POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura
Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile - Architettura

E.T.E.N: El Triangùlo Encantado de los Niños

Riqualificazione urbanistica alla periferia Est di Siviglia per lo sviluppo di un nuovo centro cittadino. Progetto di un asilo nido pubblico tecnologicamente evoluto con analisi dinamiche del comportamento dell'involucro edilizio e sfruttamento dell'energia solare.

Relatore: Prof. Gabriele Masera
Correlatore: Ing. Matteo Colombo

Tesi di laurea di:
Elena Moro Matr. 668966

Anno Accademico 2009/2010

INDICE GENERALE

ABSTRACT 1

1 CUIDAD DE SEVILLA 4

1.1 Localización 5

1.1.1 Region Andalucia 5
1.1.2 Las Provincias de Andalucia 9

1.2 Urbanismo de Sevilla 13

1.2.1 Provincia de Sevilla 13
1.2.2 Cuidad de Sevilla: Aglomeración metropolitana 14

1.2.2.1 Introducción. 14
1.2.2.2 Caracterización territorial y proceso de conformación de la aglomeración metropolitana. 14
1.2.2.3 Caracterización socioeconómica del área. 16
1.2.2.4 Problemas, desordenes y tensiones de la aglomeración. 20

1.2.3 Sectores metropolitanos actuales 21

1.3 Expo 1992 23

2 CLIMA Y DEMOGRAFìA 32

2.1 Las tendencias demograficas 33

2.1.1 Provincia de Sevilla 33

2.1.1.1 Densidad de poblacion 34
2.1.1.2 Natalidad y mortalidad, esparanza de vida 34
2.1.1.3 Distribución 36
2.1.1.4 Población inmigrante 36

2.1.2 Cuidad de Sevilla 38

2.1.2.1 Poblacion 38
2.1.2.2 Edad de la poblacion 40
2.1.2.3 Sexo de la poblacion 41
2.1.2.4 Poblacion emigrante 43

2.2 El clima ... 44
2.2.1 Temperatura ... 44
2.2.2 Dias de lluvia ... 47
2.2.3 Humedad y viento ... 50
2.2.4 Radiacion ... 51
2.2.5 Calidad del aire ... 53

3 SEVILLA Y LA SOSTENIBILIDAD ... 56
3.1 Verde publico ... 57
3.1.1 Proyecto: “Sevilla cuidad Verde” ... 57
3.1.2 Diferente tipologia de verde ... 58
3.1.3 Parques y Jardines ... 62
3.2 Movilidad ... 70
3.2.1 Carreteras ... 71
3.2.1.1 Circunvalación exterior de la ciudad ... 71
3.2.1.2 La red viaria de carácter metropolitano ... 73
3.2.1.3 El sistema viario urbano de la ciudad de Sevilla ... 74
3.2.2 Autobuses ... 76
3.2.3 Tram ... 77
3.2.4 Metro ... 79
3.2.5 Tren ... 82
3.2.6 Bicicleta ... 83
3.2.7 Puerto ... 88
3.2.8 Percursos peatonales ... 88
3.2.9 Aerpuerto ... 92
3.3 Energìa sostenible ... 93
3.3.1 Andalicia en en contexto europeo ... 93

4 IL PROGETTO ARCHITETTONICO ... 100
4.1 Il bando ... 101
4.2 L’area di progetto ... 104
4.2.1 Situazione stradale ... 104
4.2.2 Morfologia urbana ... 105
4.3 Il masterplan ... 106

4.3.1 Le criticità 106
4.3.2 Gli edifici e la loro dislocazione 109
4.4 L'asilo nido: 112
4.4.1 Premessa 112
4.4.2 Tipologie edilizie 112
4.4.2.1 Esempi: Tipo centrale 113
4.4.2.2 Esempi: Tipo lineare o a corridoio 113
4.4.2.3 Esempi: Tipo Lineare combinato, o a pettine 114
4.4.2.4 Esempi: Tipo Lineare con nucleo centrale 115
4.4.2.5 Esempi: Tipo Additivo, o a padiglioni 116
4.4.3 L'idea iniziale 118
4.4.3.1 La nuova idea 119
4.5 Casi simili 120
4.5.1 Asilo di Terragni a Como 120
4.5.2 Asilo infantile nel parrocchia di Munster di Gunter Benhisch 121
4.5.3 Scuola materna a Villar Perosa_ Gae Aulenti 122
4.5.4 Asilo di Lustenau 123
4.6 Il progetto 124

5 IL SISTEMA STRUTTURALE 132
5.1 Premessa 133
5.2 Edificio a due altezza 134
5.2.1 Premessa 134
5.2.2 Calcolo agli stati limite per le strutture lignee 137
5.2.2.1 Verifiche agli stati limite ultimi 138
5.2.2.2 Verifica agli stati limite di esercizio 142
5.2.3 Valutazione dei carichi permanenti 145
5.2.4 Valutazione dei carichi variabili 148
5.2.5 Azione del vento 149
5.2.6 Azione della neve 153
5.2.7 Dimensionamento 155
5.2.7.1 Travi secondarie di copertura 155
5.2.7.2 Travi principali di copertura 158

5.2.7.3 Travi secondarie del solaio 172
5.2.7.4 Travi principali del solaio 174
5.2.8 Dimensionamento dei pilastri 178
5.2.8.1 Pilastri compressi 179
5.2.8.2 Pilastri pressoinflessi 185
5.2.9 Resistenza al fuoco 194
5.2.9.1 Verifica resistenza al fuoco 196
5.2.10 I controventi 198
5.2.10.1 Il vento 199
5.2.10.2 Il sisma 201
5.2.10.3 Carichi agenti 207
5.2.10.4 Utilizzo del software e analisi dei risultati 207
5.2.10.5 Verifiche sugli elementi 208
5.2.11 Nodi strutturali 213
5.2.11.1 Tipologie di collegamento adottate 213
5.2.11.2 Teoria di Johansen 214
5.2.11.3 Limitazioni della teoria 215
5.2.11.4 Dimensionamento e verifiche sugli spinotti e sulle viti 216
5.2.11.5 Dimensionamento e verifiche sulle piastre 219
5.2.11.6 Dimensionamento delle unioni 221
5.2.11.6.1 Unione trave principale – pilastro 221
5.2.11.6.2 Unione trave principale - trave secondaria 227
5.2.11.6.3 Unione alla base del pilastro 231
5.2.12 Fondazioni 234
5.3 Il montaggio della struttura 234
5.3.1 Introduzione 234
5.3.2 Procedimento e fasi di montaggio 235

6 SISTEMA TECNOLOGICO 242
6.1 Strategie d'involucro 243
6.1.1 Studio comportamentale delle chiusure secondo UNI EN ISO 13786 243
6.1.2 Confronto tra differente tipologie costruttive 251
6.1.3 Controllo della condensa interstiziale 266

6.1.4 Studio del benessere acustico 269
6.1.4.1 Confort acustico 269
6.1.4.2 Tempo di riverberazione 270
6.1.4.3 Calcolo del tempo di riverberazione 273
6.1.5 Analisi termica delle diverse chiusure utilizzate 276
6.1.5.1 Chiusura verticale CV1 276
Vapore accumulato 279
6.1.5.2 Chiusura verticale CV2 280
Vapore accumulato 284
Condensa non presente 284
6.1.5.3 Chiusura verticale CV3 286
Vapore accumulato 289
Condensa non presente 289
6.1.5.4 Chiusura orizzontale CO1 291
Vapore accumulato 295
Condensa non presente 295
6.1.5.5 Chiusura orizzontale CO2 296
Vapore accumulato 299
Condensa non presente 299
6.1.5.6 Chiusura orizzontale CO3 300
Vapore accumulato 303
Condensa non presente 303
6.1.5.7 Chiusura orizzontale CO4 304
6.1.5.8 Chiusura inclinata CI1 308
Vapore accumulato 311
Condensa non presente 311

7 STRATEGIE PASSIVE 312
7.1 Introduzione: Illuminamento naturale 313
7.1.1 La luce naturale all'interno degli edifici: il DF 315
7.1.2 Analisi illuminotecnica 317
7.1.3 Atrio - Mensa 321
7.1.4 Aule- Corridoio aule 333
7.1.5 Ingresso 344
7.2 Conclusioni 348

8 SISTEMA IMPIANTISTICO 350

8.1 Valutazione dei carichi termici estivi 351

8.1.1 Carico dovuto a radiazione solare attraverso il vetro 354

8.1.1.1 Carichi per irraggiamento senza accumulo e senza schermi 358

8.1.1.2 Carichi per irraggiamento considerando il fattore d'accumulo 361

8.1.1.3 Carichi per irraggiamento con fattore d'accumulo e schermi adottati 364

8.1.1.4 Confronti dei risultati ottenuti 368

8.1.2 Carico dovuto a trasmissione 369

8.1.2.1 Trasmissione attraverso le pareti trasparenti 370

8.1.2.2 Confronto 375

8.1.2.3 Trasmissione attraverso le pareti opache 376

8.1.3 Carichi interni: macchinari, illuminazione, persone 386

8.1.3.1 Persone 388

8.1.3.2 Illuminazione 388

8.1.3.3 Macchinari 389

8.1.4 Risultati ottenuti 390

8.2 Dispersioni invernali 396

8.2.1 Risultati 399

8.3 Analisi termiche per gli ambienti minori 400

8.4 Unità di trattamento dell'aria 410

8.4.1 Qualità dell'aria 410

8.4.2 Necessità di ventilazione 414

8.4.3 Sistema impiantistico 416

8.4.3.1 Tipologia d'impianto scelta 416

8.4.3.2 Il funzionamento 418

8.4.3.3 Il recuperatore 419

8.4.3.4 La pompa di calore : cos'è e come funziona 421

8.4.4 Dimensionamento dell'unita di trattamento dell'aria 424

8.4.4.1 Fabbisogni dei due impianti 425

8.4.4.2 Calcolo del fabbisogno termico con il recuperatore di calore 431

8.4.4.3 Calcolo della batteria di riscaldamento 432

8.4.4.4 Calcolo della batteria di raffrescamento 433

8.5 Impianto ACS 439

8.5.1 introduzione 439

8.5.2 Scelta impiantistica 441
8.5.3 Calcolo dell'energia prodotta 444
8.5.4 Altri elementi dell'impianto 448

8.6 Impianto fotovoltaico 449

8.6.1 Il fotovoltaico in Spagna 449
8.6.2 Tipologia d'impianto 451
8.6.3 Dimensionamento 454

8.7 Bilancio energetico 463

8.7.1 Immissione dati 463
8.7.2 Dati di output 465
8.7.3 Raffronto con l'edificio non ottimizzato 468

8.7.3.1 Chiusure verticali trasparenti 468
8.7.3.2 Chiusure opache 469

9 CONSIDERAZIONI ERGOTECNICHE 472

9.1 Analisi introduttive 473
9.2 Introduzione al Piano di Sicurezza e Coordinamento 473

9.2.1 Sezione A : contestualizzazione dell'intervento 474

9.2.1.1 A.1 _ Caratteristiche intrinseche dell'area 474
9.2.1.2 A.2 _ Impatto ambientale del cantiere 478
9.2.1.3 A.3 _ Interferenze con le condizioni di esercizio dell'area 479

9.2.2 Sezione B: organizzazione del cantiere. 479

9.2.2.1 B.1 .1 Fasi di cantiere 479
9.2.2.2 B.1.2 Spazi di cantiere disponibili 480
9.2.2.3 B.1.3 Delimitazione del cantiere 481
B.1.4 Accessi e percorsi del cantiere 481
9.2.2.4 B.1.5 Luoghi e postazioni di lavoro 483
9.2.2.5 B1.6 _ Depositi di cantiere 486
9.2.2.6 B1.7 _ Movimentazioni di cantiere 487
9.2.2.7 B1.8 _ Reti impiantistiche 488
9.2.2.8 B2.3 _ Amianto 490
9.2.2.9 B2.4 _ Gestione e assistenza emergenze 490
9.2.2.10 B2.7 _ Pulizia del cantiere 490
9.2.2.11 B2.8 _ Rifiuti di cantiere 490
9.2.2.12 B2.10 _ Cartellonistica 491

9.2.3 Sezione C: analisi e programmazione operativa dell'intervento 493
9.2.3.1 C.1 _ Analisi delle lavorazioni 493
9.2.3.2 C.2 _ Programma lavori standard 496

BIBLIOGRAFIA 506

INDICE FIGURE 510

INDICE TABELLE 516

INDICE GRAFICI 521

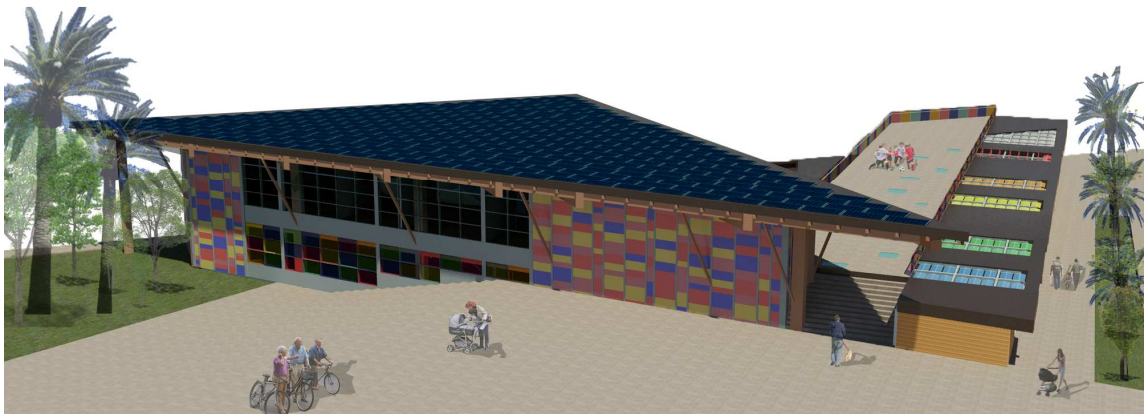
INDICE TAVOLE 524

RINGRAZIAMENTI 525

ABSTRACT

La presente tesi rivolge l'attenzione alle principali problematiche energetiche connesse all'edilizia scolastica destinata ai più piccoli, in un clima mediterraneo caratterizzato da estati molto calde e inverni miti. L'edificio, di carattere contrastante con l'intorno, è caratterizzato da ambienti interni caldi e colorati, è chiuso in se stesso, dall'esterno lascia intravedere poco per aprirsi su un giardino interno, luogo di gioco sicuro.

L'edificio è concepito per raggiungere elevate prestazioni energetiche, grazie ad una adeguata progettazione dell'involucro edilizio e del sistema impiantistico. L'obiettivo principale di questa trattazione è quello di condurre uno studio approfondito sul comportamento di tecnologie d'involucro stratificate a secco in climi molto caldi. È stata svolta una ricerca ed effettuato un confronto tra diversi sistemi di chiusura al fine di individuare il miglior comportamento nelle condizioni climatiche del sito d'interesse. Le analisi sono state eseguite in regime invernale così come in regime estivo, valutando il comportamento dinamico. Particolare attenzione è stata rivolta allo sfruttamento delle risorse rinnovabili, con l'applicazione di pannelli fotovoltaici e solari in grado di soddisfare il fabbisogno di ACS e di elettricità per il 90%. Il raffrescamento dell'edificio è garantito dalla ventilazione naturale, nelle stagioni intermedie grazie allo studio del posizionamento delle diverse aperture che, nelle stagioni più calde può essere sostituita dalla ventilazione forzata. Parte integrante e di notevole rilievo è inoltre lo studio illuminotecnico, base di scelte progettuali e architettoniche, che hanno portato alla configurazione finale dell'edificio. Tale studio ha come obiettivo la riduzione dell'entrata di luce nel periodo caldo al fine di ridurre gli apporti di calore provenienti dall'esterno ed evitare gli abbagliamenti nei locali interni, e al tempo stesso di garantire un'entrata di luce tale da poter far ricorso limitatamente ai sistemi di illuminazione artificiali. Carattere distintivo dell'edificio sono i materiali utilizzati, scelti nel rispetto dell'ambiente, quali legno, ceramica e linoleum generato da gomma riciclata, in grado di rendere gli ambienti interni ed esterni a misura di bambino. La soluzione strutturale adottata è di tipo ligneo, parte realizzata con travi e pilastri e parte in pannelli autoportanti, al fine di coniugare aspetti di carattere tecnico ed estetico; è pertanto stata ritenuta la soluzione più idonea in relazione alle difficoltà esecutive di altre tipologie strutturali legate al grande caldo.



ABSTRACT

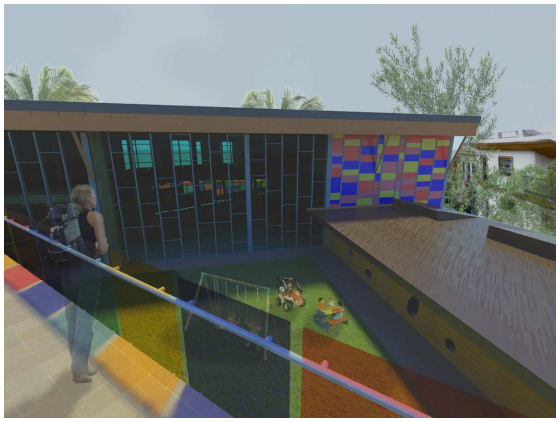
This thesis focuses on a particular theme of childish school building: the main energy problems in a Mediterranean climate having hot Summers and mild Winters.

The block, contrasting with everything all around, has inner coloured warm rooms. Because of its closing towards the environment, very little of it can be seen staying outside. But internally it presents a wide garden which can be considered a protected place to play. Thanks to a suitable structure design and its system plant, the building features high energetic performances. This work is a deep study about the behaviour of stratify wrapping technologies in hot dry climate conditions. A widen research and many comparisons among different closure systems have given the possibility to find the better behaviour referring to the weather conditions of the place in object. The analysis has been carried out both in Winter period and Summertime, to value the energetic conduct at best. Besides the exploitation of renewable resources presents a considerable attention: the use of solar and photovoltaic panels can satisfy the 90% of ACS and electricity requirement. During middle seasons, thanks to the different windows, the whole structure is freshened up by a natural ventilation; in hottest periods a forced ventilation can be added. Also the illuminating engineering study establishes an important basis for the design and architectural choices that produced the final result. The aim of this survey is reducing the light entrance during Summertime, to decrease heat flow coming from outside and to avoid a possible dazzling inside. At the same time, because of this external light, the artificial illumination is little used. The building distinguishes moreover for its environment respectful materials: wood, ceramic, linoleum deriving from recycled rubber, all of them are chosen, each of them chosen to make both the interior and exterior places child measured. The structure presents a wooden final solution, with girders and pillars on one hand and self carrying panels on the other, to join technical and aesthetic aspects all together. According to the possible executive difficulties of other kind of structures in relation to the hot weather, this solution seems to be the most suitable one.













Sevilla y su Historia

1 CAPITOLO 1 : CUIDAD DE SEVILLA

1.1 LOCALIZACIÓN

1.1.1 REGION ANDALUCIA

Sevilla está situada al SO de la Península Ibérica, en el centro de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Sevilla, capital de Andalucía, es la cuarta ciudad de España en cuanto al número de habitantes. Esta cuenta con 704.414 personas en el término municipal. La población total en la capital y los 105 pueblos de la provincia es de 1.835.077 habitantes repartidos en un área de 14.042 kilómetros cuadrados. Sevilla puede ser considerada, sin lugar a dudas, el centro artístico, cultural, financiero, económico y social del sur de España.

A tan sólo 6 metros sobre el nivel del mar, en plena Vega y Campiña del río Guadalquivir, y a orillas de éste, conforma una aglomeración urbana que se extiende hacia el Aljarafe, Las Marismas, el Parque Nacional de Doñana, la Sierra Norte y la Sierra Sur. La condición de terreno bajo, llano, con suelos agrícolas fértiles y productivos, y ribereño del río Guadalquivir en la antesala marismeña, pero expuesto a inundaciones periódicas que secularmente han supuesto riesgo para la ciudad y los espacios rurales, tal vez sea el factor físico más determinante en la estructuración del territorio municipal y en la definición del modelo de su entorno rural y natural.

Este medio natural y en especial las características de inundabilidad de sus tramos bajos y la singularidad de su régiµen dináµico han condicionado de tal manera la organización actual del µunicipio, sus creciµientos urbanos, el trazado de las infraestructuras y el µodo de su entorno que, en la actualidad, el sisteµa fluvial, la trama urbana y el áµbito rural constituyen una matriz que registra una intrincada estructura de interrelaciones donde se encuentran y se solapan todos los coµponentes territoriales y ambientales.

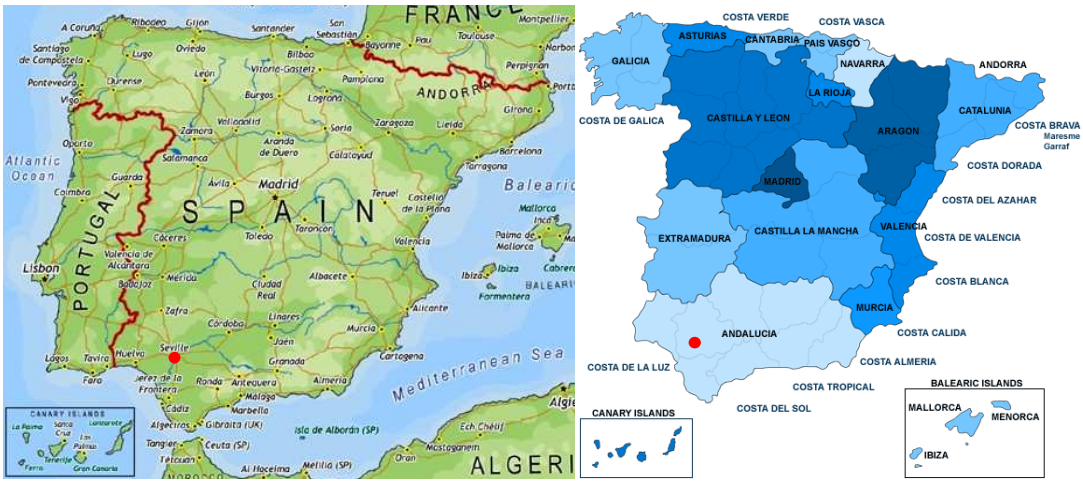


Figura 1.1.a Cartina topografica della Spagna

El área de Sevilla es la clave de arco del sistema regional de asentamientos de la Depresión del Guadalquivir.

La inflexión y apertura del Valle del Guadalquivir desde Sevilla hacia el mar, y la tardía desecación del lago Ligustino (hoy área de marismas de Sevilla, Cádiz y Huelva), bifurcan en Sevilla estos recorridos hacia los puertos de Huelva y Cádiz, confiriendo a la primera una posición estratégica de cruce de ejes primarios − el último vado antes de la desembocadura del río − y de ciudad portuaria o costa interior. Este esquema, consolidado desde época romana, resulta determinante en la hegemonía regional ejercida por Sevilla desde que, tras el Descubriµiento, se convierte en cabecera de puente del intercambio transoceánico, centro comercial y financiero que le confiere su primacía regional moderna.

El potente eje SO−NE, formado originariamente por el tramo de río navegable hasta Sevilla y las trazas del ferrocarril y viario paralelos al río, ha configurado una sólida estructura incorporada como parte de las principales líneas de comunicación nacional, que mantienen como directriz la orientación SO−NE (río navegable y ferrocarril) aunque en el viario planteará un desplazamiento paralelo más alejado del cauce de directriz más clara y contundente (Alcalá, Carmona, Écija, o Utrera).

Para comprender la estructura territorial de Andalucía y cómo se integra en ésta el área urbana de Sevilla tenemo que recorrir al plan de Ordenación del Territorio de Andalucía (POTA), desde aqui se pueden extraerse algunos aspectos significativos.

Empiazamos con el estudio de las relaciones entre Andalucia y toda Espana, lo vamos a hacer vendo este mape en el que podemos ver los puntos mas importante donde haya mas contacto entre Andalusia y todo el intorno: Espana y tambien el Mediteraneo.

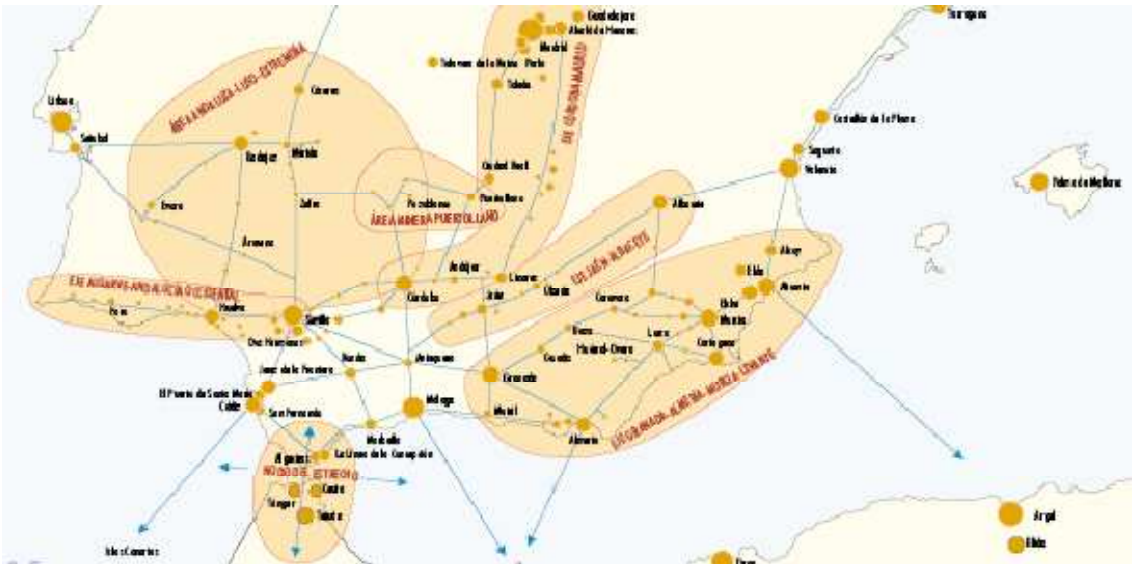


Figura 1.1.b Principali assi di comunicazione tra Andalucia e Spagna

Existen varios aspectos importantes con relación a la mejora de la integración exterior de Andalucía, entre los que destacan, fundamentalmente, los que hacen referencia a la continuidad de las infraestructuras de relación (red ferroviaria, red viaria, red de gasoductos, telecoµunicaciones, puertos y aeropuertos) y al desarrollo de la complementariedades existentes desde el punto de vista del sistema productivo, que permitan una mejor integración de Andalucía con y el centro y noroeste de España.
Es importante la penetración de las relaciones económicas y funcionales del Arco Atlántico hasta el interior de Andalucía, para conectar con el extremo del Arco Mediterráneo en el Bajo Guadalquivir y el área del Estrecho de Gibraltar.

La disposición de los asentamientos de población en Andalucía permite diferenciar una serie de ejes principales de organización urbana en los que se concentra el poblamiento y la actividad económica:

a) El Eje del Guadalquivir
b) El Eje Diagonal Interµedio
c) El Eje Central
d) El Eje Transversal
e) El Eje Litoral

Si vamos a hacer un estudio de la cuidades más importantes de Andalusia, nos vemos que se ha configurado una red de ciudades de primer nivel (entre 100.000 y 700.000 habitantes) en paralelo al proceso de expansión urbana e integración funcional de la mayoría de ellas hacia los núcleos de su entorno, lo que ha ido conformando ámbitos metropolitanos. Su distribución en la región constituye uno de los elementos esenciales y diferenciadores de la estructura territorial andaluza.

Las áreas urbanas más importantes son las correspondientes a los nueve ámbitos territoriales de Sevilla, Málaga, Bahía de Cádiz−Jerez de la Frontera, Granada, Córdoba, Alµería, Huelva, Jaén y Bahía de Algeciras. Estos ámbitos se encuentran en umbrales que se sitúan entre 200.000 y 1.100.000 habitantes. En cada uno de ellos se integran, junto a la ciudad principal, un conjunto de núcleos directaµente vinculados por funciones y actividades coµunes, que conforman procesos de aglomeración urbana y que, en algunos casos, adoptan un funcionamiento característico de áreas metropolitanas.

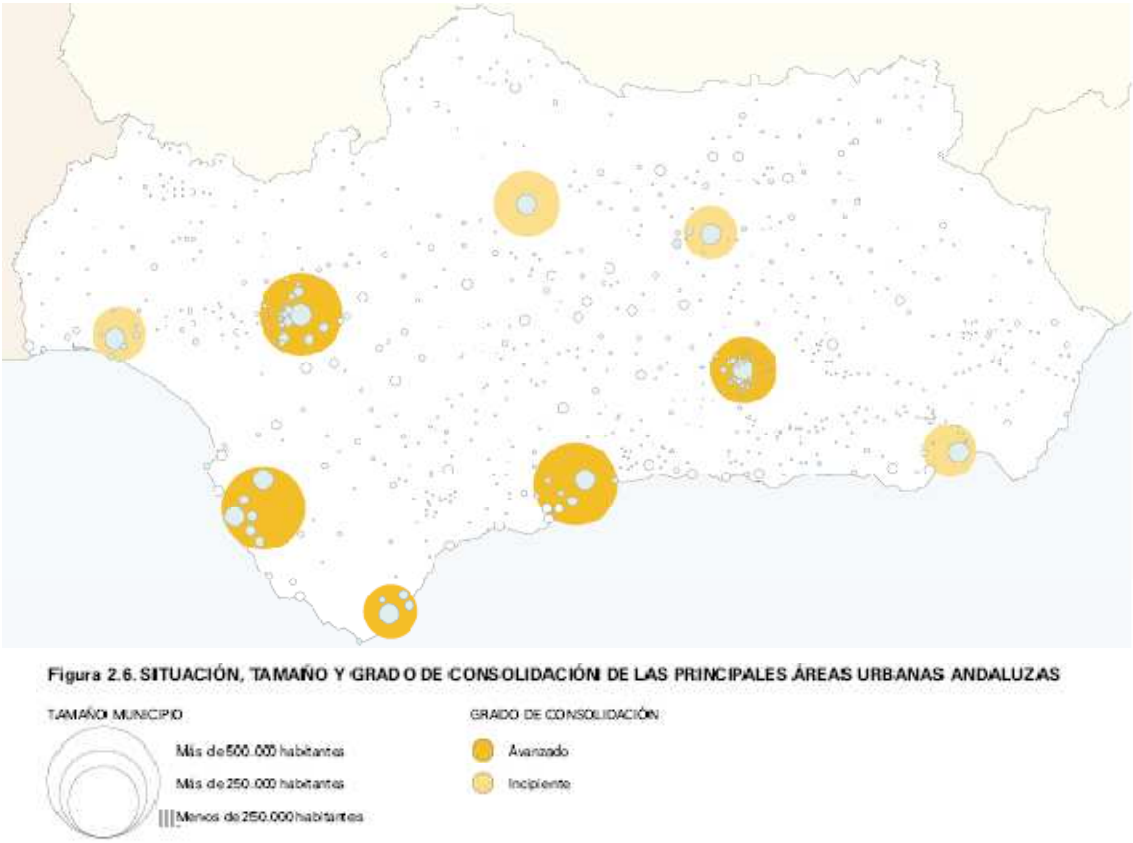


Figura 1.1.c Città principali dell'Andalucia e grandeza della loro area metropolitana

El marco de enfoques, objetivos y principios del modelo territorial se apoya en una interpretación de los elementos que se identifican como constitutivos de la estructura territorial de la región:

- El sistema regional de asentamientos de población (ciudades principales, ciudades medias, pequeñas ciudades, núcleos rurales, y otros asentamientos).
- El sistema de transportes y comunicaciones, constituido por las redes de infraestructuras y servicios básicos en la escala regional, soporte de las relaciones territoriales principales.
- El sistema ecológico, de la base natural y los usos extensivos del suelo, definido según modelos y escenarios comunes de manejo y transformación y entendido como referente físico de la ordenación.

Como una consecuencia directa el modelo plantea una segunda referencia constituida por el Esquema Básico de Articulación Regional, en el que se expresan las vinculaciones que se establecen entre los diferentes componentes del Sistema de Ciudades, en una imagen global de integración regional.

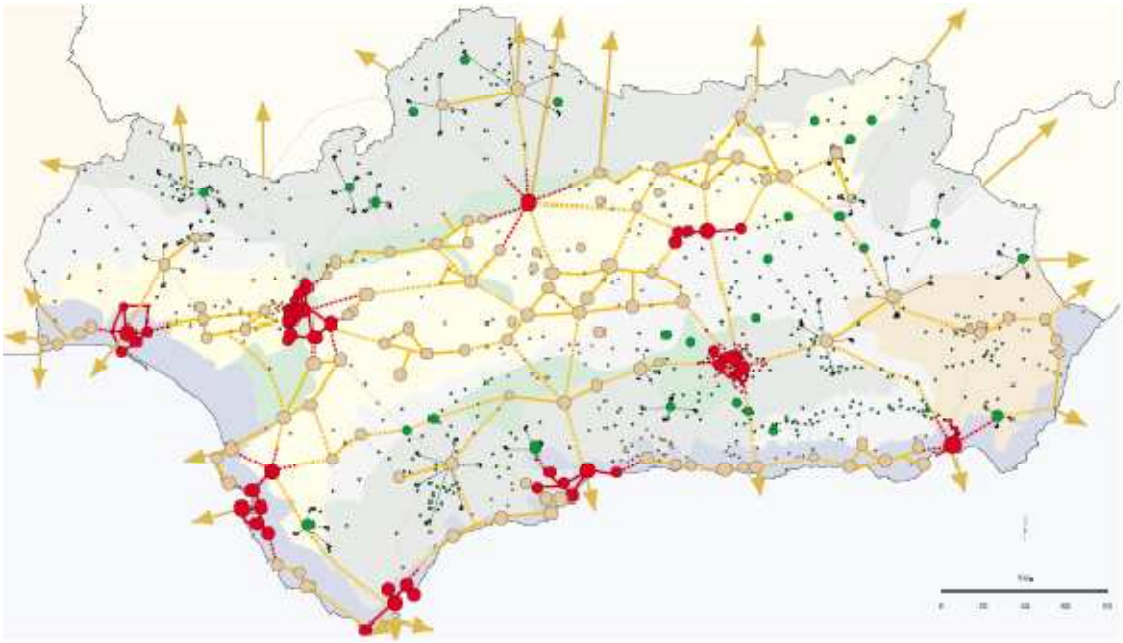


Figura 1.1.d Rapporti tra le città andaluse e il resto di Spagna

1.1.2 LAS PROVINCIAS DE ANDALUCIA

La Andalucía es una comunidad autónoma española, considerada como nacionalidad histórica. Está compuesta por las provincias de Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga y Sevilla. Su capital es Sevilla, ciudad reconocida por el Estatuto de Autonomía como sede de la Junta de Andalucía. La sede del Tribunal Superior de Justicia de Andalucía se encuentra en la ciudad de Granada.

Es la comunidad autónoma más poblada de España (8.285.692 habitantes en 2009) y la segunda más extensa, lo que explica su peso en el conjunto de España. Se encuentra situada al sur de la península ibérica; limitando al oeste con la República de Portugal, al sur con el océano Atlántico, el mar Mediterráneo y el reclamado territorio británico de ultramar de Gibraltar, al norte con la región de Extremadura y Castilla-La Mancha y al este con la Región de Murcia.

Andalucía tiene una extensión de 87.597 km^2, que equivale al 17,3% del territorio español, por lo que es comparable con muchos de los países europeos, tanto por su superficie como por su complejidad interna. Hacia el este y al oeste limita con el Mar Mediterráneo y con el mar Español respectivamente, mientras que al norte lo hace con la Sierra Morena, que la separa de la Meseta, y al sur con el Estrecho de Gibraltar, que la separa del continente africano. Andalucía se localiza en una latitud entre los 36º y los 38º44' N, en la zona templado-cálida de la Tierra, dando a su clima características muy definitorias como la bonanza de sus temperaturas y la sequedad de sus veranos. Sin embargo, en el amplio marco definido por sus límites existen unos grandes contrastes internos. De esta forma, se pasa de las extensas

llanuras litorales del río Guadalquivir -a nivel del mar- a las zonas más altas de la península en Sierra Nevada. Contrasta la sequedad del desierto de Tabernas con el Parque Natural de la Sierra de Grazalema, la más lluviosa de España. Más significativo, si cabe, es el tránsito de las cumbres nevadas del Mulhacén a la costa subtropical granadina, a escasos 50 km.

Andalucía se encuadra en su totalidad dentro del dominio climático mediterráneo, caracterizado por el predominio de las altas presiones estivales -anticiclón de las Azores-, que traen como consecuencia la típica sequía estival, rota en ocasiones con precipitaciones torrenciales, y temperaturas tórridas. En invierno, los anticiclones tropicales se desplazan hacia el sur y permiten que el frente polar penetre en el territorio andaluz. La inestabilidad se acrecienta y las precipitaciones se concentran en los períodos de otoño, invierno y primavera. Las temperaturas son muy suave.

No obstante, existe una gran diversidad de tipos climáticos en las diferentes zonas de Andalucía, originando una gran riqueza y contrastes paisajísticos que son acrecentados por la disposición de los orógenos y su situación entre dos masas de agua de características muy diferentes.

Las precipitaciones disminuyen de oeste a este, siendo el punto más lluvioso la Sierra de Grazalema (con el máximo histórico anual de precipitaciones registrado en toda la Península Ibérica y España, en el año 1963: 4.346 mm) y el menos lluvioso de Europa continental (Cabo de Gata, 117 mm anuales). La "Andalucía húmeda" coincide con los puntos más altos de la comunidad, sobresaliendo especialmente el área de la Serranía de Ronda y la Sierra de Grazalema. El valle de Guadalquivir presenta pluviometría media. En la provincia de Almería se encuentra el desierto de Tabernas, el único desierto de Europa. Los días de lluvia al año son alrededor de 75, descendiendo hasta 50 en las zonas más áridas. Así, en gran parte de Andalucía se superan los 300 días de sol al año.

El relieve es uno de los principales factores que configura el medio natural. Las alineaciones montañosas y su disposición tienen especial incidencia en la configuración del clima, la red fluvial, los suelos y su erosión, los pisos bioclimáticos e incluso va a tener influencia en la forma de aprovechamiento de los recursos naturales. El relieve andaluz se caracteriza por el fuerte contraste altitudinal y en la pendiente. Entre sus fronteras se dan las mayores cotas de la Península Ibérica y casi un 15% del territorio por encima de 1.000 m; frente a las zonas deprimidas, con menos de 100 msnm de altitud en la gran Depresión Bética. En las pendientes, se produce el mismo fenómeno. En cuanto a las costas andaluzas, el litoral atlántico se caracteriza por un predominio abrumador de playas y costas bajas; por su parte el litoral mediterráneo tiene una presencia muy importante de acantilados sobre todo en la Axarquía malagueña, Granada y Almería Andalucía dispone de un gran número de espacios naturales y ecosistemas de gran singularidad y valor ambiental. Su importancia y la necesidad de hacer compatible la conservación de sus valores y su aprovechamiento económico, han fomentado la protección y ordenación de los paisajes y ecosistemas más representativos del territorio andaluz. Las distintas figuras de protección se engloban dentro de la Red de Espacios

Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) que integra los espacios naturales localizados en el territorio andaluz protegidos por alguna normativa en el ámbito autonómico, nacional, comunitario o convenios internacionales. La RENPA está formada por 150 espacios protegidos divididos en 2 Parques Nacionales, 24 Parques Naturales, 21 Parques Periurbanos, 32 Parajes Naturales, 2 Paisajes Protegidos, 37 Monumentos Naturales, 28 Reservas Naturales y 4 Reservas Naturales Concertadas, todos ellos recogidos en la Red Natura 2000 de ámbito europeo. En el ámbito internacional hay que resaltar las 9 Reservas de la Biosfera, 20 Sitios Ramsar, 4 Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo -ZEPIM- y 2 Geoparques. En total, prácticamente el 20% del territorio andaluz se encuentra bajo protección de alguna normativa en los distintos ámbitos, lo que supone aproximadamente el 30% del territorio protegido en España. Entre los muchos espacios destacan el Parque Natural de la Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas, el mayor parque natural de España y el segundo de Europa, el Parque Nacional de Sierra Nevada, Doñana y las áreas subdesérticas del Desierto de Tabernas y del Cabo de Gata. Andalucía se divide en ocho provincias, creadas por Javier de Burgos mediante Real Decreto de 30 de noviembre de 1833, que son las siguientes:

Provincia	Población	Superficie (km²)	Municipios	Partidos Judiciales
Sevilla	1.875.462	14.042	105	15
Málaga	1.563.261	7.308	101	11
Cádiz	1.220.467	7.436	44	14
Granada	901.220	12.531	168	9
Córdoba	798.822	13.550	75	12
Almería	667.635	8.774	102	8
Jaén	667.438	13.489	97	10
Huelva	507.915	10.148	79	6

Tabella 1.1-a Dimensioni delle provincie dell'andalusia



Figura 1.1.e Territorio Andaluso: le diverse province

En Andalucía existen 771 municipios divididos entre las 8 provincias. Las entidades municipales en Andalucía están reguladas por el Estatuto de Autonomía de Andalucía en su Título III, en los artículos que van del 91 al 95, donde se establece que el municipio es la entidad territorial básica Andalucía, dentro de la que goza de personalidad jurídica propia y de plena autonomía en el ámbito de sus intereses. Su representación, gobierno y administración corresponden a los respectivos Ayuntamientos, los cuales tienen competencias propias sobre materias como urbanismo, servicios sociales comunitarios, abastecimiento y tratamiento de aguas, recogida y tratamiento de residuos y la promoción del turismo, la cultura y el deporte entre otras materias establecidas por ley.

Los núcleos separados de población dentro de un término municipal acceden a la administración de sus propios intereses, constituyéndose en entidades locales autónomas bajo la denominación de *pedanías*, *villas*, *aldeas*, o cualquier otra de reconocida implantación en el lugar, de conformidad con el principio de máxima proximidad de la gestión administrativa a los ciudadanos. Para poder bien entender las dimenciones de Andalucia y de las provincias ponemos cercas el map de Italia en la misma escala.

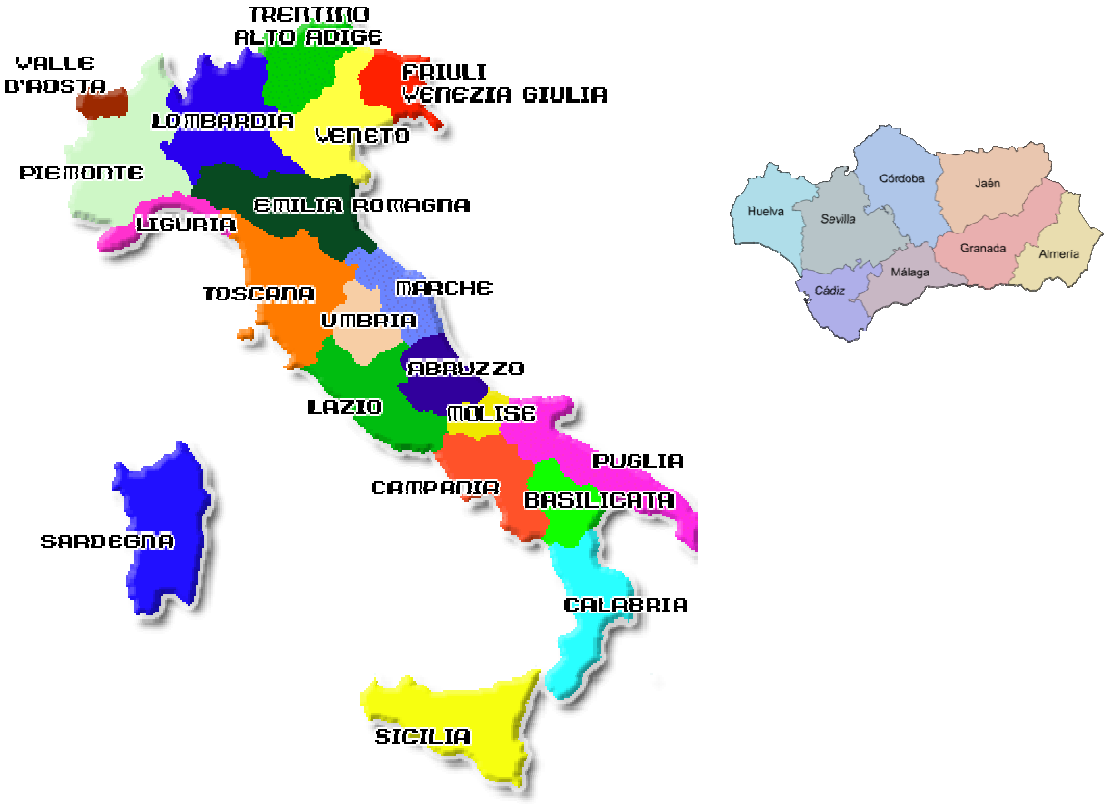


Figura 1.1.f Confronto dimensionale Italia-Andalusia

Podemos ver como solo la region de Andalucia tiene una extensión de 87.597 km^2 pocos menos del norte de Italia que es 94651 km²; las provincias espanolas tienen un extencion parecida a las regiones italianas; Sevilla tiene un extencion de 14012 km^2 que es poco meno de la region Calabria.

1.2 URBANISMO DE SEVILLA

1.2.1 PROVINCIA DE SEVILLA

Sevilla es la Provincia española de la Comunidad Autónoma de Andalucía, situada en el sur de la península Ibérica, limita al norte con las provincias de Badajoz y Córdoba, al Este Córdoba y Málaga, Sur Málaga y Cádiz, Oeste Huelva.

Tiene una extensión superficial de 14.001 Km2. y una población de 1.477.428 h., siendo su densidad de población de 105,5 h. por Km2.

El relieve de la provincia presenta tres zonas características perfectamente diferenciadas, que se suceden en forma descendente de Norte a Sur; la *Sierra*, la *Campiña* y la *Marisma*. La zona norte de la provincia está accidentada por las últimas estribaciones occidentales de sierra Morena, y en sus estribaciones se encuentra una extensa falla divisoria con la llanura del Guadalquivir. La frontera Este de la provincia está formada por la sierra de Yeguas, alcanzando igualmente sierra de Estepa. El Sur lo constituye la llamada zona de las Marismas, comarca baja y arenosa, formada por los aluviones fluviales, que arrastra en su curso el Guadalquivir. Las temperaturas son calurosas en verano, y templadas en invierno, presentando grandes diferencias termométricas entre ambas estaciones.



Figura 1.2.1-a Provincia di Siviglia

La vegetación natural de la provincia es escasa, limitándose, en las tierras llanas del interior, al alcornoque, propio de terrenos secos, mientras que en las zonas altas del norte de la provincia, abundan los bosques de pinos.

El crecimiento natural de la población en la provincia es superior al de la media nacional, debido a la constante inmigración procedente, sobre todo, de las provincias andaluzas

limítrofes. La población se agrupa en numerosos pueblos de muchos habitantes, alcanzando sus mayores densidades en los valles fluviales y en la zona que rodea a la capital.

La agricultura y la industria son los principales factores económicos de la provincia y ocupan a la mayor parte de la población activa. Son de importancia la producción de aceite de oliva, aceituna para aliño, los cereales, así como la ganadería en particular el vacuno de lidia.

Administrativamente, la provincia de Sevilla comprende once partidos judiciales y 102 municipios, y tiene por capital a la ciudad del mismo nombre.

1.2.2 Cuidad de Sevilla: Aglomeración metropolitana

1.2.2.1 Introducción.

Los cambios profundos y rápidos que están experimentando las sociedades y las economías durante las últimas décadas, junto a los no menos intensos que se producen en las lógicas territoriales, demandan nuevas lecturas e interpretaciones por parte de los investigadores y nuevas respuestas de los responsables públicos para poder hacer frente a los problemas y retos que ahora se perfilan.

Especial importancia adquieren las transformaciones ocurridas en las aglomeraciones metropolitanas de nuestro entorno. Si, por una parte, son consideradas “regiones que ganan” al ser los principales nodos que articulan el espacio de las redes y actuar como centros neurálgicos de poder, por otra, están siendo especialmente afectadas por graves problemas y disfuncionalidades que las hacen social y ambientalmente insostenibles.

En este contexto general de referencia, el objetivo es analizar algunos de los comportamientos sociolaborales, económicos y territoriales acaecidos durante los últimos años en la aglomeración metropolitana de Sevilla, espacio complejo caracterizado por fuertes contrastes como es consustancial a este tipo de ámbitos.

1.2.2.2 Caracterización territorial y proceso de conformación de la aglomeración metropolitana.

Ocupando una superficie de 4.900 Km2, la aglomeración metropolitana de Sevilla está compuesta por 46 municipios e incluye a una población de 1.421.000 habitantes.

Desde el punto de vista físico el Guadalquivir es su principal referente, puesto que este río y sus afluentes condicionan la orografía de su emplazamiento, caracterizada por una morfología llana a excepción de las plataformas del Aljarafe y Los Alcores. En este ámbito pueden distinguirse, pues, tres grandes unidades geográficas: la formada por la depresión aluvial del Guadalquivir, con la vega en la mitad norte y las marismas al sur; la formada por los escarpes del Aljarafe y de Los Alcores; y la constituida por las campiñas.

En consonancia con las tendencias generales presentes en este tipo de ámbitos, el espacio sevillano considerado metropolitano ha experimentado cambios significativos durante las últimas décadas; la dinamización económica experimentada desde finales de los años ochenta unida al impulso dado por las inversiones públicas relacionadas en parte con la Exposición Universal de 1992 contribuyeron decisivamente al proceso de construcción metropolitana. Los movimientos centrípetos que fueron característicos en los años sesenta y setenta, se invirtieron a fines de los ochenta, iniciándose una fase en la que, en consonancia con lo ocurrido en las principales aglomeraciones metropolitanas de nuestro entorno, predominan ya los flujos de carácter centrífugo, produciéndose, a la vez, una ralentización en el crecimiento poblacional del conjunto del área, mientras crece en extensión el territorio metropolitano.

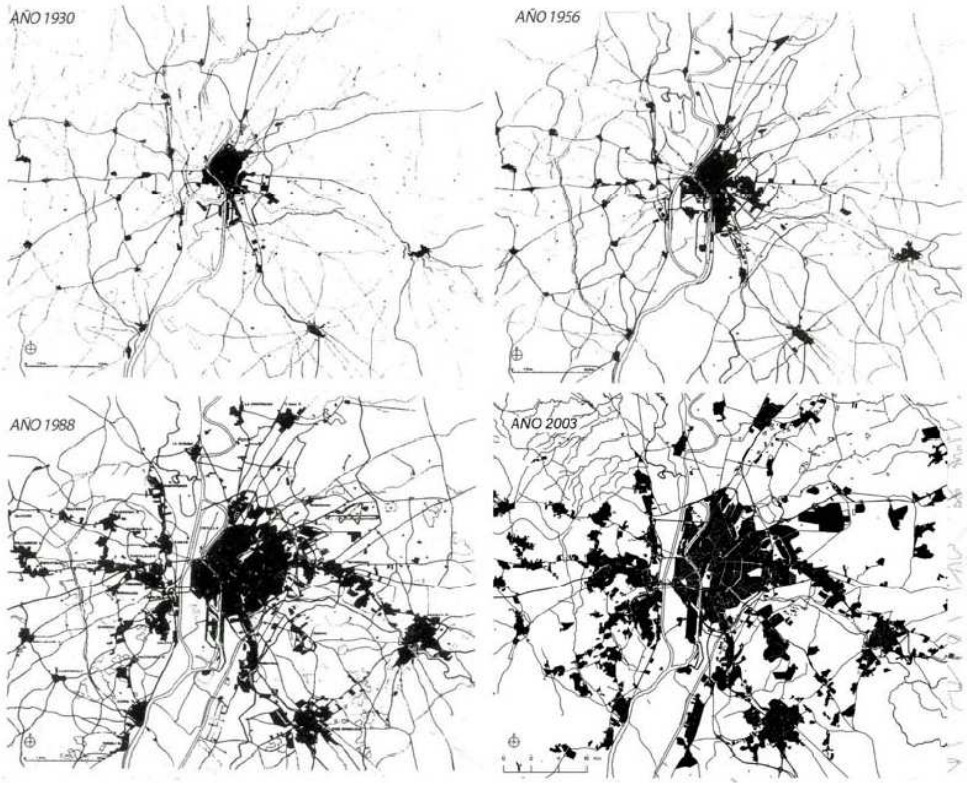


Figura 1.2.2.2.a Evoluzione del territorio metropolitano di Siviglia

El origen de su proceso de conformación como espacio metropolitano se sitúa a principios de la década de los sesenta, cuando se aprueba para Sevilla el Polo de Desarrollo que aquí, como en otras áreas, supone un cambio de escala de los procesos de urbanización. La amplia superficie de suelo que, para la implantación de actividades industriales, se delimitó en los municipios de Alcalá de Guadaíra y Dos Hermanas, además de en la capital, resultó un estímulo para que se iniciase un lento proceso de metropolización que no llegó a consolidarse hasta mediados de los años ochenta.

Así las cosas, no puede extrañar que el primer documento que analiza en su conjunto la aglomeración incluyendo en ella 18 municipios date de 1984; dos años más tarde, se

aprobaron las Bases para la Coordinación Urbanística del Área Metropolitana y en 1989 las Directrices para la Coordinación Urbanística, que ampliaban el ámbito hasta incluir 20 municipios. Hubo que esperar otros diez años para que se diseñase una propuesta de Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración, que incluía ya en el ámbito 22 términos municipales. Por último, el Avance del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración amplía considerablemente su ámbito de actuación, abarcando ahora un total de 46 municipios que se dividen en dos coronas: la primera compuesta por los 22 que conformaban antes la aglomeración y la segunda que incluye los 24 restantes.

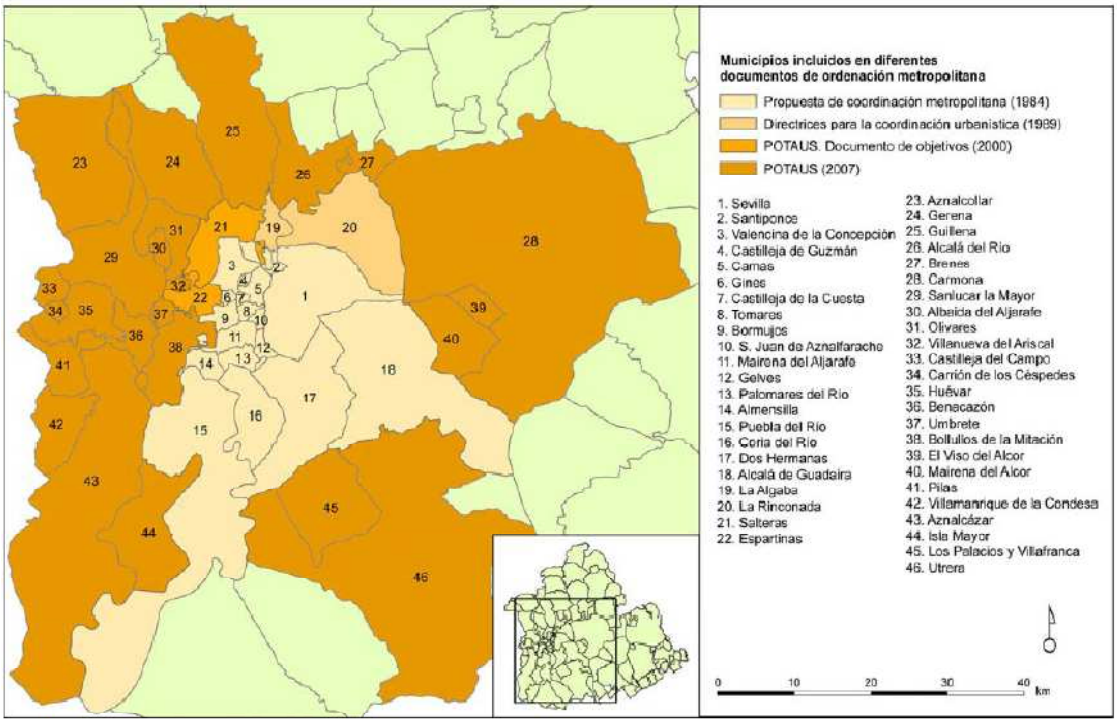


Figura 1.2.2.2.b Evoluzione dell'idea metropolitana di Siviglia

1.2.2.3 Caracterización socioeconómica del área.

Según se ha señalado, la población existente en el ámbito no ha experimentado un fuerte crecimiento durante los últimos años. De los 1.421.000 habitantes con que contaba en 2006, 1.158.007 (un 81´49 %) se localiza en los 22 municipios que conforman la primera corona metropolitana junto a la ciudad central. Esta última concentra en torno al 50 % de la población del área, aunque está perdiendo peso en el total, absorbiendo ahora la primera corona la mayor parte del crecimiento, aunque pueden observarse diferentes tipos de comportamientos municipales:

Consolidados con un crecimiento gradual en los últimos decenios (Alcalá de Guadaíra, La Rinconada).

- Pioneros como ciudad dormitorio, estancados desde los setenta (Camas, San Juan de Aznalfarache).

- Con un intenso crecimiento, que llega a ser exponencial, desde los setenta y sobre todo en los noventa (Bormujos, Castilleja de la Cuesta, Gines, Mairena del Aljarafe y Tomares) o más recientemente (Almensilla, Castilleja de Guzmán, Espartinas, Palomares del Rio y Valencina de la Concepción o Gelves). Junto a estos se debe considerar el caso particular de Dos Hermanas.
- Con menor crecimiento poblacional desde mitad del siglo XX, correspondientes en general con los núcleos más alejados de los grandes ejes de acceso directo a la ciudad central o de las dinámicas de conurbación más consolidadas (Coria del Río, Puebla del Río, Santiponce, La Algaba, Salteras).

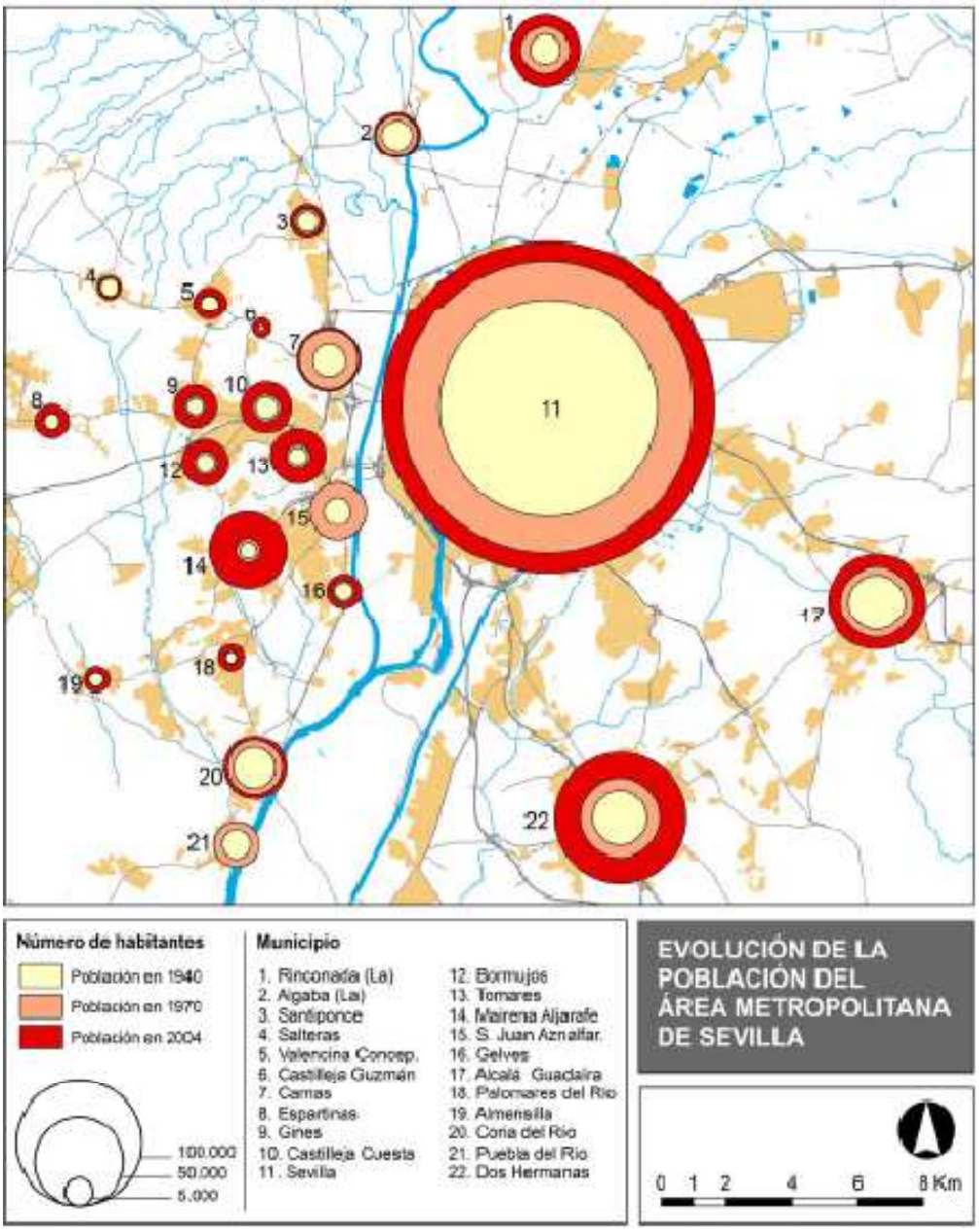


Figura 1.2.2.2.c Evoluzione della popolazione nel primo raggio della città di Siviglia

En cuanto al comportamiento de la población en el conjunto de la aglomeración, resulta interesante observar los movimientos difusores hacia municipios periféricos que conforman la segunda corona, destacando por su crecimiento Guillena, al norte, Mairena del Alcor al este, y Albaida del Aljarafe, Umbrete, Benacazón y Bollullos de la Mitación al oeste.

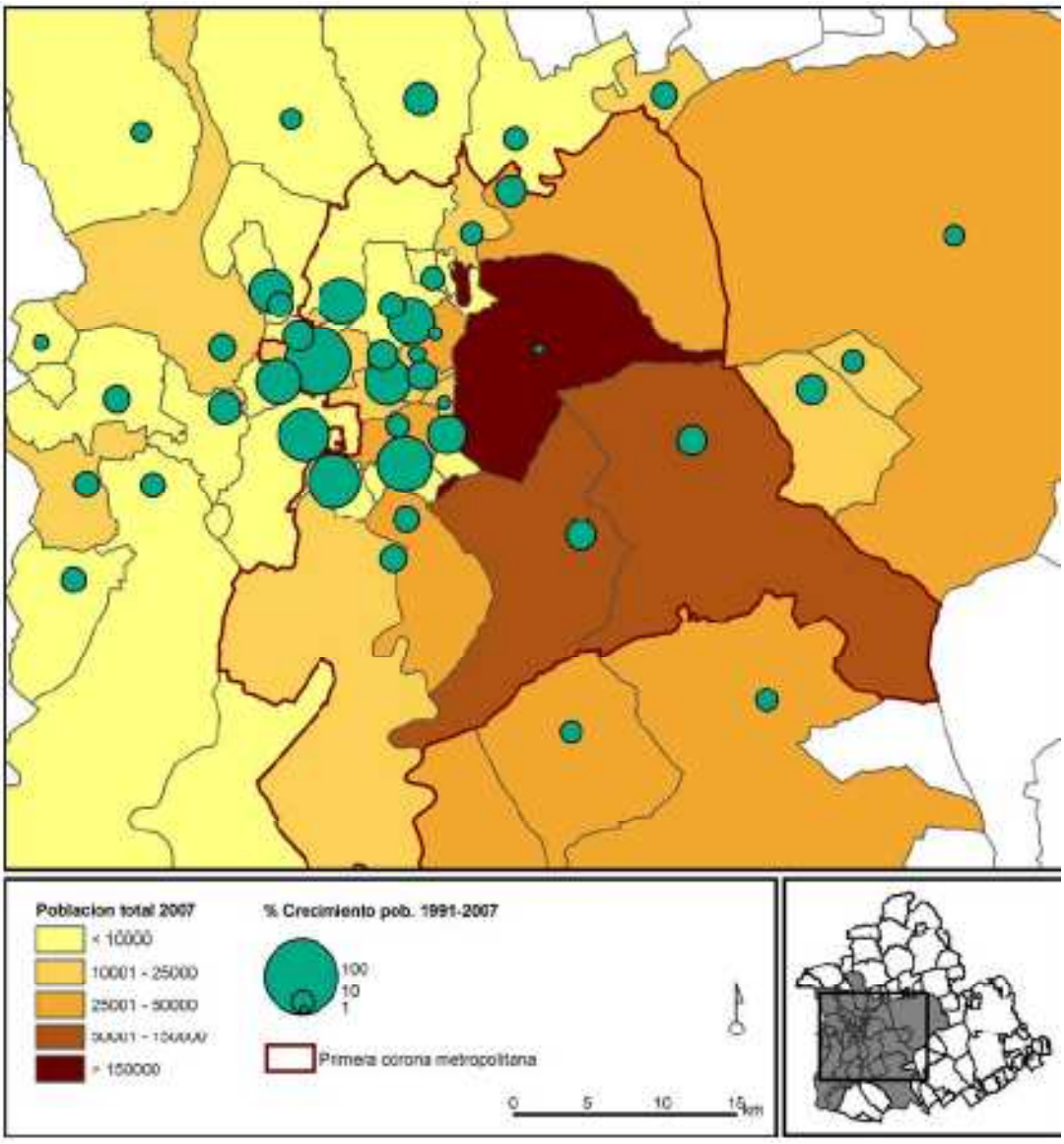


Figura 1.2.2.2.d Evoluzione recente dell'area metropolitana di Siviglia

Siendo ésta la mayor aglomeración urbana de Andalucía y Sevilla la capital administrativa de la Comunidad Autónoma, no puede extrañar que sea el ámbito funcional más importante de la región y el económicamente más dinámico. Como muestra la figura 5, la mayor parte del empleo se concentra en Sevilla, que con un total de 345,635 supera con mucho a los municipios que le siguen en importancia, Dos Hermanas y Alcalá, cuyo empleo respectivo es de 39.561 y 292.75. Pese a lo apuntado, el crecimiento experimentado por el empleo en algunos de los municipios occidentales de la periferia metropolitana es significativo, tanto en municipios de la primera corona, como de la segunda.

La estructura sectorial está fuertemente terciarizada, lo que hay que poner en relación con el rol que ejerce Sevilla como capital regional, con la consiguiente presencia de la administración pública y la existencia de un elevado número de empleos comerciales y de servicios avanzados relacionados con su centralidad funcional. Por su parte, la industria, en consonancia con lo que ha sido hasta ahora la tónica general en la región, tiene una presencia bastante escasa, como lo muestra el hecho de que los establecimientos industriales no alcancen ni el 10 % de los que cuentan con actividad económica en la aglomeración y ello pese a concentrar este ámbito en torno a una cuarta parte de la industria andaluza. Dicha actividad se localiza básicamente en los municipios de Sevilla, Alcalá de Guadaíra, Dos Hermanas y La Rinconada.

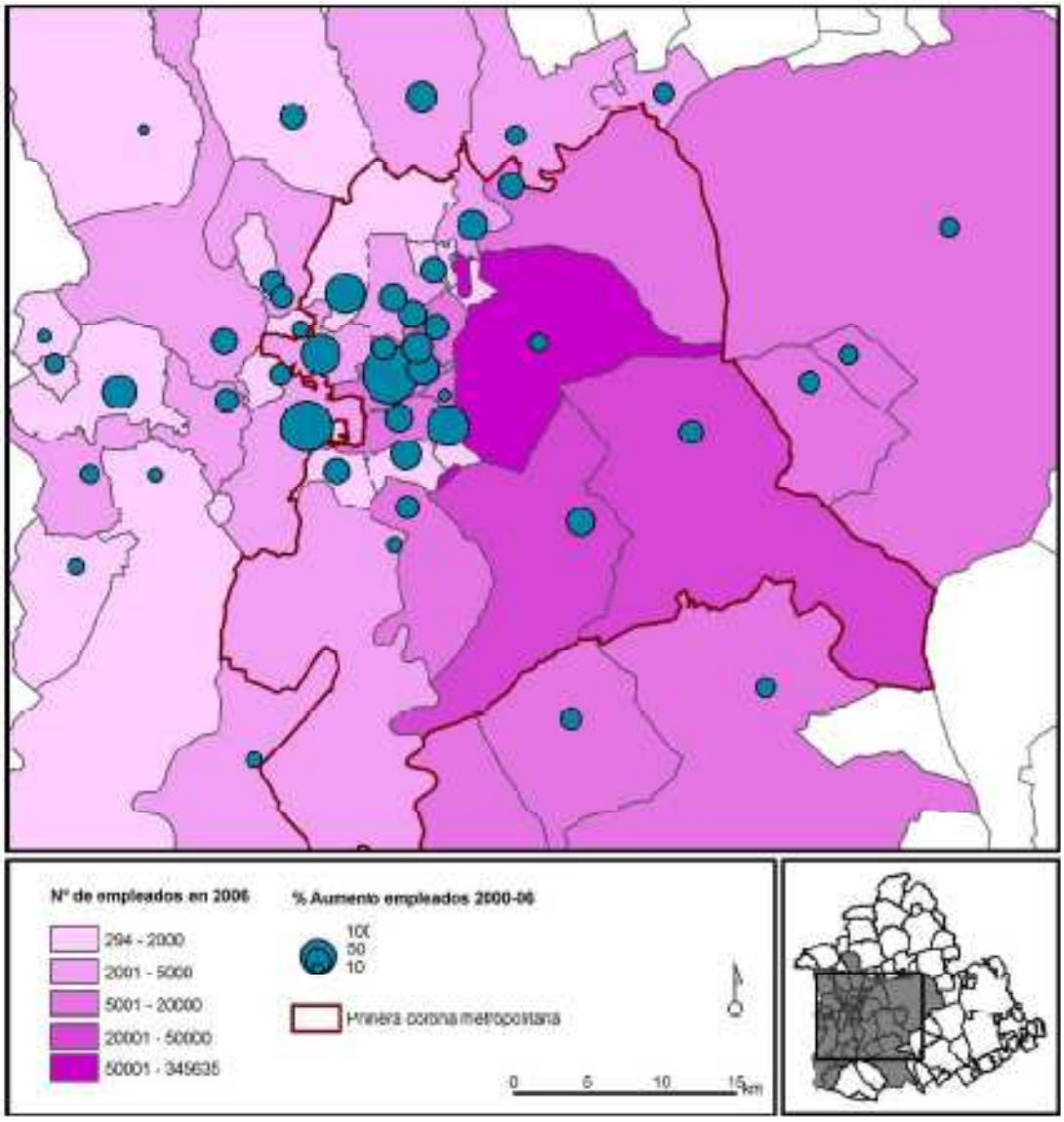


Figura 1.2.2.e Evoluzione recente delle occupazioni nell'area metropolitana Siviglia

La construcción se ha convertido en los últimos decenios en el principal motor económico de buena parte del entorno metropolitano, especialmente en el primer frente de expansión

occidental, si bien más recientemente en muchas zonas del segundo anillo metropolitano. Esto se materializa en una expansión sin precedentes del suelo urbanizado, que en el ámbito metropolitano de Sevilla se ha multiplicado por 10 en las tres últimas décadas, mientras que su población ni siquiera lo ha hecho 1,5 veces (Feria Toribio, 2000). En tal sentido, llama la atención que el suelo sellado de más de la mitad de los 46 municipios que componen el área metropolitana de Sevilla se acerquen o incluso superen el 20 % de su superficie municipal, lo que se traduce en los ámbitos municipales más pequeños en la generación de marcados procesos de conurbanción.

1.2.2.4 Problemas, desordenes y tensiones de la aglomeración.

En abierta contradicción con las tesis que abogan por la necesidad de utilizar racionalmente los propios recursos, el modelo de crecimiento urbano del área metropolitana de Sevilla está basado en el aprovechamiento intensivo de aquéllos más genéricos sin tener para nada en cuenta los que le son específicos.

Siguiendo las tendencias generales de otras aglomeraciones, la ciudad de Sevilla crece mucho menos que el conjunto del ámbito, aunque ha reforzado su centralidad al concentrar buena parte de las llamadas *funciones comando* existentes no sólo en el área sino también en Andalucía. Estos comportamientos se han visto ampliados porque el interés por potenciar la competitividad de Sevilla a escala global ha contribuido a que se hayan dejado en un segundo plano aquéllas actuaciones encaminadas a lograr una mayor cohesión territorial.

Junto a lo anterior, la urbanización extensiva es la tipología dominante en la mayor parte de los municipios del área metropolitana, con especial claridad en aquellos en los que el incremento poblacional es más reciente. Este modelo urbano, que redefine la movilidad y los modos de vida, resulta tan despilfarrador en términos energéticos, como voraz y simplificador en términos de usos territoriales. Esto tiene una clara materialización en el paisaje de la aglomeración, que sufre un fuerte deterioro incluso en espacios considerados de alta calidad ambiental, pudiendo definirse por su discontinuidad y la confusión de elementos y aprovechamientos, lo que convierte a los escenarios urbanos en homogéneos y banales.

Aparecen pues disfunciones de distintos signo. Por una parte de naturaleza física, en tanto el proceso urbanizador ha potenciado el fuerte riesgo de inundación que afecta a una parte significativa del área, aunque esté ya controlado en la ciudad central con diversas actuaciones de encauzamiento de los cursos fluviales. Junto a lo anterior, las pérdidas de suelo asociadas a la erosión en las laderas de los escarpes generan riesgos de deslizamientos de terrenos, algunos de los cuales tienen un uso residencial. Por otra parte, no puede dejarse al margen el problema que representa el incremento de la demanda de energía, a lo que contribuye sustancialmente un modelo de movilidad basado en el uso masivo del vehículo privado y la proliferación de formas de urbanización y tipologías edificatorias en las que priman las viviendas unifamiliares, que, según señalan Magrinyá y Herce (2007), multiplican por 6 el consumo energético. A ello hay que añadir, además, la creciente generación de residuos,

desechos y vertidos cuyos costes de recogida y tratamiento se elevan considerablemente cuanto más dispersas sean las formas de urbanización. Todo ello da como resultado que la *huella ecológica* de la aglomeración sea 54,5 superior a la superficie que ocupa.

Pero esta relación entre el modelo territorial y los habitantes del área metropolitana tiene una repercusión aún más radical: el paso del papel de ciudadano al de consumidor. La generación de espacios de competencia y de aprovechamiento intensivo ha conllevado una tendencia a modelos de comportamiento y de construcción basados en la primacía de lo privado sobre lo público, que se refrenda en nuevas formas y lugares de ocio y comercio, pero también en nuevos modos de entender los espacios públicos. Así los espacios de relación cotidiana o los paisajes identitarios, aparecen a menudo simplificados en sus contenidos y prostituidos en su imagen, mientras son sustituidos por espacios verdes, no exentos de interés, pero que a menudo quedan segregados de los usos y dinámicas más cotidianas de las tramas urbanas próximas. Resulta, pues, obvio que el interés por integrarse con una buena posición en el espacio global de las redes, hace anteponer criterios de mercado en el proceso de producción de las ciudades, dedicando cada vez menos atención a la mejora de la calidad de vida y a favorecer el desarrollo personal de todos sus habitantes. Esto hace urgente una redefinición de los modelos territoriales y urbanos, con una especial trascendencia de un contexto normativo supramunicipal, hasta el momento muy débil en la aglomeración.

Pero no hay que olvidar que no es sólo necesaria una gestión eficiente del territorio sino también un uso inteligente del mismo por parte de sus habitantes, que deben actuar como verdaderos ciudadanos participando en la producción y gestión de su propio hábitat.

1.2.3 Sectores metropolitanos actuales

La aproximación realizada sobre la estructura del territorio de la aglomeración en el diagnóstico del Plan Subregional permite entender las grandes partes que lo integran, ámbitos que, superando los límites de los términos municipales, componen una cierta estructura de escala metropolitana. Estosgrandes sectores son:

− Sector central: Sevilla.

− Sector oeste: Aljarafe.

− Sector norte: Vega.

− Sector sur: Guadaira.

El eje norte−sur del Guadalquivir, el arco sureste del Guadaira y el encauzamiento del Tamarguillo− Miraflores al Norte, separan físicamente entre sí y naturalmente estos ámbitos entre los cuales la Vega se distingue de todos los demás como un territorio esencialmente agrario que participa débilmente del proceso de desarrollo urbano experimentado en los otros sectores. Partiendo de la estructura y condicionantes existentes, y con independencia del diagnóstico zonal de la estructura urbana, puede realizarse una primera coµprensión general de estos grandes sectores territoriales.

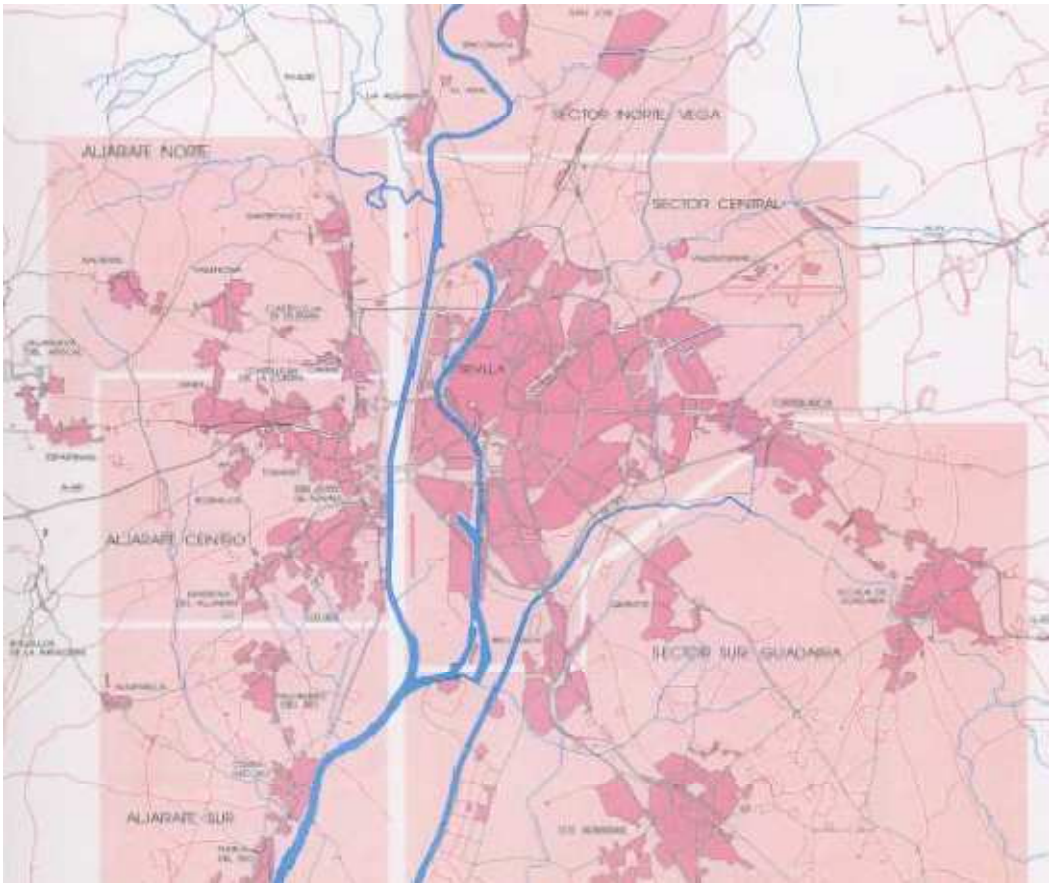


Figura 1.2.3.a I quartieri della Città

SECTOR	Población de derecho, habitantes 1993		Tasa de crecimiento 81−91	Tasa de crecimiento 91−93
Central −Sevilla	707.348	66,00%	0,57	1,79
Sur − Guadaira	134.218	12,60%	2,62	1,5
Aljarafe − Norte	40.331	3,80%	0,52	1,5
Aljarafe − Centro	99.371	9,30%	3,9	3,3
Aljarafe − Sur	44.424	4,20%	1,7	2,1
Norte − Vega	40.331	3,80%	2,3	2,46
TOTAL	1.066.113	100%		

SECTOR	Residencial		Equipamiento terciario		Servicios técnicos		Industrial		Espacios libres		Suelo en transformación	
Central −Sevilla	2.571	47%	729	70%	972	49%	970	49%	467	78%	996	9%
Sur − Guadaira	1.135	20%	132	13%	147	11%	796	40%	69	12%	780	31%
Aljarafe − Norte	426	8%	30	3%	31	2%	85	4%	56	9%	241	10%
Aljarafe − Centro	849	16%	58	6%	3		68	3%			311	12%
Aljarafe − Sur	369	6%	25	3%	3		13		7	1%	106	4%
Norte − Vega	199	3%	63	6%	151	12%	60	3%			108	4%
TOTAL	5549		1037		1037		1992		559		2542	

Tabella 1.2.3-a Destinazione d'uso e popolazione dei quartieri della città

1.3 Expo 1992

La segunda importante exposición, despues de la ibroamericana fue en el 1992; la Exposición Universal de Sevilla de 1992 surge por iniciativa de SM el Rey Juan Carlos I, quien en un histórico discurso pronunciado en Santo Domingo en 1976, lanza la idea de celebrar en España una gran Exposición con motivo del V Centenario del Descubrimiento de América, con el objetivo de fomentar "el diálogo de los pueblos y el intercambio cultural como vías para el entendimiento y la solidaridad".

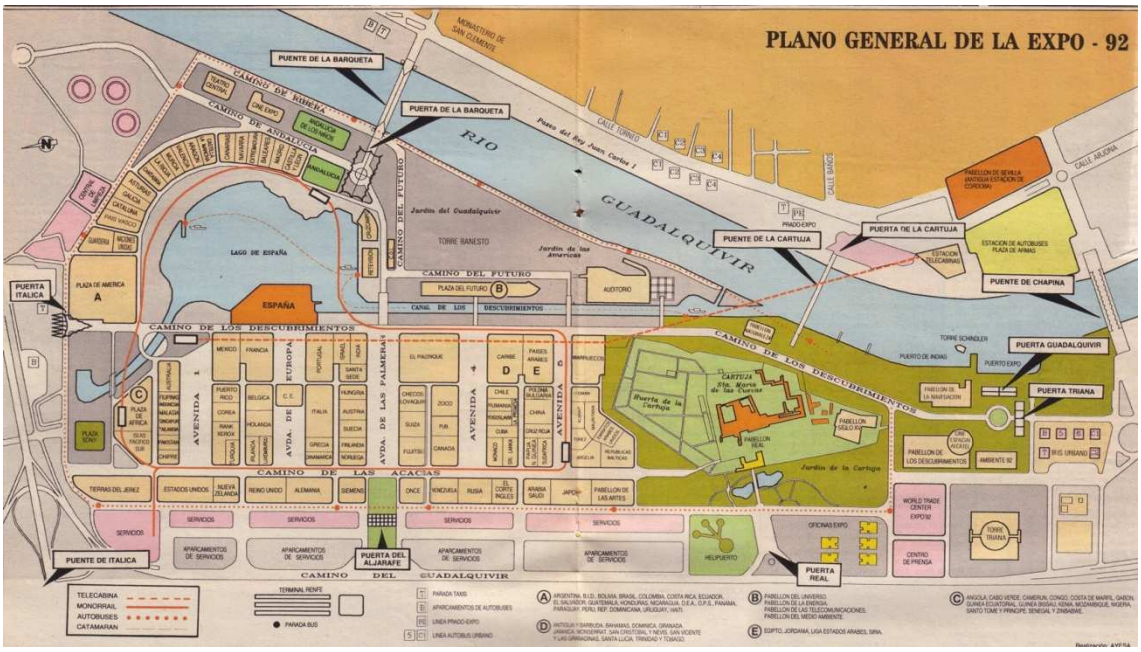




Figura 1.32.3.b Pianta dell'expo '92

Sevilla, Puerto y Puerta de Indias durante los dos siglos de mayor esplendor hispano, y en concreto la Isla de la Cartuja, un inmenso espacio baldío en aquel momento, antaño lugar de oración y recogimiento, estratégicamente situado entre dos brazos del río junto al casco histórico, resultaba el emplazamiento perfecto.







Figura 1.3.c Principali ponti di Sivglia

La Exposición serviría como acicate para la ciudad, un impulso decisivo para el desarrollo económico y social, dotándola de infraestructuras propias del siglo XXI, además de la propia celebración del Certamen. Expo '92 sería la nueva imagen de la España democrática, moderna y plural, ante el resto del Mundo. Esta profunda remodelación incluía una nueva red de circunvalaciones, rondas y avenidas que han supuesto un total de 70 kilómetros construidos solo en la capital, además de seis nuevos puentes sobre el cauce histórico del Guadalquivir, todo un alarde de ingeniería de vanguardia. Entre lo mas importante podemos mencionar:

- El puente de la Barqueta, fue costruido como accesos al recinto de la Expo'92. Fue diseñado por los ingenieros Juan J. Arenas y Marcos J. Pantaleón como un puente colgante, el cual cuenta con un sólo ojo apoyado de orilla a orilla. Tiene una longitud de 168 m.
- El puente del cuinto centenario de Sevilla proyectado por José Fernández Ordóñez. Es el puente de mayor vano de España, con 265 m. de luz entre los pilares centrales.

El puente del Alamillo, construído con motivo de la Expo'92 en Sevilla (España) para permitir el acceso a la Isla de la Cartuja y concebido por Santiago Calatrava.

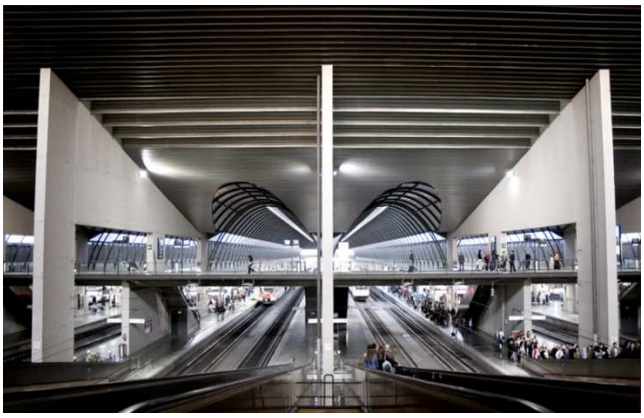




Figura 1.3.d Stazione di Santa Justa e Aereoporto di Siviglia

Se construye la magnífica Estación de trenes de Santa Justa, que trajo consigo la revolución del Tren de Alta Velocidad Madrid - Sevilla (AVE), pionero en España, que une desde entonces ambas capitales en apenas dos horas y media, por lo que la calle Torneo, frente a la misma Isla de la Cartuja, quedó liberada del ramal ferroviario, y se recuperan varios kilómetros de ribera como espléndido paseo fluvial. Por su parte, el nuevo Aeropuerto de San Pablo multiplica por cuatro su capacidad. Por último, cabe destacar el esfuerzo tanto de las diversas Administraciones como de la iniciativa privada en la creación de nuevas plazas hoteleras de calidad, así como la restauración y puesta en valor de gran cantidad de edificios históricos, labor que continúa hoy día.

Del 20 de abril al 12 de octubre Sevilla se convirtió, más que nunca, en Ciudad Universal: 111 países participantes, el número más alto en la historia de las Exposiciones-, las principales Organizaciones Internacionales (las Naciones Unidas, el Comité Olímpico Internacional, la Comunidad Europea...), así como Empresas de primer orden, sin olvidar la presencia individual de todas las Comunidades Autónomas Españolas. Durante los 176 días que duró la Muestra, el público respondió con entusiasmo: Se registraron más de 41 millones de visitas, superando con creces las previsiones de la organizadora: 15 millones de personas conocieron la Expo' 92 de primera mano, de las cuales un 40% era público internacional. Como recientemente se ha recordado en el X Aniversario de su celebración, la Exposición, constituyó un rotundo éxito como modelo de modernización y eficacia a todos los niveles.

Tras la clausura, surgió la necesidad de gestionar su amplísimo patrimonio de manera eficaz. Destaca la tarea realizada en ese sentido por AGESA, que asume la rentabilización de las inversiones realizadas mediante la reutilización de los activos y la liquidación de excedentes de la Exposición. La vocación de permanencia en el tiempo como motor de desarrollo con la que

nació nos ha legado una Isla de la Cartuja donde arte y tecnología punta en plena expansión van indisolublemente unidos.

Hoy, espacios escénicos singulares como El Palenque, gran plaza bioclimática con capacidad para 1500 espectadores, El Auditorio, el mayor al aire libre de Europa (más de 4000 espectadores), o el Teatro Central, único en España concebido para nuevas tendencias escénicas, se encuentran a pleno rendimiento. El Monasterio de Santa María de las Cuevas, fundado en 1400 y estrechamente ligado a la gesta colombina - no en vano el propio Colón lo eligió como panteón para su familia -, que fue desde el siglo XIX Fábrica de Cerámica fundada por el inglés Pickman y restaurado como Pabellón Real durante la Exposición, hoy alberga el Centro Andaluz de Arte Contemporáneo, así como el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico.



Figura 1.3.e Edifici costruiti per l'Expo ed oggi riconvertiti ad altri usi

Como espacio expositivo, contamos también con el Pabellón de la Energía Viva, un original museo interactivo dedicado al medioambiente y a las energías renovables, todo gracias a la ejemplar labor llevada a cabo en la restauración del Pabellón de Hungría, uno de los más singulares y bellos de la Muestra. Por otra parte, otra de las joyas arquitectónicas del Certamen, el Pabellón de Marruecos, perfecta simbiosis entre tradición y modernidad , nos bre hoy sus puertas como Fundación de las Tres Culturas del Mediterráneo (Cristiana, Hebrea y Musulmana) como continuación del espíritu de unión entre los pueblos.



Figura 1.3.f Padiglioni del Marocco e dell'Huruguay

Nos queda mencionar que la Parroquia de Santa Cruz en la que fue enterrado Murillo fue derribada en el siglo XIX -durante el corto periodo de ocupación francesa- perdiéndose cualquier resto de la que fue sinagoga pero nació la Plaza de Santa Cruz que se decoró muchos años después con la Cruz que se trajo de la calle Cerrajería. Y hemos llegado a los años de preparación de la ciudad para la Exposición Iberoamericana. La existencia de este barrio peligró con el afán modernista de los ensanches. El proyecto contemplaba dos grandes vías que partiendo de la actual Virgen de Los Reyes hubieran desembocado en la Ronda, haciendo desaparecer lugares tan emblemáticos como las calles Mesón del Moro y Santa Teresa, las Plazas de Santa Cruz, Alfaro, Doña Elvira.

La polémica estaba servida. Afortunadamente la acción del Marqués de la Vega Inclán , comisario regio de Turismo e incluso la opinión del propio Alfonso XIII que aunque donó la Huerta del Retiro para facilitar la apertura del Barrio había manifestado su interés por la conservación del mismo, evitaron la catástrofe. El resultado fueron unas actuaciones que dieron lugar al aspecto que presenta hoy día: pavimento de cantos rodados y losetas de tarifa, ladrillos en sardinel, la adecuación de la plaza de Santa Cruz por Talavera a la que ya se ha aludido así como la de Doña Elvira, el ajardinamiento alto en el Callejón del Agua, la transformación en jardines de la donación real de la Huerta del Retiro, etc. En resumen unas mejoras que salvaron este espacio y lo convirtieron en atractivo turístico de primer orden.



Emplazamiento de Nodo B en E.T.S. Ingenieros

Emplazamiento de Nodo B en el Pabellon de Italia, sede del

Emplazamiento de Nodo B en edifico de R.T.V.A.

Emplazamiento de Nodo B en centro de conmutacion de Vodafon

Emplazamiento de Nodo B en Torre Triana

Figura 1.3.g Edifici del'expo oggi con ruolo determinante per la città

La apertura del Parque Temático Isla Mágica en 1997 en lo que fuera el Lago de España, ha contribuido a mantener la actividad turística en los meses de verano, convirtiéndose de inmediato en destino turístico de primer orden. En su área de influencia, encontramos los Pabellones de Andalucía, singular construcción de mármol de Macael, piedra granadina y cerámica vidriada, símbolo de "tradición y cambio" y de Retevisión, ambos subsedes de la RTVA (Radio Televisión Andaluza), y el Pabellón del COI, hoy lugar protagonista de la noche sevillana, ya que alberga la afamada discoteca Antique y el exclusivo restaurante Bacho. Próximamente, se verá complementado con el proyecto Puerto Triana, gracias al cual la ciudad recuperará la zona sur de la Cartuja. Pensado como gran complejo comercial y de ocio, marca arquitectónica de la Sevilla del futuro: Además de las nuevas aportaciones de Ricardo Bofill, volveremos a disfrutar de espacios culturales tan sugestivos como el Cine Espacial Omnimax, con su espectacular pantalla semiesférica de 24 metros de diámetro, o el Pabellón de la Navegación, museo naval único en sus características y uno de los pabellones más visitados y apreciado por todos.

El Parque Científico y Tecnológico Cartuja '93, que ocupa el área de pabellones internacionales de la Expo' 92, ha supuesto un éxito rotundo desde su creación, gracias a su carácter urbano, junto al centro histórico de Sevilla y perfectamente comunicado con el Aeropuerto, línea ferroviaria de Alta Velocidad, Helipuerto, Puerto Fluvial y la Red Nacional de Carreteras.



Figura 1.3.h Padiglioni oggi destinati a: sede televisione locale, discoteca e parco scientifico

La Junta de Andalucía es el organismo con mayor participación en el proyecto, en el cual intervienen todas las administraciones, principalmente el Ayuntamiento de Sevilla, el cual desde la GMU, enclavada en las famosas "Caracolas" donde se gestó la Exposición, se ha mostrado especialmente sensible en la integración de la Cartuja con el resto de la ciudad. La Tecnópolis sólo admite actividades de I D (Investigación y Desarrollo), de transferencia y prospectivas tecnológicas, formativas, empresariales de alto contenido tecnológico, y servicios avanzados. Las empresas se dedican a los sectores de biotecnología y agroalimentación, ingenierías aplicadas, tecnologías sanitarias, telecomunicaciones e informática, todo ello aprovechando las magníficas infraestructuras con las que el recinto fue dotado desde su creación. Tiene el mayor nivel de facturación de todos los parques de España: Las 232 empresas que conforman el Parque han generado un volumen de negocio de 1.210 millones de euros

durante 2002, lo que supone un crecimiento del 72% respecto al año 2000. El Parque hoy demanda una expansión en un segundo complejo: Cartuja2.

La Universidad y los Centros de Investigación juegan un papel destacado en la reutilización de la Isla de la Cartuja: En el singular Pabellón Plaza de América, el mayor edificio construido en el recinto (33.000 m2) y que representó a 16 repúblicas americanas, se encuentra la Escuela Superior de Ingenieros Industriales, en el futuro también de Ingeniería Aeronáutica, a la que se sumará la nueva facultad de Ciencias de la Información.

Hay ubicados en esta zona tres importantes Laboratorios: el Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis; el Instituto de Ciencias de los Materiales y el Instituto de Investigaciones Químicas, dependientes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Universidad de Sevilla. A ellos se unirán el Instituto de Investigaciones Biomédicas y el Centro Nacional de Aceleradores de Partículas.

Por último, cabe destacar la importante presencia del mundo empresarial en el Pabellón Plaza de África, que albergó la representación de 15 países africanos durante la Exposición. Fue construido por la CEA (Confederación de Empresarios de Andalucía). Alctualmente es la Escuela Superior de Ingenieros.



Figura 1.3.i Museo della navigazione e nuova sede universitaria

Clima e Demografia

2.1 LAS TENDENCIAS DEMOGRAFICAS

2.1.1 PROVINCIA DE SEVILLA

El municipio de Sevilla cuenta con 703.206 habitantes según el censo de población de 2009 publicado por el INE, de las cuales 333.490 son varones lo cual representan un 47,65% y 366.269 son mujeres que a su vez representan un 52,35%. El INE aceptó recientemente parte de las alegaciones presentadas por el ayuntamiento a esta cifra y revisó su registro estimando la población actual en 702.345 habitantes. Sevilla es la cuarta ciudad de España por población, por debajo de Madrid, Barcelona y Valencia. El área metropolitana de Sevilla cuenta con 1.499.653 habitantes (INE, 2008) y 4.535,78 km² de superficie, siendo también la cuarta área metropolitana de España y un gran centro turístico, económico, industrial y poblacional.

Desde 1990, la población residente en Sevilla se ha estancado en torno a los 700.000 habitantes, siendo el pico superior el censo de 1995 con 715.588 habitantes.

MUNICIPIO	HABITANTES (2006)
Sevilla	704414
Dos Hermanas	114672
Alcalà de Guadaria	64990
Utrera	48222
Ecija	39295
Mairena del Aljarafe	39065
Los Palacios y Villafranca	35225
La Rinconada	33370
Moron de la Frontera	28295
Carmona	27221
Coria del Rio	26499
Camas	25706
Lebrija	25165
Tomares	20705
San Juan de Aznalfarache	20121

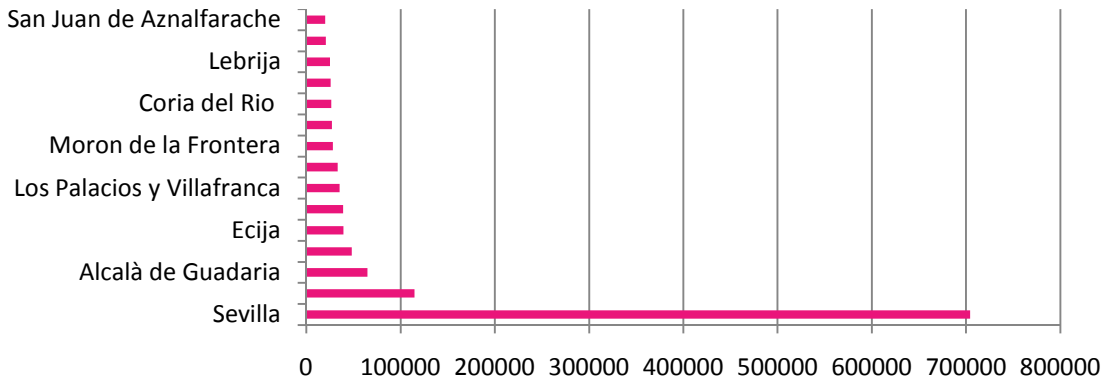


Tabella 2.1.1.1-a Numero abitanti per municipio

2.1.1.1 Densidad de poblacion

La densidad de población de la provincia de Sevilla es de 130,68 hab/km², superior a la de España y Andalucía (siendo la 3ª tras Málaga y Cádiz). Si bien existen grandes oscilaciones entre los municipios del área metropolitana y del resto de la provincia.
La gran mayoría de la población se concentra en la capital y en sus alrededores, que conforman el 4º área metropolitana más importante de España, donde reside aproximadamente el 78% de los sevillanos.

2.1.1.2 Natalidad y mortalidad, esparanza de vida

La tasa de natalidad de la provincia (nacidos por cada 1.000 habitantes) es de 12,14 puntos (INE 2005), cifra superior a la del conjunto español (10,65 puntos) y a la de Andalucía (11,46), situándose en tercer lugar en cuanto a provincias andaluzas se refiere, tras Almería y Cádiz.
La tasa de mortalidad es de 8,14 puntos, inferior a la de España (8,93) y Andalucía (8,32), situándose en 4º lugar de la Comunidad Autónoma tras Almería, Cádiz y Málaga.
El crecimiento vegetativo provincial en números absolutos es el mayor de Andalucía con 7.302 personas y en números relativos es de 4,00 puntos, el 3º tras Almería y Cádiz en Andalucía (3,27) y superior al de España (1,82). La tasa de mortalidad infantil es la 2ª mas baja de Andalucía tras Jaén con 3,71 puntos, inferior a la media andaluza con 4,39 y española con 3,78. Según datos del Instituto de Estadística de Andalucía, referidos al año 2005, la esperanza de vida en la provincia de Sevilla se sitúa para las mujeres es de 82,5 años y para los hombres de 75,70 años, cifras similares a las de Andalucía con 82,20 y 75,90 respectivamente, cifras ligeramente inferiores a las del conjunto nacional.

