150
Figura 169 - House 9x9: vista dall'interno.....	150
Figura 170 - Fasi esecutive .....	151
Figura 171 - Fasi esecutive .....	151
Figura 172 - Dettagli costruttivi.....	152
Figura 173 - Pianta dell'intervento.....	153
Figura 174 - Vista complessiva dell'intervento .....	154
Figura 175 - Dettaglio della pavimentazione .....	154
Figura 176 - Accostamento calcestruzzo - legno.....	154
Figura 177 - Dettaglio della pavimentazione .....	155
Figura 178 - Dettaglio della pavimentazione .....	155
Figura 179 - Dettaglio della pavimentazione .....	156

Figura 180 - Accostamento di materiali: Centro servizi .....	158
Figura 181 - Accostamento di materiali: quattro case .....	158
Figura 182 - Sedute del Jardín Botánico de Barcelona.....	158
Figura 183 - Rivisitazione della seduta per il progetto.....	158
Figura 184 - Modellino tridimensionale della Maison Carrée.....	159
Figura 185 - Il dialogo tra la Maison Carrée e la.....	159
Figura 186 - Sezione longitudinale .....	161
Figura 187 - Una vista dell'interno .....	161
Figura 188 - Fronte principale: vista frontale.....	162
Figura 189 - Fronte principale: vista angolata.....	162
Figura 190 - Sketch design.....	163
Figura 191 - Sketch design.....	163
Figura 192 - Particolare delle schermature solari .....	163
Figura 193 - La terrazza esterna.....	163
Figura 194 - Parametri antropometrici dimensionali secondo D.P.R. 236/89 .....	167
Figura 195 - Spazi di manovra secondo D.P.R. 236/89.....	171
Figura 196 - Spazi antistanti e retrostanti le porte secondo D.P.R. 236/89.....	172
Figura 197 - Spazi di manovra secondo D.P.R. 236/89.....	173
Figura 198 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	174
Figura 199 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	175
Figura 200 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	176
Figura 201 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	177
Figura 202 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	178
Figura 203 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	179
Figura 204 - Dimensioni dei vani ascensori di ristorante, museo e hotel-SPA.....	180
Figura 205 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	181

Figura 206 - Segnaletica verticale secondo codice della strada.....	182
Figura 207 - Verifica della fruibilità dei parcheggi.....	183
Figura 208 - Minimi dimensionali secondo D.P.R. 236/89 .....	184
Figura 209 - Accostamento frontale.....	185
Figura 210 - Accostamento perpendicolare .....	185
Figura 211 - Accostamento laterale .....	185
Figura 212 - Accostamento bilaterale .....	186
Figura 213 - Fruibilità dei servizi igienici del museo.....	186
Figura 214 - Fruibilità dei servizi igienici del ristorante .....	187
Figura 215 - Fruibilità dei servizi igienici dell'hotel .....	188
Figura 216 - Fruibilità dei servizi igienici della SPA .....	189
Figura 217 - Fruibilità dei servizi igienici della zona fitness .....	189
Figura 218 - Hotel: adattabilità dei servizi igienici staff .....	190
Figura 219 - Zona fitness: adattabilità dei servizi igienici staff .....	190
Figura 220 - Ristorante: adattabilità dei servizi igienici staff .....	191
Figura 221 - Minimi normativi secondo D.P.R. 236/89 .....	191
Figura 222 - Nel progetto vengono impiegate stratigrafie a secco.....	199
Figura 223 - Suddivisione in compartimenti degli edifici di progetto .....	202
Figura 224 - Schematizzazione della rete naspi .....	211
Figura 225 - La collina di detriti vista dal campo di olivi a est del sito di progetto .....	261
Figura 226 - La collina costituita dalle pietre scartate derivanti dall'estrazione del marmo....	261
Figura 227 - Muro a gravità in gabion wall per il contenimento di un pendio.....	261
Figura 228 - Gabion wall in prossimità del letto di un fiume .....	261
Figura 229 - Le Cantine Dominus nella Napa Valley di Herzog & De Meuron .....	262
Figura 230 - Scorcio dell'ingresso delle cantine Dominus.....	262
Figura 231 - Elemento di arredo urbano in gabion wall.....	262



Figura 232 - Elemento di arredo urbano in gabion wall nel nuovo quartiere di espansione "Spina 3" a Torino .....	262
Figura 233 - Sezione della facciata in gabion wall con le quote di interpiano .....	263
Figura 234 - Prospetto e sezioni della gabbia .....	264
Figura 235 - Particolare della piastra di fissaggio del montante alla soletta in calcestruzzo....	265
Figura 236 - L'immagine mostra la fase di riempimento della gabbia .....	266
Figura 237 - Tabella per la determinazione della classe di rugosità del terreno .....	276
Figura 238 - Tabella per la determinazione della categoria di esposizione del sito .....	276
Figura 239 - Tabella per la determinazione di $k$ , $z_0$ , $z_{min}$ .....	276
Figura 240 - Esposizione al vento: caso 1.....	278
Figura 241 - Esposizione al vento: caso 2.....	278
Figura 242 - Il solaio più caricato.....	282
Figura 243 - Sezione resistente .....	282
Figura 244 - Involuppo dei momenti .....	283
Figura 245 - Involuppo dei tagli.....	284
Figura 246 - Stonehenge .....	304
Figura 247 - La grande muraglia cinese.....	304
Figura 248 - Tubolare annegato in pietra ricomposta .....	305
Figura 249 - Tubolare fissato tra due lastre di pietra.....	305
Figura 250 - Tubolare passante tra blocchi di pietra.....	305
Figura 251 - Il serpentino in rame inserito tra due lastre di pietra.....	305
Figura 252 - Sunstrip .....	306
Figura 253 - Giunto idraulico rotante.....	310
Figura 254 - Esploso del giunto idraulico rotante .....	311
Figura 255 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Resistenza a compressione vs Modulo di Young .....	314
Figura 256 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Resistenza a flessione vs Conducibilità termica .....	315