Evolución demográfica de la provincia de Sevilla
y porcentaje con respecto al total de España y Andalucía

ANNO	1900	1910	1920	1930	1940	1950
Poblacion	555256	597031	703747	805252	963044	1099374
Percentuaje Andalucia	15,59%	15,59%	16,65%	17,47%	18,45%	19,61%
Percentuaje Espana	2,98%	2,99%	3,29%	3,40%	3,70%	3,93%

ANNO	1960	1970	1981	1991	2001	2006
Poblacion	1234842	1336667	1478352	1619703	1727603	1835077
Percentuaje Andalucia	21,03%	22,31%	22,95%	23,34%	23,48%	23%
Percentuaje Espana	4,04%	3,93%	3,92%	4,17%	4,23%	4,10%

Tabella 2.1.1.2-b Evoluzione demografica di Siviglia

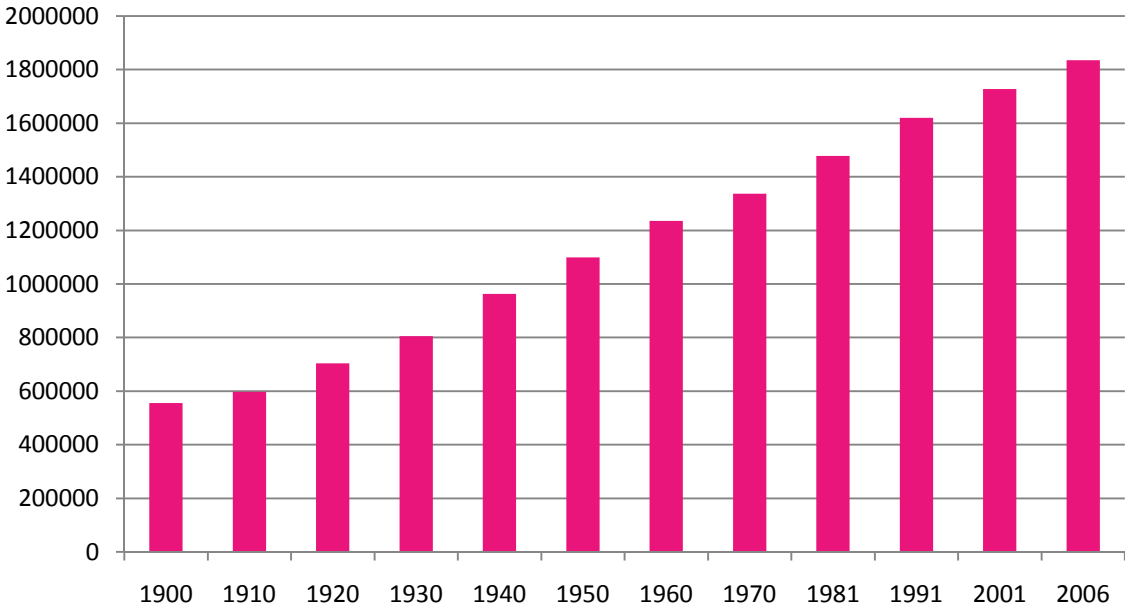


Grafico 2.1.1.2-a Andamento della popolazione

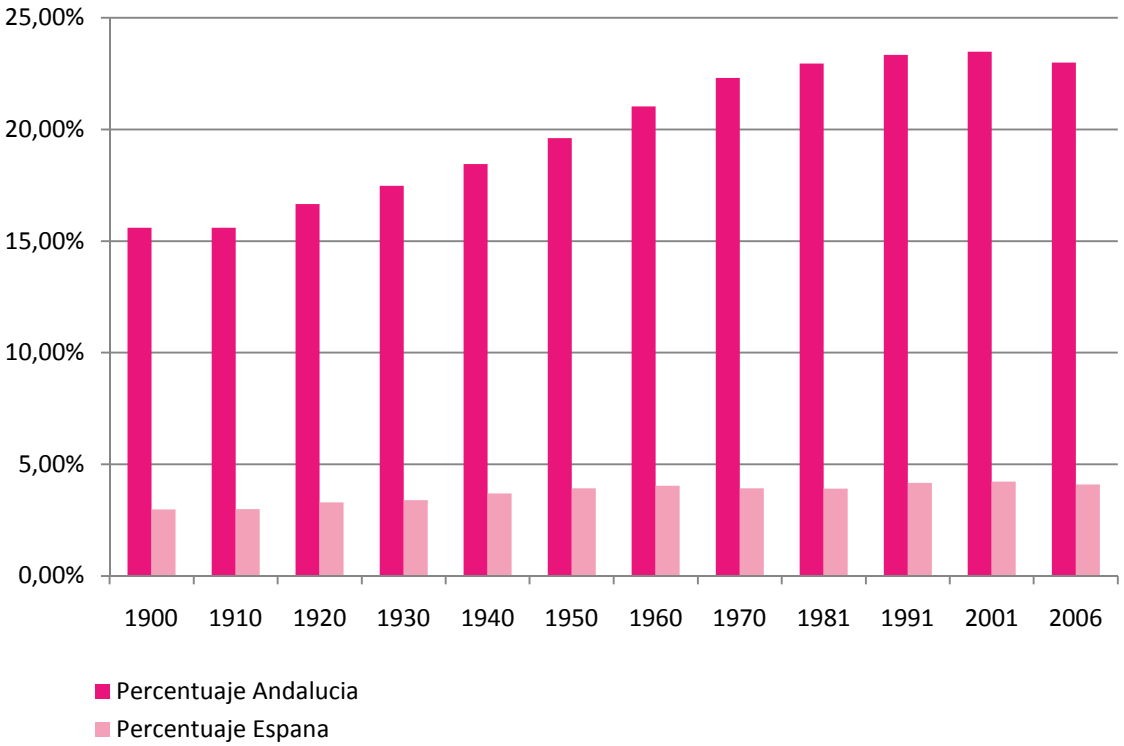


Grafico 2.1.1.2-b Confronto tra popolazione spagnola ed andalusa

2.1.1.3 Distribución

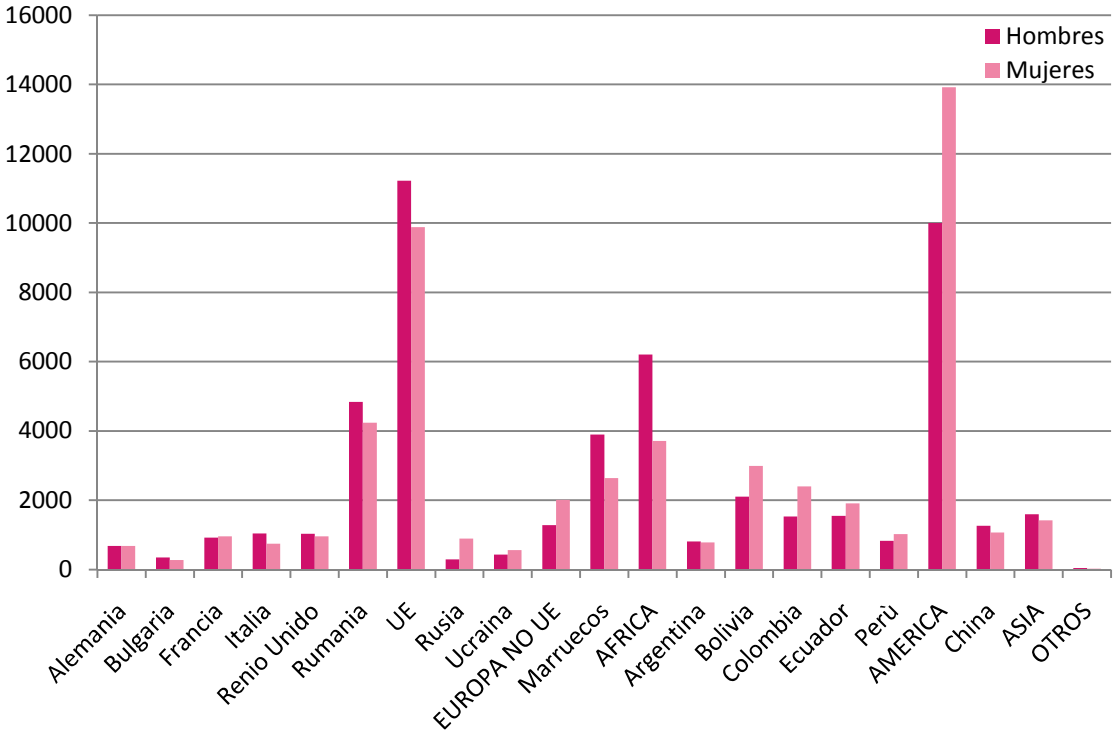
La densidad de población de la provincia de Sevilla es de 133,27 hab/km², superior a la de España y Andalucía (siendo la 3ª tras Málaga y Cádiz). Si bien existen grandes oscilaciones entre los municipios del área metropolitana y del resto de la provincia.
La gran mayoría de la población se concentra en la capital y en sus alrededores, que conforman el 4º área metropolitana más importante de España, donde reside aproximadamente el 80% de los sevillanos.

2.1.1.4 Población inmigrante

Según el censo Instituto Nacional de Estadística de España 2006, el 2,53% de la población de la provincia de Sevilla es de nacionalidad extranjera, porcentaje muy inferior al de la media española (del 9,27%).

Población Inmigrante en Sevilla						
Pais/Zona	Hombres	Mujeres	Total	% Total Ext.	% Total And.	% Pobl
Alemania	681	679	1360	2,22 %	5,65 %	0,07 %
Bulgaria	353	273	626	1,02 %	6,11 %	0,03 %
Francia	924	964	1888	3,08 %	13,71 %	0,1 %
Italia	1040	749	1789	2,92 %	10,38 %	0,1 %
Renio Unido	1032	960	1992	3,25 %	2 %	0,11 %
Rumania	4841	4243	9084	14,81 %	11,48 %	0,49 %
UE	11228	9881	21109	34,41 %	6,86 %	1,13 %
Rusia	299	899	1198	1,95 %	13,81 %	0,06 %
Ucraina	430	563	993	1,62 %	9,52 %	0,05 %
EUROPA NO UE	1280	2011	3291	5,37 %	11,78 %	0,18 %
Marruecos	3897	2638	6535	10,65 %	7,05 %	0,35 %
AFRICA	6207	3712	9919	16,17 %	8,25 %	0,53 %
Argentina	810	788	1598	2,61 %	6,26 %	0,09 %
Bolivia	2105	2991	5096	8,31 %	23,08 %	0,27 %
Colombia	1537	2406	3943	6,52 %	19,17 %	0,21 %
Ecuador	1555	1916	3471	5,66 %	15,19 %	0,19 %
Perù	831	1023	1854	3,02 %	40,91 %	0,1 %
AMERICA	1009	13924	14933	39,02 %	16,94 %	1,28 %
China	1261	1067	2328	3,8 %	22,62 %	0,12 %
ASIA	1598	1422	3020	4,92 %	16,41 %	0,16 %
OTROS	43	24	67	0,11 %	20,81 %	0 %
TOTAL	30365	30974	61339	100 %	9,96 %	3,28 %

Tabella 2.1.1.4-a Immigrazione a Siviglia



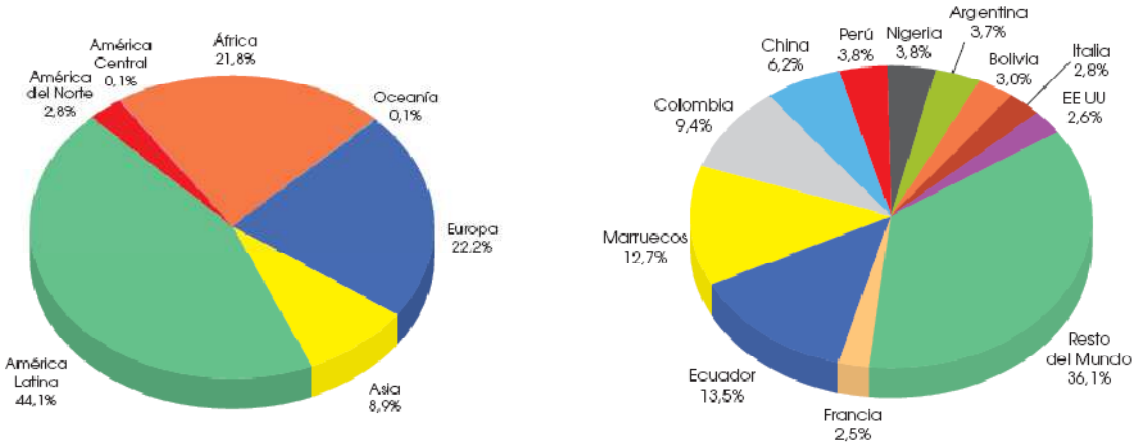


Grafico 2.1.1.4-a Immigrati divisi tra uomini e donne e per i diversi paesi di provenienza

2.1.2 CUIDAD DE SEVILLA

2.1.2.1 Poblacion

Vamos hora a ver los habitantes de la cuidad de sevilla, vemos cuantos hombres y mujeres hay y tambien vamos a ver los extranieros; hacemos una analisis diferente por cada zona de la cuidad para poder hacer una comparacion.

	n° habitantes		%	
	01/01/2004	02/01/2007	01/01/2004	02/01/2007
Casco Antiguo	56.206	56.733	7,95	8,04
Macarena	154.707	153.978	21,89	21,83
Nervión - San Pablo	120.647	119.632	17,07	16,96
Este	183.428	184.572	25,96	26,17
Sur	111.405	110.615	15,77	15,69
Triana – Los Remedios	80.220	79.670	11,35	11,3
TOTAL	706.613	705.200	100	100

Tabella 2.1.2.1-a Abitanti nei diversi quartieri della città

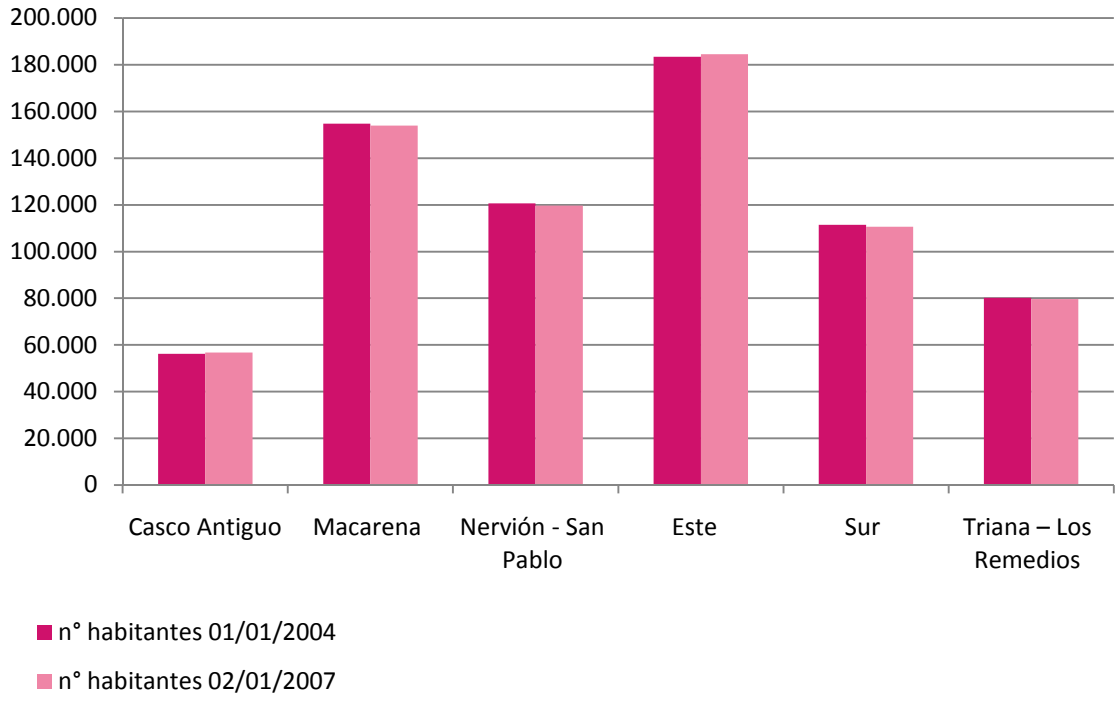


Grafico 2.1.2.1-a Abitanti nel 2004 e 2007 nelle diverse zono del centro città

	Cuidad	Habitabtes	km²	habitantes/km²
Andalucia	Sevilla	706613	140,8	5,009
	Málaga	558.287	398,25	1,402
	Zaragoza	666.129	973,78	0,684
Espana	Valencia	814.208	134,65	6,047
	Barcelona	1.621.537	101,4	15,991
	Madrid	3.155.359	607,21	5,196
Italia	Roma	2724347	1307,71	2,083
	Milano	1295705	182,07	7,117
	Napoli	963661	117,27	8,217
	Torino	908825	130,17	6,982
	Palermo	659433	158,88	4,151
	Monza	121280	33,02	3,673
	Bergamo	116677	39,6	2,946
	Lecco	45507	45,9	0,991

Tabella 2.1.2.1-b Numero abitanti per metro quadrato in Spagna e Italia

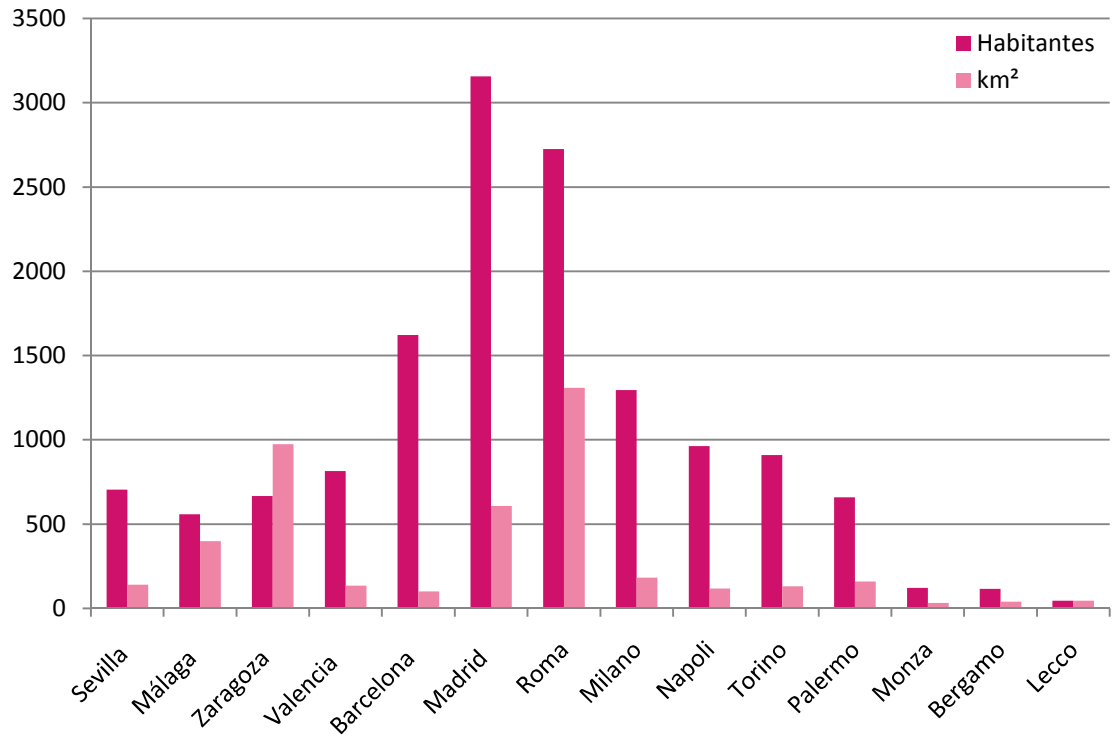


Grafico 2.1.2.1-b Rapporto tra abitanti e superficie di alcune città italiane e spagnole

2.1.2.2 Edad de la poblacion

	Indice de Envejecimiento		Indice di vejez		Indice de Dependencia		Indice de renovacion de poblacion activa	
ANO	2004	2007	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Casco Antiguo	19,8	19,5	166	160,8	46,4	46,2	136,8	132,3
Macarena	14,3	14,5	102,4	105,2	39,3	39,4	168	160
Nervión - San Pablo	17,4	17,7	133,9	136,8	43,7	44,2	133,2	124,4
Este	11,5	11,5	65,1	65,4	41,1	41	193	180,5
Sur	15,5	15,8	94,8	94,8	47,1	47,9	162,1	154,8
Triana – Los Remedios	20,6	20,9	172,8	172,8	48,4	49,4	125,1	118,6
SEVILLA	15,4	15,6	104,6	105,6	43,3	43,5	157,3	149

	Tasas Natalidad		Tasas Mortalidad		Tasas de C.Vegetativo	
ANO	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Casco Antiguo	8,2	9,3	11,5	10,7	-3,3	-1,4
Macarena	8,6	9,4	8,3	8	0,3	1,4
Nervión - San Pablo	7,8	7,8	9,4	9	-1,6	-1,1
Este	12,1	13	6,7	6,4	5,5	6,6
Sur	10,9	10,3	8,3	7,9	2,6	2,4
Triana – Los Remedios	7,2	7,3	10,6	10,1	-3,3	-2,7
SEVILLA Capital	9,6	10	8,6	8,2	1	1,8
SEVILLA Provincia	12,1	12,5	8,1	8,5	4	4,1
ANDALUCIA	11,7	11,94	8,3	8,54	3,4	3,4

Tabella 2.1.2.2-a Età della popolazione, tasso di natività e mortalità

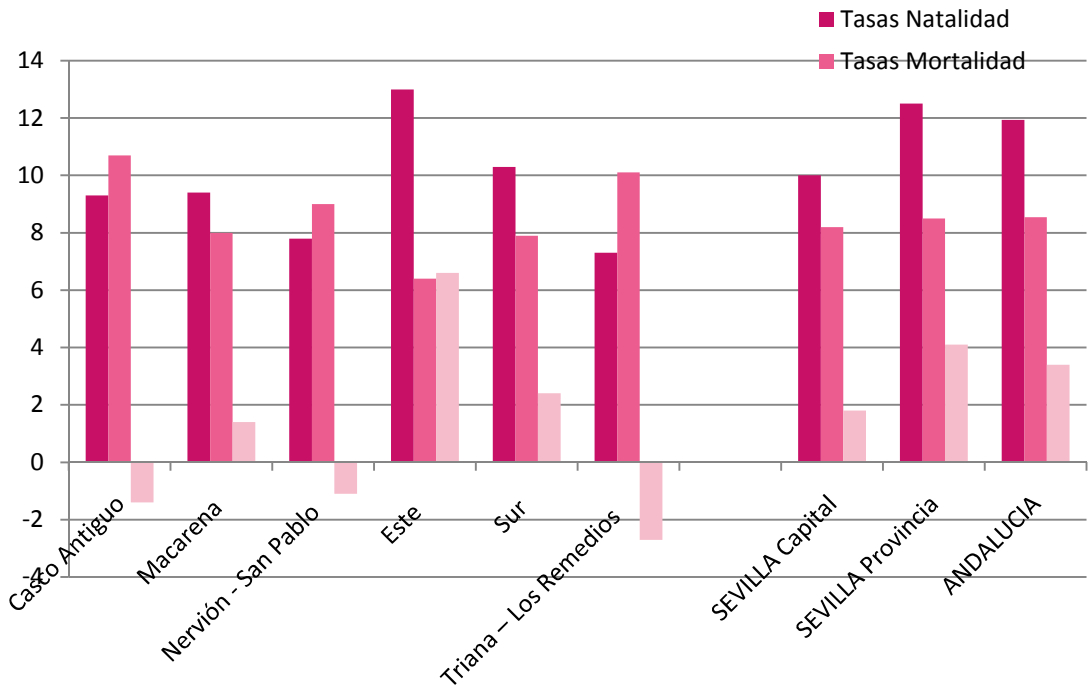
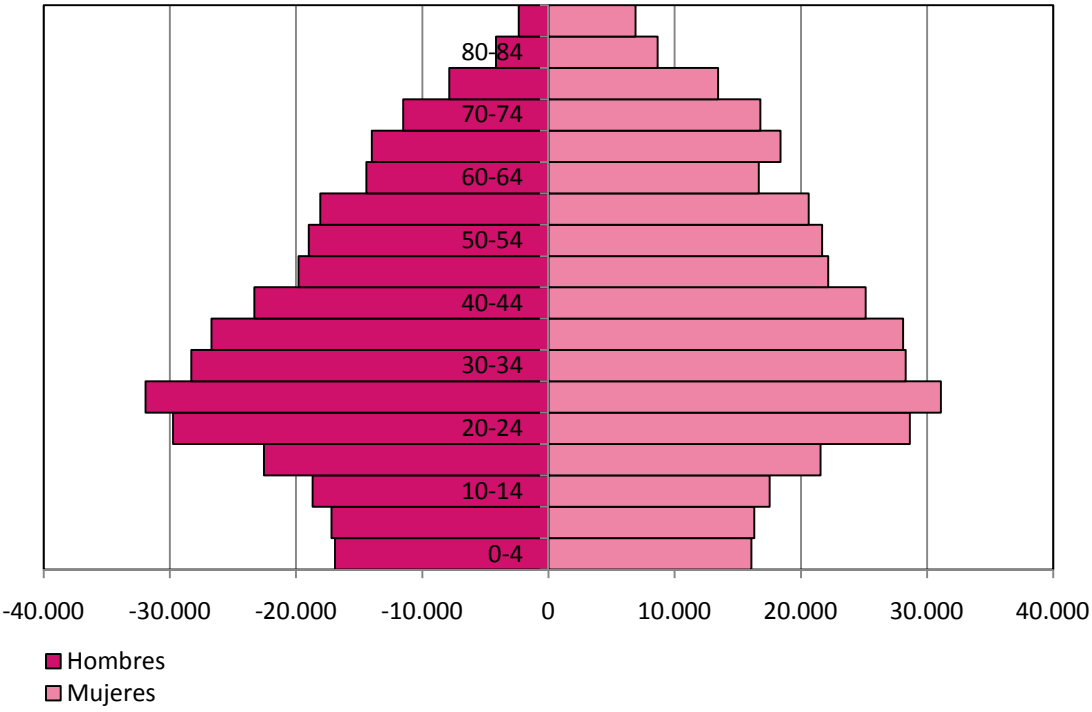


Grafico 2.1.2.2-a Tasso di natalità e mortalità

2.1.2.3 Sexo de la poblacion

EDAD	Varones %	Mujeres %
85	0,48	1,29
80-84	0,78	1,54
75-79	1,33	2,2
70-74	1,72	2,35
65-69	1,95	2,38
60-64	2,53	3
55-59	2,62	3,06
50-54	2,91	3,3
45-49	3,4	3,69
40-44	3,93	4,16
35-39	4,05	4,12
30-34	4,38	4,33
25-29	4,1	4,02
20-24	3,2	3,1
15-19	2,74	2,57
10-14	2,45	2,35
5-9	2,46	2,35
0-4	2,61	2,48

Tabella 2.1.2.3-a Sesso ed età della popolazione



Los varones son, segun el censo de poblacion de 2009 publicado por el INE , 333.490 los cuales rapresentan el 47,65% y 366.296 son mujeres que a su vez rapresentan un 52,35%. La variaciones de poblacion segun edad y sexo entre 1991 y 2001 es:

	1991			2001			Variaciones		
Grupos	H	M	Total	H	M	Total	H (%)	M (%)	Total (%)
0-4	18.896	17.605	36.501	16.912	16.091	33.003	-10,50	-8,60	-9,58
5-9	22.980	21.642	44.622	17.206	16.322	33.528	-25,13	-24,58	-24,86
10-14	30.709	29.108	59.817	18.686	17.528	36.214	-39,15	-39,78	-39,46
15-19	33.362	31.760	65.122	22.560	21.571	44.131	-32,38	-32,08	-32,23
20-24	32.402	30.992	63.394	29.741	28.625	58.366	-8,21	-7,64	-7,93
25-29	28.486	28.249	56.735	31.927	31.086	63.013	12,08	10,04	11,07
30-34	23.902	24.961	48.863	28.318	28.307	56.625	18,48	13,40	15,89
35-39	20.192	21.676	41.868	26.701	28.110	54.811	32,24	29,68	30,91
40-44	19.459	21.668	41.127	23.307	25.142	48.449	19,77	16,03	17,80
45-49	19.026	20.787	39.813	19.806	22.166	41.972	4,10	6,63	5,42
50-54	16.267	17.908	34.175	18.995	21.693	40.688	16,77	21,14	19,06
55-59	16.601	19.421	36.022	18.096	20.621	38.717	9,01	6,18	7,48
60-64	15.053	18.382	33.435	14.430	16.672	31.102	-4,14	-9,30	-6,98
65-69	12.310	16.587	28.897	13.989	18.380	32.369	13,64	10,81	12,02
70-74	8.065	13.072	21.137	11.506	16.785	28.291	42,67	28,40	33,85
75-79	5.456	10.381	15.837	7.861	13.434	21.295	44,08	29,41	34,46
80-84	2.933	6.876	9.809	4.158	8.650	12.808	41,77	25,80	30,57
85+	1.529	4.325	5.854	2.355	6.896	9.251	54,02	59,45	58,03
TOTAL	327.628	355.400	683.028	326.554	358.079	684.633	-0,33	0,75	0,23

Tabella 2.1.2.3-b Variazione della popolazione per sesso ed età

2.1.2.4 Poblacion emigrante

	n° extranjeros		%	
ANO	01/01/2004	02/01/2007	01/01/2004	02/01/2007
Casco Antiguo	2243	2784	13,46	11,24
Macarena	5126	6782	30,76	27,37
Nervión - San Pablo	2069	3456	12,42	13,95
Este	3314	5102	19,89	20,59
Sur	1906	3411	11,44	13,77
Triana – Los Remedios	2004	3241	12,03	13,08
TOTAL	16662	24776	100	100

Tabella 2.1.2.4-a Percentuale di emigrati

La poblacion emigrante en el la cuidad va aumentando, como en toda Europa; se vee que mas emigratos se enquentran en la Macarena y a reves los menos, hoy se encuentran en el centro, donde hay casa vieja de duenos espanoles. Ante, el lugar con menos emigratoe estaba el Sur, hoy pero no, porque ellos emiecaron a viver alli hacianedo subier los numeros de emigrantes en esta zona que subi en los ultimos anos grande expancion.

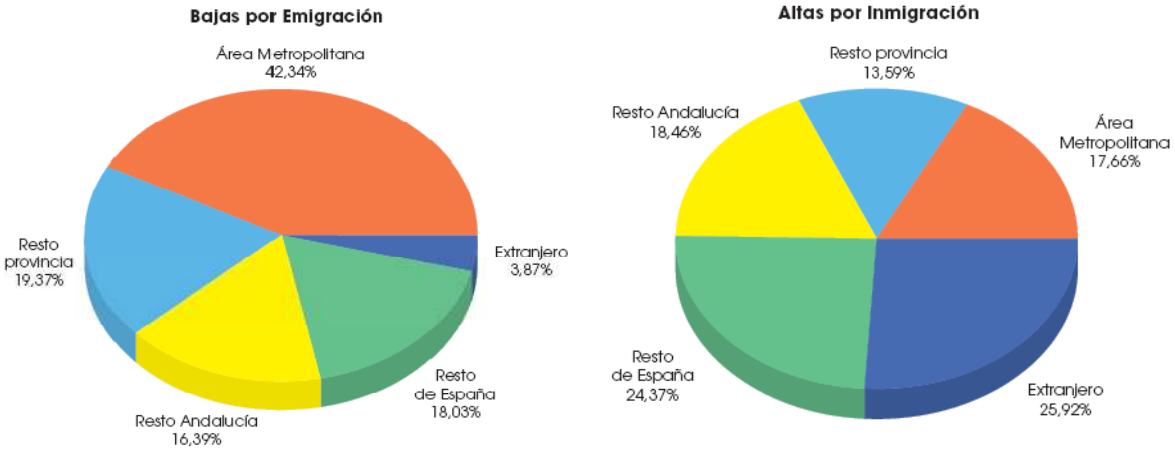


Grafico 2.1.2.4-a Popolazione immigrata ed emigrata di Siviglia

2.2 El clima

2.2.1 Temperatura

El clima de la provincia de Sevilla responde a las características esenciales de lo que se conoce como clima mediterráneo, común al conjunto de regiones que bordean el mar interior. Rasgos climáticos que vienen definidos por el carácter templado-cálido de sus temperaturas, la irregularidad de sus precipitaciones y, sobre todo, por la existencia de una estación estival con altas temperaturas y práctica ausencia de precipitaciones, una característica decisiva a la hora de explicarlas condiciones ecológicas del medio. Dentro de esos rasgos comunes, pueden señalarse otros matices diferenciales: zonas con mayor nivel de pluviometría (con enclaves que superan una media de más de 1.000 litros/m anuales) y temperaturas más bajas (por debajo de 14º C de media anual) en la Sierra Norte, y en menor medida en la Sierra Sur, frente a las zonas de la campiña y la Vega del Guadalquivir en las que se registran los valores más elevados de temperaturas (medias anuales por encima de los 19º C) y los más bajos de precipitación (que llegan a situarse por debajo de 500 litros/m anuales de media).

La estación seca coincide con el momento de las mayores demandas (regadíos y consumos urbanos). Ello explica el elevado grado de regulación de los ríos mediante la construcción de embalses que permiten almacenar el agua para ser usada a lo largo de todo el año. Pese a ello, la también irregular sucesión natural de periodos interanuales más secos o más húmedos se convierte en otro rasgo distintivo de nuestro clima: fases, a veces de varios años seguidos, de sequía, y episodios de avenidas e inundaciones de los ríos en momentos de precipitaciones torrenciales. Las condiciones climáticas y su interacción con el medio físico (materiales, suelos, formas del relieve) son un factor muy influyente para definir las características biogeográficas de cada parte del territorio: su aptitud para la agricultura, el tipo de vegetación natural predominante, los paisajes... Así mismo, el clima se convierte en un factor a tener en cuenta para definir la potencialidad de determinados sectores económicos, además de la agricultura (el aprovechamiento de energías renovables como la solar o el turismo), a la vez que permite realizar valoraciones cualitativas con relación al bienestar climático, concepto que, pese a su valor relativo, tiende a identificarse con condiciones similares a las del clima mediterráneo.

Para poder conocer las diferentes temperturas en Sevilla se puedon ver los datos de diferentes estaciones meteo; ellas son:

MUNICIPIO	NOMBRE	TIPO
Sevilla	AEROPUERTO	C
Sevilla	TABLADA	TPAY
Sevilla	VENTA MOCHANA	P
Sevilla	CENTRO METEO(*)	PTY
Sevilla	SANIDAD VEGETAL	PT
Alcalá de Guadaira	RANILLA	TP
Camas	EL CARAMBOLO	TP

Tabella 2.1.2.4-a Stazioni meteo a Siviglia

Donde los valores de los tipos de estación son:

T = TERMOMÉTRICA,

P = PLUVIOMÉTRICA,

C = COMPLETA,

E = EVAPORACIÓN EN TANQUE

S = TEMPERATURA DEL SUELO,

R = RADIACIÓN,

Y = SYNÓPTICA,

H = SONDEO

A = AUTOMÁTICA.

	AEROPUERTO (Municipio de Sevilla)				TABLADA (Municipio de Sevilla)				RANILLA (Alcalá de Guadaira)			
MES	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MIN ABS	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MIN ABS	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MIN ABS
ENERO	17,9	7,8	22,0	3,6					17,8	5,2	22,0	0,0
FEBR.	20,1	10,5	23,9	5,9	19,9	9,4	23,0	4,0	19,6	8,4	23,5	2,0
MARZO	22,3	9,5	28,3	3,9	21,8	8,3	27,0	2,5	22,1	7,9	28,5	4,0
ABRIL	24,5	12,6	31,7	8,6	23,4	10,8	30,8	6,1	23,8	9,3	31,5	4,5
MAYO	25,4	14,5	32,0	11,5					24,4	11,1	31,5	8,5
JUNIO	34,1	19,2	41,2	13,8	33,3	16,6	39,7	11,6	33,1	15,5	40,0	10,2
JULIO	36,2	20,8	40,0	17,5					35,6	18,9	40,5	15,5
AGOSTO	36,4	20,9	40,0	17,3	35,5	18,4	38,6	14,7	35,2	19,1	38,5	15
SEPTIEM.	29,8	18,7	35,4	15,4	29,3	17,0	34,6	13,7	29,1	17,3	34,5	14,0
OCT.	25,0	15,2	29,8	7,5	24,7	14,0	29,2	5,3	24,8	13,0	29,0	4,5
NOVIEM.	18,8	7,7	22,5	0,9	18,9	6,5	22,6	1,1	18,5	5,5	22,5	-1,0
DICIEM.	15,4	6,0	20,8	0,8	15,3	5,1	20,3	-0,2	15,3	5,3	20,0	-1,0
MEDIA	25,5	13,6	30,6	8,9	-	-	-	-	24,9	11,4	30,2	6,4

	EL CARAMBOLO (Camas)				SEVILLA (Sanidad Vegetal)				MEDIA de todas las estaciones			
MES	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MINA BS	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MINA BS	MED MAX	MED MIN	MAX ABS	MINA BS
ENERO	17,6	6,6	21,5	2,5	20,2	7,0	25,0	2,5	18,38	6,65	22,63	2,15
FEBR.	20,4	9,1	24,0	5,0	20,6	9,8	24,0	4,0	20,12	9,44	23,68	4,18
MARZO	22,1	8,5	27,5	3,0	23,6	8,6	29,0	2,5	22,38	8,56	28,06	3,18
ABRIL	24,2	11,4	32,5	7,0	26,3	11,3	33,5	7,5	24,44	11,08	32	6,74
MAYO	25,0	13,0	31,5	9,0	26,2	14,1	33,5	11,0	25,25	13,18	32,13	10
JUNIO	33,3	17,2	40,0	12,0					33,45	17,13	40,23	11,9
JULIO	35,6	19,1	39,0	16,0					35,8	19,6	39,83	16,33
AGOS.	35,6	18,7	39,0	14,0					35,68	19,28	39,03	15,25
SEPTIE.	29,4	16,9	34,0	14,0	30,1	18,1	36,0	15,0	29,54	17,6	34,9	14,42
OCT.	24,3	14,7	28,5	7,0	25,7	15,1	30,5	6,0	24,9	14,4	29,4	6,06
NOVIEM.	19,0	6,8	22,5	2,0	20,4	7,1	24,0	1,0	19,12	6,72	22,82	0,8
DICIEM.	14,7	5,4	18,0	1,0	16,4	5,0	21,0	0,0	15,42	5,36	20,02	0,12
MEDIA	25,1	12,3	29,8	7,7	-	-	-	-	25,37	12,42	30,39	7,594

Tabella 2.1.2.4-b Dati climatici delle diverse stazioni meteo

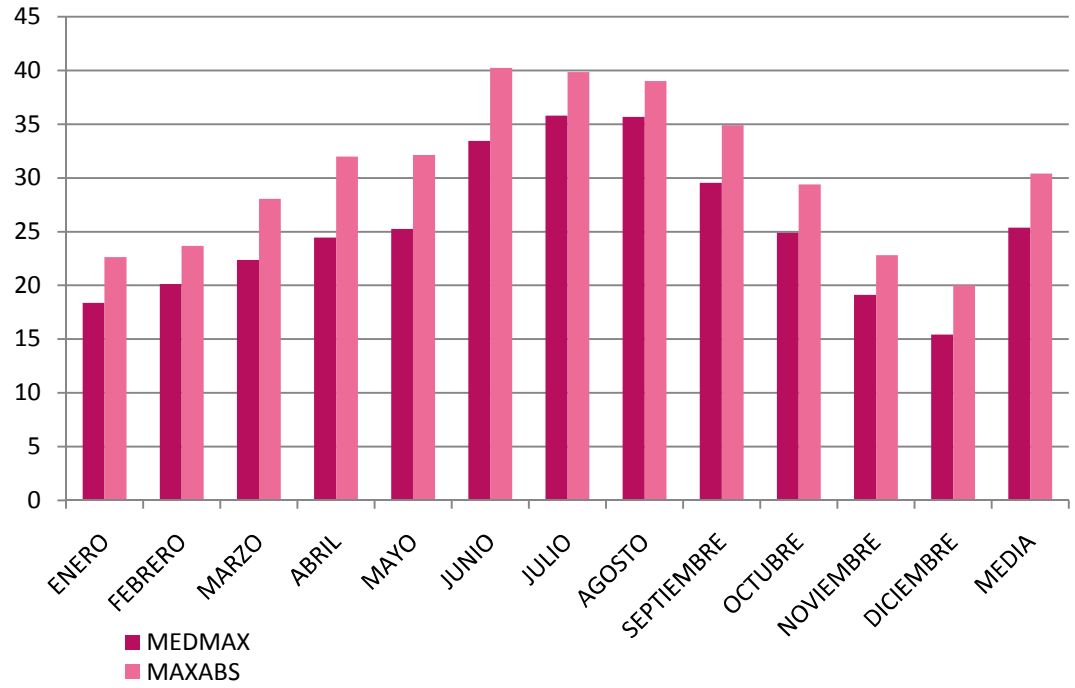


Grafico 2.1.2.41-a Temperatura massima e media massima mensile

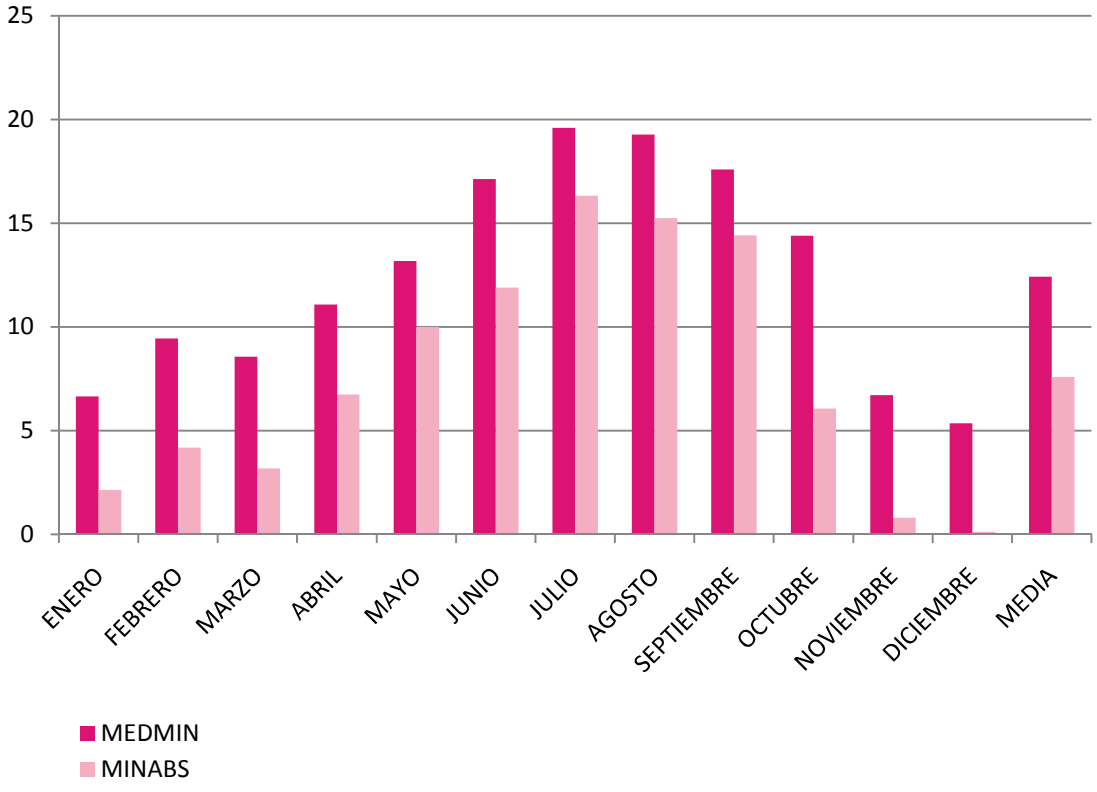


Grafico 2.2.1-b Temperatura minima e media minima mensile

Los datos escrito antes se refieren al ano 2008 en todas las estaciones de meteo presentes an Sevilla. Seguimos haro viendo los cambio de temperatura an 150 anos. Ne la tabla que sigue se muestran las temperaturas maximas y minimas absolutas desde el ano 1876 hasta el ano 2008.

	MÁXIMAS			MÍNIMAS		
MES	TEMP.	DÍA	AÑO	TEMP.	DÍA	AÑO
ENERO	25,0	20	2008	-8,4	11	2005
FEBRERO	29	16	1958	-5	4	1907
MARZO	32,2	24	1955	-2	2	1993
ABRIL	37	13	2005	1,4	14	1958
MAYO	39,5	24	1953	2,6	3	1947
JUNIO	45,2	27	1965	8	6	1926
JULIO	51	30	1876	10,8	13	1941
AGOSTO	45,3	1	2003	7,7	31	1946
SEPTIEMBRE	45	17	1876	4,2	23	1943
OCTUBRE	44,1	3	1997	2	26	1964
NOVIEMBRE	31,5	12	1949	-2,6	13	1943
DICIEMBRE	25	14	1998	-5	19	1946

Tabella 2.1.2.41-c temperature massime e minime mensili degli ultimi 50 anni

Podemos ver como en el ultimo ano se encuentran en Enereo la maxima y la minima temparatura absoluta, esto esta a decir que hay la mas grande escursione de temperatura econtrada en los ultimos 150 anos.

2.2.2 Dias de lluvia

Vemos ahora los dias de lluvia, de tormenta y cuantas precipitacions hay; en la tabla que sigue se escriben los datos de cinco estaciones del area metropolitana de Sevilla que relevan estos datos en el ano 2008.

	AEROPUERTO (Sevilla)			TABLADA (Sevilla)	RANILLA (Alcalá de Guadaira)		CARAMBOLO (Camas)	SEVILLA (Sanidad Vegetal)		
MES	Dt	P	Dll	P	P	Dll	P	Dt	P	Dll
ENERO	0	463	9	-	720	4	552	0	469	8
FEBRERO	3	698	9	439	761	-	889	1	762	9
MARZO	1	149	3	382	220	-	502	2	283	3
ABRIL	3	1741	9	1999	1860	-	1905	1	1733	9
MAYO	2	344	12	0	366	-	385	6	488	9
JUNIO	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
JULIO	0	22	1	0	21	-	167	-	-	-
AGOSTO	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
SEPTIEMBRE	0	368	10	561	420	-	869	0	519	7
OCTUBRE	1	630	13	622	645	10	808	1	634	13
NOVIEMBRE	0,0	67	4	135	140	2	105	0	167	4
DICIEMBRE	0	391	13	376	770	10	427	0	501	10
TOTAL	10	4873	83	4514	5923	26	6609	11	5556	72

Tabella 2.1.2.42.-a Giorni di pioggia

donde:

Dt = dias de tormenta

P = precipitaciones en décimas de milímetro

Dll = dias de lluvia

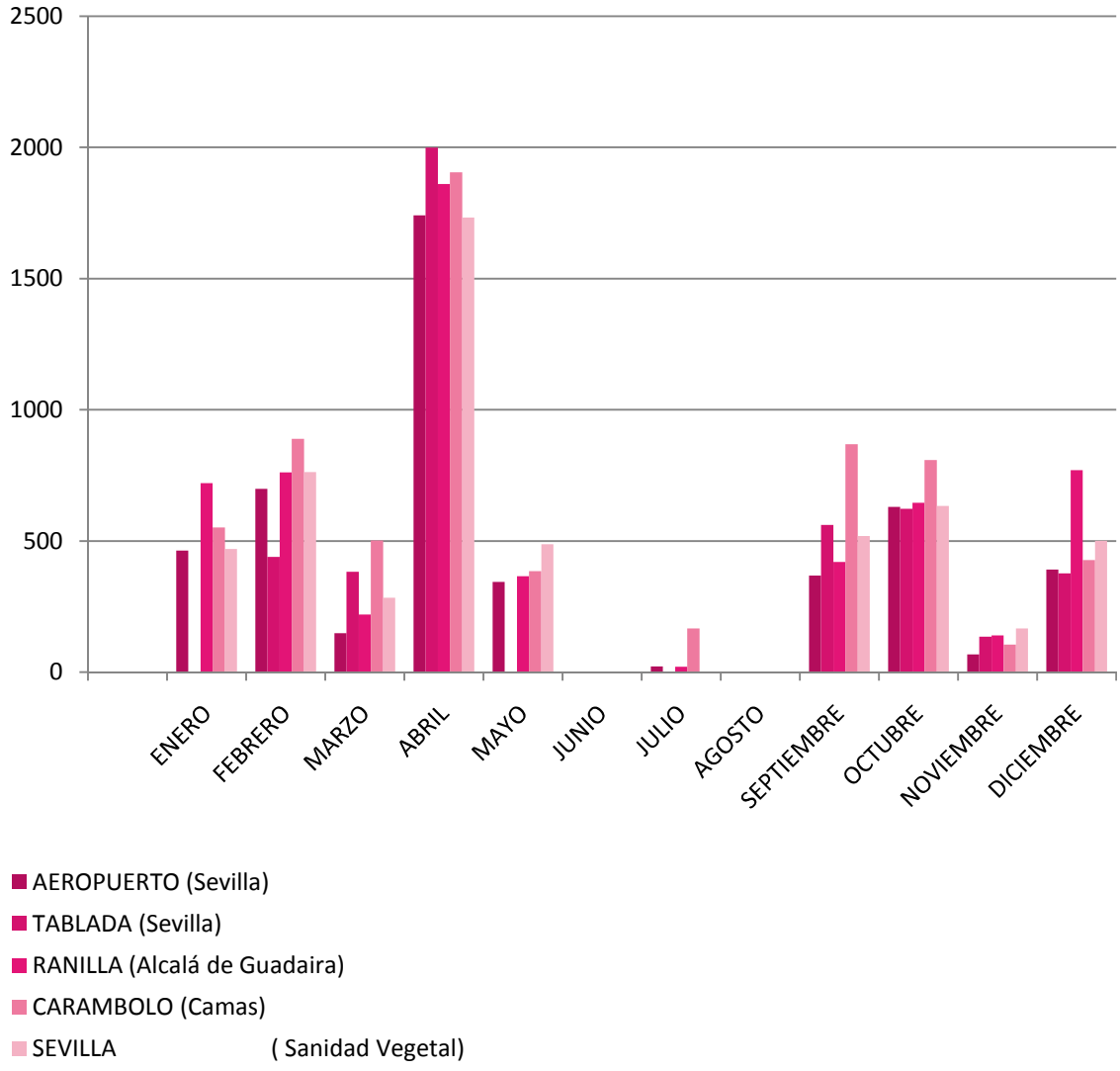


Grafico 2.2.2-a Confronto dei dati delle diverse stazioni meteo

Se puede ver com en los meses de Junio y Agosto no hay lluvia, en Julio hay muy poca; en los meses de Enere, Febrero, Septembre, Octubre, Diciembre hay mas o meno la misma cantidad de lluvia entre los 400 y los 700 décimas de milímetro. El mes con mas lluvia es Abril en el cual hay cerca 2000 décimas de milímetro de lluvia.

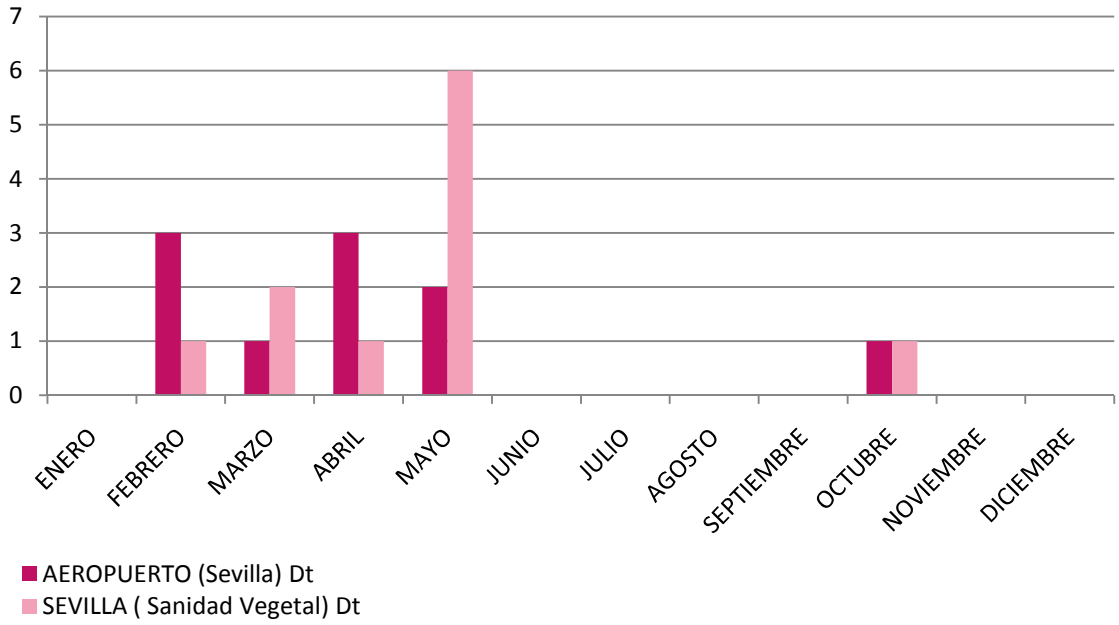


Grafico 2.2.2-b Giorni di tormenta

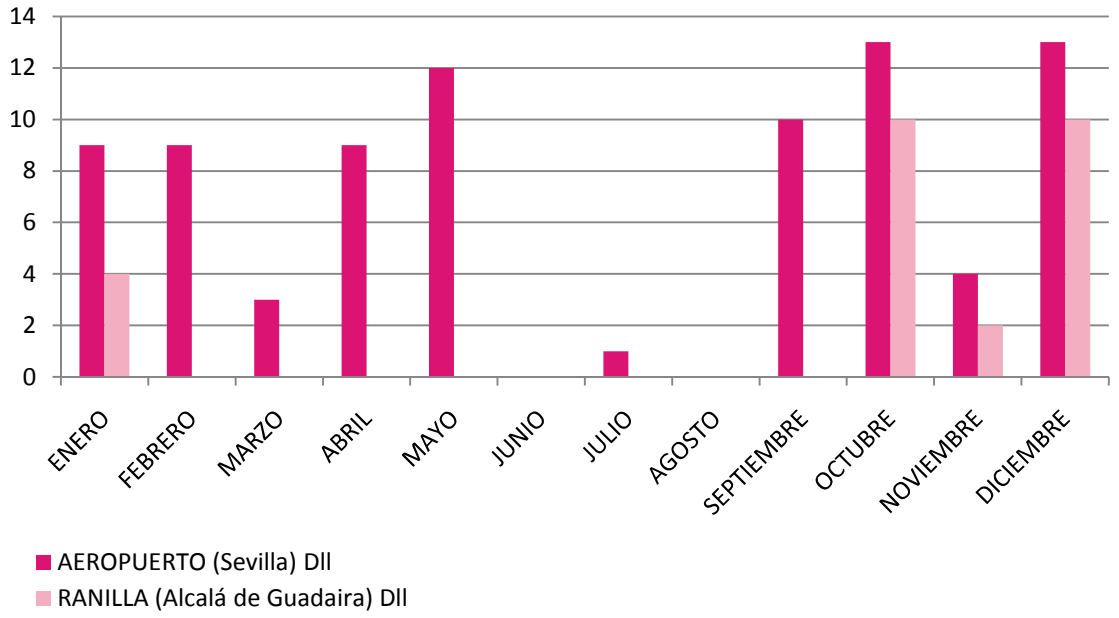


Grafico 2.2.2-c Giorni di pioggia

Se puede ver cuanta diferencia hay entre una estacion y las otras, nosotros iremos a utilzar los datos de la estacion del areopuerto porque es la mas cerca al sitio de nuestro proyecto.
Cerca de las horas de sol, los dia de nieve o de helada tenemos solo los datos de la estacion de Tablada, los dados encontrados son los siguentes:

MES	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
ENERO	7	0	1	5	1	9	171
FEBRERO	6	0	0	5	0	6	162
MARZO	5	0	1	4	0	8	213
ABRIL	6	0	2	4	0	5	224
MAYO	4	0	2	3	0	7	297
JUNIO	2	0	1	2	0	11	319
JULIO	0	0	0	1	0	20	366
AGOSTO	0	0	1	1	0	19	339
SEPTIEMBRE	2	0	1	2	0	12	258
OCTUBRE	6	0	2	3	0	8	205
NOVIEMBRE	6	0	1	3	0	9	171
DICIEMBRE	8	0	1	4	1	8	154
Año	52	0	12	39	2	122	2902

donde:

DR = Número medio mensual/anual de dias de precipitación superior a 1 mm

DN = Número medio mensual/anual de dias de nieve

DT = Número medio mensual/anual de dias de tormenta

DF = Número medio mensual/anual de dias de niebla

DH = Número medio mensual/anual de dias de helada

DD = Número medio mensual/anual de dias despejados

I = Número medio mensual/anual de horas de sol

2.2.3 Humedad y viento

MES	viento	rafaga de viento [km/h]	humedad relativa	presion atmosferica [mb]
ENERO	3	47	80	1019
FEBRERO	4	60	74	1010,8
MARZO	4	45	65	1015,5
ABRIL	4	50	60	1016,3
MAYO	5	40	53	1015,8
JUNIO	6	45	57	1014,9
JULIO	5	43	45	1015,2
AGOSTO	4	42	47	1013,7
SEPTIEMBRE	4	45	58	1015,4
OCTUBRE	3	51	62	1015,9
NOVIEMBRE	2	43	68	1019,7
DICIEMBRE	3	71	84	1012,9

Tabella 2.1.2.43-a Vento ed umidità mensili

2.2.4 RADIACION

MES	Radiación Global [kWh/m²]		Radiación Difusa [kWh/m²]		Radiación Directa [kWh/m²]	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
ENERO	73,7	86,2	41,4	34,8	32,8	51,2
FEBRERO	96,2	107,8	44,8	37,6	51,2	70,3
MARZO	139,6	153,8	65,1	56,3	74,9	97,5
ABRIL	173,6	187,8	72,8	62,5	100,8	125,1
MAYO	207,9	21,6	79,8	69	128,7	152,5
JUNIO	227,6	235,4	68,6	61	159,3	174,9
JULIO	232,4	238,3	65,3	60,5	166,9	177,6
AGOSTO	206,4	210,3	63,8	60,4	142,4	150,2
SEPTIEMBRE	154,4	162,4	61,8	56,2	92,8	105,7
OCTUBRE	112,6	121,4	56,7	52,4	56	69,5
NOVIEMBRE	80,3	88,1	41,6	37,3	38,9	50,3
DICIEMBRE	62,3	68,8	39,4	36,6	23,3	32,4

MES	Hh	Hopt	Iopt	D/G	TD	T24h	NDD
ENERO	2450	3990	61	0,41	12,3	11,2	178
FEBRERO	3090	4340	53	0,43	13,8	12,4	102
MARZO	4580	5630	41	0,37	17,1	15,3	32
ABRIL	5240	5520	24	0,42	18,9	17	18
MAYO	6750	6450	10	0,35	22,1	20,2	0
JUNIO	7270	6590	3	0,33	26,7	24,5	0
JULIO	7040	6540	6	0,34	28,9	26,8	0
AGOSTO	6350	6460	19	0,34	29	26,8	0
SEPTIEMBRE	5070	5900	35	0,35	25,7	23,8	0
OCTUBRE	3840	5200	49	0,37	21,9	20,2	13
NOVIEMBRE	2480	3770	58	0,45	16,4	14,9	137
DICIEMBRE	2070	3420	63	0,46	13,3	12,1	158
ANO	4700	5320	33	0,37	20,5	18,8	638

Tabella 2.1.2.4-a Irraggiamento solare

donde :

Hh = radiacion en el plan horizontal (Wh/m²)

Hopt = radiacion en el plan optimal (Wh/m²)

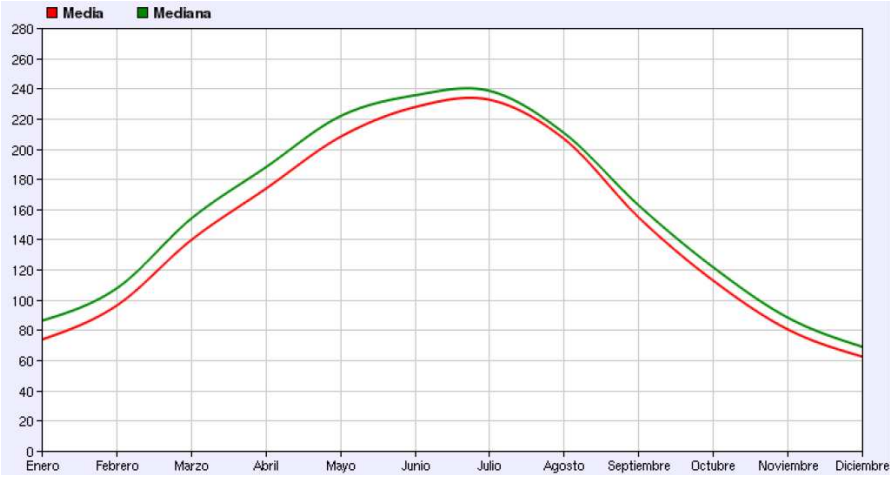
Iopt = angulo optimo

D/G = relacion entre la radiacion global y difusa

TD = temperatura media del dia (℃)

T24h = temperatura media diaria (℃)

NDD = numero de grados-dias de calefacion





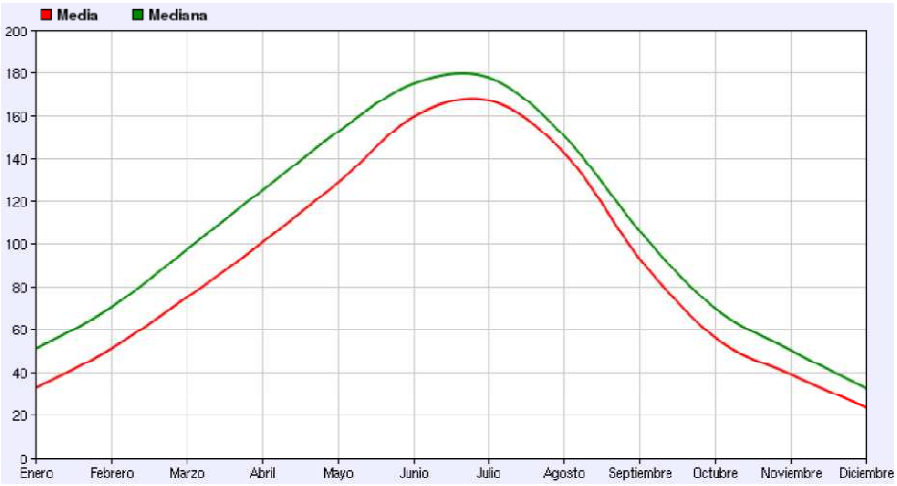


Grafico 2.2.4.a Media e mediane dei giorni di pioggia

2.2.5 CALIDAD DEL AIRE

Ponemos ahora en seguida los datos de la estacion de Sevilla cerca la calidad del aire en la cuidad; vamos a ver esta calidad respecto a las particulas en suspension en µg/m³, al dioxido de azufre (SO_2), al ozono (O_3) y al monoxido de carbono.

Particulas en suspencion en µg/m³		
ESTACIÓN	MEDIA ARITMÉTICA	Superaciones del límite medio diario
Bermejales	44	101
Torneo	30	3
Sta. Clara	40	73
VALOR LÍMITE	50	35 días/año.

El valor limite es el valor admitido como máximo.
Los anteriores datos están corregidos por el factor de correlación beta-gravimétrico y con el descuento por los fenómenos de intrusión sahariana

Dioxido de azufre		
ESTACIÓN	Máxima Media Diaria	Máxima Media Horaria
Bermejales	15	42
Torneo	9	31
Ranilla	12	28
Principes	12	17
Centro	12	35
LÍMITES ADMISIBLES		
Concentración máx.	125	380
Periódo máx.	3 días/año	24 ocasiones/año

Dioxido de nitrogeno		
ESTACIÓN	MEDIA ANUAL	SUPERACIÓN DE LA MEDIA HORARIA
Bermejales	35	0 horas
Torneo	39	1 hora
Ranilla	40	5 horas
Principes	38	1 hora
Centro	24	0 horas
Sta. Clara	35	0 horas
San Jerónimo	31	1 hora
VALOR GUÍA	52	260
VALOR LÍMITE	50	250

El valor limite es el valor admitido como máximo.
El valor guia es el valor que debe considerarse como objetivo deseable para el 2010 de calidad

Calidad del aire respecto al ozono			
ESTACIÓN	Superación de Umbrales en días		
	Protección de la Salud (1)	Infomación a la Población (2)	Alerta a la Población(3)
	Octohoraria > 120 (4)	Media horaria > 180	Media horaria > 240
Bermejales	31	2	0
Centro	35	3	0
Sta. Clara	48	8	0
Torneo	4	0	0
San Jerónimo	30	3	0

Tabella 2.2.5.a Qualità dell'aria

(1) Límite máximo cuya superación por períodos prolongados supone un riesgo para la salud humana. Se mide en (mg/m3N) por intervalos octohorario.Tiene carácter de valor objetivo a largo plazo, se exigirá a partir del 2010.

(2) Límite máximo cuya superación supone la existencia de efectos limitados y transitorios para la salud de determinadas categorías de población. Si supera, niños, ancianos, y enfermos de vías respiratorias, deben evitar ralizar esfuerzos al aire libre.

(3) El más preocupante, pués "a partir de una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana", no se ha alcanzado todavía en Sevilla. Sin embargo, nuestras condiciones climáticas son muy favorables para la presencia del Ozono y por ello estamos obligados a prestarle la máx. atención.

(4) La Directiva 2002/3/CE con vigencia a partir del 2003, establece este valor como objetivo para la protección de la salud para el año 2010. No podrá superarse más de 25 días al año en un periódo trianual.

Monoxido de carbono	
ESTACIÓN	MÁXIMO OCTOHORARIO ANUAL
Bermejales	2092
Torneo	1981
Ranilla	3800
Príncipes	1471
Sta. Clara(1)	2157
Centro	1877
Concentración admisible:	10 mg/m^3

Sevilla y la Sostemibilidad

3.1 VERDE PUBLICO

3.1.1 PROYECTO: "SEVILLA CUIDAD VERDE"

Sevilla tenía en 1995 una densidad de 5.003 habitantes por km^2 y 1,7 m^2 de zona verde por habitante. La transformación urbanística que se produjo en la ciudad como consecuencia de las infraestructuras creadas para la EXPO'92 fue espectacular, aunque algunas de las grandes obras de infraestructura realizadas no se preocuparon suficientemente de los aspectos estéticos y medioambientales. Por otro lado, la ciudad se expandió geográficamente sin que se ampliaran las zonas verdes existentes, ya de por sí escasas. Ante esta situación, el *Ayuntamiento de Sevilla* decidió poner en marcha el proyecto "Sevilla Ciudad Verde" que se incluye dentro del Programa Integral de Medio Ambiente de Sevilla, destinado a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la prestación de los servicios públicos, y aspira a convertir Sevilla en la ciudad más verde del Sur de Europa para en el año 2000.

Los objetivos principales del proyecto de adecuación medioambiental fueron:

- Rescatar la antigua maestría de la ciudad en el tratamiento de la sombra y llenar la ciudad de vegetación para pasar de los 1,7 m^2 de zona verde por habitante a 9,2 m^2, lo cual supera ampliamente lo previsto en la *Ley del Suelo*, que establece 5 m^2 por habitante.
- Crear una ciudad que pueda aspirar a vivir de su capacidad para atraer el turismo y proclamar que pocas ciudades pueden ofrecer una calidad de vida comparable; Sevilla debe ser una ciudad donde los ojos puedan posarse sobre cualquier punto y encontrar un espacio agradable y humano.

Las actuaciones concretas que se han puesto en marcha para la integración del medio ambiente en la vida diaria de los ciudadanos han sido:

- Reforestación masiva de calles, avenidas, rotondas, rondas de circunvalación, pequeños espacios interurbanos, nuevos parques urbanos y periurbanos.
- Transformación paisajística de las márgenes de la SE-30 con la pealización del Cinturón Verde de Sevilla.
- Creación de la *Escuela de Jardinería de Sevilla*.
- Cultivo del arboretum o jardín botánico en la estación de depuración y tratamento de aguas.
- Regeneración de terrenos degradados y de la dársena del río.
- Acondicionamiento y expansión de los jardines de la Buhaira y del Prado, y de los parques de Miraflores y Parque Central Polígono Aeropuerto.
- Creación del Centro de reciclaje de residuos especiales y dos Centros de recogida voluntaria de estos residuos.
- Plantación por parte del Ayuntamiento de zonas verdes privadas que posteriormente son mantenidas por los vecinos.

- Firma de la *Carta de Aalborg* en 1996 y compromiso para adoptar una Agenda 21 Local.

RESULTADOS

Es difícil la evaluación global del proyecto, puesto que sólo han transcurrido tres años desde su inicio y el primero fue de concepción y estudios, por lo que sólo ha habido dos años de ejecuciones. Sin embargo, algunos datos concretos pueden ayudarnos a realizar una evaluación parcial de los resultados:

- El Cinturón Verde ha quedado prácticamente terminado al final de la primavera de 1998.
- El arboretum o jardín botánico ha sido inaugurado y abierto al público.
- De una superficie total de zona verde de 1.680.332 m^2 al inicio, se ha alcanzado en la actualidad 7.243.874 m^2, lo que supone un cambio de la situación de partida a 9,7 m^2/habitante.
- Alrededor de 6.000 árboles han sido plantados.
- Ahorro de agua en jardinería mediante la utilización de especies adecuadas, sistemas de riego modernos, reutilización de aguas depuradas y empleo de aguas subterráneas.
- Reducción de la contaminación atmosférica, acústica y estética, formándose en la zona de actuación un microclima.

FINANCIACION

Inversión Total 1996 -1999: 6.849.583.000 ptas:
- Ayuntamiento de Sevilla: 2.824.875.000 ptas
- Unión Europea (Fondos Estructurales): 4.024.708.000 ptas

3.1.2 Diferente tipologia de verde

Existen numerosos clasificaciones de los espacios verdes urbanos en función del criterio de ordenación elegido: extensión o diseño del área, distribución de especies representativas o necesidad de mantenimiento de la vegetación.

Dado que estos criterios no son excluyentes sino que están asociados, es conveniente abordar el estudio desde un punto de vista integrador que permita obtener una perspectiva global de la situación del conjunto de zonas verdes, así como considerar la particularidad de cada uno de ellos. Se ha adoptando una clasificación, que en líneas generales sigue las últimas tendencias europeas en cuanto a la definición de los espacios verdes urbanos; siempre sin olvidar las peculiaridades de esta ciudad. Según su tipología se han agrupado las zonas verdes de Sevilla en cinco tipos:

- *Zonas forestales*:

Esta categoría corresponde a aquellos espacios que están reforestados con plantas autóctonas o reforestadas con bajo mantenimiento y adaptadas a las condiciones climáticas de la ciudad; funcionando para el uso ciudadano o como pantallas ecológicas. Por lo general se trata de zonas de gran extensión situadas en el límite del suelo urbano, reforestadas y diseñadas con las premisas de realizar un número mínimo de labores de mantenimiento, por lo que la vegetación debe estar adaptada a las condiciones climáticas. Por tanto, el aspecto de las zonas forestales a lo largo del año vendrá determinado por los ciclos estacionales, mostrándose las praderas verdes sólo cuando exista balance hídrico positivo. El uso es recreativo, pudiendo existir zonas deportivas integradas e incluso áreas para realizar barbacoas en algunos casos.

- *Jardines históricos*

Se incluyen en esta denominación a aquellos jardines declarados como artísticos o de interés cultural. Son jardines que por lo general se ubican en el casco histórico o en sus proximidades y que son en muchos casos mudo testigo del devenir de épocas pasadas, de las modas y los gustos de cada época, presentando un amplio muestrario de los diferentes estilos que han dominado la jardinería en cada momento. Incluye jardines de tamaños muy variados, muy pequeños o relativamente grandes, con un diseño característico de cada caso, que no puede sufrir modificaciones y compuesto de una serie de especies vegetales entre las que predominan las especies exóticas y los cultivos de primor; aspectos, todos estos, que imponen unas elevadas labores de mantenimiento. En la mayoría de los casos, son utilizados para el esparcimiento de la población (paseo o en las zonas reservadas para ello, juegos infantiles) y presentan gran interés turístico por encontrase ligados a monumentos representativos de la ciudad.

- *Parques urbanos:*

Referidos a zonas verdes o ajardinadas de especial importancia para su disfrute por los ciudadanos debido a su tamaño o situación en la ciudad. Responden, bien a un concepto tradicional de parque o bien a espacios mas o menos abiertos en cuya concepción se ha tenido en cuenta la jardinería. Son espacios con una extensión de mediana a grande repartidos por la geografía urbana, pero principalmente por los distritos, que en muchos casos disponen de

instalaciones deportivas integradas o próximas a ellos. Las especies principales, sin olvidar las autóctonas, son fundamentalmente especies naturalizadas, bien adaptadas a la vida en las ciudades en general y a nuestro clima en particular. Con ello se minimizan las labores de mantenimiento, que no obstante existen, pudiendo decir que la necesidad de estas labores es de grado medio.

- *Parques metropolitanos:*

Se trata de espacios, normalmente de gran extensión y escaso o nulo mantenimiento. Por las posibilidades que ofrecen a los usuarios o por su situación, dan servicio al área metropolitana de Sevilla y no sólo a la ciudad. Son áreas, mas o menos naturales, en las que la actuación jardinera es mínima, limitándose a podas sanitarias.El mantenimiento consiste en la conservación e instalación de algún tipo de equipamiento como bancos, mesas y barbacoas y en la limpieza y recogida de basuras.

- *Otros:*

Incluye plazas, (ajardinadas y arboladas), y jardines que por su pequeña extensión, se estima que dan servicio únicamente al barrio e incluso a la manzana más inmediata.

Se incluye también en este apartado los paseos arbolados de la ciudad que, pese a tener en algunos casos una importante función de nexo entre diferentes espacios verdes, no pueden ser considerados, por sus características, como tales. Igualmente, se incluyen los arcenes, medianas, islotes y glorietas, que pese a tener una importante función estética y sanitaria, no pueden ser utilizados directamente por la ciudadanía. Ponemos en seguida el grafico y la tablas con los metros ciadros de verde que hay hot en la cuidad distinguendo entre las diferente zonas de ella y entre las diferente tipolojia de verde que hay.

DISTRITOS	Verde forestal (m^2)	Jardines Históricos (m^2)	Parques urbanos (m^2)	Parques periurbanos (m^2)	Jardines de distrito (m^2)	Plazas ajardinadas (m^2)
Centro	-	114.252	-	-	205.757	29.498
Macarena	-	-	480.000	-	36.567	6.282
Macarena Norte	-	-	1.147.324	-	124.406	-
Este	3.480.000	-	626.928	-	-	2.300
Cerro-Amate	-	-	431.676	-	8.100	4.016
Nervión	-	35.000	-	-	96.220	-
San Pablo-Sta. Justa	-	-	10.340	-	74.633	10.962
Sur	-	401.716	45.000	-	147.238	8.781
Palmera-Bellavista	1.110.000	-	-	820.000	25.664	7.020
Triana	106.230	-	140.000	-	49.560	21.601
Los Remedios	-	-	108.000	-	39.292	2.288
Total	**4.696.230**	**550.968**	**2.989.268**	**820.000**	**807.437**	**92.748**

DISTRITOS	Plazas arboladas (m^2)	Paseos arbolados (m/l)	Arcenes, islotes, glorietas... (m^2)	Totales m^2 por zona	Totales m/l por zona
Centro	133.416	-	1.900	484.823	0
Macarena	5.156	-	151.306	679.311	0
Macarena Norte	131.319	4.524	131.150	1.534.199	4.524
Este	48.785	2.300	350.000	4.508.013	2.300
Cerro-Amate	31.390	3.580	85.560	560.742	3.580
Nervión	3.744	3.150	13.020	147.984	3.150
San Pablo-Sta. Justa	15.540	9.200	94.275	205.750	9.200
Sur	10.846	1.920	50.173	663.754	1.920
Palmera-Bellavista	13.757	7.500	166.771	2.143.212	7.500
Triana	14.719	8.510	9.795	341.905	8.510
Los Remedios	1.080	4.850	-	150.660	4.850
Total	**409.752**	**45.534**	**1.053.950**	**11.420.353**	**45.534**

Tabella 3.1.2-a Spazi verdi e spazi pedonali

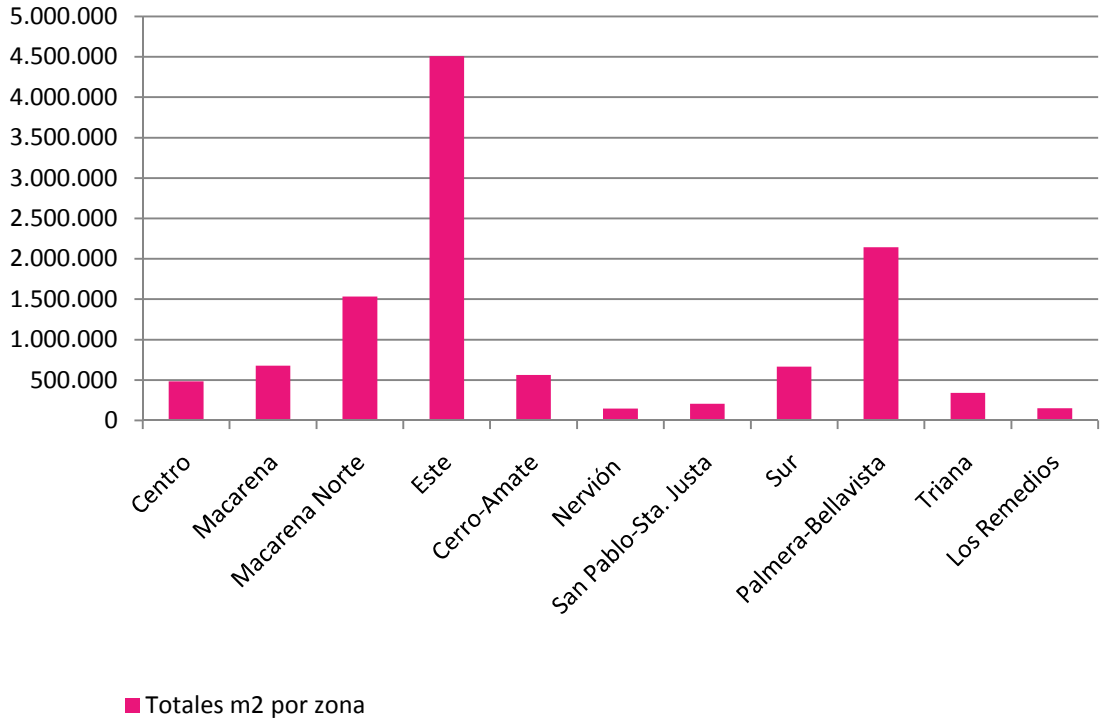


Tabella 3.1.2-b Quantità di verde per zona

3.1.3 PARQUES Y JARDINES

Vamos hora a hablra solo de los parques y jardines mas grandes y bonitos de Sevilla, de lo cuales no podemos no hablar, entre ellos encontramos:

- el Parque de María Luisa
- el Parque de los Príncipes
- el Parque del Alamillo
- los Jardines de los Reales Alcázares**,**
- los Jardines de la Buhaira**,**
- los Jardines de Murillo**,**
- los Jardines Prado de San Sebastián

Parque de María Luisa





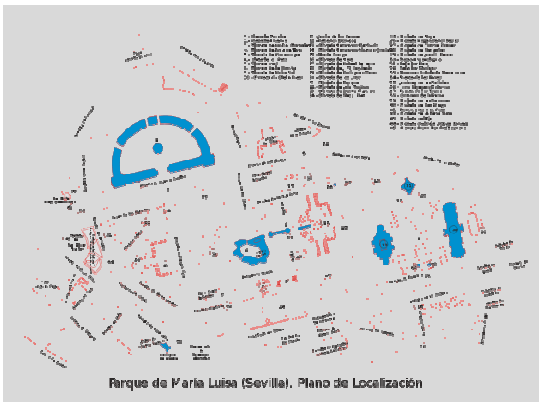


Figura 3.1.3.a Parco di Maria Luisa

En 1893, la infanta María Luisa Fernanda, duquesa viuda de Montpensier, cedió al pueblo de Sevilla la mitad de los jardines de su palacio de San Telmo, en los que Alfonso XII y Mercedes disfrutaron de su idilio. Hacia 1929, con motivo de la Exposición Iberoamericana y gracias al trabajo del diseñador francés Nicolás Forestier, se creó todo un museo de especies vegetales entre hermosos paseos y glorietas; el parque de Sevilla por excelencia, un jardín con reminiscencias románticas donde se deja sentir el regionalismo andaluz.

El eje central del Parque de María Luisa está integrado por el Monte Gurugú, un resto naturalista y pintoresco del jardín de Lecolant que recibe su nombre del macizo que domina la ciudad de Melilla; la Fuente de los Leones, de marcadas reminiscencias renacentistas y arábigo-andaluzas; la Isleta de los Patos, un estanque bordeado de piedra rústica con una isla central y un exótico pabellón donde, según la leyenda, el rey Alfonso XII declaró su amor a María de las Mercedes; y el Estanque de los Lotos. A ambos lados del eje se establecieron dos amplias vías de comunicación: las avenidas de Hernán Cortés o de los Plátanos y de Pizarro o de las Sóforas.

Parque de los Príncipes





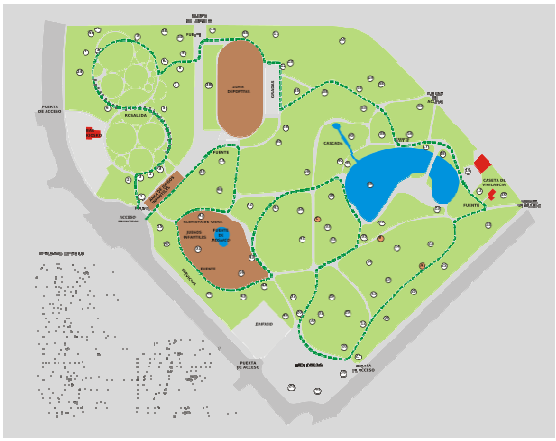


Figura 3.1.3.b Parco dei principi

El Parque de los Príncipes está ubicado en Sevilla (España), en el extremo occidental del barrio de Los Remedios. Fue creado en el año 1973 y diseñado principalmente como jardín, ocupa una extensión de 108.000 m² compuesta por grandes praderas repletas de caminos.

Posee una ría, cuyos principales pobladores son patos, con una isleta central a la que se accede por medio de un puente.

En el año 1992 con motivo de la celebración de la Exposición Universal de Sevilla, se instaló como símbolo de amistad entre las ciudades de Viena y Sevilla la "Glorieta de Viena", donde se puede disfrutar de juegos infantiles. En el año 2005 se firmó un convenio entre el Estado y el Ayuntamiento de Sevilla donde se acordaba la ampliación del parque en 100.000 m² más. La flor predominante en todo el recinto es la rosa, pudiendo ser observados grandes espacios para rosaledas, muy común en el origen del parque. Entre sus árboles hay especies como el naranjo, muy abundante; la jacaranda, *Jacaranda mimosifolia*; tipuanas, *Tipuana tipu*, y ciruelos de Japón, entre otros.

Parque del Alamillo



El Parque del Alamillo es un equipamiento de la Junta de Andalucía que abarca 50 hectáreas de la zona más septentrional de la Isla de la Cartuja, un área situada entre los cauces antiguo y nuevo del río Guadalquivir que fue recuperada para la ciudad con motivo de la celebración de la Exposición Universal de Sevilla 1992. Se trata de un lugar de Sevilla



con Vegetacion mediterranea formada por árboles como el olmo, el pino, el álamo y el alcornoque y en especial el naranjo que inunda el aire de fragancia como el azahar cuando llega la primavera. Este parque está planificado en torno a dos estanques, Lago Grande y Lago Chico, y además está dotado con infraestructuras recreativas, lúdicas y deportivas. En este recorrido ecológico por el parque también se pueden conocer los mamíferos, anfibios, reptiles y aves acuáticas que habitan en el parque.

Figura 3.1.3.c Parco dell'Alamillo

Jardines de los Reales Alcázares





Los Reales Alcázares de Sevilla, son un conjunto de edificios palaciegos, situados en la ciudad de Sevilla, cuya construcción se inició en la Alta Edad Media, donde se superponen múltiples estilos, desde el arte islámico de sus primeros moradores, el mudéjar y gótico del periodo posterior a la conquista de la ciudad por las tropas castellanas hasta el renacentista y barroco de posteriores reformas. El recinto ha sido habitualmente utilizado como lugar de alojamiento de los miembros de la Casa Real Española y de jefes de Estado de visita en la ciudad. Fue declarado Patrimonio de la humanidad, junto a la catedral y el Archivo de Indias en el año 1987. Los Jardines suponen una parte fundamental del Alcázar, habiendo experimentado diversas transformaciones estilísticas, desde su trazado primitivo. El paseo por los Jardines del Alcázar constituye uno de los más agradables de

Sevilla. Están dispuestos en terrazas, de vegetación verdeante, multitud de naranjos y palmeras, con fuentes y pabellones donde se respira frescor y quietud, lugar para el sosiego y descanso en la ciudad.



Figura 3.1.3.d Giardin di Alcazar

La parte más próxima al palacio, realizada en época renacentista, se encuentra compartimentada por muros decorados con fuentes y portadas manieristas, sin ninguna vinculación entre ellos, lo que los enlaza con la herencia musulmana, al igual que la proliferación de fuentes bajas forradas de azulejos y la práctica de cubrir los muros con naranjos en espaldera. Estos jardines más próximos al conjunto arquitectónico son los siguientes, comenzando por la salida procedente del palacio gótico hacia la derecha: Jardines de Mercurio Jardín, de la danza, Jardín de Troya,Jardín de la Galera Jardín de las Flores y Jardines del Príncipe.

Jardines de la Buhaira



Pertenecen a un antiguo palacio almohade, construido hacia 1171 extramuros de la ciudad por iniciativa del califa Abu Ya Qub Yusuf, que también comenzó la edificación del Alcázar y la Mezquita Mayor de Sevilla y estableció la capitalidad de Al-Andalus en Isbilia. Para embellecer sus jardines, que obtenían agua abundante para el riego desde el acueducto conocido como Caños de Carmona, se trajeron del Aljarafe más de diez mil pies de olivos, además de vides, frutales y otras variedades de árboles. antigua conducción romana. La zona almohade del palacio corresponde a pequeño pabellón situado al sur de la gran alberca y dotado de numerosos elementos





Figura 3.1.3.e Giardini La Buharia

que muestran un complejo sistema hidráulico y de juegos de agua, que en esta obra guarda estrecha relación con la arquitectura.

El conjunto fue vendido a Catalina de Ribera, su familia adquirió el palacio de Las Dueñas. En aquella época, los jardines eran conocidos como Huerta del Rey, y mantuvieron nombre, estructura y cultivos desde el siglo XVI hasta el XX.

El conjunto está formado por el pabellón nazarí llamado Santa María de los Ángeles, las ruinas del antiguo Palacio de la Buhaira, la Alberca, la Puerta de San Agustín, calle Nueva, la Portada de las Almenas y la Portada de Tejaroz.

Tras un periodo de relativo abandono, la zona ha sido recientemente recuperada como jardín, gracias a la reurbanización y auge de los barrios de Nervión y San Bernardo. La reordenación urbana del sector ha propiciado la creación de la avenida de la Buhaira, a cuyos flancos se extienden los jardines y las zonas de recreo, tertulias y paseos. En la actualidad, el palacio de la Buhaira se ha transformado en centro cívico, con sala de exposiciones. El palacio y los jardines están declarados Bien de Interés Cultural.

Jardines de Murillo





Dedicados al pintor sevillano por la cercanía al lugar donde vivió y donde se encuentra enterrado.

Los Jardines de Murillo se encuentran en el interior de la ciudad de Sevilla, lindando con los jardines de Alcázar. Se compone de tres espacios: Los Jardines de las Delicias, adornados con esculturas de mármol, Catalina de Ribera, jardín creado en 1.898 por donación de otro jardín llamado del Retiro, está adornado con obras de Juan Talavera. Los Jardines de Murillo, el tercer espacio, fue cedido por el rey Alfonso XIII en 1.911. Los tres jardines se unieron en uno durante el periodo de 1.835 y 1.911.

Los Jardines de Murillo junto con el Paseo de Catalina de Ribera ha sido recientemente declarado por la Junta de Andalucía como Bien de Interés Cultural, con la categoría de Jardín Histórico, ya que es una de las zonas ajardinadas de mayor interés histórico, artístico, paisajístico y medioambiental de Sevilla.

Los Jardines de Murillo están plenamente integrados en la vida de la ciudad, conservan interesantes especies botánicas, así como muestras arquitectónicas, escultóricas y de elementos de mobiliario urbano originales del momento de su formación. También es de destacar el monumento a Colón situado justo en el centro de los jardines. En estos jardines puede hallarse una gran variedad de especies vegetales, sobresaliendo, por su edad y desarrollo.

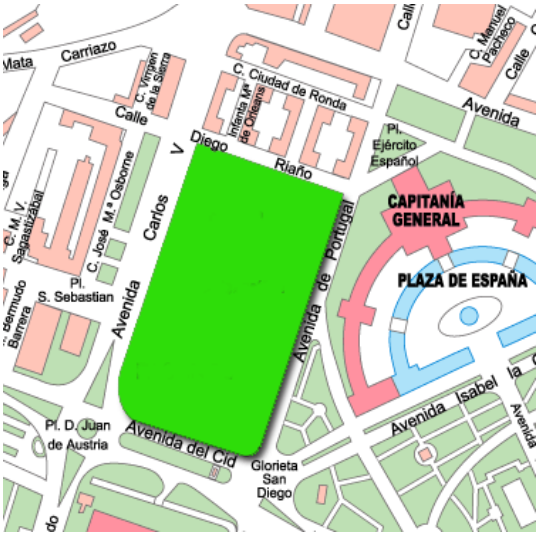
Los Jardines de Murillo son fruto de una



cesión en 1911 de la Huerta del retiro del Alcázar y cuenta con glorietas de planta octogonal en las que se disponen fuentes centrales y bancos de azulejos. Con fuentes y asientos de ladrillo y azulejo, con sus pequeñas glorietas entrelazadas, representa un ejemplo purísimo de jardín andaluz, guardando el recogimiento y misterio de los rincones musulmanes andaluces, y poseyendo ese carácter recoleto de muchas plazas sevillanas.

Figura 3.1.3.f Gardini di Murillo

Jardines Prado de San Sebastián





El lugar conocido como Prado de San Sebastián, es un espacio amplio, ubicado entre las avenidas del Cid y de Carlos V, la calle Diego de Riaño y la avenida de Portugal.Es un espacio famoso porque fue el lugar donde se celebraba la Feria de Abril desde su creación en el siglo XIX, hasta el año de 1973 en que fue trasladada al nuevo recinto de Los Remedios. Está ubicado en una zona céntrica de la ciudad colindante con la Plaza de España y la sede central de la Universidad de Sevilla.Actualmente constituye un núcleo importante de transporte urbano e interurbano. Colindante con el Prado de San Sebastián se encuentra una de las dos estaciones de autobuses que tiene la ciudad donde recalan los autobuses procedentes de las provincias de Cádiz, Córdoba, Jaén, Almería, Málaga y Granada. También se encuentran situados en la zona la cabecera de un importante número de lineas de autobuses urbanos. Hasta que se realice una prolongación del recorrido, que está prevista, del Metrocentro , este espacio



es el origen del tranvía que lo comunica con la Plaza Nueva de la ciudad. Cuenta el espacio con un parque urbano que fue inaugurado en 1997 y contribuye a enriquecer la ciudad con más pulmones verdes. Tiene una extensión de 58.384 m². Del parque destacan los estanques y los naranjos amargos que lo adornan. También son notables otras especies vegetales como la jacaranda y las palmeras. Actualmente se esta construyendo en los terrenos de este parque el edificio que será la sede de la Biblioteca central de la Universidad de Sevilla, proyecto ejecutado por la arquitecta iraquí Zaha Hadid.

Figura 3.1.3.g Gardini del Prado di San Sebastian

3.2 MOVILIDAD

El reparto modal en Sevilla no ha hecho más que evolucionar a favor del coche en las últimas décadas. A principios de los ochenta el transporte público aventajaba al privado en varios puntos porcentuales. Al mismo tiempo, los desplazamientos peatonales lideraban de manera indiscutible el reparto modal total. Dos decada después, el coche es quien lidera esa situación, relegando al transporte público a resolver la necesidades de movilidad de la denominada "población cautiva", es decir, de ciudadanos que no tienen más remedio que hacer uso del servicio público pues no

disponen o no tienen acceso fácil a un vehículo privado. Hoy el vehículo privado canaliza el 59% del reparto modal motorizado en la ciudad de Sevilla. En el área metropolitana ese porcentaje se eleva hasta más del 75%.

Esta situación se refleja también en el enorme incremento del parque de turismos que ha crecido un 30% en nueve años, situando los niveles de motorización en cotas elevadas cercanas ya a un turismo por cada dos habitantes.

Además, este espectacular incremento de la movilidad motorizada privada se ha producido en un contexto de incremento general de la movilidad, dado que la media de desplazamientos por habitante y día se situó en 2004 en 1,56 viajes (1,08 viajes al día en 1983), lo que provoca una gasto de energía aproximado de algo más de 520.000

litros de combustible al día. Paralelamente, esta situación ha empeorado los niveles de calidad del transporte público urbano cuya velocidad comercial ha descendido en 2004 la cifra de 12 km/hora.

Estas circunstancias ocasionan notables perjuicios ambientales y paisajísticos entre los que destacan:

- Un enorme despilfarro energético, que deriva en crecientes emisiones de CO2, lo que contribuye de manera notable al cambio climático como consecuencia del incremento del efecto invernadero terrestre y favorece el incumplimiento de los compromisos de Kyoto por parte de España.
- Un deterioro de la calidad ambiental de la ciudad, por efecto de las emisiones de contaminantes a la atmósfera,producto de la quema de combustibles fósiles y por los ruidos y vibraciones que provoca la circulación motorizada.
- Una ocupación desmesurada y desequilibrada de los espacios públicos, no sólo porque la gran mayoría del espacio viario se dedica a la circulación rodada, sino también porque el coche ocupa para su estacionamiento otros espacios reservados a peatones: aceras, pasos de cebra, plazas y otros lugares de estancia.
- Un deterioro general del espacio público, que ha pasado de ser un lugar de encuentro, convivencia y juegos a convertirse en un lugar peligroso y agresivo para el peatón.

Ante este panorama, son necesarias actuaciones que contribuyan a un cambio de rumbo en el actual marco de la movilidad en la ciudad.

Estas deben entenderse de una manera integral, pues sólo una acción coordinada planificada y valiente puede obtener resultados que provoquen un cambio radical de la situación actual y sean capaces de revertir el proceso.

Por otra parte, las soluciones que han de aplicarse no son nuevas. De hecho, en la mayoría de las ocasiones se ha demostrado, en otras ciudades del entorno español y europeo, que estas soluciones son plenamente operativas y posibles con la suficiente voluntad y que, a la larga, contribuyen a una mejora del espacio urbano y, como consecuencia, a una satisfacción general de la población.

3.2.1 CARRETERAS

3.2.1.1 Circunvalación exterior de la ciudad

La propuesta de circunvalación exterior SE−30 se interpretó como la conexión sur entre los accesos de Madrid y Huelva, uniendo entre sí al mismo tieµpo los accesos de Málaga, Utrera y Cádiz. Su estructura en anillo abierto por el Norte al considerarse la debilidad de este territorio para admitir un arco norte de circunvalación, resultó a la larga una propuesta equivocada, habida cuenta del potente eje que constituye el paso territorial del Alamillo, no previsto en la red arterial del Plan del 87, lo cual supuso funcionalmente que la ronda urbana norte actuase como circunvalación en el norte de la ciudad cuando sus intersecciones no estaban preparadas para ello. La nueva circunvalación finalizaba en el enlace de Juan Carlos I, donde confluían los accesos a la ciudad desde el Oeste. El cruce sobre la dársena portuaria se consideró mediante la construcción de un nuevo puente atirantado, como principal innovación estructural sobre las redes viarias anteriores.

En la margen derecha del río se establecían las conexiones con los municipios del Aljarafe centro y sur, junto con el tramo de dicha circunvalación en paralelo al río por la margen derecha, hasta conectar con las carreteras A−49 (acceso de Huelva) y N−630 (acceso de Mérida).

Las principales ronda de la cuidad son:

- La ronda urbana norte: Su diseño respondía a una vía distribuidora de tráficos internos del sector norte de la ciudad y de las vías radiales de los accesos desde la Vega del Guadalquivir. Su carácter de vía urbana con intersecciones a nivel no tuvo en cuenta el fuerte creciMiento de la deManda de tráfico y ha venido actuando coMo prolongación norte de la circunvalación exterior, sirviendo coMo vía de enlace entre el acceso de Madrid con los accesos de Huelva y Mérida a través del paso territorial del Alamillo.

  Esta situación ha conducido con el tiempo a elevar los niveles de servicio sobre dicha vía, produciendo la congestión en las intersecciones de glorieta de San Lázaro, Pino Montano y Calonge.

- La ronda del Taµarguillo: aprovechando el vacío de la traza del antiguo cauce del arroyo Taµarguillo y el desmantelamiento del ramal ferroviario desde San Jerónimo a Santa Justa, se diseñó este eje viario transversal con estructura de vía distribuidora interior en las relaciones norte−sur de la ciudad, así serviría de vía colectora y distribuidora de los desplazamientos de los polígonos residenciales de gran densidad de población establecidos en sus inmediaciones. Sin embargo, esta vía pierde el carácter estructural en su tramo sur a partir de la intersección con el acceso de Utrera, al no ser posible el cruce de la dársena portuaria.
- La ronda María Auxiliadora − Los Remedios: si bien su estructura original ya aparecía definida en el Plan del 63, una vez resueltos los probleµas de gestión que dificultaban la disposición de los terrenos, se planifica la continuidad del eje de la Avenida de San Francisco Javier hasta el nuevo puente sobre la dársena portuaria y su prolongación sobre los suelos desafectados del antiguo acceso ferroviario al puerto desde Plaza de Arµas, hasta completar su trazado en el enlace de Juan Carlos I.

  Debido a las características que presenta dentro de la estructura de la ciudad, servirá como elemento de conexión de los sectores de Triana y Los Remedios con la ciudad central, como vía de interconexión con el sector de Nervión y coµo vía de penetración metropolitana hacia Sevilla.

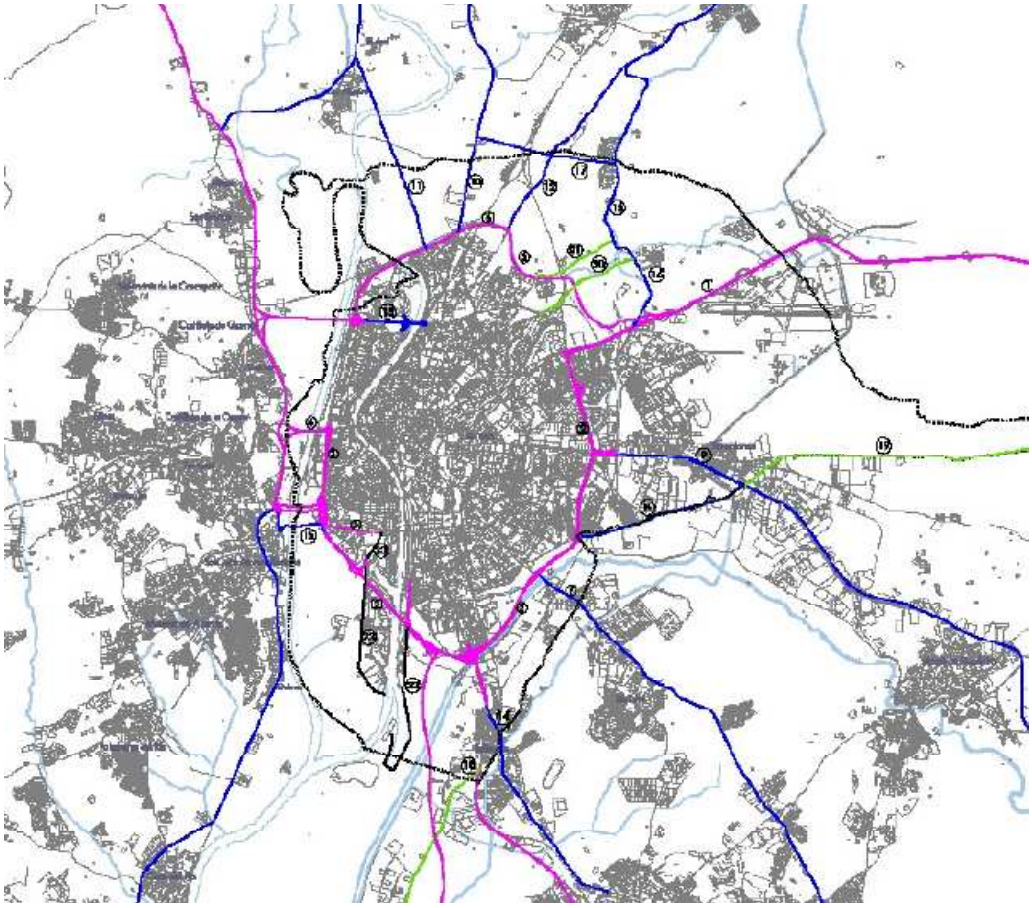


Figura 3.2.1.a Strade di collegamento al nucleo di Siviglia

3.2.1.2 La red viaria de carácter metropolitano

A este nivel de vías principales, se le superpone otro sistema viario de carácter metropolitano de singular importancia para el desarrollo económico y la articulación espacial de la aglomeración. La ronda urbana norte soporta tráficos urbanos junto con los de largo recorrido y de carácter metropolitano en las relaciones con los accesos de Mérida y Huelva desde las carreteras de Madrid y A−92. La construcción del paso territorial del Alamillo introdujo una disfunción estructural en la red viaria al convertirse en la continuidad de la circunvalación SE−30 en el Norte, poniendo en evidencia las importantes deficiencias estructurales y urbanísticas que producía considerar la continuidad estructural con el resto del sistema viario. De esta manera sus funciones pasaron de ser propiamente urbanas a metropolitanas e incluso de largo recorrido, motivando el aumento de las intensidades de tráfico y los elevados índices de saturación que se producen durante las horas punta.

Los accesos del Norte procedentes de la vega del río Guadalquivir están formados por las cuatro carreteras que establecen una red ramificada y escasamente jerarquizada. Todas ellas presentan deficiencias en las conexiones con la red viaria principal de la ciudad, así como falta de conexiones adecuadas con la margen derecha del Guadalquivir. El acceso metropolitano desde el Sur se produce a través de la antigua carretera N−IV desde Dos Hermanas a Sevilla, cuya carga de tráfico se ha reducido desde la puesta en servicio de la variante de Bellavista − Dos Hermanas, aunque no en la proporción necesaria para reducir el impacto ambiental en la travesía de Bellavista.

Aqui hay la ajustada capacidad de conexiones entre la nueva variante con la red viaria existente. En la margen derecha del río Guadalquivir el sistema viario se estructura a partir de un eje longitudinal que discurre de Norte a Sur en paralelo con el río, y dos ejes perpendiculares que penetran directamente hacia las zonas centrales y sur del Aljarafe.

Las intensidades mayores de dicha vía se producen en los accesos a Sevilla, destacando la fuerte proporción de vehículos pesados. Se han adjudicado las obras de desdoblaµiento entre la SE−30 y el acceso de Gerena, que realiza el Ministerio de Fomento.

Los ejes transversales están constituidos por la Autopista A−49, como prolongación del acceso del Patrocinio y la variante de San Juan de Aznalfarache, que deriva de la autovía de Coria del Río. Los accesos con los núcleos urbanos El Viso del Alcor y Mairena del Alcor desde Sevilla, son estructuralmente débiles, tanto en sus conexiones con las autovías A−92 y A−4, lo que resulta paradójico siendo dos municipios con importantes desarrollos urbanísticos y económicos y con amplias expectativas de crecimiento metropolitano. Las dificultades derivadas del mal estado que presentan la carretera SE−205 de Torreblanca a Mairena y la SE−392 de Alcalá de Guadaira a Mairena, junto con las dificultades de la travesía de los dos núcleos urbanos, limitan la accesibilidad de ambas poblaciones hacia Sevilla.

3.2.1.3 El sistema viario urbano de la ciudad de Sevilla

Del análisis del sistema viario urbano de Sevilla destaca el orden radiocéntrico dominante en la morfología de la red, caracterizada por la contundencia de las vías radiales sobre las transversales, de forma que la centralidad posicional de los puentes sobre dársena y río condiciona los puntos de conexión del sistema, obligando a concentrar las cargas de tráfico sobre las rondas del Centro Histórico.Sólo existen dos vías distribuidoras coµpletas: Las rondas del Casco Histórico y la autovía de circunvalación SE−30. Las rondas del Casco Histórico continúan siendo dentro del sistema viario urbano un elemento fundamental del mismo. Su posición urbana es demasiado interior a la ciudad y al no existir otras rondas intermedias que por su trazado y continuidad puedan suplementarla eficazmente en la distribución de los tráficos internos, siguen constituyendo piezas clave en el desenvolvimiento cotidiano del tráfico urbano. La barrera física y funcional que representa la dársena de Alfonso XIII y las instalaciones portuarias, dificulta la construcción de vías urbanas que puedan cuµplir satisfactoriaµente esta función al margen del distribuidor SE−30. Debido a ello, la relación este−oeste en el Sur de Sevilla tiene lugar en espacios demasiado centrales, tales como la Avenida de María Luisa y el propio puente de Las Delicias. La forma de la red viaria en esta parte de la ciudad favorece una ayor presión de tráfico en lugares próxios al Centro Histórico. Esta disfunción de la forma de la red en el Sur y en el Oeste es una de las principales carencias del sistema viario sevillano por cuanto favorece la concentración de los flujos de vehículos en unas pocas vías principales en las relaciones este−oeste de la ciudad. En este sentido puede decirse que la morfología actual de la red viaria de Sevilla es congestiva pues canaliza los flujos de vehículos obligadamente en zonas excesivaµente centrales de la ciudad. En esta misma línea de análisis, resulta significativo observar cómo la perµeabilidad transversal de la µalla disminuye espectacularmente en la zona sur, donde las vías radiales de Avenida de la Palmera y la Raza constituyen los ejes troncales y principales de comunicación, así como los limites urbanos hacia el Oeste, debido a la ausencia de vías transversales con excepción única del Puente de las Delicias. Estas importantes carencias observadas en el sur, este y oeste de la ciudad y de su área metropolitana son menos apreciables en el Norte, aunque el sistema de vías radiales prevalece sobre las vías transversales, siendo la ronda de Pío XII la única excepción. Esta última es la única vía que en el distrito norte cumple un papel complementario al que desarrollan las rondas del Casco Histórico, siendo el único distribuidor urbano, exterior a las rondas históricas, que conecta las numerosas vías radiales existentes y que permite una cierta diversificación de los itinerarios seguidos por el tráfico motorizado. La ronda del Tamarguillo constituye el distribuidor urbano al servicio de las relaciones transversales dentro de la corona urbana, y en particular entre los distritos Macarena, Nervión, Este y Sur.

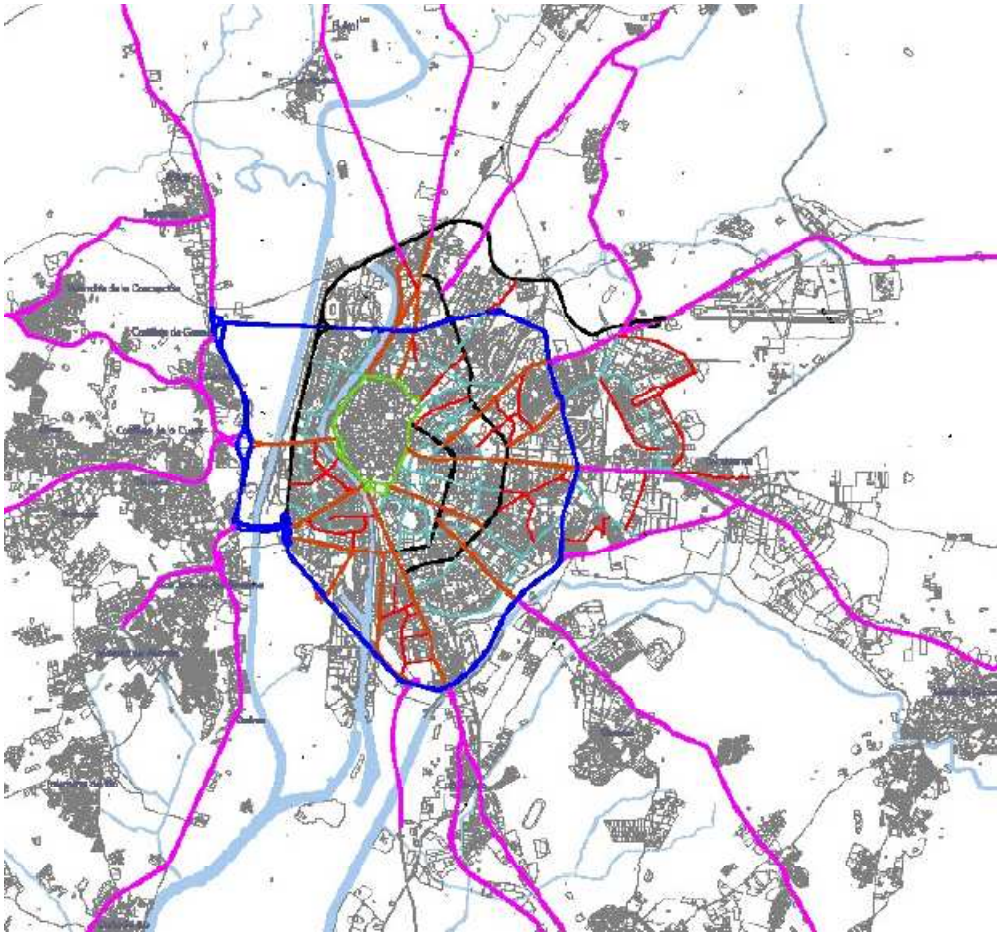


Figura 3.2.1.b Strade principali del centro metropolitano della città

3.2.2 AUTOBUSES



Figura 3.2.2.a Linee di autobús nel centro della città

De acuerdo con la información contenida en el PIT, la red de autobuses urbanos de Sevilla es el sistema de transportes más importante de la ciudad, tanto en calidad y nivel de servicio de la explotación como en número de viajeros transportados.

La red que explota TUSSAM en la actualidad está compuesta por 38 líneas urbanas y 6 líneas suburbanas. La longitud de la red es aproximadaμente 104,5 kilómetros. En 1994 transportó del orden de 85,3 millones de viajeros, lo que significa del orden de 357.702 viajeros diarios. De este total, 332.425 viajeros son transportados por la red propiamente dicha de TUSSAM, mientras que 25.277 son transportados por las líneas suburbanas cuyo servicio está prestado por empresas privadas y se encuentra supervisado por TUSSAM.

La demanda captada por habitante y año en Sevilla es ligeramente inferior a la que se produce en otras ciudades españolas.

La frecuencia en hora punta varía según las líneas con una horquilla comprendida entre los 4 minutos en las líneas más transitadas y los 60 minutos de las tres líneas que tienen uno de sus extremos en Valdezorras. La frecuencia más común se sitúa entre los 5 y los 10 minutos. Diecinueve líneas tienen un intervalo igual o inferior a los 7 minutos. En hora punta la flota en circulación de TUSSAM es de 277 vehículos.

Hay una estructura tarifaría adaptada a las necesidades de una ciudad en la que aún no se ha realizado la integración del transporte metropolitano con el urbano.

Según el PIOV, la velocidad comercial de la red de autobuses urbanos ha experimentado un ligerodescenso en los últimos años. Si en 1994 la velocidad era de 12,9 km/h, en 1998 esta velocidad se sitúa en 12,45 km/h. La tendencia registrada en los últimos años muestra por tanto que la red de autobuses urbanos se ve afectada por los problemas de congestión circulatoria que afectan a algunos tramos de la red viaria urbana. Esta tendencia es consecuencia de la escasa red de carriles reservados al transporte colectivo.

La estructura de la red se encuentra muy condicionada por la propia morfología de la trama viaria urbana. Se puede decir que la red tiene una geometría radioconcéntrica, con predominio de las líneas radiales. Esta geometría, reproduce las líneas de deseo de la población, estimada a partir de la información recabada sobre la movilidad en la ciudad.

La potencia de las relaciones radiales, no sólo de los viajes generados por el Centro Histórico sino también por los generados por las zonas situadas en su corona, se confirma al observar que las líneas de geometría radial son las que tienen un mayor número de viajeros, al transportar alrededor del 63% de los viajeros totales de la red.

Las termnales de las líneas radiales se sitúan en el Centro Histórico y su entorno próximo. Plaza Nueva y la Plaza de la Encarnación concentran entre ambas 20 de las veinticuatro líneas; 12 en Plaza Nueva y 8 en la Encarnación. Las otras cuatro líneas localizan sus terminales en la Plaza del Duque , en la Magdalena y en la avenida de Carlos V.

3.2.3 Tram





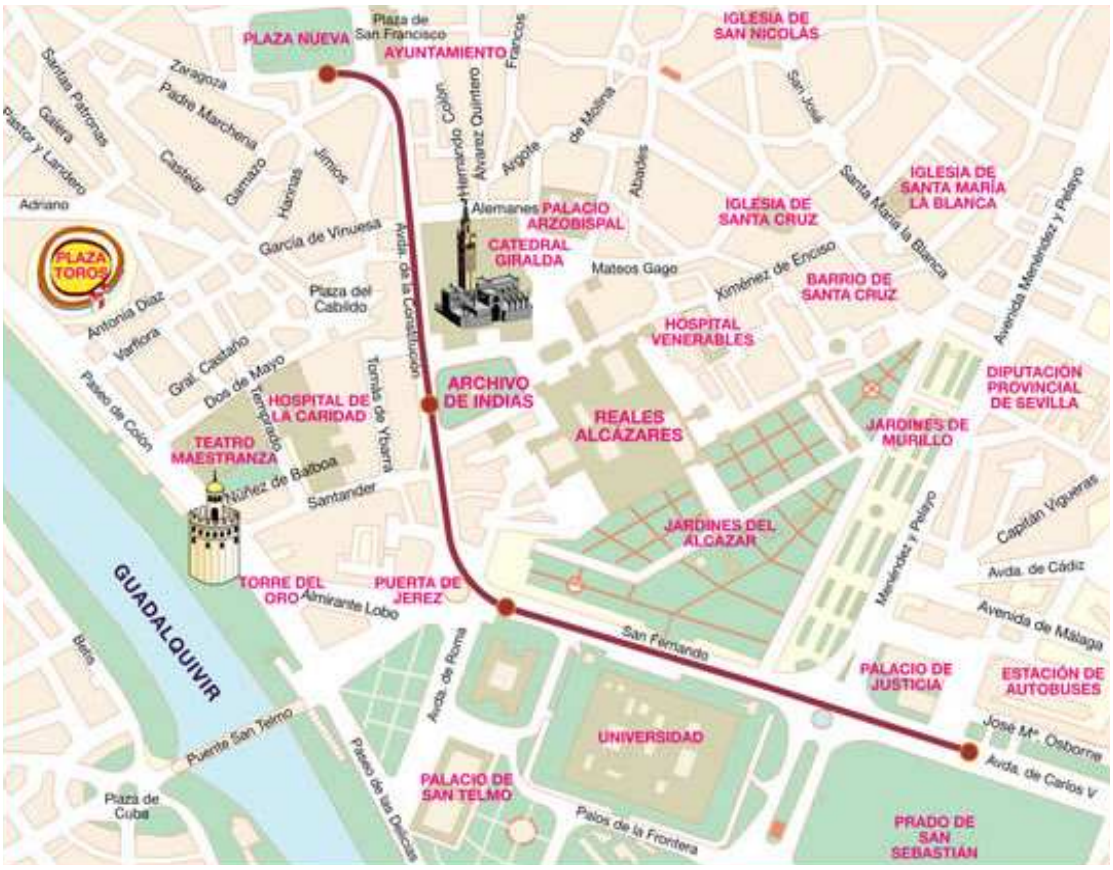


Figura 3.2.3.a Linea del tram del centro

Una vez peatonalizados 50.000 metros cuadrados, una superficie tan amplia de Sevilla, era necesario elegir un transporte capaz de dar un servicio a un número igual del que anteriormente atendía el autobús y además estuviera conectado con otros sistemas de transporte. Es más, esta zona de la ciudad necesitaba un medio de transporte público confortable, rápido, fiable y seguro, como es el tranvía.

Los expertos en transporte consideran que la elección del tranvía es hoy una decisión coherente con los criterios de sostenibilidad que solicita nuestra sociedad.

El tranvía ha renacido en multitud de ciudades españolas y europeas garantizando la accesibilidad bajo unas condiciones respetuosas con el medio ambiente.

Tiene dos cabinas de mando para el conductor, situadas a cada extremo.

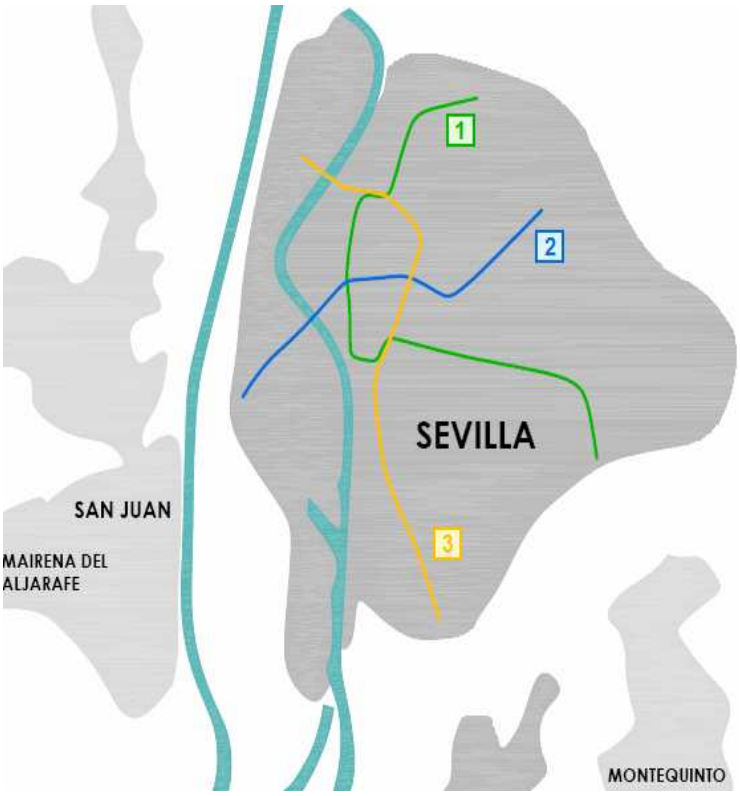
Las unidades móviles son de piso bajo, por lo que desde la parada se puede acceder rápidamente, algo sumamente importante para aquellas personas de movilidad reducida. La velocidad comercial es superior a la del autobús y a la del coche privado, dado que tiene preferencia de paso en los semáforos. Una unidad móvil puede transportar unas 250 personas.

Las cuatro unidades móviles provisionales que estarán en funcionamiento hasta otoño de 2008, hasta que se construyan los coches específicos para Sevilla, tienen una capacidad de 280 viajeros y cuentan con 31,260 metros de longitud.

3.2.4 METRO

La red de Metro de Sevilla es la sexta red de metro inaugurada en España, después de las redes de Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Palma de Mallorca. Es también la quinta red de metro de España en número de usuarios y en kilómetros explotados, por delante de la red de Palma de Mallorca. La primera línea del Metro de Sevilla fue inaugurada el 2 de abril de 2009, aunque en ese momento sólo se puso en funcionamiento el 80% de la línea (17 de las 22 estaciones previstas), teniendo que esperar el resto hasta otoño de 2009. Cuenta con 22 estaciones repartidas por cuatro términos municipales del área metropolitana, la cuarta de España con 1.499.673 habitantes (INE 2008). La tipología de esta primera línea es subterránea por los núcleos urbanos por los que transcurre, y en viaducto o en superficie con plataforma 100% segregada en las zonas no urbanizadas del exterior de los municipios.

Todas las líneas utilizan tranvías de CAF con una capacidad de 202 pasajeros (145 de pie y 57 asientos), la velocidad máxima que alcanzan estas unidades es de 70 km/h, todos los tranvías son aptos para acoplar módulos y ampliar así su capacidad. El ancho vía de toda la red será de 1.435 mm y electrificada a 750 vcc , permitiendo tener toda la red conectada. Los tranvías miden 31 m de largo y 2,65 de ancho.



El primer proyecto de Metro de Sevilla se gestó en 1974 con un planteamiento de red formado por tres líneas todas ellas interconectadas entre sí. Fue cancelado en 1983 después de haberse construido varios tramos de túneles. Los motivos expuestos fueron temores de daños en los numerosos edificios históricos de la ciudad a causa de la frágil naturaleza del suelo sevillano y la falta de rentabilidad económica, ya que los informes iniciales estimaban un crecimiento de la ciudad muy superior al real.

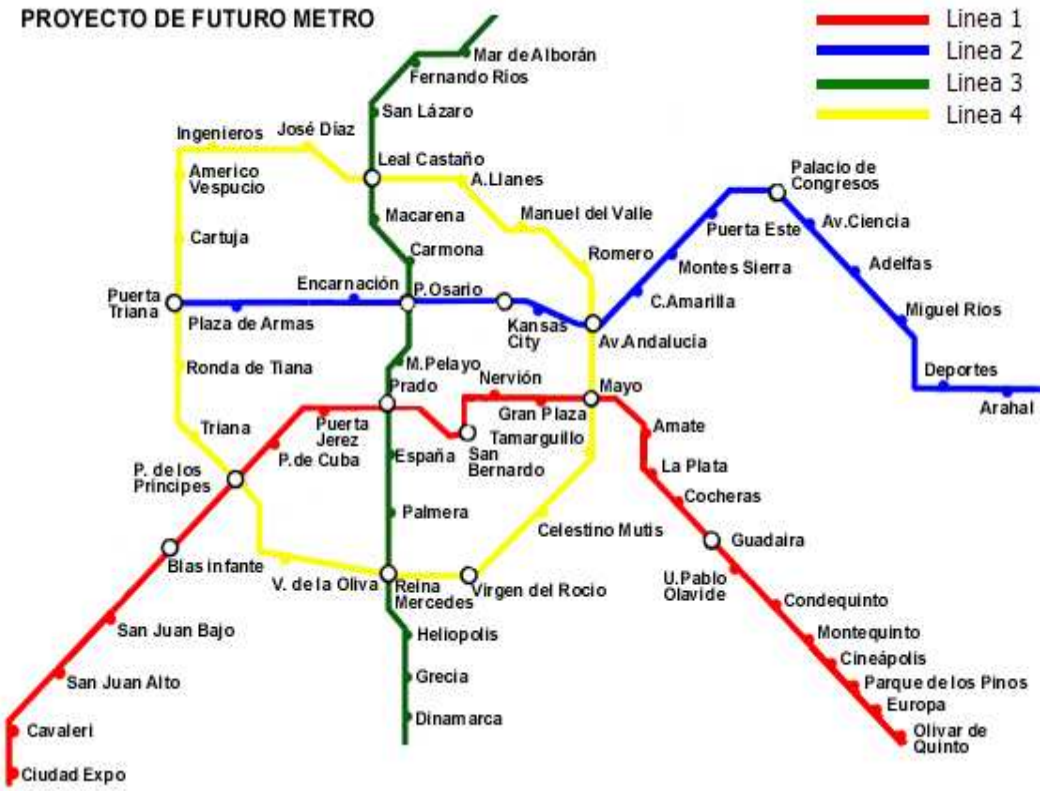


Figura 3.2.4.a Progetto della línea metropolitana

En 1999, con mejores perspectivas en la tecnología de suelos y un efectivo crecimiento poblacional y urbano se reactiva el proyecto, creándose la *Sociedad del Metro de Sevilla*, que establece un nuevo proyecto de Metro de Sevilla con 4 líneas mayoritariamente subterráneas siendo dos de ellas paralelas y sin interconexión, una transversal y otra circular.

El proyecto básico se compone de 4 líneas de Metro Ligero (unidad móvil tipo tranvía y combinación de tramos subterráneos y en superficie) que discurren por el casco urbano de Sevilla y se extienden hacia el área metropolitana.

Para las líneas 2 y 3 del metro, existen sendas propuestas de extensión hacia la localidad de Camas y el Aljarafe en el caso de la línea 2, y hasta el barrio de Bellavista en el caso de la línea 3. También existe la posibilidad de crear un ramal que una las líneas 1 y 2 bajo el barrio de Nervión. Aun así, ninguna de estas tres propuestas están recogidas en el actual proyecto de ejecución sobre el que están trabajando en esta fase de desarrollo de la red.

Linea1

La línea 1 discurre en subterráneo en un 95% de su recorrido en el término municipal de Sevilla, saliendo a la superficie en las afueras del mismo pero siempre en plataforma independiente del tráfico rodado y sin contacto con él. En otros tramos de núcleos urbanos del área metropolitana por los que discurre, también lo hace de forma subterránea.

Linea 2

En un principio estaba previsto que las líneas 3 y 4 se licitaran antes que la 2, pero finalmente se anunció la licitación conjunta de las tres líneas. El recorrido de la L2 sería Torreblanca-Sevilla Este-Santa Justa-Centro-Puerta Triana, en un futuro contará con una conexión al aeropuerto y extensiones metropolitanas hacia el Aljarafe. Línea actualmente en proyecto.

Linea 3

El recorrido de la L3 sería Pino Montano-Ronda Histórica-Prado de San Sebastián-Avenida de la Palmera - Bermejales, aunque también está en estudio una posible extensión de la línea hacia el barrio de Bellavista donde haría intermodalidad con la estación de cercanías de Bellavista . Esta línea se encuentra en proyecto, y al igual que la 2, sería *subterránea* en su parte urbana.

Linea 4

Esta línea fue licitada en mayo de 2007 y se encuentra en proyecto. Se han avanzado algunos detalles del proyecto constructivo en la que predominan los tramos *en superficie*, si bien este proyecto aún no ha sido aprobado y tiene que ser expuesto a información pública para recoger las alegaciones de los ciudadanos. Se prevé que las obras comiencen el próximo año y que sea una línea construida y gestionada por la administración municipal en lugar de la autonómica.

En la primera fase de la puesta en marcha de la línea 1 del metro, la frecuencia de paso de trenes en horas punta se sitúa entre los 4 y 5 minutos, mientras que en horas valle pasan trenes cada 6 ó 7 minutos. Además de esto, la frecuencia de la línea es diferente en los tramos comprendidos entre las estaciones de *Ciudad Expo - Condequinto* y *Condequinto - Olivar de Quinto*, esta última estación funciona como cabecera de línea.

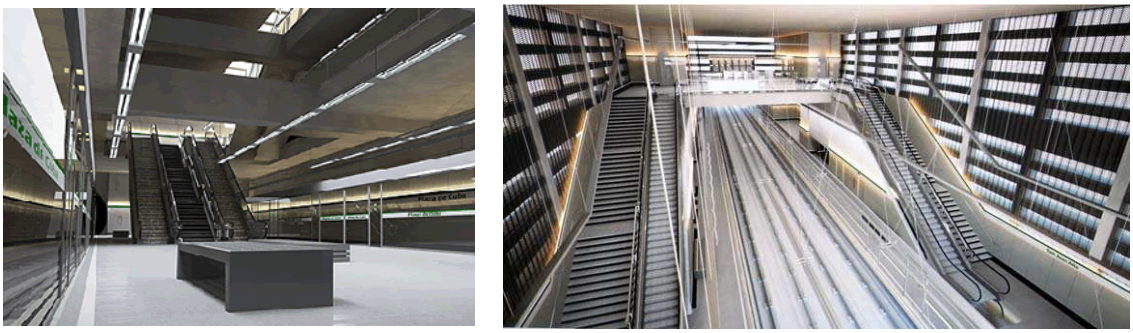


Figura 3.2.4.b Nuova stazione metropolitana nel centro della città

3.2.5 TREN

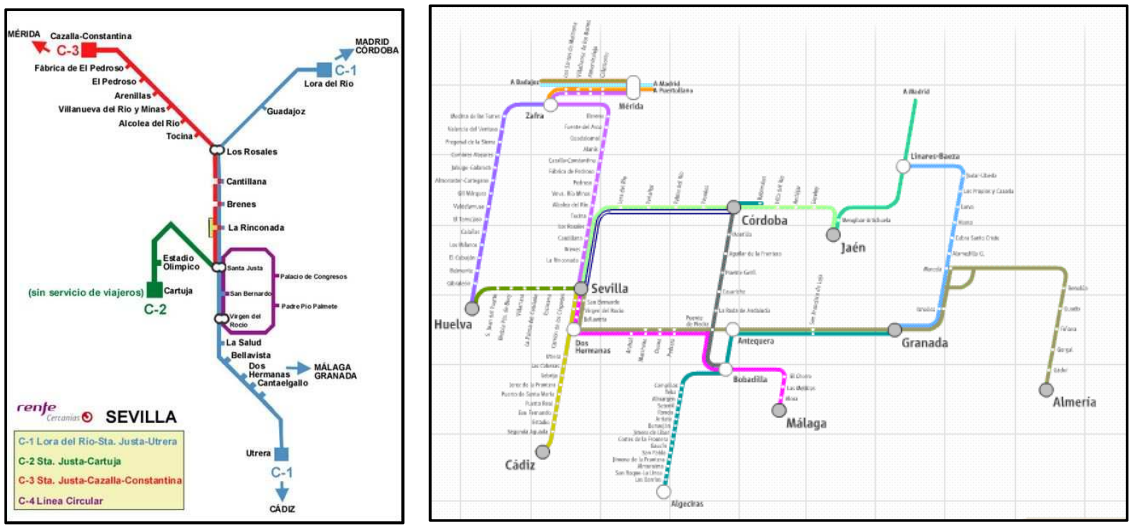


Figura 3.2.5.a Linea ferroviaria

En la actualidad las instalaciones ferroviarias de Sevilla están constituidas por los siguientes elementos de infraestructura para el transporte de viajeros y mercancías:

- La línea principal de la red ferroviaria de Sevilla en ancho RENFE, se estructura mediante la conexión del trazado que desde el valle del Guadalquivir, conecta con Cádiz y Huelva pasando por Sevilla. La conexión hacia el Sur se sirve a través del túnel en doble vía desde la Estación Central de Santa Justa hasta el cruce con la Ronda María Auxiliadora – Los Remedios. La relación con Huelva se establece en vía única, mediante la bifurcación hacia el Oeste desde la vía principal, cuyo trazado discurre por el norte de la Isla de la Cartuja. El tramo entre Sevilla y Dos Hermanas tiene doble vía, encontrándose en ejecución la doble vía entre Dos Hermanas y Utrera. Dichas obras son financiadas por el Ministerio de Fomento.
- Como líneas secundarias que derivan de la red principal, se encuentran tres: la línea que, desde Utrera y en vía única, se dirige al nudo ferroviario de Bobadilla, desde donde enlaza con las líneas de Málaga, Granada y Algeciras; la línea que desde la estación de Los Rosales conecta con Cazalla de la Sierra y continua hacia Extremadura; y la línea de conexión con el Estadio Olímpico, en vía única, derivándose de la línea de Huelva y que tiene únicamente servicios puntuales coincidiendo con los eventos del Estadio.
- Para las mercancías, la red se completa con los siguientes ramales: el ramal exterior ferroviario con trazado Norte−Sur alternativo al trazado interior de la ciudad; el ramal ferroviario de acceso al puerto de Sevilla, que desde la estación técnica de La Salud cruza la carretera de Bellavista y continua hacia el muelle de Tablada, donde se establece la conexión ferroviaria de las dos márgenes del puerto a través del puente

ferroviario de Delicias y, por último, el ramal de mercancías de los polígonos industriales de Alcalá de Guadaira, que parte del ramal exterior ferroviario.

- El ancho Internacional sirve a las líneas de servicios de viajeros del AVE entre Madrid y Sevilla. Las líneas tienen origen la estación de Santa Justa, saltando sobre el trazado del ramal exterior de mercancías y el cierre del anillo por el Norte, antes de continuar en doble vía junto al trazado de la vía RENFE.
- La Estación Central de Santa Justa presenta 12 vías de andenes, de las cuales 6 son ancho RENFE y las otras 6 ancho Internacional para las relaciones AVE entre Sevilla y Madrid y que medio plazo servirán a las relaciones del AVE a Málaga, a través del nuevo trazado en ejecución desde Córdoba.
- Como apeaderos en la línea interior desde Santa Justa hacia Dos Hermanas, se encuentran los apeaderos de San Bernardo y Virgen del Rocío, que junto con la Estación Central soportan todo el tráfico de Cercanías en la ciudad.

3.2.6 Bicicleta

- 700.000 habitantes
- mas de 70 km de carril-bici bi-direccional
- Bici pública municipal (Sevici)
- Servicio Bus-bici (Consorcio de Tptes.)
- Estimación usuarios cotidianos: 50.000

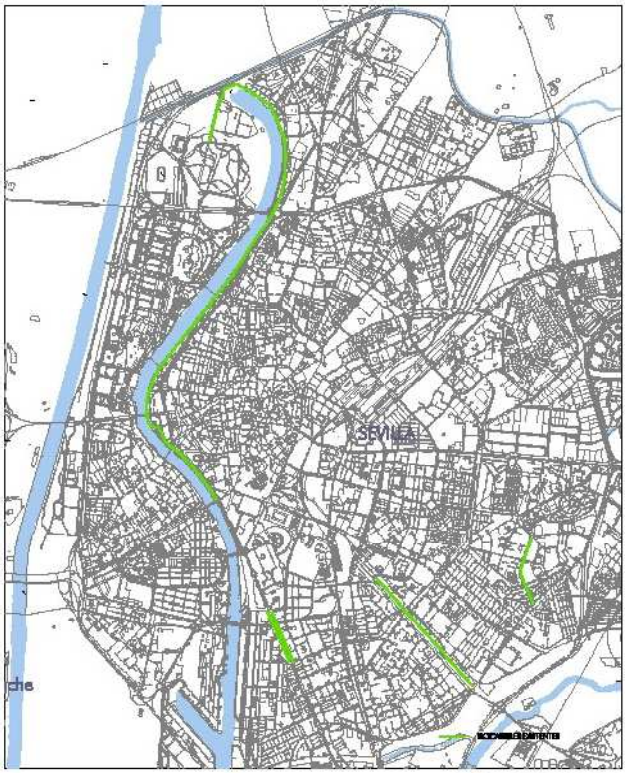


Figura 3.2.6.a Percorso ciclabile lungo il Guadalquivir

La bicicleta en Sevilla constituye un modo de transporte muy arraigado en las costumbres de los ciudadanos como alternativa eficaz de desplazamiento y con grandes posibilidades de crecimiento en el futuro, favorecido por las buenas condiciones climáticas y topográficas que presenta la ciudad de Sevilla y su entorno próximo. Se puede afirmar que en la actualidad el peso de los desplazamientos en bicicleta respecto al total de la movilidad urbana y metropolitana es muy escaso.

La consideración de que la bicicleta debe tener su propio espacio segregado de los demás modos de transporte, constituye

la clave fundamental para su apoyo y confianza del ciudadano para hacer de la bicicleta un medio real y eficaz de transporte en la ciudad, y que contribuirá a la sostenibilidad del medio aµbiente y al ahorro energético de la ciudad. El empleo de programas específicos e inversiones en plataformas independientes de la circulación rodada debe constituir la línea futura de actuación sin olvidar las medidas de gestión que favorezcan la vigilancia y custodia para evitar su robo y la compatibilidad con ser transportadas junto al usuario en otros modos de transporte urbano como el ferrocarril y el autobús, como ya sucede en otras ciudades.

Otro aspecto relevante sobre el uso urbano de la bicicleta, se refiere a las condiciones de seguridad en que deben realizarse los desplazamientos en bicicleta, debido al uso compartido de la calzada. En el área metropolitana no existen planes ni programas específicos para desarrollar una estructura general sobre las redes de carriles−bici en el territorio.

Esta red debería constituir una malla ordenada que perµita conectar los puntos de mayor atracción y concentración de actividades de la aglomeración, como son las grandes zonas verdes y espacios libres de ocio, los centros universitarios, los intercambiadores de transporte, así como los equipamientos más relevantes del entorno metropolitano.

El desarrollo de la bicicleta en el área metropolitana debe realizarse sobre la aprobación de un Plan especifico de infraestructura, que permita la conexión entre los principales puntos de atracción del territorio metropolitano.

Como planeamiento específico sobre la bicicleta, la Gerencia de Urbanismo redactó y aprobó en el año 94 el Plan Especial de la Bicicleta, que incluía una serie de itinerarios urbanos, para enlazar los parques y espacios libres de la ciudad, utilizando los acerados de la vía pública para su desarrollo, lo cual planteaba serias dudas sobre su viabilidad y eficacia.

Este Plan no incluía dentro de sus determinaciones la financiación ni los compromisos de plazos para su desarrollo, por lo cual no ha servido en la realidad a la finalidad inicialmente considerada.

Otro documento de referencia sobre la utilización de la bicicleta es el redactado por la *Asociación Ciclista A Contramano*, que ha elaborado una propuesta para construir una red de carriles−bici con plataforma reservada para conectar los Centros Universitarios de la ciudad, estableciendo así mismo propuestas para establecer prioridades para la bicicletas en las intersecciones mas conflictivas, así como la creación de puntos de aparcamiento vigilado, indispensables para favorecer su utilización.

	%	n° personas
A diario	21,8	41138
Varias veces por semana	25,2	47554
una vez la semana	12,6	23777
Varias veces al mes	29,1	54913
un vez al mes	3,4	6416
menos de una vez al mes	7,8	14719

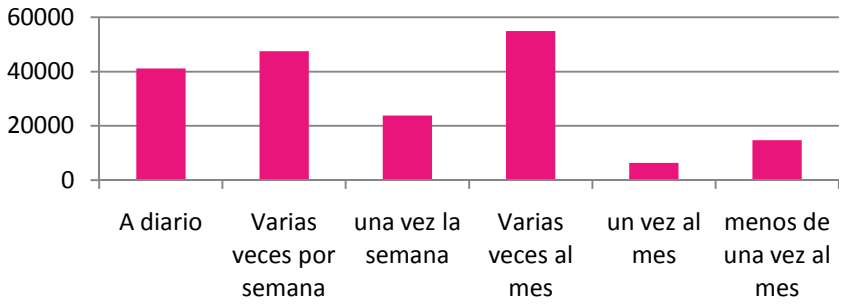


Grafico 3.2.6-a Utilizzo delle biciclette nel centro città

El número de sevillanos que se desplaza en bicicleta para ir al trabajo o a la universidad pedaleando se ha disparado. Según los últimos datos que maneja la Asociación A Contramano, hoy son unas 50.000 las personas que se desplazan a pedales, cuando en 2006 eran 6.000 y 13.800 en 2007, es decir, en los dos últimos años se han multiplicado por 3,6.

Los sondeos más recientes del Ayuntamiento revelaban que más del 50% de los hogares sevillanos tiene bicicletas y que los carriles bici tienen una media de 40.000 usos diarios los días laborables y 30.000 en días festivos. «El pico está a las 8 de la mañana**.** Hay carriles que se incluso se atascan», dice el portavoz de la Asociación A Contramano.

anno	n°persone
2006	6000
2007	13800
2008	50000

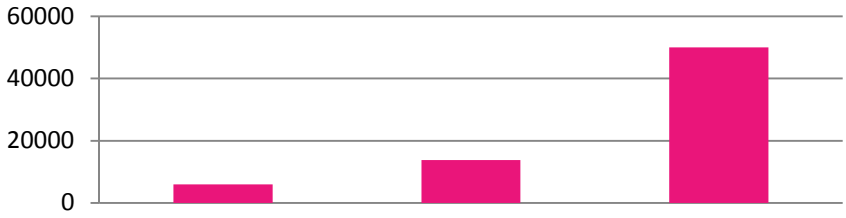


Grafico 3.2.6-b Persone che utilizzano la bicicletta

<u>Beneficios que reporta el uso de la bicicleta</u>

Ahorro económico para el usuario:

- El coste de compra y mantenimiento de una bicicleta se sitúa entre 30 y 40 veces inferior a un vehículo privado.
- El coste de uso no es comparable con el de ningún otro modo motorizado.
- Consume energía metabólica.

Aumento de la movilidad:

- Fácil manejo, utilizable entre 10 y 80 años y no precisa autorización ni carnet.

Rapidez:

- Es el modo de transporte más rápido en distancias de hasta 5 km de puerta a puerta.

Menor riesgo de accidentes que los modos motorizados.

Mejora la salud:

- Reduce los riesgos de enfermedades cardiovasculares.
- Es beneficiosa en los estados de stress y ansiedad.
- Reduce los estados de fatiga física y mental.

Aparcamiento en la cuidad

En la cuidad hasta hoy podemos encontrar mas que 250 estaciones para cojer y aparquear las bicis;estan puestas en todas las zonas del centro. Son de diferente dimenciones, deste las mas pequenas de 15 bicicletas hasta las mas grandes, como la dela estacion de Santa Justa que tienen mas que 50 bicicletas.



Figura 3.2.6.b Parcheggi della Sevici




	Plazas restringidas		Plazas libres		Plazas totales	
	Numero	Ratio	Numero	Ratio	Numero	Ratio
Reina Mercedes	699	21	60	241	759	262
Ramon y Cajal	403	30	117	103	520	133
Central	88	45	216	18	304	63
Macarena	78	37	28	130	106	167
Cartuja	208	23	20	240	228	263
TOTAL	1476	156	441	732	1917	888

Tabella 3.2.6-a Numero di posteggi e bici disponibili in ogni quartiere

Un nuevo servicio: BiciBus

Un servicio que posibilita a los ciudadanos del área metropolitana que utilizan el transporte público, disponer de una bicicleta pública gratuita para sus desplazamientos por Sevilla, como ventaja adicional a la utilización de la tarjeta de transporte del Consorcio.



Figura 3.2.6.c Il BiciBus, stazione centrale

180 Bicicletas, equipadas con elementos de seguridad y aseguradas contra daños a terceros.

- Se recogen de lunes a viernes laborables de 7:30 a 19:30 horas.
- Se entregan hasta las 24 horas del día del préstamo.
- Teléfono gratuito de incidencias.

3.2.7 Puerto

Como otras grandes urbes, Sevilla debe su origen a su magnífica posición junto a un gran río, el Guadalquivir, constituyendo un cruce de vías naturales de comunicación: las que enlazan el interior de Andalucía con las llanuras costeras y con las rutas del mar. Recibe las aguas del Genil, el Gorbones y el Guadaira, por las izquierda, y las de las riberas de Huéznar, Viar, Huelva con la Cala y el Guadiamar por la derecha.

El Guadalquivir siempre ha sido el verdadero motor de Sevilla. El primitivo río Tartessos, que los romanos llamaron Betis y los árabes wadi al-kabir ("río grande"), de donde procede su nombre actual, nace a 1600 metros de altura, en la jiennense Sierra de Cazorla, y recorre 590 km. de tierras andaluzas hasta llegar a la costa atlántica. Este río acoge al único puerto fluvial de España, situado a 80 kilómetros del Atlántico y muy cerca del Mediterráneo, con una canal navegable de unos 80 m. de anchura y 6,5 m de profundidad mínima en bajamar, en la actualidad.

La entrada discurre entre Sanlúcar de Barrameda y el Parque Nacional de Doñana -reserva natural más importante de Europa- y está acotada por una esclusa.

Gracias al atractivo turístico de Sevilla, el Puerto de Sevilla se ha convertido en escala regular de numerosos cruceros que cada año eligen la Capital Andaluza como destino preferente. El auge de esta actividad y la potenciación del Muelle de las Delicias con 618 m de atraque, cuyas obras finalizarán en la primavera del 2006, fomentan aún más la integración del Puerto en la Ciudad de Sevilla, que ve multiplicada de esta forma su variada oferta turística.

En el Puerto de Sevilla escalan con regularidad cruceros turísticos en tránsito en sus rutas marítimas y cruceros turísticos con puerto base en esta Ciudad lo cual hace que el turista disfrute aún más de los atractivos de Sevilla.

Las principales compañías de cruceros escalan en el Puerto sevillano, esperando alcanzarse durante el año 2005 las 55 escalas y los 12.000 cruceristas, además de los muchos Mega-Yates y distintas embarcaciones que todos los años escalan en este Puerto fluvial.

3.2.8 Percursos peatonales

Los datos que reflejan las encuestas domiciliarias llevadas a cabo durante los años 1990 y 1995 en el área de Sevilla, indican que el 41,4 % de los viajes se realizan íntegramente a pie, a

los cuales habría que añadir los desplazamientos a pie asociados a los viajes en vehículo privado y en transporte publico.

En general, la anchura de las aceras destinadas al peatón es claramente insuficiente, cuestión que se pone aun más en evidencia al considerar las características de dichos espacios en las nuevas urbanizaciones ejecutadas en desarrollo del planeamiento del Plan General de 1987.

La disposición de todos los servicios urbanos y acometidas en los acerados de los proyectos de urbanización es cada vez más complicado de ejecutar, debido al escaso espacio disponibile en los acerados y los mayores requerimientos técnicos exigidos por las compañías suministradoras. La disposición de arbolado en los acerados, como medida para combatir los rigores climáticos de Sevilla y como elemento embellecedor de la escena urbana, pone en evidencia los errores que se producen al mantener escalas donde la compatibilidad de la edificación con los acerados y el arbolado es prácticamente imposible, y donde el proprio crecimiento del arbolado reduce aun más el espacio disponible para el tránsito peatonal.

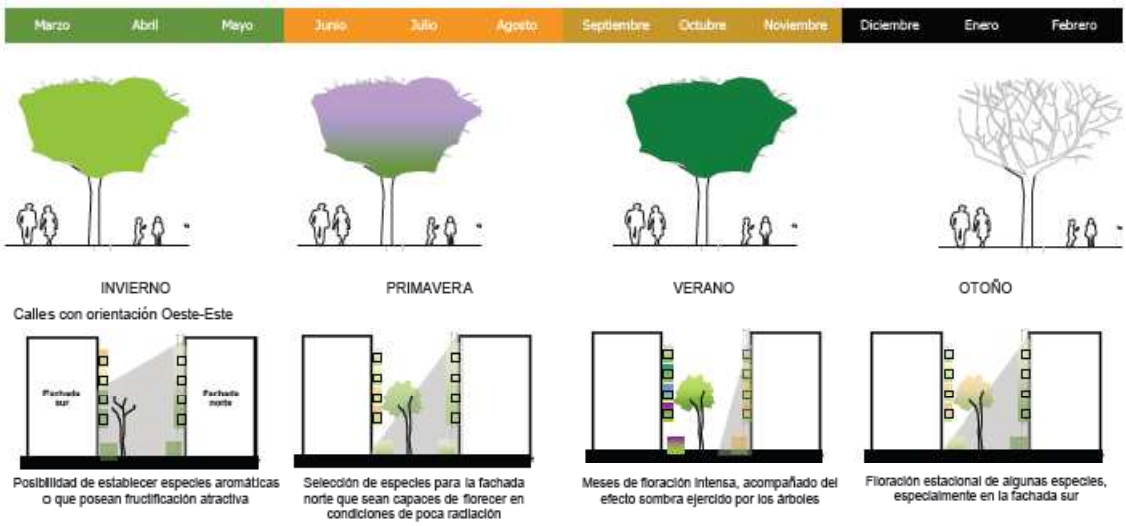


Figura 3.2.8.a Importanza del verde e dello studio della sua collocazione

Estas cuestiones son mucho mas evidentes dentro del sistema viario del Casco Histórico, donde las propias características del viario, dificultan establecer unos recorridos peatonales suficientes. De todas maneras, se hace patente cómo la gestión del espacio público se realiza de forma que el vehículo privado prevalece sobre el peatón, aun cuando hoy en día los recorridos a pie son muchos más numerosos que los viajes motorizados. El objetivo de la revitalización del Casco Histórico en todas sus facetas, solo es posible si atendemos a la mejora medioambiental de la escena urbana en su interior, de forma que se consiga potenciar la accesibilidad favoreciendo la mejora de infraestructura para los recorridos peatonales, evitando el uso indiscriminado del vehículo privado y regulando estrictamente el espacio dedicado al estacionamiento de los vehículos. Sobre los posibles itinerarios peatonales a

considerar dentro del Casco Histórico, y partiendo de la propuesta realizada por el Grupo de Trabajo para la peatonalización, creado por los Servicios Técnicos de Gerencia de Urbanismo y Ayuntamiento de Sevilla, que en varias reuniones analizaron las posibilidades para establecer una red de itinerarios de carácter peatonal para los accesos a las zonas de mayor actividad del Centro Histórico.

[1] Calzada. Superficie exclusiva para el tránsito de vehículos. Calle San Jacinto.



[2] Aparcamiento. Espacio de estacionamiento de automóviles debidamente identificado. Avenida San Francisco Javier.



[3] Divisor de tránsito básico. Construcción vial que hace referencia a todos aquellos espacios destinados a elementos de conformación del tránsito vehicular. Calle Torneo.



[4] Divisor de tránsito complejo. Espacio verde y/o monumental, de gran calidad paisajística, que actúa como divisor de tránsito complejo y normalmente sin acceso público libre. Glorieta Marineros Voluntarios.



[5] Calles peatonales. Espacio donde el uso peatonal es preferente, pero se combina con la circulación vehicular esporádica (vecinos, carga y descarga, emergencias). Se consideran sobre todo aquellas calles con sección única. Calle O'Donnell.



[6] Ramblas. Espacio peatonal segregado de la edificación, con circulación de vehículos por ambos lados y donde la relación: espacio peatonal / espacio de circulación es >1. Espacio preferente para al peatón, de alta ocupación. Calle General García de la Herranz.



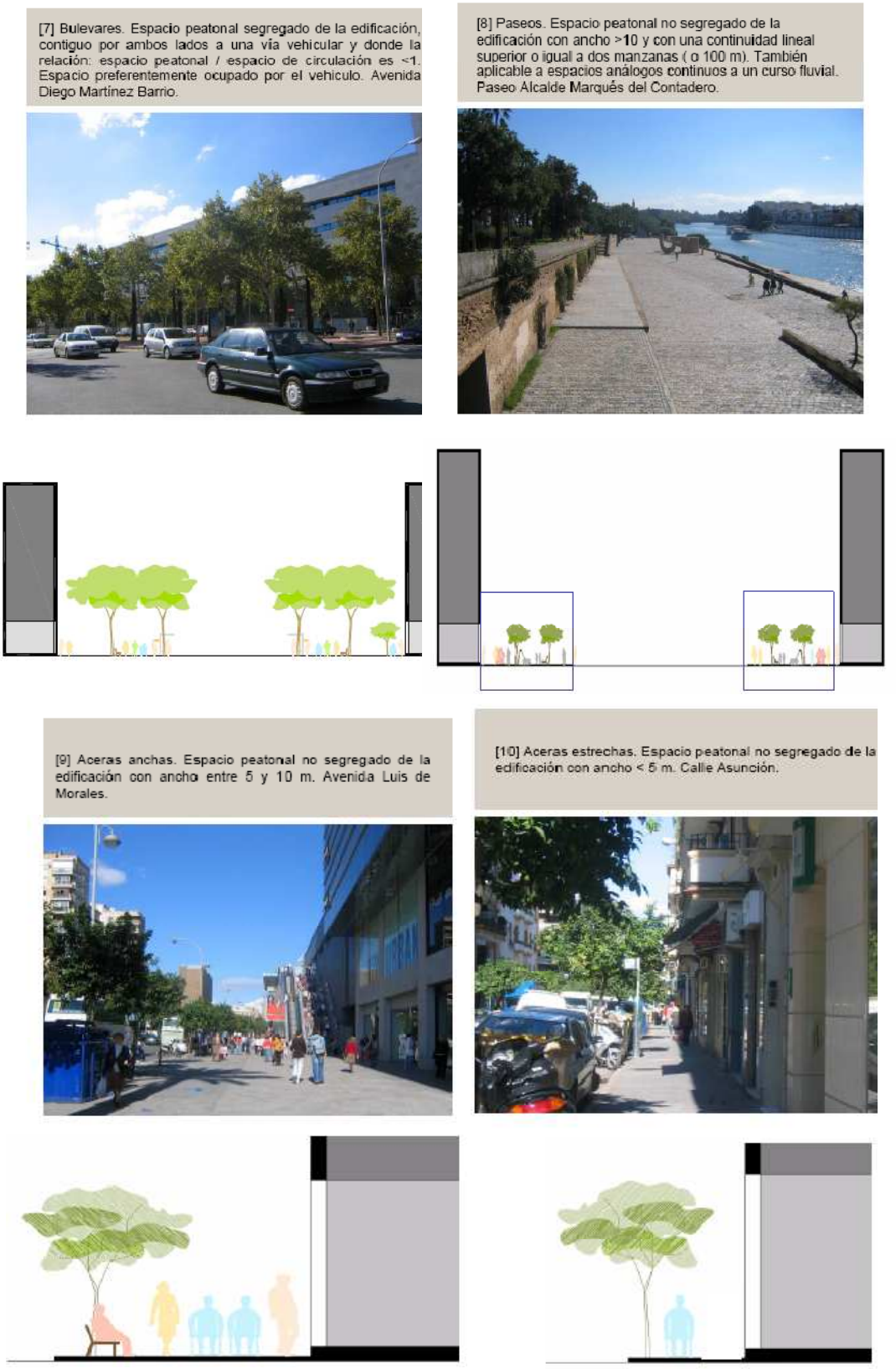


Figura 3.2.8.b Tipologie di strade a Siviglia

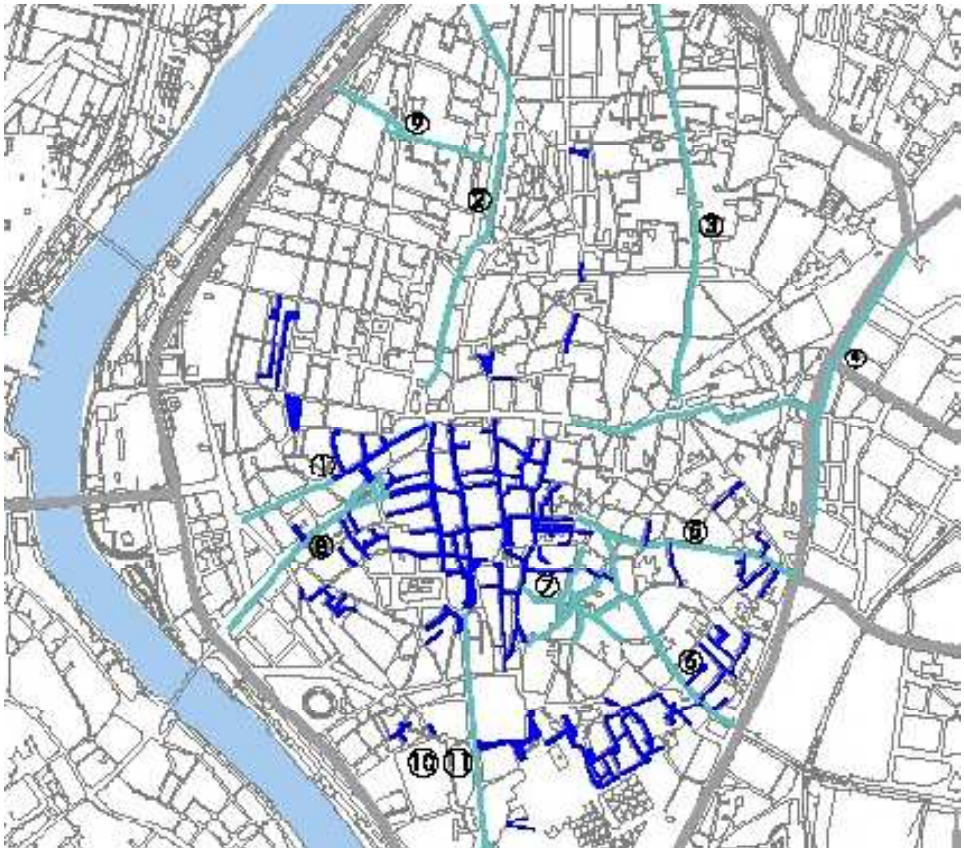


Figura 3.2.8.c Zone pedonali nel centro città

3.2.9 Aerpuerto

El Aeropuerto Internacional de Sevilla San Pablo forma parte de la red de aeropuertos de interés nacional como aeropuerto de primera categoría por la ley 14/2000, y como aeródromo de letra clave A por el R.D. 1241/1990. El Plan Director de Infraestructuras de Andalucía considera relevante la buena situación del Aeropuerto de Sevilla debido a su infraestructura renovada, sus excelentes condiciones para el tráfico aéreo desde el punto de vista climático y orográfico, su posición en la vertical de las rutas aéreas que comunican Europa con África Occidental, América del Sur y Canarias, y por ser la sede del Centro Regional de Navegación Aérea. Además presenta las ventajas de su conexión a la red de carreteras de gran capacidad y al ferrocarril de alta velocidad. En los últimos años los vuelos regulares con el resto de los países de la Unión Europea han aumentado y también se han extendido a los países del norte de Europa y algunos países de África y de Oriente Medio. El mercado de vuelos regionales y de tercer nivel se encuentra también aún por desarrollar, en especial para aquellas relaciones menos adaptadas a las conexiones por ferrocarril. Según los datos facilitados por AENA el aeropuerto de San Pablo es, después del de Málaga, el que mayor tráfico de viajeros y de aeronaves tiene en Andalucía.

Dispone en la actualidad de una única pista de 3360 por 45 metros, con tres calles de salida y dos accesos dobles a cabecera en "by−pass", y rodadura paralela con una capacidad máxima de 28 movimientos por hora. Para el estacionamiento de aeronaves dispone de una plataforma para 23 puestos, con una capacidad máxima de 30 movimientos a la hora.

El edificio del aeropuerto para el movimiento de pasajeros tiene una superficie de 62.000 metros cuadrados repartidos en tres alturas, además de un edificio terminal y un área de carga situados al oeste del edificio de pasajeros. Desde un punto de vista económico es una instalación fundamental para la ciudad, la aglomeración metropolitana, la provincia de Sevilla y para la subregión de Andalucía Occidental, al servir también como aeropuerto de su hinterland inmediato, integrado por las provincias limítrofes de Córdoba, Huelva y Cádiz.

Las condiciones de operatividad técnica y las potentes infraestructuras de comunicación con él asociadas, así como la posibilidad de ofrecer suelo para su ampliación, le convierten, junto con el aeropuerto de Málaga, en uno de los principales aeropuertos en el ámbito regional.

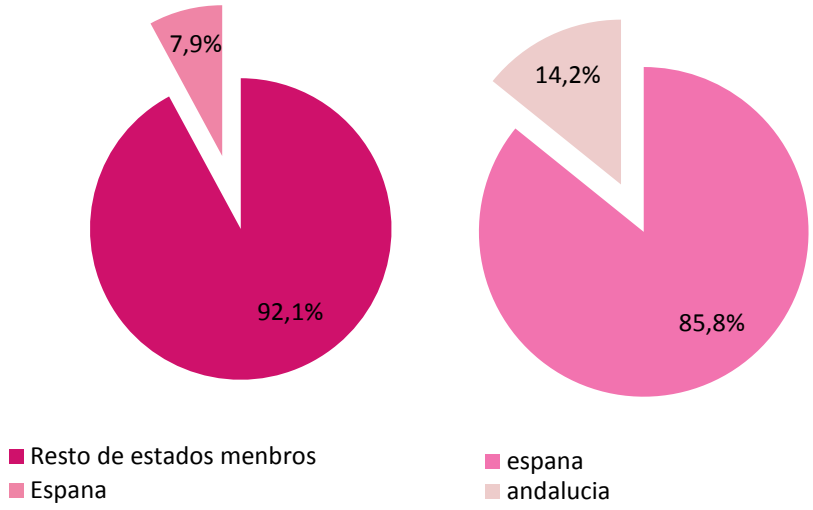
3.3 Energìa sostenible

3.3.1 Andalicia en en contexto europeo

La Unión Europea cifra su consumo de energía primaria en 1.806,4 Mtep, de los que en torno al 1,1% corresponde a Andalucía. En términos de energía final se sitúa en 1.157,7 Mtep, con un porcentaje de participación de la región andaluza del 1,3%.

El grado de autoabastecimiento de la Unión Europea alcanza el 46,9%. En España y Andalucía este porcentaje es significativamente inferior, del 21,6% y 9,1% respectivamente. Destaca en 2008 el crecimiento del 33,2% de la energía producida en la comunidad andaluza destinada a consumo propio, dado el mayor aporte de energía procedente de fuentes renovables, lo que se une a la reducción del consumo total de la región, mejorando así en más de dos puntos y medio su tasa de autoabastecimiento energético con respecto al año anterior.

Consumo de energia primaria



Consumo de energia final

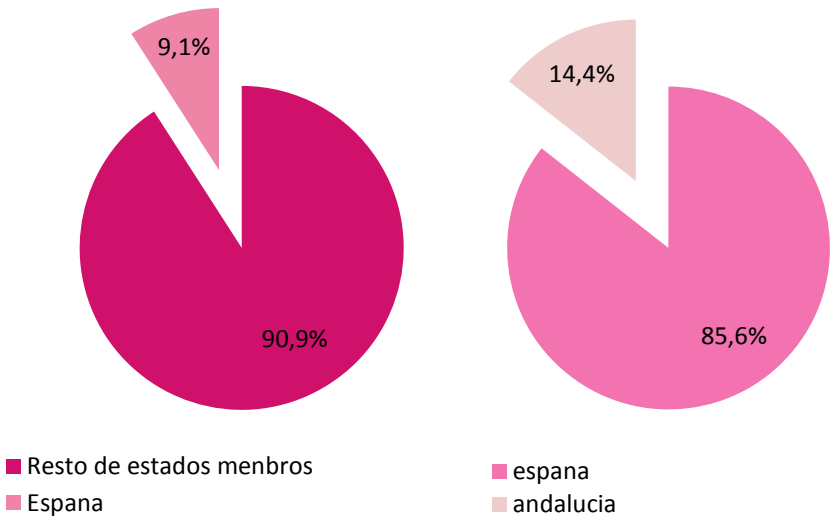


Grafico 3.3.1-a Consuo di energia

Respecto al consumo de energía final entre los distintos sectores de actividad, hay diferencias notables entre España y Andalucía con respecto a la Unión Europea. El conjunto de los sectores residencial, servicios y primario (agricultura y pesca), cubren en la Unión Europea el 39,5% del consumo final de energía. Este porcentaje es muy superior al 27,6% y el 28,2% respectivos para España y Andalucía, donde los sectores de mayor consumo son el transporte y la industria, con porcentajes del 37,9% y 34,5% en España y del 36,4% y 35,4% a nivel andaluz respectivamente. El peso de estos dos sectores a nivel comunitario es más reducido, con una participación del 32,6% para el transporte y del 27,9% para la industria.

	Union Europea 2007	Espana 2008	Andalucia 2008
consume de energia primaria	1806,4	142,1	20,1
consumo de energia final	1157,7	105,3	15,2
producion para consumo interior	849,6	30,7	1,8
grado de autobastecimiento	46,90%	21,60%	9,10%

Tabella 3.3.1-a Confronto tra i differenti consumi di energia

Del análisis de la aportación a la estructura de consumo de energía primaria de las distintas fuentes energéticas para Andalucía, España y la Unión Europea, se concluye que el petróleo y sus derivados son la principal fuente de abastecimiento en los tres ámbitos, siendo mayor el peso en el caso andaluz con un 49,6%, comparado con la U.E. (36,4%) y con España (47,9%). El gas natural ocupa la segunda posición con un aporte a la estructura de consumo ligeramente superior respecto al pasado año, situándose en 32,4% del total de consumo de energía en Andalucía, por encima del 23,9% comunitario y del 24,5% de la media nacional. El carbón suma el 8,6% del consumo primario total frente al 9,8% de España y al 18,3% de la Unión

Europea. Este año se ha producido una drástica reducción del peso relativo de este combustible en Andalucía y España debido a la menor generación eléctrica en las centrales térmicas. Este hecho ha permitido a las energías renovables alcanzar un peso en la estructura primaria muy similar al carbón, con una participación del 8,7% sobre el total del consumo con fines energéticos, lo que en valor absoluto supone 1.610,0 ktep, 529,7 ktep más que en 2007. España y la Unión Europea también han visto aumentar el porcentaje de las renovables en sus estructuras de consumo llegando al 7,6% y al 7,8% respectivamente. En cuanto a la energía nuclear, a nivel europeo cubre el 13,4% de las necesidades de energía primaria y el 10,8% a nivel nacional, siendo su aportación nula en Andalucía. Con respecto a la demanda de energía final, la paulatina desaceleración registrada por la economía en sintonía con el panorama mundial, ha tenido reflejo directo en el consumo de energía. El hecho más destacado ha sido el descenso del consumo de productos petrolíferos en los tres escenarios de referencia. A pesar de ello, continúan siendo la principal fuente de demanda con una participación del 58,5% de la matriz energética final de Andalucía, el 56,6% en el ámbito nacional y el 41,9% en la Unión Europea. El consumo de energía eléctrica supone en Andalucía el 20,6% y en España el 21,0%. A nivel comunitario, la segunda fuente de mayor consumo final es el gas natural, con el 22,4% del total, cubriendo la electricidad el 21,1% de la demanda. El uso final de gas natural en Andalucía representa el 15,8% y el 16,4% en España.La participación de las renovables en los tres modelos de consumo final es bastante similar, con porcentajes del 4,9% para Andalucía, que se sitúa por encima de la participación a nivel nacional con el 4,0% y muy próxima al 5,5% para el ámbito de la Unión Europea. Por último, el carbón continúa como la fuente de energía que satisface la menor fracción de consumo final y experimenta un descenso generalizado. Únicamente supone el 0,2% en la comunidad andaluza, el 2,0% en España y el 4,7% en el conjunto de los estados miembros.

Estructura del consumo de energía primaria por fuentes

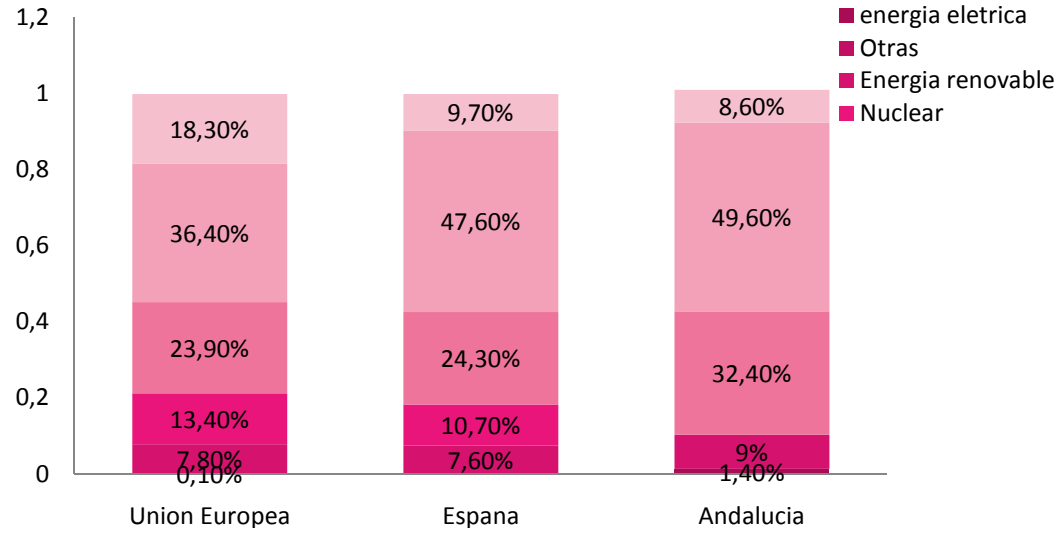


Grafico 3.3.1-b Differenziazione dei consumi di energia primaria

	Union Europea 2007	Espana 2008	Andalucia 2008
Carbon	331,2	13,9	1,7
Petroleo	656,9	66,1	10
Gas natural	432,4	34,8	6,5
Nuclear	241,3	15,4	0
Energia renovable	141	10,8	1,6
Otras	2,6	0	0
energia eletrica	0,9	-0,9	0,3
TOTAL	1806,4	142,1	20,1

Tabella 3.3.1-b Tipologia di consumi

Estructura del consumo de energía final por fuentes

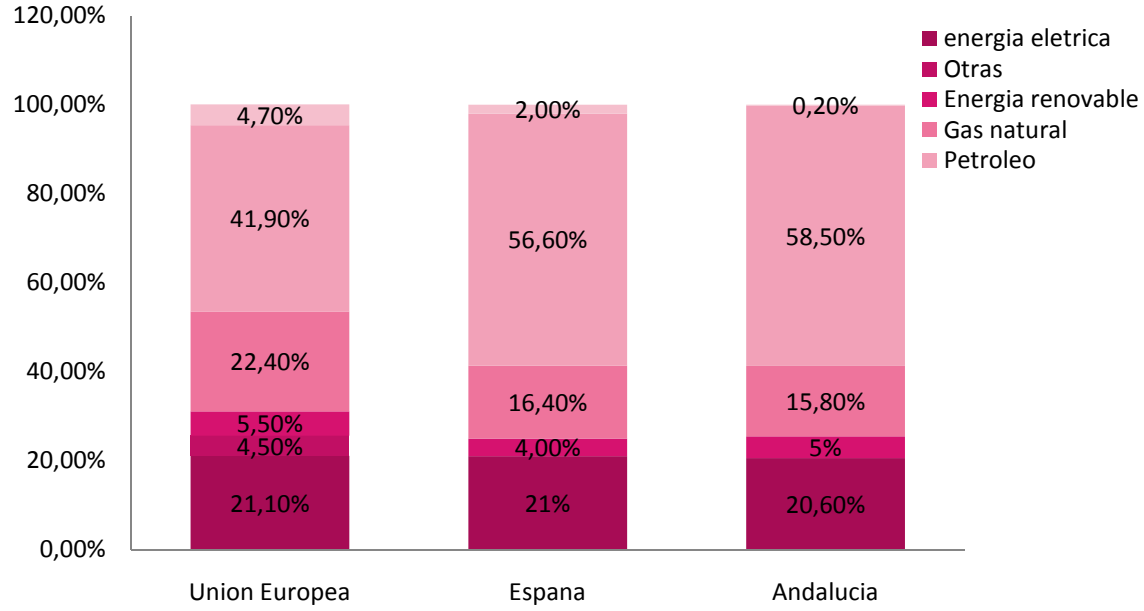


Grafico 3.3.1-c Confronto dei consumi di energia finale

	Union Europea 2007	Espana 2008	Andalucia 2008
Carbon	53,8	2,1	0,03
Petroleo	484,5	59,6	8,9
Gas natural	259,7	17,3	2,4
energia eletrica	244,5	22,1	3,1
Energia renovable	63,1	4,2	0,8
Otras	51,9	0	0
TOTAL	1157,7	105,3	15,2

Tabella 3.3.1-c Confonti dei diversi consumi

Consumeo de energia por actividades

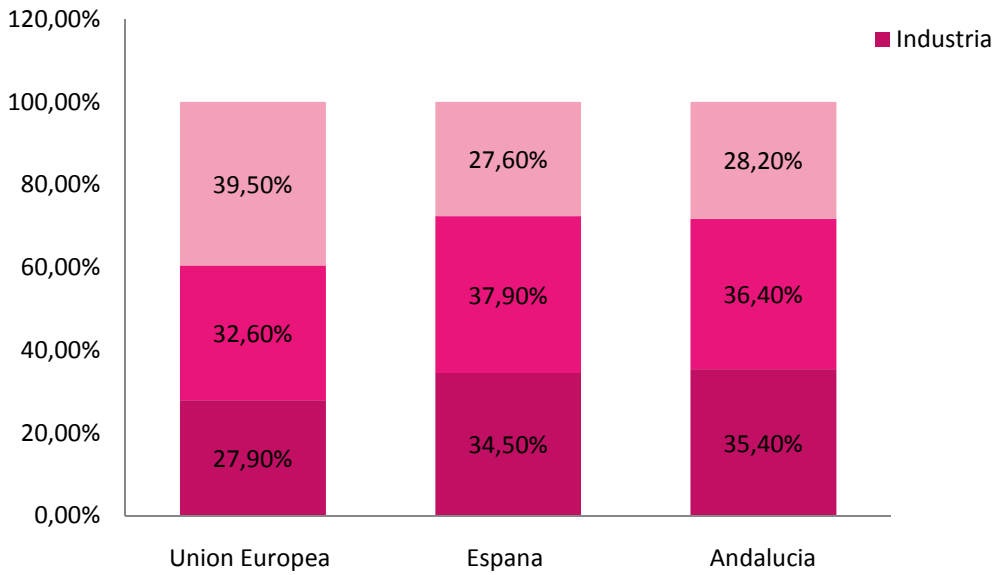


Grafico 3.3.1-d Consumo per attività

	Union Europea 2007	Espana 2008	Andalucia 2008
Industria	322,9	36,3	5,4
Transporte	377,2	39,9	5,5
Otros sectores	457,6	29,1	4,3
TOTAL	1157,7	105,3	15,2

Tabella 3.3.1-d Consumi per attività

Consumo de energia en 2008

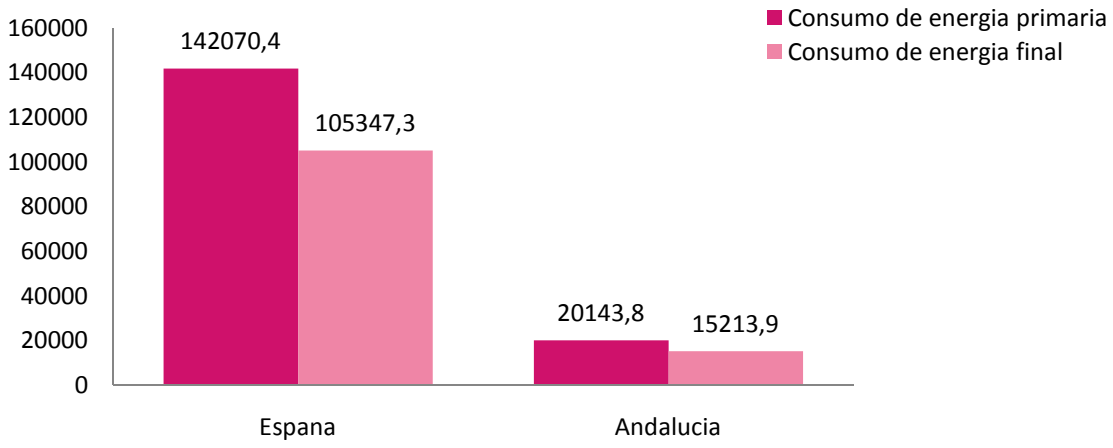
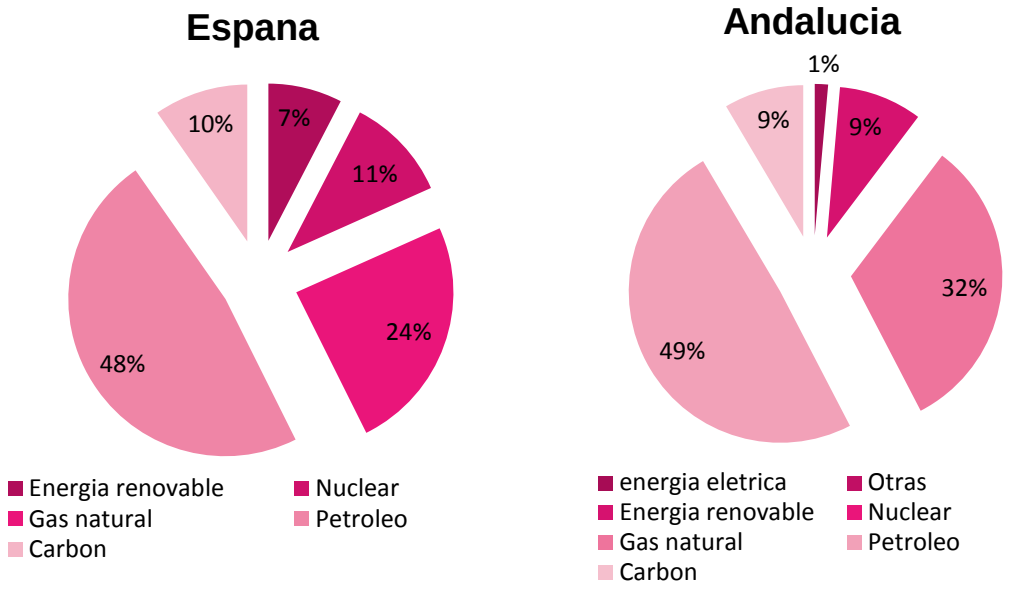


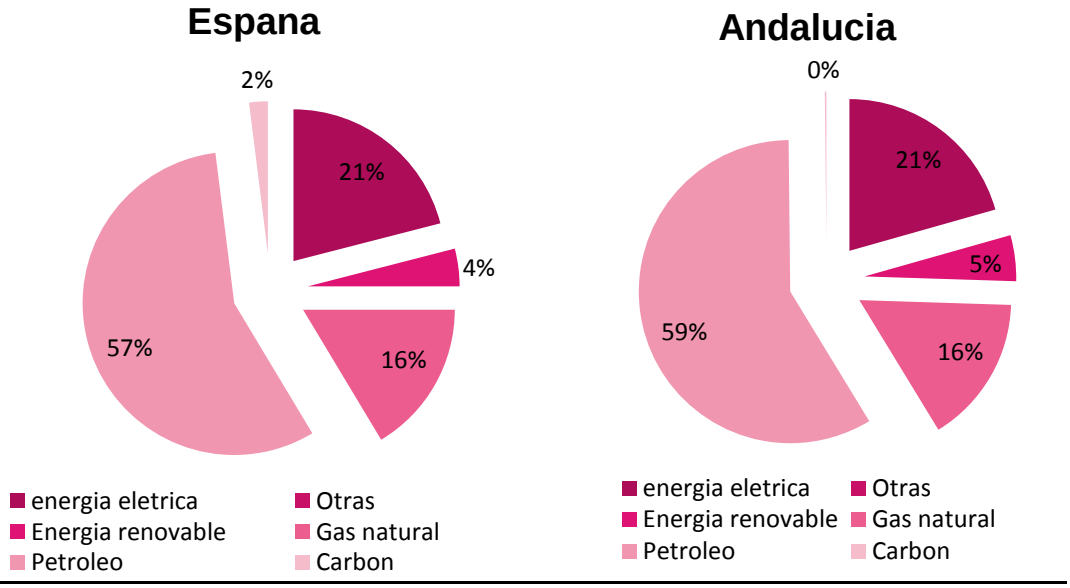
Grafico 3.3.1-e Consumi nel 2008

	Espana	% 2008/2007	Andalucia	% 2008/2007	% Andalucia Espana
Consumo de energia primaria	142070,4	-3,1	20143,8	-4,7	14,2
Consumo de energia final	105347,3	-2,3	15,213,9	-1,5	14,4
Produccion para consumo interior	30724,8	1,2	1832,1	33,2	6
Grado de autobastecimiento	21,60%	4,5	9,10%	39,8	-

Estructura de consumo de energía primaria por fuentes en 2008



Estructura de consumo de energía final por fuentes en 2008



Situacion de consumo en Sevilla

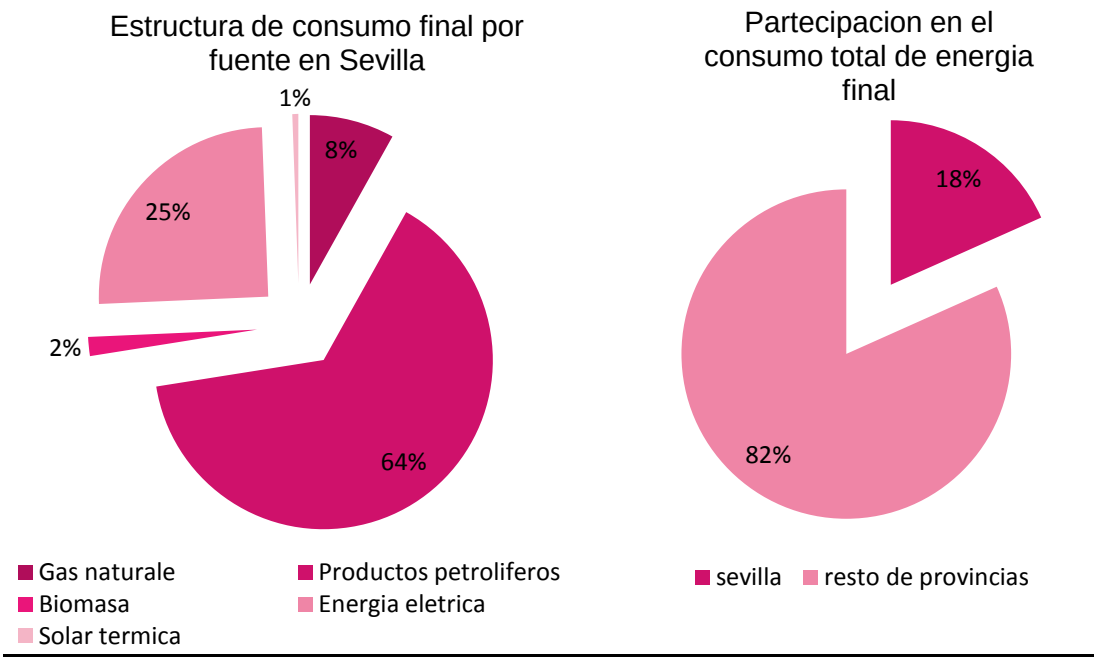


Grafico 3.3.1-f Confronto dei consumi tra Spagna ed Andalusia

Il progetto architettonico

4.1 IL BANDO

Il bando di progetto interessa i quartieri di Padre Pio e de La Doctora, situati nella periferia Est della città. Entrambi i quartieri sono delimitati ad Est dalla linea ferroviaria della quale a breve termine è previsto il potenziamento circa le tratte di treni e la frequenza del loro passaggio.
L'intento urbanistico dell'Ayuntamiento di Siviglia è quello di potenziare tutte le stazioni periferiche alla città, tra le quali riscontriamo la stazione di Padre Pio- Palmete presente nel quartiere di Padre Pio stesso. Si vuole disincentivare l'utilizzo dell'automobile per raggiungere il centro offrendo un efficiente servizio alternativo composto da treno periferico + metropolitana.
I due quartiere, da anni abbandonati a se stessi necessitano oggi di differenti edifici atti ad ospitare bisogni primari e secondari di una popolazione che non può essere obbligatoriamente legata al centro della città oggi di difficile raggiungimento.
L'unico intervento realizzato nella zona d'interesse negli ultimi anni è stata la realizzazione della stazione ferroviaria sopracitata; tale intervento però non è stato eseguito a seguito di uno studio urbanistico, risulta quindi oggi essere presente una stazione sconnessa all'intorno e priva di parcheggi che, con il potenziamento previsto, risultano necessari.
Inoltre per la realizzazione della stessa si è interrotto il tessuto urbano, si sono demolite case e la linea ferroviaria è sorta in prossimità delle abitazioni rimanenti senza alcuna distanza oggi prevista da qualsiasi regolamento. Si è realizzata solamente una piccola piazza adiacente all'accesso ai binari, la quale però risulta già prossima al degrado poiché non si è trasformata in luogo di aggregazione vista l'assenza di qualunque servizio necessario a tale fine.
Il concorso d'idee proposto dalla città di Siviglia prevede la riqualificazione della zona e pone come obiettivo la realizzazione di un centro per minori ed un asilo nido atti a soddisfare le esigenze della popolazione dei due quartieri. Si richiede la realizzazione di zone sportive, che, a scelta del progettista, potranno essere di utilizzo privato dei due edifici sopraccitati oppure di utilizzo collettivo. Sono inoltre da prevedere servizi commerciali e di prima necessità, quali banca e farmacia; la prima al giorno d'oggi assente, mentre la seconda in fatiscenza.



Figura 4.1.a Stazione di Padre Pio- Palmete

Riportiamo ora qui di seguito immagini che mostrano chiaramente l'interruzione di ogni strada interna al quartiere e la stretta vicinanza delle case alla linea ferroviaria, queste sono state distanziate dalle barriere ferroviarie solamente da una via pedonale che costeggia quest'ultime.



Figura 4.1.b Impatto della stazione nel Barrio di Padre Pio

In particolare riportiamo di seguito una tavola comunale di Siviglia del quartiere di Padre Pio che evidenzia la grossa frattura creata da tale intervento.

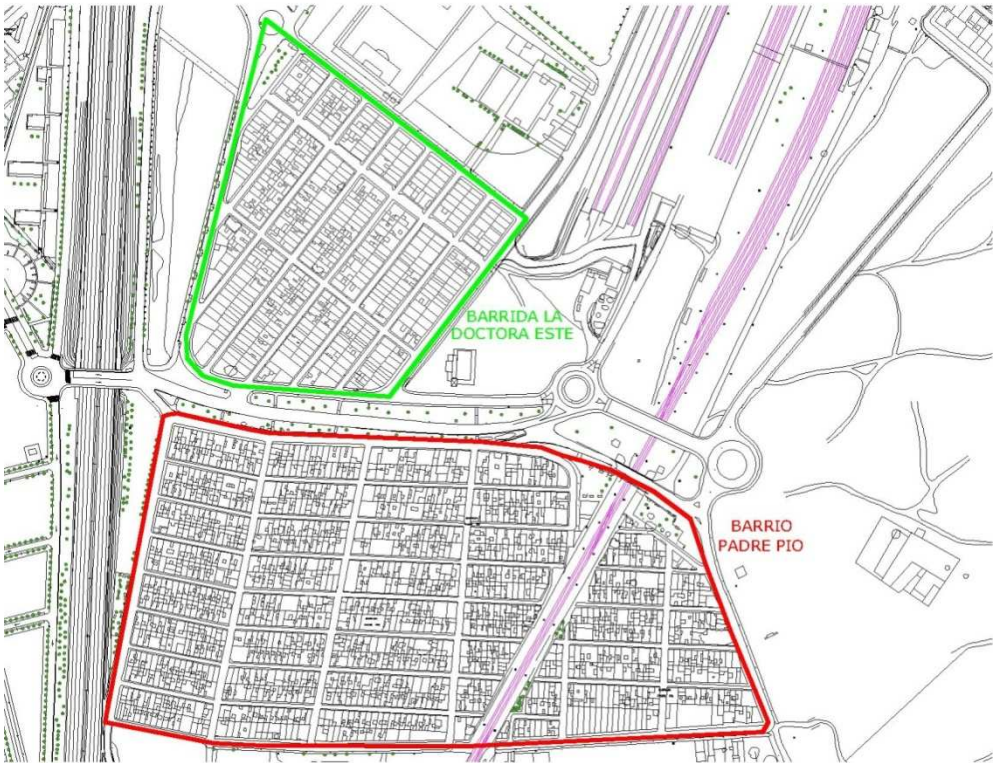


Figura 4.1.c Andamento ferroviario all'interno del quartiere

Entrando ora nello specifico, al bando generale sono state aggiunte le specifiche degli edifici da progettare nel dettaglio. In questa trattazione verrà sviluppato l'asilo nido e risponderà ai seguenti requisiti richiesti:

GUARDERIA 764 m2 + 640 m2	CENTRO DE MENORES 2599 m2
1. Área entrada (68 m2) 1.1 VESTIBULO 50 m2 1.2 ASEOS GLES 8 m2 1.3 COCHECITOS 10 m2	**1. Área entrada (128 m2)** 1.1 VESTIBULO 120 m2 1.2 ASEOS GLES 8 m2
2. Administración (75 m2) 2.1 DESPACHO DIRECTOR 15 m2 2.2 SECRETARÍA 15 m2 2.3 ADMON Y ARCHIVO 8 m2 2.4 SALA REUNIONES 25 m2 2.5 EDUCACION 12 m2	**2. Administración (126 m2)** 2.1 DESPACHO DIRECTOR 20 m2 2.2 SECRETARÍA 20 m2 2.3 ADMON Y ARCHIVO 20 m2 2.4 SALA REUNIONES 46 m2 2.5 EDUCACION 20 m2
3. Educación (450 m2) 3.1 AULA 0-1 64 m2 3.2 AULAS 1-2 128 m2 3.3 AULAS 2-3 192 m2 3.4 ALMACÉN MATERIALDIDÁCTICO 10m2 3.5 USOS MÚLTIPLES 64 m2 3.6 ESPACIO ABIERTO	**3. Educación (560 m2)** 3.1 TALLERES VERSÁTILES 255 m2 3.2 AULAS APOYO ESCOLAR 170 m2 3.3 SALA INFORMÁTICA 85 m2 3.4 ALMACÉN MATERIAL DIDÁCTICO 10 m2 3.5 USOS MÚLTIPLES 100 m2 3.6 ESPACIO ABIERTO RECREO 1205 m2
4. Área descanso (640 m2) 4.1 RECREO 640 m2	**4. Área descanso (140 m2)** 4.1 S. PEQUEÑA 3-6 AÑOS 55 m2 4.2 S. MEDIANA >7 AÑOS 85 m2
5. Aseos (70 m2) 5.1 ASEOS-VESTUARIO PERSONAL (2 UD.) 40 m2 5.2 ASEO INFANTIL COMEDOR PATIO RECREO (2 UD.) 10 m2 5.3 ASEO Gral ROPERO CON DUCHAS BAÑOS PARA BEBÉS 20 m2	5. Aseos (90 m2) 5.1 ASEOS-VESTUARIO 5.2 PERSONAL (2 UD.) 40 m2 5.3 ASEO COMEDOR-PATIO 5.4 RECREO 10 m2 5.5 ASEO GENERAL ROPERO CON DUCHAS 40 m2
6. Alimentación (112 m2) 6.1 COMEDOR INFANTIL 100 m2 6.2 COMEDOR PROFESORES 12 m2	**6. Alimentacion (112 m2)** 6.1 COMEDOR 100 m2 6.2 COMEDOR PROFESORES 12 m2
PISTAS DEPORTIVAS 5700 m2 **CONSTRUCCIONES AUXILIARES (DEP) 384 m2**	**7. Area Servicio (164 m2)** 7.1 COCINA 40 m2 7.2 OFICIO 12 m2 7.3 ALMACÉN FRIO 10 m2 7.4 ALMACEN ALIMENTOS 10 m2 7.5 ALMACÉN GENERAL 10 m2 7.6 COMEDOR PERSONAL 12 m2 7.7 SALA USOS MÚLTIPLES 10 m2 7.8 LAVANDERÍA 20 m2 7.9 TALLER 10 m2 7.10 INSTALACIONES 12 m2 7.11 LIMPIEZA 6 m2 7.12 BASURAS 12 m2
COMERCIAL 1280 m2	**8. Area Social (1200m2)** 8.1 SALÓN DE ACTOS 680 m2 8.2 BIBLIOTECA INFANTIL Y JUVENIL 30 m2 8.3 GAB. PSICOPEDAGÓGICO30 m2 8.4 PATIO Y ZONA RECREO * 8.5 COLUMPIOS * 8.6 PISTA DEPORTIVA USOS MÚLTIPLES *
MICROPOLÍGONO 1664 m2	

4.2 L'area di progetto

4.2.1 Situazione stradale

L'area di progetto ha un estensione di 12.500 mq, attualmente il terreno è quasi totalmente inedificato, viene utilizzato per il deposito si rimorchi. È presente solo una piccola costruzione nella zona Nord-Est, probabilmente un locale spogliatoio per gli autotrasportatori che provvederemo a demolire. L'area è circondata da quattro strade ognuna delle quali a doppio senso. La strada che delimita l'area a Nord è una strada privata priva di marciapiede e illuminazione e si immette nelle strade laterali al lotto con degli stop. La strada a sinistra del lotto, la calle de la Doctrora delimita il quartiere con il medesimo nome; è dotata di illuminazione e nonostante la non eccessiva larghezza è a doppio senso e ha una fila di parcheggi verso il lotto di progetto. La strada ad Est, anch'essa di tipo privato viene utilizzata esclusivamente da chi giunge al lotto in considerazione e dagli addetti delle ferrovie.

La situazione stradale a Sud invece è caratterizzata da tre strade parallele, la centrale, di dimensioni maggiori a scorrimento più elevato; è una strada che porta fuori da Siviglia quindi negli orari di punta congestionata. Le altre due strade invece, collocate a quota inferiore segnano i confini dei due quartieri. Al limite Sud –Ovest dell'area è presente una chiesa di recente costruzione, ospitante i fedeli di entrambi i quartieri; nell'intervento sarà quindi necessario riqualificare anche l'intorno dell'edificio sacro, ora degradato e privo di cura.



Figura 4.2.1.a Area di progetto e aree limitrofe

4.2.2 Morfologia urbana

È immediato osservare la tipologia edilizia presente. Qui ci troviamo a confronto con un'espansione edilizia risalente agli anni settanta, dove definito il perimetro esterno del quartiere si procedeva con la suddivisione regolare di strade parallele e perpendicolari confluenti in un'unica strada perimetrale che permetteva l'accesso e l'uscita al quartiere stesso. È in questo clima che ancora più evidente, qui graficamente, la forte interruzione creata dalla ferrovia, la quale a diviso in due entità distinte il medesimo quartiere privandone la metà ad Est di ogni servizio e generando difficoltà d'accesso e circolazione ad entrambe le zone. Qui le costruzioni sono tutte a base rettangolare o quadrata, hanno in genere uno o due piani anche se non mancano edifici a tre piani. Sono tutte costruzioni caratterizzate da coperture piane in genere utilizzate come terrazze e stenditoi. A interrompere tale maglia non vi è nulla se non la ferrovia stessa. Si può considerare una edilizia caratteristica della periferia di Siviglia, troviamo infatti nella città differenti caratteri edilizi e urbani, ognuno dei quali presenti in determinate zone a seconda del periodo della loro realizzazione. In breve possiamo osservare tali morfologie:

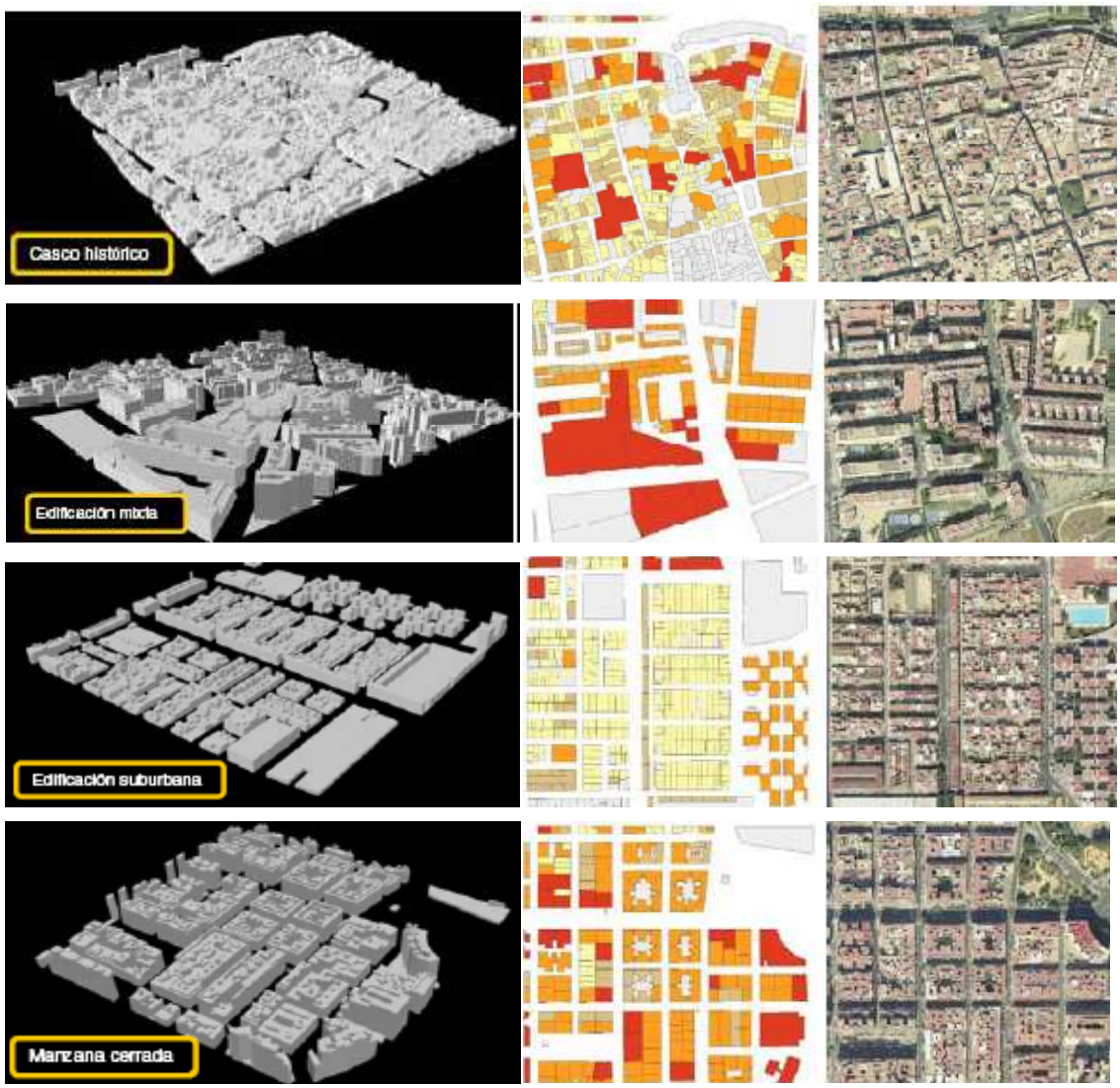


Figura 4.2.a Tipologie edilizie a Siviglia

4.3 Il masterplan

4.3.1 Le criticità

Si è partiti da un'analisi delle criticità della zona, realizzando un modellino iniziale del lotto che potesse far risaltare le problematiche è gli obiettivi da raggiungere. Sono stati qui rappresentati i percorsi con dei fili colorati, ogni colore rappresenta una modalità di trasposto; è immediato osservare come non vi siano percorsi riservati ai pedoni o ai ciclisti. Oltre al forte impatto della ferrovia, del quale già abbiamo parlato in precedenza, una grave problematica risulta essere la strada centrale, sulla quale qui, è stata posta una barriera perforata solo in pochi punti corrispondenti alle scale di risalita e discesa, ad indicare il grande ostacolo e l'eccessiva difficoltà e pericolosità del collegamento pedonale tra i due quartieri.

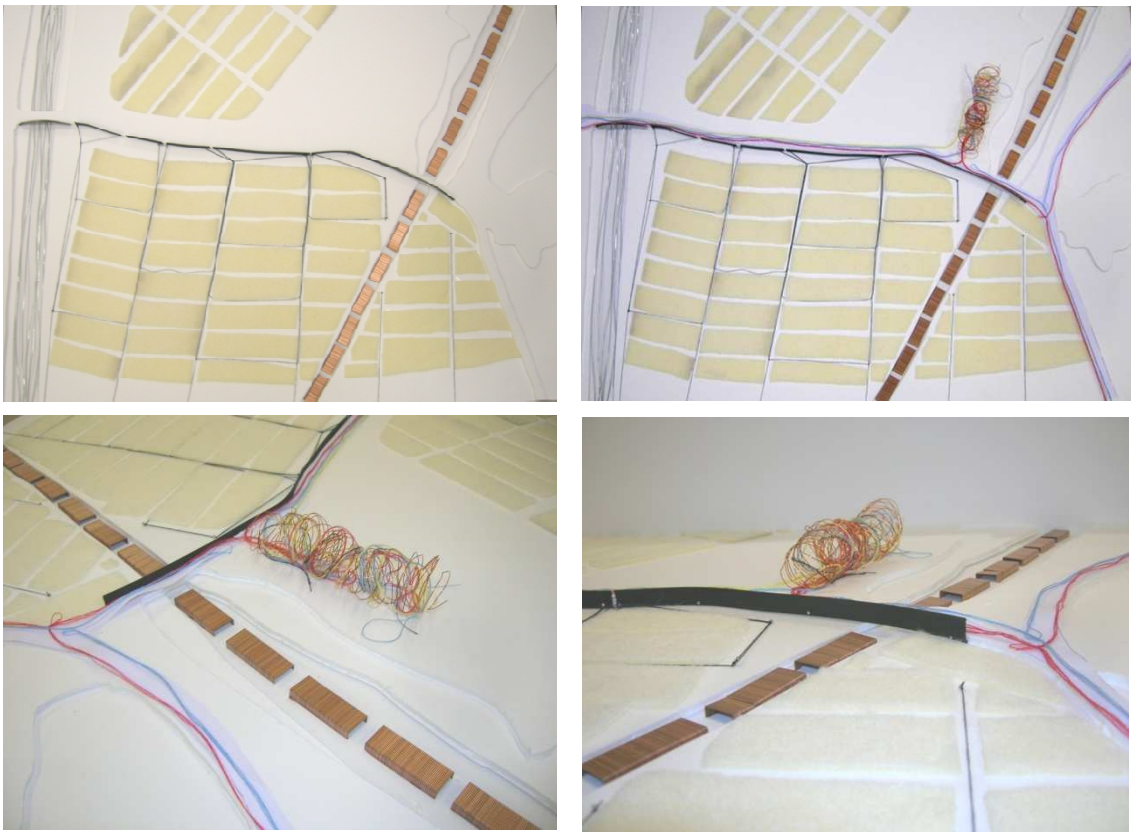


Figura 4.3.1.a Modellino di studio delle criticità dell'area di progetto

Si possono così individuare le principali criticità dell'luogo:

- Stazione sconnessa dall'intorno;
- Strada congestionata che divide in due parti nettamente distinte i quartieri rendendo difficoltosa la loro congiunzione;
- Assenza di percorsi pedonali e ciclabili;
- Assenza di parcheggi;
- Noncuranza del verde e dell'intorno generale.

L'idea principale sulla quale si basa lo studio urbanistico nasce dalla volontà di creare collegamenti sicuri per i pedoni e i ciclisti, che possano permettere una facile fruizione tra un quartiere e l'altro, tra la stazione ed il resto del contesto e tra le due parti del quartiere di Padre Pio diviso dalla ferrovia. Si vuole realizzare una zona interamente pedonale fruibile facilmente da chiunque. La difficoltà dei collegamenti in questa zona è dovuta principalmente alle differenze di quota presenti; troviamo infatti la strada principale ad una quota che va da 17.85 m s.l.m. a 17.16m s.l.m. mentre le due strade ad essa parallele, poste a quota dei quartieri a livello inferiore. La strada che delimita il quartiere di Padre Pio si trova infatti ad una quota di circa 15m s.l.m. mentre quella che delimita il quartiere de La Doctora a circa 16.50m. La problematica risulta più evidente dalla sezione stradale di seguito riportata e dalle fotografie inserite.

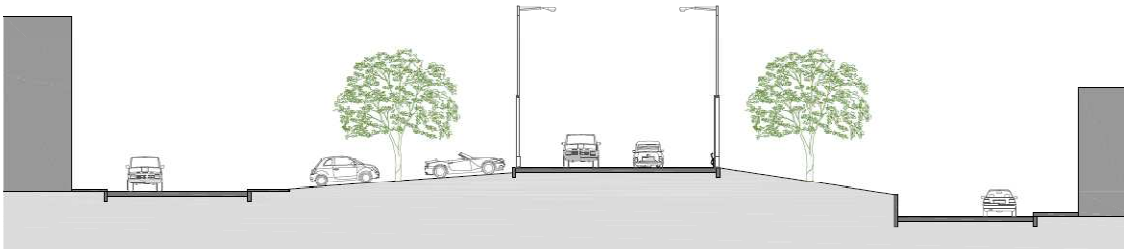


Figura 4.3.1.b Sezione stradale della Ronda de Padre Pio



Figura 4.3.1.c Dislivello stradale tra i quartieri de La Doctora e Padre Pio

Al fine di raggiungere tale obiettivo si sono analizzate tre possibilità di collegamento:

- A livello stradale;
- A livello inferiore rispetto a quello stradale;
- A livello superiore rispetto a quello stradale.

Ora i collegamenti avvengono a livello stradale tramite scale di risalita da ambo i lati attraverso strisce pedonali; tale collegamento non è sicuro a causa della traffico presente sulla strada centrale; inoltre rappresenta una grossa barriera architettonica impedendo l'attraversamento

alle persone disabili. Si decide quindi di abbandonare questa tipologia di collegamento ai fini di realizzarne una più sicura ed accessibile a tutti.

Si è esclusa inoltre la possibilità di realizzazione di sottopassi che risultano di facile e rapido degrado e che necessitano di un'illuminazione continua. Sarebbero inoltre di difficile realizzazione vista la differenza di quota non tale da permettere un passaggio a livello delle strade perimetrali ai quartieri.

Si è così optato di valutare la realizzazione di veri e propri ponti-passerelle di ampia estensione divise in zone pedonali e ciclabili ed ospitanti zone verdi, in grado di ridisegnare totalmente l'assetto urbanistico della zona. I collegamenti da creare tramite questi nuovi elementi sono:

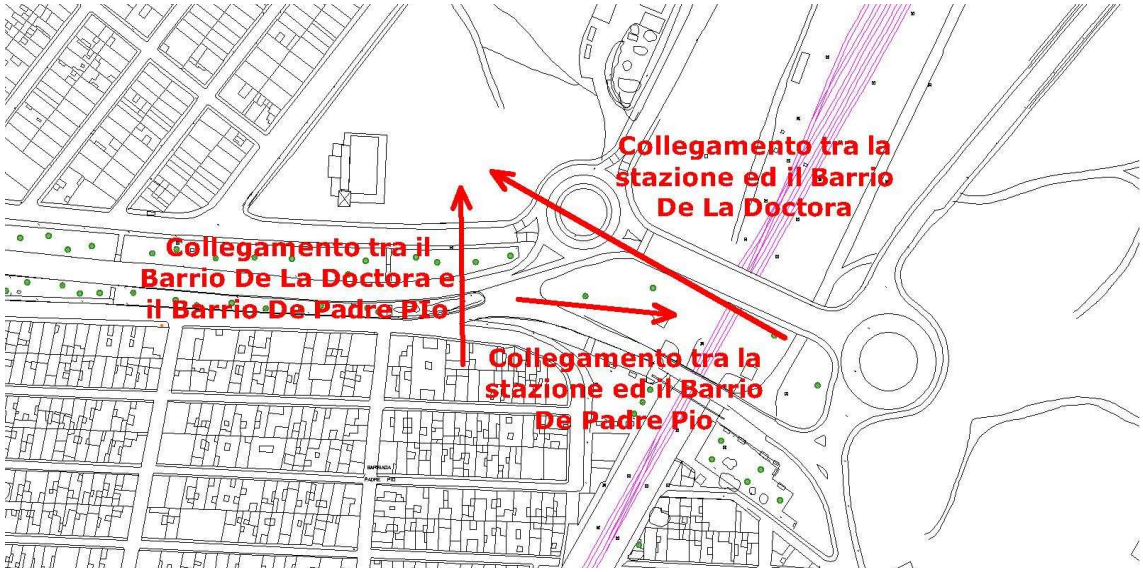


Figura 4.3.1.d Collegamenti da realizzare

Si è deciso inoltre di risistemare i collegamenti stradali; in particolare l'immissione della strada Padre Pio a bassa quota con quella a quota più alta, abbattendo il vecchio attraversamento carrabile della ferrovia, ormai in disuso e migliorando l'immissione nella rotonda di recente costruzione. È stata prevista la realizzazione di una nuova strada, in sostituzione alla vecchia, che delimiti in modo più regolare il lotto alla quali vi si ha accesso attraverso la strada proveniente dalla rotatoria; vi sarà realizzata una diramazione per giungere al parcheggio. Si è pensata una riqualificazione dell'intorno della linea ferroviaria, con una semplice risistemazione del verde ed andando in particolare ad intervenire sulla zona a Sud del quartiere di Padre Pio, ritenuta una zona potenziale per la realizzazione di un parco pubblico distinto in due zone, una lasciata totalmente a verde e l'altra invece attrezzata con giochi per bambini e arredo urbano.

4.3.2 Gli edifici e la loro dislocazione

Le richieste del bando, come sopra menzionato, richiedevano la realizzazione in particolare di due edifici, un centro per minori e un asilo nido, richiedeva inoltre la realizzazione di zone commerciali. Si è deciso di realizzare tre edifici, i due richiesti ed un terzo a carattere commerciale, in particolare ospitante una zona ristorazione, una banca ed una farmacia.
Si è ritenuta la posizione più idonea per quest'ultimo edificio quella più prossima alla strada principale preferendo invece garantire l'accesso da strade secondarie agli altri due edifici.
Per la progettazione urbanistica del lotto e per quella architettonica degli edifici ci siamo trovati di fronte ad una scelta significativa:

- Proseguire con la maglia già presente e con la tipologia edilizia della periferia;
- Progettare un architettura che vuole diversificarsi dall'esistente.