Figura 257 - Diversi tipi di pietra presentati su un diagramma Conducibilità termica vs Densità .....	315
Figura 258 - La lamella finita, in sezione trasversale.....	321
Figura 259 - Estrazione di blocchi di marmo nei dintorni di Vila Viçosa .....	322
Figura 260 - Stoccaggio blocchi di marmo negli stabilimenti nei dintorni di Vila Viçosa .....	323
Figura 261 - Il taglio dei blocchi di marmo .....	324
Figura 262 - Stoccaggio lastre .....	325
Figura 263 - Fresa multiutensile a gambo eccentrico .....	325
Figura 264 - Lastra superiore: sezione trasversale.....	326
Figura 265 - Lastra inferiore: sezione trasversale .....	326
Figura 266 - Il taglio delle lastre .....	326
Figura 267 - Levigatrice per marmo .....	327
Figura 268 - Sunstrip .....	328
Figura 269 - Laminatoio.....	329
Figura 270 - Saldatura a freddo tra rame e alluminio .....	329
Figura 271 - La sunstrip, chiusa e insufflata .....	330
Figura 272 - Elemento di connessione al tubo a sezione circolare .....	330
Figura 273 - Sunstrip: zoom sull'elemento in rame .....	330
Figura 274 - Spaccato assonometrico della lamella .....	331
Figura 275 - Sezione trasversale della lamella .....	331
Figura 276 - Giunti a stringere maschio e femmina .....	332
Figura 277 - Confronto con lo stesso rapporto di scala tra giunti a stringere e giunti a innesto rapido .....	333
Figura 278 - Viste 3D delle lamelle messe in opera .....	333
Figura 279 - Esploso del sistema di fissaggio della lamella .....	334
Figura 280 - Tassello in acciaio per il fissaggio su cavità non accessibili.....	334
Figura 281 - Schema delle azioni sollecitanti .....	335

Figura 282 - Condizioni di esposizione della lamella.....	337
Figura 283 - Lo studio del fenomeno avviene lungo gli assi x e y .....	339
Figura 284 - Sezione della Sunstrip lungo l'asse x.....	339
Figura 285 - Particolare del tubo centrale in rame .....	340
Figura 286 - Bilancio energetico su un dx .....	340
Figura 287 - Bilancio energetico su un dy .....	344
Figura 288 - Analisi della radiazione solare incidente tramite un software di calcolo .....	348
Figura 289 - Lo schema distributivo dell'Active Shading secondo i 4 angoli di azimuth.....	349
Figura 290 - Posizionamento della griglia di calcolo per la determinazione dello Shading Coefficient.....	350
Figura 291 - Locale impianti: livello 0.....	367
Figura 292 - Locale impianti: livello -1.....	367
Figura 293 - Schema impiantistico .....	368
Figura 294 - Diagramma delle perdite di carico per flussi d'aria in condotte metalliche .....	397
Figura 295 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 01 .....	401
Figura 296 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 02 .....	402
Figura 297 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 03 .....	403
Figura 298 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 04 .....	404
Figura 299 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 05 .....	405
Figura 300 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 01 .....	406
Figura 301 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 02 .....	407
Figura 302 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 03 .....	408
Figura 303 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 04 .....	409
Figura 304 - Trasformazioni dell'aria umida nell'UTA 05 .....	410
Figura 305 - Unità di Trattamento Aria 01 .....	412
Figura 306 - Unità di Trattamento Aria 02 .....	413
Figura 307 - Unità di Trattamento Aria 03 .....	413

Figura 308 - Unità di Trattamento Aria 04 .....	414
Figura 309 - Unità di Trattamento Aria 05 .....	414
Figura 310 - Le vasche a sfioro .....	415
Figura 311 - Le vasche a skimmer .....	416
Figura 312 - Schema di funzionamento di una piscina.....	417
Figura 313 - Spaccato assonometrico di una piscina standard .....	420
Figura 314 - I filtri .....	428
Figura 315 - Perdite di calore del fluido dovute al reintegro quotidiano di acqua .....	431
Figura 316 - Gli scambiatori di calore.....	432
Figura 317 - Tabella per il calcolo delle Unità di Carico .....	436
Figura 318 - Tabella per il calcolo delle portate.....	436
Figura 319 - I tubi multistrato .....	437
Figura 320 - Diagramma per il calcolo dei diametri dei tubi .....	437
Figura 321 - Spaccato assonometrico della distribuzione di acqua calda sanitaria .....	438
Figura 322 - Tabella per il calcolo delle perdite di carico.....	445
Figura 323 - Tabella per il calcolo delle perdite di carico concentrate .....	446
Figura 324 - Schema dell'allacciamento all'acquedotto.....	447
Figura 325 - Le pompe di circolazione.....	449
Figura 326 - Curva di funzionamento delle pompe sui circuiti caldo e ricircolo .....	449
Figura 327 - Curva di funzionamento delle pompe sul circuito freddo .....	450
Figura 328 - Il bollitore .....	455
Figura 329 - Il bollitore: dati geometrici.....	456
Figura 330 - Diagramma per il calcolo delle perdite di carico nel bollitore .....	456
Figura 331 - Tabella per il calcolo del fabbisogno quotidiano di acqua calda sanitaria secondo il Decreto n. 5796.....	464
Figura 332 - Percentuale del fabbisogno di Energia Primaria coperta gratuitamente dall'Active Shading.....	473

Figura 333 - Percentuale media annuale di Energia Primaria coperta in modo gratuito dall'Active Shading ..... 474