Il contesto risulta molto regolare, creato da maglie rettangolari, ogni "manzana" presenta dimensioni simili e si rapporta con il contesto tramite le strade che la circondano. Gli edifici, anch'essi di forma regolare, rettangolare o quadrata, risultano molto simili uno con l'altro, tant'è che nelle vie interne dei quartieri risulta estremamente facile perdersi. Si è deciso di intervenire rompendo totalmente questi schemi creando sistemi di collegamenti non più basati sul sistema "cardo-decumano" ma che si intreccino rendendo facile l'accesso ad ogni direzione. Anche per gli edifici non si è seguita la tipologia edilizia presente ma si è intervenuti pensando sin dall'inizio alla realizzazione di costruzioni con un'apparente irregolarità, tradotta in realtà in una regolarità differente da quella esistente.
Per la determinazione di nuovi percorsi e geometrie ci si è comunque basati sullo studio delle direttrici, delle vie che segnano in modo così forte ogni quartiere, le quali ci hanno suggerito, oltre che la collocazione degli edifici stessi e l'andamento dei nuovi collegamenti, anche la forma stessa delle costruzioni.
Si è ritenuta inoltre indispensabile la realizzazione di due parcheggi, entrambi prossimi alla linea ferroviaria; il primo nel quartiere De La Doctora, prossimo agli edifici progettati con circa 60 posti auto; il cui utilizzo è previsto per gli accompagnatori degli utenti dalle due strutture educative e tanto più a coloro che accedono al centro sportivo. Il secondo è invece realizzato nel quartiere di Padre Pio, in prossimità della stazione, composto da 70 parcheggi destinato ai pendolari.
Sono stati inoltre studiati percorsi pedonali e ciclabili, in particolare si sono previste tre nuove stazioni della Sevici attualmente non presenti in questa zona periferica della città; si è previsto inoltre un incremento delle fermate degli autobus in prossimità del centro sportivo.

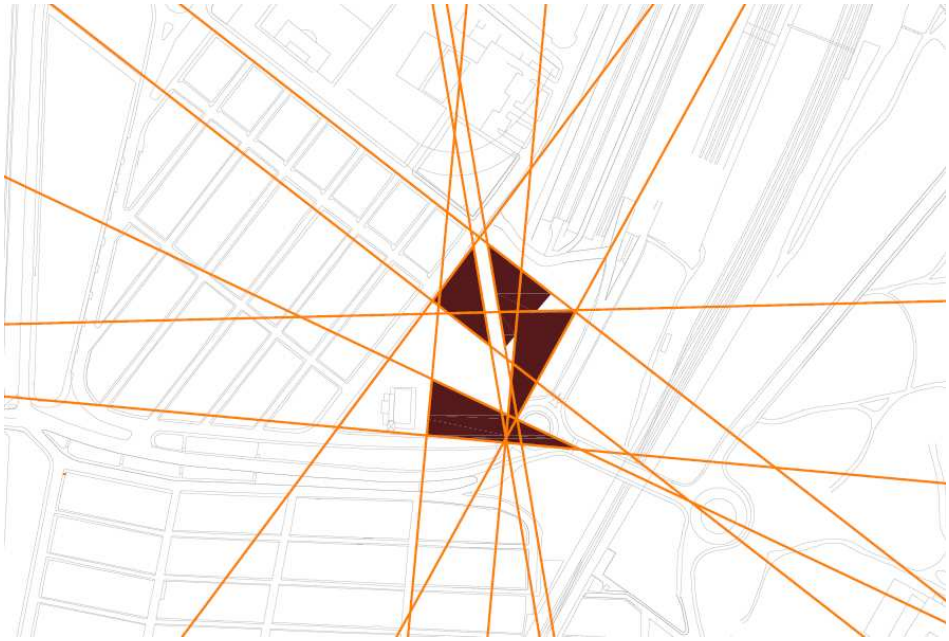


Figura 4.3.2.a Linee direttrici dell'area di progetto

La prima idea di master pan, prevedeva la realizzazione di quattro edifici, tutti composti da blocchi pieni di due piani, eccetto il centro sportivo composto da tre piani.

Fulcro del primo masterplan, come poi del secondo, è la piazza centrale a livello superiore rispetto alla chiesa, alla quale si giunge tramite una larga scalinata o attraverso la copertura dell'edificio commerciale. E stata infatti pensata tale copertura come seconda piazza che funge da elemento di collegamento tra il quartiere di Padre Pio e la nuova realizzazione; a questa copertura si giunge attraverso i ponti-passerella provenienti dalle due zone del quartiere di Padre Pio e dalla rampa congiungente le due piazze. Ogni edificio è stato pensato con un doppio ingresso, a quota strada e a quota della nuova piazza. Altro ingresso alla piazza principale sorge in direzione Nord-Ovest, costituito da una rampa di lieve inclinazione, anch'essa caratterizzata, come le altre , da una zona pedonale, una ciclabile ed una dedicata al verde, in particolare a strisce erbose con cespugli a fare da spartitraffico. Tale rampa permette l'accesso alla piazza da Nord ed è l'esatto prolungamento delle vie centrali dell'unica zona verde presente nel quartiere posta a breve distanza dal lotto di nostro interesse.



Figura 4.3.2.b Inserimento fotografico del planivolumetrico

4.4 L'asilo nido:

4.4.1 Premessa

La progettazione di un asilo nido ha una problematica intrinseca riguardo all'estraneità nel comprendere appieno le esigenze dei bambini. Tali necessità sono veicolate da studi e racconti di esperienze di educatori che hanno una visione adulta: la buona organizzazione degli spazi per un efficace controllo, le definizioni di aule per il sonno e per il cambio, aule atte a svolgere funzione di laboratorio differenti in funzione dell'età stessa del bambino; spazi che permettano la miglior gestione del bambino dall'arrivo,al pranzo, al riposo sino al momento del gioco libero. Tali indicazioni sono fondamentali e basilari per un buon funzionamento della scuola, ma l'attenzione del progettista deve riguardare anche la presenza del bambino non solo da "gestire" ma anche da "educare" e da "stimolare". L'idea di porre il bambino al centro del processo di progettazione deriva dalla volontà di considerare un ente educante l'architettura ed etica l'attività del progettista. Lo sguardo del bambino è differente da quello del mondo adulto, il bimbo ha una capacità di fantasticare, di reinventare lo spazio, di creare situazioni di gioco offerte dal luogo o dagli oggetti a portata di mano. Questa prerogativa dell'infanzia è favorita dall'ambiente circostante che non deve essere scontato, ripetitivo e seriale, ma dinamico, flessibile e attivo. L'altezza fisica del bambino è chiaramente inferiore, per i bambini già in grado di camminare si aggira attorno ai 70 cm. Tale dato dimensionale implica l'utilizzo di spazi con altezze non eccessive, il posizionamento delle apertura vetrate adatte alla vista dei bambini o dei soli adulti secondo le necessità e l'altezza adeguata degli oggetti d'arredo.
Si è da subito esclusa la tendenza, in voga in questo decennio di creare spazi a misura di bambino; con porte e finestre in miniatura, questo perché da recenti studi si è dedotto che ciò non porta nessun beneficio al bambino, anzi, essendo abituato alla vita in un ambiente dove tutto è delle giuste proporzioni, si troverebbe qui spiazzato e attonito e si abituerebbe ad avere una percezione non reale del mondo.
Antecedente alla fase di progettazione vi è stata la fase di documentazione; si sono analizzate le diverse tipologie edilizie di tale costruzione al fine di poter unire le migliori caratteristiche di ognuna in un progetto armonico e adatto alle esigenze dell'utenza così come alle richieste genitoriali.

4.4.2 Tipologie edilizie

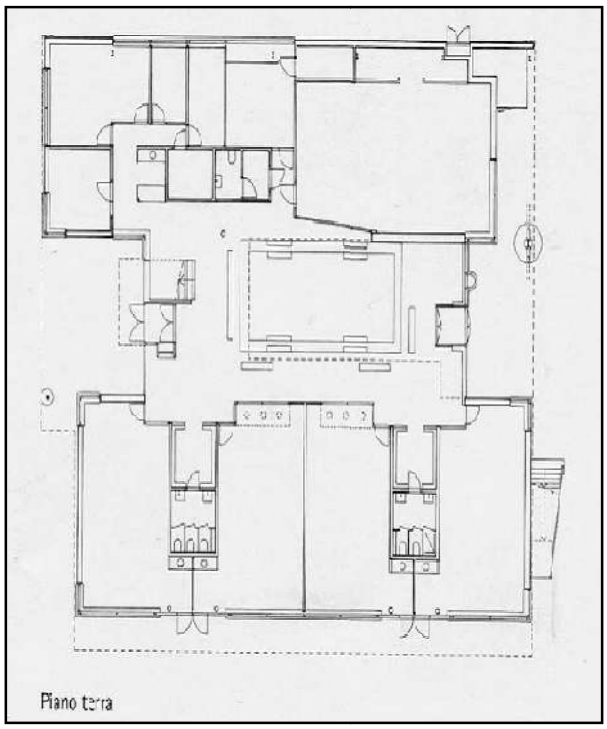
L'asilo nido, come la scuola materna, o anche detta scuola dell'infanzia fatica a trovare la sua identità architettonica. A riguardo della scuola materna, questa è stata per lungo periodo assimilata alle scuole elementari venendo spesso unità ad esse. Oggi invece inizia ad acquisire una propria identità, così come l'asilo nido. Quest'ultimo oggi viene tutt'ora assimilato alla scuola materna, data la recente necessità di asili nido di grandi dimensioni a carattere comunale o privato. Entrambi, sial la scuola materna, assimilata alle scuole elementari, che

l'asilo nido, assimilato alla scuola materna, facendo fatica a trovare una propria identità continuano tutt'oggi a fare riferimento, con qualche variazione, alle tipologie usate nelle scuole elementari e medie. Le tipologie più usate sono:

- Centrale
- Lineare, o a corridoio (tipologia in uso negli anni '50, nata in Germania)
- Lineare combinata, o a pettine
- Lineare con nucleo centrale
- Additiva, o a padiglioni
- Open space

Ovviamente spesso la rigidità determinata dalla scelta di un tipo viene addolcita da ibridazioni tra due o più tipi complementari ed è in questi casi che si hanno gli esempi migliori.

4.4.2.1 Esempi: Tipo centrale



Tipologia caratterizzata da un ambiente centrale, solitamente destinato ad attività ludiche, dal quali partono le altre zone dell'edificio, da qui si possono diramare direttamente aule o corridoi che portano ad altri ambienti. Un esempio significativo di tale tipologia è la scuola pubblica elementare De Koperwiek a Venlo in Olanda dove il ruolo principale spetta a una zona centrale comunicante con altri locali da dove é possibile avere l'esatta percezione dell'intero edificio composto da tre blocchi a parallelepipedo. Si tratta di uno spazio che, inoltre sembra una parte dell'esterno proiettata nell'interno.

Figura 4.4.2.1.Scuola pubblica elementare De Koperwiek a Venlo

4.4.2.2 Esempi: Tipo lineare o a corridoio

Il tipo lineare può avere:

- Corridoio laterale che distribuisce le aule orientate tutte sullo stesso lato;
- Corridoio centrale che distribuisce su un lato le aule (lato con la migliore esposizione) e sull'altro i servizi;

- Corridoio centrale con aule ai lati.

Un ottimo esempio di tale tipologia è rappresentato dall'opera di Neue Welt che Adolf Krischanitz ha progettato all'interno del Pater, il parco viennese, prevede un corpo principale a un piano e altri due piani leggermente più alti, collegati al primo da uno spazio chiuso dove si trovano le scale. La costruzione più bassa ospita le sale per i più piccoli, mentre nelle due ali attigue si trovano, al primo piano, le aule per gli altri bambini e, al piano terra, la sala da pranzo e un locale per il relax.

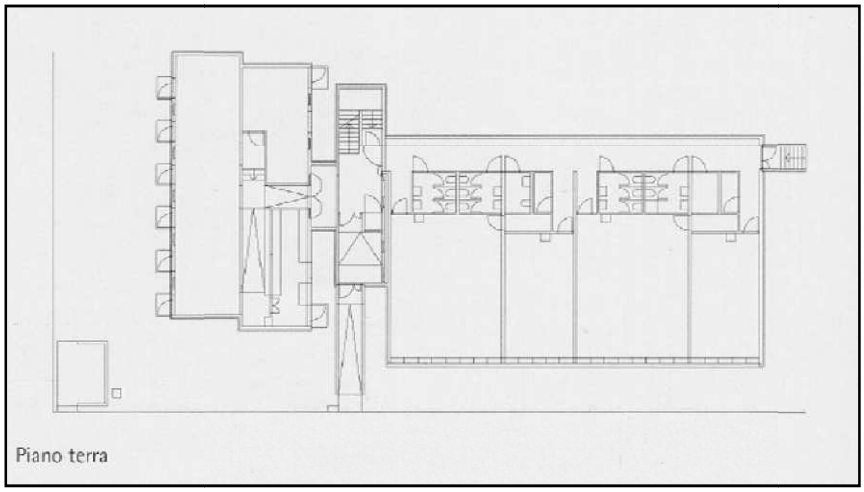


Figura 4.4.2.2. Neue Welt di Adolf Krischanitz

4.4.2.3 Esempi: Tipo Lineare combinato, o a pettine

Il tipo a pettine è una variazione particolare del tipo a corridoio, nel quale il flusso di distribuzione (corridoio) è lineare, ma i luoghi dello stare (aule) hanno una forte indipendenza, quasi come se fossero dei padiglioni a sé stanti, seriali, che si relazionano soprattutto con il verde esterno, per cui, ad esempio ogni aula ha un suo corrispettivo esterno ben determinato. Tra gli asili da menzionare considerabili in questa categoria c'è sicuramente l'asilo, situato in una zona residenziale recente di Bregenz si dovevano prevedere sufficienti spazi all'aperto per i giochi dei bambini, spazi che, al tempo stesso, potessero ospitare anche le attività culturali dei residenti.

Un'altra questione importante era l'illuminazione, dal momento che a sud si prevede di costruire un edificio di tre piani che lascerà la zona limitrofa in ombra per quasi tutto il giorno.

La soluzione prescelta dagli architetti fu di accostare lo stabile a forma di L alle estremità nord e ovest del lotto, per quanto le normative lo consentivano, e aprire sul lato sud un cortile con i giochi, delimitato da un pergolato.

L'ala nord, a due piani, adibiti ad area di gioco comprende un'aula, la stanza da bagno e le scale che portano al primo piano.

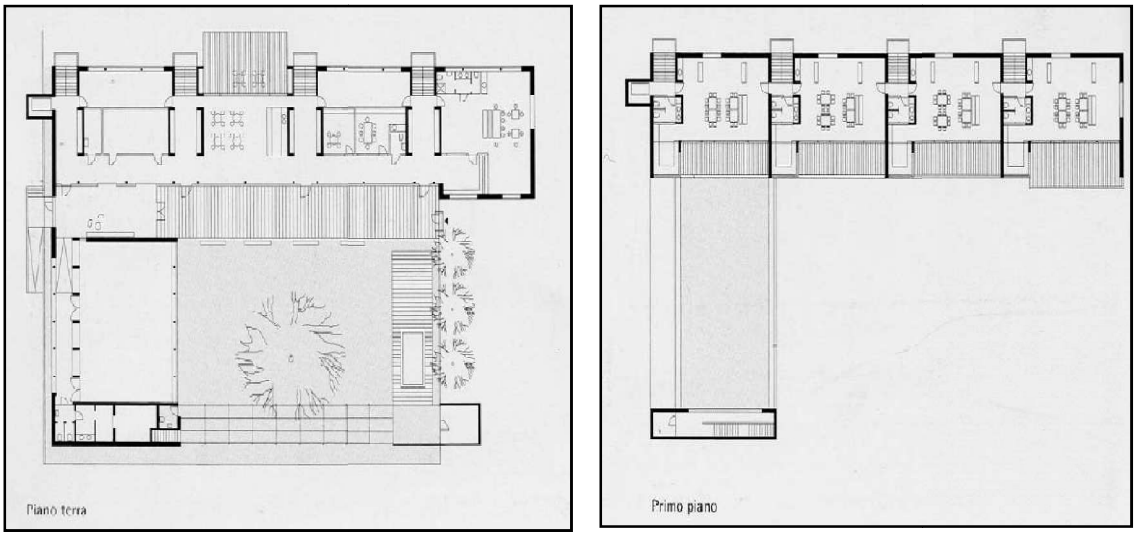


Figura 4.4.2.3. Asilo di Bregenz

4.4.2.4 Esempi: Tipo Lineare con nucleo centrale

Caratteristica di questa tipologia è possedere un nucleo centrale, ma non avere uno sviluppo a raggiera delle aule o dei corridoi come avviene invece nella tipologia di edifici centrali; ma diversamente da questo elemento centrale parte uno o più elementi secondari (corridoi) sui quali poi in modo lineare si affacciano le aule. Le aule quindi sono disposte in linea ma accomunate da una zona centrale comunque fulcro dell'edificio. Uno degli esempi da citare a tal riguardo è l'edificio che ospita l'asilo Capella di Copenhagen che fu progettato come un volume simmetrico, compatto e isolato, su tre piani.

Lo stabile, perpendicolare alla strada veicolare, dà origine a due aree esterne con funzioni diverse: la zona sud é diventata lo spazio per il ricevimento, quella a nord un giardino. É stato sempre l'asse nord-sud a determinare, almeno in parte, la forma e la distribuzione interna di questo volume con molte bucature.

Ai due estremi dell'edificio si trovano le aule, mentre la parte centrale accoglie la scala collocata in un'ampia zona di soggiorno a disposizione delle stanze da cui si accede ai bagni. Il nucleo di spazi supplementari previsti ad ogni piano garantisce alle aule un buon isolamento acustico.

Non si tratta solo di uno spazio distributivo, ma di un grande vano che divide il volume compatto dell'edifico in due parti uguali, mettendole in relazione visiva e funzionale l'una con l'altra e con il paesaggio.

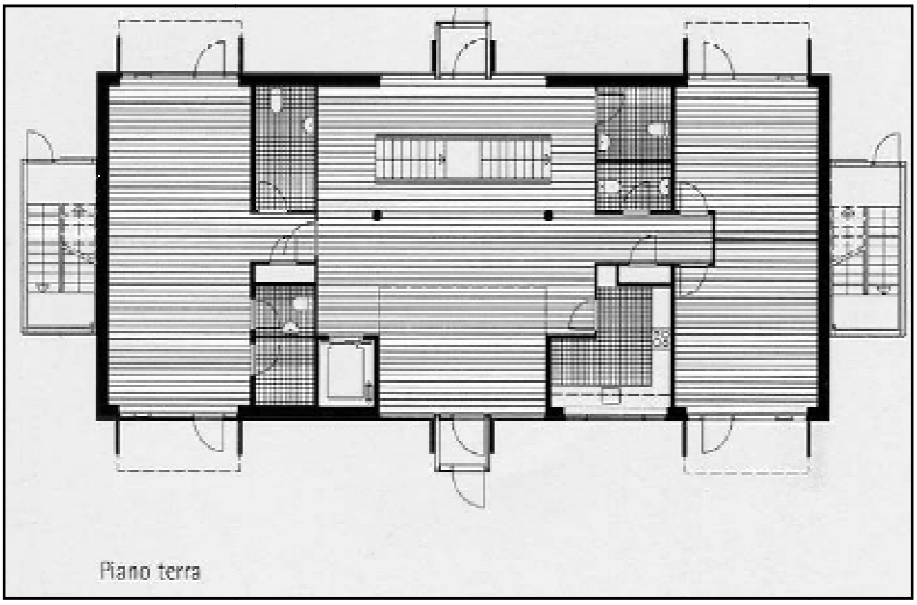


Figura 4.4.2.4. Asilo della Cappella di Copenaghen

4.4.2.5 Esempi: Tipo Additivo, o a padiglioni

L'addizione di vari elementi spaziali può determinare due tipi differenti, entrambi organici:

- Tipo additivo a pianta libera;
- Tipo additivo a padiglioni.

Il primo è caratterizzato dall'aggiunta di elementi anche tutti distinti tra loro posti in modo apparentemente casuale, mentre il secondo in genere è caratterizzato dall'aggiunta di elementi simili per caratteristiche geometriche o materiche. In questa tipologia merita una menzione l'asilo a Creixell, nei pressi di Tarragona in Spagna. In questa città a causa della topografia del terreno, caratterizzata da un leggero declivio su due versanti, per delimitare le aree destinate alle diverse funzioni del nuovo quartiere in costruzione si scelse di realizzare movimenti nel terreno. Scavando in alcune zone e accumulando il terriccio estratto in altre, si é pro- dotto un singolare paesaggio di rilievi, dove gli spazi sono scanditi dai cambiamenti di livello e delimitati da terrapieni.

Il principale tema di progetto per questo asilo fu, dunque, lo scavo di un consistente avvallamento nel terreno, protetto dallo spazio circostante da un terrapieno in modo tale che i bambini possano contare su una barriera perimetrale semi-naturale e diversa dal consueto parco con varie piantumazioni.

L'edificio che ospita l'asilo si presenta come un grande container rovesciato sospeso su un avvallamento. Una rampa permette di superare il dislivello esistente, oltre a indicare il punto di

accesso da uno dei passaggi pedonali che attraversano il lotto fino a raggiungere il livello del giardino, per scendere ancora più giù sotto alla buca contenente la sabbia.

All'interno l'edificio si rivela uno spazio polivalente, progettato secondo un'impostazione flessibile dal punto di vista funzionale.

La struttura avvolgente racchiude all'interno una distribuzione dello spazio regolata da tre aree: una che indica l'entrata, un'altra che si prolunga fino al cortile e una terza sottostante il lucernario centrale.

L'aula polivalente, usata anche per fare ginnastica, si apre sul cortile di fronte all'edificio principale, una specie di prolungamento del complesso dove si svolgono i giochi e le attività psico-motorie.

L'atrio, compreso tra l'aula polivalente e la stanza del parroco, é uno spazio d'incontro dove i genitori aspettano i figli e dove occasionalmente vengono organizzate feste.

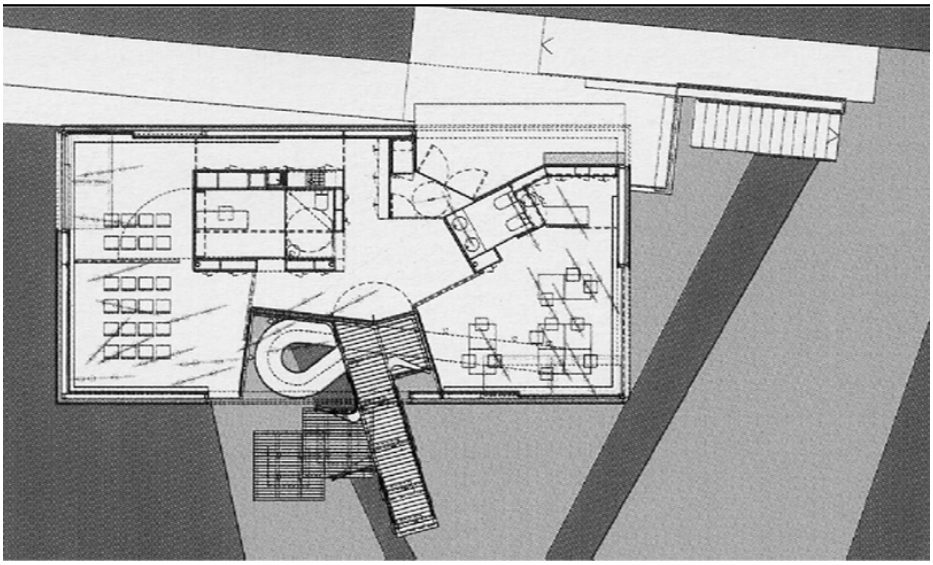


Figura 4.4.2.5. Asilo a Creixell, Tarragona

4.4.3 L'idea iniziale

Inizialmente l'asilo era di tipo centrale; il fulcro era un rampa centrale di limitata pendenza che garantiva il collegamento tra i due piani. Erano previsti due ingressi,il principale collocato sulla strada de la Doctora, mentre il secondo avveniva attraverso scalini provenienti dalla piazza principale. All'interno si alternavano pareti regolari e spigolose a separé colorati e sinuosi a dare un aspetto giocoso e armonico all'interno. Al piano terra trovavano collocazione le aule e la mensa mentre al piano superiore erano previsti gli uffici e le zone deposito. Gli spazi aperti erano molto ridotti, si limitavano ad una terrazzo coperto al piano superiore.



Figura 4.4.3.a Idea iniziale di piante di piano terra e piano primo dell'asilo di progetto

Sono stati però riscontrati troppi aspetti negativi:

- Pericolosità della rampa centrale;
- Pochi spazi aperti;
- Necessità di salire al piano superiore per accedere a tali spazi;
- Nessuno spazio verde;
- Assenza di un grande spazio gioco al chiuso.

Si sono invece continuati a considerare gli aspetti positivi già presenti in questa fase iniziale, quali:

- Ingresso a livello strada per i genitori e i bambini, facilmente accessibile a piedi e in macchina grazie al vicino parcheggio;
- Ingresso dalla piazza per addetti o genitori bisognosi di colloqui con le maestre;
- Netta divisione tra spazi infantili e spazi logistici.
- Aula per infanti che si differenzia dalle altre.

4.4.3.1 La nuova idea

Si è così deciso di scomporre l'edificio, pensando di creare per ogni funzione fondamentale un blocco, uno per l'ingresso, uno per le aule, uno per gli spazi comuni e infine uno per gli uffici e la logistica. La nuova idea era fondamentalmente basata sulla volontà di creare grandi spazi per il gioco comune, sia chiusi che aperti, ed in riferimento a quest'ultimi, si pensò alla realizzazione di un giardino protetto dagli occhi indiscreti dei passanti. Si sostituì la rampa centrale con una scala in posizione decentrata utilizzabile solo dai docenti, di più facile controllo e protezione.

Inoltre si volle dare uno spazio esterno, in parte coperto, ad ogni aula per poter svolgere attività all'aperto anche classe per classe, in caso di necessità di attività diverse a seconda delle età.

La tipologia del nuovo edificio potrebbe essere considerata anche in questo caso di tipo centrale, se consideriamo come fulcro dell'edificio il verde che si vuole porre al centro.

4.5 Casi simili

4.5.1 Asilo di Terragni a Como

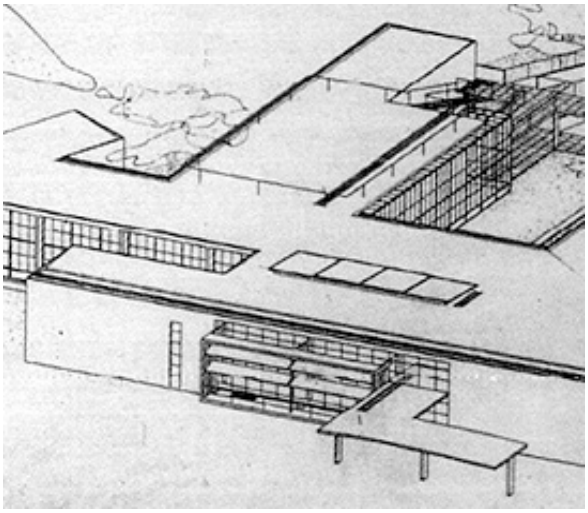






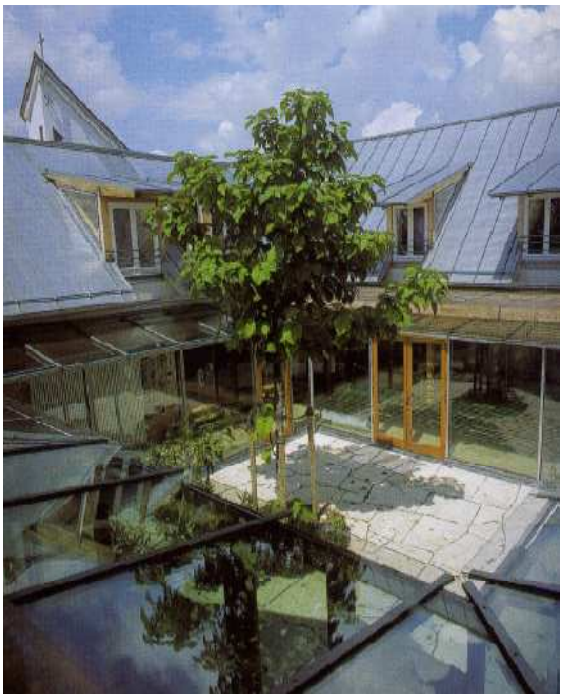
Figura 4.5.a Asilo di Terragni a Como

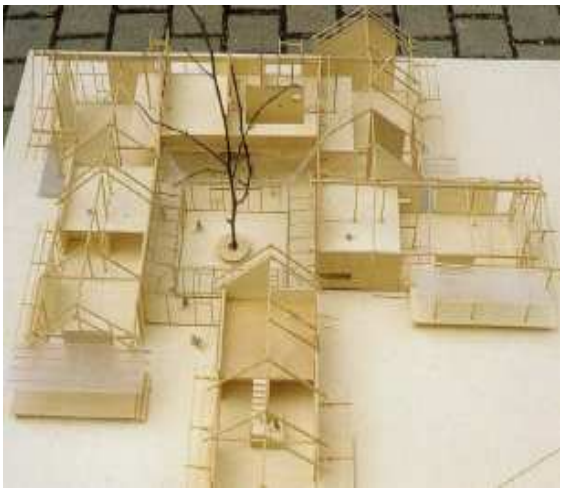
L'Asilo Sant'Elia s'ispira al principio di creare spazi irrorati di luce, disponendo, con equilibrio compositivo, vetrate, pilastri, pensiline, ariosi spazi di ritrovo.

Opera tra le più limpide di Giuseppe Terragni, l'asilo Sant'Elia, progettato nel 1935 e realizzato tra il 1936 e il 1937, mostra una stretta analogia planimetrica e distributiva con la Casa del Fascio. Ha una corte aperta su un lato e si sviluppa su un unico piano, perseguendo il dettato domestico del tema.

La rotazione rispetto all'asse stradale affinché gli spazi verdi, seppure esigui, godessero del migliore orientamento eliotermico, e ancora: l'atrio-spazio gioco, le aule ombreggiate e, nel complesso, il tema della scuola all'aria aperta, includono la struttura entro lo schema dell'edilizia didattica del Movimento Moderno. La scala, che dalla piccola corte sale alla copertura, e l'ambientazione in un'area di residenza operaia, allora appena urbanizzata, assimilano quest'opera alla scuola all'aria aperta di Duiker ad Amsterdam. Terragni, tenendo sempre presenti le esigenze del ciclo formativo, prestò attenzione a tutti gli aspetti spaziali: dai tagli di luce verticali e orizzontali, che lasciano scoprire simultaneamente l'interno e l'esterno dell'edificio, fino ai suoi arredi, la cui linea rimane tra le più belle del design moderno.

4.5.2 ASILO INFANTILE NEL PARROCCHIA DI MUNSTER DI GUNTER BENHISCH E MANFRED SABATKE





Il complesso che la parrocchia Munster mette a disposizione dei più piccoli si compone di tre spazi, ognuno dei quali può ospitare 25 bambini. Le attività parrocchiali si svolgono all'interno di un edificio polifunzionale che, con le tre ali dell'asilo, dà luogo a un'articolazione dello spazio molto particolare: al centro della struttura, infatti, é stato costruito un cortile dal quale le costruzioni si irradiano come le pale di un mulino.

I vari padiglioni sono collegati da una veranda a vetri; l'atrio interno é una zona semipubblica tra le aule e l'esterno, da cui i bambini possono vedere ciò che accade intorno a loro.

Lo spazio privato comprende la sala principale provvista di una cucina arredata appositamente per i piccoli ospiti, un'altra sala con veranda al piano superiore e una piccola stanza da bagno.

I tre edifici sono orientati a sud e, grazie a un sistema di ballatoi in legno e tettoie, sembrano prolungarsi fino al giardino, una distesa di prati punteggiata da montagnole di sabbia e alberi da frutta.

Figura 4.5.b Modellino e vista esterna dell'asilo della parrocchia di Munster

4.5.3 Scuola materna a Villar Perosa_ Gae Aulenti



Subito interessante è risultata la soluzione centrale che pone come fulcro non più un ambiente chiuso ma lo spazio verde; permette la visuale esterna da ogni lato dell'edificio impedendo distrazioni con aperture invece verso l'esterno. La scuola deriva le sue impostazioni dalle nuove metodologie didattiche e pedagogiche e propone una soluzione impiantistica innovativa, collocando delle vele ai quattro angoli dell'edificio con pannelli solari che produrranno l'energia pulita quasi a soddisfare l'intero fabbisogno . l'edificio di un solo piano è a base quadrata con una corte centrale. Il collegamento tra le quattro aule d'angolo e le varie attività scolastiche è costituito da un corridoio perimetrale. Dall'atrio si accede al giardino interno, che offre ad ogni aula la possibilità di uno spazio di ricreazione all'aperto

Figura 4.5.c Viste interne ed esterne dell'asilo a Villar Perosa

4.5.4 Asilo di Lustenau

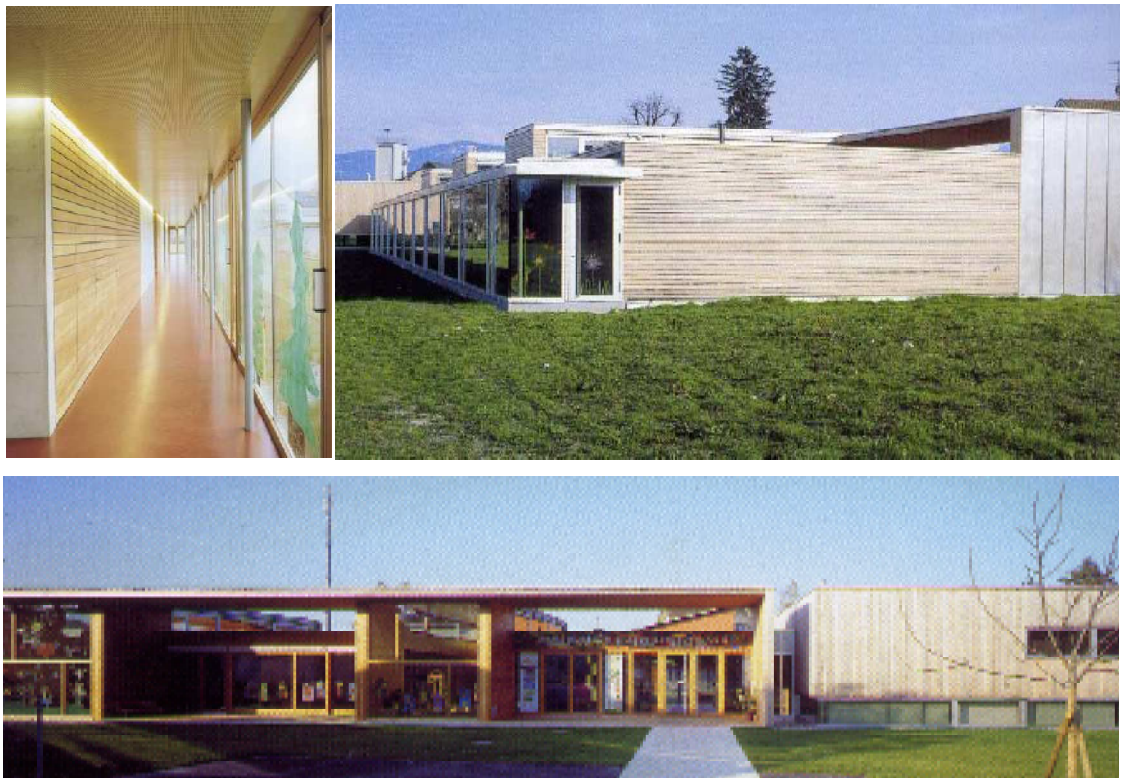


Figura 4.5.d Viste interne ed esterne dell'asilo di Lustenau

L'asilo di Lustenau in Austria presenta tre grandi aule allineate all'interno di una struttura allungata, che termina in un'altra costruzione. Tutte le aule, orientate a sud, hanno a disposizione un bagno, un ripostiglio e un atrio o anticamera prospiciente un ballatoio. A questi si aggiungono un'altra sala più piccola accanto all'ingresso principale e un'altra serie di servizi per l'edificio.

Ogni aula é divisa in due parti: una, a pianta quadrata, alta 2,6 m. e un'altra più lunga, alta 4 m, la cui parte posteriore dispone di un soppalco-ripostiglio. Una grande veranda lungo la facciata delle aule, oltre a offrire un riparo dal sole e dalla pioggia, collega l'interno dell'edificio con il parco che lo circonda e crea uno spazio adatto al relax e ai giochi dei bambini.

Il pergolato e i corridoi del corpo allungato circondano le aule ad anello formando spazi di collegamento che, a loro volta, funzionano come ambienti di passaggio, connessioni visive e punti d'ingresso della luce naturale.

Al piano superiore sono stati allestiti un soggiorno, la cucina e la sala da pranzo, oltre all'ufficio della direzione; il piano di sotto ospita, invece, una sala polivalente e la stanza con i giochi dei bambini.

Una copertura praticabile consente ai bambini potessero giocare a pallone mantenendo il giardino come spazio più tranquillo e riparato.

4.6 Il progetto

L'idea di progetto si sviluppa cercando di creare tre edifici distinti e allo stesso tempo uniti tra loro posti alle estremità così da generare uno spazio interno verde, accessibile da ogni lato ma protetto dall'esterno.
Nella progettazione uno dei principali elementi da tenere in considerazione è il clima; essendo a Siviglia eccessivamente caldo, è stato necessario considerare delle volumetrie chiuse verso Sud e più aperte verso Nord.

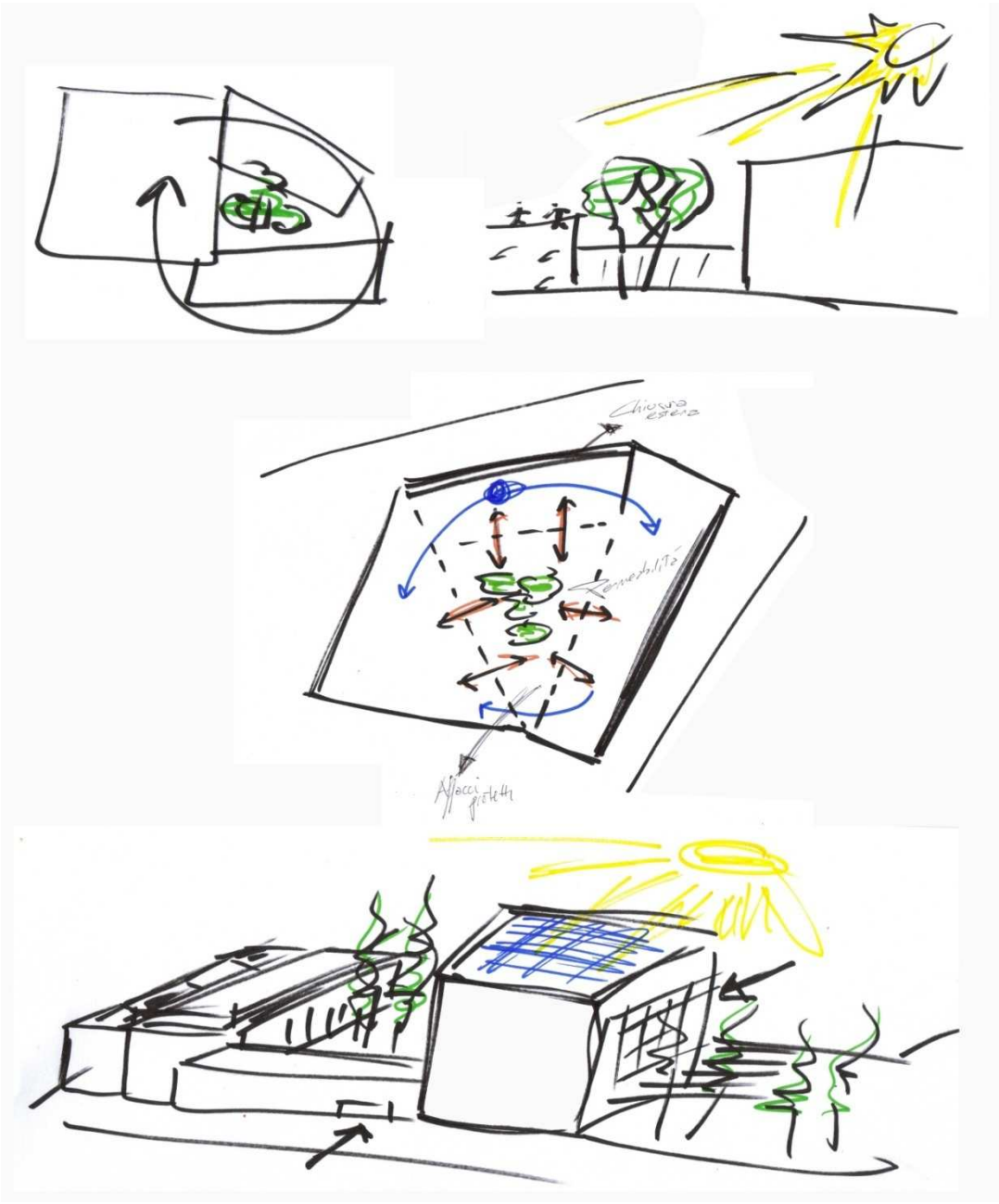


Figura 4.6.a Schizzi iniziali di idee di progetto

Si sono definiti così tre volumi, due ad una sola altezza ed un terzo a doppia altezza. Il volume dell'ingresso è rivolto verso via De La Doctora, verso Ovest. Ad esso si accede sia dalla via appena citata sia dal parcheggio posto a Nord; è caratterizzato da una forma rettangolare piuttosto allungata, vetrata verso Ovest e protetta da una profonda gronda. Verso l'interno dell'edificio invece la chiusura è prevalentemente opaca; sono state poste delle superfici vetrate colorate a forma circolare ed ellittica a diverse altezze; il vetro utilizzato è dall'esterno riflettette affinché i bambini nel giardino non possano vedere i genitori; dall'interno invece consente perfettamente la visuale. In questo blocco sono presenti in copertura dei lucernai al fine di garantire, più che la luce, la ventilazione notturna.
Qui è presente oltre all'ingresso vero e proprio anche un bar con tavolini per ospitare i genitori in attesa dei figli; una piccola sala per il deposito dei vestiti dei bambini ed una piccola zona sosta passeggini. Sempre in questo blocco possiamo ritrovare l'aula per i neonati; per una scelta progettuale ben specifica questa non si trova in prossimità delle altre aule e possiede caratteristiche differenti.



Figura 4.6.b Vista dell'ingresso e del giardino interno

Si è scelto di collocare l'aula per gli infanti in posizione prossima all'ingresso dato il possibile differente orario di questi bambini. Inoltre questa aula non necessitava di uno spazio esterno protetto dove far giocare i bambini, essendo veramente molto piccoli; i loro bisogni primari sono dormire, mangiare ed essere cambiati; per questo è stato pensato un dormitorio più grande e la collocandola in zona meno prossima alla rampa di accesso alla piazza.
Il secondo blocco costeggia la rampa che da via De La Doctora conduce alla piazze; l'edificio, avendo la pianta alla medesima quota risulta in parte interrato. Anche questo come il precedente è caratterizzato da un forma rettangolare molto allungata; è un edificio a corridoio, vi è infatti un lungo corridoi vetrato che da sul giardino interno dal quale si può accedere alle 5 aule dedicate ai bambini da 1 a 3 anni. I sistemi divisori tra corridoio e aule sono costituiti da pannelli metallici con inserti circolari ed ellittici vetrati ad altezza non accessibile per i bambini, così da poter garantire sempre una visuale dal corridoio e dal giardino per gli adulti.



Figura 4.6.c Vista esterna dell'ingresso e vista interna dall'atrio

Molto si è insistito sul tema della trasparenza in quanto risulta sempre maggiore il numero di genitori scettici e sfiduciosi verso gli istituti educativi conseguentemente a soprusi subiti dai bambini. Si tende infatti oggi a pensare gli asili e le scuole materne, in particolare, in modo trasparente e visibile, quantomeno da tutti gli insegnanti. Contemporaneamente è necessario difendere i bambini dagli sguardi di qualsiasi passante, ed è con questa finalità che si è scelto di chiudere il più possibile l'edificio verso l'esterno, creando invece ampie vetrate rivolte al giardino interno.

In ogni aula è presente un ambiente "dormitorio", dedicato al riposo dei piccoli, i bagni invece previsti sono uno ogni due aule. Ogni sezione inoltre ha a disposizione un piccolo spazio esterno protetto tramite frangisole metallici traforati.

Ognuna delle aule è caratterizzata da un differente colore, percepibile dall'interno così come dall'esterno: i pannelli che separano dal corridoio, la pavimentazione in linoleum e persino i frangisole esterni hanno 5 colorazioni diverse, una per ogni aula; non solo al fine di rendere più colorato e a misura di bambino l'edificio ma per rendere più facile al bambino stesso l'individuazione del proprio luogo.

Il corridoio che crea l'accesso alle aule porta anche al terzo blocco. Questo si differenzia dagli altri due in modo evidente sia per la doppia altezza sia per i materiali di rivestimento più colorati e lucidi.



Figura 4.6.d Pianta piano terra

È qui che troviamo la collocazione degli spazi comuni chiusi. Il piano terra è dedicato alla mensa e allo spazio gioco; questi due ambienti sono separati da una vetrata, alla quale verranno applicati adesivi colorati e scherzosi, che potrà essere chiusa su se stessa per dar luogo ad un unico ambiente in caso di necessità. A questi ambienti è possibile accedervi anche tramite l'ingresso. La fascia rivolta verso Ovest di questo edificio è invece dedicata ai servizi; vi incontriamo i bagni per gli insegnanti, quelli per i bambini e, nella zona più verso Sud la cucina, la quale gode dell'accesso diretto con l'esterno per carico e scarico di cibarie.
Al piano superiore vi si accede tramite la scala posta tra gli ambienti dedicati ai bambini e la zona dei servizi; è possibili giungere alla parte superiore anche tramite l'accesso dalla piazza.
Sopra è zona riservata ai "grandi" , sono presenti uffici amministrativi, ufficio del medico e dello psicologo; è presente inoltre una mensa per il personale, la quale è direttamente collegata tramite un montacarichi alla cucina sottostante. Si è sfruttato questo spazio anche per trovare allocazione a tutti i magazzini necessari, da quelli didattici a quelli alimentari.

La facciata Sud di questo edificio risulta vetrata ma attraverso vetri contenenti pellicola fotovoltaica, che oltre a ricavare energia elettrica permettono un ombreggiamento interno;

questi vetri sono a livello del piano terra di differenti colori, illuminando la zona mensa, mentre al piano superiore sono di color grigio, così da non infastidire i lavoratori presenti negli uffici. Verso il giardino l'edificio ancora una volta risulta vetrato, qui i vetri sono trasparenti, essendo la facciata rivolta a Nord e risultando spesso in ombra.



Figura 4.6.e Pianta piano primo

Inizialmente si pensò di dover realizzare un sistema di ombreggiamento per rendere più usufruibile il giardino esterno, in realtà attraverso l'analisi delle ombre è apparso evidente che la zona non risulta quasi mai totalmente soleggiata e quando ciò accade è per un periodo di tempo molto breve, negli orari centrali della giornata, orari in cui i bambini sicuramente non verranno portati all'aperto.

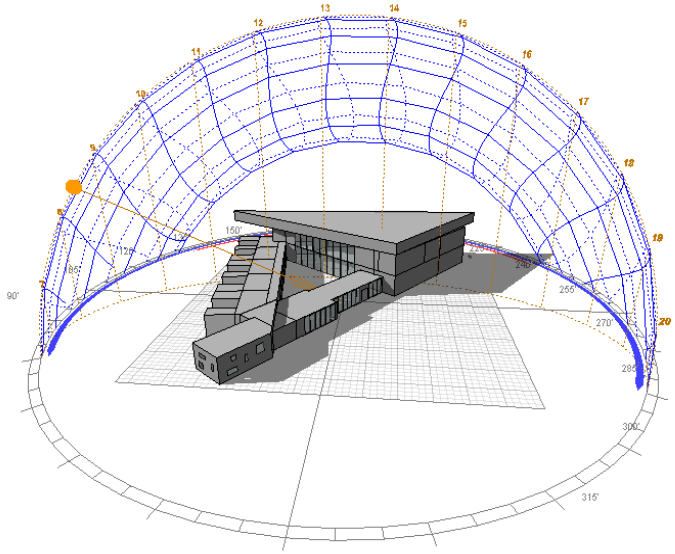


Figura 4.6.f Ombreggiamento del giardino interno nella mattina del 21

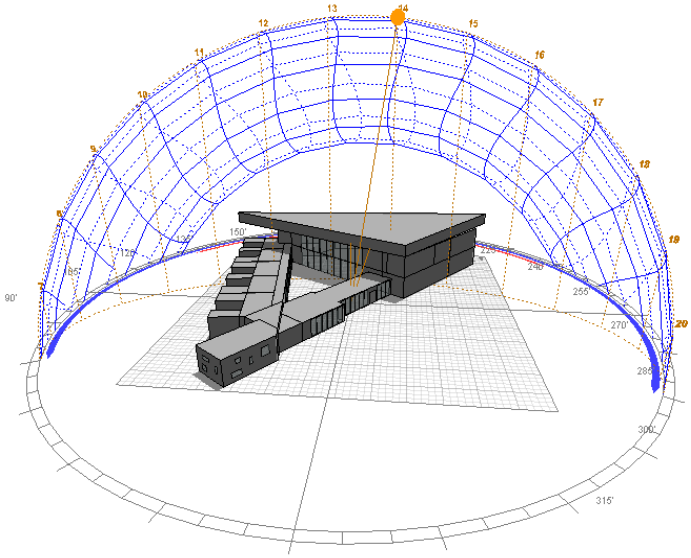


Figura 4.6.g Ombreggiamento del giardino interno nel primo pomeriggio del 21 Giugno

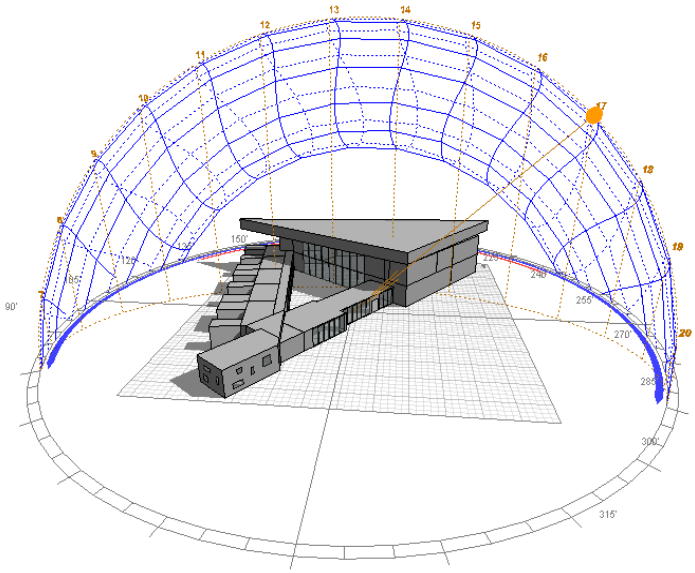


Figura 4.6.h Ombreggiamento del giardino interno nel pomeriggio del 21 Giugno

Altra caratteristica del complesso è la presenza di una copertura praticabile collocata sopra le aule; qui i genitori si possono recare tramite la scala che porta al secondo ingresso e osservare le attività ludiche dei bambini nel giardino sottostante.

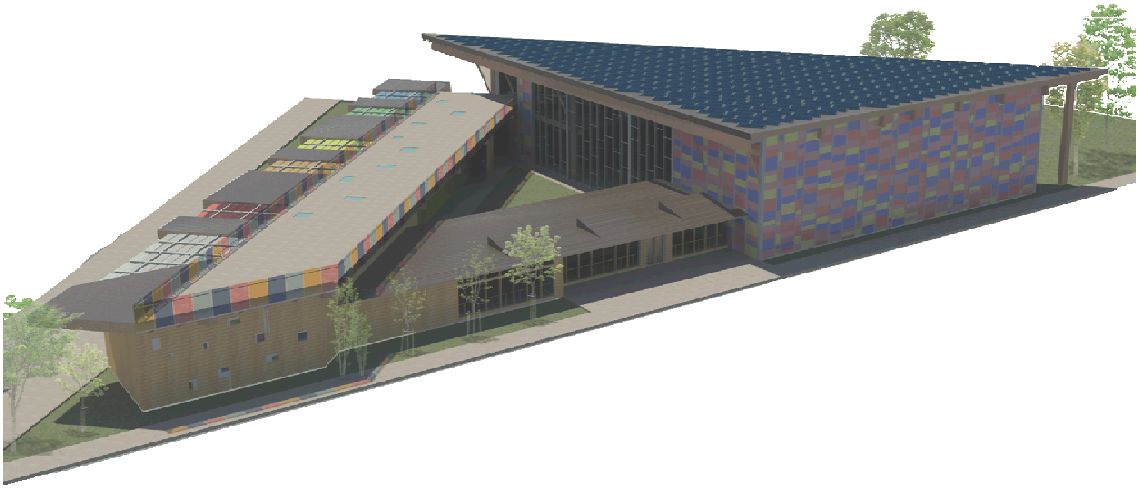


Figura 4.6.i. Vista esterna dell'edificio

Il nuovo progetto dell'asilo, nonostante molto differente dal precedente si adatta perfettamente al masterplan iniziale, verrà ora riportato evidenziando differenti aspetti:

La risistemazione stradale

Si illustra il nuovo andamento stradale, vengono evidenziate le fermate degli autobus (cerchi magenta), i parcheggi auto, e le stazioni Sevici (rettangoli verdi) e zone pedonali.



Figura 4.6.l. Risistemazione stradale e realizzazione di nuovi parcheggi

I percorsi pedonali e ciclabili

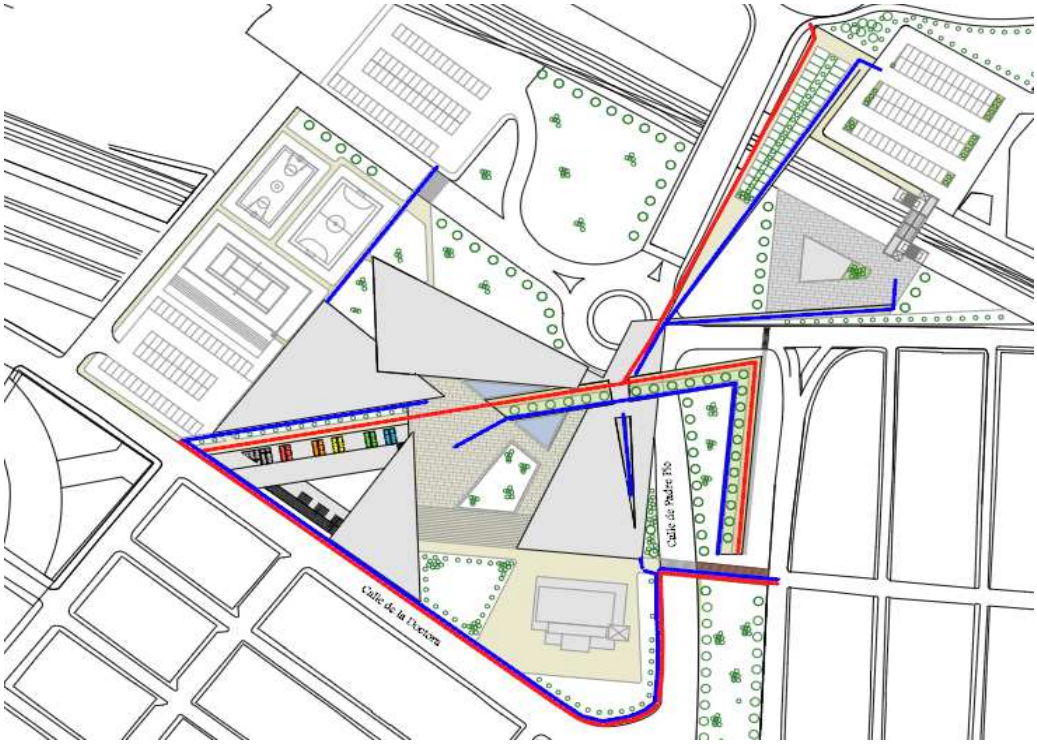


Figura 4.6.m Percorsi ciclabili (rossi) e pedonali (blu)

Gli accessi agli edifici

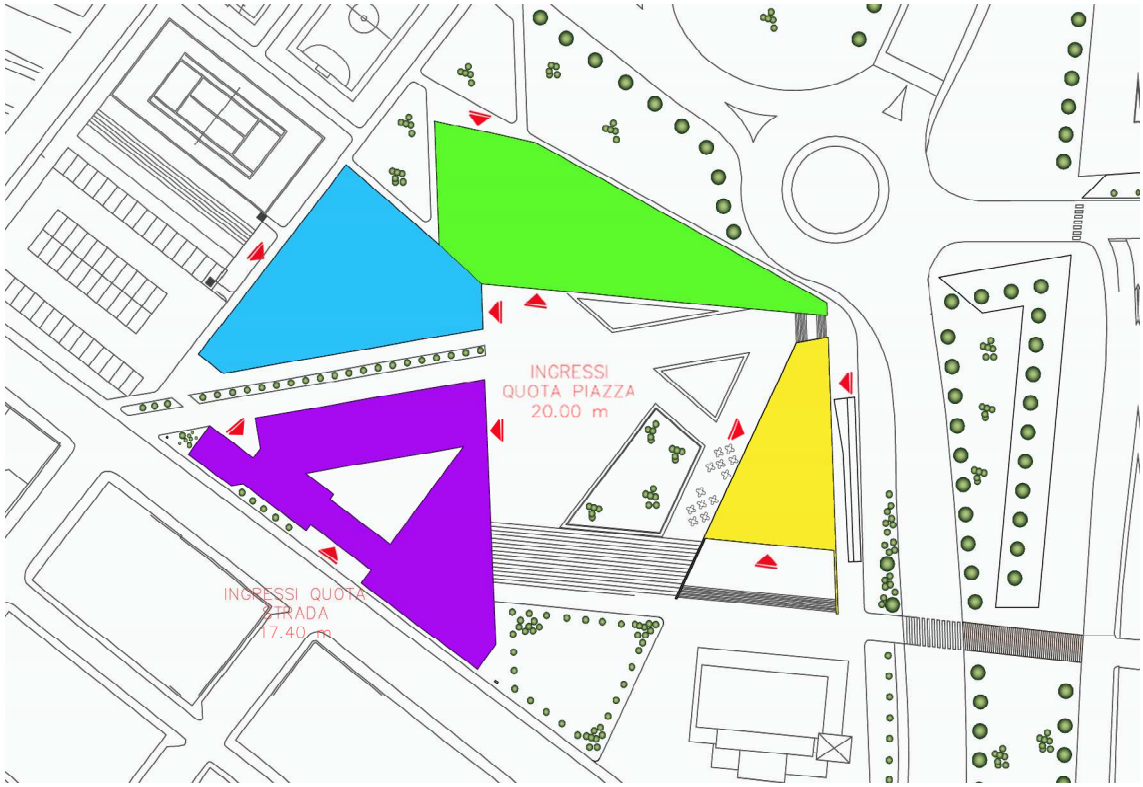


Figura 4.6.n Ingressi ai nuovi edifici

Il Sistema Strutturale

5.1 Premessa

Progettare una struttura significa dare una dimensione ed una configurazione all'ossatura portante tale che, durante l'intera vita, dalle fasi della sua realizzazione montaggio sino alla fine della sua vita utile sia sempre verificata la seguente disequazione:

$$Sollecitazione\ (S) < resistenza\ (R)$$

La progettazione strutturale attiene a diverse problematiche, la fase di dimensionamento e progetto dello schema statico è fondamentale, m va integrata e resa compatibile con altri aspetti ad essa correlati quali:

- Concezione strutturale unitaria, compatibile con gli aspetti funzionali ed architettonici;
- Progettazione dei dettagli strutturali calcolando ogni singolo elemento del sistema adottato e verificandone per ognuno la disequazione sopracitata;
- Progettazione degli schemi di vincolo
- Progettazione ergo tecnica con riferimento alle fasi di trasporto e montaggio.

In sostanza progettare una struttura significa determinare i carichi agenti in funzione della destinazione in modo verosimile, in modo che essi non siano eccessivi e tanto meno inferiori a quelli poi in realtà agenti sulla struttura.

Le grandezze che intervengono nella fase progettuale, ossia i termini associati a sollecitazioni e a resistenza hanno sempre una parte di aleatorietà, ossia non sono valutabili secondo valori univoci.

Su base statistica le normative determinano i valori attesi per le singole variabili aleatorie, in relazione alla densità di probabilità per i singoli valori delle componenti di sollecitazione attesi in base ai carichi indotti e alle resistenze dei singoli elementi costruttivi con riferimento ai materiali e alle tecniche di produzione. Definiti i termini determinanti la sollecitazione e la resistenza, dal loro confronto si può determinare il grado di sicurezza secondo un coefficiente γ, valutato come riportato:

$$\gamma = R/S$$

Il margine di affidabilità è definito dalla differenza Z tra la resistenza e la sollecitazione:

$$Z = R - S$$

Attualmente la valutazione della sicurezza strutturale è eseguita attraverso l'individuazione di un dominio delle resistenze associato a diversi approcci di progetto per i quali la verifica consiste nell'accertamento che all'interno di esso ricadano le sollecitazioni previste associate alla struttura. L'aleatorietà dei termini viene valutata sulla base di opportuni coefficienti che sono determinati su base statistica .

5.2 Edificio a due altezza

5.2.1 Premessa

Nell'edificio di maggior volume, ospitante l'atrio si è deciso di utilizzare una struttura in legno lamellare, di tale materiale è composta la travatura della copertura e del solaio così come tutti i pilastri portanti.

Il legno lamellare è un modo nuovo di usare un materiale antico, l'impiego di tale materiale come elemento strutturale, trova sempre più spazio e credito nel settore costruttivo offrendo possibilità alternative e concorrenziali, soprattutto nel settore di strutture a grandi luci e dimensioni.

La novità tecnologica di questo materiale è di essere ottenuto mediante l'incollaggio di lamelle di legno di limitata larghezza e lunghezza, in modo da formare elementi strutturali ad ampia flessibilità compositiva e formale, non disgiunta da una certa validità estetica. Ulteriori vantaggi derivano dalla possibilità di una prefabbricazione che consente di ottenere un materiale con caratteristiche di omogeneità ed uniformità di resistenza superiore alla corrispondente essenza legnosa, nonché un migliore sfruttamento della materia prima con minore scarto di materiale, che diventa sempre più raro e costoso sul mercato mondiale.

Non trascurabile è la motivazione ecologica legata al così detto "impatto ambientale". La ricerca di materiali che non siano inquinanti e possano rigenerarsi come il legno ripropone, tale materiale ed i suoi derivati in una posizione di primaria attenzione.

Una oculata programmazione di taglio e di piantumazione e degli alberi non solo non arreca alcun danno ambientale, ma può continuamente fornire del legno da impiegare nell'edilizia. Si pensi, inoltre, ai problemi legati alla demolizione e smaltimento di strutture in c.a.. Dal disuso delle strutture in legno, oltre al più semplice smantellamento, si può ricuperare almeno l'energia combustibile.

La formatura di travi lamellari avviene in ambiente con caratteristiche controllate e ogni fase è sottoposta a severi controlli. Ciò permette di ottenere un prodotto finito omogeneo, caratterizzato da prestazioni meccaniche con limitate dispersioni che consente l'adozione di bassi coefficienti di sicurezza e quindi il totale sfruttamento della resistenza del lamellare.

Per quanto riguarda le dimensioni limite degli elementi strutturali, esse sono determinate solo dall'ingombro di trasporto (lunghezza massima 42 metri, altezza massima 3,80 metri), mentre l'altezza della sezione non può superare i due metri per ragioni di piallatura. La limitazione dello spessore della sezione (fra i 10 ed i 18 cm), è dovuta alla precauzione di evitare tensioni interne che tavole maggiori di 20 cm potrebbero innescare.

Riguardo alle caratteristiche proprie del lamellare, è importante parlare della sua leggerezza (peso specifico γ = 550 kg/mc, circa 1/5 del calcestruzzo). Considerando le elevate prestazioni meccaniche, la sua leggerezza è molto importante per le ricadute positive che si hanno sul

dimensionamento delle strutture in elevazione e di fondazione e per i risparmi sulle spese di trasporto e messa in opera.

La concezione della struttura in lamellare deve essere di tipo spaziale e pertanto controventata nei tre piani ortogonali. L'attenzione ai controventi è imposta non solo dal limitato peso proprio, ma dalla sezione degli elementi con un lato piccolo (base da 10 a 20 cm) rispetto ad uno generalmente alto (fino a 200 cm). Tale situazione induce fenomeni di instabilità (carichi di punta e svergolamenti) da controllare attentamente, perché il legno è caratterizzato da modesti moduli E e G.

Il lamellare è per sua natura un materiale "unidirezionale" (il legno è un materiale anisotropo), nel senso che lavora bene se sollecitato in senso parallelo alle fibre e male in senso perpendicolare ad esse, pertanto poco si adatta alle realizzazioni di strutture che si sviluppano liberamente nello spazio.

Le principali carenze del legno, e quindi del lamellare, sono la combustibilità, l'instabilità dimensionale in presenza di variazioni di umidità e la deperibilità biologica. Sulla combustibilità, sulla progressione e sulla resistenza al fuoco, il legno ha un buon comportamento. Anche i problemi di instabilità dimensionale

risultano superati proprio dalla tecnologia del lamellare. E' comunque possibile, quando situazioni particolari lo impongano, sottoporre preventivamente gli elementi lamellari a trattamenti sia ignifughi sia idrorepellenti.

Rimane allora il problema della deperibilità biologica, il degrado dovuto a tarli e muffe. I trattamenti più comuni sono quelli praticati sul lamellare in fase di fabbricazione. La tecnologia del trattamento del legno a scopo conservativo si basa soprattutto sull'impregnazione con sostanze chimiche, la cui efficacia è in relazione con la profondità.

Anche il progettista, però, può contribuire alla lunga conservazione delle strutture adottando particolari accorgimenti; evitando, per esempio, di lasciare esposte alle intemperie le testate delle travi. L'azione dei raggi ultravioletti e delle precipitazioni, infatti, mettono a dura prova anche i legni meglio trattati. E quando è necessario lasciare il legno esposto alle intemperie bisogna prevederne la manutenzione.

Scelta del materiale utilizzato

Le caratteristiche prestazionali del prodotto finito sono correlate alle caratteristiche di resistenza delle singole tavole nonché ovviamente ad altri aspetti legati ad una corretta esecuzione delle giunzioni di testa e dell'incollaggio tra le lamelle sovrapposte.

La norma EN 1194 prevede un insieme di relazioni per il calcolo delle proprietà meccaniche degli elementi in legno lamellare in funzione delle proprietà resistenti delle singole lamelle. Tali relazioni vengono rappresentate nella tabella che segue e stabiliscono i requisiti delle tavole

componenti ai fini della formazione di un elemento lamellare di una determinata classe di resistenza.

Proprietà				*Relazione*
Flessione		$f_{m,g,k}$	=	7 + 1,15 $f_{t,0,1,k}$
Trazione				
	parallela alle fibre	$f_{t,0,g,k}$	=	5+ 0,8 $f_{t,0,1,k}$
	perpendicolare alle fibre	$f_{t,90,g,k}$	=	0,2 + 0,015 $f_{t,0,1,k}$
Compressione				
	parallela alle fibre	$f_{c,0,g,k}$	=	7,2 $f_{t,0,1,k}$
	perpendicolare alle fibre	$f_{c,90,g,k}$	=	0,7 $f_{t,0,1,k}$
Taglio		$f_{v,g,k}$	=	0,32 $f_{t,0,1,k}$
Modulo elastici		$E_{0,g,mean}$	=	1,05 $E_{0,1,mean}$
		$E_{0,g,05}$	=	0,85 $E_{0,1,mean}$
		$E_{90,g,mean}$	=	0,035 $E_{0,1,mean}$
		$G_{g,mean}$	=	0,065 $E_{0,1,mean}$
Massa volumica		$\rho_{g,k}$	=	1,10 $\rho_{1,k}$

Tabella 5.2.1-a Proprietà del legno lamellare

L'applicazione delle formule precedenti conduce quindi a richieste per le tavole componenti il pacchetto, sia per il legname omogeneo indicato con GL xx h, sia per quello composito indicato invece con GL xx c. Il simbolo GL indica il legno lamellare ed il numero xx esprime la resistenza caratteristica a flessione. Viene di seguito riportata la tabella con i valori del solo legno lamellare omogeneo essendo quello che andremo ad utilizzare per la nostra struttura.

Classe di resistenza del legno lamellare		GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Resistenza a flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Resistenza a trazione	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
Resistenza a compressione	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3	3,3	3,6
Resistenza a taglio	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Modulo d'elesticità	$E_{0,g,mean}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{0,g,05}$	9400	10200	11100	11900
	$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490
Modulo di taglio	$G_{g,mean}$	720	780	850	910
Massa volumica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

Tabella 5.2.1-b Classe di resistenza del legno lamellare

Verranno utilizzate due differenti classi di legno lamellare: per le travi secondarie s utilizzerà legno di classe GL 24h, mentre per i pilastri si utilizzerà il legno di classe GL 28h, per non arrivare a dimensioni eccessive delle travi.

5.2.2 CALCOLO AGLI STATI LIMITE PER LE STRUTTURE LIGNEE

Le normative di riferimento per il calcolo e la verifica degli elementi strutturali lignei, documento di Nicole, Eurocodice 5, CNR-DT 206/2007, prevedono che le strutture in legno o con materiali base di legno siano progettate secondo in metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni, per i carichi definiti dalle norme in vigore e secondo il metodo di verifica della sicurezza.
Secondo tutti i documenti normativi europei di più recente edizione le azioni devono essere assegnate a una delle classi di durata del carico riportate nella tabella che segue:

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi - 10 anni
Media durata	1 settimana - 6 mesi
Breve durata	meno di una settimana
Istantaneo	-

Tabella 5.2.2-a Classe di durata di carico

Le classi di durata del carico sono caratterizzate dall'effetto di un carico costante attivo per un certo periodo di tempo nella vita della struttura. Per un'azione variabile la classe appropriata deve essere determinata in funzione di una stima dell'interazione tra la variazione temporale tipica del carico nel tempo e le proprietà dei materiali.
Al fine del calcolo si assumono:

Carichi	Durata del carico
peso proprio	*durata permanente*
carichi non rinnovabili	*durata permanente*
carichi permanenti	*lunga durata*
sovraccarichi variabili	*media durata*
sovraccarico da neve	*in funzione del sito*
azione del vento	*durata istantanea*

Le strutture devono essere assegnate,infine, ad una *classe di servizio* sotto elencate, il sistema di classi di sevizio è destinato all'assegnazione di valori di resistenza e al calcolo delle deformazioni in condizioni ambientali definite.

Classe di sevizio	Definizione
Classe di servizio 1	È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 2	É caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.
Classe di servizio 3	E' caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.

Tabella 5.2.2-b Classe di servizio

5.2.2.1 Verifiche agli stati limite ultimi

Le azioni sulle costruzioni devono essere cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da considerare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle normative.

Per gli stati limite ultimi si adotteranno le combinazioni del tipo:

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_q \, x \left[Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{0,1} \; x \; Q_{k,i}) \right]$$

essendo:

G_k = valore caratteristico delle azioni permanenti;

$Q_{k,1}$ = valore caratteristico dell'azione di base o dominante, in ogni combinazione;

$Q_{k,i}$ = i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti (i>2);

γ_g = 1,35 o 1,4 a seconda dei diversi documenti normativi (1 se aumenta la sicurezza);

γ_q = 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

$\psi_{0,1}$ = coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo da determinarsi sulla base di considerazioni statiche, per tenere conto della probabilità ridotta di effetto simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli. In assenza di dati statistici sui carichi, si assume la normativa $\psi_{0,1}$, non inferiore a 0,7 come da tavola:

Azione	ψ0,i	ψ1,i	ψ2,i
Carichi permanenti in edifici abitativi	0,7	0,5	0,2
Uffici e negozi	0,7	0,6	0,3
Autorimesse	0,7	0,7	0,6
Vento e neve	0,7	0,2	0

È necessario calcolare X_d di una proprietà del materiale, o di un collegamento, il quale è definito dalla seguente formula:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_m}$$

dove i simboli sono definiti come segue:

X_d = valore caratteristico specificato da norme pertinenti o determinato sulla base di prove svolte in condizioni definite dalle medesime norme;

γ_m = coefficiente parziale di sicurezza per la proprietà del materiale, come da tabella seguente;

k_{mod} = coefficiente di correzione che tiene conto dell'effetto sui parametri di resistenza sia della durata del carico sia dell'umidità degli elementi.

Stati limite ultimi	γ_m
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1.30
legno lamellare incollato	1.25
pannelli di particelle o di fibre	1.30
LVL, compensato, OSB	1.20
unioni	1.30
- combinazioni eccezionali	1.00

I valori di k_{mod} sono definiti dalla tabella ripresa da CNR-DT 206/2007 e da EN 1995-1-1, di seguito riportata; in caso di combinazione di carico comprendente azioni differenti a diverse classi di durata del carico si dovrà scegliere un valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minor durata

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio Legno lamellare incollato Microlamellare (LVL)	EN 14081-1 EN 14080 EN 14374,EN 14279	1 2 3	0.60 0,60 0,50	0.70 0.70 0.55	0.80 0.80 0.65	0.90 0.90 0.70	1.10 1.10 0.90
Compensato	EN 636 Parti 1, 2, 3 Parti 2, 3 Parte 3	1 2 3	0.60 0.60 0.50	0.70 0.70 0.55	0.80 0.80 0.65	0.90 0.90 0.70	1.10 1.10 0.90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300 OSB/2 OSB/3 OSB/4 OSB/3 OSB/4	1 1 2	0.30 0.40 0.30	0.45 0.50 0.40	0.65 0.70 0.55	0.85 0.90 0.70	1.10 1.10 0.90
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312 Parti 4, 5 Parte 5 Parti 6, 7 Parte 7	1 2 1 2	0.30 0.20 0.40 0.30	0.45 0.30 0.50 0.40	0.65 0.45 0.70 0.55	0.85 0.60 0.90 0.70	1.10 0.80 1.10 0.90
Pannello di fibre, alta densità	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 o 2 HB.HLA 1 o 2	1 2	0.30 0.20	0.45 0.30	0.65 0.45	0.85 0.60	1.10 0.80
Pannello di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3 MBH.LA1 o 2 MBH.HLS1 o 2 MBH.HLS1 o 2 EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1 1 2 1 2	0.20 0.20 - 0.20 -	0.40 0.40 - 0.40 -	0.60 0.60 - 0.60 -	0.80 0.80 0.45 0.80 0.45	1.10 1.10 0.80 1.10 0.80

Tabella 5.2.2-c Coefficienti per classe di esercizio e durata di carico

I valori di progetto per la classe GL 24h considerando γ_m e k_{mod} sopracitati sono i seguenti:

Valori caratteristici		Valori di progetto	
$f_{m,y,k}$ (MPa)	24	$f_{m,y,d}$ (MPa)	21,12
$f_{m,z,k}$ (MPa)	24	$f_{m,z,d}$ (MPa)	21,12
$f_{t,0,g,k}$ (MPa)	16,5	$f_{t,0,g,d}$ (MPa)	14,52
$f_{t,90,g,k}$ (MPa)	0,4	$f_{t,90,g,d}$ (MPa)	0,352
$f_{c,0,g,k}$ (MPa)	24	$f_{c,0,g,d}$ (MPa)	21,12
$f_{c,90,g,k}$ (MPa)	2,7	$f_{c,90,g,d}$ (MPa)	2,376
$f_{v,g,k}$ (MPa)	2,7	$f_{v,g,d}$ (MPa)	2,376

Tabella 5.2.2-d Valori caratteristici e di progetto per la classe GL24h

Per la classe a maggior resistenza GL 28h i valori di progetto sono:

Valori caratteristici		Valori di progetto	
$f_{m,y,k}$ (MPa)	28	$f_{m,y,d}$ (MPa)	24,64
$f_{m,z,k}$ (MPa)	32,2	$f_{m,z,d}$ (MPa)	24,64
$f_{t,0,g,k}$ (MPa)	19,5	$f_{t,0,g,d}$ (MPa)	17,16
$f_{t,90,g,k}$ (MPa)	0,45	$f_{t,90,g,d}$ (MPa)	0,396
$f_{c,0,g,k}$ (MPa)	26,5	$f_{c,0,g,d}$ (MPa)	23,32
$f_{c,90,g,k}$ (MPa)	3	$f_{c,90,g,d}$ (MPa)	2,64
$f_{v,g,k}$ (MPa)	3,2	$f_{v,g,d}$ (MPa)	2,816

Tabella 5.2.2-e Valori caratteristiche e di progetto per la classe GL28h

Determinati i valori di progetto delle caratteristiche del legno e i carichi agenti sulla struttura si prosegue con la combinazione dei carichi determinando $F_{d,I}$ e $F_{d,II}$ nel seguente modo:

$$F_{d,I} = \gamma_g \, x \, G_K + \gamma_q \, x \, Q_K \qquad \text{con} \qquad \gamma_g = 1{,}35 \quad \text{e} \quad \gamma_q = 1{,}5$$

$$F_{d,II} = \gamma_g \, x \, G_K + \gamma_q \, x \, Q_K \qquad \text{con} \qquad \gamma_g = 1{,}35 \quad \text{e} \quad \gamma_q = 0$$

Si determinano i momenti M_d e i tagli T_d massimi con i quali si effettuano le seguenti verifiche:

Verifica a flessione

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$$

È da considerare il k_{mod} delle azioni con durata minore, quindi in presenza di azioni variabili di breve durata si deve utilizzare $k_{mod} = 0{,}9$, i presenza invece del solo carico permanente si deve utilizzare $k_{mod} = 0{,}6$.

È da far presente che in caso di trave a una sola campata le combinazioni sono solo due, una con $k_{mod} = 0{,}9$ e l'altra con $k_{mod} = 0{,}6$; nel caso invece a più campate con tutte le combinazioni viene utilizzato $k_{mod} = 0{,}6$ esclusa quella minimizzata su tutte le campate, essendo priva di carichi variabili, dove il k_{mod} è pari a 0,6.

Verifica a taglio

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

per sezioni rettangolari $\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A}$

5.2.2.2 Verifica agli stati limite di esercizio

Per le verifiche di esercizio il documento di Nicole fa esplicito riferimento agli *stati limite di deformazione e vibrazione.* Per gli stati limite di esercizio si devono prendere in esame le *combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti* con $\gamma_g = \gamma_p = \gamma_q = 1$ e applicando ai valori caratteristici delle azioni variabili adeguati valori per i coefficienti di combinazioni ψ_0, ψ_1, ψ_2 come da tabella.
In forma convenzionale le combinazioni possono essere espresse nel seguente modo:

- *Combinazioni rare*

$$F_d = G_k + Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i})$$

- *Combinazioni frequenti*

$$F_d = G_k + \psi_{1,i} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

- *Combinazioni quasi permanenti*

$$F_d = G_k + \sum_{i=1}^{n} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

essendo:

$\psi_{1,i}$ = coefficiente atto a definire i valori delle azioni assimilabili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

$\psi_{2,i}$ = coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Non possedendo informazioni adeguate attribuiamo ai valori ψ_0, ψ_1, ψ_2 quelli da tabella XXX.

Nel caso di elementi lignei, i modesti valori di *modulo elastico a taglio G*, in rapporto a quelli di *modulo elastico longitudinale* E_0, impongono di considerare nel calcolo della freccia anche la parte dovuta alla deformabilità a taglio.
Il massimo abbassamento per una configurazione di carico si ottiene integrando l'equazione:

$$\frac{d^2\eta}{dx^2} = -\frac{M}{EJ} + \frac{dT}{dx} \cdot \frac{\chi}{GA}$$

Per una trave inflessa di lunghezza *l* in semplice appoggio, a sezione costante e soggetta a carico uniforme *q* , la freccia totale massima vale quindi.

$$f_{max} = \frac{5ql^4}{384\,E_{0,mean}\,J} + \chi\,\frac{ql^2}{8G_{mean}\,A}$$

Per una asta invece da un lato incastrata e dall'altro a sbalzo con carico uniformemente distribuito la freccia è:

$$f_{max} = \frac{ql^4}{8E_{0,mean}\,J} + \chi\,\frac{ql^2}{8G_{mean}\,A}$$

dove:

A = è l'area della sezione trasversale;

J = è il momento d'inerzia della medesima sezione;

X = è il cosiddetto fattore di taglio della sezione (per le sezioni rettangolari *X* =1,2).

Le caratteristiche reologiche del legno giocano un ruolo essenziale nel comportamento deformativo globale dell'elemento, caratterizzato infatti da un andamento solo inizialmente elastico, che diventa ben presto di tipo visco-elastico, causando un progredire della deformazione nel tempo sotto carico costante. Oltre determinati valori tensionali, inoltre, il recupero elastico al cessare dei carichi accidentali non è più completo, generando un accumulo di deformazioni irreversibili.

Non ci si può quindi limitare a prendere in considerazione la sola *freccia istantanea,* ma va controllata quella *differita,* soprattutto nel caso in cui le azioni che agiscono sull'elemento strutturale in modo permanente risultino percentualmente elevate rispetto al carico totale.

La deformazioni istantanea u_{ist} viene valutata usando i valori medi dei moduli elastici (*E* e *G)*, mentre la deformazione finale u_{fin} si valuta tramite la seguente relazione:

$$u_{fin} = u_{ist} + u_{dif}$$

essa va calcolata sulla base delle combinazioni quasi permanenti;nell'ipotesi che tutti li elementi componenti siano caratterizzati da medesimi comportamenti reologici e da comportamento elastico-linare, essa può essere espressa come segue:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q} + u_{fin,Qi}$$

essendo:

$u_{fin,G} = u_{ist,G} \cdot (1 + k_{def})$ deformazione finale causata dalle azioni permanenti;

$u_{fin,Q1} = u_{ist,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$ deformazione finale causata dalla aziona variabile principale Q_1;

$u_{fin,Qi} = u_{ist,Qi} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$ deformazione finale causata dalle altre azioni variabili Q_i (i>1);

$u_{ist,G}$, $u_{ist,Q1}$, $u_{ist,Qi}$ deformazioni istantanee relative, rispettivamente alle azioni *G*, Q_1, e Q_2;

k_{def} è il coefficiente che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e dell'umidità del materiale.

I valori di k_{def} si ricavano dalla seguente riportata di seguito in funzione della classe di servizio assegnata alla struttura; tali valori sono da ritenersi validi nel caso di elementi messi in opera con umidità in equilibrio con le condizioni termoigrometriche mede dell'ambiente.

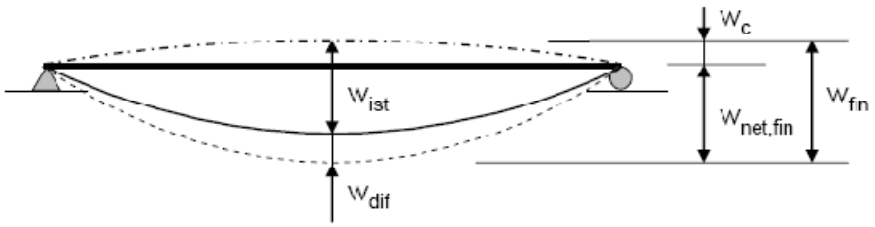
Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio Legno lamellare incollato Microlamellare (LVL)	EN 14081-1 EN 14080 EN 14374,EN 14279	0.60	0.80	2.00
Compensato	EN 636			
	Parte 1	0.80	-	-
	Parte 2	0.80	1.00	-
	Parte 3	0.80	1.00	2.50
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	EN 300			
	OSB/2	2.25	-	-
	OSB/3 OSB/4	1.50	2.25	-
Pannello di particelle (truciolare)	EN 312			
	Parte 4	2.25	-	-
	Parte 5	2.25	3.00	-
	Parte 6	1.50	-	-
	Parte 7	1.50	2.25	-
Pannelli di fibre, alta densità	EN 622-2			
	HB.LA	2.25	-	-
	HB.HLA1, HB.HLA2	2.25	3.00	-
Pannelli di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3.00	-	-
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3.00	4.00	-
	EN 622-5			
	MDF.LA	2.25	-	-
	MDF.HLS	2.25	3.00	-

Nel caso delle deformazioni dovute all'inflessione delle travi la freccia totale è composta da tre contributi deformativi:

- u_0 = contro freccia;
- u_1 = freccia dovuta ai carichi permanenti;
- u_2 = freccia dovuta ai carichi variabili.

La freccia netta u_{net}riferita alla corda congiungente i punti della trave in corrispondenza degli appoggi è data da:

$$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$$



Le diverse normative propongono, in genere, i limiti di freccia riportati di seguito, questi limiti sono però da ritenersi troppo poco restrittivi per i solai, in cui la verifica della freccia si deve accompagnare anche da una verifica di vibrazione.

$$u_{2,ist} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{2,fin} \leq \frac{l}{200}$$

$$u_{net,fin} \leq \frac{l}{200}$$

dove *l* è la luce libera della trave appoggiata, mentre per gli sbalzi *l* è pari a due volte la lunghezza dello stesso sbalzo. Quando u_0 è nullo, nella maggior parte dei casi, la seconda verifica perde di significato. Per effettuare la prima verifica è necessario far riferimento alle combinazioni di carico rare, con coefficiente di sicurezza sui carichi pari ad 1.

5.2.3 Valutazione dei carichi permanenti

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, cioè quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, sebbene in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.
Nell'edificio esaminato sono stati riscontrati i seguenti carichi divisi per chiusure e partizioni.

CO3 CHIUSURA ORIZZONTALE SUPERIORE

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	perline maschiate in abete	0,015	450	6,75	0,0675
2	gutex termoflat	0,100	140	14	0,14
3	gutex termoflat	0,100	140	14	0,14
4	oridtura di sostegno nello strato isolante	0,200	800	2,9	0,029
5	gutex multiplex top	0,022	200	4,4	0,044
6	guaina traspirante impermeabile	0,007		1	0,01
7	travetti per listellatura 30x50	0,030	800	24	0,24
8	travetti per controlistellatura 30x50	0,050	800	40	0,4
9	supporto pannelli+pannelli			11,7	0,117
				$g_{ks,TOT}$	**1,1875**

CV3 CHIUSURA VERTICALE OPACA

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	cartongesso in lastre	0,025	900	22,5	0,225
2	gutex thermoinstal	0,050	150	7,5	0,075
3	gutex termoflex	0,080	45	3,6	0,036
4	gutex termowall	0,060	160	9,6	0,096
5	gutex multiplex top	0,022	200	4,4	0,044
6	rivestimento in cotto	0,025	800	20	0,2
				$g_{ks,TOT}$	**0,676**

CV4 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	vetro doppio con camera d'aria	0,02	2500	20	**0,2**

CV5 CHIUSURA VERTICALE TRASPARENTE CON CELLE FOTOVOLTAICHE

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	vetro doppio con camera d'aria	0,034	2500	46	**0,46**

PO1 PARTIZIONE ORIZZONTALE

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	travetti in legno 12x20 /65	0,2	800	2,9	0,029
2	perline maschiate in abete	0,015	450	6,75	0,0675
3	protezione impermeabile	0,0004	636	0,25	0,0025
4	isolante sfuso	0,05	23	1,15	0,0115
5	isolante acustico anticalpestio			0	0
6	pannello di lana di legno a bassa densità	0,05	21	1,05	0,0105
7	pannello gessofibra	0,01	1050	10,5	0,105
8	pannello gessofibra	0,01	1050	10,5	0,105
9	colla per piastrelle	0,005	17000	85	0,085
10	pavimentazione	0,01		200	0,2
				$g_{ks,TOT}$	**0,587044**

PV1 PARTIZIONE VERTICALE OPACA

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	doppia lastra di cartongesso	0,025	900	23	0,23
2	pannelli in lana di vetro	0,05	1000	5	0,05
3	doppia lastra di cartongesso	0,025	900	23	0,23
				$g_{ks,TOT}$	**0,51**

PV2 PARTIZIONE VERTICALE OPACA PER BAGNO

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	doppia lastra di cartongesso	0,025	900	23	0,23
2	pannell iin lana di vetro	0,05	1000	5	0,05
3	pannell iin lana di vetro	0,05	1000	5	0,05
4	doppia lastra di cartongesso	0,025	900	23	0,23
5	piastrelle in gres porcellanato	0,01	2300	23	0,23
				$g_{ks,TOT}$	**0,79**

PV3 PARTIZIONE VERTICALE TRASPARENTE

	strato	sp. [m]	δ [kg/m³]	massa unità di sup. [kg/m²]	Peso unità di sup. [kN/m²]
1	vetro temprato	0,008	2500	20	0,2

Il peso proprio di elementi divisori interni può essere assunto come carico permanente distribuito uniformemente g_{2k}, purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico.
Tale carico viene valutato in modo differente nella norma spagnola e nell'Eurocodice 1, si procederà alla valutazione con entrambe le normative per poter poi considerare la condizione più critica.
Secondo il DB-SE AE spagnolo per le partizioni verticali con peso inferiore a 1,2 kN/m² , come nel nostro caso, dove la partizione più pesante ha un peso per unità di superficie di 0,79 kN/m², è possibile considerare un g_{2k} pari a 1 kN/m².
Secondo l'Eurocodice invece il carico uniformemente distribuito g_{2k}, dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k}, delle partizioni nel modo seguente:
- per elementi divisori con G_2 ≤ 1,00 *kN/m*: g_2 = 0,40 kN/m ;
- per elementi divisori con 1,00 < G_2 ≤ 2,00 kN/m: g_2 = 0,80 kN/m² ;
- per elementi divisori con 2,00 < G_2 ≤ 3,00 kN/m: g_2 = 1,20 kN/m² ;
- per elementi divisori con 3,00 < G_2 ≤ 4,00 kN/m: g_2 = 1,60 kN/m² ;
- per elementi divisori con 4,00 < G_2 ≤ 5,00 kN/m: g_2 = 2,00 kN/m² .

Nel nostro caso G_2 è pari a 0,79 kN/m² x 4,5m = 3,55 kN/m, ricadiamo quindi nel quarto caso e consideriamo g_2 = 1,60 kN/m² essendo più restrittiva quest'ultima norma si decide di considerare come valore distribuito del peso delle partizioni interne 1,60 kN/m².

5.2.4 Valutazione dei carichi variabili

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

- carichi verticali uniformemente distribuiti qk [kN/m2],
- carichi verticali concentrati Qk [kN];
- carichi orizzontali lineari Hk [kN/m].
-

Viene riportata di seguito la tabella 3.1 tratta dal Codigo Tecnico DB_SE_AE, corrispondente al capitolo 3, riguardante le azioni sismiche delle Norme Tecniche italiane.

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1(4)	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabella 5.2.4-a Valori caratteristici dei sovraccarichi d'uso

Non viene fatto riferimento qui ai carichi orizzontali lineari. È da considerare inoltre una riduzione di carico come da tabella:

Tabla 3.2 Coeficiente de reducción de sobrecargas

Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m²)			
1 o 2	3 o 4	5 o más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

Tabella 5.2.4-b Coefficienti riduttivi dei sovraccarichi

5.2.5 Azione del vento

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

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti. La distribuzione ed il valore di pressione esercitati dal vento su un edificio e le forze risultanti dipendono dalla forma e dalla dimensione dell'edificio stesso , dalle caratteristiche e dalla permeabilità della superficie.

Per effettuare il calcolo si fa riferimento al *Documento Basico* della normativa spagnola, nel quale vi è però la limitazione a edifici posti ad altezza sul livello del mare inferiore ai 2000 m e con snellezza inferiore a 6.

L'azione del vento , in generale perpendicolare alla superficie in ogni punto esposto è definita q_e è viene determinata con la seguente espressione:

$$q_e = q_b \; x \; c_e \; x \; c_p$$

dove:

q_b = pressione dinamica del vento. In forma semplificata, in un qualunque punto del territorio spagnolo può essere considerata pari a 0,5 kN/m² oppure valutato come di seguito esposto.

c_e = coefficiente di esposizione, variabile con l'altezza del punto considerato, in funzione del grado di asprezza dell'intorno dell'edificio. In modo semplicistico si può considerare per gli edifici urbani con meno di 8 livelli, indipendentemente dall'altezza pari a 2.

c_p = è il coefficiente eolico o di pressione, dipende dalla forma e dall'orientamento della superficie rispetto al vento.

Pressione dinamica

La pressione dinamica si può determinare con la seguente formula:

$$q_b = 0{,}5 \; x \; \delta \; x \; v_b{}^2$$

dove:

δ = densità dell'aria considerata pari a 1,25 kg/m³;

v_b = velocità di riferimento del vento.

Dall'immagine posta in seguito è possibile identificare la zona di appartenenza; per ciascuna zona poi son forniti da normativa i valori di velocità di riferimento del vento e già direttamente di pressione dinamica:

	v_b [m/s]	q_b [kN/m²]
Zona A	26	0,42
Zona B	27	0,45
Zona C	29	0,52

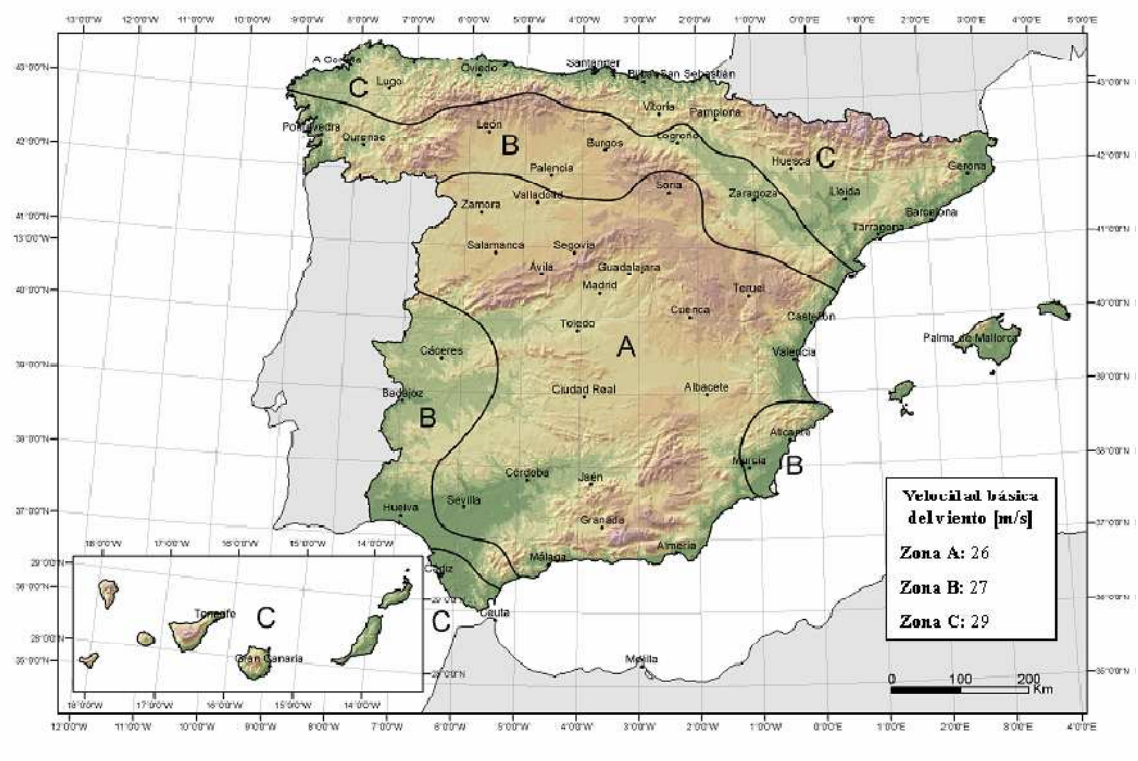


Tabella 5.2.5-a Cartina del vento della Spagna

La città di nostro interesse, Siviglia (Sevilla) è considerata in zona A; la pressione dinamica da considerare quindi è pari a 0,42 kN/m².
Per lo studio dello stato limite di esercizio invece è necessario correggere il valore appena ottenuto con i seguenti coefficienti:

Tabla D.1 Corrección de la velocidad básica en función del periodo de servicio

Periodo de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coeficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

Nel nostro caso, considerando come tempo di ritorno 50 anni non è necessario apporre modifiche essendo il coefficiente da considerare pari ad 1.

Coefficiente d'esposizione

Il coefficiente d'esposizione c_e per altezza sopra il livello del mare inferiore a 200m può determinarsi come segue:

$$c_e = F\ x\ (F + 7k)$$

$$F = k\ \ln\ (\max\ (z, Z)/L)$$

Essendo k,L,F parametri caratteristici di ogni diverso intorno, riportati nella tabella D.2:

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

	Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
		k	L (m)	Z (m)
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Tabella 5.2.5-b Coefficienti in riferimento all'intorno

Consideriamo il nostro edificio in zona III, ossia in presenza di alcuni ostacoli come ostacoli e piccole costruzioni, essendo nella periferia della città, lontana da zone ventose come il mare o il fiume Guadarlquivir ma nemmeno nel centro circondato da alte edificazioni .

z = 10m Z = 2m z > Z

$$F = k \ln\left(\frac{\max(z,Z)}{L}\right) = 0{,}19 \ln\left(\frac{10}{0{,}05}\right) = 1{,}007$$

$$c_e = F\,x\,(F + 7k) = 1{,}007\,x\,(1{,}007 + 7\,x\,0{,}19) = 2{,}35$$

Coefficiente di pressione esterna (forma)

I coefficienti di pressione esterna o eolico, c_p, dipendono dalla direzione relativa del vento, dalla forma dell'edificio e dalla posizione dell'elemento considerato e dalla sua area di influenza.
L'edificio esaminato è a pianta triangolare con copertura piana e un foro centrale, per la valutazione della pressione esterna ed interna si è fatto riferimento alla tabella che segue:

Tabla 3.4 Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	0,6	0,7

Tabella 5.2.5-c Coefficienti eolici

La snellezza, se calcolata sul alto più alto è pari a 0,18 , nel lato più basso è invece inferiore ed è pari a 0,07, si è considerata quindi < di 0,25 e come coefficienti sono stati usati c_p = 0,7 e c_s = -0,3 .

Risultati ottenuti

q_b = 420 N/m²
c_e = 2,35
c_p = 1

$$q_e = q_b \ x \ c_e \ x \ c_p = 420 \ x \ 2{,}35 \ x \ 1 = 987 \ N/m^2 \cong 1 \ kN/m^2$$

5.2.6 Azione della neve

La distribuzione e l'intensità del carico dovuto a neve su un edificio, in particolare sulla copertura, dipende dal clima del luogo, dai rilievi dell'intorno e dalla forma dell'edificio e della sua copertura, dagli effetti del vento e dagli sbalzi termici delle temperature. Viene considerato solo il caso di deposito naturale di neve; non viene considerata la ridistribuzione artificiale della neve, che solitamente avviene per coperture praticabili da persone o, soprattutto da veicoli. Nel caso considerato non viene considerato accumulo artificiale di neve pur avendo una copertura praticabile data la difficile presenza di molta neve alla latitudine considerata. Non son presenti particolari condizioni che favoriscano l'accumulo di neve in determinate zone data la quasi totale planarità della copertura considerata.

La normativa spagnola permette di considerare come valore approssimativo 1kN/m² per edifici con coperture piane e collocate ad una altezza inferiore a 1000m.s.l.m.; pur ricadendo in tali condizioni si è deciso di effettuare il calcolo accurato per evitare un sovradimensionamento dato che ci troviamo ben lontani dai 1000m.s.l.m

Come valore di carico dovuto a neve per unità di superficie in proiezione orizzontale, q_n, viene determinato nel seguente modo:

$$q_n = \mu \ x \ s_k$$

dove:

μ = coefficiente di forma della copertura (secondo *3.5.3. DB_SE_AE*);

s_k = valore caratteristico del carico di neve su un terreno orizzontale (secondo *3.5.2. DB_SE_AE*).

I valori s_k di sovraccarico di neve su un terreno orizzontale vengono riportati per e diverse città spagnole nella tabella che segue:

Tabla 3.7 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebastián/*Donostia*	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Valencia/*València*	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / *Gasteiz*	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabella 5.2.6-a Sovraccarico dovuto a neve

Il coefficiente di forma μ invece viene considerato 1 come espresso da norma:

copertura	μ
α ≥ 60°	0
α ≤ 30°	1
(β + β')/2 $> 30°$	2
altri casi	1 + β/30°

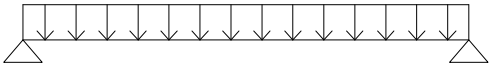
L'azione della neve è quindi pari a: $q_n = 0{,}2\ kN/m^2$

5.2.7 DIMENSIONAMENTO

5.2.7.1 Travi secondarie di copertura

Essendo la struttura non modulare, sono presenti differenti travi secondarie; tutte le travi secondarie però sono caratterizzate dalla seguente schematizzazione:

A una campata: 2 appoggi

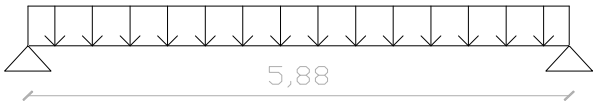


verrà analizzata la trave più critica, ossia la trave con maggior luce, e maggior area d'influenza, quindi maggior carico; di conseguenza tutte le altre avranno la medesima dimensione di quest'ultima risultando in parte sovradimensionate.

Le travi secondarie sono collocate a una distanza di 1 metro, hanno quindi tutte un'area d'influenza di 1 metro escluse quelle di bordo; i carichi risultano quindi i medesimi e sono pari a:

	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coefficienti $\gamma_{g,q}$	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	1	1,188	1,35	1,603
carico da neve	0,2	1	0,2	1,5	0,300
sovraccarico copertura	0,5	1	0,5	1,5	0,750
				Fd,I	2,428
				Fd,II	2,563
				Fd,III	1,603

Trave secondaria più critica



Verifica SLU:

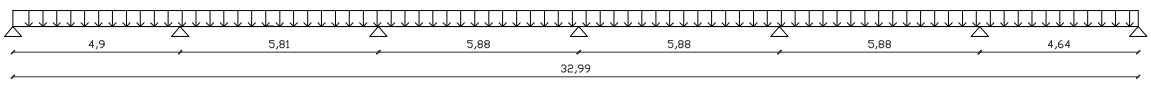
l	5880	mm
b	120	mm
h	240	mm
Md,I	10,49	kNm
Td,I	7,14	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	11,08	kNm
Td,II	7,54	kN
kmodII	0,6	-
Md,III	6,93	kNm
Td,III	4,71	kN
kmodIII	0,9	-

Md,I / kmodI	17,49	kNm
Td,I / k modI	11,90	kN
Md,II / k mod II	18,46	kNm
Td,II / k mod II	12,56	kN
Md,III / k mod III	7,70	kNm
Td,III/ k mod III	5,24	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	9,616	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,392	Mpa

Verifica SLE:

Lmax campata	5880	mm
J	138240000	mm
A	28800	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	11,823	mm
l/300	19,6	mm
$u_{2,ist}$	6,970	mm
l/200	29,4	mm
$u_{net,fin}$	26,723	mm
b	120	mm
h	240	mm

a) <u>Trave di bordo</u>



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coefficienti $\gamma_{g,q}$	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	1,13	1,342	1,35	1,812
carico da neve	0,2	1,13	0,226	1,5	0,339
sovraccarico copertura	0,5	1,13	0,565	1,5	0,848
				Fd,I	2,744
				Fd,II	2,896
				Fd,III	1,812

Verifica SLU:

COMBINAZIONI		REAZIONI						
1	max-max -min-min-max-max	5,3	17,7	13,8	9,8	14	17,4	4,9
2	min-min-max-max-min-min	3,4	10,4	13,6	17,9	13,8	10,2	3,2
3	min-max-max-max-max-min	3,1	13,9	17,4	16,9	17,5	13,8	2,8
4	max-min-min-min-min-max	5,7	14,1	10,1	10,9	10,3	13,7	5,3
5	max-min-max-min-max-min	5,8	13,5	13,9	13,9	13,7	14,4	2,6
6	min-max-min-max-min-max	2,9	14,5	13,5	13,9	14,1	13,1	5,5
7	max-max-max-min-min-min	5,4	17,22	17,3	13,9	10,2	10,7	3,1
8	min-min-min-max-max-max	3,3	10,9	10,1	13,9	17,5	16,8	5

	MOMENTO										
1	-4,9	8,8	-4,5	6,7	-2,3	4,4	-2,2	7	-4,8	8,5	-4,1
2	-3,3	4,8	-2	6,6	4,7	9,2	-4,6	6,7	2,2	4,6	-2,8
3	-2,6	6,8	-4,5	8,6	-4,1	8,2	-4	8,8	4,8	6,7	-2,1
4	-5,6	6,9	-1,9	4,7	-2,8	5,4	-2,7	4,8	-2,2	6,5	-4,9
5	-5,8	6,3	-1,1	6,8	-5,7	6,8	-1,1	6,7	-5,6	7,3	-1,9
6	-2,4	7,4	-5,3	6,5	-1,2	6,8	-5,6	7	-1,4	5,9	-5,2
7	-5,1	8,3	-3,8	8,6	-4,8	6,8	-2	4,8	-2,8	5,2	-2,6
8	-3,1	5,4	-2,6	4,7	-2,1	6,8	-4,7	8,8	-4,1	8	-4,3

	TAGLIO										
1	5,3	-8,9	8,8	-8,1	5,7	-4,9	4,9	-5,8	8,3	-8,8	8,6	-4,9
2	3,4	-5,4	5	-5,6	-8,1	-9	9	-8,1	5,7	-5	5,2	-3,2
3	3,1	-5,8	8,1	-8,7	8,6	-8,4	8,4	-8,6	8,9	-8,2	5,6	-2,8
4	5,7	-8,5	5,6	-4,9	5,2	-5,5	5,4	-5,2	5	-5,6	8,1	-5,3
5	5,8	-8,4	5,2	-5,4	8,5	-8,5	5,3	-5,3	8,4	-8,6	5,8	-2,6
6	2,9	-5,9	8,6	-8,3	5,3	-5,4	8,5	-8,6	5,5	-5,1	8	-5,5
7	5,4	-8,8	8,4	-8,5	8,8	-8,2	5,7	-5	5,3	-5,4	5,3	-3,1
8	3,3	-5,5	5,4	-5,1	5	-5,7	8,2	-8,9	8,7	-8,4	8,4	-5

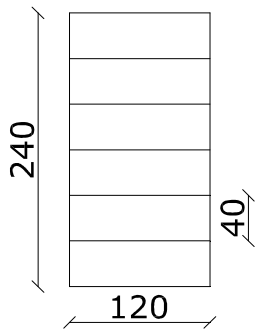
Verifica SLU

l	5,88	m
b	80	mm
h	200	mm
Md,l	5,8	kNm
Td,l	8,9	kN
kmodl	0,6	-
$k_{modl} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	10,875	Mpa
$k_{modl} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,834	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	5880	mm
J	138240000	mm
A	28800	mm^2
k_{def}	0,6	-
$u_{1,ist}$	13,242	mm
l/300	19,6	mm
$u_{2,ist}$	7,666	mm
l/200	29,848	mm
$u_{net,fin}$	29,774	mm
b	120	mm
h	240	mm

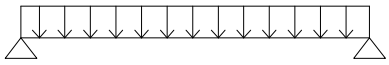
La trave secondaria di maggior dimensione risulta quindi essere la trave in appoggio - appoggio ; tutte le travi secondarie avranno quindi questa dimensione; alcune risulteranno cioè sovradimensionate ma è necessario avere travi tutte della medesima dimensione sia per motivi estetici ma soprattutto per motivi ergotecnici legati ai successivi pilastri alle quali le travi verranno collegate e alle fasi di montaggio della struttura. Le dimensioni quindi delle travi secondarie di copertura sono:



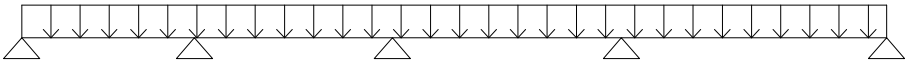
5.2.7.2 Travi principali di copertura

Anche le travi principali come le secondarie non sono tutte uguali; queste oltre ad avere uno schema statico differente hanno anche aree d'influenza di misure lievemente diverse. Le tipologie di travi che ritroviamo in coperture sono tre:

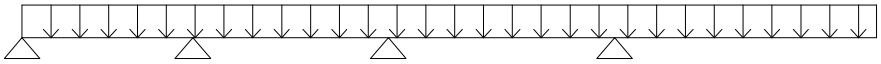
- A una campata: appoggio – appoggio



- A più campate: più appoggi

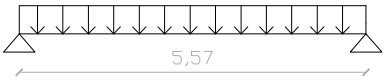


- A più campate: più appoggi e sbalzo finale



a) Appoggio - appoggio

Trave C:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	2,94	3,49125	1,35	4,713
carico da neve	0,2	2,94	0,588	1,5	0,882
sovraccarico copertura	0,5	2,94	1,47	1,5	2,205
peso trave secondaria	0,146	2,94	0,429	1,35	0,579
				Fd,I	7,718
				Fd,II	8,115
				Fd,II	5,293

Verifica SLU:

l	5,88	m
b	200	mm
h	400	mm
Md,I	33,36	kNm
Td,I	22,69	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	35,07	kNm
Td,II	23,86	kN
kmodII	0,6	-
Md,III	22,87	kNm
Td,III	15,56	kN
kmodIII	0,9	-

Md,I / kmodI	55,59	kNm
Td,I / k modI	37,82	kN
Md,II / k mod II	58,45	kNm
Td,II / k mod II	39,76	kN
Md,III / k mod III	25,42	kNm
Td,III/ k mod III	17,29	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	6,576	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,447	Mpa

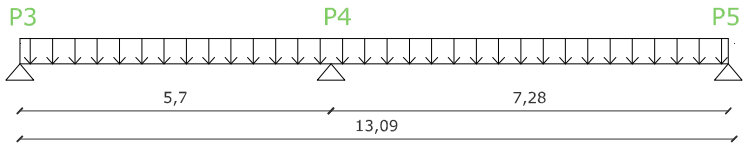
Verifica SLE:

Lmax campata	5880	mm
J	1066666667	mm
A	80000	mm²
k def	0,6	-
u1,ist	5,285	mm
l/300	19,6	mm
u2,ist	2,774	mm
l/200	29,4	mm
unet,fin	11,563	mm
b	200	mm
h	400	mm

b) <u>A più appoggi</u>

Per questa tipologia verranno dimensionate tutte le travi presenti: per il calcolo dei carichi delle travi D,E,F,G,H,I si utilizzerà l'area d'influenza, mentre per le travi A e B dove l'individuazione esatta di tale area risultava difficoltosa e troppo approssimativa, si è deciso di procedere con la valutazione delle reazioni prodotte dalle travi secondarie sopra collocate; i carichi puntuali derivanti sono stati uniformemente distribuiti sulla campata essendo eccessive le valutazioni dei singoli carichi puntuali presenti (uno ogni metro per una lunghezza anche superiore ai 50m).

Trave D P3_P5 :



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	5,88	6,9825	1,35	9,426
carico da neve	0,2	5,88	1,176	1,5	1,764
sovraccarico copertura	0,5	5,88	2,94	1,5	4,41
peso trave secondaria	0,146	5,88	0,858	1,35	1,159
				Fd,I	15,436
				Fd,II	16,230
				Fd,II	10,585

	REAZIONI			MOMENTO			TAGLIO			
max - max	30,4	135,3	47,9	-28,3	91,8	-70,3	30,4	-62,6	72,7	-47,9
min - min	19,7	87,8	31,1	-18,4	59,5	-45,6	19,7	-40,6	47,2	-31,1
min - max	15,9	115,8	49,3	-11,9	81,6	-74,3	15,9	-44,5	71,3	-49,3
max - min	34,3	107,3	29,7	-36	69,7	-41,7	34,3	-58,7	48,6	-29,7

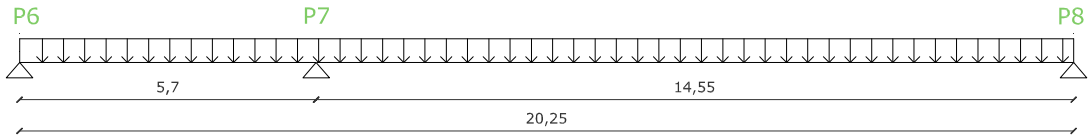
Verifica SLU

l	7,28	m
b	200	mm
h	400	mm
Md,I	70,3	kNm
Td,I	72,7	kN
kmodI	0,6	-
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	13,181	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	1,363	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	7280	mm
J	1703680000	mm
A	105600	mm²
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	15,331	mm
l/300	24,2667	mm
$u_{2,ist}$	8,048	mm
l/200	36,4	mm
$u_{net,fin}$	33,542	mm
b	240	mm
h	440	mm

Trave E P6_P8:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	5,88	6,9825	1,35	9,426
carico da neve	0,2	5,88	1,176	1,5	1,764
sovraccarico copertura	0,5	5,88	2,94	1,5	4,41
peso trave secondaria	0,146	5,88	0,858	1,35	1,159
				Fd,I	15,436
				Fd,II	16,230
				Fd,II	10,585

	REAZIONI			MOMENTO		TAGLIO			
max - max	-11,1	244,2	95,6	327,2	-281,5	-11,1	-103,7	140,6	-95,6
min - min	-7,3	159,3	62,4	213,5	183,7	-7,3	-67,6	91,7	-62,4
min - max	-26,1	226,6	96	320,7	-284,1	-26,1	-86,4	140,1	-96
max - min	7,7	177	61,9	219,9	-181,1	7,7	-84,8	92,2	-61,9

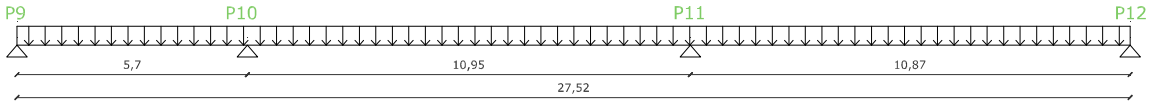
Verifica SLU

l	14,55	m
b	280	mm
h	680	mm
Md,I	284,1	kNm
Td,I	140,6	kN
kmodI	0,6	-
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	13,166	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	1,108	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	14550	mm
J	13169280000	mm
A	273600	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	31,217	mm
l/300	48,5	mm
$u_{2,ist}$	16,387	mm
l/200	72,75	mm
$u_{net,fin}$	68,301	mm
b	360	mm
h	760	mm

Trave F P9_P12:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	5,85	6,946875	1,35	9,378
carico da neve	0,2	5,85	1,17	1,5	1,755
sovraccarico copertura	0,5	5,85	2,925	1,5	4,3875
peso trave secondaria	0,146	5,85	0,854	1,35	1,153
				Fd,I	15,358
				Fd,II	16,147
				Fd,II	10,531

	REAZIONI				MOMENTO					TAGLIO					
max - max - max	26	145	205	68	-22	112	-83	212	-144	26	-66	79	-98	107	-68
min - min - min	17	95	134	45	-14	73	-54	138	-94	17	-43	52	-64	70	-45
min - max -min	9	135	166	42		118	-99	169	-82	9	-51	84	-93	73	-42
max - min - max	34	105	173	71	-37	67	-39	181	-157	34	-58	47	-68	105	-71
max - max - min	24	153	165	42	-18	127	-96	167	-83	24	-68	85	-92	73	-42
min - min - max	20	86	174	71	-19	58	-43	183	-156	20	-40	46	-69	105	-71
min - max - max	12	126	206	68		103	-86	214	-143	12	-48	78	-99	108	-68
max - min -min	32	113	132	45	-31	81	-50	136	-95	32	-60	53	-63	70	-45

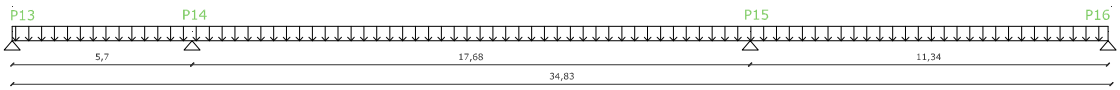
Verifica SLU

l	10,95	m
b	240	mm
h	440	mm
Md,I	95,6	kNm
Td,I	107,5	kN
kmodI	0,6	-
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	12,345	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	1,527	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	10950	mm
J	5760000000	mm
A	192000	mm²
k def	0,6	-
u1,ist	22,871	mm
l/300	36,5	mm
u2,ist	12,006	mm
l/200	54,75	mm
unet,fin	50,039	mm
b	320	mm
h	600	mm

Trave G P13_P16:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	5,36	6,365	1,35	8,593
carico da neve	0,2	5,36	1,072	1,5	1,608
sovraccarico copertura	0,5	5,36	2,68	1,5	4,02
peso trave secondaria	0,146	5,36	0,783	1,35	1,056
				Fd,I	14,071
				Fd,II	14,795
				Fd,II	9,649

	REAZIONI				MOMENTO				TAGLIO					
max - max - max	-14	228	247	53	321	-244	348	-96	-14	-98	129	-132	115	-53
min - min - min	-9	149	161	35	209	-159	227	-63	-9	-64	84	-86	75	-35
min - max -min	-30	217	212	27	329	-258	313	-38	-30	-85	132	-130	82	-27
max - min - max	7	159	196	61	201	-147	262	-125	7	-77	82	-89	107	-61
max - max - min	-17	233	212	27	334	-256	311	-39	-17	101	132	-130	82	-27
min - min - max	-7	143	196	61	195	-149	263	-125	-7	-62	82	-89	107	-61
min - max - max	-28	212	248	53	315	-246	349	-95	-28	-83	129	-133	115	-53
max - min -min	5	165	160	35	215	-157	225	-63	5	-80	85	-86	75	-35

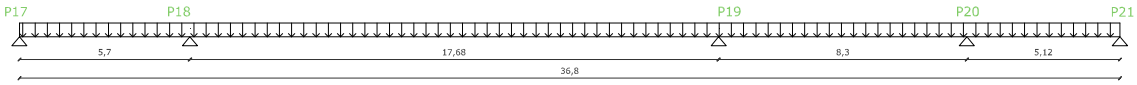
Verifica SLU

l	17,68	m
b	320	mm
h	640	mm
Md,l	257,6	kNm
Td,l	132,8	kN
kmodl	0,6	-
$k_{modl} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	11,792	Mpa
$k_{modl} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,973	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	17680	mm
J	20444160000	mm
A	316800	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	39,813	mm
l/300	58,9333	mm
$u_{2,ist}$	20,899	mm
l/200	88,4	mm
$u_{net,fin}$	87,109	mm
b	360	mm
h	880	mm

Trave H P17_P21:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	3,5	4,15625	1,35	5,611
carico da neve	0,2	3,5	0,7	1,5	1,05
sovraccarico copertura	0,5	3,5	1,75	1,5	2,625
peso trave secondaria	0,146	3,5	0,511	1,35	0,690
				Fd,I	9,188
				Fd,II	9,661
				Fd,II	6,301

	COMBINAZIONI	REAZIONI				
1	max - max - max-max	-10,3	151,0	150,7	39,0	25,0
2	min - min - min - min	-6,7	98,5	98,3	25,4	16,3
3	min - max -min - max	-19,7	141,6	137,6	20,8	28,1
4	max - min - max - min	2,7	107,9	111,4	43,6	13,2
5	max - max - min - min	-10,7	152,0	137,8	11,0	20,3
6	min - min - max - max	-6,2	97,5	111,2	53,4	21,0
7	min - max - max - min	-19,1	140,3	151,9	28,6	17,4
8	max - min -min - max	2,2	109,1	97,1	35,8	24,0

	MOMENTO						TAGLIO							
1	215,4	-164,5	210,4	-1,5	-32,4		-10,3	-65,3	85,7	-85,1	65,5	-14,6	24,4	-25,0
2	140,5	-107,3	137,2	-1,0	-21,1		-6,7	-42,6	55,6	-55,5	42,8	-9,5	15,9	-16,3
3	214,5	-168,2	204,0	-17,4	-41,0		-19,7	-55,6	86,0	-84,8	52,8	0,5	21,3	-28,1
4	141,4	103,7	143,6	-16,4	14,9	-13,9	2,7	-52,3	55,6	-55,8	55,6	-24,6	19,0	-13,2
5	218,1	-166,7	203,4	-21,5			-10,7	-65,8	86,2	-84,6	53,2	1,0	11,9	-20,3
6	137,9	-105,2	144,2	-13,4	18,9	-22,9	-6,2	-42,1	55,3	-56,0	55,2	-25,0	28,4	-21,0
7	211,3	-165,5	212,6	-6,4	-24,0		-19,1	-55,0	85,3	-85,5	66,5	-13,7	14,9	-17,4
8	144,7	-106,3	135,0	3,9	-29,7		2,2	-52,9	56,2	-55,1	41,9	-10,3	25,5	-24,0

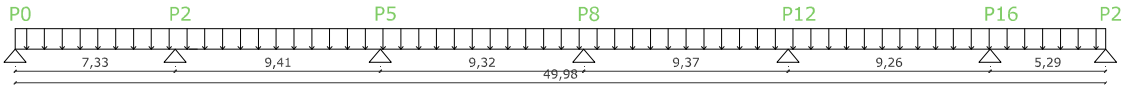
Verifica SLU

l	17,68	m
b	320	mm
h	520	mm
Md,l	168,2	kNm
Td,l	86,2	kN
kmodl	0,6	-
$k_{modl} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	11,663	Mpa
$k_{modl} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,777	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	17680	mm
J	13169280000	mm
A	273600	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	39,98	mm
l/300	58,93333333	mm
$u_{2,ist}$	20,987	mm
l/200	88,4	mm
$u_{net,fin}$	87,474	mm
b	360	mm
h	760	mm

Trave B P0_P22:



Questa trave non è stata dimensionata considerando l'area d'influenza, difficile da individuare, ma considerando le reazioni delle travi secondarie che poggiano su di essa. Le reazioni considerate sono:

	REAZIONI		
max - max	4,4	11,2	0,5
min - min	2,8	7	0,3

	REAZIONI		
max - max	1,5	6	2
min - min	1	3,8	1,3

	REAZIONI		
max - max	3,5	9,2	1,2
min - min	2,2	5,7	0,8

	REAZIONI		
max - max	0	5,3	2,1
min - min	0	3,3	1,3

	REAZIONI		
max - max	2,6	7,4	1,7
min - min	1,6	4,6	1,1

	l campata	9,41 m
carichi puntuali	max	52,8
	min	32,9
carichi distribuiti	max	5,61
	min	3,50

	COMBINAZONI	REAZIONI						
1	max-max -min-min-max-max	14,9	53,4	43,4	29,6	44,1	47,1	8,4
2	min-min-max-max-min-min	9,7	31,3	42,5	54,8	43,2	27	6
3	min-max-max-max-max-min	8,3	42,6	54,1	51,5	54,3	39,1	3,8
4	max-min-min-min-min-max	16,3	42,1	31,8	32,9	32,9	35	10,5
5	max-min-max-min-max-min	16,7	40,3	43,4	42,3	42,5	41,2	3,2
6	min-max-min-max-min-max	7,9	44,4	42,5	42,1	44,8	32,8	11,2
7	max-max-max-min-min-min	15,2	51,8	54,2	42,2	32,2	28,9	5,4
8	min-min-min-max-max-max	9,4	32,9	31,7	42,2	55,1	45,2	9

	MOMENTO									
1	-19,7	41,7	-24,1	34,5	-10,7	20,7	-10,7	35,5	-25,3	34,1
2	-13,5	22,8	-11	33	-22,3	44,5	-22,4	34,1	-12,2	17,5
3	-9,9	33	-24	43,4	-19,5	39,4	-20	43,8	24,1	28,8
4	-23,6	31,5	-11	24,1	13,1	25,7	-12,6	25,8	-13,2	22,8
5	-24,7	28,6	-7,3	34,4	-27,3	32,8	-5,5	33	-27,5	32,2
6	-9	35,9	-27,6	33	-5,3	32,4	-27,1	36,7	-10	19,3
7	-20,6	39,2	-20,8	43,6	-23	32,6	-9,9	24,7	-15	20,5
8	-12,5	25,4	-14,1	23,9	-9,9	32,6	-23	44,9	-22,3	31,1

	TAGLIO											
1	14,9	-26,3	27,2	-25,6	17,8	-14,8	14,8	-18	26,1	-25,8	21,3	-8,4
2	9,7	-15,9	15,4	-17,5	24,9	-27,4	27,4	-25,2	18	-14,4	12,6	-6
3	8,3	-17,3	25,3	-27,5	26,6	-25,7	25,8	-26,7	27,6	-24,4	14,7	-3,8
4	16,3	-24,9	17,3	-15,7	16,1	-16,5	16,4	-16,4	16,5	-15,9	19,1	-10,5
5	16,7	-24,5	15,8	-17,1	26,3	-26	16,4	-16,4	26,1	-25,9	15,4	-3,2
6	7,9	-17,7	26,7	-26,1	16,4	-16,2	25,8	-26,7	18,1	-14,3	18,5	-11,2
7	15,2	-25,9	25,9	-26,9	27,3	-25	17,2	-15,6	16,7	-15,8	13,1	-5,4
8	9,4	-16,3	16,6	-16,3	15,4	-17,2	25	-27,6	27,5	-24,5	20,7	-9

Verifica SLU

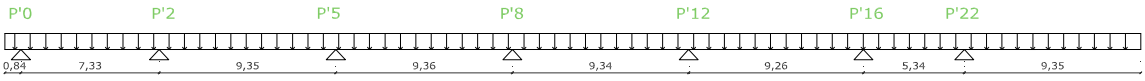
l	9,41	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,l	27,6	kNm
Td,l	27,6	kN
kmodl	0,6	-
$k_{modl} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	13,202	Mpa
$k_{modl} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,11	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,924	Mpa

Verifica SLE

Lmax campata	9410	mm
J	2211840000	mm
A	115200	mm²
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	23,225	mm
l/300	31,36666667	mm
$u_{2,ist}$	8,754	mm
l/200	47,05	mm
$u_{net,fin}$	46,965	mm
b	240	mm
h	480	mm

c) *A più appoggi con sbalzo*

Trave A:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	1,015	1,2053125	1,35	1,627
carico da neve	0,2	1,015	0,203	1,5	0,3045
sovraccarico copertura	0,5	1,015	0,5075	1,5	0,76125
peso trave secondaria	0,146	1,015	0,148	1,35	0,200
				Fd,I	2,665
				Fd,II	2,802
				Fd,II	1,827

	Carichi nell'ultima campata				
	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	2,1	2,49375	1,35	3,367
carico da neve	0,2	2,1	0,42	1,5	0,63
sovraccarico copertura	0,5	2,1	1,05	1,5	1,575
peso trave secondaria	0,146	2,1	0,307	1,35	0,414
				Fd,I	5,513
				Fd,II	5,796
				Fd,II	3,780

	COMBINAZONI	REAZIONI						
1	max-max -min-min-min-min-max-max	10,7	21	17,4	14,9	26	-45,9	116,5
2	min-min-max-max-max-max-min-min	6,1	21,3	27,4	24,3	32,8	-22,1	75
3	min-max-max-max-max-max-max-min	9,3	25,7	26,8	24,5	32,5	-19	77,3
4	max-min-min-min-min-min-min-max	7,5	16,6	17,9	14,7	26,2	-49	114,1
5	max-min-max-min-max-min-max-min	6,8	22	22	19,9	28,4	-24,9	78,4
6	min-max-min-max-min-max-min-max	10	20,2	22,7	19,2	30,3	-43,1	113,1
7	max-max-max-max-min-min-min-min	10,2	25,4	27,4	20	22,6	-26,7	75,7
8	min-min-min-min-max-max-max-max	6,6	16,8	17,3	19,1	36,1	-41,2	115,7

	MOMENTO										
1	1	-11,3	15,4	-5,4	13,7	-8,3	9,8	-2,5	27	-38,8	253,5
2	0,7	-5,1	16,2	-11,5	22,2	-10,9	17,4	-6,9	30,5	-29,1	-18,6
3	0,7	-10	19,3	-10,3	21,4	-11,1	17,7	-6,9	30,1	-28,2	-17,2
4	1	-6,3	12,3	-6,6	14,6	-8,1	9,5	-2,5	27,4	-40,2	253,5
5	1	-4,4	17,4	-13,2	17,4	4,3	14,1	-10,2	27,3	-22,9	166,1
6	0,7	-12	14,1	-3,7	18,5	-14,9	13,1	0,8	30,3	-34,5	253,5
7	1	-9,9	18,9	-10	22,3	-12,5	14,3	-2,1	21,8	-22,5	166,1
8	0,7	6,4	12,6	-6,9	13,6	-6,8	12,9	-7,3	35,7	-35	253,5

	TAGLIO													
1	-2,4	8,3	-12,2	8,7	-8,4	9	-8,1	6,7	-10,4	15,6	-1,4	-47,3	-62,2	54,2
2	-1	4,6	-8,8	12,4	-13,7	13,6	-12,6	11,7	-14,5	18,3	-7,7	-29,7	-39,5	35,5
3	-1	7,7	-12,8	12,9	-13,3	13,5	-12,7	11,7	-14,4	18,1	-7,9	-26,9	-41,8	35,5
4	-2,4	5,2	-8,2	8,3	-8,8	9,1	-8	6,6	-10,5	15,8	-1,2	-50,1	-59,9	54,2
5	-2,4	4,5	-8,9	13,1	-13,1	8,9	-8,2	11,7	-14,5	13,9	-3,1	-27,9	-42,9	35,5
6	-1	8,4	-12,1	8,1	-9	13,7	-12,5	6,7	-10,4	20	-6	-49,1	-58,8	54,2
7	-2,4	7,8	-12,7	12,7	-13,5	14	-12,2	7,7	-9,3	13,3	-3,7	-30,4	-40,2	35,5
8	-1	5,1	-8,3	8,5	-8,7	8,6	-8,5	10,6	-15,5	20,6	-5,3	-46,6	-61,5	54,2

Verifica SLU:

l	9,36	m
b	160	mm
h	360	mm
Md,I	40,20	kNm
Td,I	61,50	kN
kmodI	0,6	-
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	11,632	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	1,602	Mpa

Verifica SLE:

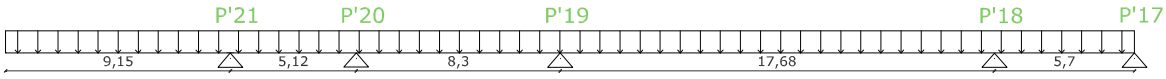
Verifica della freccia della massima campata in appoggio-appoggio:

Lmax campata	9360	mm
J	622080000	mm
A	57600	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	19,174	mm
l/300	31,2	mm
$u_{2,ist}$	10,065	mm
l/200	46,8	mm
$u_{net,fin}$	41,952	mm
b	160	mm
h	360	mm

Verifica della freccia della campata a sbalzo:

Lmax campata	9350	mm
J	6288640000	mm
A	163200	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	17,877	mm
l/300	31,16666667	mm
$u_{2,ist}$	9,384	mm
l/200	46,75	mm
$u_{net,fin}$	39,113	mm
b	240	mm
h	680	mm

Trave I:



	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	1,05	1,246875	1,35	1,683
carico da neve	0,2	1,05	0,21	1,5	0,315
sovraccarico copertura	0,5	1,05	0,525	1,5	0,7875
peso trave secondaria	0,146	1,05	0,153	1,35	0,207
				Fd,I	2,756
				Fd,II	2,898
				Fd,II	1,890

	Carichi nell'ultima campata				
	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coeff γg,q	Totale [kN/m]
peso copertura	1,1875	2,1	2,49375	1,35	3,367
carico da neve	0,2	2,1	0,42	1,5	0,63
sovraccarico copertura	0,5	2,1	1,05	1,5	1,575
peso trave secondaria	0,146	2,1	0,307	1,35	0,414
				Fd,I	5,513
				Fd,II	5,796
				Fd,II	3,780

	COMBINAZONI	REAZIONI				
1	max-max -min-max-max	119,1	-58,1	48,9	44,4	2,6
2	min-min-max-min-min	76,1	-29	38,6	28,4	-1,5
3	min-max-max-max-min	79,6	-30,4	50,5	41,3	5,4
4	max-min-min-min-max	115,5	-56,7	37,1	31,4	1,3
5	max-min-max-min-max	114,6	-51,3	41,2	31,1	1,4
6	min-max-min-max-min	80,5	-35,8	46,6	41,6	-5,5
7	max-max-max-min-min	119,2	-56,5	63,3	58	3,5
8	min-min-min-max-max	78,2	-38,7	46,4	44,8	2,8

	MOMENTO					TAGLIO								
1	244,4	-54,5	69,9	-47,3	62,1	-53,2	65,8	51	-7,1	-22,8	26,1	-25,2	19,2	2,6
2	159,3	-27,9	49,4	-29,7	39	-34,7	41,4	31,7	2,7	-21,3	17,3	-16,1	12,2	1,5
3	159,3	-32,8	69,5	-48	61,3	-34,7	44,9	30,1	-0,3	-24,4	26,1	-25,2	16,1	5,4
4	244,4	-49,6	49,8	-29,1	39,9	-53,2	62,3	52,6	-4,1	-19,8	17,3	-16,1	15,3	-1,3
5	244,4	-44,9	52,1	-28,4	39	-53,2	61,3	51,7	0,3	-23,7	17,5	-16	15,1	-1,4
6	159,3	-37,5	67,1	-48,7	62,2	-34,7	45,8	31	-4,8	-20,4	25,9	-25,4	16,3	5,5
7	244,4	-55,2	89,6	-62,2	81,6	-53,2	65,9	51,1	-5,4	-29,5	33,9	-33	25,1	3,5
8	159,3	-39,7	67	-48,2	63,2	-34,7	43,5	32,8	-4,9	-20,6	25,8	-25,4	19,4	2,9

Verifica SLU:

l	17,68	m
b	240	mm
h	360	mm
Md,l	62,20	kNm
Td,l	65,90	kN
kmodl	0,6	-
$k_{modl} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	11,998	Mpa
$k_{modl} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	1,144	Mpa

Verifica SLE:

Verifica freccia appoggio-appoggio

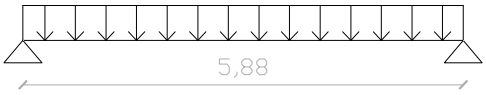
Lmax campata	17680	mm
J	4,32E+09	mm
A	144000	mm²
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	36,181	mm
l/300	58,93333	mm
$u_{2,ist}$	18,992	mm
l/200	88,4	mm
$u_{net,fin}$	79,161	mm
b	240	mm
h	600	mm

Verifica freccia a sbalzo

Lmax campata	9150	mm
J	10242773333	mm
A	212800	mm²
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	20,88	mm
l/300	30,5	mm
$u_{2,ist}$	10,961	mm
l/200	45,75	mm
$u_{net,fin}$	45,684	mm
b	280	mm
h	760	mm

5.2.7.3 Travi secondarie del solaio

Le travi secondarie di spina che compongono il solaio del piano primo hanno tutte il medesimo schema statico: appoggio- appoggio ed hanno tutti i medesimi carichi avendo sempre un'area d'influenza pari a 1 metro. Sono di differenti lunghezze e per questo andremo a calcolare la più lunga, nonché la più critica.



Carichi

	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coefficienti $\gamma_{g,q}$	Totale [kN/m]
peso proprio	0,587044	1	0,587	1,35	0,793
peso partizioni	1,6	1	1,600	1,35	2,160
carico variabile	2	1	2	1,5	3,000
				Fd,I	5,953
				Fd,II	2,953

Verifica SLU:

l	5880	mm
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	25,73	kNm
Td,I	17,50	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	12,76	kNm
Td,II	8,68	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	42,88	kNm
Td,I / k modI	29,17	kN
Md,II / k mod II	14,18	kNm
Td,II / k mod II	9,64	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	12,305	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,586	Mpa

Verifica SLE:

Lmax campata	5880	mm
J	292693333	mm4
A	44800	mm²
kdef	0,6	-
$u_{1,ist}$	10,378	mm
l/300	19,6	mm
$u_{2,ist}$	9,490	mm
l/200	29,4	mm
$u_{net,fin}$	27,233	mm
b	160	mm
h	280	mm

Trave secondaria di bordo

	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coefficienti $\gamma_{g,q}$	Totale [kN/m]
peso proprio	0,587	0,5	0,294	1,35	0,396
peso partizioni	1,6	0,5	0,800	1,35	1,080
peso chiusura	0,676	1	0,676	1,35	0,913
carico variabile	2	0,5	1	1,5	1,500
				Fd,I	3,889
				Fd,II	2,389

Verifica SLU:

l	5,88	m
b	120	mm
h	280	mm
Md,I	16,81	kNm
Td,I	11,43	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	10,32	kNm
Td,II	7,02	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	28,01	kNm
Td,I / k modI	19,06	kN
Md,II / k mod II	11,47	kNm
Td,II / k mod II	7,80	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	10,719	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,510	Mpa

Verifica SLE:

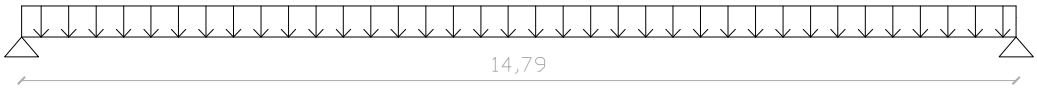
Lmax campata	5880	mm
J	219520000	mm
A	33600	mm²
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	11,195	mm
l/300	19,6	mm
$u_{2,ist}$	6,327	mm
l/200	29,4	mm
$u_{net,fin}$	24,999	mm
b	120	mm
h	280	mm

5.2.7.4 Travi principali del solaio

Le travi principali sono tutte appoggio – appoggio; sono di lunghezze differenti ed hanno un'area d'influenza anch'essa differente. Anch'esse appartengono alla classe G24h, per poter ridurre la loro dimensione si è eseguito il dimensionamento con una classe superiore, GL28h, ma dato il limitato guadagno si è deciso di realizzarle comunque con un lamella re della classe GL24h.

Analizzeremo di seguito, effettuando le verifiche allo SLU e al SLE, solamente la trave con campata maggiore in quanto sicuramente risulta la maggiore e tutte le altre, di conseguenza, risulteranno soddisfatte, e a volte anche sovradimensionate, ma per i motivi già sopracitati per le travi principali di coperture vengono comunque poste tutte della medesima dimensione.

Trave di spina di maggior lunghezza:



Carichi

	Carichi [kN/m²]	Larghezza [m]	Carico lineare [kN/m]	Coefficienti $\gamma_{g,q}$	Totale [kN/m]
peso proprio	0,587	5,88	3,452	1,35	4,660
peso partizioni	1,6	5,88	9,408	1,35	12,701
peso travetti	0,17024	5,88	1,001	1,35	1,351
carico variabile	2	5,88	11,76	1,5	17,640
				Fd,I	36,352
				Fd,II	18,712

Verifica SLU con classe di legno GL24h:

l	14,56	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	963,29	kNm
Td,I	264,64	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	495,85	kNm
Td,II	136,22	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	1605,49	kNm
Td,I / k modI	441,07	kN
Md,II / k mod II	550,94	kNm
Td,II / k mod II	151,36	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	460,759	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	8,861	Mpa

Verifica SLE con classe di legno GL24h:

Lmax campata	14560	mm
J	29491200000	mm
A	384000	mm²
k def	0,6	-
u1,ist	25,303	mm
l/300	48,53333333	mm
u2,ist	21,469	mm
l/200	72,8	mm
unet,fin	64,530	mm
b	400	mm
h	960	mm

Verifica SLU con classe di legno GL28h:

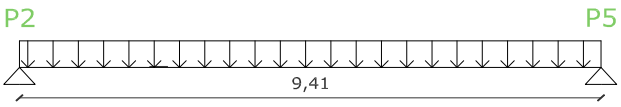
l	14,56	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	963,29	kNm
Td,I	264,64	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	495,85	kNm
Td,II	136,22	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	1605,49	kNm
Td,I / k modI	441,07	kN
Md,II / k mod II	550,94	kNm
Td,II / k mod II	151,36	kN
kmodI * (fm,k /γm)	15,456	Mpa
Md /W	460,759	Mpa
kmodI * (fv,k /γm)	7,920	Mpa
1,5 * (Td * 10³/A)	8,861	Mpa

Verifica SLE con classe di legno GL28h:

Lmax campata	14560	mm
J	25956266667	mm
A	368000	mm²
k def	0,6	-
u1,ist	26,464	mm
l/300	48,53333333	mm
u2,ist	22,453	mm
l/200	72,8	mm
unet,fin	67,489	mm
b	400	mm
h	920	mm

Trave di bordo di maggior lunghezza:



Carichi:

Per individuare i carichi totali portati dalla trave perimetrale non si è fatto riferimento all'area d'influenza ma si sono calcolate le reazioni delle 6 travi secondarie che poggiano su tale trave; le reazioni trovate sono le seguenti:

	l=5,09	l=4,24	l=3,4	l=2,56	l=1,72	l=0,88	somma	tot campata
max	15,1	12,6	10,1	7,6	5,1	2,6	53,1	5,64
min	7,5	6,3	5	3,8	2,5	1,3	26,4	2,81

Verifica SLU:

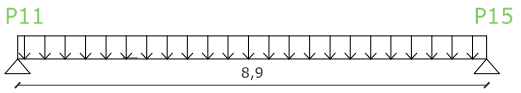
l	9,41	m
b	200	mm
h	600	mm
Md,I	142,15	kNm
Td,I	60,43	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	31,05	kNm
Td,II	13,20	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	236,92	kNm
Td,I / k modI	100,71	kN
Md,II / k mod II	34,50	kNm
Td,II / k mod II	14,67	kN
$k_{modI} * (f_{m,k}/\gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d/W	11,846	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k}/\gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3/A)$	0,755	Mpa

Verifica SLE:

Lmax campata	9410	mm
J	4320000000	mm
A	144000	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	21,666	mm
l/300	31,36666667	mm
$u_{2,ist}$	6,144	mm
l/200	47,05	mm
$u_{net,fin}$	41,547	mm
b	240	mm
h	600	mm

Trave obliqua P11_P15:



Carichi:

Anche per questa trave i carichi sono stati valutati tramite il calcolo delle reazioni delle travi secondarie portate da quest'ultima; tali reazioni sono:

	l=4,9	l=4,01	l=3,11	l=2,22	l=1,33	somma	tot campata
max	14,6	11,9	9,3	6,6	4	46,4	5,21
min	7,2	5,9	4,6	3,3	2	23	2,58

Verifica SLU:

l	8,91	m
b	160	mm
h	400	mm
Md,I	51,68	kNm
Td,I	23,20	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	25,62	kNm
Td,II	11,50	kN
kmodII	0,9	-

Md,I / kmodI	86,13	kNm
Td,I / k modI	38,67	kN
Md,II / k mod II	28,46	kNm
Td,II / k mod II	12,78	kN
$k_{modI} * (f_{m,k} / \gamma_m)$	13,248	Mpa
M_d / W	12,112	Mpa
$k_{modI} * (f_{v,k} / \gamma_m)$	9,110	Mpa
$1,5 * (T_d * 10^3 / A)$	0,544	Mpa

Verifica SLE:

Lmax campata	8910	mm
J	1419733333	mm
A	88000	mm^2
k def	0,6	-
$u_{1,ist}$	13,348	mm
l/300	29,7	mm
$u_{2,ist}$	13,580	mm
l/200	44,55	mm
$u_{net,fin}$	36,566	mm
b	200	mm
h	440	mm

5.2.8 DIMENSIONAMENTO DEI PILASTRI

5.2.8.1 Pilastri compressi

Per i pilastri centrali, soggetti unicamente a carico di punta, si è effettuata la verifica a compressione. La resistenza spesso più vincolante per un elemento compresso è quella legata non tanto al vincolo di resistenza della sezione ma piuttosto ad un criterio di stabilità dell'equilibrio; tale equilibrio può essere stabile oppure instabile a seconda che il carico agente sia maggiore o minore di un parametro detto carico critico. Nel caso di equilibrio stabile se a detto sistema viene imposto temporaneamente una piccola deviazione della posizione iniziale, il sistema tende a ritornare alla posizione iniziale; nel caso di equilibrio instabile, a seguito della perturbazione, il sistema si allontana definitivamente dalla condizione di equilibrio.

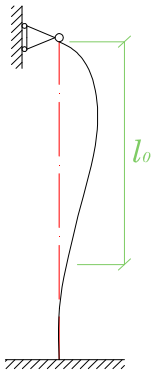
Nei problemi di stabilità il carico critico viene determinato considerando le equazioni di equilibrio in una configurazione deformata dell'elemento, configurazione che è legata alle condizioni di vincolo del sistema.

L'espressione euleriana del carico critico per l'asta compressa viene riportata di seguito, è spesso però più conveniente considerarla dividendo ambo i membri per l'area della sezione:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{{l_0}^2} \qquad \sigma_{cr} = \frac{N_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot i^2}{A \cdot {l_0}^2} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

dove :

- l_0 : lunghezza di libera inflessione, varia al variare delle condizioni di vincolo; nel nostro caso, incastro-cerniera $l_0 = 0{,}7\ l$:



- i = raggio giratore d'inerzia nel piano di sbandamento dell'asta, e che nel caso comune di sezione rettangolare di altezza h è pari a:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

- λ = snellezza dell'asta pari a:

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

Considerando il comportamento reale del materiale è possibile che si superi la resistenza a compressione semplice del materiale prima che si instabilizzi l'asta; si deve quindi imporre la condizione di crisi della colonna per raggiungimento delle tensioni massime $f_{c,0}$ in una sezione:

$$\sigma = f_{c,0}$$

Eguagliando l'equazione di Eurelo con quella del carico critico ed esplicando la snellezza si ottiene il valore di snellezza critica, cioè un parametro che rappresenta il discrimine tra aste tozze e aste snelle.

$$\lambda_{cr} = \pi \sqrt{\frac{E}{f_{c,0}}}$$

Per $\lambda \leq \lambda_{cr}$, cioè caso di asta tozza, risulta più stringente la verifica di resistenza, mentre per $\lambda > \lambda_{cr}$, cioè aste snelle, risulta più stringente la verifica d'instabilità.
La resistenza a collasso della colonna può essere quindi riscritta nel seguente modo:

$$\sigma_c \leq k_c \cdot f_{c,0,d}$$

dove:

$$k_c = \begin{cases} 1 & per \quad \lambda \leq \lambda_{cr} \\ \dfrac{1}{\lambda^2{}_{rel}} & per \quad \lambda > \lambda_{cr} \end{cases}$$

Per le aste tozze k_c assume un valore unitario e sarà quindi sufficiente eseguire la verifica di resistenza, mentre per le aste snelle il valore di k_c può essere facilmente ricavato dall'espressione sopracitata sapendo che:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_{cr}} = \sqrt{\frac{f_{c,0}}{\sigma_{cr}}} \qquad da\ cui \qquad \sigma_{cr} = \frac{1}{\lambda^2{}_{rel}} \cdot f_{c,0}$$

Da qui, nel caso di inflessione del piano debole della sezione di deriva:

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}}$$

dove:

$f_{c,0,k}$ = valore caratteristico a compressione parallela alle fibre;

$\sigma_{c,crit,z}$ = carico critico euleriano per inflessione nel piano *xy* che è:

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda^2{}_z}$$

La snellezza λ_z dell'elemento rispetto all'inflessione intorno all'asse z si determina attraverso la seguente relazione:

$$\lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} \qquad con \qquad i_z = \sqrt{\frac{J_z}{A}}$$

dove:

$l_{0,z}$ = è la lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z;

A = è l'area della sezione trasversale dell'asta;

J_z = è il momento d'inerzia della sezione rispetto ad x.

Nel caso di sezione rettangolare *b x h* si ha:

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} \qquad quindi \qquad \lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} = \frac{l_{0,z}}{b} \cdot \sqrt{12}$$

Da cui è possibile ricavare l'espressione della snellezza relativa:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\sqrt{12}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \cdot \frac{l_{0,z}}{b}$$

In modo analogo si giunge alla determinazioni di $\lambda_{rel,y}$ e considerando $E_{0,05}/ f_{c,0,k} \cong 382{,}2$ per il legno lamellare di conifera si ottiene:

$$\lambda_{rel,z} = 0{,}057 \cdot \frac{l_{0,z}}{b} \qquad e \qquad \lambda_{rel,z} = 0{,}057 \cdot \frac{l_{0,y}}{h}$$

Valutazione del pilastro compresso più critico

Si decide di valutare i carichi totali per diversi pilastri:

- Pilastro 7: carico maggiore a livello del solaio;
- Pilastro 11: carico maggiore in copertura;
- Pilastro 15: maggior numero di travi che vi scaricano.

Per la valutazione dei carichi su ogni pilastro è necessario considerare le reazioni delle travi che si poggiano su di essi più il peso delle travi stesse per l'area d'influenza del pilastro.

Numerazione dei pilastri:

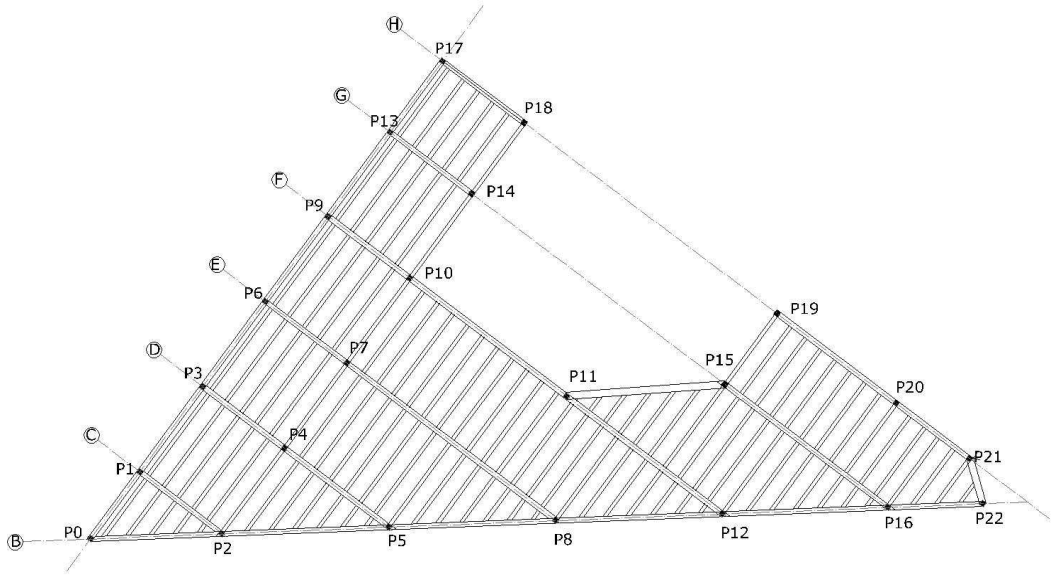


Figura 5.2.11.6.1.a Pianta piano primo

Pilastro 7

Peso delle travi:

	b [mm]	h [mm]	b [m]	h [m]	ρ_k [kg/m³]	peso [kg/m]	peso [kN/m]	P7	
								l [m]	peso [kN]
Travi primarie di copertura	360	880	0,36	0,88	380	120,38	1,20	10,13	12,19
Travi primarie del solaio	400	960	0,40	0,96	380	145,92	1,46	7,28	10,62
								2,86	4,17

Reazioni delle travi secondarie del solaio:

P7_P8

l	14,56	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	963,29	kNm
Td,I	264,64	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	495,85	kNm
Td,II	136,22	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	264,64	
reazioni min	136,22	

P6_P7

l	5,7	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	147,63	kNm
Td,I	103,60	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	75,99	kNm
Td,II	53,33	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	103,60	
reazioni min	53,33	

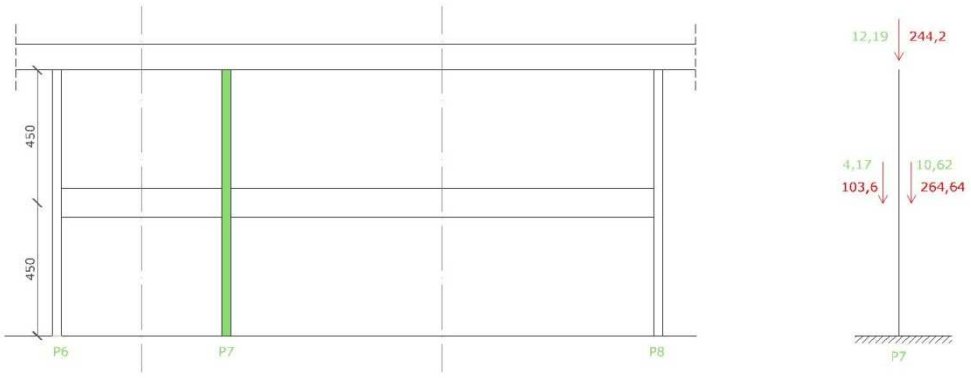


Figura 5.2.11.6.1.b Pilastro n°7

Pilastro 11

Peso delle travi:

	b [mm]	h [mm]	b [m]	h [m]	ρ_k [kg/m³]	peso [kg/m]	peso [kN/m]	P11 l [m]	P11 peso [kN]
Travi primarie di copertura	360	880	0,36	0,88	380	120,38	1,20	10,91	13,13
Trave primaria del solaio P10_P11	400	960	0,40	0,96	380	145,92	1,46	5,48	8,00
Trave primaria del solaio P11_P12	400	960	0,40	0,96	380	145,92	1,46	5,48	8,00
Travi obliqua P11_P15	200	440	0,20	0,44	380	33,44	0,33	4,45	1,49

Reazioni delle travi secondarie del solaio:

P11_P15

l	8,9	m
b	200	mm
h	440	mm
Md,I	51,56	kNm
Td,I	23,17	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	25,56	kNm
Td,II	11,49	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	23,17	
reazioni min	11,49	

P10_P11

l	10,95	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	544,83	kNm
Td,I	199,03	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	280,45	kNm
Td,II	102,45	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	199,03	
reazioni min	102,45	

P11_P12

l	10,93	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	542,85	kNm
Td,I	198,66	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	279,42	kNm
Td,II	102,26	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	198,66	
reazioni min	102,26	

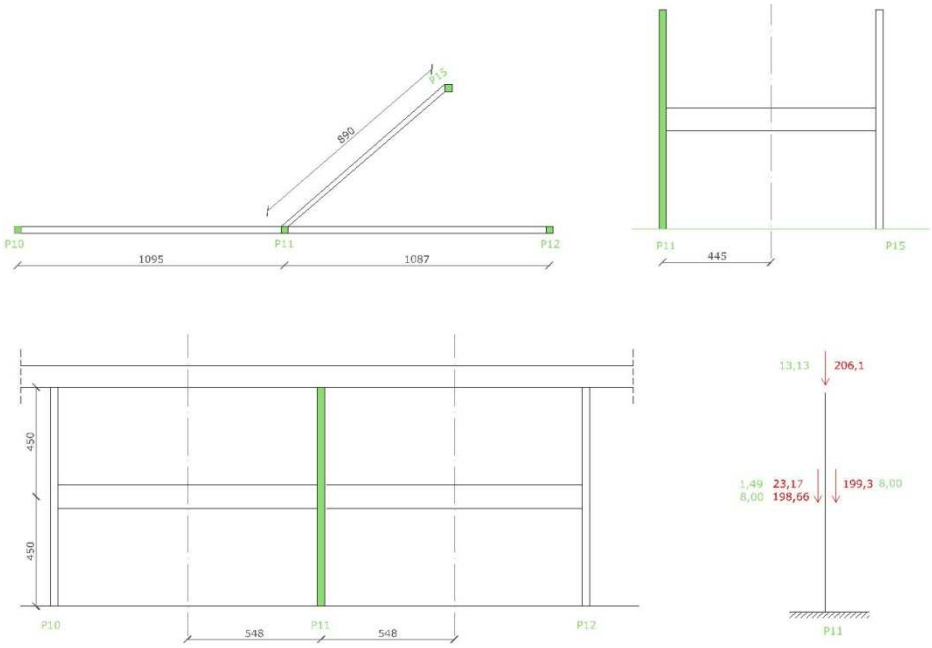


Figura 5.2.11.6.1.c Pilastro n°11

Pilastro 15

Peso delle travi:

	b [mm]	h [mm]	b [m]	h [m]	ρ_k [kg/m³]	peso [kg/m]	peso [kN/m]	P15 l [m]	P15 peso [kN]
Travi primarie di copertura	360	880	0,36	0,88	380	120,38	1,20	14,51	17,47
Trave primaria del solaio P15_P16	400	960	0,40	0,96	380	145,92	1,46	5,67	8,27
Travi obliqua P11_P15	200	440	0,20	0,44	380	33,44	0,33	4,45	1,49

Reazioni delle travi secondarie del solaio:

P15_P16

l	11,34	m
b	160	mm
h	280	mm
Md,I	584,33	kNm
Td,I	206,11	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	300,78	kNm
Td,II	106,10	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	206,11	
reazioni min	106,10	

P11_P15

l	8,9	m
b	200	mm
h	440	mm
Md,I	51,56	kNm
Td,I	23,17	kN
kmodI	0,6	-
Md,II	25,56	kNm
Td,II	11,49	kN
kmodII	0,9	-
reazioni max	23,17	
reazioni min	11,49	

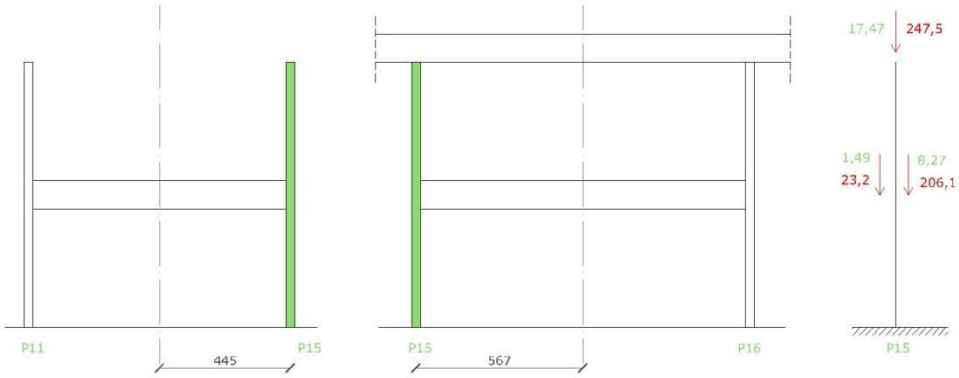
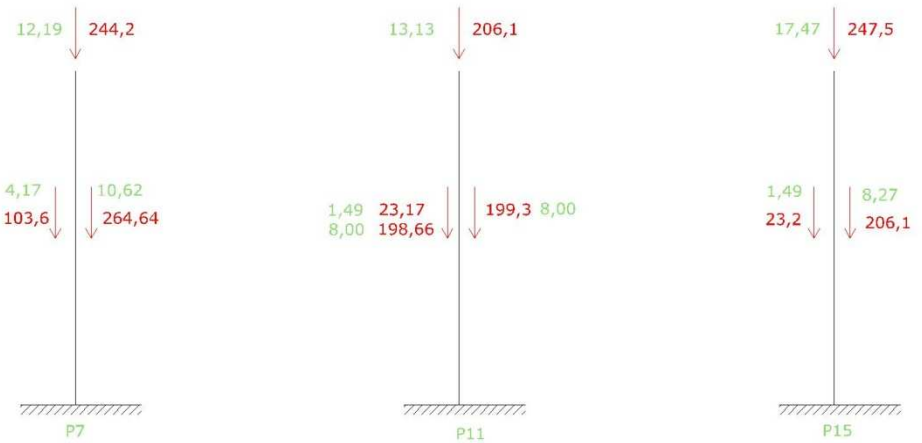


Figure 5.2.11.6.1.d Pilastro n°15

I risultati finali dei carichi agenti sui tre pilastri analizzati sono:



Si può capire ora facilmente capire che il pilastro più sollecitato risulta essere il P11 con un carico puntuale pari a 657,85.

E	10200	
$f_{c,0}$	21,12	
l	4500	
l_0	3150	
b	180	
h	180	
N_d	657,85	
i	51,962	
λ	60,622	
λ_{cr}	69,005	$\lambda \leq \lambda_{cr}$
k_c	1	
$\sigma_{c,0,d}$	20,30	
$f_{c,0,d}$	21,12	$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$

5.2.8.2 Pilastri pressoinflessi

Verifica di resistenza

Nel caso di asta pressoinflessa sottoposta a sforzo normale e flessione nei piani xy e xz la normativa europea EN 1995:2004 impone una formulazione di interazione di tipo lineare. Con riferimento ad un elemento sottoposto a sforzo normale e flessione nei piani xy e xz, le verifiche di resistenza vengono soddisfatte se rispettano le seguenti equazioni:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ = è la tensione di compressione derivante dalla forza naturale;

$\sigma_{m,y,d}$ *e* $\sigma_{m,z,d}$ = sono le tensioni di flessioni dovute al carico q_y nel piano *xy* e q_z nel piano *xz;*

k_m = coefficiente che tiene conto della ridistribuzione degli sforzi e degli effetti della disomogeneità; nelle sezioni rettangolari è pari a 0,7.

Per poter determinare le tensioni si seguono i passaggi ora trascritti:

$$M_{d,y} = T_{d,z} \cdot l \qquad W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} \qquad \sigma_{m,y} = \frac{M_{d,y}}{W_y}$$

$$M_{d,z} = T_{d,y} \cdot l \qquad W_z = \frac{h \cdot b^2}{6} \qquad \sigma_{m,z} = \frac{M_{d,z}}{W_z}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b \cdot h}$$

Verifica di stabilità

Oltre alle verifiche di resistenza precedentemente esposte devono essere eseguite le verifiche necessarie ad accertare la sicurezza della costruzione, o delle singole membrature, nei confronti di possibili fenomeni d'instabilità, quale lo sbandamento degli elementi compressi o pressoinflessi. Tali verifiche sono:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}\, f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}\, f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Nel caso di flessione agente in un solo piano, si potrà utilizzare in alternativa la condizione seguente:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}\, f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}\right)^2 \leq 1$$

I valori $k_{c,y}$ e $k_{c,z}$ sono invece ricavati dalle seguenti equazioni:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k^2{}_y - \lambda^2{}_{rel,y}}} \qquad k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k^2{}_z - \lambda^2{}_{rel,z}}}$$

dove:

$k_y = \lambda'_{rel} \cdot \left(1 + \beta_c\left(\lambda_{rel,y} - \lambda'_{rel}\right) + \lambda^2{}_{rel,y}\right)$

$k_z = \lambda'_{rel} \cdot \left(1 + \beta_c\left(\lambda_{rel,z} - \lambda'_{rel}\right) + \lambda^2{}_{rel,z}\right)$

dove:

$\beta_c = 0{,}1$

λ'_{rel} = 0,5 secondo il documento di Nicole e 0,3 secondo EN 1995:2004

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0}}{E}} \quad \text{e} \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0}}{E}}$$

dove:

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} \quad e \quad \lambda_z = \frac{l_0}{i_z}$$

con

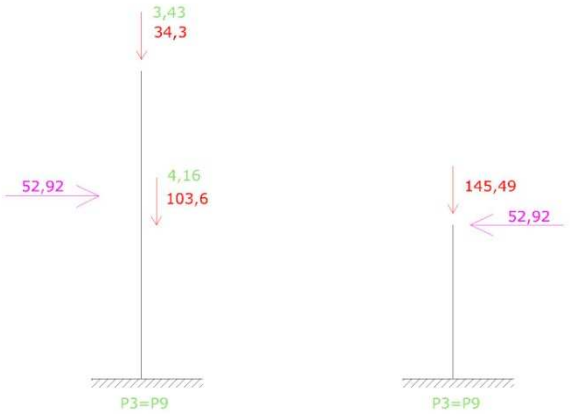
$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad e \quad i_z = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

Vi sono nel progetto pilastri pressoinflessi con azione di taglio solo in una direzione, quelli verso Nord-Ovest e quelli verso Nord-Est, mentre quelli rivolti verso sud hanno azioni taglianti nelle due direzioni y e z; una data dal vento ed un'altra data dalla reazione del puntone.

Pilastri esterni senza puntone:

Il pilastro appartenente a questa classificazione più critico risulta essere il P3 che è ugualmente sollecitato al P9; l'individuazione del pilastro più critico è risultata in questa circostanza più semplice: tutte le forze infatti agenti sui pilastri a livello del solaio risultano uguali, così come l'azione del vento; l'unica forza che differenzia i vari pilastri è quella agente a livello di copertura.

Pilastro P3 e P9



l	4500
h [mm]	460
b [mm]	300
Wy [mm³]	10580000
Wz [mm³]	6900000
l [m]	4,5
Nd [kN]	145,49
Td [kN]	52,92
Md,y [kNm]	238,14
$\sigma_{m,y}$	22,50850662
$\sigma_{c,0,d}$	1,054275362
SLU resistenza <1	0,915986427

iy	132,7905619
iz	86,60254038
lo	3150
λy	23,72156541
λz	36,37306696
λreal y	0,366268335
λreal z	0,561611447
βc	0,1

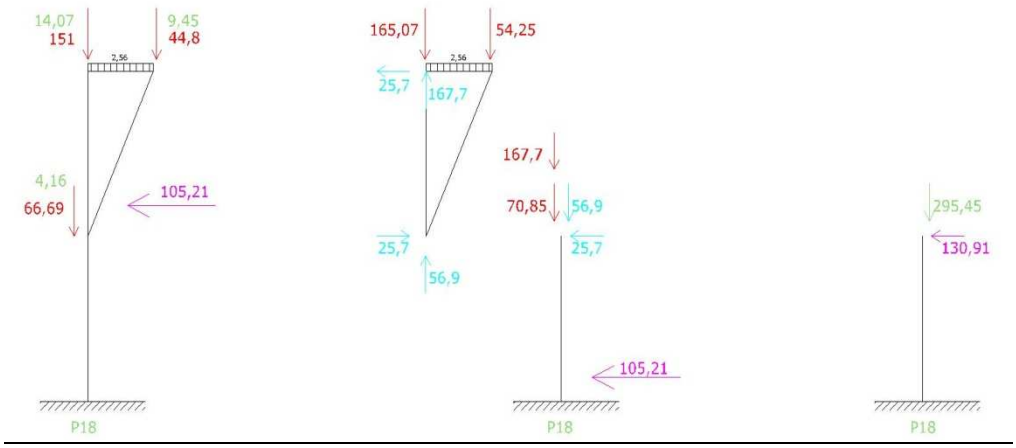
documento Nicole	λ^real		0,5
	ky		0,560
	kz		0,661
	kc,y		1,016
	kc,z		0,991
	leff		4500
	λreal m	<0,75	0,302
	kcrit y	<1	0,963
	kcrit z	<1	0,690

EN 1995:2004	λ^real		0,3
	ky		0,570
	kz		0,671
	kc,y		0,992
	kc,z		0,964
		<1	0,964
		<1	0,691
		<1	0,886

Pilastro con puntone

Si è deciso di analizzare due pilastri di questo tipo; il pilastro P18, maggiormente caricato in sommità e con un'unica azione di taglio, avendo il puntone perpendicolare alla parete, quindi nella stessa direzione del vento, ed il pilastro P8 maggiormente caricato al centro grazie al carico presente al bordo della copertura e trasferito su di esso dal puntone e con una doppia azione di taglio, una data dal puntone e l'altra dalla componente del vento.

Pilastro 18



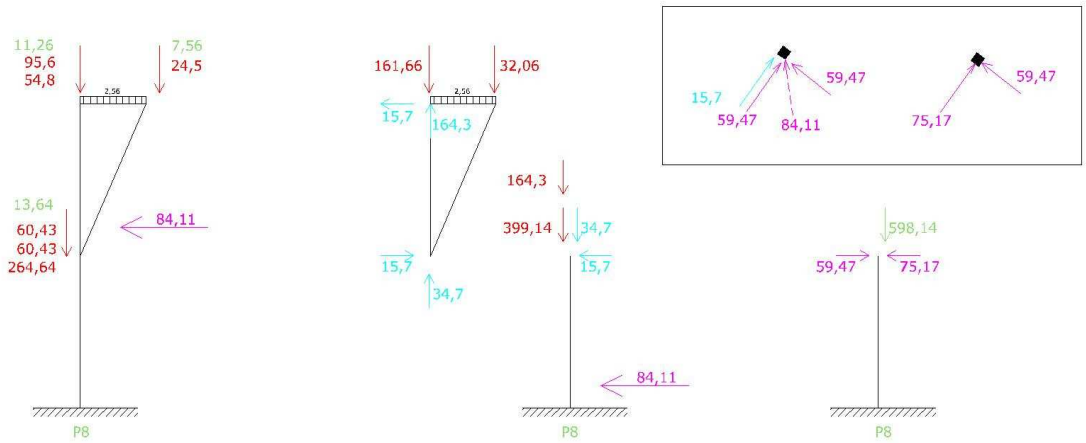
l	4500
h [mm]	600
b [mm]	460
Wy [mm³]	27600000
Wz [mm³]	21160000
l [m]	4,5
Nd [kN]	295,45
Td [kN]	130,91
Md,y [kNm]	589,095
$\sigma_{m,y}$	21,34402174
$\sigma_{c,0,d}$	1,070471014

SLU resistenza <1	0,868803636
iy	173,2050808
iz	132,7905619
lo	3150
λy	18,18653348
λz	23,72156541
λreal y	1,111702355
λreal z	1,574911669
βc	0,1

documento Nicole	λ^real		0,5
	ky		1,14852618
	kz		1,793918966
	kc,y		0,695883215
	kc,z		0,376950113
	leff		4500
	λreal m	<0,75	0,225042529
	kcrit y	<1	0,939070405
	kcrit z	<1	0,740825497

EN 1995:2004	λ^real		0,3
	ky		1,15852618
	kz		1,803918966
	kc,y		0,673598356
	kc,z		0,372638657
		<1	0,941480053
		<1	0,742381223
		<1	0,886379435

Pilastro 8



l	4500
h [mm]	640
b [mm]	460
Wy [mm³]	31402666,67
Wz [mm³]	22570666,67
l [m]	4,5
Nd [kN]	598,14
Tdz [kN]	75,17
Tdy [kN]	59,47
Md,y [kNm]	338,265
Md,z [kNm]	267,615
o m,y	10,77185589
o m,z	11,85676099
o c,0,d	2,031725543

SLU resistenza	<1	0,733353335
SLU resistenza	<1	0,739080049
iy		184,7520861
iz		132,7905619
lo		3150
λy		17,04987514
λz		23,72156541
λreal y		1,111702355
λreal z		1,574911669
βc		0,1

documento Nicole	λ^real		0,5
	ky		1,14852618
	kz		1,793918966
	kc,y		0,695883215
	kc,z		0,376950113
	leff		4500
	λreal m	<0,75	0,232422925
	kcrit y	<1	0,575409807
	kcrit z	<1	0,561222499

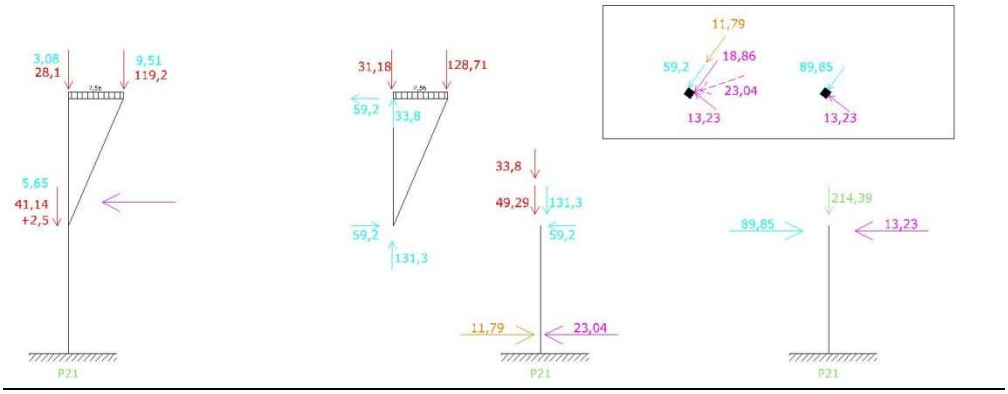
EN 1995:2004	λ^real		0,3
	ky		1,15852618
	kz		1,803918966
	kc,y		0,673598356
	kc,z		0,372638657
		<1	0,872639555
		<1	0,982255656

Le verifiche e i dimensionamenti del puntone verranno eseguite per i pilastri maggiormente caricati all'estremo, essendo più critici di questi appena analizzati.

Pilastro con puntone ad angolo

Questi pilastri hanno un azione di taglio in entrambe le direzioni quindi verranno verificati con le relazioni sopracitate. Se ne analizzeranno anche in questa circostanza due, il pilastro 21 e 22.

Pilastro 21



l	4500
h [mm]	550
b [mm]	400
Wy [mm³]	20166666,67
Wz [mm³]	14666666,67
l [m]	4,5
Nd [kN]	214,39
Tdz [kN]	89,85
Tdy [kN]	13,23
Md,y [kNm]	404,325
Md,z [kNm]	59,535
$\sigma_{m,y}$	20,04917355
$\sigma_{m,z}$	4,059204545
$\sigma_{c,0,d}$	0,9745

SLU resistenza	<1	0,714839126
SLU resistenza	<1	0,916004924
iy		158,771324
iz		115,4700538
lo		3150
λy		19,8398547
λz		27,27980022
λreal y		1,111702355
λreal z		1,574911669
βc		0,1

documento Nicole	λ^real		0,5
	ky		1,14852618
	kz		1,793918966
	kc,y		0,695883215
	kc,z		0,376950113
	leff		4500
	λreal m	<0,75	0,24778109
	kcrit y	<1	0,879989799
	kcrit z	<1	0,691985173

EN 1995:2004	λ^real		0,3
	ky		1,15852618
	kz		1,803918966
	kc,y		0,673598356
	kc,z		0,372638657
		<1	0,982375346
		<1	0,836532755

Verifica a compressione del puntone

Il puntone più caricato risulta essere quello di questo pilastro; verifichiamo quindi a compressione tale puntone sul quale agisce un carico normale pari a 141,2; componente in direzione del puntone della forza agente di 128,71.

E	10200	
$f_{c,0}$	21,12	
l	4940	
l_0	3458	
b	100	
h	160	
N_d	141,2	
i	46,188	
λ	74,868	
λ_{cr}	69,005	$\lambda \leq \lambda_{cr}$
k_c	1	
$\sigma_{c,0,d}$	8,83	
$f_{c,0,d}$	21,12	$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$

Verifica a tensoflessione del puntone

Si è per questa trave dovuto procedere all'esecuzione di verifiche a tensoflessione, che la normativa italiana vigente definisce secondo la seguente formula:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ = tensione di progetto a trazione in direzione della fibratura;

$f_{t,0,d}$ = resistenza di progetto a trazione;

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ = tensioni di progetto a flessione intorno agli assi principali;

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ = resistenze di progetto a flessione intorno agli assi principali;

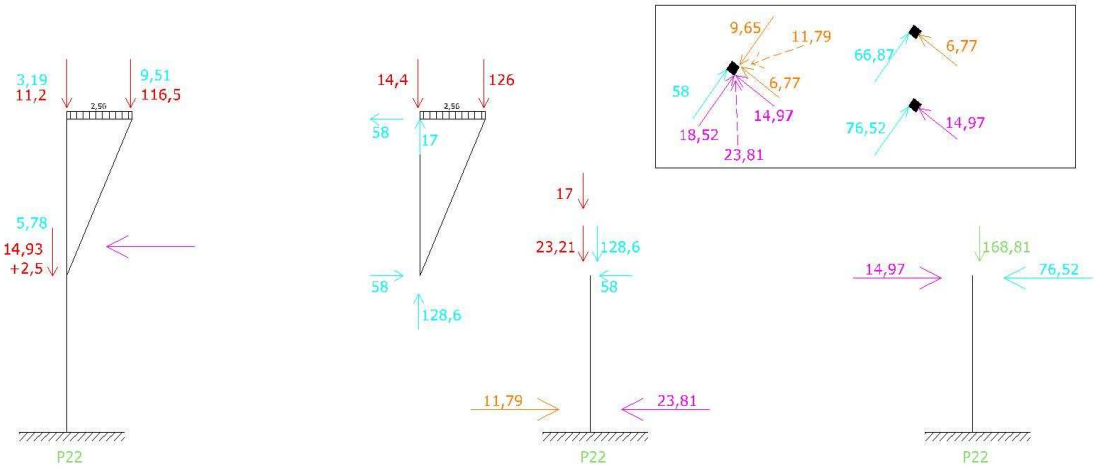
k_m = coefficiente che tiene conto delle ridistribuzione degli sforzi; nelle sezioni rettangolari pari a 0,7.

Nei casi che andremo ora a verificare la trazione avviene sempre solo lungo un asse quindi la formula utilizzata sarà la semplificazione della precedente pari a:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

l	2,03
b	120
h	240
My	1,4
Wy	1152000
Td	33,8
Nd	59,2
o t,0,d	0,002
f t,0,d	16,500
o m,y,d	1,215
f m,y,d	32,200
<1	0,038

Pilastro 22



l	4500
h [mm]	520
b [mm]	400
Wy [mm³]	18026666,67
Wz [mm³]	13866666,67
l [m]	4,5
Nd [kN]	168,81
Tdz [kN]	76,52
Tdy [kN]	14,97
Md,y [kNm]	344,34
Md,z [kNm]	67,365
$\sigma_{m,y}$	19,10170118
$\sigma_{m,z}$	4,858052885
$\sigma_{c,0,d}$	0,811586538

SLU resistenza	<1	0,715438097
SLU resistenza	<1	0,896617671
iy		150,11107
iz		115,4700538
lo		3150
λy		20,98446171
λz		27,27980022
λreal y		1,111702355
λreal z		1,574911669
βc		0,1

documento Nicole	λ^real		0,5
	ky		1,14852618
	kz		1,793918966
	kc,y		0,695883215
	kc,z		0,376950113
	leff		4500
	λreal m	<0,75	0,240928672
	kcrit y	<1	0,830452416
	kcrit z	<1	0,644604879

EN 1995:2004	λ^real	0,3
	ky	1,15852618
	kz	1,803918966
	kc,y	0,673598356
	kc,z	0,372638657
	<1	0,952188938
	<1	0,817083833

5.2.9 Resistenza al fuoco

L'iter di progetto della struttura nei confroni dell'evento "incendio" identifica due momenti fondamenteali: la richiesta di resistenza al fuoco e la prova della struttura progettata al fine di accertare che essa risponda positiamente a quanto richiestole. Al fine di soddisfare queste due esigenze, è necessario ricorrere alla normativa, che anche se semplificata, consente realistiche realizzazione progettuali e/o di verifica.
Si definiscono innanzi tutto i seguenti termini:

- Linea di carbonizzazione: confine tra stato carbonizzato e sezione trasversale residua;
- Sezione trasversale residua: sezione trasversale originaria ridotta dello strato carbonizzato;
- Sezione trasversale efficace: sezione trasversale originaria ridotta dello strato carbonizzato e di un successivo strato in cui si considerano resistenza e rigidezza nulli.

La normativa europea EN 1995-1-2 prevede tre diverse metodologie di calcolo:

- Metodo della sezione efficace;
- Metodo della resistenza e rigidezza ridotte;
- Metodi generali di calcolo, con riferimento ai modelli di carbonizzazione, al profilo della temperatura e del gradiente di umidità all'interno della sezione e alle resistenze e rigidezza del materiale legno in funzione della temperatura e dell'umidità.

Inoltre, sempre la normativa europea sopracitata, tratta di metodi di valutazione che prevedono differenti livelli di "semplificazione", potendosi attuare:

- L'analisi strutturale globale, quindi verificando la disequazione $A_{d,fi} \leq R_{d,fi}$; se gli effetti non aumentano durante l'incendio si può porre $A_{d,fi} \leq 0{,}7 \cdot A_d$;
- L'analisi di parti della struttura, considerando in modo approssimativo l'interazione tra le diverse parti della struttura;
- L'analisi dei singoli elementi, considerando come condizioni iniziali al contorno quelle per le normali condizioni di servizio.

Si è scelto di far ricorso al metodo della sezione efficiente, attuando un analisi dei singoli elementi, così come permette di fare anche al normativa UNI-VV.F. 9504; l'applicazione di tale metodo infatti risulta critico solamente in caso di strutture composto quali legno-calcestruzzo.

Il metodo scelto, è così chiamato perché prevede appunto il calcolo di una sezione efficace ottenuta riducendo la sezione iniziale di una profondità di carbonizzazione efficace d_{ef} così calcolata:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

In cui:

d_{ef} = profondità di sezione da depurare per ottenere la sezione trasversale efficace;

$d_{char,n}$ = proprietà di carbonizzazione "ideale"

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

essendo β_n una velocità di carbonizzazione ideale, che include gli effetti di fessurazione e arrotondamento degli spigoli;

k_0 = coefficiente variabile tre 0 e1 ;

d_0 = 7mm, valore massimo di differenza tra la sezione residua ed efficiente.



Nel caso si tenga in conto dell'effetto dello smusso che si crea negli spigoli di sezione a causa dell'esposizione al fuoco sulle due facce contigue, si può adottare la velocità di carbonizzazione β_0 : in tal caso il raggio dello smusso è assunto uguale alla profondità di carbonizzazione $d_{char,0}$. Evidentemente ciò risulta possibile fino a quando la minore delle dimensione di sezione risulta maggiore del valore b_{min} così calcolato:

$$b_{min} = \begin{cases} 2 \cdot d_{char,0} + 80 & quando \ d_{char,0} \geq 13 \ min \\ 8{,}15 \cdot d_{char,0} & quando \ d_{char,0} < 13 \ min \end{cases}$$

Quando la dimensione minima della sezione è o diviene minore di b_{min} ci si deve riferire ai valori β_n. Per quanto riguarda i valori d'assegnare al coefficiente k_0 esso si assume unitario per tempi di esposizione maggiori di 20 minuti.

5.2.9.1 Verifica resistenza al fuoco

Dati geometrici

β_n	0,7	[mm/min]
t	60	[min]
d char,n	42	[mm]
k0	1	-
d0	7	[mm]
d ef	49	[mm]
b	98	[mm]
h	49	[mm]

Trave principale di copertura

Dimensioni del profilo		Dimensioni reagenti	
b	h	b fuoco	h fuoco
360	880	262	831

Verifica a flessione		Verifica a taglio	
combinazione I	9,023	Td	80,129
combinazione II	8,969	τd	0,552
I	17,76	Taglio	2,7
Md	355,77	ffiv	3,105
Wy	30154497		
σ myd	11,798	σ myd < ffim	Verificato
Flessione	24	τd <ffiv	Verificato
ffim	27,6		

Trave principale del solaio

Dimensioni del profilo		Dimensioni reagenti	
b	h	b fuoco	h fuoco
400	960	302	911

Verifica a flessione		Verifica a taglio	
combinazione I	9,024	Td	65,692
combinazione II	8,993	τd	0,3582
I	14,56	Taglio	2,7
Md	239,117	f_{fiv}	3,105
Wy	41772690,33		
σ_{myd}	5,724	$\sigma_{myd} < f_{fim}$	Verificato
Flessione	24	$\tau_d < f_{fiv}$	Verificato

Pilastro centrale

Dimensioni del profilo		Dimensioni reagenti		Verifica a compressione		
b	h	b fuoco	h fuoco	σ_{myd}	82,964	non verificato
180	180	82	82	resistenza	3,928	
280	280	182	182	σ_{myd}	16,841	verificato
				resistenza	0,797	

Pilastro laterale senza puntone

Dimensioni del profilo		Dimensioni reagenti		Verifica a presso-flessione	
b	h	b fuoco	h fuoco	tensione	0,665
460	300	362	251	resistenza	1

Pilastro laterale con puntone

Dimensioni del profilo		Dimensioni reagenti		Verifica a presso-flessione	
b	h	b fuoco	h fuoco	tensione	0,976
640	460	542	411	resistenza	1

5.2.10 I CONTROVENTI

La stabilizzazione e il controventamento sono sistemi di primaria importanza nella progettazione di una costruzione in legno: essi intervengono in maniera assai rilevante nella concezione strutturale del progetto e, quindi, anche nella sua caratterizzazione formale. Nella maggior parte dei casi si può affermare che una struttura in legno senza alcun tipo di accorgimento per la propria stabilità se sottoposta a carichi trasversali, anche di modesta entità, presenta deformazioni non accettabili.

Gli accorgimenti costruttivi che rendono tale struttura rigida, nei confronti di tali azioni, sono definiti comunemente controventi o sistemi di controvento ed hanno la funzione di stabilizzare i sistemi strutturali. I sistemi di controvento sono pensati per resistere ad azioni esterne, generalmente orizzontali, che devono essere trasmesse alle fondazioni o ad altre parti dell'edificio, tra queste le principali azioni da considerare risultano essere il vento ed il sisma.

L'utilizzo di elementi di controvento per l'irrigidimento della struttura riveste una notevole importanza non solo durante la vita utile dell'organismo edilizio, ma anche e soprattutto durante le fasi di montaggio della struttura stessa. D'altra parte, l'utilizzo do pannelli prefabbricati per la realizzazione delle chiusure verticali dell'edificio, non elimina la necessità di controventare la struttura. Questo perche innanzitutto non vi è la certezza completa che l'apporto di questi elementi, in termini di controventatura, sia adeguato alle necessità,e secondariamente, perché bisognerebbe garantire, per l'assolvimento di questa funzione, una particolare perizia nel fissaggio di questi elementi al telaio strutturale.

Per la natura dell'edificio, caratterizzato da una forte prefabbricazione degli elementi, nonché da una notevole leggerezza dei materiali costituenti la pareti, si è deciso di evitare la costruzione di nuclei rigidi in calcestruzzo armato cui attribuire questa funzione, eccetto per il corpo entrale dell'ascensore. Si è preferito a questo sistema un sistema di controventatura diffusa, possibile grazie all'utilizzo di elementi in acciaio, ossia trefoli di diversi spessori, in base alle diverse necessità. Si è deciso di collocare verticalmente tre controventi, uno in ogni lato dell'edificio in modo non continuo, così da dare stabilità alla struttura in ogni lato. I controventi che andremo ora a dimensionare sono:

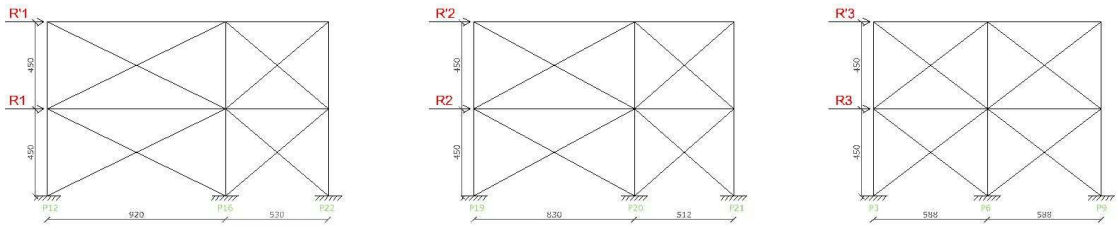


Figura 5.2.11.6.1.a Controventi verticali

5.2.10.1 Il vento

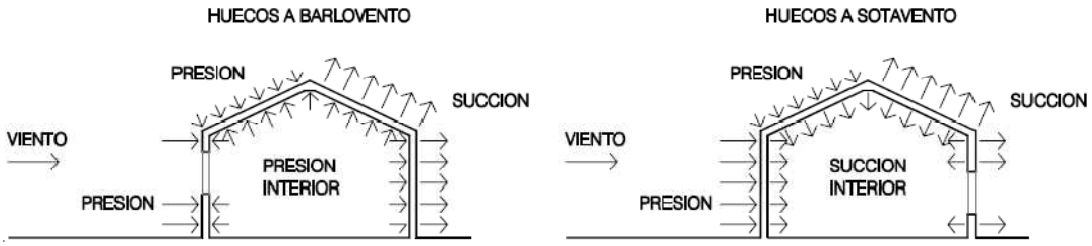


Figura 5.2.11.6.1.a Pressione del vento

La normativa spagnola fornisce il procedimento di calcolo per definire la pressione del vento, sulla base dei coefficienti in essa riportati, fra cui anche il coefficiente di forma; come anticipatamente riportato si sono eseguiti i calcoli per la determinazione della pressione, sia per la componente di spinta frontale che per la componente sottovento di suzione. Nel nostro caso essendo la copertura orizzontale si annullano le componenti di spinta legate alle falde di copertura. La determinazione di spinta effettiva del vento è stata quindi determinata a partire dal valore di normativa andando a sommare la componente di sopravento con la componente di sottovento.

Generalmente, per un edificio a base rettangolare, il carico del vento viene considerato in due direzioni tra di esse perpendicolari agenti sulle due facce dell'edificio; nel nostro caso avendo però un edificio a base pressoché triangolare si è dovuto determinare il vento in due direzioni principali e considerarlo come carico agente nel baricentro del rettangolo circoscritto al triangolo di base.
Sono state così individuate due forze di vento, una proveniente da Sud e l'altra da Ovest, considerandole agenti sulle due facciate perpendicolari di tale rettangolo appena individuato e, tramite l'equilibrio delle forze orizzontali si sono determinate le forze agenti su ogni controvento.

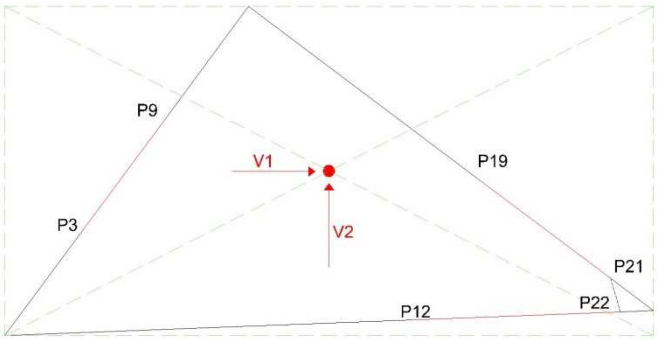


Figura 5.2.11.6.1.b Forze orizzontali del vento

Ponendoci in ogni vertice del triangolo si è impostato l'equilibrio delle forze, andando a determinare la forza agente su ogni controvento determinata dal carico di vento V1 e successivamente V2; si è individuata la maggior forza agente su ogni controvento, utilizzata successivamente per il suo dimensionamento. Tale calcolo è stato svolto due volte, considerando il vento all'interpiano e considerando quello in copertura, così da andare a determinare le forze agenti a livello 4,5m e a livello 9m.

Le forte individuate per ogni controvento e per ogni altezza sono:

Vento da Sud			Vento da Ovest		
Controvento P12_P22					
df1	6,62	m	df1	13,41	m
d1	26,03	m	d1	26,03	m
F1	226,75	kN	F1	149,63	kN
F1'	113,375	kN	F1'	74,815	kN
R1	57,67	kN	R1	77,09	kN
R1'	28,83	kN	R1'	38,54	kN
Controvento P3_P9					
df2	26,6	m	df2	11,37	m
d2	41,45	m	d2	41,45	m
F1	226,75	kN	F1	149,63	kN
F1'	113,375	kN	F1'	74,815	kN
R2	145,51	kN	R2	41,04	kN
R2'	72,76	kN	R2'	20,52	kN
Controvento P19_P21					
df3	26,6	m	df3	13,4	m
d3	34,45	m	d3	34,45	m
F1	226,75	kN	F1	149,63	kN
F1'	113,375	kN	F1'	74,815	kN
R3	175,08	kN	R3	58,20	kN
R3'	87,54	kN	R3'	29,10	kN

Sono state segante in verde le forze maggiore, quelle che andremmo successivamente a sommare al carico del sisma per determinare la forza totale agente sul controvento.

5.2.10.2 Il sisma

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.
Per la valutazione di tale forza si è fatti ricorso alla normativa spagnola, necessitando di dati topografici della zona; con riferimento alla NSCE. Tale norma al punto 3.7 riporta un procedimento semplificato di calcolo per la forza sismica; tale procedimento può essere applicato se si soddisfano le seguenti condizioni:

- Piani fuori terra minori di 20;
- Altezza dell'edifico fuori terra inferiore a 60 m;
- C'è regolarità geometrica in pianta e nell'alzato, con limitate sporgenze o rientranze;
- Sono presenti elementi verticali continui fino alle fonazioni, distribuiti in pianta in modo uniforma e senza molta differenza tra la loro rigidezza;
- C'è regolarità meccanica nella distribuzione delle rigidezze, delle resistenze e delle masse, in modo che il centro di gravità e di torsione di tutte le piante sono collocati, approssimativamente sulla stessa verticale;
- L'eccentricità del centro di massa che interviene nel calcolo sismico rispetto alla torsione è inferiore al 10% della dimensione della pianta dell'edificio in ognuna delle direzioni principali.

Essendo per il nostro caso tutte soddisfatte si procede con la determinazione della forza sismica statica equivalente F_{ik}come segue:

$$F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k$$

dove:

P_k= peso corrispondente alla massa m_k della pianta k definite come l'intera massa del peso proprio della struttura, le masse dei carichi permanenti e percentuale dei carichi variabili così definite:

- Sovraccarico di uso di edifici pubblici, uffici e commercio 0,6
- Sovraccarico d'uso di abitazioni, hotel e residenze 0,5
- Sovraccarico d'uso di magazzini e luoghi di spettacolo 0,6
- Carichi variabili di neve, se permane più di 30 giorni l'anno 0,5
- Carichi variabili d'uso di magazzini e archivi 1,0
- Carichi dovuti a partizioni interne ed esterne 1,0
- Piscine o grandi depositi di acqua 1,0

s_{ik} = è il coefficiente sismico adimensionale, corrispondente alla pianta k e l modo di oscillazione i, dato da:

$$s_{ik} = \left(\frac{a_c}{g}\right) \cdot \alpha_i \cdot \beta \cdot \mathfrak{y}_{ik}$$

con:

a_c = accelerazione sismica espressa in m/s² data da

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

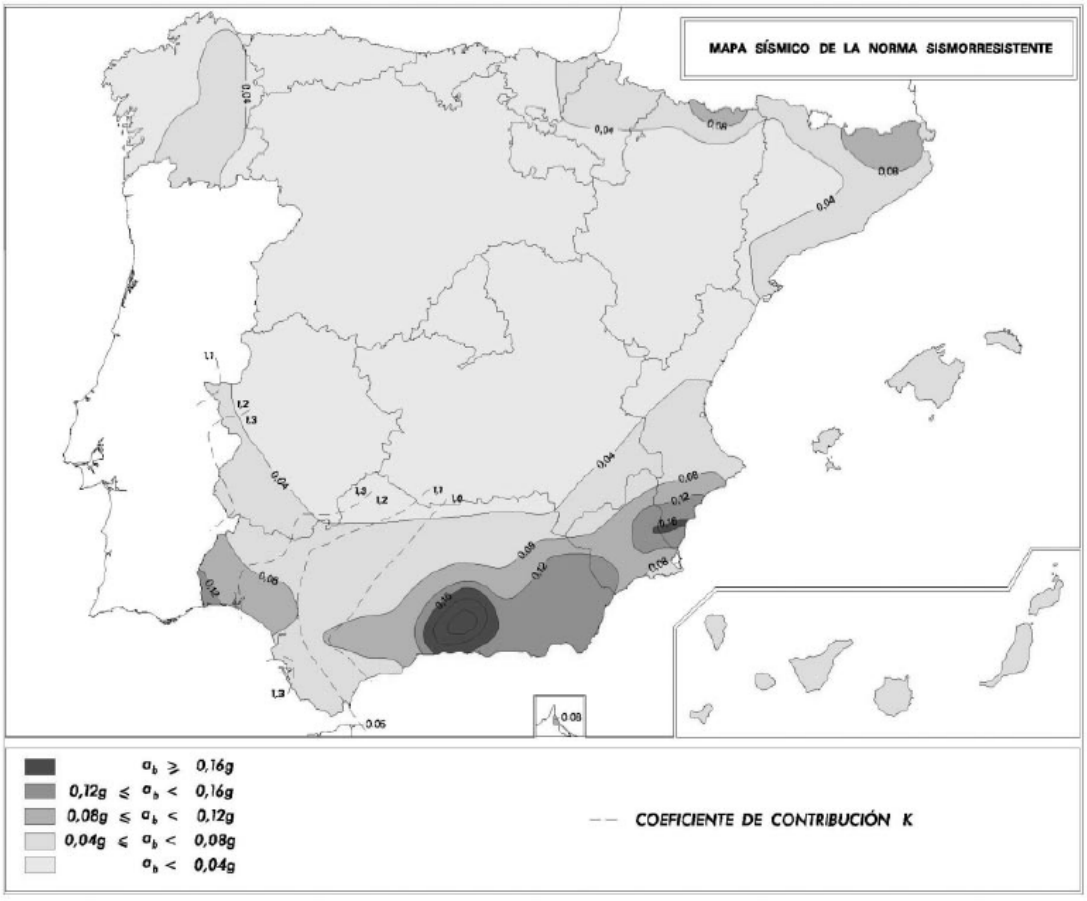
con

ρ=1

S = C/1,25 dove C è il coefficiente del terreno ricavato dalla tabella 2.1

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

a_b ricavato dall'immagine e tabella da normativa pari a 0,07/g



g = accelerazione di gravità

β= coefficiente di risposta pari a v/μ , dove v è il fattore di modificazione dello spettro in funzione all'ammortizzazione pari a $v = (5/\Omega)^{0,4}$ e μ è il coefficiente i comportamento per duttilità pari a 3 in funzione della tipologia strutturale



Figura 3.5.- Ejemplos de organizaciones estructurales que permiten un valor del coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 3$.

Tabla 3.1.
VALORES DEL COEFICIENTE DE RESPUESTA β

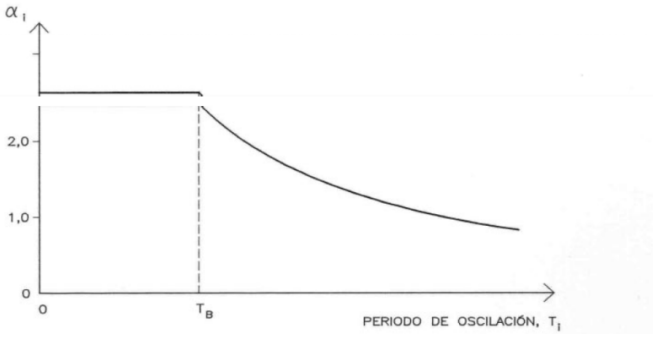
TIPO DE ESTRUCTURA	COMPARTIMENTACIÓN DE LAS PLANTAS	Ω (%)	COEFICIENTE DE COMPORTAMIENTO POR DUCTILIDAD			SIN DUCTILIDAD ($\mu = 1$)
			$\mu = 4$	$\mu = 3$	$\mu = 2$	
HORMIGÓN ARMADO O ACERO LAMINADO	Diáfana	4	0,27	0,36	0,55	1,09
	Compartimentada	5	0,25	0,33	0,50	1,00
MUROS Y TIPOS SIMILARES	Compartimentada	6	-	-	0,46	0,93

α_i = è il coefficiente pari a

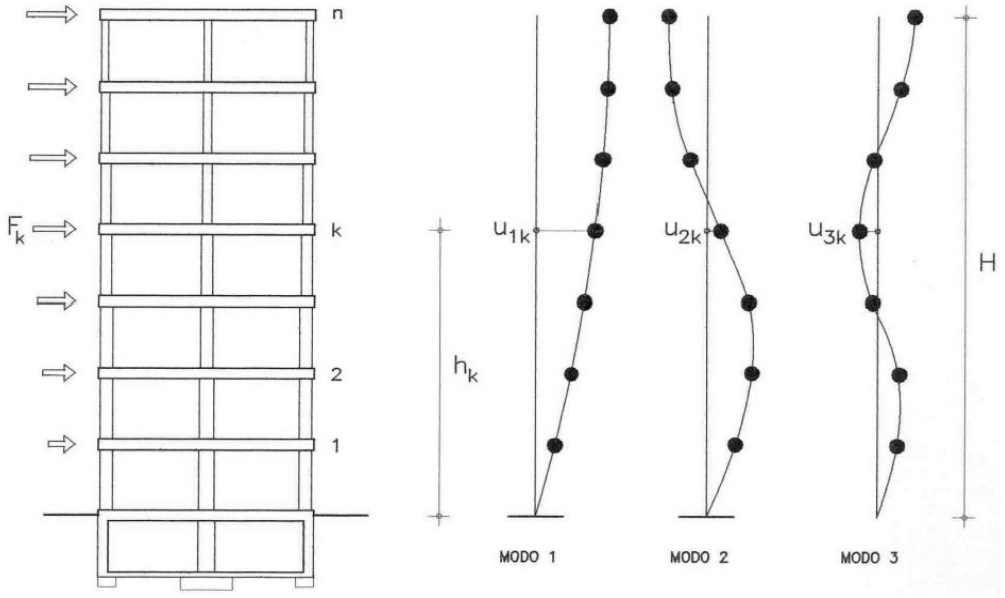
$T_i \leq T_b$ $\quad \alpha_i = 2{,}5$

$T_i > T_b$ $\quad \alpha_i = 2{,}5 \cdot (T_b/T_i)$

con T_i periodo considerato e T_b periodo caratteristico



η_{ik} = fattore di distribuzione corrispondente alla pianta k secondo il modo di oscillazione i



I modi sono individuati tramite le seguenti equazioni:

- MODO 1 : $T_F \leq 0{,}75\ s$
- MODO 2 : $0{,}75s < T_F \leq 0{,}75\ s$
- MODO 3: $T_F > 1{,}25\ s$

Per determinare il modo di oscillazione è necessario quindi, precedentemente determinare il periodo fondamentale T_f,necessario per l'individuazione del periodo di oscillazione; tale periodo dipende dalla tipologia strutturale dell'edificio; la struttura in legno non è contemplata, ma con buona approssimazione possiamo ricondurla a edifici in acciaio laminato con piani triangolati resistenti, e quindi:

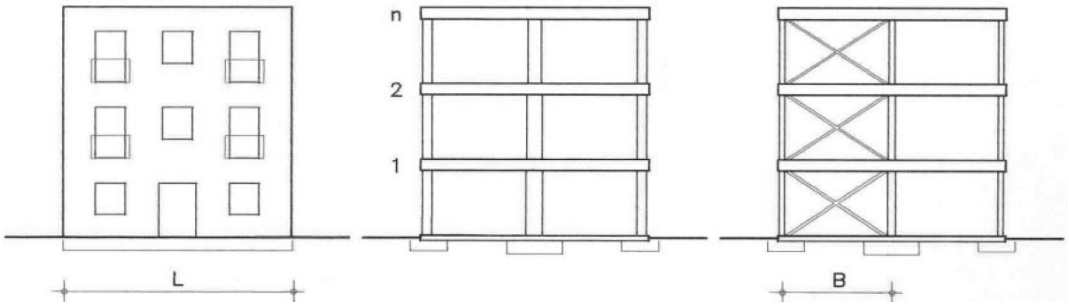
$$T_f = 0{,}085n\sqrt{\frac{H}{B+H}}$$

dove:

H = altezza dell'edificio fuori terra espressa in [m];

B = larghezza dei controventi;

n = numero di piani fuori terra;



Il carico P_1 e P_2 sono :

	m²	kN/m²	kN	coeff	tot [kN]
peso copertura	900	1,188	1069,2	1	1069,2
carico variabile copertura	900	0,5	450	0,5	225
peso travi secondarie copertura	854,32	0,146	124,7307	1	124,7307
peso travi principali copertura	296,6	1,2	355,92	1	355,92
				Totale	1374,851

	m²	kN/m²	kN	coeff	tot [kN]
solaio	415	0,587	243,605	1	243,605
pareti divisorie piano primo	415	1,6	664	1	664
chiusure	1110	0,676	750,36	1	750,36
carico variabile solaio	415	2	830	0,5	415
peso travi secondarie solaio	475,6	0,17	80,852	1	80,852
peso travi principali solaio	166,58	1,46	243,2068	1	243,2068
				Totale	2597,024

La forza orizzontale agente all'interpiano F_{i1} e la forza agente a livello della copertura così ottenuta F_{i2} sono:

a_b/g	0,07	-
k	1,1	-
a_b	0,686	m/s²
ρ	1	-
$a_b/g \cdot \rho$	0,07	-
C	1,6	-
S	1,28	-
a_c	0,878	m/s²
β	0,33	-
η_{i1}	1,13	-
η_{i2}		-
α_i	2,5	-

s_{i1}	0,084	-
p_{i1}	2597,03	kN
F_{i1}	220,28	kN

s_{i2}	0,082	-
p_{i2}	1374,85	kN
F_{i2}	109,21	kN

A differenza della forza orizzontale del vento, questa forza sismica viene applicata, non più al baricentro del rettangolo circoscritto, bensì al baricentro dello stesso triangolo; come per il vento si procede ora alla determinazione delle forze agenti su ogni controvento sia a livello del solaio che a quello della copertura per entrambe le forze S1 ed S2.

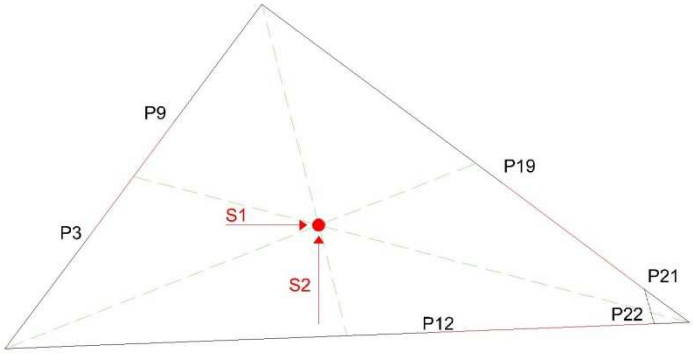


Figura 5.2.11.6.1a Forze orizzontali del sisma

Le forze agenti ottenute vengono riportate nella tabella seguente, mettendo in evidenza le forze maggiori agenti in ogni punto, che andranno sommate a quelle del vento precedentemente individuate.

Sisma da Sud				Sisma da Ovest		
Controvento P12_P22						
df1	4,41	m		df1	17,02	m
d1	26,03	m		d1	26,03	m
F1	220,28	kN		F1	220,28	kN
F1'	110,14	kN		F1'	110,14	kN
R1	37,32	kN		R1	144,03	kN
R1'	18,66	kN		R1'	72,02	kN
Controvento P3_P9						
df2	28,81	m		df2	7,58	m
d2	41,45	m		d2	41,45	m
F1	220,28	kN		F1	220,28	kN
F1'	110,14	kN		F1'	110,14	kN
R2	153,11	kN		R2	40,28	kN
R2'	76,55	kN		R2'	20,14	kN
Controvento P19_P21						
df3	24,4	m		df3	9,62	m
d3	34,45	m		d3	34,45	m
F1	220,28	kN		F1	220,28	kN
F1'	110,14	kN		F1'	110,14	kN
R3	156,02	kN		R3	61,51	kN
R3'	78,01	kN		R3'	30,76	kN

5.2.10.3 Carichi agenti

Sommando le forze orizzontali siamo ora a conoscenza del carico agente su ogni controvento; riportiamo di seguito le caratteristiche geometriche dei controventi e le azioni agenti su di essi.

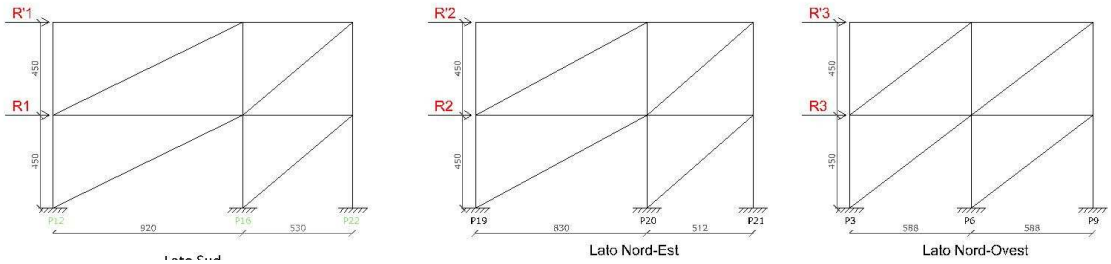
Valore di pressione del vento e interasse tra i pilastri			
Pressione del vento	q_v	1000	[N/m²]
Interasse pilastro P12_P16	l_{pil_1}	9,20	[m]
Interasse pilastro P16_P22	l_{pil_2}	5,30	[m]
Interasse pilastro P3_P6	l_{pil_5}	5,88	[m]
Interasse pilastro P6_P9	l_{pil_6}	5,88	[m]
Interasse pilastro P19_P20	l_{pil_3}	8,3	[m]
Interasse pilastro P20_P21	l_{pil_4}	5,12	[m]
Altezza pilastri	h_{pil}	9	[m]

Carichi distribuiti agenti sui pilastri			
R1 a 4,5 m	r_{v1}	221,12	[KN]
R'1 a 9 m	r'_{v1}	110,56	[KN]
R2 a 4,5 m	r_{v2}	298,62	[KN]
R'2 a 9 m	r'_{v2}	149,31	[KN]
R3 a 4,5 m	r_{v3}	331,10	[KN]
R'3 a 9 m	r'_{v3}	165,55	[KN]

5.2.10.4 Utilizzo del software e analisi dei risultati

Si è fatto ricorso ad un software per individuare le azioni agenti su ogni asta di ogni controvento; l'utilizzo di questo programma ha permesso di sveltire il procedimento di analisi, di fatto evitando di dover svolgere manualmente i calcoli per la determinazione del valore delle azioni negli elementi. L'analisi è comunque stata svolta elemento per elemento, è praticamente in tutto e per tutto uguale all'esecuzione manuale dei calcoli; tale analisi ci ha fornito già le deformate di ogni elemento, rendendo più rapida ed immediata l'individuazione delle parti più sollecitate.

Nel software è sono stati impostati i telai di controvento eliminando le parti compresse, al fine di massimizzare lo sforzo generato nei tiranti, come mostrato in figura:



Sulla base dei valori di sollecitazione forniti dal software, si è provveduto al dimensionamento degli elementi strutturale al fine di poter determinare, una volta note le sezioni definitive, i valori di spostamento associati all'azione del vento e del sisma. Di seguito si riportano i valori di sollecitazione per gli elementi del nucleo rigido, utilizzati per lo svolgimento delle verifiche, con riferimento sia alla quota 4,5m, corrispondente al primo solai, sia a 9m altezza intera dell'edificio.

P12_P22			
Diagonale teso parte superiore	$N_{ed,max}$	105,4	[kN]
Diagonale teso parte inferiore	$N_{ed,max}$	249,9	[kN]
Pilastro	$N_{ed,max}$	-101,8	[kN]
Trave tesa copertura	$N_{ed,max}$	-110,7	[kN]
Trave tesa solaio	$N_{ed,max}$	-234,8	[kN]

P3_P9			
Diagonale teso parte superiore	$N_{ed,max}$	155,3	[kN]
Diagonale teso parte inferiore	$N_{ed,max}$	348,8	[kN]
Pilastro	$N_{ed,max}$	-223,4	[kN]
Trave tesa copertura	$N_{ed,max}$	-149,5	[kN]
Trave tesa solaio	$N_{ed,max}$	-322,2	[kN]

P19_P21			
Diagonale teso parte superiore	$N_{ed,max}$	179,6	[kN]
Diagonale teso parte inferiore	$N_{ed,max}$	362,9	[kN]
Pilastro	$N_{ed,max}$	-272,4	[kN]
Trave tesa copertura	$N_{ed,max}$	-165,8	[kN]
Trave tesa solaio	$N_{ed,max}$	-358,8	[kN]

5.2.10.5 Verifiche sugli elementi

Le verifiche svolte sulla base delle azioni fornite del software sono principalmente di due tipi. In primo luogo si è provveduto al dimensionamento e alla verifica dei tiranti, seguendo dunque la

normativa in termini di verifica a trazione, sia per quanto riguarda gli elementi in acciaio, ossia i trefoli, sia gli elementi in legno, in quanto in copertura e sul solaio verranno realizzati controventi con puntoni lignei. Un secondo tipo di verifica è stato svolto sugli elementi già dimensionati e verificati, per i quali però non era stata considerata la trazione dovuta alle forza del vento. Rispetto a questi si è cercato di capire se fossero adeguatamente dimensionati al fine di sopportare anche le azioni causate del vento. In questo senso sono state operate verifiche di tensoflessione o pressoflessione, a seconda del tipo di sollecitazione agente sull'elemento.

Verifica a sola trazione sugli elementi in acciaio

La verifica a trazione su elementi in acciaio assume la seguente forma:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

dove:

- N_{Ed} rappresenta l'azione assiale di calcolo agente ;
- $N_{t,Rd}$ rappresenta la resistenza di calcolo a trazione del materiale, che si determina attraverso la formula:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_m}$$

dove:

- A = area della sezione resistente;
- f_{yk} = resistenza a trazione dell'acciaio;

Dimensionamento e verifica dei nuovi elementi introdotti; viene qui determinata un area minima di ogni trefolo affinché venga soddisfatta la verifica a trazione.

	Trefolo superiore			Trefolo inferiore		
P12_P22	fyk	1800	N/mm²	fyk	1800	N/mm²
	γm	1,15		γm	1,15	
	Ned2 SUP	105,4	kN	Ned2 INF	249,9	kN
	A	70	mm²	A	160	mm²
	Ntrd	109,565	kN	Ntrd	250,435	kN
	<1	0,962	VERIFICATO	<1	0,998	VERIFICATO

	Trefolo superiore			Trefolo inferiore		
P3_P9	f_{yk}	1800	N/mm²	f_{yk}	1800	N/mm²
	γ_m	1,15		γ_m	1,15	
	$N_{ed1\ SUP}$	155,3	kN	$N_{ed1\ INF}$	348,8	kN
	A	100	mm²	A	240	mm²
	N_{trd}	156,522	kN	N_{trd}	375,652	kN
	<1	0,992	VERIFICATO	<1	0,929	VERIFICATO

	Trefolo superiore			Trefolo inferiore		
P19_P21	f_{yk}	1800	N/mm²	f_{yk}	1800	N/mm²
	γ_m	1,15		γ_m	1,15	
	$N_{ed3\ SUP}$	179,6	kN	$N_{ed3\ INF}$	362,9	kN
	A	120	mm²	A	240	mm²
	N_{trd}	187,826	kN	N_{trd}	375,652	kN
	<1	0,956	VERIFICATO	<1	0,966	VERIFICATO

Verifica a pressoflessione su elementi in legno

Della verifica a pressoflessione si è già parlato in precedenze; relativamente ai pilastri; verranno di seguito riportate le verifiche a pressoflessione per le travi facenti parte dei corpi rigidi, le quali erano state dimensionate effettuando una verifica unicamente a flessione.

In riferimento alle azioni normali sopra citate andiamo a verificare le travi:

trave pressoinflessa in copertura P12_P16									
l	9410	SLU <1	0,66	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	360	iy	103,92		ky	1,046		ky	1,056
b [mm]	880	iz	254,03		kz	0,583		kz	0,593
Wy [mm³]	19008000	Io	6587		kc,y	0,782		kc,y	0,752
l [m]	9,41	λy	63,38		kc,z	1,010		kc,z	0,986
Nd [kN]	110,7	λz	25,93		leff	9410		<1	0,685
Td [kN]	26,40	λreal y	1,02		λreal m <0,75	0,132		<1	0,481
Md,y [kNm]	248,38	λreal z	0,42		kcrit y <1	0,683		<1	0,453
o m,y	13,07	βc	0,1		kcrit z <1	0,480			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	0,35								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa al solaio P12_P16									
l	10240	SLU <1	0,65	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	400	iy	115,47		ky	0,942		ky	0,952
b [mm]	960	iz	277,13		kz	0,567		kz	0,577
Wy [mm³]	25600000	lo	6587		kc,y	0,866		kc,y	0,830
l [m]	10,24	λy	57,05		kc,z	1,014		kc,z	0,990
Nd [kN]	234,8	λz	23,77		leff	9410		<1	0,692
Td [kN]	35,10	λreal y	0,92		λreal m <0,75	0,127		<1	0,490
Md,y [kNm]	330,28	λreal z	0,38		kcrit y <1	0,690		<1	0,457
o m,y	12,90	βc	0,1		kcrit z <1	0,489			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	0,61								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa in copertura P19_P20									
l	8300	SLU <1	0,81	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	360	iy	103,92		ky	0,924		ky	0,934
b [mm]	880	iz	254,03		kz	0,561		kz	0,571
Wy [mm³]	19008000	lo	5810		kc,y	0,879		kc,y	0,842
l [m]	8,3	λy	55,91		kc,z	1,016		kc,z	0,992
Nd [kN]	165,8	λz	22,87		leff	8300		<1	0,845
Td [kN]	36,81	λreal y	0,90		λreal m <0,75	0,124		<1	0,597
Md,y [kNm]	305,53	λreal z	0,37		kcrit y <1	0,843		<1	0,685
o m,y	16,07	βc	0,1		kcrit z <1	0,596			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	0,52								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa al solaio P19_P20									
l	8300	SLU <1	0,26	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	400	iy	115,47		ky	0,843		ky	0,853
b [mm]	960	iz	277,13		kz	0,549		kz	0,559
Wy [mm³]	25600000	lo	5810		kc,y	0,927		kc,y	0,891
l [m]	8,3	λy	50,32		kc,z	1,019		kc,z	0,996
Nd [kN]	358,8	λz	20,97		leff	8300		<1	0,313
Td [kN]	15,48	λreal y	0,81		λreal m <0,75	0,120		<1	0,231
Md,y [kNm]	128,48	λreal z	0,34		kcrit y <1	0,311		<1	0,118
o m,y	5,02	βc	0,1		kcrit z <1	0,230			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	0,93								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa in copertura P3_P6									
l	5880	SLU <1	0,12	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	360	iy	103,92		ky	0,710		ky	0,720
b [mm]	880	iz	254,03		kz	0,522		kz	0,532
Wy [mm³]	19008000	lo	4116		kc,y	0,978		kc,y	0,948
l [m]	5,88	λy	39,61		kc,z	1,026		kc,z	1,004
Nd [kN]	149,5	λz	16,20		leff	5880		<1	0,150
Td [kN]	7,76	λreal y	0,64		λreal m <0,75	0,104		<1	0,112
Md,y [kNm]	45,64	λreal z	0,26		kcrit y <1	0,149		<1	0,042
o m,y	2,40	βc	0,1		kcrit z <1	0,111			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	0,47								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa al solaio P3_P6									
l	5880	SLU <1	3,01	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	160	iy	46,19		ky	1,574		ky	1,584
b [mm]	280	iz	80,83		kz	0,851		kz	0,861
Wy [mm³]	1194666,667	lo	4116		kc,y	0,450		kc,y	0,443
l [m]	5,88	λy	89,11		kc,z	0,923		kc,z	0,886
Nd [kN]	322,2	λz	50,92		leff	5880		<1	3,773
Td [kN]	11,44	λreal y	1,43		λreal m <0,75	0,218		<1	2,453
Md,y [kNm]	67,25	λreal z	0,82		kcrit y <1	3,758		<1	8,495
o m,y	56,29	βc	0,1		kcrit z <1	2,434			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	7,19								
$f_{c,0d}$	17,28								

Trave pressoinflessa al solaio P3_P6									
l	5880	SLU <1	0,77	documento Nicole	λ^real	0,500	EN 1995:2004	λ^real	0,3
h [mm]	360	iy	103,92		ky	0,710		ky	0,720
b [mm]	220	iz	63,51		kz	1,070		kz	1,080
Wy [mm³]	4752000	lo	4116		kc,y	0,978		kc,y	0,948
l [m]	5,88	λy	39,61		kc,z	0,761		kc,z	0,733
Nd [kN]	322,2	λz	64,81		leff	5880		<1	0,961
Td [kN]	11,44	λreal y	0,64		λreal m <0,75	0,417		<1	0,820
Md,y [kNm]	67,25	λreal z	1,04		kcrit y <1	0,953		<1	0,828
o m,y	14,15	βc	0,1		kcrit z <1	0,808			
$f_{m,y,d}$	19,87	E0,05	9400						
o c,0,d	4,07								
$f_{c,0d}$	17,28								

5.2.11 NODI STRUTTURALI

Scendendo più nel dettaglio dal punto di vista costruttivo, si è proceduto ad analizzare i nodi di collegamento fra gli elementi strutturali, con riferimento alle casistiche più diffuse all'interno del progetto. In particolare sono tre le soluzioni tipo prese in esame:

- Il fissaggio della trave principale al pilastro;
- Il fissaggio della trave secondaria alla primaria;
- Il fissaggio a terra del pilastro.

Per le prime due soluzioni è stata dimensionata sia la piastra sul primo elemento che quella sul secondo, calcolandone i bullono necessari e verificandone la loro esistenza; è stata inoltre verificata la saldatura della piastra.

5.2.11.1 Tipologie di collegamento adottate

Le tecniche di connessione tra gli elementi lignei, comunemente adottate, possono differenziarsi sia per tipo di sollecitazione cui vengono sottoposte in fase di esercizio, si per i materiali utilizzati per la loro realizzazione. La distinzione più comune è tra le seguenti tipologie:

- Unioni tradizionali della carpenteria lignea realizzate attraverso la lavorazione delle superfici di contatto; in tali unioni le sollecitazioni si trasmettono direttamente tramite sforzi do compressione;
- Unioni meccaniche di tipo moderno, nelle quali la trasmissione degli sforzi avviene non in maniera diretta, ma attraverso l'inserimento di elementi metallici eventualmente con la presenza di colla.

Le unioni meccaniche di tipo moderno possono a loro volta essere suddivise in funzione della tipologia di connettore adottata:

- Connettori metallici a gambo cilindrico;
- Connettori metallici di superficie.

All'interno della seconda tipologia di unioni si colloca la scelta di progetto, in particolare si è scelto di operare utilizzando connettori metallici a gambo cilindrico, in particolare spinotti e viti da legno. Spinotti e viti sono elementi di collegamento cilindrici in acciaio, a superficie liscia o parzialmente filettata, di diametro variabile, comunque compreso tra 8 e 30 mm, il cui

comportamento presenta analogie e differenze, quest'ultime soprattutto legate alle fasi di montaggio.

Gli spinotti sono elementi lisci generalmente dotati di una leggera rastremazione agli estremi, per facilitare l'inserimento nel legno, che deve avvenire a forza, dal momento che la normativa prescrive esplicitamente che i fori nel legno siano esattamente della stessa misura del diametro dello spinotto. Eventuali piastre in acciaio devono invece avere fori pari al diametro dello spinotto aumentati di 1 mm.
La normativa fornisce delle prescrizioni molto attente sulla modalità di fornitura degli elementi e sulle tempistiche di posa in opera, al fine di evitare il pericolo di danneggiamento dell'unione prima ancora che possa essere entrata in funzione.
Le viti da legno sono invece mezzi d'unione caratterizzati da un comportamento intermedio tra quello dei chiodi e degli spinotti. Le normative stesse riconoscono di adottare per le viti gli stessi accorgimenti previsti per chiodi, per diametri normali inferiori a 8 mm e per gli spinotti per diametri normali superiori.
Le viti sono caratterizzate da una testa di diverse forme e da un gambo di lunghezza variabile. Quest'ultimo è formato da una parte liscia e una filettata, la cui parte più larga raggiunge la larghezza del gambo, mentre la più stretta presenta il 70% della larghezza. La parte filettata in genere rappresenta più della metà dell'intero gambo.
Le peculiarità delle viti risiedono nella loro capacità di resistere ad estrazione, grazie al contributo fornito dalla filettatura, e di riuscire a garantire il contatto tra gli elementi, più di quanto non siano in grado di fare gli spinotti. La profondità d'infissione dell'elemento è variabile ma di norma non può essere inferiore a 4 volte il diametro del gambo. L'inserimento delle viti deve avvenire a seguito di un'operazione di preforatura e tramite l'utilizzo dell'avviatore. Le norme ben definiscono le modalità di preforatura, affinché questa venga svolta correttamente. Il valore del momento di snervamento si calcola con la medesima formula prevista per gli spinotti, con l'unica differenza che, per lunghezze della parte liscia del gambo inferiori a 4 volte il diametro tale valore deve essere ridotto del 10%.

5.2.11.2 Teoria di Johansen

La teoria di Johansen , nonostante alcune debolezze conosciute, ma accettate, definisce le linee guida per la progettazione e la verifica delle connessioni eseguite mediante l'utilizzo di connettori a gambo cilindrico. Essa si fonda sulla concezione che i principali meccanismi di rottura associati all'utilizzo di connettori a gambo cilindrico, sono costituiti da fenomeni di rifollamento di una delle parti lignee connesse e di snervamento a flessione del gambo del connettore metallico, con formazione di una o più cerniere plastiche. La resistenza a

rifollamento del legno dipende dalla specie legnosa utilizzata, è una caratteristica meccanica che definisce la situazione di sforzo limite generata dallo schiacciamento localizzato delle fibre legnose, per effetto del carico concentrato del connettore sulle pareti del foro di alloggiamento, con conseguente ovalizzazione dello stesso e perdita quindi di funzionalità da parte della connessione. Da queste considerazioni derivano le equazioni della capacità portante delle unioni, definite avendo come ipotesi di base un comportamento rigido plastic per entrambi i materiali. Le equazioni di Johansen, riportate all'interno delle normative vigenti, definiscono la resistenza caratteristica delle unioni acciaio-legno e legno-legno; distinguendo tra quelle a uno o a due piani di taglio. I valori espressi dalle equazioni si riferiscono al singolo mezzo d'unione e al singolo piano di taglio, e sono valori di tipo caratteristico, a partire dai quali si deve procedere alla determinazione del corrispettive valore di progetto, tenendo in considerazione la durata del carico agente e il tipo di materiale attraverso gli appositi coefficienti già introdotti e forniti dalla normativa. I valori caratteristici forniti dalla teoria di Johansen si riferiscono a tre modalità distinte di rottura:

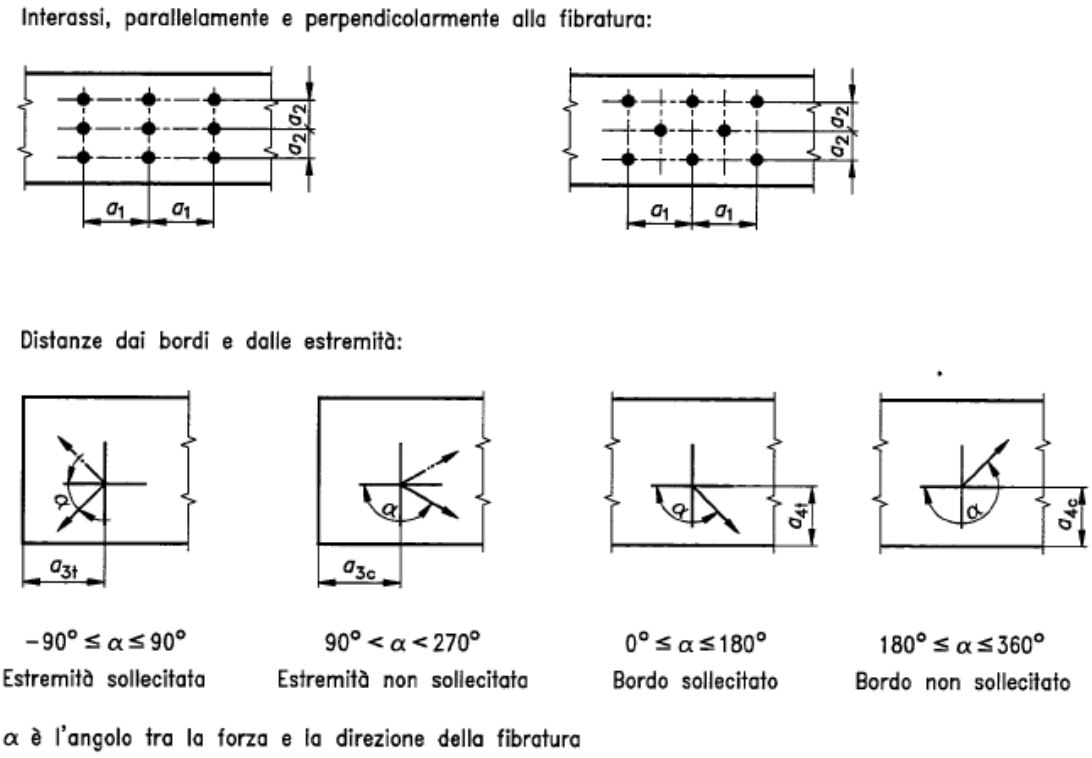
- Modo I: rifollamento di una delle parti lignee connesse;
- Modo II e III: rifollamento di una delle parti lignee connesse e contemporaneo snervamento del connettore metallico, con formazione di una o più cerniere plastiche.

5.2.11.3 Limitazioni della teoria

I limiti proposti dalla teoria di Johansen, come già in precedenza accennato, sono soprattutto legati all'idea di base su cui essa si basa, essendo concepita per un collegamento realizzato con un elemento a gambo cilindrico inserito nel legno a sufficiente distanza dai bordi e dall'estremità dell'elemento ligneo stesso, in modo da poter effettivamente sviluppare il comportamento teorico rigido-plastico peri i materiali coinvolti. Quindi tale modello non può tenere in considerazione alcune modalità di collasso, in particolare della parte lignea, associate all'insorgere nel legno di tensioni ortogonali alla direzione della fibratura, e che possono determinare meccanismi di rottura fragili. Tali meccanismi sono responsabili quindi di collassi strutturali a valori inferiori a quelli previsti dal modello di Johansen. Differenti provvedimenti vengono assunti, nelle diverse normative di calcolo, al fine di evitare modalità di collasso fragile del tipo di quelle appena presentate.

Al fine di prevenire le modalità di rottura fragile, ed in particolare la fenditura e l'estrazione di uno o più tasselli di legno in corrispondenza dei singoli connettori, si fissano valori minimi di distanze dei connettori dalle estremità e dai bordi degli elementi, e valori di spaziatura dei mezzi singoli allineati nella direzione di fibratura o ortogonalmente ad essa. Per prevenire modalità di rottura quali lo strappo di parte dell'elemento in corrispondenza di un gruppo di connettori vengono descritte formulazioni specifiche nel documento normativo EN 1995. Nel caso invece di rottura dell'elemento ligneo per trazione esso è implicitamente considerato quando si effettua

la verifica a trazione nella “sezione netta” dell’elemento. Inoltre per impostare correttamente le spaziature tra gli elementi di collegamento non si deve trascurare il cosiddetto “effetto gruppo”.
Un'altra grande limitazione è legata al metodo stesso di analisi: il modello è in grado di predire, nelle ipotesi fatte, il carico limite a rottura, ma non può fornire alcuna indicazione sulla deformabilità del collegamento, né, conseguentemente, sulla proprietà di rigidezza e di duttilità del collegamento. Verrà ora riportata l’immagine da normativa che chiarifica il minimo delle distanze tra elementi di collegamento e bordi ed estremità.



5.2.11.4 Dimensionamento e verifiche sugli spinotti e sulle viti

Il procedimento di dimensionamento e verifica dell’unione si fonda sulla scelta del meccanismo di trasmissione degli sforzi da utilizzare, senza la conoscenza del quale non è possibile eseguire l’approccio fornito dalla teoria di Johansen e procedere nelle fasi di calcolo. Tale scelta prevede la definizione dei mezzi d’unione e del tipo di piastra da utilizzare. Nel caso di progetto si è pensato di utilizzare una piastra a T sia per l’unione trave principale – trave secondaria, sia per l’unione trave principale – pilastro.
Nel primo caso risulta bullonata al pilastro e viene inserita in un apposito intaglio nella mezzaria della trave principale; ugualmente avviene nel secondo caso, dove la piastra è bullonata alla trave principale e inserita in mezzaria nell’intaglio della trave secondaria.
La definizione di questi paramenti permette di procedere al calcolo della resistenza caratteristica dell’unione in funzione delle possibili modalità di rottura. In particolare per il tipo di

piastra scelto , si riscontrano unioni a uno piano di taglio, nel primo caso nel pilastro mentre nel secondo nella trave principale, e invece unioni a due piani di taglio, per il primo caso, sulla trave principale, mentre nel secondo sulla secondaria.
Il procedimento di verifica dell'unione si divide così in due parti:

- Dimensionamento e verifica dell'unione a un piano di taglio eseguito con viti da legno;
- Dimensionamento e verifica dell'unione a due piani di taglio realizzato con spinotti.

La resistenza caratteristica dell'unione si determina attraverso le formule della teoria di Johansen come segue:

- resistenza caratteristica a rifollamento dell'unione:

$$f_{h,k} = 0{,}082 \cdot (1 - 0{,}01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

- Momento caratteristico di snervamento del connettore per viti:

$$M_{y,k} = 0{,}9 \cdot 0{,}08 f_{u,k} \cdot d^3$$

- Momento caratteristico di snervamento del connettore per spinotti:

$$M_{y,k} = 0{,}08 f_{u,k} \cdot d^3$$

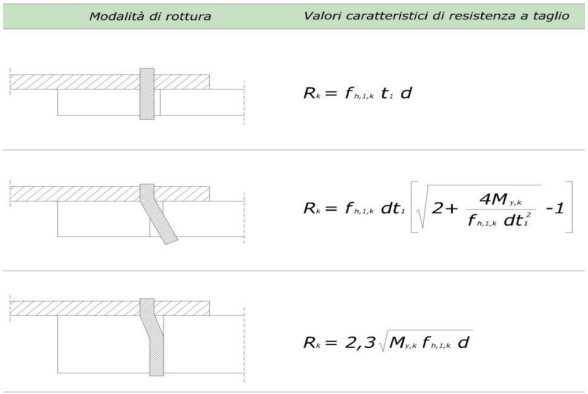
Dalla resistenza caratteristica di rifollamento dell'unione e possibile poi calcolare il coefficiente β dato da

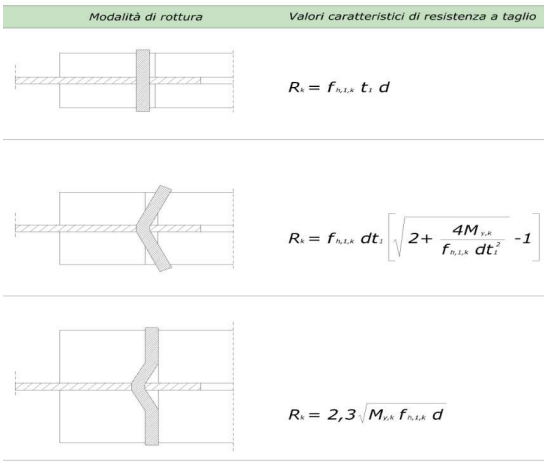
$$\beta = \frac{f_{h,1}}{f_{h,2}}$$

La determinazione del valore di resistenza caratteristica, per singolo piano di taglio e singolo mezzo d'unione, permette di ricavare il valore di resistenza di progetto da associare al singolo connettore. La resistenza caratteristica a taglio R_k è legata a:

- modalità di rottura e se vi sono uno o due pini di taglio
- piani di taglio (se uno o due);
- spessore delle piastre;
- posizione delle piastre.

Nel caso di progetto le piastre saranno di tipo spesso, ossia $t > d$, dove t è lo spessore della piastra mentre d il diametro del collegamento; riportiamo di seguito i valori di resistenza caratteristica a taglio relative alle nostre condizioni di progetto.





Si arriva a determinare la resistenza caratteristica minima con la quale è poi possibile determinare la resistenza del singolo elemento e dello sforzo esterno agente,R_d ; dato dalla formula già in precedenza citata:

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_m}$$

Si determina successivamente la resistenza di progetto della connessione, dopo aver determinato il numero efficace di connettori:

$$R_{d,conn} = R_d \cdot n\ piani\ di\ taglio$$

$$n_{R,eff} \geq \frac{N_d}{2\ R_{d,conn}}$$

Vi è inoltre come precedentemente esposto anche un numero minimo di elementi connettori allineati, tale valore è fornito dalla seguente formula:

$$n > \left[\sqrt[4]{\frac{10d}{a_1}} \cdot n_{R,eff}\right]^{1/0,9}$$

5.2.11.5 Dimensionamento e verifiche sulle piastre

La teoria di Johansen, introducendo all'interno delle formule, o parametri relativi al connettore utilizzato, si mostra già cautelativa nei confronti di un possibile collasso dell'unione per rottura del connettore. Non sono stato pertanto svolte delle verifiche di tranciamento , tuttavia ulteriori verifiche sono state condotte sulle piastre in acciaio, al fine di garantire il corretto funzionamento.
Le verifiche effettuate sulle piastre sono due:

- Verifica a rifollamento
- Verifica della saldatura

La prima mira a scongiurare il pericolo di ovalizzazione del foro della piastra per azione concentrata del carico sostenuto dal bullone. Il valore della tensione di rifollamento sulla piastra è dato dalla formula:

$$\sigma_{rif} = \frac{V}{t \cdot d}$$

dove:
V = taglio agente sulla singola asola;
t = spessore della piastra;
d = diametro dell'asola.

La resistenza a rifollamento della piastra è data invece da:

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

dove α è dato da:

$$\alpha = \min\left\{\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right\}$$

La piastra a T risulta formata da due piastre del medesimo spessore, saldate una all'altra. Per questo motivo è necessario svolgere una verifica alla saldatura, in relazione al tipo di sforzo qui è soggetta la piastra. Nei casi progetto analizzati la saldatura è sottoposta ad azioni di flessione e di taglio, dunque alla trasmissione di carico da un elemento strutturale all'altro. In particolare, per la natura della piastra e dall'esecuzione della saldatura, la situazione di progetto è rappresentativa del caso di saldatura a cordoni frontali longitudinali. Nel caso in esame, la sezione resistente agisce nel piano verticale, ed è costituita da due distinte sezioni rettangolari corrispondenti alla sezione di gola di ogni cordone, di altezza h e lunghezza a.

Le tensioni ottenute ribaltando le sezioni sul piano y-z, e dunque rispettivamente all'azione del taglio e della flessione sono paria a :

$$\tau_{//} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot h}$$

$$\sigma_{\perp max} = \frac{F \cdot L_b \cdot 3}{a \cdot h^2}$$

La verifica svolta in riferimento alle prescrizioni presenti all'interno della normativa italiana, impone come espressione limite di resistenza la seguente:

$$\left[\sigma^2{}_{\perp} + 3 \cdot \left(\tau^2{}_{\perp} + \tau^2{}_{//}\right)\right]^{0,5} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M^2}}$$

5.2.11.6 Dimensionamento delle unioni

5.2.11.6.1 Unione trave principale – pilastro

L'unione tra trave primaria e pilastro è costituita da una piastra a T, inserita all'interno di una fresatura in corrispondenza dell'asse di simmetria della trave primaria, nella quale risulta vincolata tramite l'utilizzo di spinotti in acciaio, e fissata al pilastro per mezzo di viti da legno a testa esagonale. L'unione è stata concepita con l'obbiettivo di risultare completamente inclusa all'interno del profilo strutturale, lasciando eventualmente in vista solamente gli spinotti. Questa scelta è legata alla volontà di non avere piastre esterne, visibili dagli ambienti, dal momento che la trave risulta a vista negli ambienti dell'edificio. La presenza di una fascia di rivestimento in legno, di spessore pari a quello minimo richiesto per garantire la resistenza al fuoco delle sezioni , fornirebbe alla piastra protezioni dall'incendio per il nodo.
Per motivi di sicurezza si ritiene comunque opportuno proteggere gli elementi in acciaio tramite l'utilizzo di vernici intumescenti, la cui applicazione risulta piuttosto semplice in ragione alla bassa resistenza, in termini di minuti, richiesta dalla normativa italiana per il tipo di edificio perso in esame.
In prima istanza si è proceduto ad ipotizzare le caratteristiche dei connettori ed a valutare, sulla base della teoria di Johansen, la resistenza caratteristica delle connessioni, valutata per singolo connettore e singolo piano di taglio. Questa operazione è stata svolta già ipotizzando di lavorare su un ben preciso tipo di connessione, ossia uno o due piani di taglio e sulla collocazione della piastra, ossia interna od esterna.

Caratteristiche geometriche e fisiche dei materiali utilizzati

Caratteristiche geometriche e fisiche			
Densità del materiale	ρ_k	380	kg/m³
Spessore trave primaria	sp_{tp}	400	mm
Spessore pilastro	sp_{pil}	180	mm
Coefficiente	k_{mod}	0,9	-
Coefficiente	γ_m	1,5	-

Dati relativi al connettore tra trave primaria e piastra			
Tipo di connettore		spinotto	
Classe del connettore		4,6	-
Diametro	d	12	mm
tensione di snervamento	$f_{y,k}$	240	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	400	N/mm²

Dati relativi al connettore tra pilastro e piastra			
Tipo di connettore		vite legno	
Classe del connettore		4,6	-
Diametro	d	14	mm
tensione di snervamento	$f_{y,k}$	240	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	400	N/mm²

Dati relativi alla piastra in acciaio			
Spessore della piastra	sp_{pias}	8	mm
Coefficiente	$\gamma_{m,b}$	1,25	-
tensione di snervamento	d	235	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	360	N/mm²

Dati relativi alla connessione trave primaria e piastra			
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,1,k}$	27,42	N/mm²
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,2,k}$	27,42	N/mm²
Momento caratteristico di snervamento	$M_{y,k}$	76745,42	N mm

Dati relativi alla connessione piastra pilastro			
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,1,k}$	26,17	N/mm²
Momento caratteristico di snervamento	$M_{y,k}$	117964,8	N mm

Si è provveduto determinando, in riferimento alle disposizioni contenute nella normativa italiana, a definire le distanze minime reciproche fra i connettori, nonché le distanze da questi dall'estremità dell'elemento strutturale. Questa operazione è stata svolta in relazione agli interassi prescritti per il legno, più restrittivi di quanto non siano quelli dell'acciaio. Il dimensionamento della piastra in acciaio è stato svolto a partire dagli interassi noti fra i connettori, per semplice aggiunta dei bordi della stessa, seguendo i valori minimi imposti dalle norme vigenti.

Geometria dell'unione					
Primaria	Distanza parallela alle fibre	a_1	3 d	36	40
	Distanza perpendicolare alle fibre	a_2	3 d	36	40
	Distanza estremità sollecitata	$a_{3,f}$	3 d_80mm	80	80
	Distanza estremità scarica	$a_{3,c}$	3 d	36	40
	Distanza bordo sollecitato	$a_{4,f}$	3 d	36	40
	Distanza bordo scarico	$a_{4,c}$	3 d	36	40
Pilastro	Distanza parallela alle fibre	a_1	3 d	42	50
	Distanza perpendicolare alle fibre	a_2	3 d	42	50
	Distanza estremità sollecitata	$a_{3,f}$	3 d_80mm	42	80
	Distanza estremità scarica	$a_{3,c}$	3 d	42	50
	Distanza bordo sollecitato	$a_{4,f}$	3 d	42	50
	Distanza bordo scarico	$a_{4,c}$	3 d	42	50

Dimensionamento e verifica della piastra interna alla trave principale

L'unione tra trave primaria e piastra a T avviene attraverso l'uso di spinotti, secondo la tipologia d'unione a due piani di taglio. Vista l'esiguità del numero di connettori per fila, si è ipotizzata una ripartizione uniforme dello stato di sforzo sui connettori.

Progetto e verifica dell'unione tra trave primaria e piastra			
Piano di taglio dell'unione		2	
Posizione della piastra	centrata		-
rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento	β	1	-
spessore parti in legno	t1=t2	196	mm
Resistenza a taglio	I_{A_Rk}	64494	N
	I_{B_Rk}	32247	N
	II_{A_Rk}	41453	N
	$III_{\_Rk}$	8173	N
Resistenza connettore per un piano di taglio	R_d	4904	N
Resistenza per singolo connettore	$R_{d,conn}$	9807	N
Azione di progetto	N_d	264640	N
numero di connettori efficaci	$n_{Reff\ min}$	13,49	-
numero minimo collettori	n	25,17	-
numero file	n_{file}	4	-
numero effettivo minimo per fila	$n_{effminfila}$	6,29	-
numero connettori per fila	$n_{connettori}$	6	-
Sforzo di taglio agente	NON VERIFICATO	264,64	kN
Taglio resistente		235,38	kN
numero file	n_{file}	4	
numero connettori per fila	$n_{connettori}$	7	
Sforzo di taglio agente	VERIFICATO	264,64	kN
Taglio resistente		274,61	kN

Dimensionamento e verifica della piastra fissata al pilastro

L'unione tra trave e pilastro avviene tramite l'utilizzo di viti da legno a testa esagonale, scelte al fine di evitare la foratura della trave per tutta la sua sezione, e perché garantiscono comunque una buona aderenza tra la piastra stessa ed il legno. Si è qui ipotizzato di operare su due sole file, vista l'esiguità della larghezza della piastra.

Progetto e verifica dell'unione tra trave primaria e piastra			
Piano di taglio dell'unione		1	-
Posizione della piastra	esterna		-
rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento	β	1	-
Resistenza a taglio	I_{A_Rk}	82786	N
	I_{B_Rk}	1974	N
	I_{c_Rk}	162048	N
	II_{A_Rk}	11406	N
	II_{B_Rk}	53748	N
	II_{c_Rk}	14294	N
Resistenza connettore per un piano di taglio	R_d	9529	N
Resistenza per singolo connettore	R_d	9529	N
Azione di progetto	N_d	264640	N
numero di connettori efficaci	$n_{Reff\ min}$	13,89	-
numero minimo collettori	n	25,99	-
numero file	n_{file}	2	-
numero effettivo minimo per fila	$n_{effminfila}$	12,99	-
numero connettori per fila	n_{fila}	12	-
Sforzo di taglio agente	NON	264,64	kN
Taglio resistente	VERIFICATO	228,71	kN
numero file	n_{file}	2	-
numero connettori per fila	$n_{connettori}$	14	-
Sforzo di taglio agente	VERIFICATO	264,64	kN
Taglio resistente		266,82	kN

Verifiche sulle piastre

La piastra è stata sottoposta a verifica, sia per quanto concerne la zona a contatto con la trave primaria, sia per quanto concerne l'area a contatto con il pilastro. In entrambi i casi è stata valutata la resistenza a rifollamento dell'asola, incrementando opportunamente l'azione tagliante dei bulloni sul foro, tramite l'introduzione del contributo dato dal momento torcente in relazione alla distanza del foro stesso dal punto di applicazione della forza agente in corrispondenza del nodo.

Della piastra è stata verificata anche la saldatura fra i due elementi disposti a t, che risulta essere sollecitata a sua volta dal taglio di progetto, in direzione parallela all'orditura dei cordoni di saldatura fra le due parti.

	trave principale		pilastro	
altezza piastra	560	mm	810	mm
lunghezza piastra	440	mm	170	mm
Distanza parallela alle fibre	80	mm	70	mm
Distanza perpendicolare alle fibre	80	mm	50	mm
Distanza estremità sollecitata	120	mm	80	mm
Distanza estremità scarica	80	mm	80	mm
Distanza bordo sollecitato	40	mm	30	mm
Distanza bordo scarico	40	mm	30	mm
fila	4		2	
righe	7		14	
Taglio agente sull'asola	9,45	kN	9,45	N
spessore della piastra	8	mm	8	mm
diametro asola	12	mm	12	mm
α_1	2,78		2,78	
α_2	1,42		1,42	
α_3	1		1	
Sforzo di taglio agente	24258,7	kN	13556,9	kN
Taglio resistente	52800	kN	52800	kN
Verifica	0,46	<1	0,26	<1

Verifica della saldatura

Verifica alla saldatura		
Fwed	0,33	mm
Altezza di gola a	5	mm
Altezza del cordone di saldatura	810	mm
β	1	-
γ_{M2}	1,25	-
Sforzo di taglio agente	264,64	kN
Resistenza di caloclo del cordone	635,09	kN
Verifica	0,42	<1

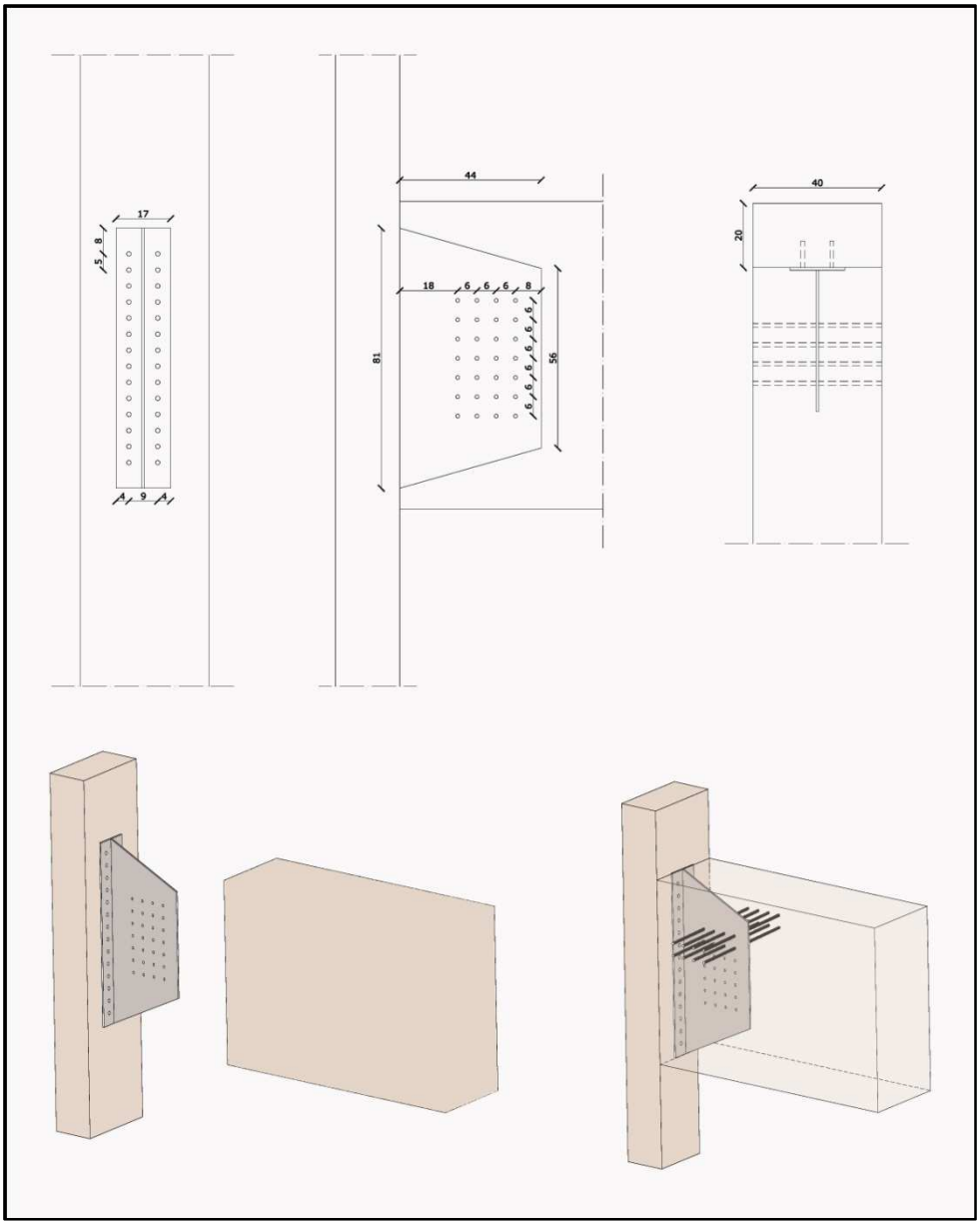


Figura 5.2.11.6.1. Unione pilastro-trave

5.2.11.6.2 Unione trave principale - trave secondaria

Si è studiato un caso tipo, in particolare si è deciso di studiare il collegamento tra trave principale e trave secondaria nel quale quest'ultima presenta una lunghezza pari a 5,88m e costituisce parte del solaio. Le sollecitazioni principali, di cui si risente al nodo sono legate al taglio trasferito dalla trave secondaria alla primaria. Il carico verticale che sollecita la trave è dato dal peso proprio della trave stessa, dal peso del solaio e delle partizioni, e da tutti i carichi variabili presenti nel solaio interpiano. Le fasi di verifica possono per tutto considerarsi uguali alle fasi dell'unione analizzate in precedenza.

Caratteristiche geometriche e fisiche dei materiali utilizzati

Caratteristiche geometriche e fisiche			
Densità del materiale	ρ_k	380	kg/m³
Spessore trave primaria	sp_{tp}	400	mm
Spessore pilastro	sp_{pil}	160	mm
Coefficiente	k_{mod}	0,9	-
Coefficiente	γ_m	1,5	-

Dati relativi al connettore tra trave primaria e piastra			
Tipo di connettore		spinotto	
Classe del connettore		4,6	-
Diametro	d	8	mm
tensione di snervamento	$f_{y,k}$	240	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	400	N/mm²

Dati relativi al connettore tra trave secondaria e piastra			
Tipo di connettore		vite legno	
Classe del connettore		4,6	-
Diametro	d	6	mm
tensione di snervamento	$f_{y,k}$	240	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	400	N/mm²

Dati relativi alla piastra in acciaio			
Spessore della piastra	sp_{pias}	6	mm
Coefficiente	$\gamma_{m,b}$	1,25	-
tensione di snervamento	d	235	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	360	N/mm²

Dati relativi alla connessione trave primaria e piastra			
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,1,k}$	28,67	N/mm²
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,2,k}$	28,67	N/mm²
Momento caratteristico di snervamento	$M_{y,k}$	26743,31	N mm

Dati relativi alla connessione piastra pilastro			
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,1,k}$	29,29	N/mm²
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,2,k}$	29,29	N/mm²
spessore legno	t2	400	mm
spessore piastra	t1	6	mm
Momento caratteristico di snervamento	$M_{y,k}$	6220,8	N mm

Geometria dell'unione					
Principale	Distanza parallela alle fibre	a_1	3 d	24	30
	Distanza perpendicolare alle fibre	a_2	3 d	24	30
	Distanza estremità sollecitata	$a_{3,f}$	3 d_80mm	80	80
	Distanza estremità scarica	$a_{3,c}$	3 d	24	30
	Distanza bordo sollecitato	$a_{4,f}$	3 d	24	30
	Distanza bordo scarico	$a_{4,c}$	3 d	24	30
Secondaria	Distanza parallela alle fibre	a_1	3 d	18	20
	Distanza perpendicolare alle fibre	a_2	3 d	18	20
	Distanza estremità sollecitata	$a_{3,f}$	3 d_80mm	80	80
	Distanza estremità scarica	$a_{3,c}$	3 d	18	20
	Distanza bordo sollecitato	$a_{4,f}$	3 d	18	20
	Distanza bordo scarico	$a_{4,c}$	3 d	18	20

Dimensionamento e verifica della piastra fissata alla trave principale

Progetto e verifica dell'unione tra trave primaria e piastra			
Piano di taglio dell'unione		2	-
Posizione della piastra	centrata		-
rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento	β	1	-
spessore parti in legno	t1=t2	77	mm
Resistenza a taglio	I_A _Rk	17659	N
	I_B _Rk	8829	N
	II_A _Rk	11648	N
	III _Rk	4028	N
Resistenza connettore per un piano di taglio	R_d	2417	N
Resistenza per singolo connettore	$R_{d,conn}$	4833	N
numero di connettori efficaci	$n_{Reff\ min}$	1,81	-
numero minimo collettori	n	2,54	-
numero file	n_{file}	2	-
numero effettivo minimo per fila	$n_{effminfila}$	1,27	-
numero connettori per fila	n_{fila}	2	-
Sforzo di taglio agente	VERIFICATO	17,5	kN
Taglio resistente		19,33	kN

Dimensionamento e verifica della interna alla trave secondaria

Progetto e verifica dell'unione tra trave primaria e piastra			
Piano di taglio dell'unione		1	-
Posizione della piastra	esterna		-
rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento	β	1	-
Resistenza a taglio	I_{A_Rk}	70297	N
	I_{B_Rk}	516	N
	I_{c_Rk}	255648,461	N
	II_{B_Rk}	44664	N
	II_{c_Rk}	1700	N
Resistenza connettore per un piano di taglio	R_d	310	N
Resistenza per singolo connettore	R_d	310	N
numero di connettori efficaci	$n_{Reff\ min}$	1,61	-
numero minimo collettori	n	2,24	-
numero file	n_{file}	2	-
numero effettivo minimo per fila	$n_{effminfila}$	1,12	-
numero connettori per fila	n_{fila}	2	-
Sforzo di taglio agente		1	kN
Taglio resistente		1,24	kN

Verifiche sulle piastre

	trave principale		trave secondaria	
altezza piastra	160	mm	90	mm
lunghezza piastra	80	mm	160	mm
Distanza parallela alle fibre	60	mm	40	mm
Distanza perpendicolare alle fibre	40	mm	30	mm
Distanza estremità sollecitata	60	mm	90	mm
Distanza estremità scarica	60	mm	30	mm
Distanza bordo sollecitato	20	mm	30	mm
Distanza bordo scarico	20	mm	30	mm
fila	2		2	
righe	2		2	
Taglio agente sull'asola	2,86	kN	2,86	kN
spessore della piastra	6	mm	6	mm
diametro asola	6	mm	8	mm
α_1	2,78		2,78	
α_2	1,42		1,42	
α_3	1		1	
Sforzo di taglio agente	1016,0	N	857,3	N
Taglio resistente	19800	N	26400	N
Verifica	0,05	<1	0,03	<1

Verifica della saldatura

Verifica alla saldatura		
Fwed	0,13	mm
Altezza di gola a	5	mm
Altezza del cordone di saldatura	90	mm
ftk	275	
β	1	-
γ_{M2}	1,25	-
Sforzo di taglio agente	11,43	kN
Resistenza di calcolo del cordone	635,09	kN
Verifica	0,02	<1

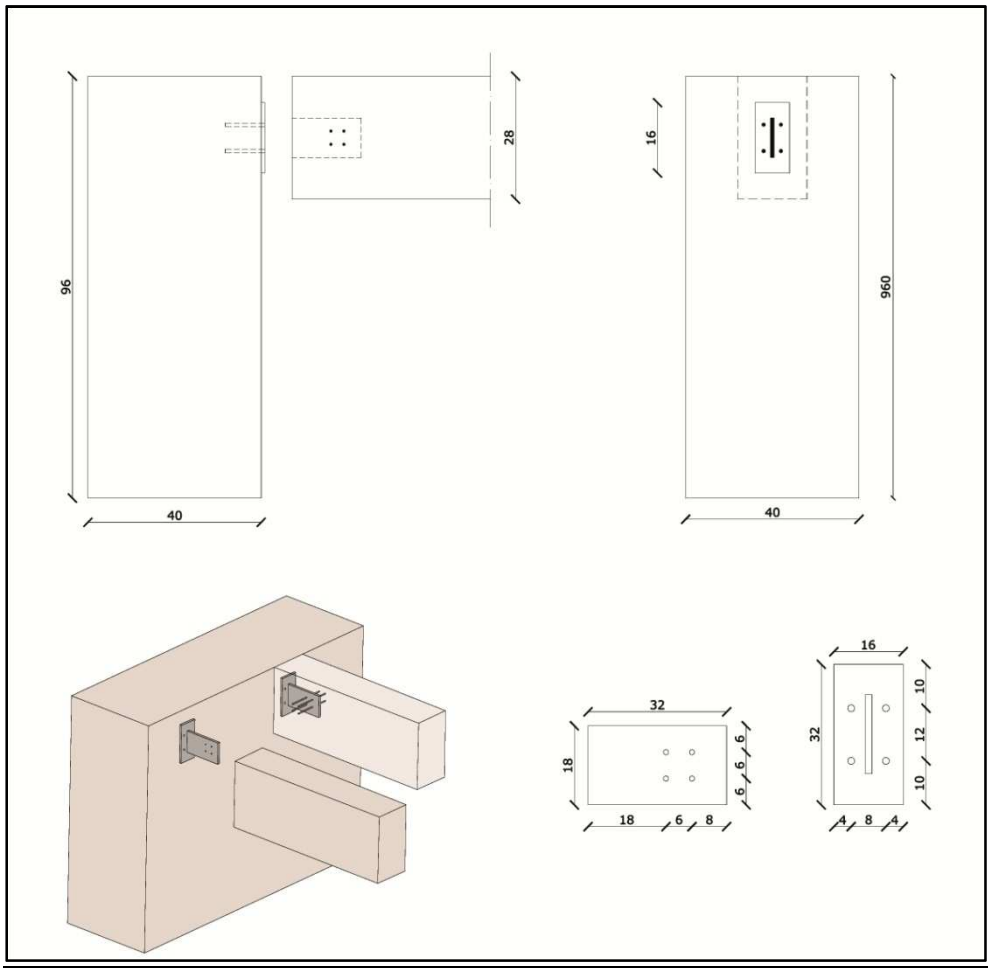


Figura 5.2.11.6.2 Unione trave principale e travi secondarie

5.2.11.6.3 Unione alla base del pilastro

La realizzazione dell'attacco a terra del pilastro è un nodo cruciale per il corretto funzionamento della struttura in esercizio, dal momento che è proprio sul corretto funzionamento del tipo di connessione utilizzato che si fonda la risposta dell'intera struttura all'azione delle forze orizzontali. Per tale situazione è stata prevista la realizzazione di un incastro, per questioni di durabilità del materiale, è bene che l'elemento in legno nono poggi in maniera diretta sul basamento di fondazione, al fine di evitare il danneggiamento del materiale. Il dimensionamento e la verifica del giunto sono stati svolti in riferimento ad un pilastro presso-inflesso per azione contemporanea del vento e del carico trasmesso dalla trave. Verranno inoltre dimensionati i tirafondi usati per l'ancoraggio del pilastro alla fondazione, i quali saranno soggetti ad una forza di trazione. L'unione è costituita da due piastre a T in acciaio, disposte in direzione del momento flettente agente, allontanate il più possibile dal centro del pilastro e fissate alla fondazione tramite quattro tirafondi in acciaio, con la funzione di garantire l'incastro delle piastre a terra. Tali piastre sono inserite all'interno di apposite fresature del legno, e collegate al pilastro tramite spinotti in acciaio. Per il dimensionamento dell'unione, si è considerata la forza di trazione agente. Non è stata presa in considerazione l'azione tagliante localizzata alla base del pilastro, in quanto estremamente esigua, anche in relazione alla sua ripartizione fra gli spinotti di ambo le piastre. Qui di seguito si presentano le caratteristiche dimensionali degli elementi componenti l'unione e i dati di resistenza caratteristica associati al meccanismo di rottura.

Anche in questo caso l'unione è del tipo a due piani di taglio. Si è proceduto alla verifica del tirafondo per la quota parte dell'azione di sua competenza, per eseguire tale dimensionamento si è considerata l'azione orizzontale non solo del vento ma anche del sisma. Le verifiche sulla piastra ricalcano i contenuti già analizzati in precedenza. Le uniche variazioni riguardano le verifiche della saldatura, che cambia in termini di direzione dell'azione rispetto al cordone. Infatti in questa circostanza, l'azione di trazione agente sulla piastra, opera in direzione normale al codone di saldatura, generando su di esso un differente stato tensionale.

Caratteristiche geometriche e fisiche dei materiali utilizzati

Caratteristiche geometriche e fisiche			
Densità del materiale	ρ_k	380	kg/m³
base del pilastro	b	460	mm
altezza della base del pilastro	h	640	mm
Coefficiente	k_{mod}	1,5	-
Coefficiente	γ_m	1,25	-

Dati relativi al connettore tra pilastro e piastra			
Tipo di connettore		spinotto	
Classe del connettore		4,6	-
Diametro	d	14	mm
tensione di snervamento	$f_{y,k}$	240	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	400	N/mm²

Dati relativi alla piastra in acciaio			
Spessore della piastra	sp_{pias}	10	mm
Coefficiente	$\gamma_{m,b}$	1,25	-
tensione di snervamento	d	235	N/mm²
tensione di rottura	$f_{u,k}$	360	N/mm²

Dati relativi alla connessione			
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,1,k}$	26,80	N/mm²
Resistenza caratteristica a rifollamento	$f_{h,2,k}$	26,80	N/mm²
Momento caratteristico di snervamento	$M_{y,k}$	114581,40	N mm

Geometria dell'unione					
fondazione	Distanza parallela alle fibre	a_1	3 d	42	50
	Distanza perpendicolare alle fibre	a_2	3 d	42	50
	Distanza estremità sollecitata	$a_{3,f}$	7 d_80mm	98	100
	Distanza estremità scarica	$a_{3,c}$	4 d	56	60
	Distanza bordo sollecitato	$a_{4,f}$	3 d	42	100
	Distanza bordo scarico	$a_{4,c}$	3 d	42	100

Progetto e verifica dell'unione alla base del pilastro			
Piano di taglio dell'unione		2	-
Posizione della piastra	centrata		-
rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento	β	1	-
spessore parti in legno	t1=t2	225	mm
Resistenza a taglio	I_{A} _R_k	84412	N
	I_{B} _R_k	42206	N
	II_{A} _R_k	54252	N
	III _R_k	12518	N
Resistenza connettore per un piano di taglio	R_d	15021	N
Resistenza per singolo connettore	$R_{d,conn}$	30042	N
Azione di progetto	N_d	264640	N
numero di connettori efficaci	$n_{Reff\ min}$	4,40	-
numero minimo collettori	n	7,26	-
numero file	n_{file}	1	-
numero effettivo minimo per fila	$n_{effminfila}$	7,26	-
numero connettori per fila	n_{fila}	8	-
Sforzo di taglio agente	NON VERIFICATO	264,64	kN
Taglio resistente		240,34	kN
numero file	n_{file}	1	
numero connettori per fila	$n_{connettori}$	9	
Sforzo di taglio agente	VERIFICATO	264,64	kN
Taglio resistente		270,38	kN

Verifica del tirafondo		
trazione sul tirafondo	7,4	-
area del tirafondo	127	mm²
sforzo di trazione agente	0,13	kN
Resistenza di calcolo	253	kN

Verifica alla saldatura		
Sforzo di taglio agente	21	kN
Braccio di trasmissione del taglio		mm
Altezza di gola	5	mm
Altezza del cordone di saldatura	40	mm
Sforzo di taglio agente	51	kN
Taglio resistente	192	kN

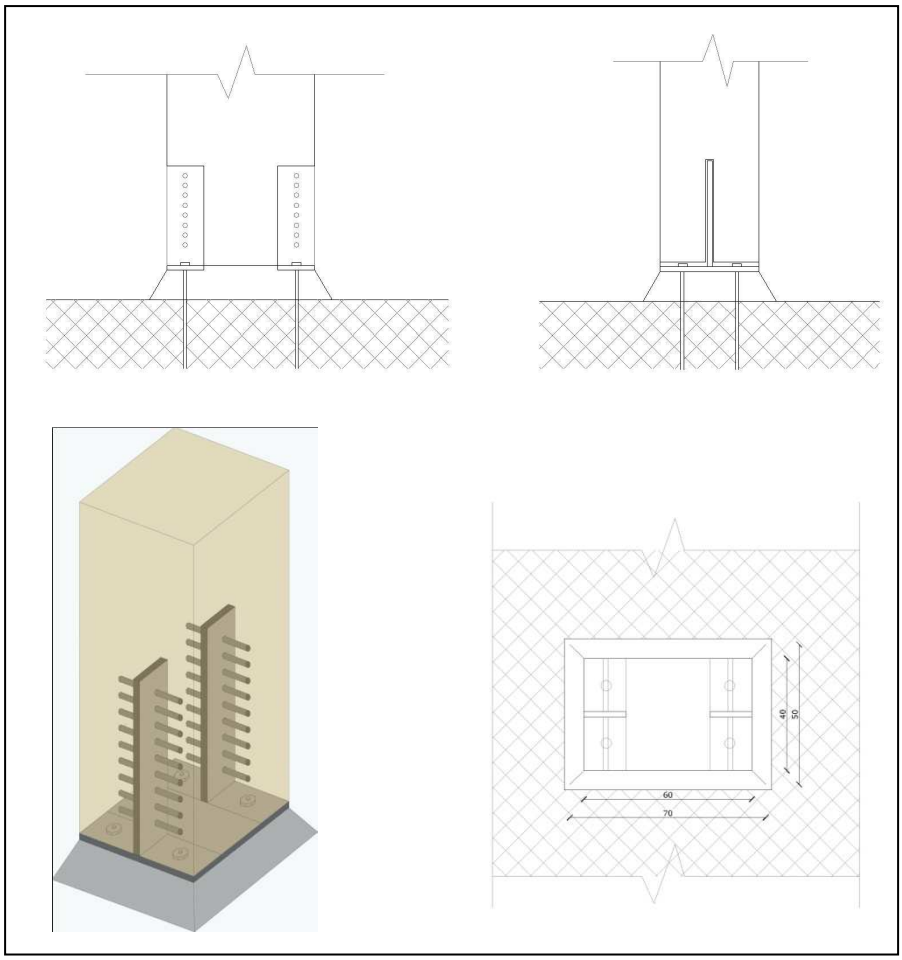
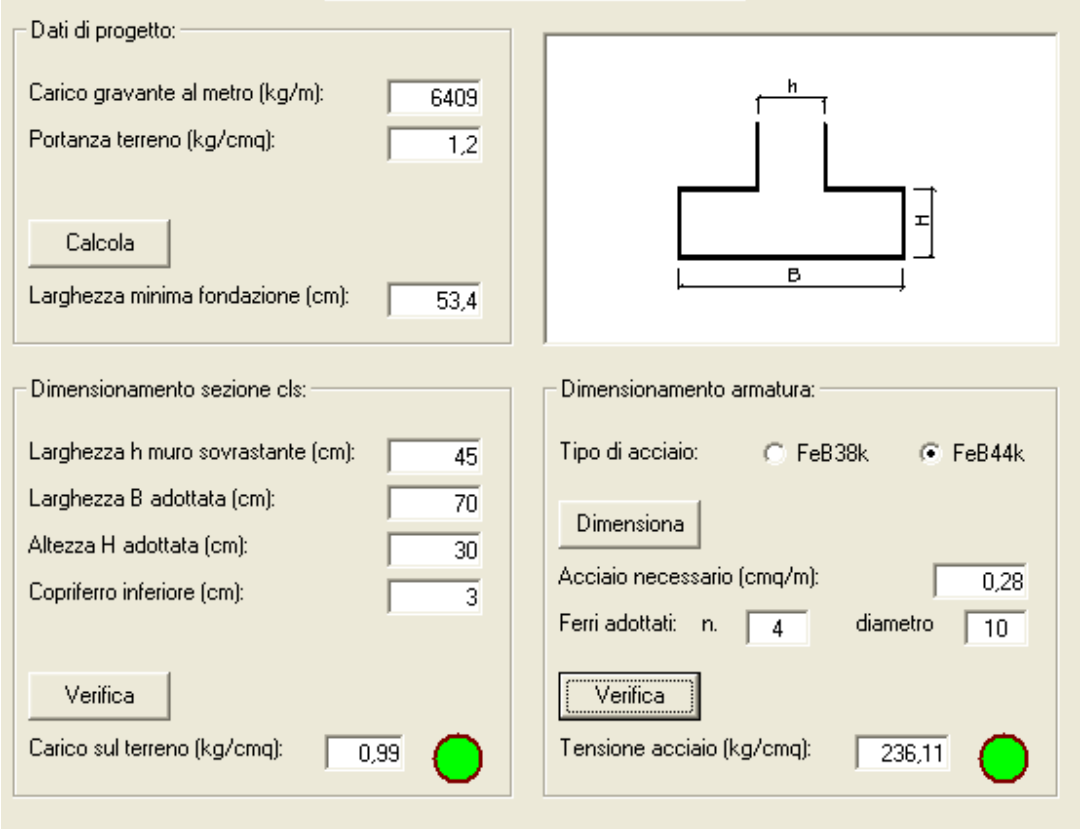


Figura 5.2.11.6.3. Nodi Pilastro - fondazione

5.2.12 Fondazioni

Il dimensionamento delle fondazioni è stato eseguito con l'ausilio di un software, inserendo la forza verticale in Kg/m, viene fornita la dimensione minima; da questa si stabiliscono le dimensioni da utilizzare e avviene la verifica calcolando il carico sul terreno.



5.3 Il montaggio della struttura

5.3.1 Introduzione

Il montaggio della struttura in legno rappresenta un momento fondamentale del processo costruttivo dell'edificio. Senza questa fase infatti non sarebbe possibile procedere al montaggio delle chiusure perimetrali. Nella scelta della tipologia strutturale è anche necessario tener presente le fasi costruttive, la fase strutturale infatti è una delle fasi più lunghe e costose e dalla quale in genere dipende l'intero disegno di cantiere. Grandi strutture in cemento armato infatti necessitano di grandi tempi di asciugatura che impediscono la prosecuzione di molte attività ritenute interferenti. Le strutture in acciaio e legno invece necessitano di grandi mezzi d'opera che vincolano notevolmente i passaggi sottostanti a causa di oggetti sospesi in movimento. Nel

nostro caso per il montaggio delle strutture si ricorre alla tecnica di montaggio “just in time”, ovvero provvedendo al montaggio immediato degli elementi strutturali, appena giunti in cantiere, prelevandoli dalla gru direttamente dall’autocarro. In caso di problemi o rallentamento dei lavori è possibile comunque prevedere lo stoccaggio degli elementi , garantendone l’adeguata protezione dagli agenti atmosferici. Lo stoccaggio viene comunque generalmente evitato in quanto gli elementi vengono assemblati da squadre specializzate che arrivano in cantiere insieme agli elementi strutturali. I mezzi presenti in cantiere, necessari per le fasi di montaggio della struttura, sono l’autocarro con cui si provvede al trasporto del materiale in cantiere e la gru con cui vengono prelevati, movimentati e posizionati i pezzi. La gran parte del lavoro viene eseguita non da tali mezzi ma da una manovalanza specializzata, la quale provvede al posizionamento di travi e pilastri e dell’esecuzione dei collegamenti.

5.3.2 Procedimento e fasi di montaggio

L’edifico dal punto di vista strutturale risulta composto da tre blocchi distinti , uno, quello trattato fin qui costituito da travi e pilastri; con chiusure caratterizzate da stratigrafia a secco assemblata in cantiere; mentre gli altri due blocchi caratterizzati da pannelli prefabbricati autoportanti ai qual i verranno aggiunti solo gli isolanti esterni e i rivestimenti. Il montaggio della struttura si ipotizza blocco per blocco al fine di evitare l’utilizzo di più gru in contemporanea e più di un carico sospeso . per il blocco avente una struttura con travi e pilasti si antepone la realizzazione de nucleo rigido al fine dei garantire il controventamento , nel corso delle fasi di montaggio. Per gli altri due blocchi il problema invece non si presenta, in quanto, per la loro natura strutturale sono di per sè controventati. L’ordine ottimale dei blocchi prevede di partire dal blocco più altro e più lontano dall’ingresso del cantiere, per proseguire poi con il blocco ad Ovest e terminare con quello a Nord, per questioni di comodità. Si mostrano ora le diverse fasi di montaggio delle strutture dell’edificio, evidenziando gli aspetti peculiari di ognuna. Per quanto concerne le operazioni di esecuzione delle fondazioni si svolgono le seguenti fasi: eseguito lo scavo, supponendo che le fodere in legno per i casseri e i ferri d’armatura siano stati portati in cantiere e collocati all’interno delle aree di stoccaggio nei tempi e nei modi previsti dal programma di lavoro, i carpentieri prelevano manualmente gli elementi dalle aree di stoccaggio e portano a termine le operazioni di casseratura e armatura delle travi di fondazione. Affinché queste operazioni possano avvenire senza problemi, la fase di scavo deve essere svolta con attenzione al fatto di lasciare un adeguato margine di spazio tra i casseri e il limite dello scavo stesso. Successivamente a questa fase, si prevede che , il calcestruzzo arrivi in cantiere tramite autopompe e gettato direttamente in corrispondenza delle travi di fondazione. Immediatamente dopo la fase di geto si provvederà al lavaggio dell’autopompa utilizzando i dispositivi appositamente previsti all’interno del cantiere.

Alla maturazione del calcestruzzo, le maestranze provvedono alla rimozione delle casserature, terminando la fase di esecuzione delle opere di fondazione. La figura mostra, i corrispondenza

della giunzione tra i diversi blocchi strutturali, l'interruzione della fondazione e l'introduzione di una guaina in neoprene al fine di svincolare strutturalmente il comportamento dei blocchi uno dall'altro. Per i pilastri centrali all'edificio maggiore, questi saranno dotati di un plinto di fondazione isolato. Nel corso delle fasi di predisposizione alle armature dei getti, si provvederà anche al posizionamento dei tirafondi, in corrispondenza della maglia strutturale, da vincolare successivamente ai pilastri in legno, tramite l'ausilio di piastre in acciaio.

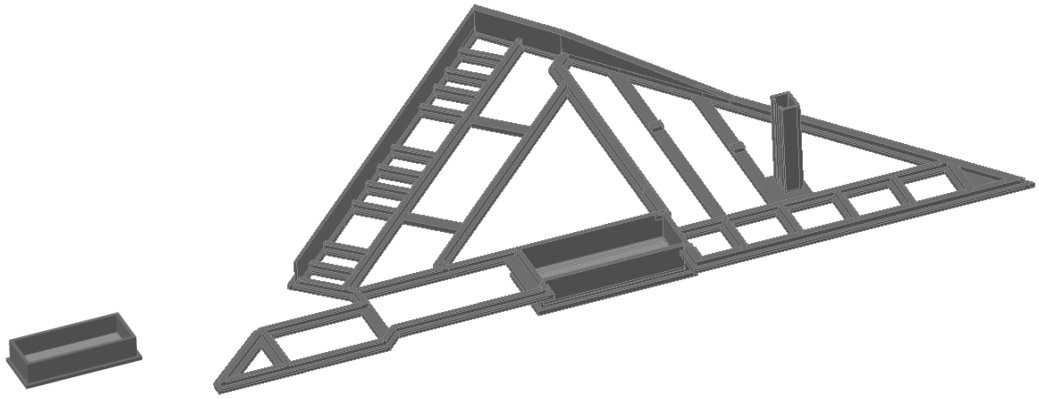


Figura 5.3.2.a Fondazioni e muri in c.a.

Successivamente al getto delle travi di fondazione, si procede alla realizzazione del vespaio areato, costituito da casseri a perdere sormontati da un getto strutturale di spessore paria 7 cm. La posa del solaio contro terra permette di creare un piano di lavoro livellato per poter procedere alle fasi di lavoro successive.

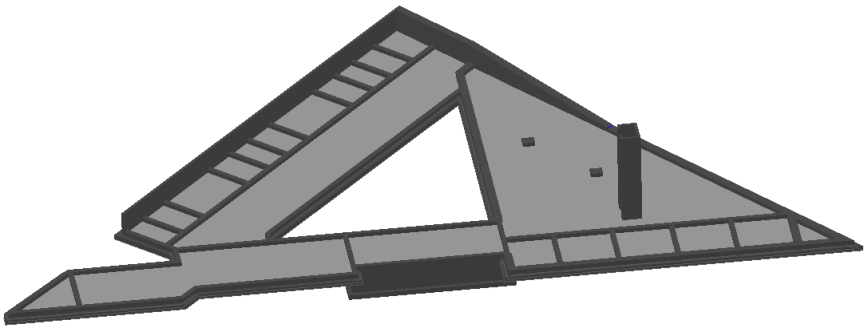


Figura 5.2.11.6.3.b Chiusura solaio contro terra

Completate le fasi di getto delle fondazioni, può cominciare la fase di montaggio della struttura fuori terra, da eseguirsi blocco per blocco, avendo l'accortezza, per il blocco uno, di montare i nuclei rigidi di controventamento per primi, al fine di fornire adeguato controventamento della struttura nel corso delle fasi di montaggio. I pilastri, che giungono in cantiere come pezzi unici, verranno vincolati ai tirafondi, come specificato nel nodo in precedenza esaminato, realizzando un incastro. Successivamente si provvederà al montaggio delle piastre di ancoraggio delle travi in corrispondenza della sommità del pilastro e ad altezza adeguata per il posizionamento delle travi del solaio interno. Le travi verranno calate dall'alto mediante l'uso della gru e fissate tramite i pezzi d'unione previsti. Fissate le travi principali si prosegue con il fissaggio delle secondarie tramite piastre già ancorate ai pilasti e la successiva chiusura del solaio tramite

perlinatura. Tali fasi operative verranno eseguite solo per il primo blocco. Si preferisce terminare la struttura del primo blocco, prima di procedere con i due restanti, data la differente natura strutturale dei tre blocchi.

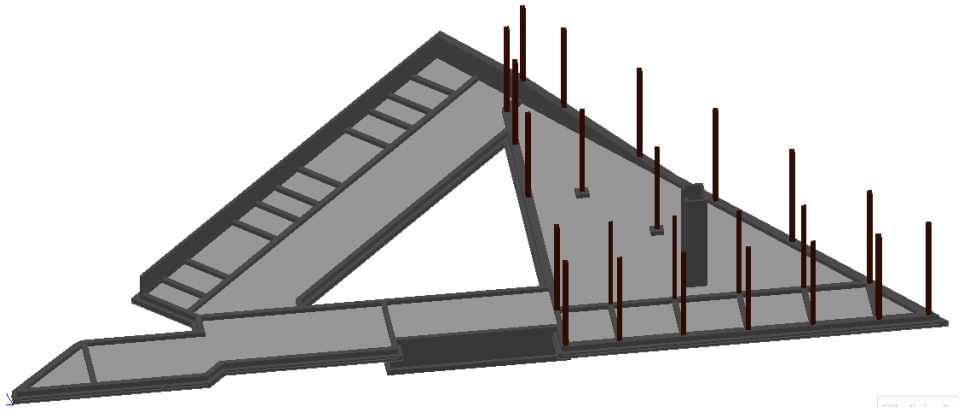


Figura 5.2.11.6.3c Pilastri in legno fissati ad incastro alla base

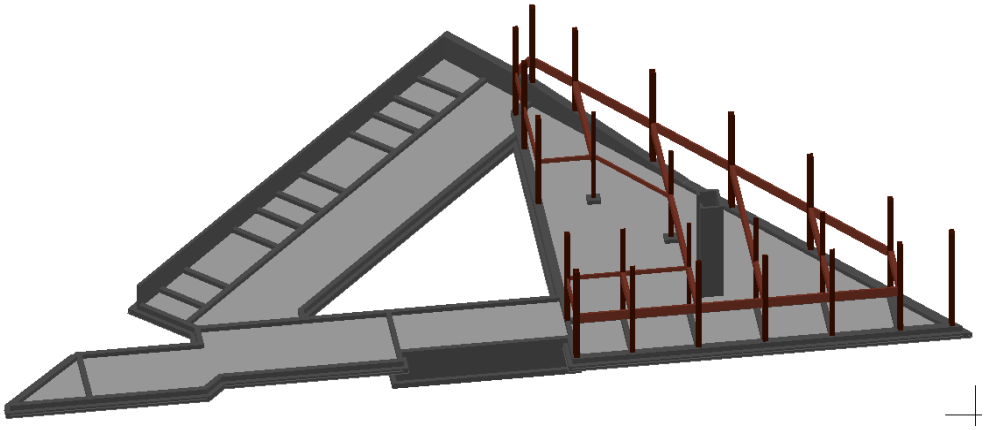


Figura 5.2.11.6.3.d Travi principali del solaio interpiano

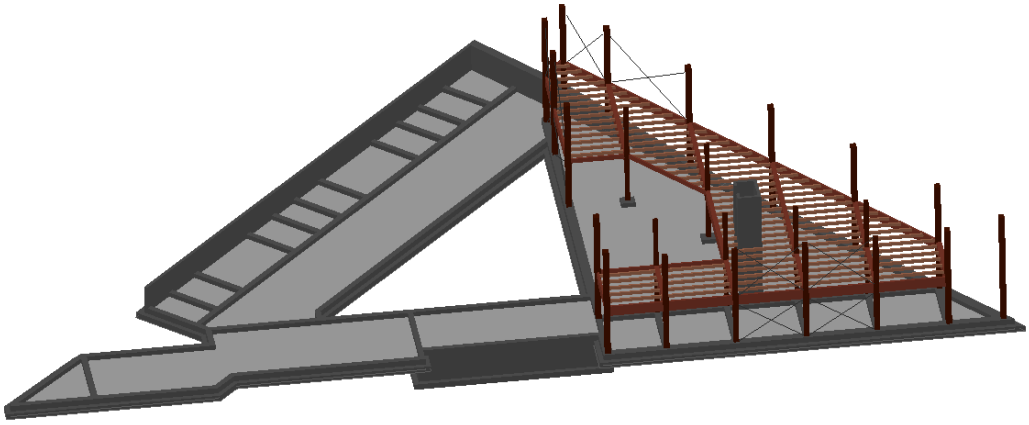


Figura 5.2.11.6.3.e Travi secondarie del solaio interpiano

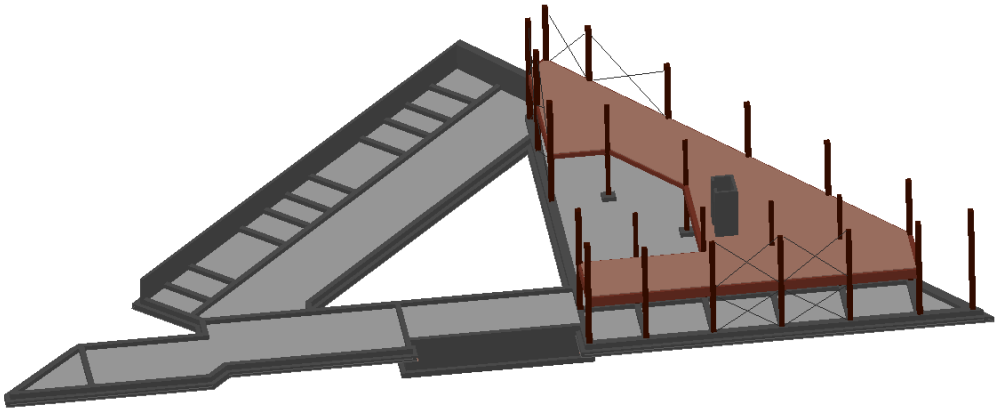


Figura 5.2.11.6.3f Controventamento e chiusura del solaio interpiano

Si procede poi con le fasi di montaggio della copertura dell'edificio, con le quali si completa il processo di realizzazione dello scheletro del primo blocco. Le travi principali della copertura, a differenza di quelle posizionate precedentemente, dovranno prima essere depositate a terra per poter creare continuità strutturale. Queste travi infatti, essendo caratterizzate da lunghezze molto grandi; arrivano a 60 m; dovranno essere trasportate in pezzi distinti, che verranno uniti in cantiere tramite piastre a scomparsa presenti all'interno delle travi stessa. Tramite spinotti i due pezzi vengono uniti ridando creando continuità tra gli elementi. Una volta assemblate le travi verranno nuovamente movimentate tramite la gru e posizionate alla sommità dei pilastri, dove vi si trova già fissata una piastra di acciaio che renderà sicuro l'appoggio. Ai pilastri con i puntoni verranno applicati gli elementi obliqui per poter poi appoggiare la trave a sbalzo retta da quest'ultimi. La fase successiva consiste nel posizionamento e fissaggio delle travi secondarie; queste arrivano in cantiere delle dimensioni richieste, non verranno quindi collocate a terra ma direttamente poste in copertura e fissate alle travi principali tramite apposite piastre. Successivamente si provvederà alla chiusura della copertura.

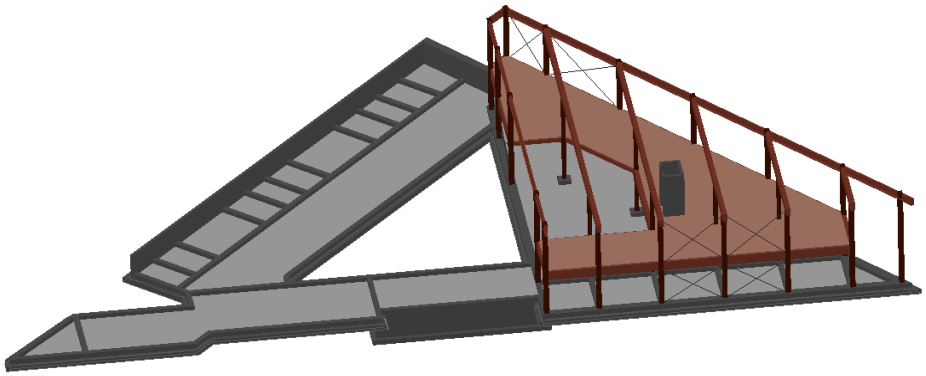


Figura 5.2.11.6.3.g Travi principali della copertura

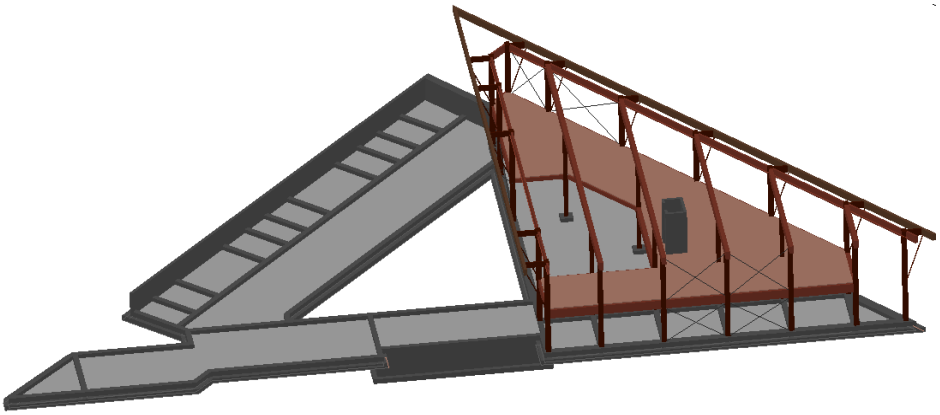


Figura 5.3.2.h Travi a sbalzo di copertura e puntoni dei pilastri

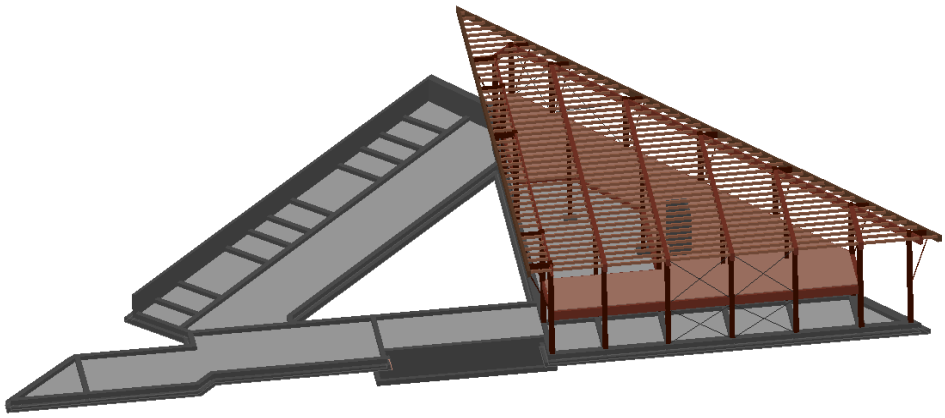


Figura 5.3.2.i Travi secondarie di copertura

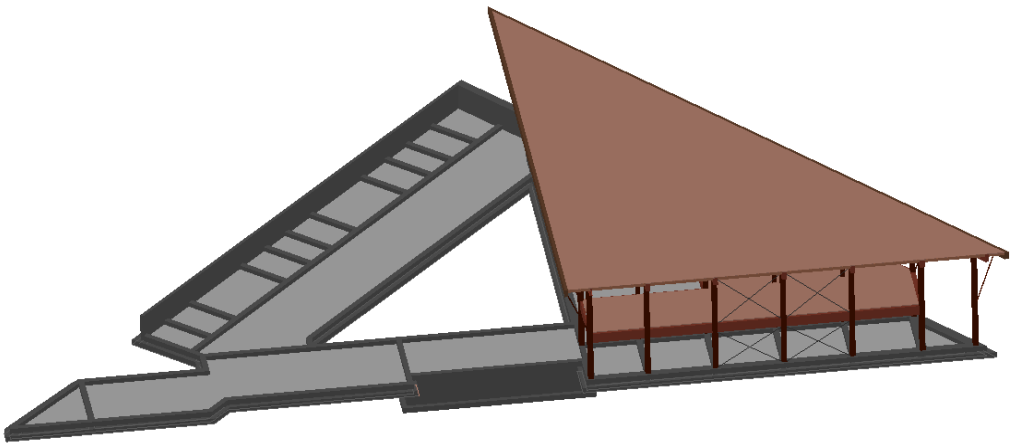


Figura 5.3.2.j Chiusura della copertura

Al termine del primo blocco strutturale può iniziare la prima fase del secondo e terzo blocco che consiste nella posa e nel fissaggio dei pannelli autoportanti verticali, i quali oltre a svolgere il compito di chiusura vanno a reggere la copertura.

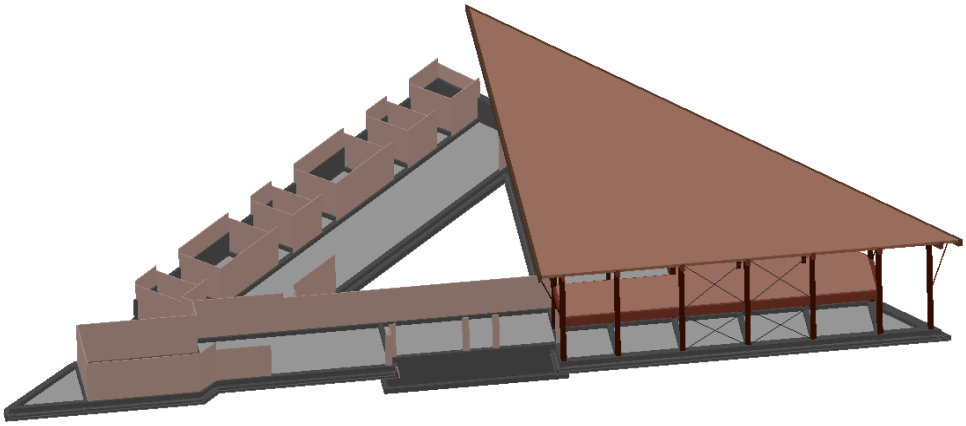


Figura 5.3.2.k Innalzamento pannelli portanti verticali

La fase successiva consiste nel posizionamento dei alcune travi di copertura dei due blocchi, che hanno lo scopo di permettere una corretta distribuzione dei pannelli autoportanti, al fine di garantire la loro stabilità.

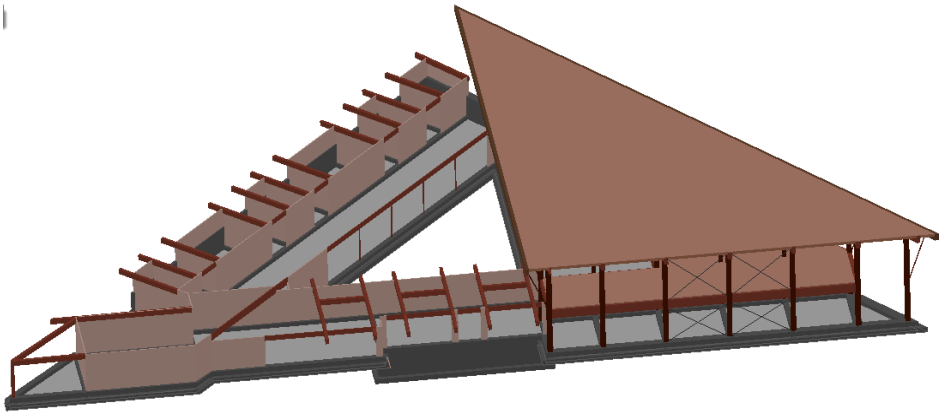


Figura 5.2.11.6.3.l Posizionamento travi

Infine per terminare l'ossatura strutturale dell'intero edificio si procede con il posizionamento dei pannelli in legno di copertura secondo l'andamento previsto da progetto strutturale.

Tali pannelli saranno caratterizzati da spessori differenti in funzione del carico al quale sono soggetti.

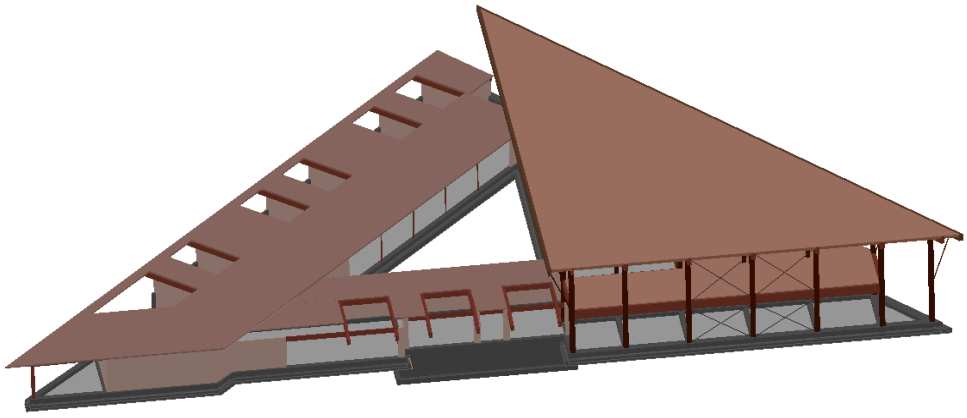


Figura 5.3.2.m Posizionamento pannelli portanti orizzontali

Si procede con il posizionamento dei pannelli verticali atti a creare i lucernari; posizionati questi si possono collocare gli ultimi pannelli di chiusura posti in senso obliquo.

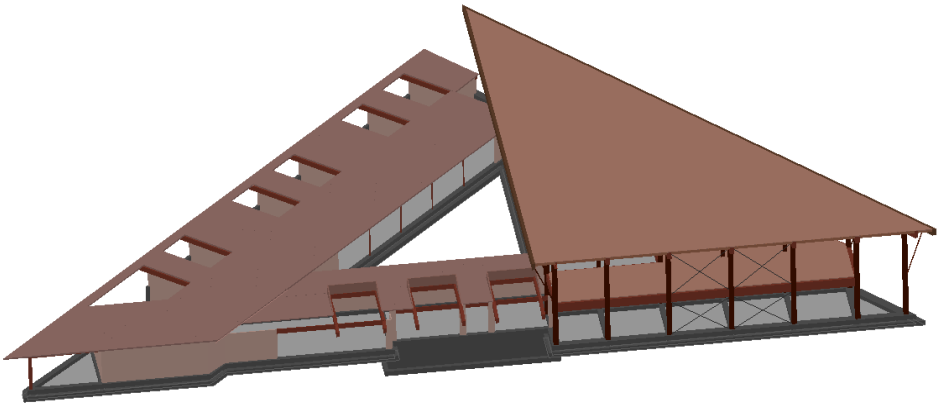


Figura 5.3.2.n Innalzamento dei pannelli dei lucernai

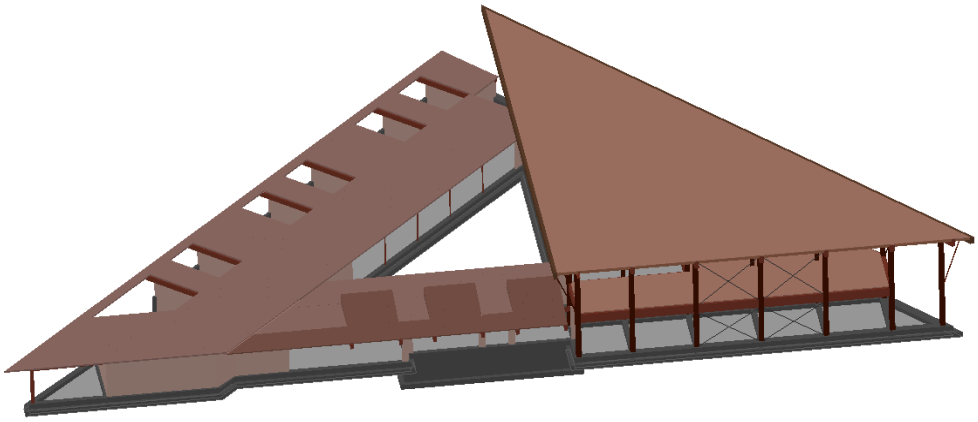


Figura 5.3.2.o Chiusura dei lucernari tramite posizionamento di pannelli obliqui

Si termina infine con il posizionamento dei traveti che reggeranno i frangisole. Questi, tramite piastre verranno fissati alle travi rette dai pan nelli portenti.

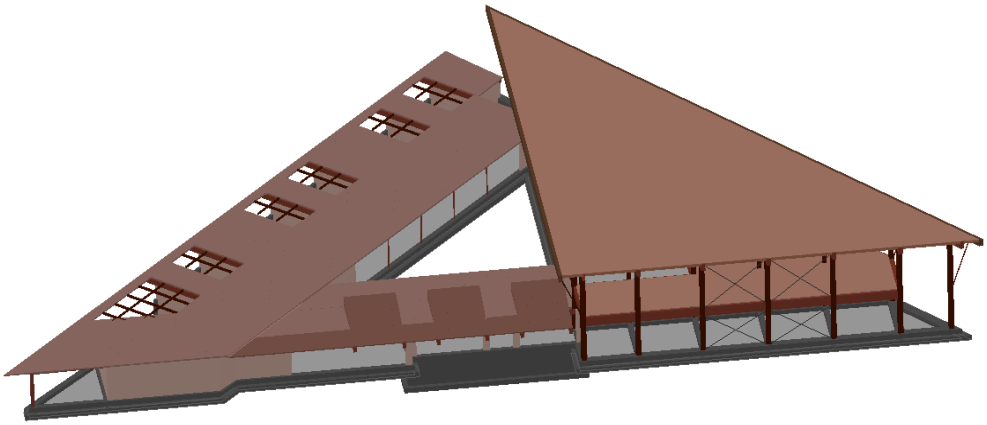


Figura 5.3.2.p Collocazione travetti per fotovoltaico

Sistema Tecnologico

6.1 STRATEGIE D'INVOLUCRO

6.1.1 STUDIO COMPORTAMENTALE DELLE CHIUSURE SECONDO UNI EN ISO 13786

In un clima mediterraneo come quello della città in considerazione, dove si toccano picchi di 45 °C nelle ore calde di Agosto, la situazione più critica per l'edificio risulta essere sicuramente quella estiva.

Partiamo quindi dall'analisi del comportamento in tale stagione andando alla ricerca di pacchetti di chiusura che individuino la miglior soluzione per il contenimento delle oscillazioni di temperatura e passando poi, solo successivamente, a verificare il comportamento in fase invernale.
Lo studio del comportamento in fase estiva si basa su analisi dinamiche della chiusura tenendo in considerazione l'andamento sinusoidale della temperatura e del flusso termico.

A tal riguardo il D.L. 311/06 propone soluzioni valutabili tramite differenti procedure tra le quali:

- Calcolo del cooling load tramite il metodo ASHRAE delle funzioni di trasferimento (Transfer Function Method, TFM), per valutare il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva dell'edificio;
- Calcolo delle caratteristiche termiche dinamiche tramite la norma UNI EN ISO 13786, per valutare la trasmittanza termica dinamica e le caratteristiche di attenuazione e sfasamento dell'onda termica proprie delle strutture dell'edificio.

Si è scelto di far riferimento alla norma UNI sopracitata valutando le caratteristiche proprie dell'edifico.
Il calore in ingresso dipende dunque in prima istanza dai valori di trasmittanza termica U della parete, come peraltro già avviene in condizioni stazionarie (adottate nel calcolo in condizioni invernali). Il primo intervento che può essere attuato per ridurre i carichi estivi consiste dunque nel limitare il più possibile il valore della trasmittanza termica, migliorando anche le prestazioni nella stagione fredda. Inoltre si può intervenire sulle caratteristiche termiche in regime dinamico, ovvero il fattore di attenuazione fa (decrement factor) e il fattore di sfasamento dell'onda termica φa (time shift of the periodic thermal transmittance).
Le caratteristiche termiche in regime dinamico di un componente edilizio descrivono il comportamento termico del componente soggetto a condizioni al contorno variabili, ovvero flusso termico variabile o temperatura variabile su una o entrambe le facce con andamento sinusoidale; nella UNI EN ISO 13786 sono riportate le metodologie di calcolo di tali grandezze.
Il primo parametro (fa) definisce il rapporto tra la trasmittanza termica periodica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie U; il prodotto di fa x U fornisce pertanto la

trasmittanza termica dinamica (Y12), che definisce la trasmittanza delle strutture in regime variabile.

Il secondo parametro (φa) rappresenta il ritardo (in ore) che esiste fra l'oscillazione del flusso termico che passa attraverso la superficie interna della parete e l'oscillazione della temperatura nella superficie esterna. Un elevato sfasamento permette di ritardare i flussi termici in ingresso verso le ore serali, quando la ventilazione può contribuire al raffrescamento ovvero, in alcuni casi, quando gli edifici non sono più utilizzati.

I due parametri sono calcolati nella UNI EN ISO 13786 in funzione delle proprietà termofisiche di ciascuna parete opaca che costituisce l'involucro; in particolare, le grandezze che intervengono nella definizione delle caratteristiche dinamiche possono essere riassunte, per ogni strato che costituisce la parete, come segue:

- spessore;
- conducibilità termica;
- capacità termica specifica;
- densità.

I valori delle caratteristiche termiche dinamiche sono funzione del periodo rappresentativo dell'oscillazione termica; nella valutazione del comportamento estivo di una parete, si fa riferimento alle 24 h, che tengono conto di variazioni meteorologiche e di temperatura giornaliere.

Sempre ai sensi della sopracitata norma, il report di calcolo richiede l'indicazione chiara della stratigrafia della parete, la definizione dei 4 elementi della matrice **Z**, fornendo dei singoli elementi modulo ed argomento, le due ammettenze termiche descritte da modulo ed argomento, il fattore di decremento ed il calcolo della trasmittanza termica eseguito secondo UNI EN ISO 6946 *Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method* (2008) .

E' opportuno esplicare la procedura per il calcolo delle caratteristiche termiche dinamiche nel caso di variazione periodica sinusoidale.

La temperatura in una zona n può essere descritta nel suo variare con il tempo con la seguente espressione:

$$\theta_n(t) = \overline{\theta}_n + \left|\hat{\theta}_n\right| \cos(\omega t + \varphi)$$

dove:

$\overline{\theta}_n$ = temperatura media nel periodo considerato [℃];

$\left|\hat{\theta}_n\right|$ = semiampiezza della variazione di t nel periodo considerato [K];

ω = frequenza angolare della variazione termica = 2 □/T

T = periodo considerato [s];

φ = differenza angolare di fase [rad]

Allo stesso modo, in regime dinamico, varia con il tempo anche il flusso termico; nella zona n, questo risulta:

$$\Phi_n(t) = \overline{\Phi}_n + \left|\hat{\Phi}_n\right| cos(\omega t + \phi)$$

dove:

$\overline{\Phi}_n$ = flusso termico medio nel periodo considerato [W/m^2];

$\left|\hat{\Phi}_n\right|$ = semiampiezza di variazione di flusso nel periodo considerato [W/m^2];

ω = frequenza angolare della variazione termica = 2 □/T

T = periodo considerato [s];

ϕ= differenza angolare di fase [rad]

La normativa UNI EN ISO 13786 consente la valutazione sia della variazione di temperatura θ e del flusso termico q in condizioni di regime dinamico (variazione temporale delle variabili). Tale calcolo si risolve con una notazione matriciale con le relazioni seguenti:

$$\hat{\theta}_e = Z_{11}\hat{\theta}_i + Z_{12}\hat{\Phi}_i$$

$$\hat{\Phi}_e = Z_{21}\hat{\theta}_i + Z_{22}\hat{\Phi}_i$$

La matrice di trasferimento tra i due ambienti denominati 1 (interno) e 2 (esterno) che delimitano la parete è la seguente:

$$\begin{vmatrix} \hat{\theta}_2 \\ \hat{\phi}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{\phi}_1 \end{vmatrix}$$

Gli elementi della matrice sono numeri complessi Z_{mn} costituiti da un modulo $|Z_{mn}|$ e da un argomento φ_{mn}= arg (Z_{mn}) che indicherà lo sfasamento temporale tra l'effetto e la causa.

Z_{11} indica quanto viene amplificata l'escursione di temperatura sull'ambiente 2 a causa di una variazione periodica unitaria di temperatura sulla faccia 1;

Z_{12} indica la variazione di temperatura indotta sull'ambiente 2 a causa di una variazione periodica unitaria di flusso termico specifico nell'ambiente 1;

Z_{21} indica la variazione di flusso termico specifico nell'ambiente 2 a causa di una variazione periodica unitaria di temperatura nell'ambiente 1;

Z_{22} indica la variazione di flusso termico specifico nell'ambiente 2 a causa di una variazione periodica unitaria di flusso termico specifico nell'ambiente 2;

Nel sistema si considera flusso positivo quello ceduto dall'ambiente interno all'esterno.

Considerando la zona interna (i) ed esterna (e), un parametro molto importante della matrice è il termine Z_{11} o $1/Z_{11}$ che si ottiene dalla relazione:

$$\left(\frac{\hat{\theta}_i}{\hat{\theta}_e} \right)_{\Phi_i = 0} = \frac{1}{Z_{11}}$$

ossia la variazione di temperatura all'interno θ_i dell'ambiente a causa di una variazione di temperatura all'esterno θ_e. Maggiore è Z_{11} e maggiore sarà l'attenuazione della sollecitazione di temperatura causata dalla variazione esterna. Di tale grandezza è possibile anche definire il ritardo temporale (time shift), che è l'argomento di tale grandezza e che indicherà il ritardo con cui si manifesta internamente il valore massimo dell'oscillazione periodica esterna.

Allo stesso modo è possibile definire il rapporto tra ampiezza del flusso termico e variazione di temperatura quando la variazione di temperatura nel lato interno è nulla ($\hat{\theta}_i = 0$). In questo caso la relazione [3] esprime:

$$\hat{\theta}_e = Z_{12}\,\hat{\Phi}_i$$

E' una condizione valutabile quando l'ambiente interno è controllato.

Si definisce trasmittanza dinamica U_{din} il rapporto tra il flusso indotto all'interno da una variazione periodica sinusoidale della temperatura esterna θ_e e la variazione stessa θ_e.

$$U_{din} = \left(\frac{\hat{\Phi}_i}{\hat{\theta}_e} \right)_{\hat{\theta}_i = 0}$$

θ_i è positivo quando è diretto dall'ambiente interno all'esterno. Se si volesse invece collegare la trasmittanza al flusso positivo quando questo è diretto dall'ambiente esterno all'interno si dovrebbe scrivere:

$$U_{din} = \left(\frac{-\hat{\Phi}_i}{\hat{\theta}_e} \right)_{\vartheta_i = 0} = -\left(\frac{\hat{\Phi}_i}{\hat{\theta}_e} \right)_{\vartheta_i = 0}$$

In questo caso l'argomento del numero complesso fornisce lo sfasamento tra la variazione di flusso termico inviato all'ambiente interno e la variazione di temperatura esterna.

Dalla relazione [3], risulta:

$$U_{din} = -\left(\frac{\hat{\Phi}_i}{\hat{\theta}_e} \right)_{\vartheta_i = 0} = -\frac{1}{Z_{12}}$$

Tale grandezza viene indicata nella norma con il simbolo Y_{12}. Molte volte si preferisce fornire il decremento, rapporto tra la trasmittanza dinamica e quella stazionaria, come:

$$f = \frac{U_{din}}{U} = \frac{|Y_{12}|}{U}$$

La trasmittanza U dell'elemento va calcolata ignorando i ponti termici eventualmente presenti nella struttura.

Oltre all'entità dello smorzamento, è importante vedere dopo quanto tempo (rispetto al massimo della temperatura) si verifica il massimo del flusso termico:

$$\Delta t_{12} = \frac{T}{2\pi} \arg(Y_{12})$$

dove l'argomento è valutato tra -2π e 0 (ossia viene dato l'intervallo di tempo che deve passare dal massimo della variazione di temperatura al massimo della variazione di flusso termico); *T* è il periodo di variazione sinusoidale.

Altro parametro importante per caratterizzare le pareti in regime dinamico sono le ammettenze che indicano, con riferimento alle due superfici interna ed esterna, a fronte di variazioni unitarie θ_i e θ_e le potenza termiche entranti Φ_i e Φ_e

$$Y_{11} = \left(\frac{\hat{\Phi}_i}{\hat{\theta}_i} \right)_{\hat{\theta}_e = 0} = - \frac{Z_{11}}{Z_{12}}$$

$$Y_{22} = - \left(\frac{\hat{\Phi}_e}{\hat{\theta}_e} \right)_{\hat{\theta}_i = 0} = - \frac{Z_{22}}{Z_{12}}$$

Si noti che per valutare l'ammettenza esterna, si è preferito cambiare il segno; è preferibile valutare lo sfasamento rispetto alla potenza $-\Phi_e = \Phi_e$ entrante nella parete (mentre per come è stato ricavato il sistema Φ è positivo se dall'ambiente va verso l'esterno). E' evidente che avere basse ammettenze significa avere, a parità di flussi termici, surriscaldamenti/raffreddamenti elevati.

Anche per le ammettenze è possibile valutare lo sfasamento temporale tra flusso termico e variazione di temperatura

$$\Delta t_{mm} = \frac{T}{2\pi} \arg(Y_{mm})$$

In questo caso, l'argomento è valutato tra 0 e 2π; ossia viene dato l'intervallo di tempo che deve trascorrere dal massimo della variazione di flusso termico al massimo della variazione di temperatura.

Utilizzando le ammettenze termiche Y_{11} e Y_{22} si possono anche definire le capacità termiche areiche:

$$\chi_1 = \frac{|Y_{11}|}{\omega}$$

$$\chi_2 = \frac{|Y_{22}|}{\omega}$$

E' evidente che elevati valori delle capacità termiche areiche significa avere elevata capacità di immagazzinare calore (il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti η aumenta al crescere delle capacità termiche areiche). Più semplicemente, in regime invernale per poter sfruttare in modo razionale i carichi termici solari occorre disporre di pareti con elevate capacità areiche χ_1

In estate dove si verificano delle elevate variazione di temperatura esterna (sole-aria) è necessario che le pareti siano in grado di ridurre e ritardare sensibilmente i picchi di temperatura sulla superficie interna della parete in modo da attenuare il flusso termico ceduto all'interno. In particolare perché il processo sia efficiente è necessario che lo sfasamento sia tale da portare i picchi di temperatura sulla superficie interna durante le ore serali, quando la temperatura esterna dell'aria è più bassa ed è quindi possibile raffreddare attraverso la ventilazione. Anche la massa termica esposta verso lo spazio interno (capacità areica χ_1) ha un'efficacia notevole sulla riduzione dei picchi dei carichi di raffrescamento estivo dovuti agli apporti gratuiti favorendo lo smorzamento della temperatura interna grazie alla capacità di accumulo.

Infine altri due parametri significativi sono le capacità termiche dinamiche intese come l'inverso della parte immaginaria dell'inverso delle ammettenze, diviso per la frequenza angolare:

$$\kappa_1 = \frac{T}{2\pi}\left|\frac{Z_{11} - 1}{Z_{12}}\right|$$

$$\kappa_2 = \frac{T}{2\pi}\left|\frac{Z_{22} - 1}{Z_{12}}\right|$$

Tali capacità sono valutate in modulo.

Avere elevate capacità significa possedere maggiore capacità di immagazzinare calore a parità di salti termici. In definitiva, al fine di verificare il ritardo dell'onda termica imposto da una sollecitazione esterna, si dovrà valutare la variazione di tempo (argomento) del fattore Z_{11}.

Si noti che in generale un aumento degli spessori della parete comporta un aumento del ritardo temporale con cui i picchi delle oscillazioni si verificano, mentre un aumento delle capacità termiche areiche comporta un aumento del fattore di decremento, ovvero una riduzione in ampiezza delle oscillazioni periodiche.

In pratica bassi valori del fattore di decremento f congiuntamente a alti valori della capacità termica areica interna e alti valori nello sfasamento della trasmittanza termica periodica denotano migliori caratteristiche delle pareti nell'attenuazione degli effetti delle sollecitazioni termiche esterne estive.

6.1.2 CONFRONTO TRA DIFFERENTE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

Attualmente manca un quadro normativo completo per il calcolo della prestazione energetica in regime estivo dell'edificio, come quello disponibile per il calcolo invernale. In attesa di un più articolato e dettagliato metodo di calcolo della prestazione energetica estiva, caratterizzata da un regime termico tipicamente dinamico, a causa della periodicità dell'apporto solare, la legislazione vigente si limita a fissare dei limiti per alcuni parametri che hanno influenza sui consumi energetici in questo periodo.

Il D.Lgs. 311/06 (allegato I, comma 9,lettera b) prescrive che in tutte le zone climatiche, ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva sia maggiore o uguale a 290 W/m² (a Siviglia è pari a 339 W/m²) la massa superficiale delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate debba essere superiore a 230 kg/m².

Nelle bozze di linee guida per la certificazione energetica (previste dallo stesso D.Lgs. 311/06, art. 6, comma 9),si richiede che in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva sia maggiore o uguale a 290 W/m², il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate sia inferiore a 0,12 W/m²K.

La trasmittanza termica periodica, Y_{IE} (W/m²K) è il parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore.

Rispetto al parametro "massa superficiale", la trasmittanza termica periodica risulta però più rappresentativa del comportamento della parete in regime termico dinamico. Infatti pareti con lo stesso valore di massa superficiale, spessore e trasmittanza termica stazionaria presentano prestazioni termiche differenti se valutate in regime termico variabile.

La trasmittanza termica periodica è legata al "fattore di decremento" (f), risultando pari al prodotto di f [-] per la trasmittanza termica stazionaria U [W/(m²K)].

Il requisito di inerzia termica, con riferimento al periodo estivo, può essere formulato come il comportamento che le pareti di involucro devono avere al fine di mantenere condizioni di comfort ottimali negli ambienti interni, evitando il surriscaldamento dell'aria.

A tale riguardo, la prestazione della parete è definita in base a due parametri prestazionali:

- coefficiente di sfasamento dell'onda termica (in ore);
- attenuazione dell'onda termica (adimensionale).

La capacità termica, specifica o per unità di superficie, di un elemento edilizio è una caratteristica che indica l'energia termica immagazzinata nella parete per ogni grado di aumento della sua temperatura media. Si tratta di una grandezza che dipende dal calore specifico del materiale e dalla massa, apprezzabile per il contenimento dei consumi energetici e

il mantenimento delle condizioni di comfort, tanto in inverno quanto in estate. La capacità termica, infatti, determina una attenuazione e uno sfasamento del flusso termico che attraversa la soluzione dell'involucro tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno.
In funzione dello sfasamento dell'onda termica e del fattore di attenuazione, nel periodo estivo è possibile calcolare la temperatura superficiale interna e il flusso termico entrante in rapporto alla temperatura superficiale esterna sulla parete (quest'ultima in funzione della temperatura dell'aria esterna ad una data ora, della irradianza solare e del colore della superficie esterna della parete).
Questa capacità di sfasamento termico, che per i climi mediterranei presenta tempi ottimali tra le 8 e le 14 ore, insieme alla capacità di attenuazione, che è considerata significativa al di sotto di 0,35 (35%), indica la capacità di una parete di abbattere la temperatura del flusso del calore al proprio interno e di ritardarne il passaggio, così da fungere da vero e proprio volano termico: questo è quanto accade efficacemente ad una soluzione costituita da un materiale con elevata inerzia termica.
Edifici costituiti da strutture perimetrali con poca massa termica possono presentare nell'arco della giornata temperature con punte al di fuori della zona di comfort, con necessità di riscaldamento nel periodo invernale o di raffrescamento nel periodo estivo; viceversa, nel caso di edifici massivi la restituzione dell'energia accumulata porta a una maggior efficienza e, in ogni caso, a un migliore funzionamento degli impianti correlato ai carichi di punta inferiori.

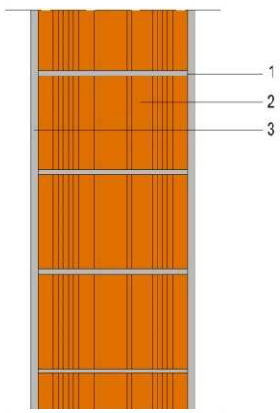
Al fine di mettere in evidenza la efficacia descrittiva dei vari parametri che influenzano la prestazione termica di una parete in regime termico dinamico, sono state prese in considerazione alcune soluzioni di involucro molto diffuse in edilizia.
In particolare, si è analizzato il differente comportamento in regime dinamico di tipologie murarie.

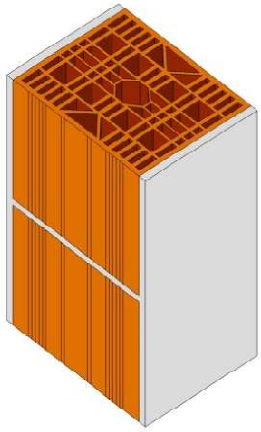
Si è partiti inizialmente dalla valutazione di sei differenti chiusure aventi spessore 33 cm; si è scelto di tenere fisso il parametro dello spessore per evitare pareti eccessivamente larghe che avrebbero influenzato negativamente l'aspetto progettuale.

Le pareti analizzate sono le seguenti:

- parete 1: omogenea
- parete 2: con cappotto esterno
- parete 3: con isolante intermedio
- parete 4: con intercapedine d'aria
- parete 5: con doppio isolante (interno ed esterno)
- parete 6: sistema costruttivo a secco (parete leggera)

Parete 1





	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,13		
1	intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
2	laterizio forato	0,300	0,350	750	840	0,8571	0,1236	2,427
3	intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,33	1,43	3750	2840	1,0827	0,3226	2,7285

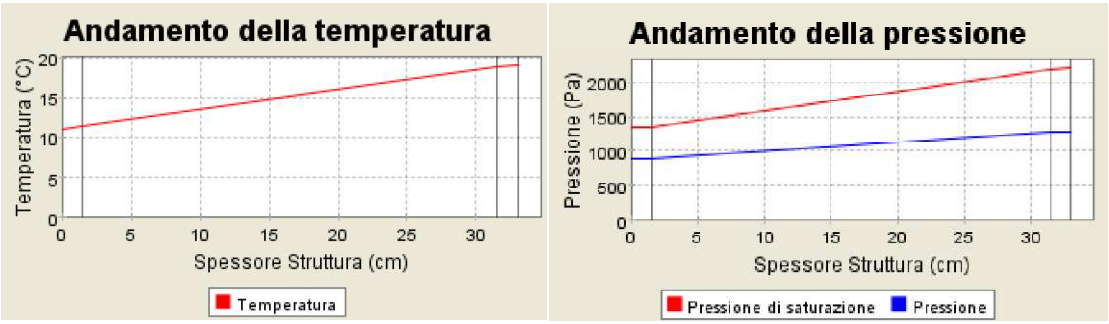
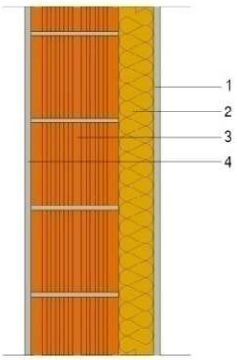
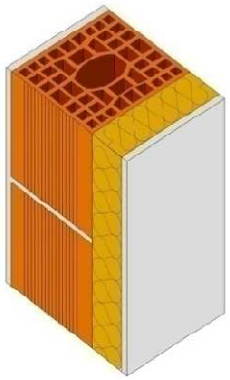


Grafico 6.1.2-a Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 1

Parete 2





Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,13		
1 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
2 laterizio forato	0,220	0,350	750	840	0,6286	0,1236	1,7798
3 poliuretano espanso	0,080	0,030	40	1670	2,6667	0,1111	0,7198
4 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,33	1,46	3790	4510	3,5208	0,4337	2,8012

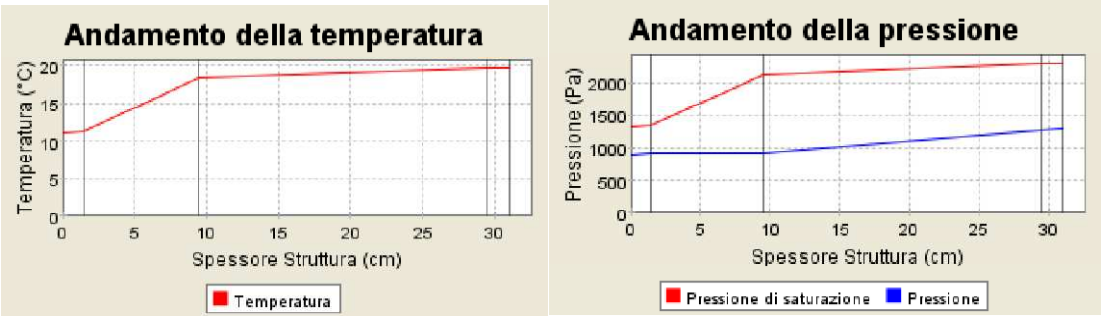
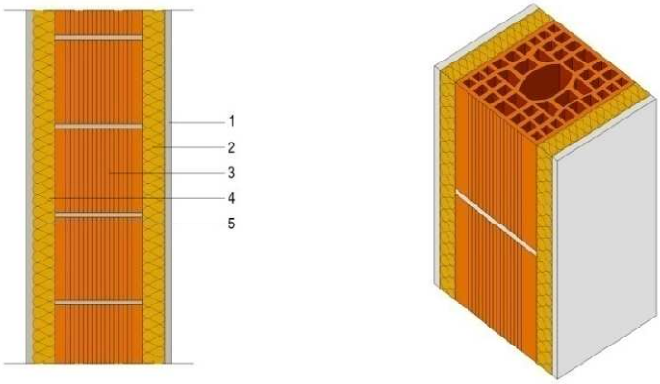


Grafico 6.1.2-b Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 2

Parete 3



Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,13		
1 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
2 poliuretano espanso	0,040	0,030	40	1670	1,3333	0,1111	0,3599
3 laterizio forato	0,220	0,350	750	840	0,6286	0,1236	1,7798
4 poliuretano espanso	0,040	0,030	40	1670	1,3333	0,1111	0,3599
5 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,33	1,49	3830	6180	3,5208	0,5449	2,8012

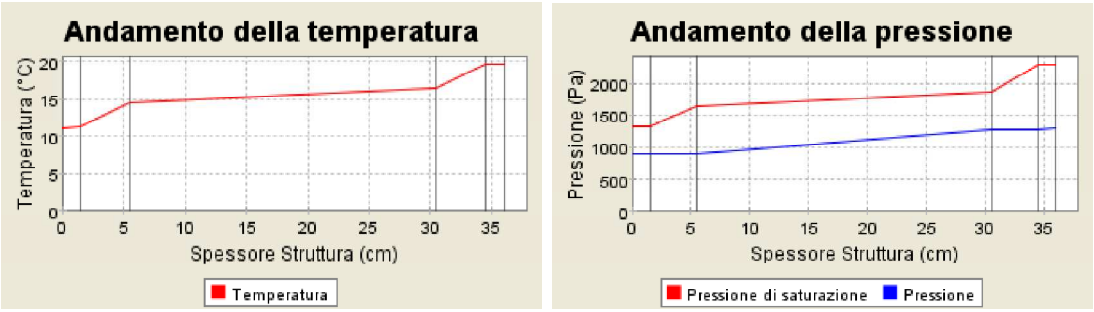
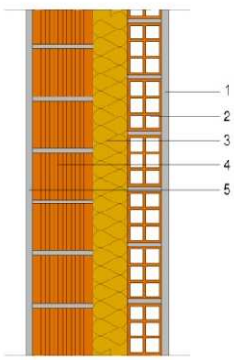
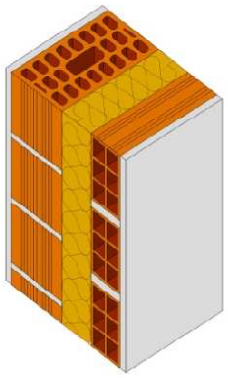


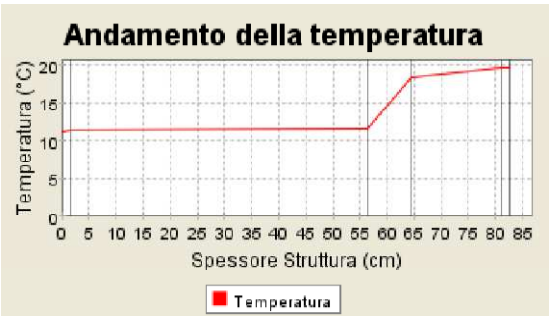
Grafico 6.1.2-c Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 3

Parete 4





Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,13		
1 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,02778	0,0995	0,1508
2 laterizio forato	0,165	0,350	750	840	0,47143	0,1236	1,3349
3 poliuretano espanso	0,080	0,030	40	1670	2,66667	0,1111	0,7198
4 laterizio forato	0,055	0,350	750	840	0,15714	0,1236	0,4450
5 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,02778	0,0995	0,1508
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,33	1,81	4540	5350	3,5208	0,5574	2,8012



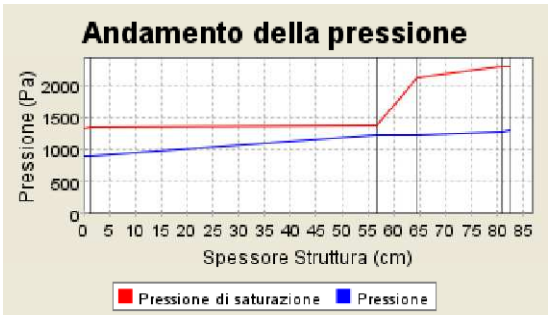
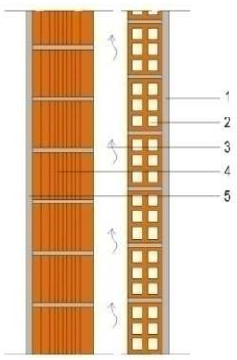
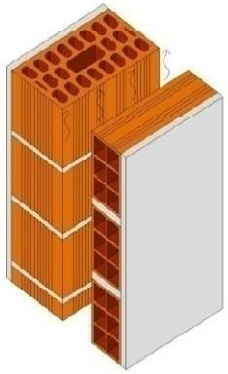


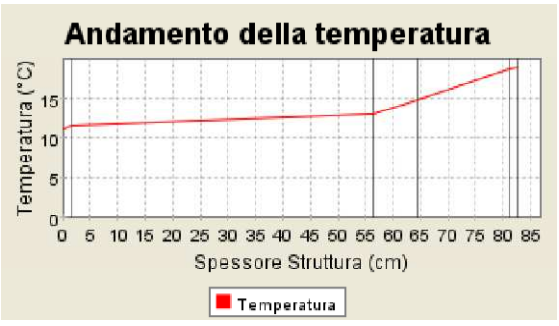
Grafico 6.1.2-d Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 4

Parete 5





Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,13		
1 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
2 laterizio forato	0,165	0,350	750	840	0,4714	0,1236	1,3349
3 intercapedine d'aria	0,080				0,1800	-	-
4 laterizio forato	0,055	0,350	750	840	0,1571	0,1236	0,4450
5 intonaco calce e gesso	0,015	0,540	1500	1000	0,0278	0,0995	0,1508
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,33	1,78	4500	3680	1,0341	0,4462	2,0813



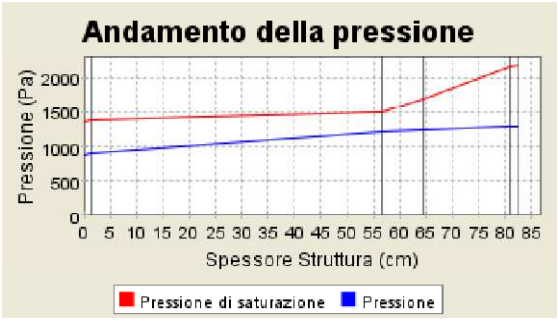
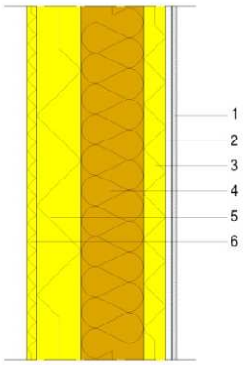
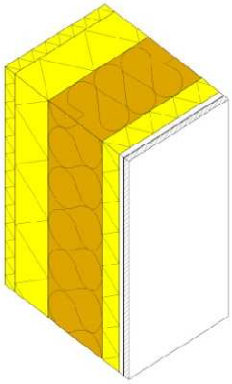


Grafico 6.1.2-e Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 5

Parete 6





	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,13		
1	cartongesso in lastre	0,025	0,250	900	1000	0,1000	0,0874	0,2860
2	gutex thermoinstal	0,050	0,039	150	2100	1,2821	0,0584	0,8569
3	gutex termoflex	0,140	0,038	45	2100	3,6842	0,1052	1,3313
4	gutex termowall	0,100	0,039	160	2100	2,5641	0,0565	1,7699
5	gutex multiplex top	0,022	0,044	200	2100	0,5000	0,0537	0,4099
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,337	0,41	1455	9400	8,3004	0,3611	4,6540

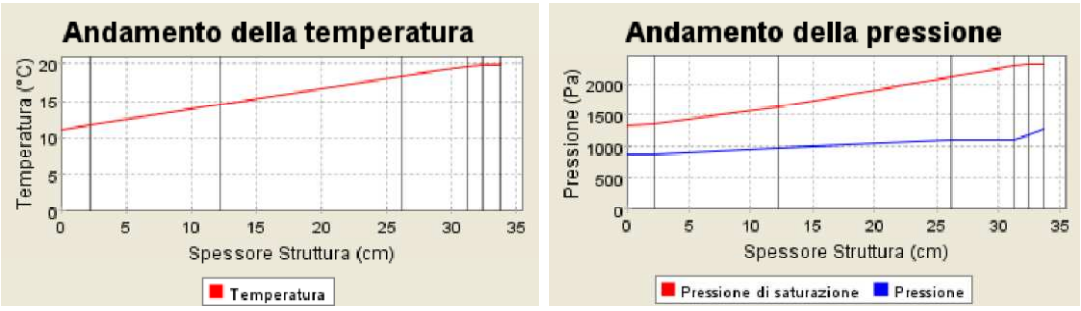


Grafico 6.1.2-f Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 6

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Tipologie di chiusure	REGIME STAZIONARIO						
	Spessore	Massa superficiale	Resistenza termica totale	Trasmittanza	Conduttanza	Capacità termica areica	Costante di tempo
	d	**Ms**	**Rt**	**U**	**C**	**Cta**	**τ**
	[m]	[kg/m2]	[m2K/W]	[W/m2K]	[W/m2K]	[kJ/m2K]	[h]
Parete 1	0,33	270	1,083	0,924	1,096	234,000	70,375
Parete 2	0,33	213	3,521	0,284	0,298	188,944	184,787
Parete 3	0,33	213	3,521	0,284	0,298	188,944	184,787
Parete 4	0,33	213	3,521	0,284	0,298	188,944	184,787
Parete 5	0,33	210	1,034	0,967	1,157	183,600	52,740
Parete 6	0,337	57	8,300	0,120	0,123	94,320	217,470

	REGIME DINAMICO											
	Fattore di attenuazione	Ritardo fattore di decremento	Trasmittanza termica periodica	Ammettenza termica lato interno		Ammettenza termica lato esterno		Capacità termica areica lato interno		Capacità termica areica lato esterno		Fattore di smorzamento superficiale interno	
	fd	**φ**	**|Yie|**	**Yii**		**Yee**		**Cip(2007)**		**Cep(2007)**		**fsd**	**fsi**
	[-]	[h]	[W/m2K]	[W/m2K]	[h]	[W/m2K]	[h]		[kJ/m2K]		[kJ/m2K]	[-]	[-]
1	0,39	8,88	0,36	3,34	9,79	4,36	8,98	75,51	50,85	75,51	64,92	0,57	0,43
2	0,25	9,41	0,07	3,37	9,87	1,78	7,11	70,59	47,26	26,43	25,34	0,56	0,77
3	0,10	10,57	0,03	1,69	8,21	1,82	7,69	26,20	23,52	26,20	25,35	0,78	0,76
4	0,35	9,07	0,10	3,51	9,83	3,88	7,49	74,95	49,65	58,21	54,57	0,54	0,50
5	0,53	6,98	0,51	3,39	9,74	3,94	8,57	76,31	52,20	67,68	60,77	0,56	0,49
6	0,15	15,04	0,02	2,04	8,29	1,07	8,94	31,89	28,00	15,25	14,73	0,73	0,86

Tabella 6.1.2-a Confronto tra le differenti tipologie di pareti analizzate

Confronto parametri di comportamento estivo

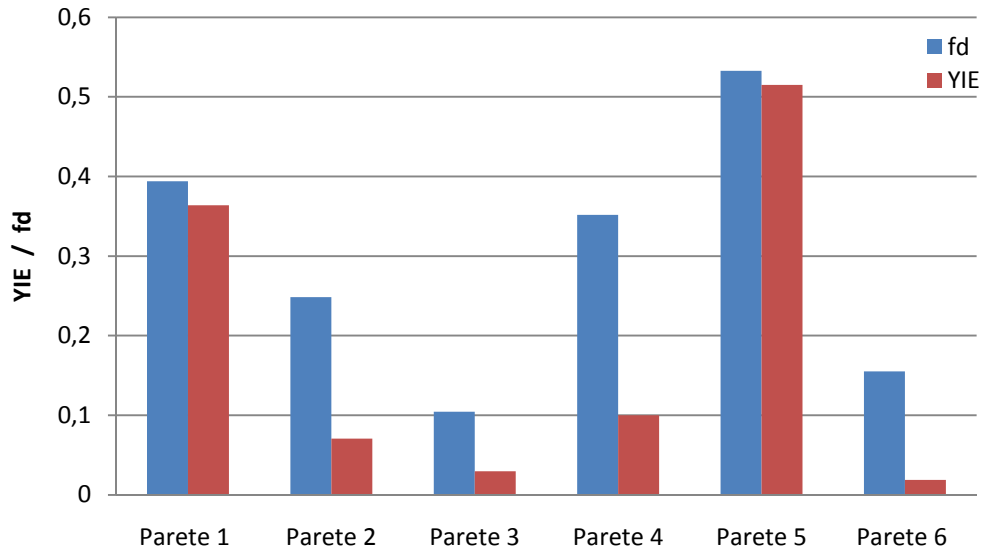


Grafico 6.1.2-g Confronto tra le differenti tipologie di pareti analizzate

Andamento della temperatura superficiale interna estiva:

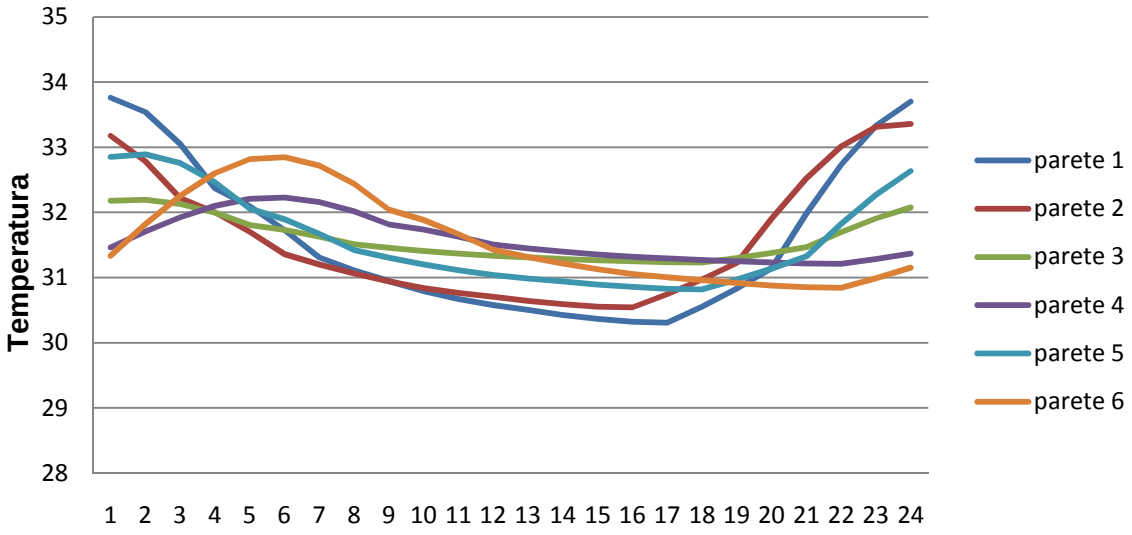


Grafico 6.1.2- h Andamento delle temperature nelle pareti analizzate

	parete 1	parete 2	parete 3	parete 4	parete 5	parete 6
0	33,759	33,178	32,177	31,459	32,854	31,332
1	33,538	32,783	32,193	31,705	32,888	31,818
2	33,053	32,224	32,131	31,924	32,756	32,252
3	32,368	32,001	31,996	32,101	32,466	32,601
4	32,095	31,700	31,806	32,209	32,055	32,815
5	31,725	31,360	31,730	32,226	31,892	32,848
6	31,309	31,199	31,627	32,161	31,670	32,720
7	31,111	31,063	31,511	32,019	31,421	32,439
8	30,944	30,939	31,456	31,818	31,303	32,041
9	30,791	30,840	31,410	31,738	31,203	31,883
10	30,670	30,765	31,367	31,629	31,112	31,668
11	30,579	30,703	31,334	31,507	31,039	31,426
12	30,502	30,641	31,308	31,449	30,984	31,312
13	30,426	30,592	31,287	31,400	30,939	31,215
14	30,366	30,554	31,266	31,355	30,893	31,126
15	30,320	30,542	31,249	31,320	30,857	31,056
16	30,305	30,745	31,236	31,293	30,829	31,003
17	30,554	30,972	31,232	31,270	30,820	30,959
18	30,832	31,228	31,301	31,248	30,969	30,915
19	31,146	31,911	31,379	31,230	31,136	30,879
20	31,983	32,521	31,466	31,217	31,324	30,853
21	32,732	33,011	31,699	31,212	31,825	30,844
22	33,333	33,311	31,907	31,285	32,273	30,988
23	33,702	33,358	32,074	31,367	32,633	31,150

Tabella 6.1.2-b Temperature nell'interfaccia interna delle pareti analizzate

Dai risultati ottenuti è immediato notare come la prima parete, seppur l'unica con una massa superficiale maggiore a 230 kg/m², non soddisfi le esigenze invernali possedendo una trasmittanza termica molto elevata; nonostante ciò il suo comportamento in fase estiva può essere considerato accettabile avendo uno sfasamento superiore alle 8 ore e un buon fattore di attenuazione; risulta infatti la parete in grado di mantenere la temperatura superficiale inferiore alle altre nelle ore di principale utilizzo dell'edificio.

Sono state poi messe a confronto tre pareti aventi la stessa quantità di isolante e di laterizio ma collocati in modo differente; sono chiusure quindi caratterizzate non solo dal medesimo spessore ma anche dalla medesima massa superficiale pari a 213 kg/m². Il loro comportamento in fase invernale è caratterizzato da una trasmittanza pari a 0,28 [W/m²K] che rende le chiusure idonee alla zona climatica in considerazione secondo quanto stabilito dal D.L. 311/06.
Facendo però riferimento alla norma UNI EN ISO 13786:2007, analizzano il comportamento in fase estiva e calcolando il fattore di attenuazione così come la trasmittanza termica periodica si può notare quanto cambi il comportamento di una chiusura solamente in funzione del posizionamento dell'isolante. Si deduce infatti che la parete con isolante interposto possiede prestazioni migliori circa la trasmittanza termica periodica e lo sfasamento, seppur poco

discostanti da quelli ottenuti con il posizionamento dell'isolante sul alto esterno, parete che a differenza della precedente garantisce un fattore di smorzamento superficiale leggermente migliore. La soluzione 3 invece mostra come la scelta di non avere un isolante concentrato sia peggiore su ogni fronte.
Avendo dedotto che tra le soluzioni fin ora presentate quella che ha un miglior comportamento è la parete con isolante intermedio, si è provato ad analizzare il comportamento della medesima parete sostituendo l'isolante con una camera d'aria al fine di poter creare una parete più economica. I risultati, come ci si aspettava, diventano peggiori sia in condizioni invernali dove la trasmittanza è maggiore a 0,9 [W/m²K] sia in condizioni estive dove lo sfasamento diventa inferiore alle 8 ore.

Si è deciso successivamente di valutare il comportamento di una chiusura leggera, sempre del medesimo spessore delle precedenti pareti e, chiaramente dai risultati, si nota come, nonostante la bassa massa superficiale (pari a soli 57 kg/m²) il suo comportamento sia buono, anzi i parametri sono diventati tanto ottimali da generare comportamenti negativi. Si ottiene infatti un comportamento invernale caratterizzato da una trasmittanza termica fin troppo ridotta per il luogo interessato e in fase estiva uno sfasamento troppo elevato, raggiungendo le 15 ore. Il comportamento di tale parete quindi non può essere ritenuto adeguato ai fini della progettazione in quanto oltre a far si che il picco di calore della temperature esterna, all'incirca alle 15.00, genererebbe un picco della temperatura interna alle ore 6.00 del mattino seguente, orario troppo vicino all'ora d'inizio di utilizzazione dell'edificio, il quale non sarebbe in grado di smaltire il calore accumulato in solo un paio di ore. Inoltre, altro aspetto negativo è la capacità termica decisamente molto più ridotta rispetto alle chiusure analizzate in precedenza. È inoltre da osservare come nonostante il buon valore della trasmittanza termica periodica la temperatura superficiale interna non sia inferiore alle precedenti pareti analizzate, anzi, nelle ore centrali della giornata risulta essere addirittura maggiore.

A questo punto dell'analisi si è allora deciso di analizzare il comportamento della medesima parete utilizzando gli stessi materiali ma di spessori ridotti al fine di ridurre sia la trasmittanza termica (fase invernale) sia lo sfasamento (fase estiva).

I risultati ottenuti sono i seguenti:

	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	d/δ ξ = ξ [-]
	Superficie interna					0,13		
1	cartongesso in lastre	0,025	0,250	900	1000	0,1	0,0874	0,2860
2	gutex thermoinstal	0,050	0,039	150	2100	1,2821	0,0584	0,8569
3	gutex termoflex	0,080	0,038	45	2100	2,1053	0,1052	0,7607
4	gutex termowall	0,060	0,039	160	2100	1,5385	0,0565	1,0620
5	gutex multiplex top	0,022	0,044	200	2100	0,5	0,0537	0,4099
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,237	0,41	1455	9400	5,6958	0,3611	3,3754

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**47,60**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**5,696**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,176**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,181**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**75,21**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**118,99**

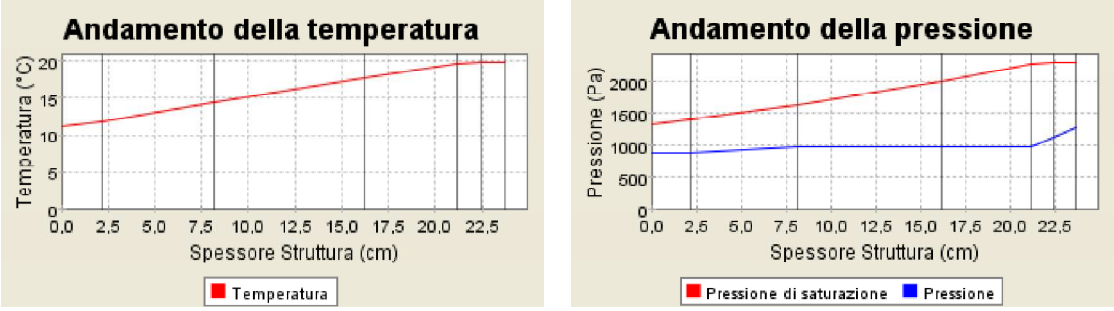
Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,3873**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**10,18**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0680**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,031**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,104**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**32,76**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**16,75**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,736**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,728**

Tabella 6.1.2- c Comportamento della parete 6 in regime stazionario e dimanico

Ora i risultati possono essere ritenuti buoni, con la riduzione di ben 10 cm dello spessore della parete si ha comunque una ottima trasmittanza e lo sfasamento si è ridotto a poco più di 10 ore, tempo ottimale in relazione alle condizioni climatiche della zona. La decisione progettuale a seguito delle analisi sopra svolte è quella di utilizzare quest'ultimo sistema di chiusura

ritenendolo il più efficace in relazione al comportamento termico, il più vantaggioso a livello di spazio e anche il più rapido in termini di realizzazione. Permane la problematica di una troppo ridotta capacità termica che viene però sopperita con una ridotta trasmittanza termica.
Con questa scelta progettuale risulta però necessario fornire documentazioni adeguate riguardo al comportamento del'involucro avendo questo una massa superficiale ben al di sotto di quanto imposto dal D.L. 311/06.
Il buon comportamento della chiusura scelta può essere rapidamente evidenziato osservando il comportamento della temperatura attraverso ogni strato sia in regime invernale che in quello estivo:

Comportamento invernale: mese di Gennaio



Comportamento estivo: mese di Luglio

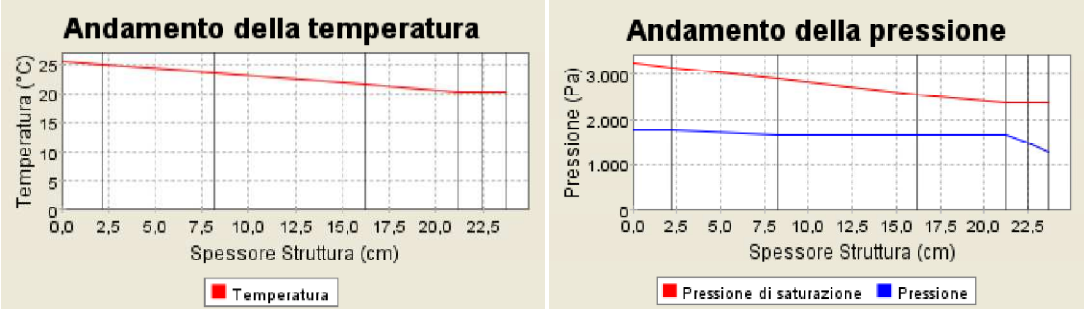


Grafico 6.1.2-i Andamento della temperatura e della pressione in estate ed inverno della parete 6

Avendo ridotto lo spessore di due strati isolanti si può notare, già dal semplice confronto tra le temperature, come le condizioni interne siano notevolmente migliorate.
Questa chiusura risulta infatti la migliore, quella che garantisce una temperatura superficiale interna più ridotta dalle ore 6.00 alle ore 18.00, cioè quasi nella totalità del tempo di utilizzo

dell'edificio; raggiunge un picco alle ore 23.00 e garantisce una temperatura sempre al di sotto dei 31℃ nelle ore centrali della giornata.

Riportiamo di seguito il confronto tra la parete 1, che risultava la migliore in regime estivo, la parete 6 e la nuova parete 7 (riduzione della 6) per vederne numericamente e graficamente l differenze.

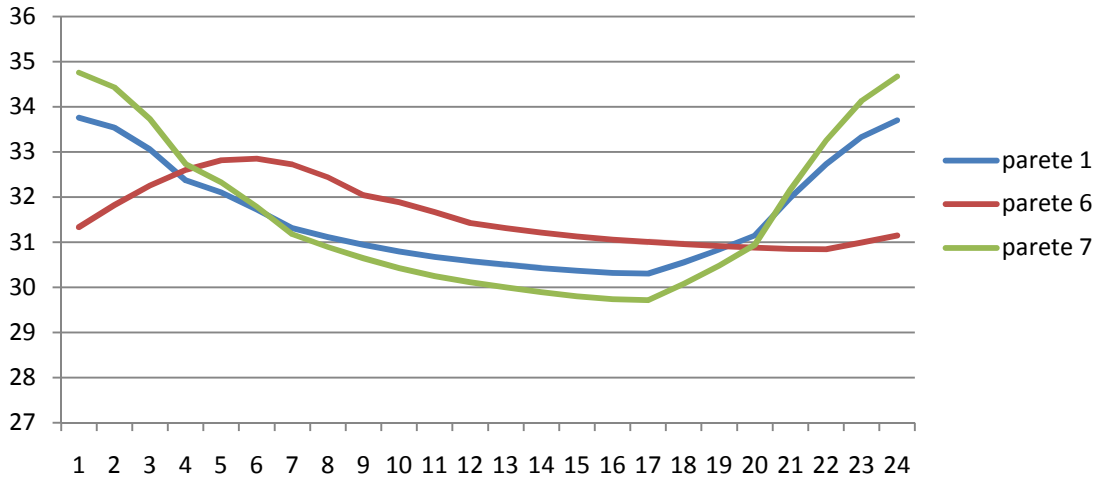


Grafico 6.1.2-l Confronto delle temperature nelle pareti 1,6,7

	parete 1	parete 6	parete 7
0	33,759	31,332	34,7583
1	33,538	31,818	34,4348
2	33,053	32,252	33,7268
3	32,368	32,601	32,7261
4	32,095	32,815	32,3276
5	31,725	32,848	31,7871
6	31,309	32,720	31,1794
7	31,111	32,439	30,8906
8	30,944	32,041	30,6463
9	30,791	31,883	30,4242
10	30,670	31,668	30,2465
11	30,579	31,426	30,1132
12	30,502	31,312	30,0021
13	30,426	31,215	29,8911
14	30,366	31,126	29,8022
15	30,320	31,056	29,7356
16	30,305	31,003	29,7134
17	30,554	30,959	30,0767
18	30,832	30,915	30,484
19	31,146	30,879	30,9421
20	31,983	30,853	32,1649
21	32,732	30,844	33,2575
22	33,333	30,988	34,1363
23	33,702	31,150	34,674

Oltre ha notare l'evidente miglior comportamento della chiusura 7, risulta interessante soffermarsi ad osservare come la nuova parete, pur avendo natura del tutto simile alla parete 6 abbia un andamento poco discostante dalla parete omogenea in laterizio.

6.1.3 Controllo della condensa interstiziale

Una volta determinati i pacchetti di chiusura dell'edificio si è passati a verificare l'assenza di condensa nelle differenti interfacce al fine di evitare ogni possibile disconfort nell'edificio.

La valutazione della possibilità di avere condensa superficiale o interstiziale all'interno di una parete è stata fatta utilizzando il metodo di calcolo offerto dalla norma UNI EN ISO 13788:2003: "prestazioni igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – metodo di calcolo".
Quando una parete separa due ambiente dove è presente vapore d'acqua a differenti livelli si genera un flusso di vapore verso l'ambiente dove tale livello risulta inferiore. Solitamente l'ambiente con un quantitativo maggiore di tale vapore e di pressione parziale p_v è quello a maggior temperatura

Per ogni stratigrafia sono stati determinati i profili di temperatura (considerando il flusso termico dall'esterno verso l'interno determinato dalla differenza di temperatura), di pressione di saturazione (alla temperatura determinata), di pressione di vapore (considerando il flusso di vapore passante dall'esterno verso l'interno determinato dalla differenza tra la pressione esterna e quella interna).
Quando la pressione di saturazione risulta maggiore della pressione di vapore nello strato non si ha la formazione di condensa, altrimenti si ha condensa. Nel caso di condensa si deve calcolare la quantità di condensa che si crea o evapora nello strato.
Analiticamente si è partiti dal calcolo della temperatura in corrispondenza di ogni interfaccia tramite la seguente formula:

$$t_n = t_n - 1 + \frac{R_n}{R_T} x \ (t_i - t_e)$$

Dove:
t_n = temperatura in corrispondenza della superficie interna dell' n-esimo strato
t_e = temperatura aria esterna
t_i = temperatura aria interna
R_n = resistenza termica dell' n-esimo strato
R_T = resistenza termica totale dell'elemento considerato, calcolata come segue:

$$R_T = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e} = R_{ai} + R_{1+} R_2 + \ldots + R_{ae}$$

Dove:

s = spessore dell'n-esimo strato;

λ = conducibilità termica di ogni materiale;

α_i = coefficiente di adduttanza interna;

α_e = coefficiente di adduttanza esterna;

R = resistenza termica di uno strato, in funzione a spessore e conducibilità del materiale di cui è composto;

R_{ai} = resistenza di adduzione interna;

R_{ae} = resistenza di adduzione esterna.

Ottenute così tutte le temperature interstiziali si passa a calcolare le pressioni di saturazione p_{sat} in ogni interfaccia come segue:

$$p_{sat\ (t)=}\ e^{A+\frac{B}{t}+\frac{C}{t^{1,5}}}$$

Dove:

	A	B	C
- 50 °C < t < 0°C	28,542	-5869,9	-2882
0 °C < t < 50°C	22,565	-2377,1	-33623

Proseguendo abbiamo calcolato la pressione parziale riferendoci alla resistenza opposta dai materiali che compongono la parete al passaggio del vapore, ricavando la resistenza complessiva al vapore della parete:

$$R_{V,t} = \sum_{i=1}^{n} R_{V,n}$$

Dove

$$R_{V,t} = \frac{s_n}{\delta_n}$$

δ_n rappresenta il coefficiente di permeabilità al vapore, cioè quanto vapore attraversa un m² di superficie di un materiale spesso 1m.

Si è passati poi a calcolare le pressioni nell'ambiente interno e nell'ambiente esterno, cioè le pressioni p_{vi} e p_{ve} corrispondenti alle due facce, interna ed esterna, delle varie chiusure. Le pressioni parziali invece vengono calcolate sulle interfacce interne dell'elemento, come segue:

$$p_{v,n} = p_{v,n-1} - \frac{(p_{v,i} - p_{v,e})\ x\ R_{V,n}}{R_{V,t}}$$

$$p_{vi} = \varphi_i\ x\ p_{si}$$

$$p_{ve} = \varphi_e\ x\ p_{se}$$

Essendo:

φ_i = umidità relativa dell'ambiente interno;

φ_e = umidità relativa dell'ambiente esterno;

p_{vi} = pressione di saturazione interna;

p_{ve} = pressione di saturazione esterna.

I dati utilizzati a riguardo delle condizioni ambientali interne ed esterne sono:

	t	φ
aria interna	20 °C	50%
aria esterna	5 °C	90%

La valutazione della possibilità di avere condensa interstiziale è stata fatta mensilmente per le differenti tipologie di parete.

La possibilità di avere condensa interstiziale è stata valutata in tutte le interfacce di separazione tra materiali diversi tramite l'utilizzo del diagramma di Glaser che permette, in modo immediato e visivo, di verificare il comportamento delle pressioni parziali e di saturazione. Questo metodo, pur semplificando i procedimenti e fornendo dati indicativi, restituisce risultati sufficientemente validi a riguardo del comportamento igrometrico delle varie chiusure.

I dati ottenuti sono stati rappresentati per ogni pacchetto su due grafici: uno temperatura/spessore, su cui si trova l'andamento della temperatore all'interno della parete, e uno pressione/spessore equivalente, su cui sono rappresentate le curve della pressione di saturazione, della pressione di vapore.

6.1.4 Studio del benessere acustico

6.1.4.1 Confort acustico

Per confort acustico si intende quella condizione psicofisica di benessere nella quale si trova un individuo immerso in un campo sonoro, in relazione all'attività che sta svolgendo. L'elemento da valutare è quindi molto soggettivo, legato ad esigenze personali o a particolari sensibilità individuali, delle quali sarà necessario tener conto all'atto della progettazione di un edificio. Ciò nonostante, è possibile determinare la qualità acustica di un ambiente attraverso alcuni indici che, riferiti a diverse condizioni d'ascolto, consentono di valutare differenti aspetti della percezione sonora, ai quali corrispondono ben individuabili giudizi soggettivi.

Relativamente alla qualità acustica degli ambienti destinati all'ascolto della parola, è necessario garantire l'assenza di disturbo e la buona ricezione. Il raggiungimento di tali requisiti porta al conseguimento di condizioni ottimali di intelligibilità della parola, definita come percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità delle parole o frasi pronunciate da un parlatore.

Garantire l'assenza di disturbo significa ridurre qualsiasi rumore di fondo che mascheri il suono prodotto dal parlatore e contenere quella sensazione uditiva sgradevole e fastidiosa prodotta da uno stato generale d'insoddisfazione verso l'ambiente acustico.

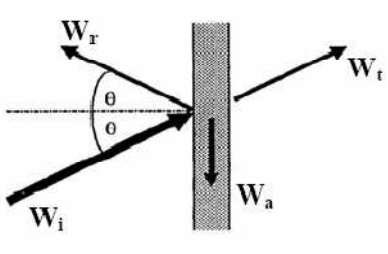
La buona ricezione è dunque legata alla presenza di un sufficiente livello sonoro nell'ambiente e alla percezione ottimale delle onde sonore dirette e riflesse, sia per quanto riguarda la loro composizione in frequenza, sia per quanto riguarda gli sfasamenti temporali che la caratterizzano. In particolare, il contributo delle onde riflesse deve essere tale da instaurare una situazione favorevole di compromesso, in modo che possano contribuire al rinforzo del livello sonoro diretto, senza che una durata troppo lunga della coda sonora mascheri i segnali successivi. In questo caso, il tempo di riverberazione resta quindi un parametro oggettivo molto utile per valutare la buona ricezione in un ambiente.

La propagazione del suono all'interno degli ambienti chiusi è tanto complessa che non è possibile descrivere il fenomeno con mezzi matematici analitici. Tuttavia, sono disponibili modelli di calcolo che, per mezzo di ipotesi semplificative, permettono di ottenere previsioni sufficientemente attendibili.

L'impiego di tali modelli è destinato alla soluzione di problematiche complesse legate ai grandi spazi, quali auditori, teatri, palazzetti; per i quali è necessario valutare in modo puntuale i diversi accorgimenti progettuali allo scopo di garantire una diffusione sonora ottimale. Nella valutazione degli ambienti di uso comune è possibile impiegare, invece, algoritmi di calcolo semplificati, comunque utili a garantire un adeguato risultato.

Di decisiva importanza è la valutazione degli elementi presenti all'interno di un ambiente chiuso, (pareti, arredamenti, persone, ecc.) i quali condizionano la propagazione acustica, poiché assorbono in diversa misura l'energia sonora che incide su di loro. Tali fenomeni possono alterare e deteriorare la qualità del suono percepito dal ricettore, causando ad esempio il degrado della comunicazione verbale o dell'ascolto della musica.

Le proprietà assorbenti dei materiali sono quantificate attraverso il coefficiente di assorbimento acustico α, il quale è definito come rapporto tra la potenza sonora assorbita e la potenza sonora incidente. Il valore di α rappresenta quindi la frazione di energia sonora assorbita da un determinato materiale e può variare fra 0, nel caso in cui tutta l'energia incidente è riflessa, e 1, nel caso in cui tutta l'energia incidente è assorbita. Pertanto, se il valore di α è pari a 0,7 significa che il 70% dell'energia incidente sulla superficie del materiale è assorbita.



Tuttavia, per un medesimo materiale il valore di α varia al variare delle frequenze e dell'angolo di incidenza dell'onda acustica, quindi i coefficienti di assorbimento acustico (sia teorici come α, sia determinati sperimentalmente come α_{sabin}) sono espressi in funzione della frequenza in banda d'ottava o 1/3 d'ottava.

6.1.4.2 Tempo di riverberazione

Per definire la qualità acustica di un locale è stato introdotto il tempo di riverberazione, il quale indica il tempo, in secondi, necessario affinché, in un punto di un ambiente chiuso, il livello sonoro si riduca di una certa entità rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora ha finito di emettere.

Di norma, viene utilizzato il tempo di riverberazione T_{60}, cioè l'intervallo di tempo in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente.

In un ambiente avente dimensioni abbastanza prossime fra loro il valore di T_{60} è calcolabile secondo la formula di Sabine.

$$RT = 0{,}16 \; x \; \frac{V}{A_{bs}} \; [s]$$

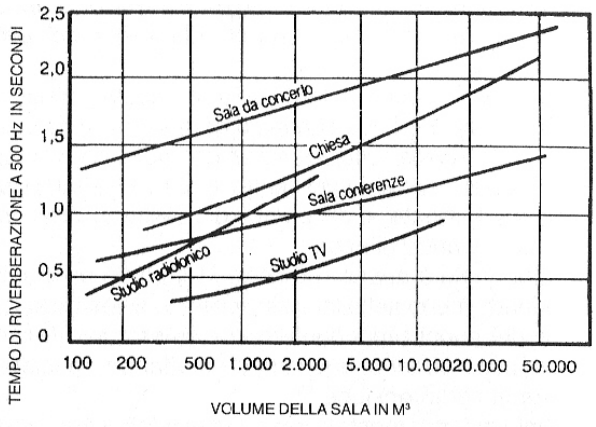
$$A_{bs} = \sum (a \; x \; s)$$

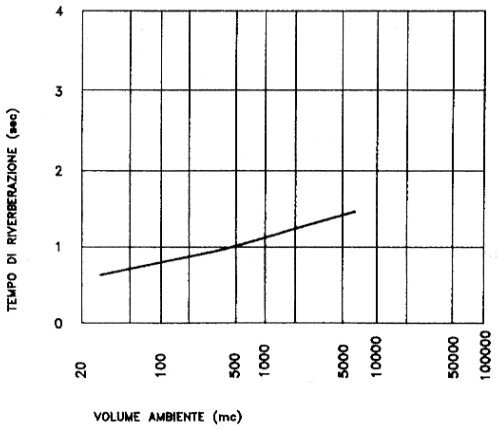
Dove:

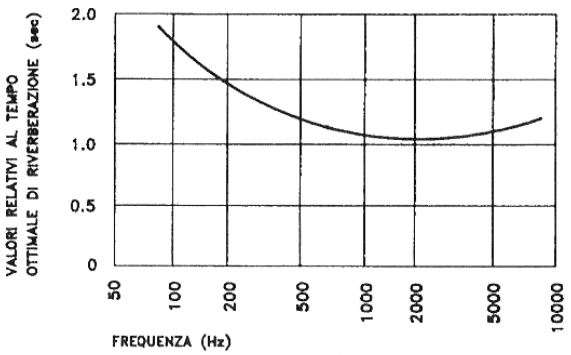
V = volume della stanza in m³;
A_{bs} = assorbimento totale della stanza in m²;
s = area degli elementi di tutta la superficie in esame;
a = coefficiente di assorbimento.

La determinazione del tempo di riverberazione di un ambiente è pertanto fondamentale per poter giudicare le sue caratteristiche acustiche e decidere se intervenire sulle strutture che la delimitano aumentandone le capacità di fonoassorbimento. Si dovrà intervenire, infatti, se il valore del tempo di riverberazione T_{60} non sia almeno pari al valore ottimale, ricavato sulla scorta di tabelle o diagrammi forniti in letteratura o da norme di settore. Ad esempio per quanto riguarda gli ambienti scolastici la normativa di riferimento fa capo al D.M. 18 settembre 1975 recante *"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nelle opere di edilizia scolastica"*, il quale indica i valori ottimali del tempo di riverberazione sia in funzione del volume dell'aula, sia in funzione delle frequenze e stabilisce inoltre i criteri inerenti sia l'isolamento acustico fra ambienti e verso l'esterno, sia le caratteristiche acustiche interne di aule e palestre.

A titolo esemplificativo, di seguito è riportato il diagramma con i valori ottimali dei tempi di riverberazione in funzione del volume della sala e della destinazione d'uso.







La presenza di persone all'interno dell'ambiente influenza il valore del tempo di riverberazione, poiché determina un aumento dell'assorbimento acustico. È questo il caso dei cinema, auditori e teatri, ossia luoghi in cui l'affluenza di persone è numerosa.

Il calcolo dell'assorbimento acustico, in questo caso, può essere compiuto attribuendo ad ogni persona un'area di assorbimento equivalente (A), pari a:

Valori di assorbimento per persona					
Frequenza (Hz)					
125	250	500	1.000	2.000	4.000
Area di assorbimento equivalente (m^2)					
2,5	2,5	2,9	5,0	5,2	5,0

Nel caso, invece, l'intera superficie sia totalmente occupata dal pubblico il coefficiente di assorbimento acustico è il seguente:

Superficie totalmente occupata dal pubblico					
Frequenza (Hz)					
125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coefficiente di assorbimento acustico (α)					
0,39	0,57	0,80	0,94	0,92	0,87

Il processo analitico di calcolo del tempo di riverberazione e scandito dalle diverse fasi:

- analisi dettagliata della natura delle superfici e della loro estensione;
- ricerca dei coefficienti di assorbimento acustico, da tabelle bibliografiche o da schede tecniche del materiale, e determinazione delle unità assorbenti prima del trattamento;

- calcolo del tempo di riverberazione (T_{60}) teorico;
- ricerca del tempo di riverberazione ottimale in funzione dell'uso e del volume dell'ambiente e calcolo delle unità assorbenti per realizzarlo;
- scelta del tipo di materiale;
- disposizione del materiale.

6.1.4.3 Calcolo del tempo di riverberazione

Locale : Atrio - Mensa
Volume : 9540 m³

Struttura e coefficienti di assorbimento acustico:

Materiale	*sup. [m²]*	*125 Hz*	*250 Hz*	*500 Hz*	*1 kHz*	*2 kHz*	*4 kHz*
Sedia in materiale metallico non occupata	5	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Pavimentazione in linoleum colorato	498	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Pannello in cartongesso di finitura / intonaco acustico	364	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
Vetro, ampie lastre ext	287	0,2	0,1	0,05	0,03	0,03	0,03
Vetro, ampie lastre int	213	0,2	0,1	0,05	0,03	0,03	0,03
soffitto in legno	498	0,04	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1
persone sedute o in piedi	11	0,15	0,3	0,4	0,4	0,45	0,4
tavolini in plastica o metallo	27	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3

Frequenza [Hz]	Tempo Riverb. [s]	Tempo ottimale [s]
125	2,76	1,7
250	3,20	1,4
500	2,95	1,25
1000	2,54	1,15
2000	2,25	1,1
4000	2,11	1,15

Locale : Aule
Volume : 180 m³

Struttura e coefficienti di assorbimento acustico:

Materiale	*sup. [m²]*	*125 Hz*	*250 Hz*	*500 Hz*	*1 kHz*	*2 kHz*	*4 kHz*
Sedia in materiale metallico non occupata	1,6	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Pavimentazione in linoleum colorato	45	0,02	0,02	0,03	0,3	0,4	0,4
Pannello in cartongesso di finitura / intonaco acustico	106	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
tavolini in plastica o metallo	3	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Vetro, ampie lastre int	12	0,2	0,1	0,05	0,03	0,03	0,03
soffitto in legno	45	0,04	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1
persone sedute o in piedi	10	0,15	0,3	0,4	0,4	0,45	0,4

Frequenza [Hz]	Tempo Riverb. [s]	Tempo ottimale [s]
125	1,61	1,7
250	1,19	1,4
500	0,91	1,25
1000	0,57	1,15
2000	0,47	1,1
4000	0,44	1,15

Locale : Ingresso
Volume : 585 m³

Struttura e coefficienti di assorbimento acustico:

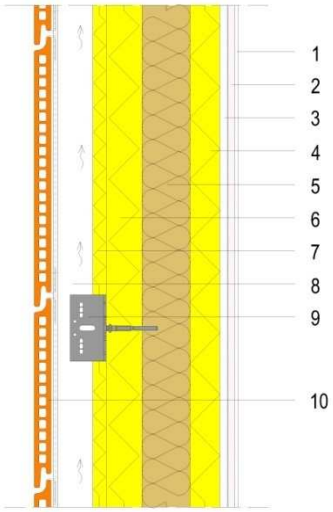
Materiale	*sup. [m²]*	*125 Hz*	*250 Hz*	*500 Hz*	*1 kHz*	*2 kHz*	*4 kHz*
Sedia in materiale metallico non occupata	5	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Pavimentazione parquet	195	0,04	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1
Pannello in cartongesso di finitura / intonaco acustico	139	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
tavolini in plastica o metallo	3	0,15	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Vetro, ampie lastre int	73,5	0,2	0,1	0,05	0,03	0,03	0,03
soffitto in legno	195	0,04	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1
persone sedute o in piedi	30	0,15	0,3	0,4	0,4	0,45	0,4

Frequenza [Hz]	Tempo Riverb. [s]	Tempo ottimale [s]
125	1,88	1,7
250	1,61	1,4
500	1,28	1,25
1000	1,03	1,15
2000	0,94	1,1
4000	0,90	1,15

6.1.5 ANALISI TERMICA DELLE DIVERSE CHIUSURE UTILIZZATE

Dall'analisi svolta in precedenza la scelta è ricaduta su quest'ultima tipologia di parete; la quale è stata però utilizzata solo parzialmente; si è scelto di collocarla solamente nell'edificio di maggior volume, costituito da due piani.

6.1.5.1 Chiusura verticale CV1



1. Finitura, sp.0.4 cm;
2. Lastra in gesso fibra tipo "vidiwallfire" sp.1.25 cm con freno-vapore;
3. Lastra in gesso fibra tipo "vidiwall" sp.1.25 cm;
4. Pannello isolante tipo Gutex thermoinstal sp. 5cm con travetto 5x4 cm e=62,5cm
5. Pannello isolante tipo Gutex termoflex sp. 8 cm intervallao da travetti verticali 14x8 cm
6. Pannello isolante tipo Gutex Thermowall sp 6 cm
7. Pannello isolante tipo Gutex Multiplex topl sp 2,2 cm
8. Intercapedine ventilata sp.5,8 cm con montanti verticali in PFC
9. Aggancio metallico per fissagio montanti verticali
10. Rivestimento in lastre di cotto colorato larg= 120 cm h variabile=19,24,29,39,49 cm

Figura 6.1.5.1.a Chiusura CV1

	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,13		
1	cartongesso in lastre	0,025	0,250	900	1000	0,1	0,0874	0,2860
2	gutex thermoinstal	0,050	0,039	150	2100	1,2821	0,0584	0,8569
3	gutex termoflex	0,080	0,038	45	2100	2,1053	0,1052	0,7607
4	gutex termowall	0,060	0,039	160	2100	1,5385	0,0565	1,0620
5	gutex multiplex top	0,022	0,044	200	2100	0,5	0,0537	0,4099
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,237	0,41	1455	9400	5,6958	0,3611	3,3754

Tabella 6.1.5.1-a Caratteristiche tecniche CV1

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**47,60**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**5,696**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,176**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,181**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**75,21**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**118,99**

Tabella 6.1.5.1-b Regime stazionario CV1

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,3873**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**10,18**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0680**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,031**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,104**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**32,76**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**16,75**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,736**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,728**

Tabella 6.1.5.1-c Regime dinamico CV1

Orientamento Nord-Ovest

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	33,2159
1	26,945	0	26,945	34,6056
2	26,62	0	26,62	35,8756
3	26,36	0	26,36	36,5975
4	26,165	0	26,165	36,7318
5	26,1	0	26,1	35,2825
6	26,23	42	27,1633	31,5207
7	26,555	77	28,2661	31,1987
8	27,14	103	29,4289	30,9522
9	27,985	123	30,7183	30,7282
10	28,96	138	32,0267	30,5489
11	30,065	147	33,3317	30,4144
12	31,105	150	34,4383	30,3024
13	31,885	158	35,3961	30,1903

14	32,405	316	39,4272	30,1007
15	32,6	473	43,1111	30,0335
16	32,405	576	45,205	30,0111
17	31,95	614	45,5944	30,3777
18	31,235	457	41,3906	30,7578
19	30,39	4	30,4789	31,1587
20	29,545	0	29,545	31,6032
21	28,83	0	28,83	32,0543
22	28,18	0	28,18	32,5042
23	27,66	0	27,66	32,8857

Tabella 6.1.5.1-d Comportamento della chiusura CV1

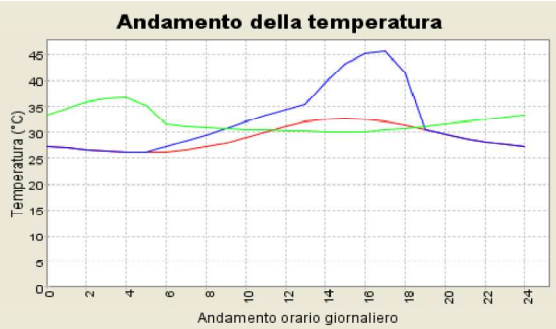


Grafico 6.1.5.1--a Andamento delle temperature in CV1

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Interf. 7	Press.Int
Ott.	2308,37	2309,04	2309,54	2311,94	2322,05	2329,46	2335,75	2338,63	2341,51
	1467	1467	1462,57	1462,57	1462,57	1462,57	1462,57	1373,95	1285,32
Nov.	1820,39	1831,31	1839,53	1879,15	2054,29	2191,15	2312,95	2370,67	2429,65
	1162	1162	1165,01	1165,01	1165,01	1165,01	1165,01	1225,17	1285,32
Dic.	1462,98	1479,7	1492,34	1553,87	1838,03	2073,54	2292,72	2399,67	2510,95

	928	928	936,72	936,72	936,72	936,72	936,72	1111,02	1285,32
Gen.	1325,99	1344,45	1358,44	1426,84	1749,15	2023,44	2283,85	2412,56	2547,56
	888	888	897,69	897,69	897,69	897,69	897,69	1091,51	1285,32
Feb.	1370,35	1388,27	1401,85	1468,13	1778,35	2040,02	2286,8	2408,25	2535,31
	901	901	910,37	910,37	910,37	910,37	910,37	1097,85	1285,32
Mar.	1511,33	1527,36	1539,48	1598,36	1868,53	2090,48	2295,69	2395,38	2498,84
	824	824	835,25	835,25	835,25	835,25	835,25	1060,29	1285,32
Apr.	1763,45	1775,4	1784,41	1827,86	2021,15	2173,5	2309,97	2374,92	2441,46
	1064	1064	1069,4	1069,4	1069,4	1069,4	1069,4	1177,36	1285,32
Mag.	2169,99	2173,8	2176,66	2190,35	2248,78	2292,35	2329,73	2347,02	2364,43
	1259	1259	1259,64	1259,64	1259,64	1259,64	1259,64	1272,48	1285,32
Giug.	2754,25	2743,71	2735,82	2698,56	2546,46	2440,1	2353,27	2314,43	2276,14
	1681	1681	1671,35	1671,35	1671,35	1671,35	1671,35	1478,34	1285,32
Lug.	3254,32	3229,52	3211,04	3124,25	2780,88	2551,25	2370,3	2291,27	2214,55
	1771	1771	1759,15	1759,15	1759,15	1759,15	1759,15	1522,24	1285,32
Ago.	3235,19	3210,96	3192,9	3108,09	2772,19	2547,2	2369,69	2292,09	2216,73
	1834	1834	1820,62	1820,62	1820,62	1820,62	1820,62	1552,97	1285,32
Set.	2907,11	2892,38	2881,38	2829,49	2619,85	2475,35	2358,74	2306,96	2256,19
	1849	1849	1835,25	1835,25	1835,25	1835,25	1835,25	1560,29	1285,32

Tabella 6.1.5.1-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV1

Vapore accumulato

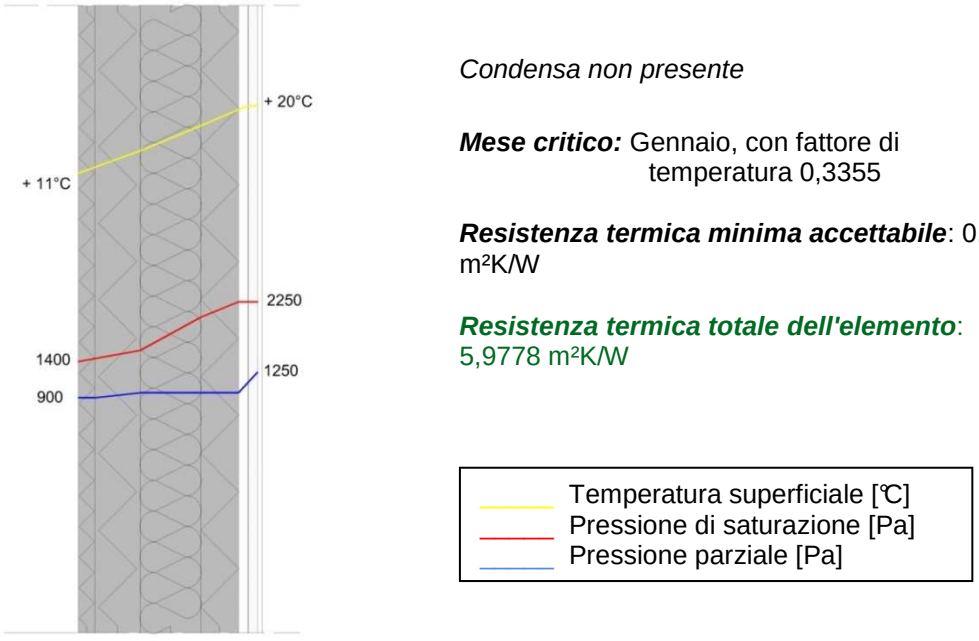
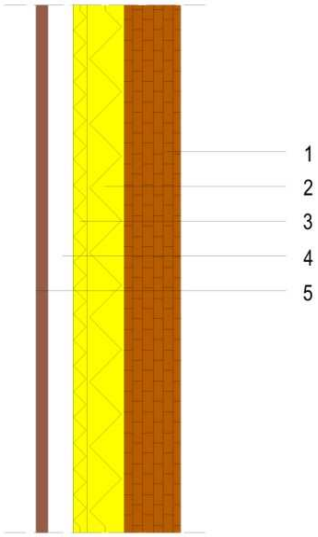


Figura 6.1.5.1-b Diagramma di Glaser chiusura CV1

6.1.5.2 Chiusura verticale CV2

La scelta delle altre pareti è ricaduta su tipologia di chiusura in legno autoportante. Seppur il comportamento di tale parete non risulta essere il migliore dal punto di vista termico, è molto vantaggioso strutturalmente; permette infatti un risparmio di tempo in fase di costruzione grazie all'assenza dei pilastri portanti e di conseguenza una minor spesa di materiali così come di manodopera.



1. Pannello BBS abete 9,8 cm
2. Pannello isolante tipo Gutex thermowalll sp. 6 cm
3. Pannello isolante tipo Gutex multiplex top sp. 2.2cm
4. Intercapedine d'aria
5. Listelli orizzontali in legno di larice sp. 2.5 cm h. 10cm L da 150-200-250-300 cm

Figura 6.1.5.2.a Chiusura CV2

Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,13		
1 pannello BBS	0,098	0,097	470	2100	1,0103	0,0520	1,885
2 gutex termowall	0,060	0,039	160	2100	1,5385	0,0565	1,062
3 gutex multiplex top	0,022	0,044	200	2100	0,5000	0,0537	0,41
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,18	0,18	830	6300	3,2188	0,1622	3,357

Tabella 6.1.5.2-a Caratteristiche tecniche CV2

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**60,06**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**3,219**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,311**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,328**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**126,13**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**112,77**

Tabella 6.1.5 .2-b Regime stazionario CV2

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,2541**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**10,63**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0789**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,111**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,022**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**38,38**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**15,85**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,726**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,716**

Tabella 6.1.5.2-c Regime dinamico CV2

Orientamento Nord-Ovest

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	32,7911
1	26,945	0	26,945	33,6661
2	26,62	0	26,62	34,4658
3	26,36	0	26,36	34,9203
4	26,165	0	26,165	35,0049
5	26,1	0	26,1	34,0923
6	26,23	42	27,1633	31,7237
7	26,555	77	28,2661	31,521
8	27,14	103	29,4289	31,3658
9	27,985	123	30,7183	31,2247
10	28,96	138	32,0267	31,1118
11	30,065	147	33,3317	31,0271
12	31,105	150	34,4383	30,9566
13	31,885	158	35,3961	30,886
14	32,405	316	39,4272	30,8296
15	32,6	473	43,1111	30,7873

16	32,405	576	45,205	30,7732
17	31,95	614	45,5944	31,004
18	31,235	457	41,3906	31,2434
19	30,39	4	30,4789	31,4958
20	29,545	0	29,545	31,7757
21	28,83	0	28,83	32,0597
22	28,18	0	28,18	32,3429
23	27,66	0	27,66	32,5832

Tabella 6.1.5.2-d Comportamento della chiusura CV2 con orientamento Nord-Ovest

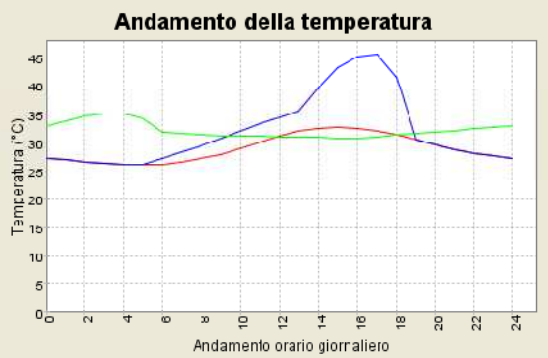


Grafico 6.1.5.2-a Andamento della temperatura nella chiusura CV2 con orientamento Nord-Ovest

Orientamento Sud-Est

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	33,3344
1	26,945	0	26,945	33,2881
2	26,62	0	26,62	33,2436
3	26,36	0	26,36	33,1048
4	26,165	0	26,165	32,8806
5	26,1	2	26,1444	32,5566
6	26,23	260	32,0078	32,1705
7	26,555	466	36,9106	31,9871
8	27,14	584	40,1178	31,8319
9	27,985	621	41,785	31,6908
10	28,96	587	42,0044	31,5779
11	30,065	492	40,9983	31,4933
12	31,105	349	38,8606	31,4227
13	31,885	174	35,7517	31,3522
14	32,405	141	35,5383	31,2957
15	32,6	123	35,3333	31,2534
16	32,405	103	34,6939	31,2489
17	31,95	77	33,6611	32,5217
18	31,235	42	32,1683	33,586
19	30,39	0	30,39	34,2822

20	29,545	0	29,545	34,6441
21	28,83	0	28,83	34,6917
22	28,18	0	28,18	34,4733
23	27,66	0	27,66	34,0093

Tabella 6.1.5.2-e Comportamento della chiusura CV2 con orientamento Sud-Est

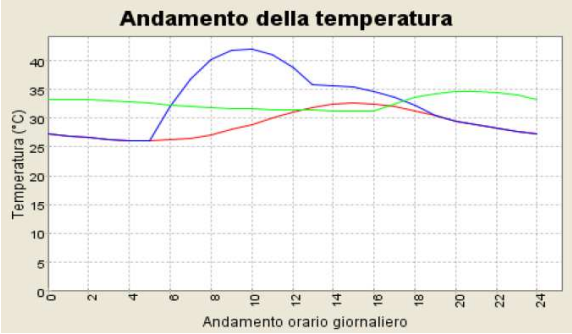


Grafico 6.1.5.2-b Andamento della temperatura nella chiusura CV2 con orientamento Sud-Est

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Press. Int
Ottobre	2309,3	2313,63	2327	2335,81
	1467	1467	1285,32	1285,32
Novembre	1835,6	1907,59	2144,82	2314,31
	1162	1162	1285,32	1285,32
Dicembre	1486,29	1598,66	1992,53	2295,22
	928	928	1285,32	1285,32
Gennaio	1351,74	1476,96	1928,41	2286,84
	888	888	1285,32	1285,32
Febbraio	1395,35	1516,59	1949,58	2289,63
	901	901	1285,32	1285,32
Marzo	1533,68	1641,14	2014,32	2298,02
	824	824	1285,32	1285,32

Pressione di saturazione

Pressione nell'interfaccia

Aprile	1780,1	1859,11	2121,81	2311,5
	1064	1064	1285,32	1285,32
Maggio	2175,3	2200,06	2277,79	2330,14
	1259	1259	1285,32	1285,32
Giugno	2739,58	2672,5	2474,99	2352,34
	1681	1681	1285,32	1285,32
Luglio	3219,85	3064,19	2625,62	2368,39
	1771	1771	1285,32	1285,32
Agosto	3201,51	3049,38	2620,11	2367,82
	1834	1834	1285,32	1285,32
Settembre	2886,63	2793,33	2522,56	2357,49
	1849	1849	1285,32	1285,32

Tabella 6.1.5.2-f Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV2

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355
Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 3,3088 m²K/W

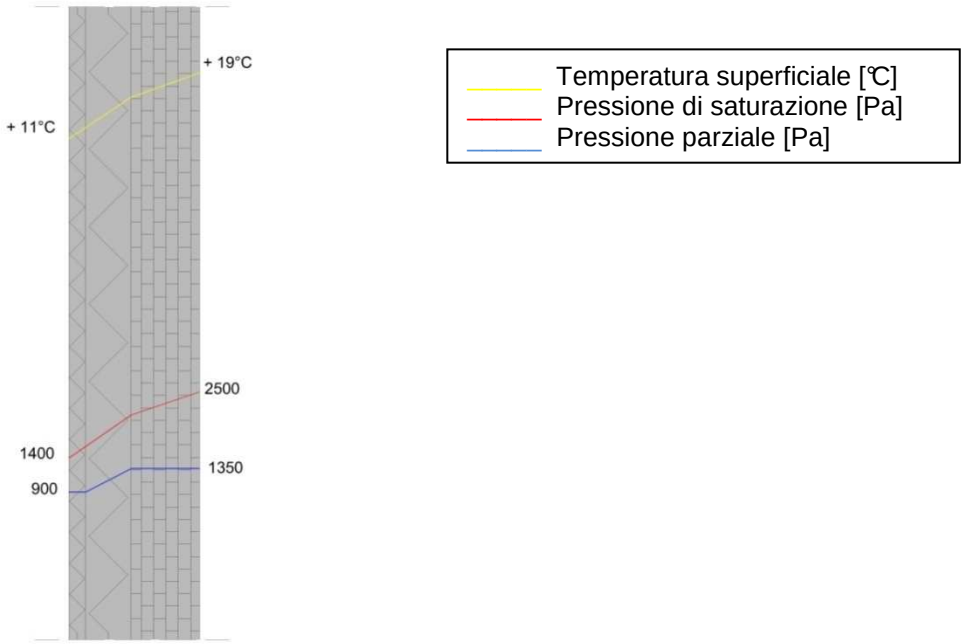


Figura 6.1.5.2-b Diagramma di Glaser CV2

Confronto tra la parete 7 e la CV2

Ore	Parete 7	Parete autoportante
0	34,76	32,79
1	34,43	33,67
2	33,73	34,47
3	32,73	34,92
4	32,33	35,00
5	31,79	34,09
6	31,18	31,72
7	30,89	31,52
8	30,65	31,37
9	30,42	31,22
10	30,25	31,11
11	30,11	31,03
12	30,00	30,96
13	29,89	30,89
14	29,80	30,83
15	29,74	30,79
16	29,71	30,77
17	30,08	31,00
18	30,48	31,24
19	30,94	31,50
20	32,16	31,78
21	33,26	32,06
22	34,14	32,34
23	34,67	32,58

Tabella 6.1.5.2.g Confronto temperature superficiali esterne

Dal confronto diretto dei dati possiamo notare, come in precedenza anticipato, il miglior comportamento della chiusura 7; i valori però di temperatura esterna della parete utilizzata risultano maggiori solo di poco. Nelle ore centrali della giornata infatti, quando l'edificio è più utilizzato le temperature si discostano solamente di un grado.

Nella nuova parete, a differenza della precedente è presente un picco alle ore 4, problema risolvibile tramite la ventilazione naturale notturna.

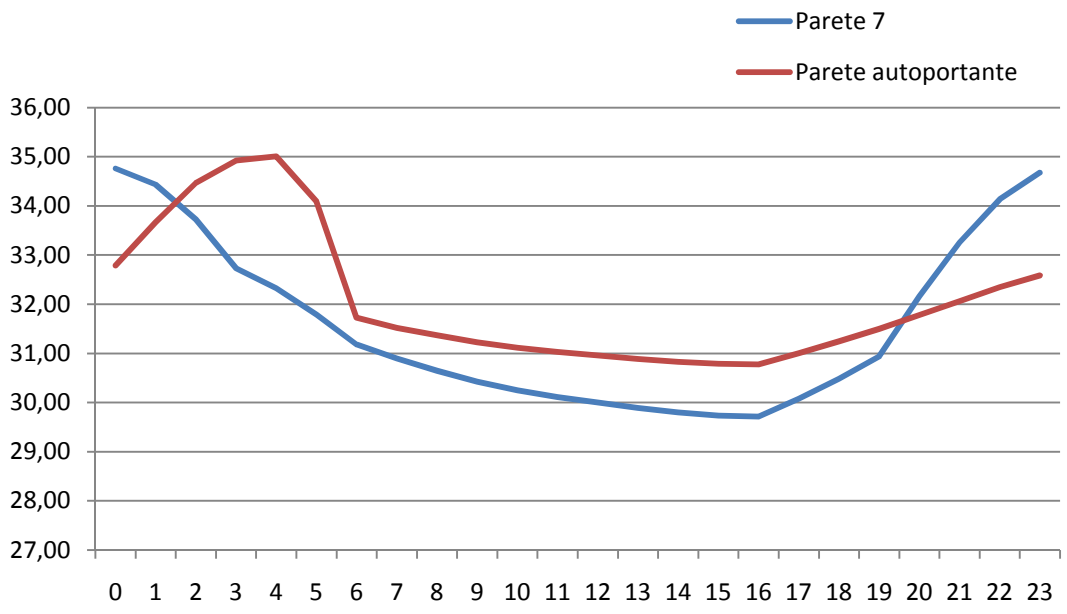
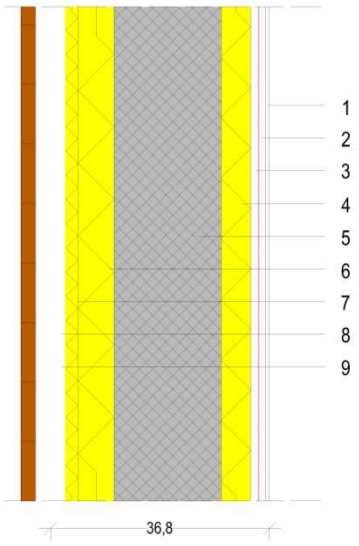


Grafico 6.1.5.2-c Confronto delle temperature superficiali

6.1.5.3 Chiusura verticale CV3

Anche il comportamento di questa parete risulta leggermente peggiore rispetto alla parete 7; è però necessario l'utilizzo di una parete in cemento armato e non si riteneva opportuno aumentare ulteriormente lo spessore dell'isolante principalmente per due ragioni: in primo luogo la parete costituisce una parte limitata dell'involucro dell'edificio, in secondo luogo per buona parte della sua altezza risulta interrata. Al termine della trattazione delle caratteristiche di tale chiusura verrà svolto il confronto.



1. Finitura, sp.0.4 cm;
2. Lastra in gesso fibra tipo "vidiwallfire" sp.1.25 cm con freno-vapore;
3. Lastra in gesso fibra tipo "vidiwall" sp.1.25 cm;
4. Pannello isolante tipo Gutex thermoinstal sp. 5cm con travetto 5x4 cm e=62,5cm
5. Calcestruzzo armato 17 cm
6. Pannello isolante tipo Gutex Thermowall sp 6 cm
7. Pannello isolante tipo Gutex Multiplex topl sp 2,2 cm
8. Intercapedine d'aria
9. Listelli orizzontali in legno di larice sp. 2.5 cm h. 10cm L da 150-200-250-300 cm

Figura 6.1.5.3.a Chiusura CV3

	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,13		
1	cartongesso in lastre	0,025	0,250	900	1000	0,1	0,0874	0,2860
2	gutex thermoinstal	0,050	0,039	150	2100	1,2821	0,0584	0,8569
3	cls	0,170	1,060	1900	2100	0,1604	0,0855	1,9888
4	gutex termowall	0,060	0,039	160	2100	1,5385	0,0565	1,0620
5	gutex multiplex top	0,022	0,044	200	2100	0,5	0,0537	0,4099
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,327	1,432	3310	9400	3,7509	0,3414	4,6036

Tabella 6.1.5.3-a Caratteristiche tecniche CV3

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**367,00**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**3,751**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,267**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,279**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**745,95**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**777,22**

Tabella 6.1.5.3-b Regime stazionario CV3

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,0143**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**15,37**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0038**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**1,800**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**0,977**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**28,23**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**13,82**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,766**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,766**

Tabella 6.1.5.3-c Regime dinamico CV3

Orientamento Est

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	38,1072
1	26,945	0	26,945	37,7364
2	26,62	0	26,62	37,3105
3	26,36	0	26,36	37,316
4	26,165	0	26,165	37,3219
5	26,1	4	26,2778	37,2989
6	26,23	491	48,0522	37,2461
7	26,555	736	59,2661	37,1676
8	27,14	787	62,1178	37,0569
9	27,985	722	60,0739	36,9247
10	28,96	578	54,6489	36,8835
11	30,065	382	47,0428	36,8487
12	31,105	162	38,305	36,817
13	31,885	147	38,4183	36,7916
14	32,405	138	38,5383	36,7726
15	32,6	123	38,0667	36,7568
16	32,405	103	36,9828	36,7409
17	31,95	77	35,3722	36,7283

18	31,235	42	33,1017	36,7188
19	30,39	0	30,39	36,7243
20	29,545	0	29,545	37,7856
21	28,83	0	28,83	38,3323
22	28,18	0	28,18	38,4713
23	27,66	0	27,66	38,3716

Tabella 6.1.5.3-d Comportamento della chiusura CV3

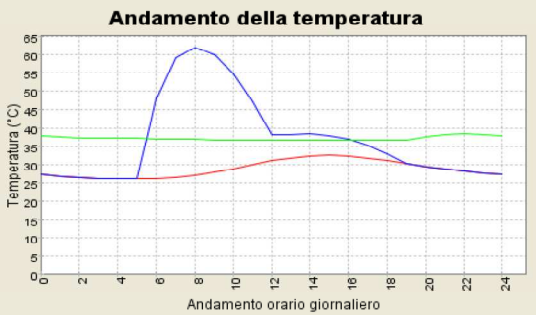


Grafico 6.1.5.3-a Andamento della temperatura nella chiusura CV3

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Esterna	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Press. Interna
Ottobre	2308,46	2312,06	2323,16	2325,72	2335,14	2335,57	2336,01
	1467	1467	1467	1287,44	1287,44	1286,38	1285,32
Novembre	1821,95	1881,2	2074,22	2121,14	2301,01	2309,56	2318,13
	1162	1162	1162	1283,89	1283,89	1284,61	1285,32
Dicembre	1465,37	1557,07	1871,62	1951,62	2270,84	2286,49	2302,24
	928	928	928	1281,17	1281,17	1283,25	1285,32
Gennaio	1328,62	1430,42	1787,89	1880,69	2257,64	2276,38	2295,25
	888	888	888	1280,7	1280,7	1283,01	1285,32
Febbraio	1372,9	1471,59	1815,43	1904,08	2262,03	2279,75	2297,58
	901	901	901	1280,85	1280,85	1283,09	1285,32

Marzo	1513,62	1601,43	1900,28	1975,78	2275,26	2289,87	2304,57
	824	824	824	1279,96	1279,96	1282,64	1285,32
Aprile	1765,16	1830,11	2043,27	2095,43	2296,55	2306,15	2315,79
	1064	1064	1064	1282,75	1282,75	1284,04	1285,32
Maggio	2170,53	2191,05	2255,24	2270,28	2326,12	2328,7	2331,29
	1259	1259	1259	1285,02	1285,02	1285,17	1285,32
Giugno	2752,74	2696,66	2530,33	2493,26	2361,49	2355,6	2349,73
	1681	1681	1681	1289,92	1289,92	1287,62	1285,32
Luglio	3250,76	3119,87	2745,5	2664,93	2387,17	2375,08	2363,05
	1771	1771	1771	1290,97	1290,97	1288,15	1285,32
Agosto	3231,71	3103,81	2737,55	2658,63	2386,25	2374,39	2362,57
	1834	1834	1834	1291,7	1291,7	1288,51	1285,32
Settembre	2905	2826,86	2597,83	2547,35	2369,72	2361,85	2354
	1849	1849	1849	1291,88	1291,88	1288,6	1285,32

Tabella 6.1.5.3-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV3

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355
Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 3,9824 m²K/W

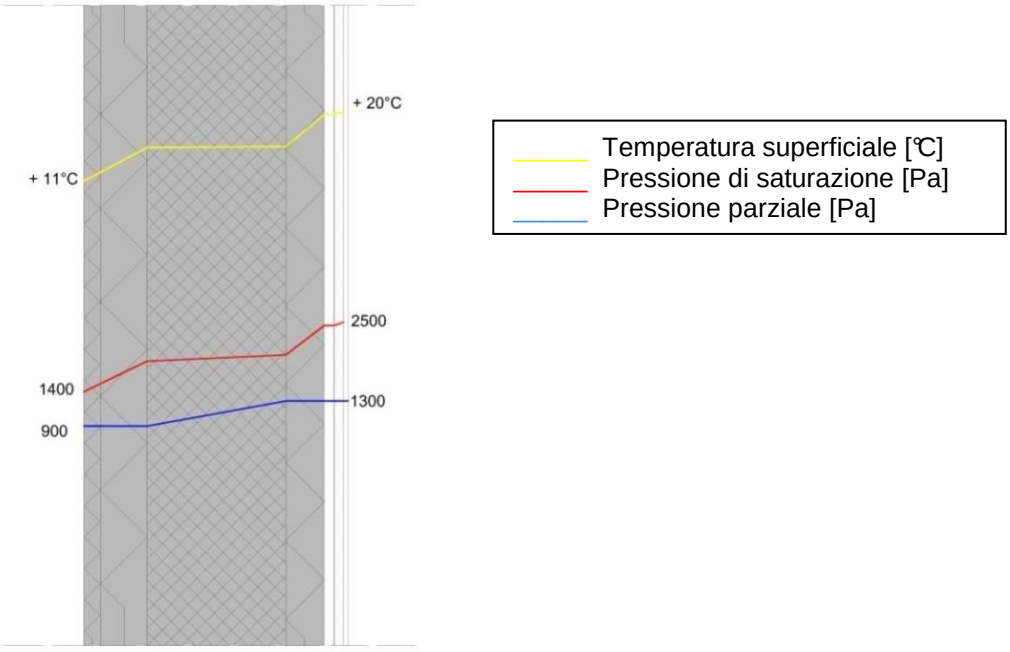


Figura 6.1.5.3-b Diagramma di Glaser CV3

Confronto tra la parete 7 e la CV3

Ore	Parete 7	Parete in CLS
0	34,76	38,11
1	34,43	37,74
2	33,73	37,31
3	32,73	37,32
4	32,33	37,32
5	31,79	37,30
6	31,18	37,25
7	30,89	37,17
8	30,65	37,06
9	30,42	36,92
10	30,25	36,88
11	30,11	36,85
12	30,00	36,82
13	29,89	36,79
14	29,80	36,77
15	29,74	36,76
16	29,71	36,74
17	30,08	36,73
18	30,48	36,72
19	30,94	36,72
20	32,16	37,79
21	33,26	38,33
22	34,14	38,47
23	34,67	38,37

Tabella 6.1.5.3-f confronto delle temperature tra parete 7 e CV3

Si può notare come l'andamento delle temperature in realtà proceda in quasi parallelo; nessuna delle due pareti infatti è caratterizzata in particolar modo da picchi elevati di temperatura.

Come già ci si aspettava la parete in calcestruzzo presenta temperature superficiali interne maggiori, ma come detto in precedenza si è deciso di utilizzarla ugualmente dato lo scarso impiego.

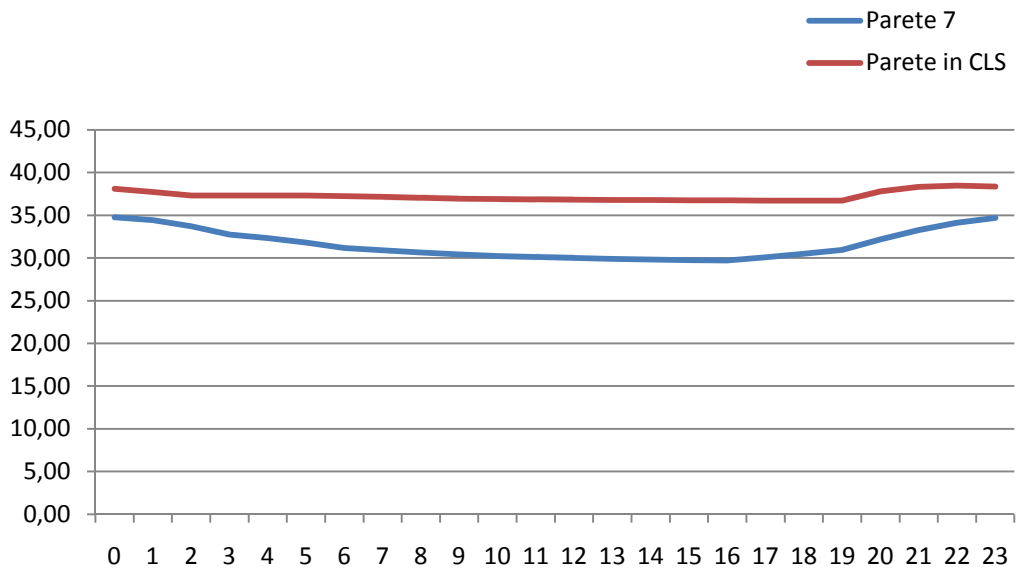


Grafico 6.1.5.3-b Confronto tra le temperature superficiali interne.

6.1.5.4 Chiusura orizzontale CO1

Per la scelta dei solai si è deciso di utilizzare come per le pareti elementi di chiusura leggeri.
Per la parte dell'edificio più bassa e di forma più regolare, ossia quella che ospita le aule e l'ingresso si è utilizzata una copertura composta da pannelli in legno autoportanti di diversi spessori in base alla funzione della stessa copertura; per la parte invece a doppia altezza ospitante l'atrio e la mensa si è deciso si ricorrere ad una chiusura leggera non autoportante. Si è provato a fare un confronto tra due coperture composte dai medesimi elementi, una con un isolante termoflat di 10 cm e l'altra con lo stesso isolante però di doppio spessore.
I risultati rinvenuti vengono riportati di seguito:

Ore	20 cm di isolante Gutex Termoflat	10 cm di isolante Gutex Termoflat
0	36,01	38,09
1	36,01	38,50
2	36,17	38,74
3	36,39	38,76
4	36,60	38,58
5	36,80	38,21
6	36,97	37,66
7	37,10	36,98
8	37,17	36,22
9	37,18	35,60
10	37,12	35,48
11	37,01	35,38
12	36,84	35,29
13	36,63	35,21
14	36,39	35,16
15	36,20	35,11
16	36,16	35,06
17	36,13	35,03
18	36,10	35,00
19	36,08	34,99
20	36,06	35,50
21	36,05	36,21
22	36,03	36,91
23	36,02	37,55

Tabella 6.1.5.4-a Comportamento della chiusura CO1 con 10 o 20 cm di isolante

Dai dati riportati si può notare come un maggior quantitativo di isolante garantisca un andamento delle temperature superficiali esterne più uniforme nel corso delle 24 h.
Si è scelto però di utilizzare meno isolante in quanto, anche se presenta un picco maggiore alle ore 3, nelle ore di utilizzo dell'edificio riesce a mantenere la superficie interna ad una temperatura inferiore rispetto alla precedete di circa due gradi.
Inoltre l'utilizzo di soli 10 cm di isolante permette un notevole risparmio economico visto che rispetto alla precedente parete se ne risparmia ben la metà.

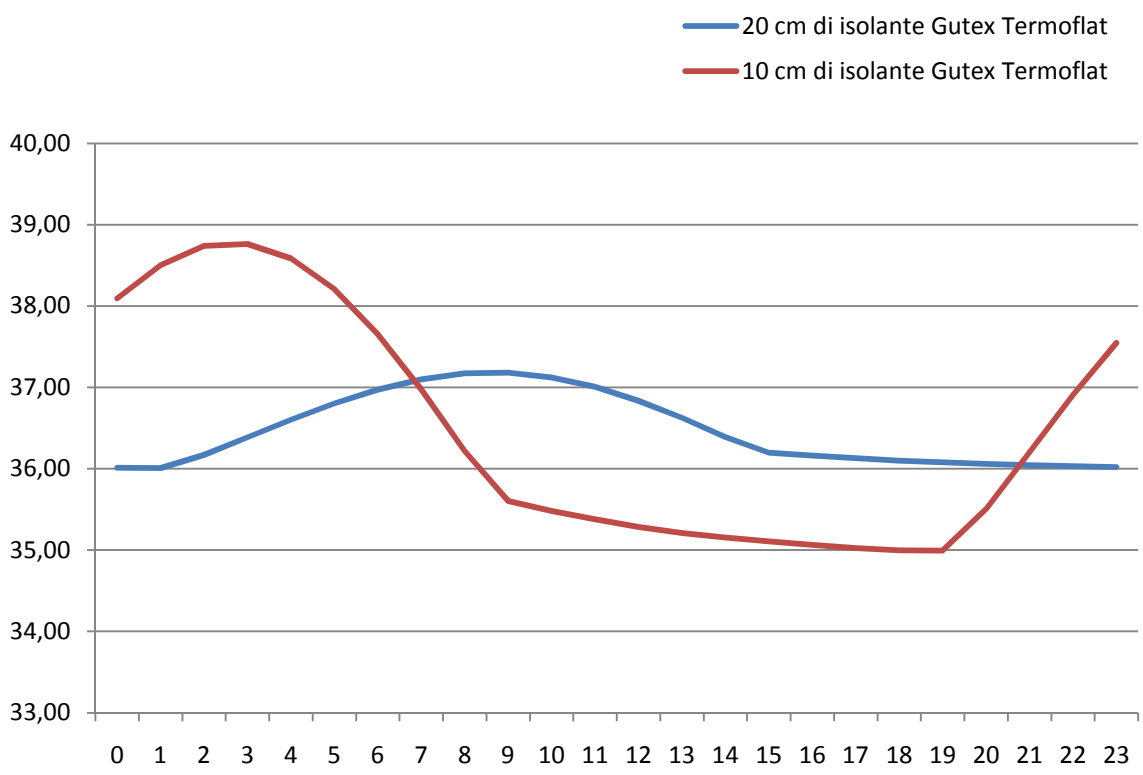


Grafico 6.1.5.4-a Confronto tra le temperature superficiali delle due coperture

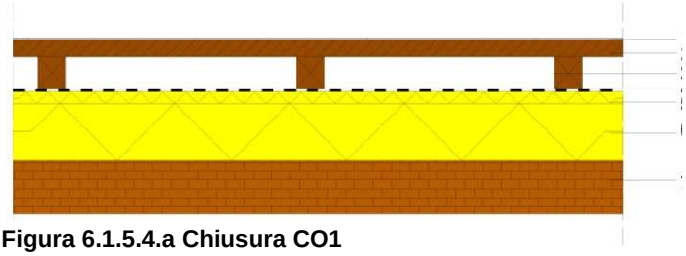


Figura 6.1.5.4.a Chiusura CO1

1. Copertura in lastre di rame tipo "TECU patina"/ "TECO bronz" sp. 0,7 cm largh=30 cm
2. Legno d'abete listellatura 30 x 50 mm
3. Legno d'abete per controlistellatura per retroventilazione h 50mm
4. Guaina traspirante sd<0,3m
5. Pannello in fibra di legno a bassa densità tipo Gutex Multiplex.top sp.2,2 cm
6. Strato di pannelli isolanti tipo Gutex Termoflat sp. 10 cm
7. Pannello di particelle tipo BBS faccia a vista sp.9,8 cm

Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ=d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,1		
pannello autoportante							
1 BBS	0,098	0,097	470	2100	1,0103	0,0520	1,885
2 gutex termoflat	0,100	0,039	140	2100	2,5641	0,0604	1,656
3 gutex multiplex top	0,022	0,039	200	2100	0,5641	0,0505	0,435
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,22	0,175	810	6300	4,2785	0,1629	3,976

Tabella 6.1.5.4-b Caratteristiche della chiusura CO1

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**64,46**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**4,279**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,234**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,242**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**135,37**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**160,88**

Tabella 6.1.5.4-c Regime stazionario CO1

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,1873**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**12,79**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0438**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,226**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,005**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**37,48**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**14,69**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,711**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,707**

Tabella 6.1.5.4-d Regime dinamico CO1

Orizzontale

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	38,0929
1	26,945	0	26,945	38,5039
2	26,62	0	26,62	38,7378
3	26,36	0	26,36	38,7634

4	26,165	0	26,165	38,5841
5	26,1	1	26,1222	38,2063
6	26,23	157	29,7189	37,6558
7	26,555	364	34,6439	36,9762
8	27,14	558	39,54	36,2184
9	27,985	723	44,0517	35,6037
10	28,96	851	47,8711	35,4801
11	30,065	931	50,7539	35,3781
12	31,105	958	52,3939	35,2854
13	31,885	931	52,5739	35,2113
14	32,405	851	51,3161	35,1557
15	32,6	723	48,6667	35,1094
16	32,405	558	44,805	35,063
17	31,95	364	40,0389	35,026
18	31,235	157	34,7239	34,9982
19	30,39	1	30,4122	34,9921
20	29,545	0	29,545	35,5049
21	28,83	0	28,83	36,207
22	28,18	0	28,18	36,9051
23	27,66	0	27,66	37,5484

Tabella 6.1.5.4-e Comportamento della chiusura CO1

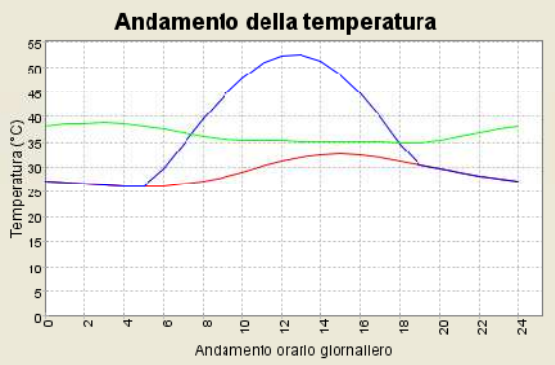


Grafico 6.1.5.4-b Andamento della temperatura nella chiusura CO1

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
\Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Press.Int
Ottobre	2308,44	2308,44	2309,05	2309,73	2309,73	2312,98	2329,68	2336,3
	1467	1286,42	1286,42	1286,42	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Novembre	1821,49	1821,49	1831,53	1842,68	1842,68	1896,58	2195,32	2323,88
	1162	1284,58	1284,58	1284,58	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Dicembre	1464,67	1464,67	1480,04	1497,19	1497,19	1581,27	2080,9	2312,81
	928	1283,16	1283,17	1283,17	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Gennaio	1327,85	1327,85	1344,83	1363,81	1363,81	1457,47	2032,1	2307,95
	888	1282,92	1282,92	1282,93	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Febbraio	1372,15	1372,15	1388,64	1407,06	1407,06	1497,76	2048,25	2309,57
	901	1283	1283	1283	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Marzo	1512,95	1512,95	1527,69	1544,12	1544,12	1624,54	2097,39	2314,44
	824	1282,54	1282,54	1282,54	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Aprile	1764,66	1764,66	1775,64	1787,85	1787,85	1847,01	2178,15	2322,25
	1064	1283,99	1283,99	1283,99	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Maggio	2170,37	2170,37	2173,88	2177,76	2177,76	2196,31	2293,65	2333,02
	1259	1285,16	1285,16	1285,16	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Giugno	2753,18	2753,18	2743,49	2732,82	2732,82	2682,51	2437,01	2345,81
	1681	1287,71	1287,71	1287,71	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Luglio	3251,81	3251,8	3229,02	3204,01	3204,01	3087,21	2544,71	2355,03
	1771	1288,26	1288,26	1288,25	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Agosto	3232,73	3232,72	3210,47	3186,04	3186,04	3071,89	2540,8	2354,71
	1834	1288,64	1288,64	1288,63	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Settembre	2905,62	2905,61	2892,09	2877,2	2877,2	2807,22	2471,19	2348,77
	1849	1288,73	1288,73	1288,72	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32

Tabella 6.1.5.4-f Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO1

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355
Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 4,4144 m²K/W

Temperatura superficiale [℃]
Pressione di saturazione [Pa]
Pressione parziale [Pa]

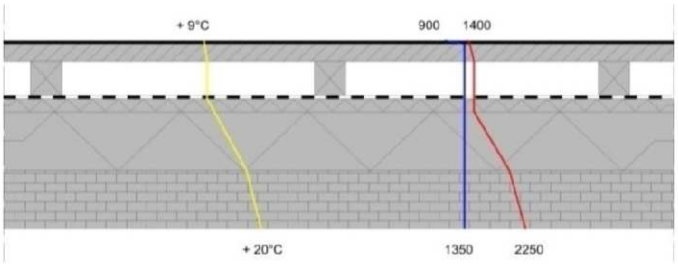


Figura 6.1.5.4-b Diagramma di Glaser CO1

6.1.1.1 Chiusura orizzontale CO2

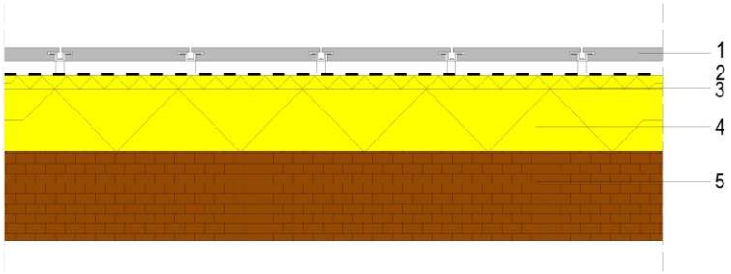


Figura 6.1.5.5-.a Stratigrafia chiusura CO2

1. Pavimentazione galleggiante per esterni sp. 4 cm (piastrella + supporto)
2. Guaina traspirante sd<0,3m
3. Pannello in fibra di legno a bassa densità tipo Gutex Multiplex.top sp.2,2 cm
4. Strato di pannelli isolanti tipo Gutex Termoflat sp. 10 cm
5. Pannello di particelle tipo BBS faccia a vista sp.14,6 cm

	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ =d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,1		
	pannello autoportante							
1	BBS	0,146	0,097	470	2100	1,5052	0,0520	2,808
2	gutex termoflat	0,100	0,039	140	2100	2,5641	0,0604	1,656
3	gutex multiplex top	0,022	0,039	200	2100	0,5641	0,0505	0,435
	Superficie esterna					0,04		
	Totali	0,268	0,175	810	6300	4,7734	0,1629	4,899

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**5-a Caratteristiche della chiusura CO2**

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**87,02**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**4,773**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,209**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,216**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**182,74**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**242,30**

Tabella 6.1.5.5-b Regime stazionario CO2

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,0826**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**16,30**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0173**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,191**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,005**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**36,14**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**14,14**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,715**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,716**

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**5-c Regime dinamico CO2**

Orizzontale

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	36,3331
1	26,945	0	26,945	36,6926
2	26,62	0	26,62	37,024
3	26,36	0	26,36	37,3045
4	26,165	0	26,165	37,5162
5	26,1	1	26,1222	37,6366
6	26,23	157	29,7189	37,6498
7	26,555	364	34,6439	37,5575
8	27,14	558	39,54	37,3629
9	27,985	723	44,0517	37,0793
10	28,96	851	47,8711	36,7293
11	30,065	931	50,7539	36,339
12	31,105	958	52,3939	36,0223
13	31,885	931	52,5739	35,9586
14	32,405	851	51,3161	35,9061
15	32,6	723	48,6667	35,8584
16	32,405	558	44,805	35,8202
17	31,95	364	40,0389	35,7915
18	31,235	157	34,7239	35,7677
19	30,39	1	30,4122	35,7438
20	29,545	0	29,545	35,7247
21	28,83	0	28,83	35,7104
22	28,18	0	28,18	35,7073
23	27,66	0	27,66	35,9714

Tabella 6.1.5.5-d Comportamento della chiusura CO2

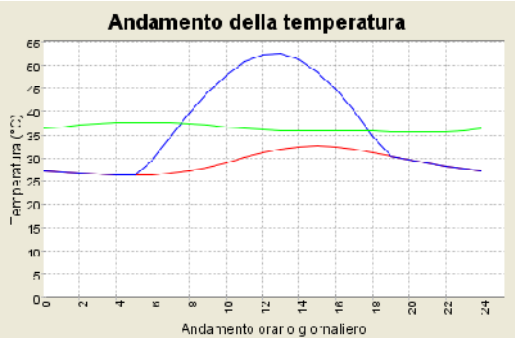


Grafico Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**5-a Andamento della temperatura nella chiusura CO2**

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Press.Int
Ottobre	2308,43	2309,51	2310,04	2310,04	2313,16	2329,25	2336,32
	1467	1464,37	1464,34	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Novembre	1821,33	1839,02	1847,73	1847,73	1899,73	2187,01	2324,36
	1162	1163,79	1163,81	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Dicembre	1464,43	1491,55	1504,99	1504,99	1586,23	2066,25	2313,71
	928	933,18	933,24	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Gennaio	1327,58	1357,57	1372,46	1372,46	1463,02	2014,86	2309,02
	888	893,76	893,83	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Febbraio	1371,89	1401	1415,45	1415,45	1503,12	2031,86	2310,58
	901	906,57	906,64	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Marzo	1512,71	1538,72	1551,6	1551,6	1629,27	2083,63	2315,27
	824	830,68	830,76	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Aprile	1764,48	1783,85	1793,39	1793,39	1850,47	2168,87	2322,79
	1064	1067,21	1067,25	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Maggio	2170,32	2176,49	2179,51	2179,51	2197,38	2291,05	2333,17

	1259	1259,38	1259,39	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Giugno	2753,33	2736,31	2728,02	2728,02	2679,64	2443,17	2345,48
	1681	1675,27	1675,2	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Luglio	3252,16	3212,19	3192,77	3192,77	3080,61	2557,76	2354,36
	1771	1763,96	1763,88	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Agosto	3233,08	3194,02	3175,05	3175,05	3065,44	2553,59	2354,04
	1834	1826,05	1825,95	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Settembre	2905,83	2882,07	2870,49	2870,49	2803,24	2479,51	2348,33
	1849	1840,83	1840,73	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**5-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO2**

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355
Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 4,5858 m²K/W

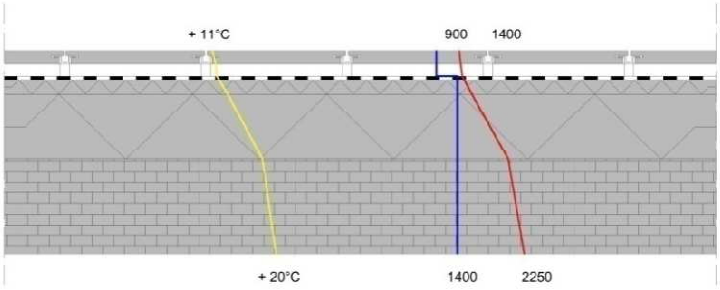


Figura 6.1.5.5-b Diagramma di Glaser CO2

Temperatura superficiale [°C]
Pressione di saturazione [Pa]
Pressione parziale [Pa]

6.1.1.2 Chiusura orizzontale CO3

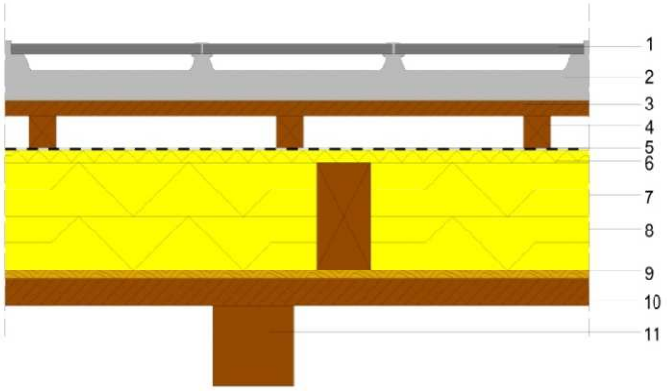


Figura 6.1.5.6-a Chiusura CO3

1. Copertura in pannelli erit con fotovoltaico integrato tipo EV1M
2. Legno d'abete listellatura 30 x 50 mm
3. Legno d'abete per controlistellatura per retroventilazione h 50mm
4. Guaina traspirante sd<0,3m
5. Pannello in fibra di legno a bassa densità tipo Gutex Multiplex.top sp.2,2 cm
6. Legno da costruzione
7. Doppio strato di pannelli isolanti tipo Gutex Termoflat sp. 10 cm
8. Doppio strato di pannelli isolanti tipo Gutex Termoflat sp. 10 cm
9. Pannello di particelle tipo OSB sp.1,5 cm
10. Legno di abete copertura su travetti sp. 2,4 cm
11. Orditura secondaria

Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,1		
1 perline maschiate in abete	0,015	0,150	450	2700	0,1000	0,0583	0,2574
2 gutex termoflat	0,100	0,039	140	2100	2,5641	0,0604	1,6556
3 gutex termoflat	0,100	0,039	140	2100	2,5641	0,0604	1,6556
4 gutex multiplex top	0,022	0,039	200	2100	0,5641	0,0505	0,4353
5 guaina traspirante impermeabile	0,007	200			0,0000	-	-
Superficie esterna					0,04		
Totali	0,244	200,267	930	9000	5,9323	0,2296	4,0040

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-a Caratteristiche della chiusura CO3**

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**39,15**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**5,932**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,169**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,173**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**86,27**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**142,15**

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-b Regime stazionario CO3**

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,3033**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**12,23**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0511**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,630**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**0,410**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**36,03**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**6,34**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,658**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,681**

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-c Regime dinamico CO3**

Orizzontale

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,27	0	27,27	36,1173
1	26,945	0	26,945	36,2389
2	26,62	0	26,62	36,4053
3	26,36	0	26,36	36,5708
4	26,165	0	26,165	36,7234
5	26,1	1	26,1222	36,8525
6	26,23	157	29,7189	36,9499
7	26,555	364	34,6439	37,0053
8	27,14	558	39,54	37,0114
9	27,985	723	44,0517	36,9689
10	28,96	851	47,8711	36,8793
11	30,065	931	50,7539	36,7488

12	31,105	958	52,3939	36,5877
13	31,885	931	52,5739	36,408
14	32,405	851	51,3161	36,2623
15	32,6	723	48,6667	36,233
16	32,405	558	44,805	36,2088
17	31,95	364	40,0389	36,1868
18	31,235	157	34,7239	36,1693
19	30,39	1	30,4122	36,1561
20	29,545	0	29,545	36,1451
21	28,83	0	28,83	36,1341
22	28,18	0	28,18	36,1253
23	27,66	0	27,66	36,1187

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-d Comportamento della chiusura CO3**

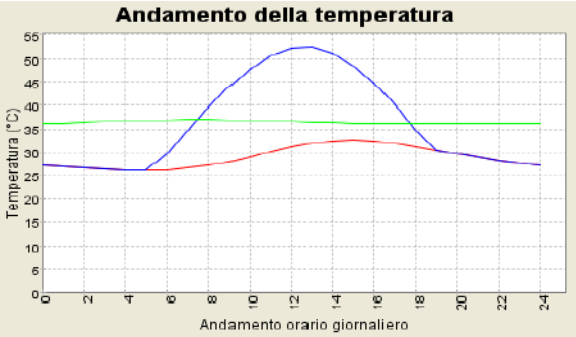


Grafico Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-a Andamento della chiusura nella chiusura CO3**

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Interf. 7	Press.Int

Ott.	2308,27	2321,25	2322,24	2322,24	2323,48	2329,83	2336,2	2336,37	2336,7
	1467	1466,79	1466,63	1286,37	1286,37	1286,37	1286,37	1286,34	1285,32
Nov.	1818,88	2039,95	2057,68	2057,68	2080,04	2198,08	2321,93	2325,37	2331,98
	1162	1162,14	1162,25	1284,61	1284,61	1284,61	1284,61	1284,63	1285,32
Dic.	1460,68	1814,03	1843,74	1843,74	1881,47	2085,77	2309,23	2315,56	2327,76
	928	928,42	928,73	1283,26	1283,26	1283,26	1283,26	1283,32	1285,32
Gen.	1323,44	1721,55	1755,72	1755,72	1799,28	2037,84	2303,65	2311,25	2325,9
	888	888,46	888,81	1283,03	1283,03	1283,03	1283,03	1283,1	1285,32
Feb.	1367,87	1751,91	1784,64	1784,64	1826,32	2053,71	2305,51	2312,69	2326,52
	901	901,45	901,79	1283,1	1283,1	1283,1	1283,1	1283,17	1285,32
Mar.	1509,12	1845,82	1873,92	1873,92	1909,58	2101,96	2311,09	2317	2328,38
	824	824,54	824,94	1282,66	1282,66	1282,66	1282,66	1282,74	1285,32
Apr.	1761,8	2005,26	2024,92	2024,92	2049,74	2181,24	2320,06	2323,92	2331,36
	1064	1064,26	1064,45	1284,04	1284,04	1284,04	1284,04	1284,08	1285,32
Mag.	2169,46	2244,12	2249,89	2249,89	2257,12	2294,51	2332,44	2333,47	2335,46
	1259	1259,03	1259,05	1285,17	1285,17	1285,17	1285,17	1285,18	1285,32
Giug.	2755,71	2558,19	2543,69	2543,69	2525,67	2434,97	2347,14	2344,8	2340,31
	1681	1680,54	1680,19	1287,61	1287,61	1287,61	1287,61	1287,54	1285,32
Lug.	3257,78	2806,75	2774,8	2774,8	2735,31	2540,4	2357,74	2352,96	2343,8
	1771	1770,43	1770,01	1288,13	1288,13	1288,13	1288,13	1288,04	1285,32
Ago.	3238,56	2797,52	2766,24	2766,24	2727,57	2536,57	2357,36	2352,67	2343,68
	1834	1833,36	1832,88	1288,49	1288,49	1288,49	1288,49	1288,4	1285,32
Set.	2909,16	2635,9	2616,07	2616,07	2591,47	2468,44	2350,54	2347,42	2341,43
	1849	1848,34	1847,85	1288,58	1288,58	1288,58	1288,58	1288,48	1285,32

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..**6-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO3**

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355

Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 11,6310 m²K/W

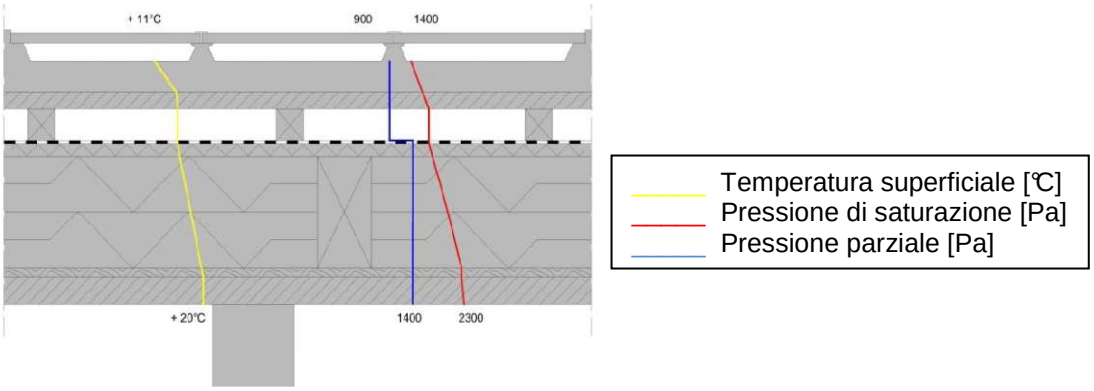


Figura 6.1.5.6-b Diagramma di Glaser CO3

6.1.1.3 Chiusura orizzontale CO4

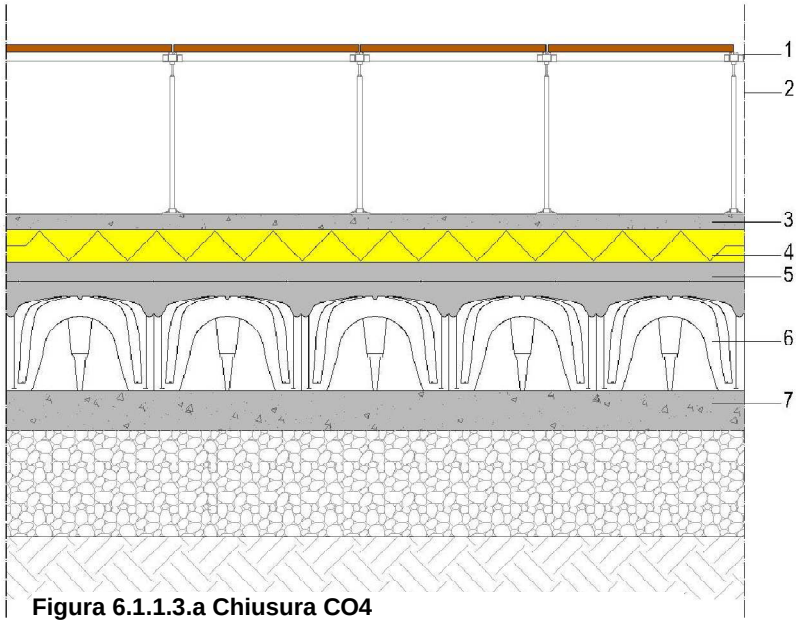


Figura 6.1.1.3.a Chiusura CO4

1. Pavimento sopraelevato trucolare con finitura in linoleum; h totale 32 mm
2.Intercapedine non ventilata h 50 cm
3. Massetto in cls sp. 10 cm
4. Pannelli di isolante acustico e termico in lana di legno mineralizzata e legata con cemento Portland ad alta resistenza, tipo Celenit N , sp. 10 cm
5. Massetto in cls con rete elettrosaldata, h minima 10 cm
6. Cassero a perdere per la realizzazione di vespai areati, h 30 cm
7. Massetto in cls sp. 10 cm

Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
Superficie interna					0,1		
1 Paviment.	0,032	1,450	740	1200	0,02	0,2119	0,1510
2 inter. n.vent	0,500	4,545	1200	1000	0,11	0,3228	1,5491
3 cls	0,100	0,556	1900	2100	0,18	0,0619	1,6160
4 isolante	0,050	0,059	140	2100	0,85	0,0742	0,6740
5 isolante	0,050	0,059	140	2100	0,85	0,0742	0,6740
6 cls	0,100	0,556	140	2100	0,18	0,2280	0,4387
7 interc. vent	0,500	4,545	1200	1000	0,11	0,3228	1,5491
8 cls	0,100	0,556	140	2100	0,18	0,2280	0,4387
Superficie esterna					0,04		
Totali	1,432	12,33	5600	13700	2,6221	1,5236	7,0907

Tabella 6.1.1.3-a Caratteristiche della chiusura CO3

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**834,68**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**2,622**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,381**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,403**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**1071,52**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**780,44**

Tabella 6.1.1.3-b Regime stazionario CO4

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,0908**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**19,32**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0346**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**10,347**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**1,040**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**142,00**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**14,57**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**-0,345**
Parete interna	**fsi**	[-]	**-0,329**

Tabella 6.1.1.3-c Regime dinamico CO4

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superficie esterna	Temp. Superficie interna
0	27,38	0	27,38	28,8717
1	27,08	0	27,08	28,8679
2	26,78	0	26,78	28,8666
3	26,54	0	26,54	28,8691
4	26,36	0	26,36	28,8755
5	26,3	0	26,3	28,887
6	26,42	0	26,42	28,9037
7	26,72	0	26,72	28,9229
8	27,26	0	27,26	28,9446
9	28,04	0	28,04	28,9651
10	28,94	0	28,94	28,9804
11	29,96	0	29,96	28,9907
12	30,92	0	30,92	28,9945
13	31,64	0	31,64	28,9907
14	32,12	0	32,12	28,9817
15	32,3	0	32,3	28,9677
16	32,12	0	32,12	28,951
17	31,7	0	31,7	28,9344
18	31,04	0	31,04	28,9203
19	30,26	0	30,26	28,9075

20	29,48	0	29,48	28,8973
21	28,82	0	28,82	28,8896
22	28,22	0	28,22	28,8832
23	27,74	0	27,74	28,8768

Tabella 6.1.1.3-d Comportamento della chiusura CO4

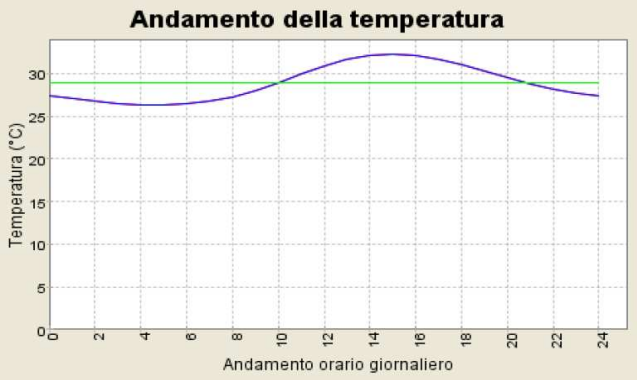


Grafico Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**.7-a Andamento della temperatura nella chiusura CO4**

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. Est. (Pa)	T. interna (°C)	Var (Pa)	P.Interna (Pa)	Press. Sat.(Pa)	T. Sup. min. (°C)	Fatt. Temp
Dicembre	13,3	1099	20	180,9	1297,99	1622,49	14,24	0,1399
Gennaio	11,7	921	20	224,1	1167,51	1459,39	12,61	0,1099
Febbraio	12	916	20	216	1153,6	1442	12,43	0,0537
Marzo	13,2	966	20	183,6	1167,96	1459,95	12,62	-0,856

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Este	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Press. Int
Ott.	2380,7	2380,7	2380,7	2380,7	2380,7	2380,7	2380,7	2380,7
	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438	1438
Nov.	1890,69	1901,88	1909,38	1920,67	2021,39	2034	2049,59	2050,98
	1282	1304,66	1305,63	1328,28	1329,9	1368,7	1370,03	1382,98
Dic.	1536,89	1582,02	1612,76	1659,83	2122,91	2186,5	2267	2274,28
	1099	1143,65	1145,56	1190,2	1193,39	1269,9	1272,48	1297,99
Gen.	1385,97	1437,19	1472,27	1526,27	2074,41	2151,9	2250,57	2259,53
	921	976,31	978,68	1033,98	1037,93	1132,8	1135,91	1167,51

Febb.	1413,23	1463,42	1497,76	1550,57	2083,43	2158,4	2253,65	2262,29
	916	969,31	971,59	1024,9	1028,71	1120,1	1123,14	1153,6
Mar.	1527,05	1572,61	1603,65	1651,19	2119,85	2184,4	2265,97	2273,35
	966	1011,31	1013,25	1058,57	1061,8	1139,5	1142,07	1167,96
Apr.	1786,79	1804,33	1816,1	1833,88	1995,14	2015,7	2041,11	2043,39
	1134	1162,65	1163,88	1192,53	1194,58	1243,7	1245,34	1261,71
Mag.	2223,7	2223,7	2223,7	2223,7	2223,7	2223,7	2223,7	2223,7
	1548	1553,33	1553,56	1558,89	1559,27	1568,4	1568,71	1571,76
Giu	2893,85	2893,85	2893,85	2893,85	2893,85	2893,9	2893,85	2893,85
	1935	1935	1935	1935	1935	1935	1935	1935
Lug.	3439,71	3439,71	3439,71	3439,71	3439,71	3439,7	3439,71	3439,71
	2123	2123	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Ago.	3460,03	3460,03	3460,03	3460,03	3460,03	3460	3460,03	3460,03
	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Sett.	3018,16	3018,16	3018,16	3018,16	3018,16	3018,2	3018,16	3018,16
	1880	1880	1880	1880	1880	1880	1880	1880

Tabella 6.1.1.3-e Verifica della condensa interstiziale CO4

6.1.1.4 Chiusura inclinata CI1

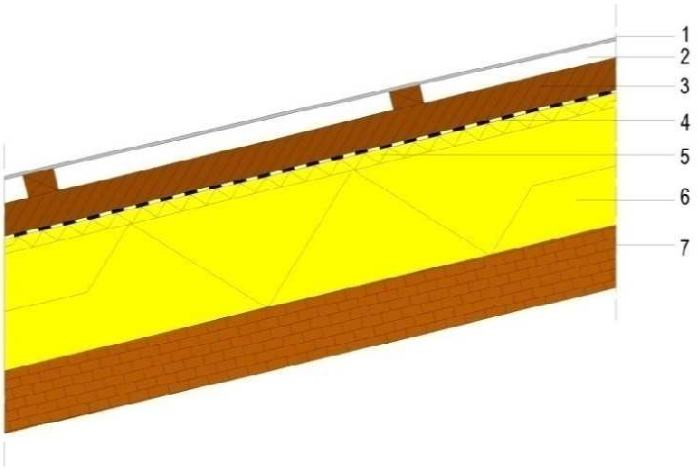


Figura 6.1.5.8-a Chiusura CI1

1. Copertura in lastre di rame tipo "TECU patina"/ "TECO bronz" sp. 0,7 cm largh=30 cm
2. Legno d'abete listellatura 30 x 50 mm
3. Legno d'abete per controlistellatura per retroventilazione h 50mm
4. Guaina traspirante sd<0,3m
5. Pannello in fibra di legno a bassa densità tipo Gutex Multiplex.top sp.2,2 cm
6. Pannello in fibra di legno tipo Gutex Thermosafe homegon sp.18 cm
7. Pannello BBS sp. 9,8 cm

	Descrizione degli strati	Spessore d [m]	Conduttività termica λ [W/mK]	Densità ρ [Kg/m3]	Calore specifico c [J/KgK]	Resistenza termica Rm R = d/λ [m²K/W]	Profondità di penetrazione al periodo δ = radq (λT/πρc) [m]	ξ = d/δ ξ [-]
	Superficie interna					0,1		
1	pannello autoportante BBS	0,098	0,097	470	2100	1,0103	0,05199	1,8850
2	gutex thermosafe homegon	0,180	0,037	110	2100	4,8649	0,06637	2,7120
3	gutex multiplex top	0,022	0,039	200	2100	0,5641	0,05053	0,4353
4	guaina traspirante impermeabile	0,007	200			0,0000	0,00000	0,0000
	Superficie esterna					0,0400		
	Totali	0,307	200,173	780	6300	6,5793	0,1689	5,0324

Tabella 6.1.1.4-a Caratteristiche tecniche CI1

Regime stazionario			
Massa superficiale	**Ms**	[kg/m2]	**70,26**
Resistenza termica totale	**Rt**	[m2K/W]	**6,579**
Trasmittanza	**U**	[W/m2K]	**0,152**
Conduttanza	**C**	[W/m2K]	**0,155**
Capacità termica areica	**Cta**	[kJ/m2K]	**147,55**
Costante di tempo	**τ**	[h]	**269,65**

Tabella 6.1.1.4-b Regime stazionario CI1

Regime periodico			
Fattore di decremento - attenuazione	**fd**	[-]	**0,0945**
Ritardo fattore di decremento - sfasamento	**φ**	[h]	**16,77**
Trasmittanza termica periodica	**|Yie|**	[W/m2K]	**0,0144**
Ammettenza termica lato interno	**Yii**	[W/m2K],[h]	**2,229**
Ammettenza termica lato esterno	**Yee**	[W/m2K],[h]	**0,977**
Capacità termica areica lato interno	**Cip(2007)**	[kJ/m2K]	**36,96**
Capacità termica areica lato esterno	**Cep(2007)**	[kJ/m2K]	**13,70**
Fattore di smorzamento superficiale interno			
Parete disperdente	**fsd**	[-]	**0,710**
Parete interna	**fsi**	[-]	**0,711**

Tabella 6.1.1.4-c Regime dinamico CI1

Orizzontale

Orario	Temp. Max. estiva	Irraggiamento incidente	Temp. Superfice esterna	Temp. Superfice interna
0	27,27	0	27,27	35,8124
1	26,945	0	26,945	36,04
2	26,62	0	26,62	36,3516
3	26,36	0	26,36	36,6614
4	26,165	0	26,165	36,9469
5	26,1	1	26,1222	37,1886
6	26,23	157	29,7189	37,371
7	26,555	364	34,6439	37,4748
8	27,14	558	39,54	37,4862
9	27,985	723	44,0517	37,4066
10	28,96	851	47,8711	37,239
11	30,065	931	50,7539	36,9946
12	31,105	958	52,3939	36,693
13	31,885	931	52,5739	36,3567
14	32,405	851	51,3161	36,0838
15	32,6	723	48,6667	36,0289
16	32,405	558	44,805	35,9837
17	31,95	364	40,0389	35,9426

18	31,235	157	34,7239	35,9097
19	30,39	1	30,4122	35,885
20	29,545	0	29,545	35,8644
21	28,83	0	28,83	35,8439
22	28,18	0	28,18	35,8274
23	27,66	0	27,66	35,8151

Tabella 6.1.1.4-d Caratteristiche della chiusura CI1

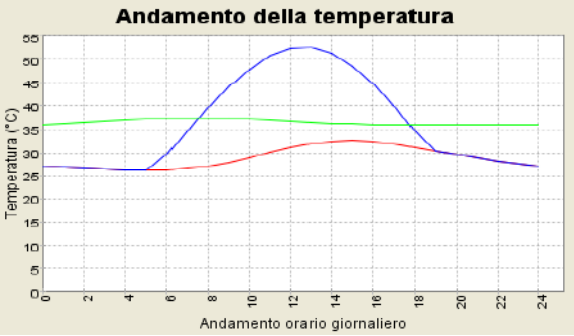


Grafico Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**.8-a Andamento della temperatura nella chiusura CI1**

Condizioni climatiche per la verifica della condensa interstiziale:

	T. esterna (°C)	Press. est. (Pa)	T. interna (°C)	Var. (Pa)	P. Interna (Pa)	Press. Sat. (Pa)	T. Sup. min (°C)	Fatt. Temp.
Dicembre	12,6	928	20	324,84	1285,32	1606,65	14,09	0,2008
Gennaio	11,1	888	20	361,2	1285,32	1606,65	14,09	0,3355
Febbraio	11,6	901	20	349,38	1285,32	1606,65	14,09	0,2959
Marzo	13,1	824	20	419,38	1285,32	1606,65	14,09	0,1429

Verifica della condensa interstiziale

Mese	Press. Est	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Press.Int
Ottobre	2308,34	2308,34	2309,12	2309,99	2309,99	2312,05	2332,33	2336,53
	1467	1286,43	1286,42	1286,42	1285,33	1285,33	1285,32	1285,32
Novembre	1819,95	1819,95	1832,7	1846,88	1846,88	1881,03	2246,1	2328,64
	1162	1284,58	1284,58	1284,58	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Dicembre	1462,32	1462,32	1481,84	1503,68	1503,68	1556,81	2171,32	2321,59
	928	1283,16	1283,16	1283,16	1285,31	1285,31	1285,32	1285,32
Gennaio	1325,26	1325,26	1346,82	1371	1371	1430,13	2139,03	2318,49

	888	1282,91	1282,91	1282,92	1285,31	1285,31	1285,32	1285,32
Febbraio	1369,63	1369,64	1390,57	1414,04	1414,04	1471,31	2149,75	2319,53
	901	1282,99	1282,99	1282,99	1285,31	1285,31	1285,32	1285,32
Marzo	1510,69	1510,69	1529,41	1550,34	1550,34	1601,18	2182,18	2322,63
	824	1282,52	1282,53	1282,53	1285,31	1285,31	1285,32	1285,32
Aprile	1762,97	1762,98	1776,93	1792,46	1792,46	1829,92	2234,96	2327,6
	1064	1283,98	1283,98	1283,98	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Maggio	2169,84	2169,84	2174,29	2179,22	2179,22	2190,99	2309,36	2334,45
	1259	1285,16	1285,16	1285,16	1285,32	1285,32	1285,32	1285,32
Giugno	2754,67	2754,67	2742,37	2728,82	2728,82	2696,82	2400,08	2342,58
	1681	1287,72	1287,72	1287,72	1285,33	1285,33	1285,32	1285,32
Luglio	3255,32	3255,31	3226,38	3194,66	3194,66	3120,23	2467,11	2348,42
	1771	1288,27	1288,27	1288,27	1285,34	1285,34	1285,32	1285,32
Agosto	3236,16	3236,15	3207,89	3176,9	3176,9	3104,16	2464,69	2348,21
	1834	1288,65	1288,65	1288,65	1285,34	1285,34	1285,32	1285,32
Settembre	2907,7	2907,7	2890,51	2871,62	2871,62	2827,07	2421,45	2344,45
	1849	1288,74	1288,74	1288,74	1285,34	1285,34	1285,32	1285,32

Tabella 6.1.1.4-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CI1

Vapore accumulato

Condensa non presente

Mese critico: Gennaio, con fattore di temperatura 0,3355
Resistenza termica minima accettabile: 0,3762 m²K/W
Resistenza termica totale dell'elemento: 6,9503 m²K/W

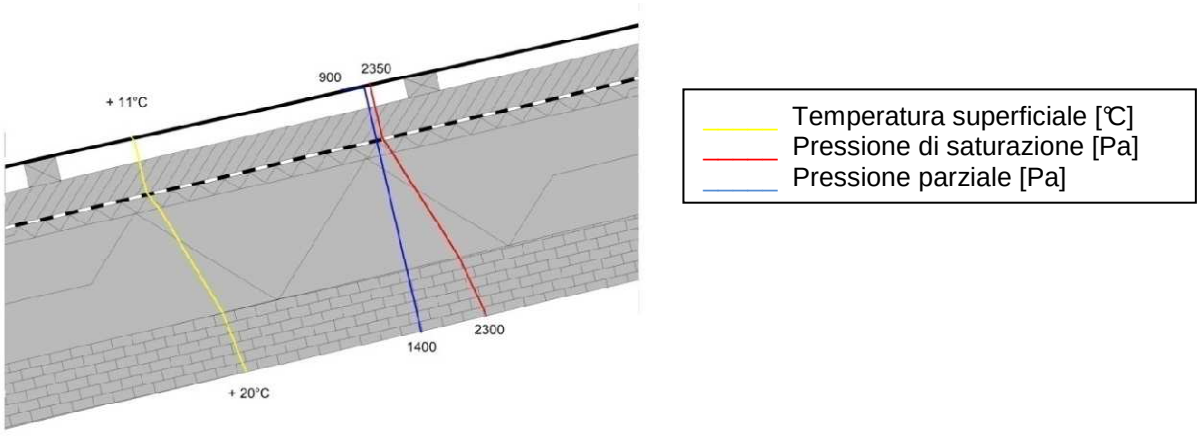


Figura 6.1.5.8-b Diagramma di Glaser CI1

Strategie Passive

7.1 INTRODUZIONE: ILLUMINAMENTO NATURALE

Il concetto di luce coinvolge immediatamente il concetto del meccanismo della visione e della percezione del mondo che ci circonda. La luce è una grandezza particolare poiché la sua definizione e la sua misura dipendono non solo da quantità fisiche oggettive, ma anche dal sistema visivo dell'essere umano.
Per luce si intendono le radiazioni elettromagnetiche in grado di stimolare la retina dell'occhio umano, producendo la sensazione visiva.
Per luce naturale si intende quella proveniente dal sole e dalla volta celeste. Essa rappresenta la migliore sorgente di luce, poiché ad essa si è adattato l'organo visivo da quando l'uomo è presente sulla terra. La luce naturale inoltre consente di conseguire risparmi energetici, riducendo i consumi derivanti dall'utilizzo dell'illuminazione artificiale. La luce naturale è caratterizzata da variabilità nel tempo sia per quanto riguarda il flusso luminoso che la temperatura di colore.

La luce naturale è costituita dalla componente solare diretta, che è direzionale e che dipende dalla posizione del sole sulla volta celeste e dalla componente diffusa proveniente dalla volta celeste. La componente diffusa è dovuta a quella parte di radiazione solare che viene dispersa, per riflessioni multiple, dalle particelle di vapore acqueo e dal particolato presente in atmosfera. La componente diretta decresce con l'aumentare della nuvolosità del cielo. In condizioni estreme (cielo overcast), la componente diretta è assente.

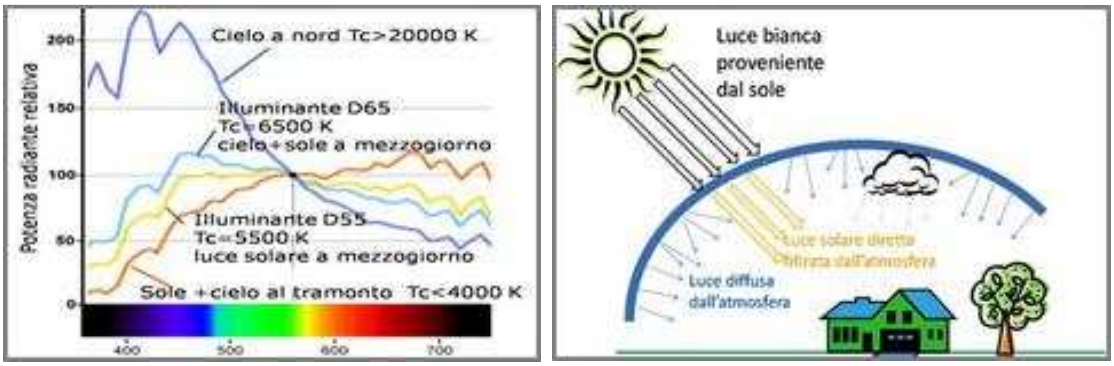


Figura 7.1.a Rappresentazioni delle componenti della luce.

Sorgente	Efficienza luminosa lm/W]
Radiazione solare diretta (bassa altezza solare)	90
Radiazione solare diretta (elevata altezza solare)	117
Radiazione solare diretta (elevata altezza solare)	100
Componente diffusa della volta celeste (cielo sereno)	150
Componente diffusa della volta celeste (cielo intermedio)	125
Totale: componente diretta + componente diffusa	115
Lapada da incandescenza	16-40
Lampada fluorescente	50-80
Lampada a scarica (generica)	40-140

Tabela 7.1.a Efficienza luminosa delle componenti della luce.

La distribuzione della luce, la luminanza, dipende notevolmente anche dalle condizioni climatiche del cielo. Vengono riportate delle rappresentazioni per porre a confronto il comportamento della luce in presenza di cielo uniforme e overcast.

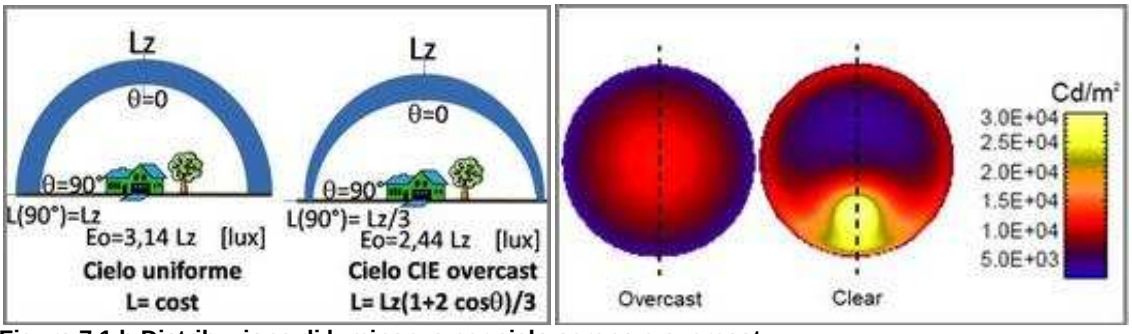


Figura 7.1.b Distribuzione di luminanza per cielo sereno e overcast.

7.1.1 La luce naturale all'interno degli edifici: il DF

Il DF (daylight factor) o fattore di luce diurna, è definito come il rapporto tra l'illuminamento in un punto di un ambiente interno e l'illuminamento, nello stesso istante, su una superficie orizzontale esterna, in assenza di ostruzioni, prodotto dalla volta celeste escludendo la componente solare diretta.
Il fattore di luce diurna è composto da tre aliquote:

$$DF = Ds + De + Di$$

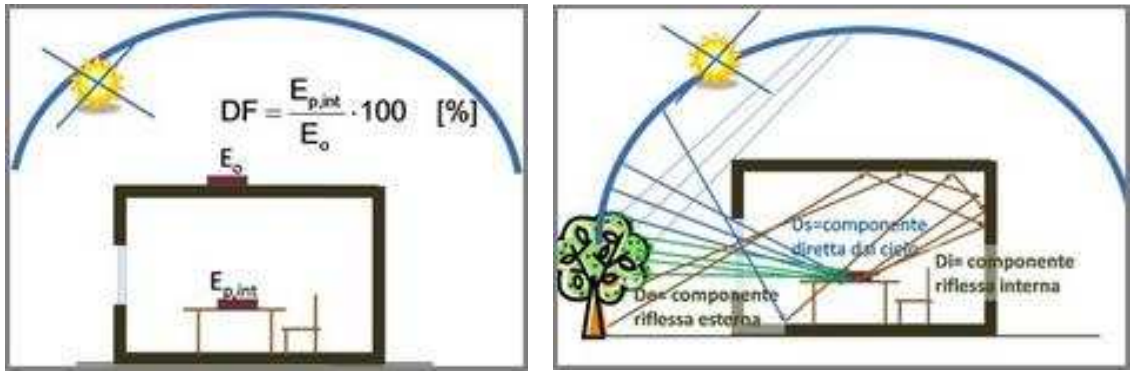


Figura 7.1.1.a Fattore medio di luce diurna sue componenti..

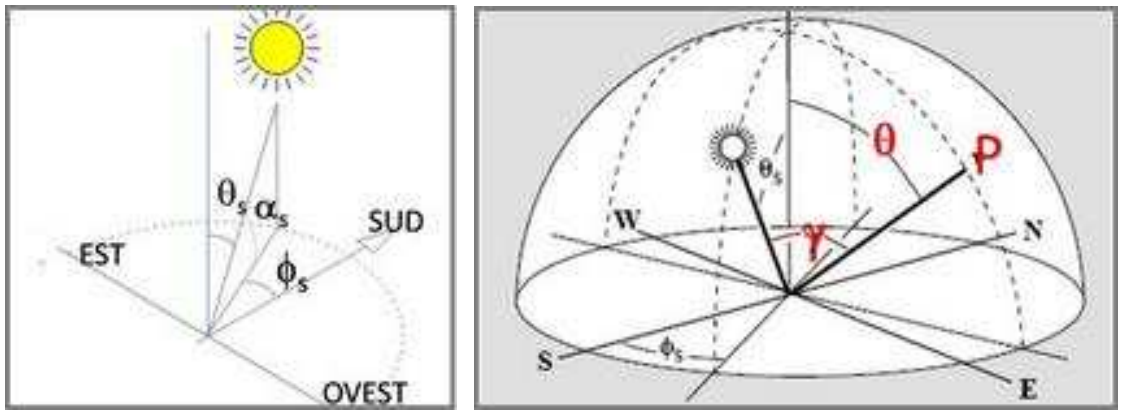


Figura 7.1.1.b Coordinate solari e posizionamento di un punto generico della volta celeste.

Le strategie per l'illuminazione naturale si possono classificare in due categorie:

- illuminazione laterale con aperture sulle pareti verticali
- illuminazione dall'alto, mediante sistemi di lucernai.

La distribuzione della luce naturale all'interno degli ambienti dipende dall'orientamento delle aperture, dalle loro dimensioni, forma e collocazione, dalla presenza di sistemi di controllo della luce, dalla geometria dell'ambiente e dai fattori di riflessione delle superfici interne dell'ambiente.

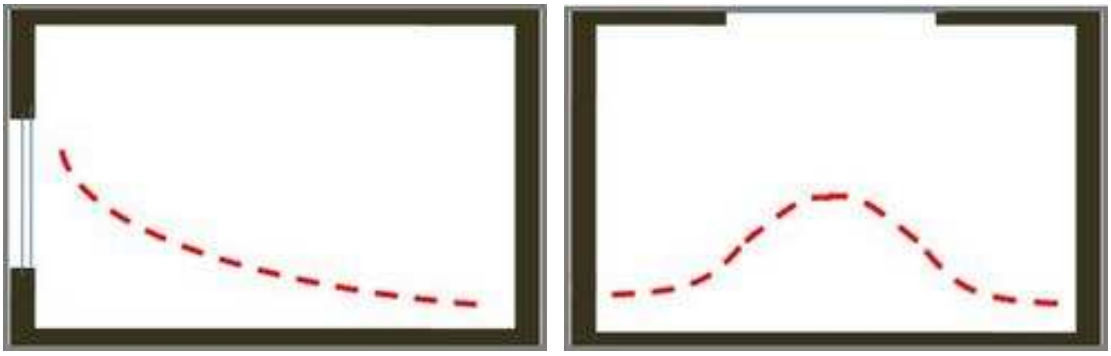


Figura 7.1.1.c Andamento del FLD in ambienti con aperture verticali ed orizzontali.

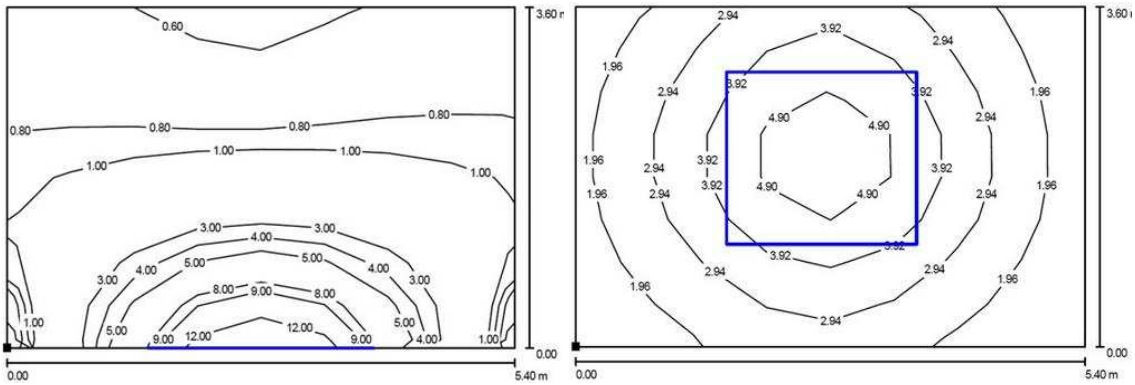


Figura 7.1.1.d Andamento del FLD in ambienti con aperture verticali ed orizzontali.

7.1.2 ANALISI ILLUMINOTECNICA

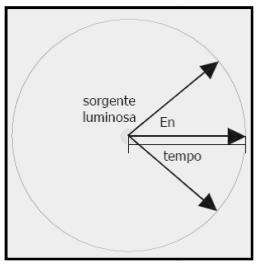
I parametri necessari all'analisi illuminotecnica sono principalmente:

a) *Flusso luminoso [lm];*

Quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo. L'unità di misura è il *lumen*.

$$\Phi = \frac{En}{t} = I \; x \; w$$

$$\Phi = [cd \; x \; sr \;] = [lm]$$



dove:

Φ= flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa in un cono infinitamente piccolo avente come asse questa direzione;

t = tempo;

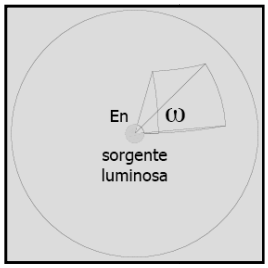
w = angolo solido del cono.

b) *Intensità luminosa [cd];*

Quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo e nell'unità di angolo solido. L'unità di misura è la *candela* [cd]

$$I = \frac{En}{t \; x \; w} = \frac{\Phi}{w}$$

$$I = \left[\frac{lm}{sr}\right] = [cd]$$



dove:

Φ= flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa in un cono infinitamente piccolo avente come asse questa direzione;

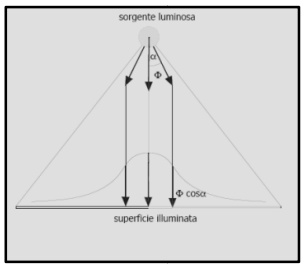
w = angolo solido del cono.

c) *Illuminamento [lux];*

Rapporto tra la componente perpendicolare del flusso luminoso (Φcosα) che incide su una superficie e l'area della superficie stessa. L'unità di misura è il *lux*.

$$E = \frac{\Phi}{S}\ x\ cos\alpha = \frac{I}{r^2}\ x\ cos\alpha$$

$$I = \left[\frac{lm}{sr}\right] = [cd]$$



dove:

Φ= flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa in un cono infinitamente piccolo avente come asse questa direzione;

Φcosα = componente perpendicolare del flusso luminoso;

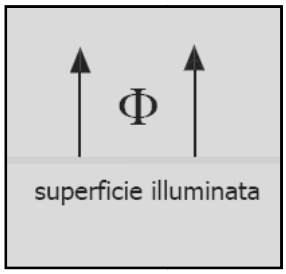
S = superficie.

d) *Luminanza*

Rapporto tra il flusso luminoso diffuso da una superficie illuminata e l'area della superficie stessa; è l'intensità luminosa per unità di area emessa da una superficie in una data direzione. L'unità di misura è il *lambert*.

$$L = \frac{dI}{dA\ x\ cos\theta}$$

$$R = \left[\frac{lm}{cm^2}\right] = [lambert]$$



dove:

Φ= flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa in un cono infinitamente piccolo avente come asse questa direzione;

Φcosα = componente perpendicolare del flusso luminoso;

S = superficie.

Necessaria per svolgere una corretta analisi illuminotecnica è la valutazione del fattore di luce diurna; è questo parametro infatti che definisce la qualità di un ambiente in relazione all'illuminamento naturale, è un indicatore percentuale della luminosità d'ambiente. Questo fattore è definito come il rapporto tra l'illuminamento misurato nel punto esaminato dell'ambiente e l'illuminamento misurato all'esterno su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni.

I requisiti per edifici scolastici relativi a tale fattore, così come, all'illuminamento medio, all'indice d'abbagliamento e all'indice di resa del colore vengono riportati nella tabella che segue:

Tipo di compito od attività in interni	ηm (%)	Em (lux)	UGR_L	R_a
Aule giochi	≥ 5	300	19	80
Nido	≥ 5	300	19	80
Aule per lavoro manuale	≥ 3	300	19	80
mensa	≥ 2	200	22	80
ingresso	≥ 1	200	22	80

La valutazione del FLD è stata eseguita con l'ausilio del programma Ecotect che utilizza come tipologia di calcolo il metodo flusso deviato; ossia considera l'FLD come una somma di tre diversi componenti:

$$FLD = SC + ERC + IRC$$

dove:
SC = componente diretta proveniente dal cielo,
ERC = componente di luce riflessa esternamente,
IRC = componente di luce riflessa internamente.

A determinare il fattore di luce diurna sono anche i colori e la lucentezza (riflessione) dei materiali delle superfici interne. Nel nostro caso gli ambienti sono tutti delimitati superiormente da un tetto in legno d'abete e lateralmente da pareti colorate a tinte pastello; le pavimentazioni invece si differenziano tra quelle delle aule e dell'atrio-mensa realizzate con linoleum colorato e quelle dell'ingresso di parquet.

Si è deciso di valutare l'FLD, non come di consueto ad un'altezza di circa 75-80 cm dal pavimento (altezza in genere corrispondente al piano di lavoro), ma di porlo ad un'altezza inferiore date le caratteristiche dell'utenza.
È stato inoltre necessario stabilire se eseguire il calcolo nelle condizioni di cielo coperto standard o sereno; la nostra decisione è ricaduta nella valutazione a cielo sereno per l'atrio – mensa; dove il problema principale come già anticipato era l'eccessiva quantità di luce e di cielo coperto standard per le aule, dove invece il problema era l'inverso.

Sempre con l'aiuto del programma sopracitato abbiamo determinato il livello di illuminamento e successivamente studiato la distribuzione della luce tramite le curve isolux; si è partiti dalla valutazione del giorno più critico dovuto all'eccessiva luminosità, il 21 Giugno tra le ore 12.00 e le ore 13.00; facendo confronti numerici e grafici tra le soluzioni ipotizzate inizialmente e le nuove soluzioni adottate in seguito all'analisi delle maschere d'ombra.

Verificato che le condizioni estive fossero soddisfatte, abbiamo proseguito analizzando il giorno invernale più critico, il 21 dicembre; in questo caso ci si è limitati ad analizzare le curve isolux e ad individuare la luminosità media in ciascuno dei tre ambienti studiati.

Al fine di migliorare le condizioni estive, ritenute le più gravose si è deciso di analizzare l'insolazione di ogni finestra per poter scegliere il sistema di schermatura più adeguato. I problemi che ci si aspettava di incontrare erano soprattutto riguardanti la zona Atrio - mensa essendo la più vetrata e con esposizione a sud. Per eseguire una corretta valutazione si è fatto ricorso alle maschere elaborate dal programma informatico Ecotect, le quali permettono di individuare le ore di soleggiamento delle finestre considerate.

7.1.3 ATRIO - MENSA

I risultati ottenuti sono:

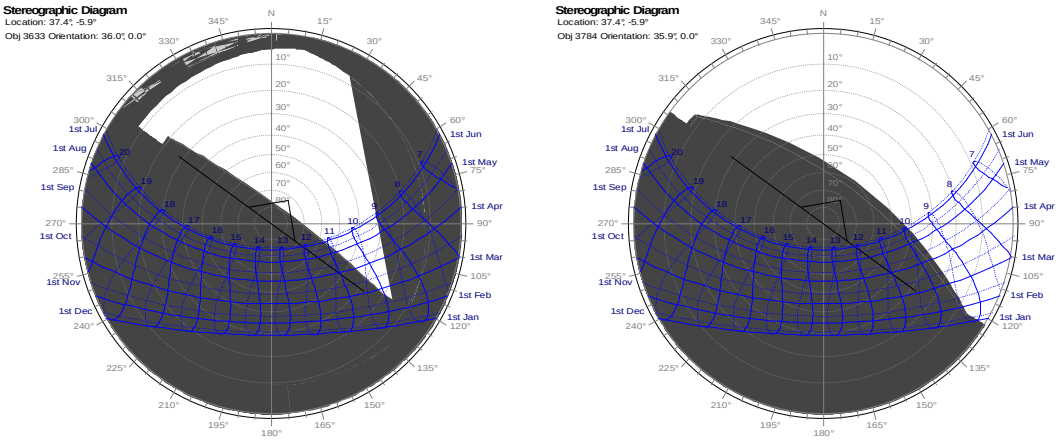


Figura 7.1.3.a Maschere d'ombra per le finestre inferiori e superiori della mensa rivolte al giardino.

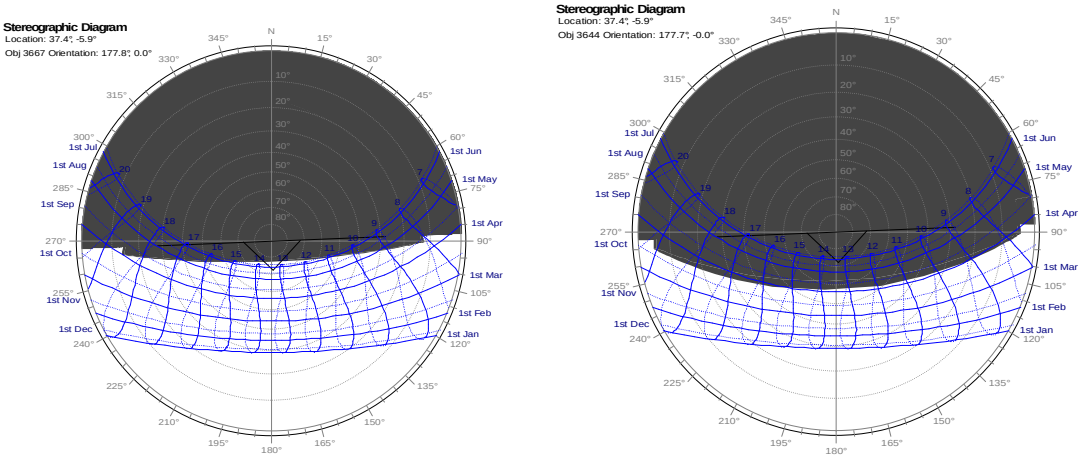


Figura 7.1.3.b Maschere d'ombra per le finestre inferiori e superiori della mensa rivolte all'esterno.

Possiamo notare come il problema principale è dato dalle finestre esterne, le quali risultano colpite dai raggi del sole quasi nella totalità delle ore della giornata; al contrario quelle rivolte verso il giardino interno hanno un limitato soleggiamento; quelle più basse risultano per buona parte della giornata in ombra, mentre quelle posizionate ad un'altezza superiore risultano illuminate solamente nelle prime ore del mattino, non creando quindi alcun problema.

Si è deciso innanzitutto di far riferimento al metodo Olgyay, il quale utilizzando come parametro di riferimento la temperatura esterna, stabilisce il periodo in cui la schermatura ha un

comportamento efficace. Tale metodo analizza i profili medi orari della temperatura dell'aria esterna nel periodo che va dalla primavera all'autunno così da evidenziare le ore in cui la temperatura sia almeno pari a 21℃. In tali ore si richiede un'adeguata schermatura e come possiamo vedere dai dati di seguito evidenziati le ore in cui sono da ritenere indispensabili le schermature sono molte: quasi la totalità dei mesi di Giugno, Luglio e Agosto; l'intera giornata a Settembre a Ottobre e notevole efficacia avrebbero anche nei mesi di Marzo, Aprile e Maggio.

Ore	MESI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11	12	14	14	16	21	22	22	19	18	11	5
2	9	11	14	13	15	21	22	22	18	18	10	5
3	7	11	15	12	15	19	22	22	18	17	10	7
4	7	11	15	11	15	18	22	21	17	17	9	6
5	7	10	17	11	14	18	21	21	17	16	8	6
6	6	9	16	11	14	19	21	21	15	16	8	5
7	6	9	15	13	15	22	23	21	18	16	7	4
8	6	10	16	14	16	25	26	23	23	17	8	4
9	7	13	18	18	18	28	28	25	26	18	13	6
10	8	16	19	20	20	31	30	26	28	21	15	8
11	11	18	21	22	21	32	31	29	30	23	16	9
12	13	19	22	23	22	33	32	30	31	24	18	11
13	14	20	23	24	22	34	33	32	33	26	19	11
14	15	21	23	25	23	35	34	34	34	27	19	12
15	16	22	24	25	23	35	35	34	34	27	19	13
16	15	22	23	25	23	34	34	35	35	27	19	12
17	15	21	23	24	22	34	33	35	34	27	18	11
18	15	20	21	23	22	32	28	34	31	25	15	9
19	15	18	18	22	21	29	27	31	29	23	14	9
20	15	15	18	19	19	27	27	29	26	21	13	7
21	14	15	16	18	18	25	27	26	25	21	12	6
22	14	14	15	17	18	24	26	25	24	20	10	4
23	14	12	15	16	18	25	25	23	22	20	11	4
24	14	12	14	15	17	23	23	23	21	19	11	4

Tabella 7.1.3.a Valori orari di temperatura esterna.

Si è deciso di non utilizzare un sistema di schermatura esterno e tantomeno interno, ma si è optato per cambiare la tipologia di vetro; sostituendo il normale vetrocamera con un modulo in vetro ASI THRU®. Sono moduli sottoforma di vetrocamera che contengono celle fotovoltaiche

così da svolgere la duplice funzione di limitare la penetrazione dei raggi solari e di produrre energia assorbendoli. Sono vetri semitrasparenti disponibili in diverse colorazioni; la scelta è caduta su colori quali rosa; rosso; verde; azzurro e giallo per le vetrate della mensa e su un colore grigio neutro per le vetrate superiori degli uffici.



Figura 7.1.3.c Immagini del vetro ASI THRU.

Per ridurre al minimo il passaggio di energia termica nell'edificio attraverso superfici vetrate di grandi dimensioni, è necessario infatti munire tali superfici di una protezione aggiuntiva dal sole; tale protezione può essere realizzata sotto forma di un rivestimento in vetro aggiuntivo. Il passaggio di energia all'interno dell'edificio attraverso la struttura viene definito dal valore di trasmittanza energetica, che indica il rapporto fra l'irraggiamento e la percentuale che contribuisce al riscaldamento all'interno dell'edificio. La trasmittanza energetica è definita valore g; quanto minore risulta essere il valore g, più è elevata l'efficienza dell'ombreggiamento delle superfici trasparenti. La tabella riporta alcuni tipi di vetrate e sistemi di ombreggiamento con i relativi valori g associati. Gli elementi in vetro isolante ASI THRU® raggiungono valori g simili a quelli di sistemi di ombreggiamento esterni di buona qualità.

VETRATE	Valore g
Vetrata semplice	~80%
Vetrata isolante senza rivestimento	~80%
Vetrata isolante con rivestimento di protezione dal sole	30 - 70%
Elementi in vetro isolante ASI THRU®	10%
SISTEMI DI OMBREGGIAMENTO	
Veneziana esterna, bianca*	12%
Marquise esterna da facciata, tessuto acrilico chiaro*	9%
Avvolgibile interno, bianco*	40%

Tabella 7.1.3.b Coefficienti di ombreggiamento.

Inoltre questo elemento possiede una bassa trasmittanza termica, così da limitare le dispersioni invernali e risultando idoneo in ogni stagione. Ponendolo a confronto con differenti tipologie di vetro i risultati ottenuti sono:

	Valore U (EN673)
Vetrata semplice	5-6 W/m² K
Vetrata isolante senza rivestimento	2,7 W/m² K
Vetrata isolante con rivestimento per isolamento termico (low-e)	1,2 W/m² K
Elemento in vetrocamera ASI THRU®	**1,2 W/m² K**

Tabella 7.1.3.c Trasmittanza termica stazionaria.

Il comportamento della parete vetrata scelto è rappresentato schematicamente con le rappresentazioni che seguono:

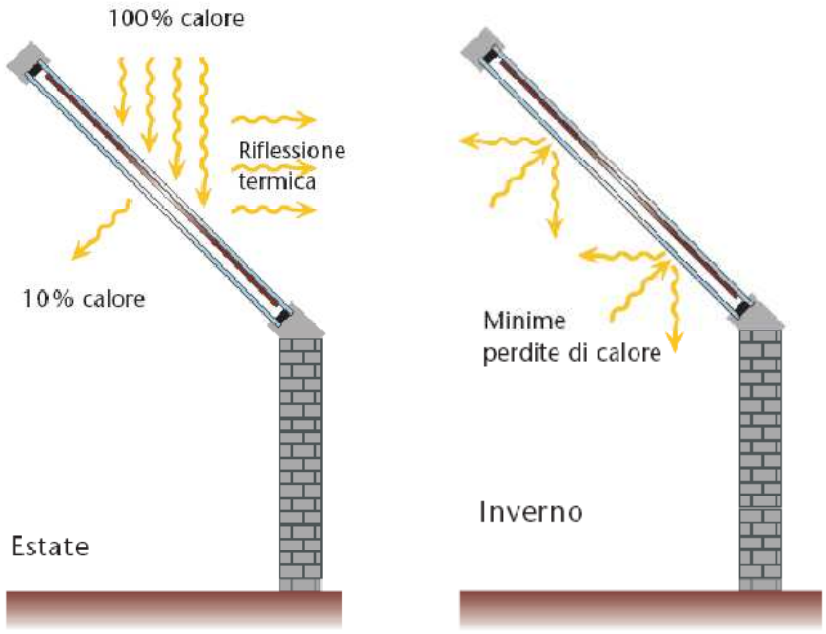


Figura **7.1.3.d Comportamento termico del vetro ASI THRU** .

Analizzando nello specifico i dati ottenuti con questo nuovo vetro possiamo notare come ovviamente l'irraggiamento permane il medesimo, l'assorbimento però aumenta venendo captato dalle celle fotovoltaiche e la trasmissione diminuisce. A dimostrazione di quanto appena sostenuto riportiamo di seguito i dati ottenuti dall'analisi:

Risultati ottenuti con vetrocamera semplice:

	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
MON.	Wh/m2	SHADE	Wh/m2	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh
Jan	126472	0%	0	95135	837196	24961	219660	49857	438749
Feb	124798	0%	0	81550	717645	21131	185958	42738	376096
Mar	158333	0%	0	74100	652085	18236	160480	38834	341738
Apr	169111	23%	0	50599	445273	11637	102408	26517	233354
May	211400	65%	0	24359	214358	5155	45361	12766	112339
Jun	224722	83%	0	11378	100126	2296	20206	5963	52473
Jul	255807	73%	0	21378	188127	4387	38606	11204	98592
Aug	237754	40%	0	50699	446158	11302	99455	26570	233818
Sep	186147	3%	0	77978	686216	18846	165846	40866	359625
Oct	163825	0%	0	95776	842837	24464	215287	50193	441706
Nov	125234	0%	0	90797	799023	23764	209122	47584	418744
Dec	106092	0%	0	83336	733363	21934	193021	43674	384333
TOT	2089695		0	757085	6662408	188113	1655411	396765	3491567

Tabella 7.1.3.d Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con vetrocamera semplice.

Risultati ottenuti con vetro ASI THRU® :

	AVAIL.	AVG	REFLECT	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
MON	Wh/m2	SHADE	Wh/m2	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh	Wh/m2	TOT.Wh
Jan	126472	0%	0	95135	837196	30759	270681	26405	232364
Feb	124798	0%	0	81550	717645	26135	229986	22634	199182
Mar	158333	0%	0	74100	652085	22759	200283	20566	180986
Apr	169111	23%	0	50599	445273	14674	129130	14044	123586
May	211400	65%	0	24359	214358	6571	57822	6761	59495
Jun	224722	83%	0	11378	100126	2940	25875	3158	27790
Jul	255807	73%	0	21378	188127	5610	49371	5933	52215
Aug	237754	40%	0	50699	446158	14326	126066	14072	123831
Sep	186147	3%	0	77978	686216	23577	207475	21643	190459
Oct	163825	0%	0	95776	842837	30351	267090	26583	233930
Nov	125234	0%	0	90797	799023	29308	257915	25201	221769
Dec	106092	0%	0	83336	733363	27002	237619	23130	203545
TOT	2089695		0	757085	6662408	234011	2059313	210129	1849151

Tabella 7.1.3.e Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con vetro ASI THRU.

Incident:

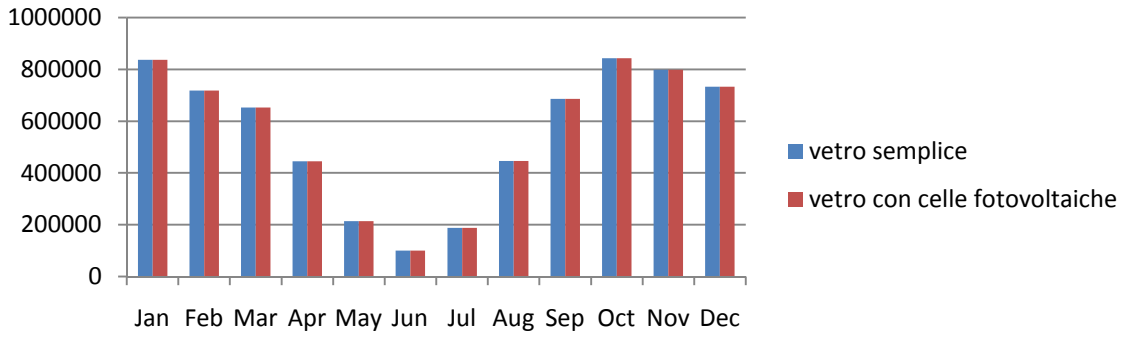


Grafico 7.1.3.a. Confronto della radiazione incidente.

Absorbed:

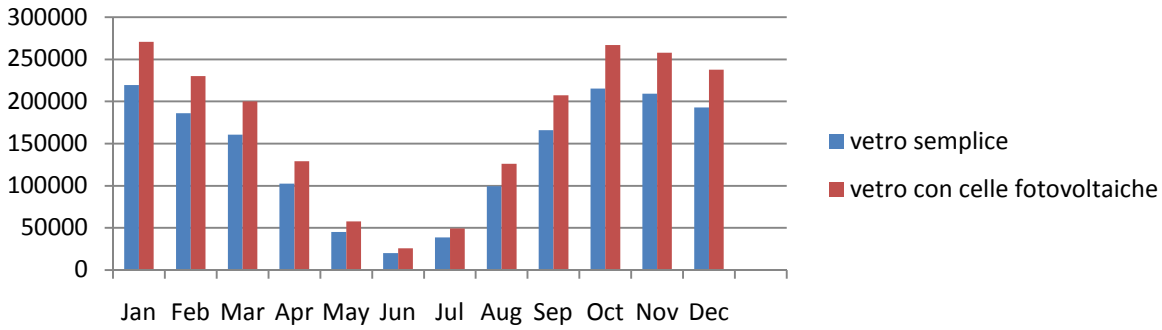


Grafico 7.1.3.b. Confronto della radiazione assorbita.

Trasmitted:

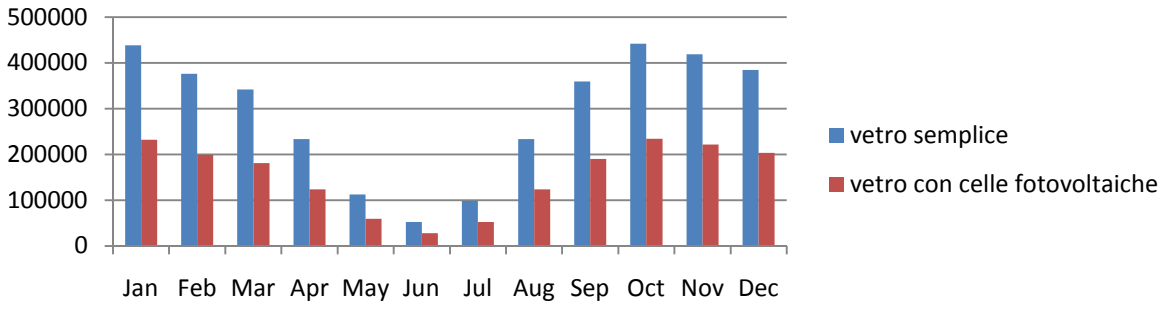


Grafico 7.1.3.c. Confronto della radiazione trasmess.

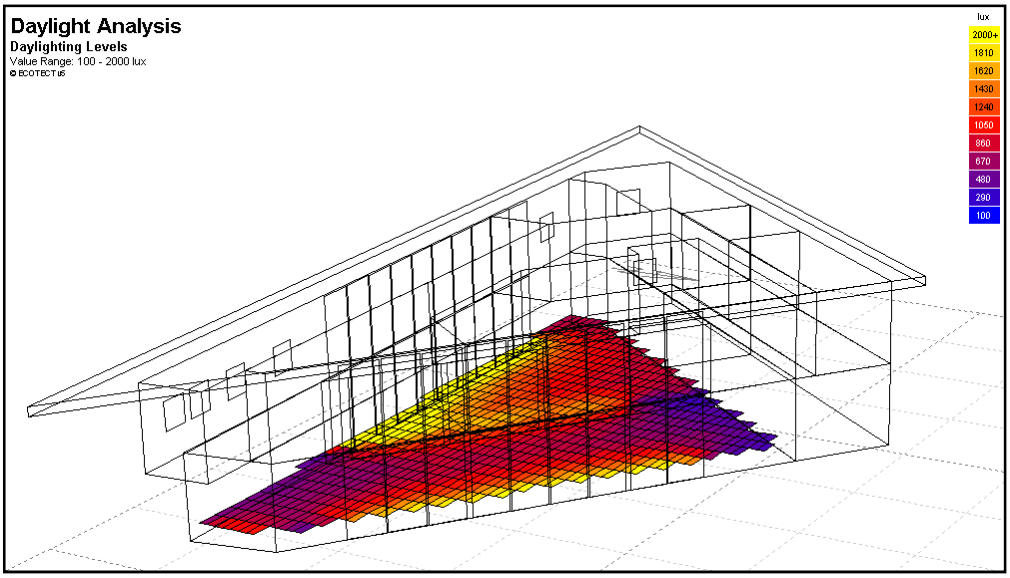


Figura 7.1.3.e Illuminamento il 21 Giugno ore 12.00

Il massimo livello raggiunto di lux è 2440 che risulta essere un valore molto elevato, così come lo è il valore medio, pari a 1076 lux; il punto invece con meno luminosità è raggiunto da più di 200 lux.

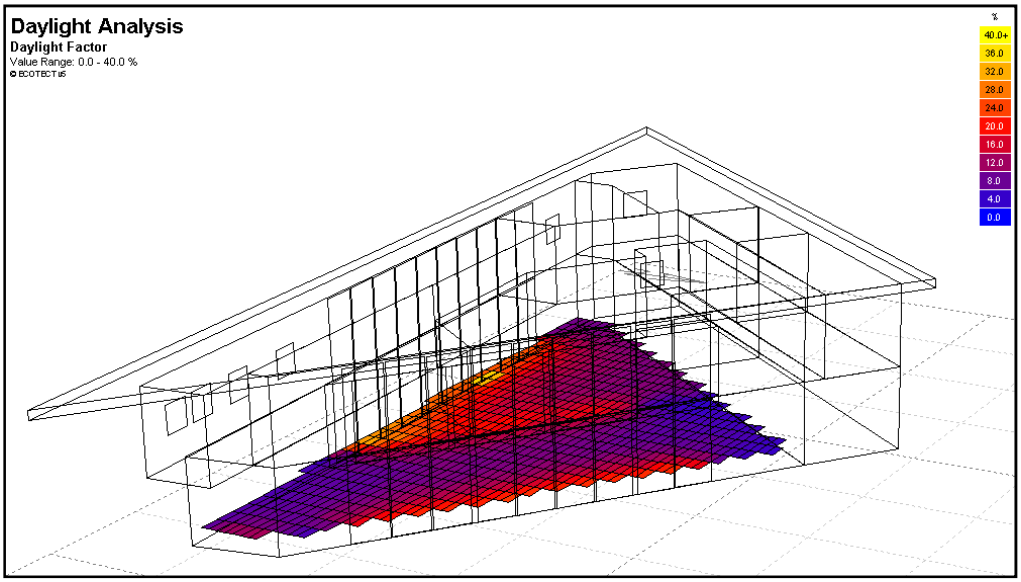


Figura 7.1.3.f FLD dell'ambiente Atrio - Mensa

Il fattore medio di luce diurna FLD è del 12,59% e in ogni punto supera il valore del 2% pur risultando il range minimo compreso tra 0 e 4. Si nota però come non vi è nessun punto della griglia color blu.

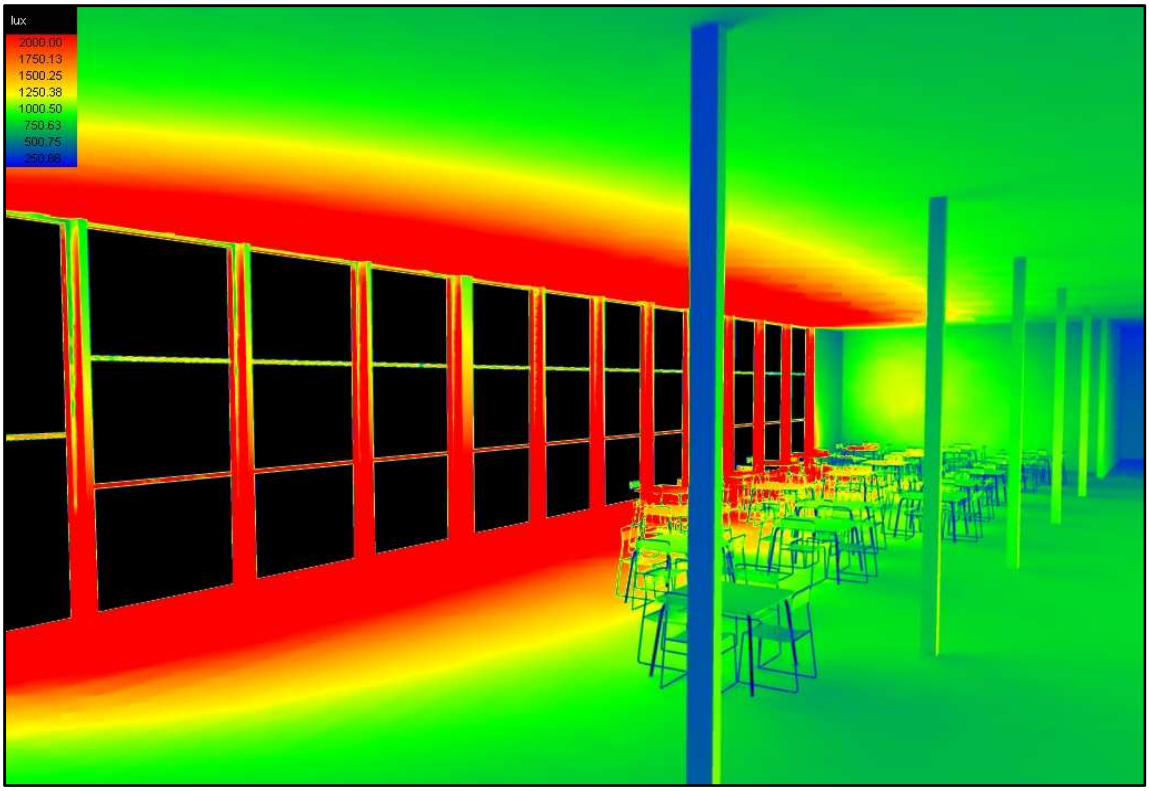


Figura 7.1.3.g Immagine a colori sfalsati della mensa con vetrocamera normale.

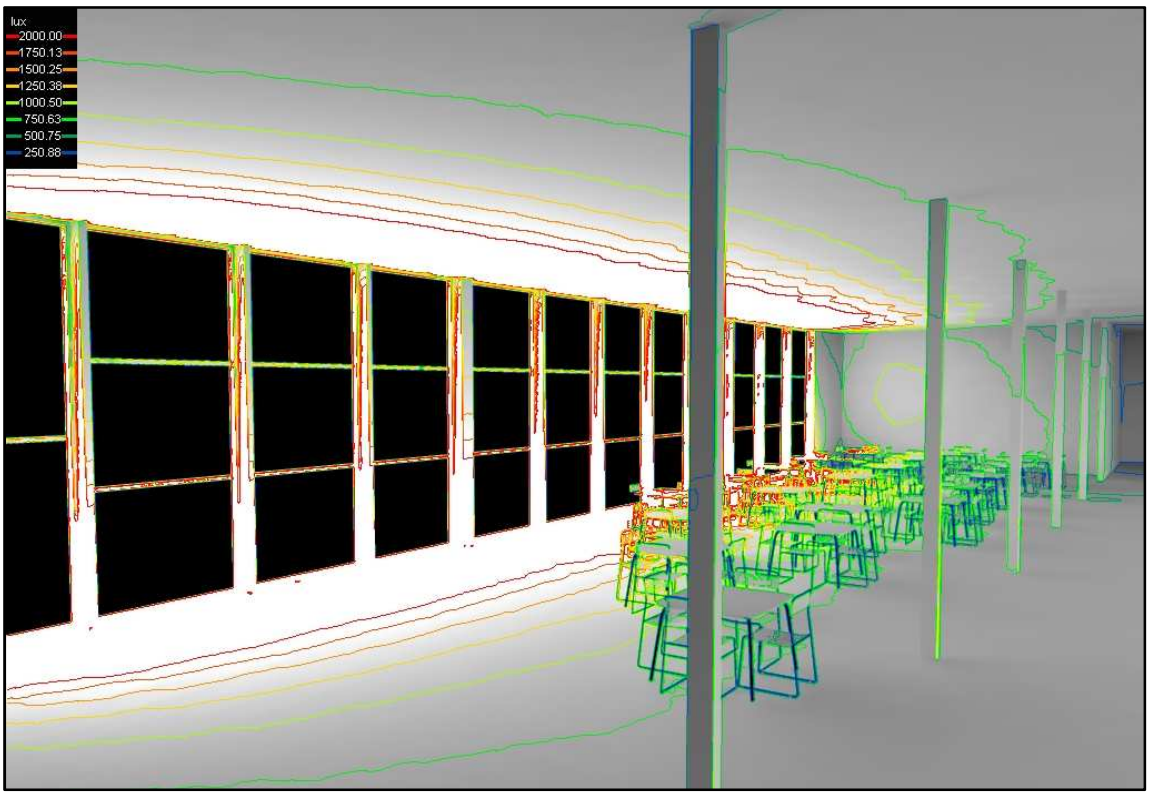


Figura 7.1.3.h Illuminamento della mensa con vetrocamera normale.

Effettuiamo nuovamente le medesime verifiche sostituendo i vetrocamera normali con i vetri contenenti celle fotovoltaiche per verificare il miglioramento della condizione luminosa della stanza.

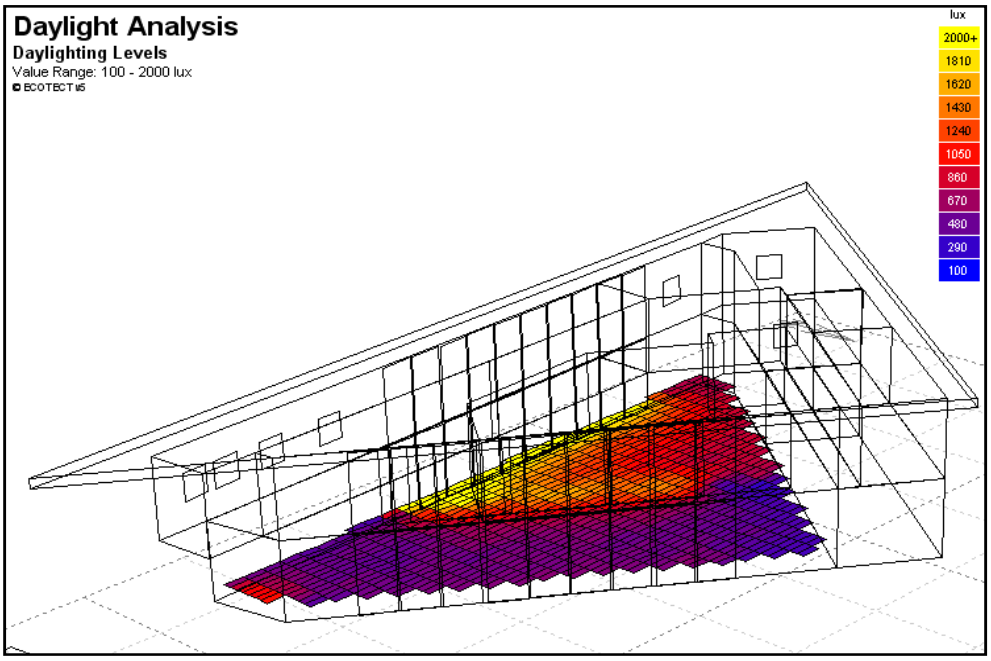


Figura 7.1.3.i. Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU.

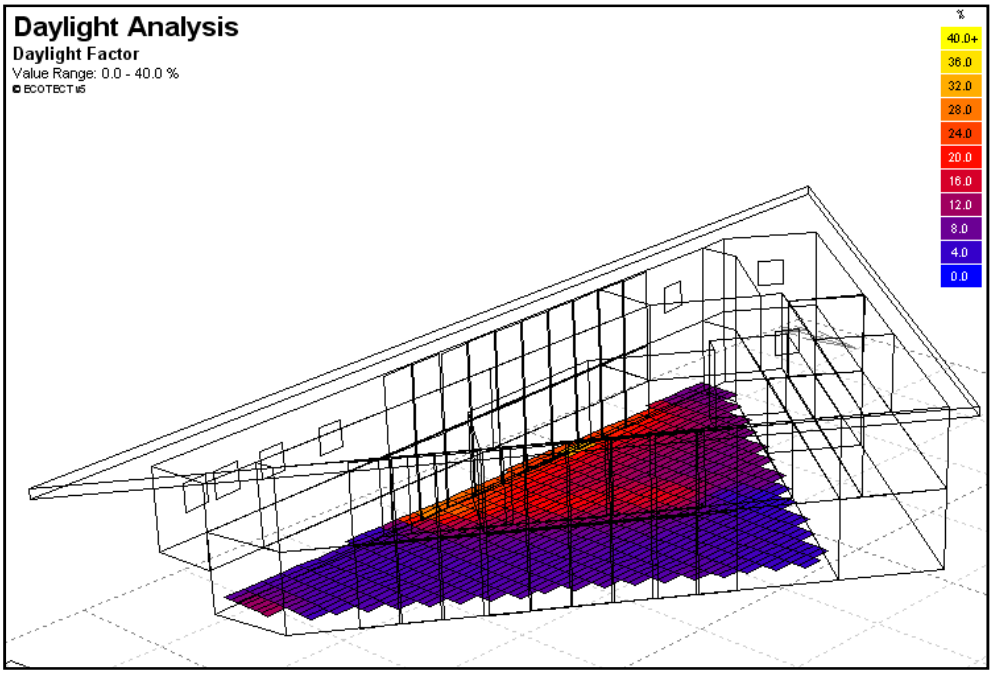


Figura 7.1.3.l. FLD della mensa con vetro ASI THRU.

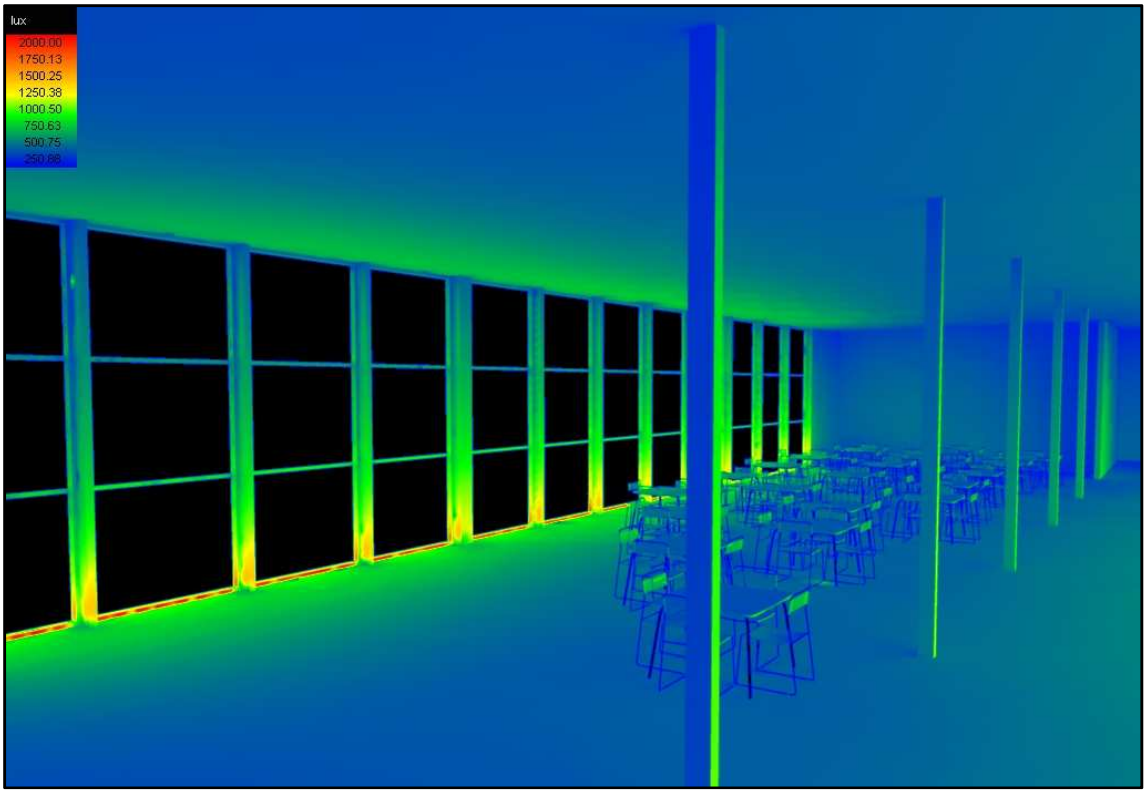


Figura 7.1.3.m Immagine a colori sfalsati della mensa con vetro ASI THRU.

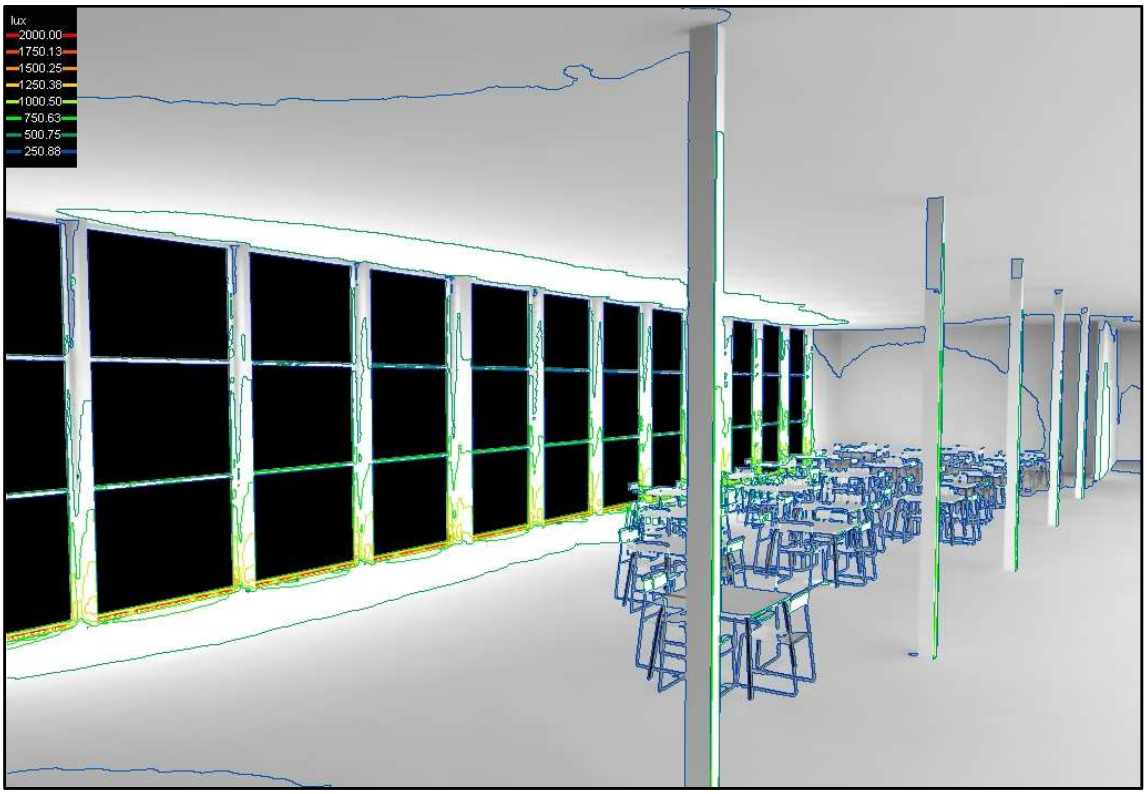


Figura 7.1.3.n Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU.

Vetro tradizionale

Daylighting Levels (lux)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
100-620	135	15,50	864	100
620-1140	425	49,19	729	84,38
1140-1660	174	20,14	304	35,19
1660-2180	93	10,60	130	15,05
2180-2700	34	3,90	37	4,28
2700-3220	2	0,23	3	0,35

Daylighting Factors (%)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
0 - 6	80	9,26	864	100
6 - 12	411	47,57	784	90,74
12 - 18	211	24,42	373	43,17
18-24	106	12,27	162	19,44
24-30	49	5,80	56	6,84
30-36	6	0,70	7	0,81

Vetro con celle fotovoltaiche

Daylighting Levels (lux)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
100-560	309	16.48	864	100
560-1020	305	7.12	555	64,24
1020-1480	143	13.12	250	28,94
1480-1940	64	9.50	107	12,38
1940-2400	37	6.43	43	5,21

Daylighting Factor (%)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
0 -6	196	12,46	864	100
6 -12	418	48,38	668	77,31
12 - 18	151	17,48	250	28,94
18 - 24	75	8,79	99	11,46
24 - 30	23	3,24	24	2,93
30 - 36	0	0	1	0,12
36 - 42	0	0	1	0,12

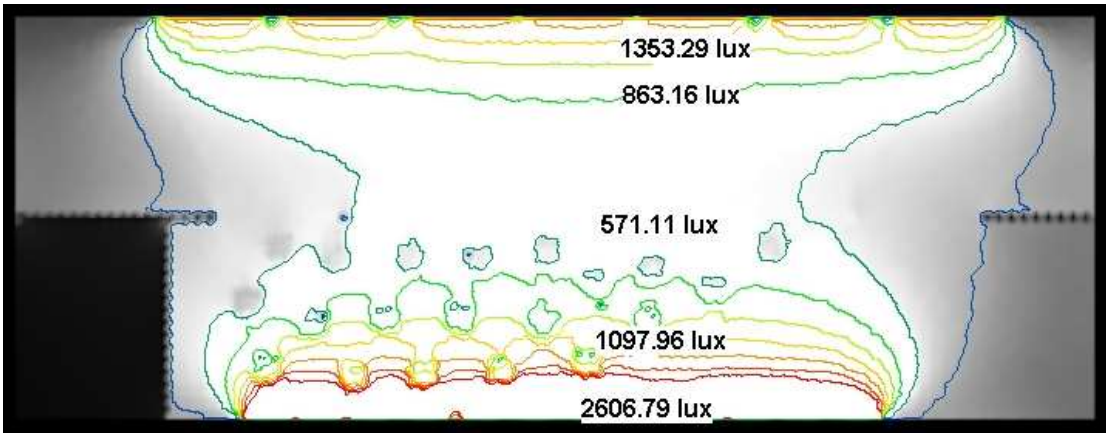


Figura 7.1.3.o Illuminamento della mensa con normale vetrocamera il 21 Giugno alle 12.00

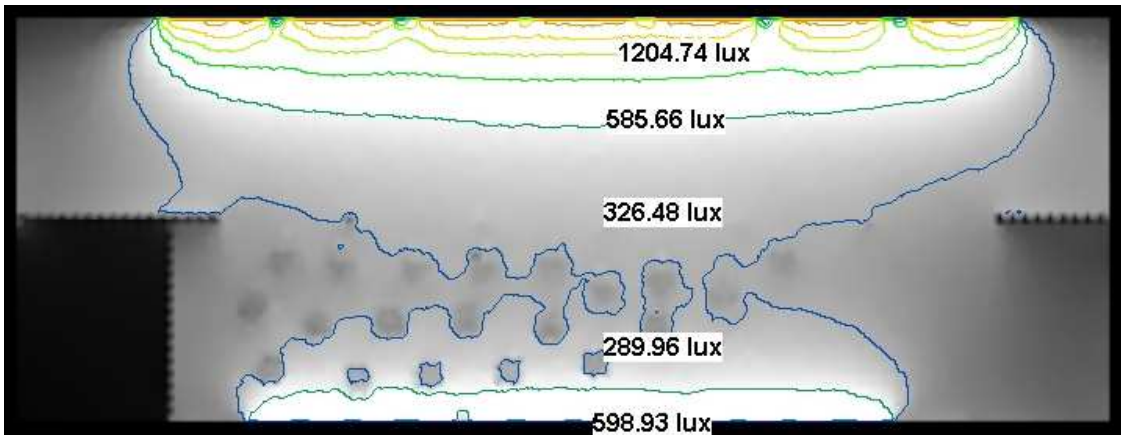


Figura 7.1.3.p. Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU il 21 Giugno alle 12.00

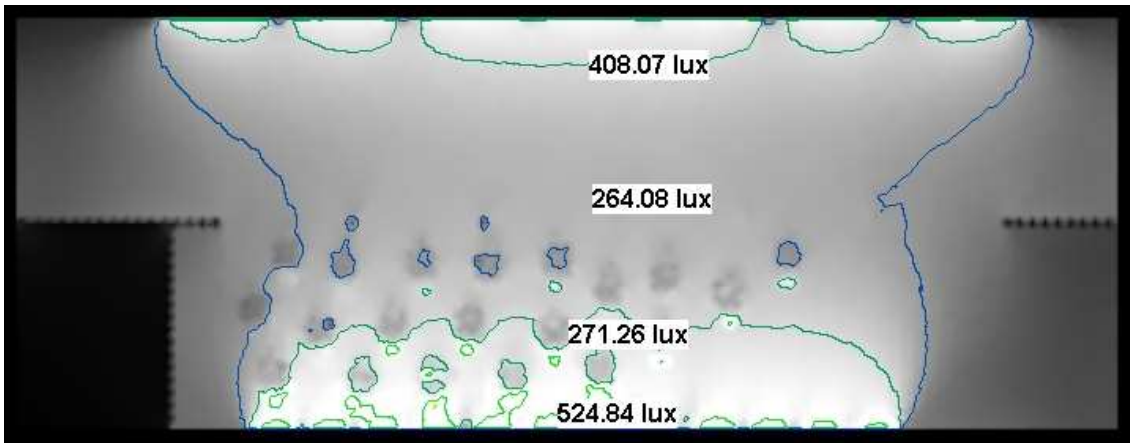


Figura 7.1.3.q. Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU il 21 Dicembre alle 12.00

7.1.4 AULE- CORRIDOIO AULE

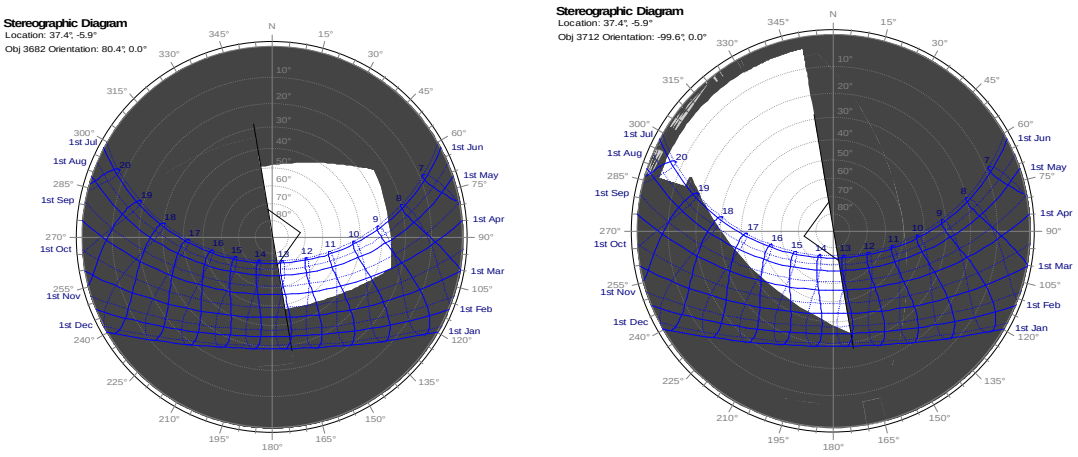


Figura 7.1.4.a. Maschere d'ombra per le finestre delle aule e del corridoio rivolto al giardino.

Da questo diagramma è facile capire come le uniche aperture rivolte verso l'esterno presenti nelle aule in realtà non soddisfino pienamente la necessità di luce naturale; sono infatti per buona parte dell'anno ombreggiate risultando colpite dai raggi del sole solamente nelle ore centrali della giornata e solo per i mesi da Aprile a Settembre. Anche le finestre rivolte al corridoio non aiutano a dare sufficiente illuminazione risultando spesso in ombra. Appare chiaro che per poter sfruttare maggiormente la luce naturale sarà necessario introdurre nuove aperture. A riguardo delle chiusure vetrate del corridoio, seppur di notevole dimensione, non generano problemi, essendo queste spesso in ombra grazie alla maggior altezza dell'edificio di rimpetto.

Analizzata la luce che penetra attraverso la vetrata nord delle aule si è osservato che questa non garantisce una luce uniforme all'interno della stanza. Risulta infatti che nelle ore in cui il sole batte su tale vetro nelle sue vicinanze vi è, nel periodo estivo, un rischio abbagliamento, mentre nelle restanti zone della stanza la luce naturale giunge in quantità insufficiente.

Per ovviare a tale problema si è deciso di limitare la luce proveniente dalle aperture rivolte a Nord tramite elementi frangisole e di portare all'interno dell'ambiente la luce attraverso aperture orizzontali poste in copertura. Si è studiato un sistema scorrevole composto da un pannello vetrato e da una lamiera metallica traforata così da creare un sistema flessibile in grado di soddisfare le diverse esigenze di ogni stagione.

Il sistema è composto da un vetro mobile nella parte superiore il quale verrà retratto all'interno del solaio nello ore notturne estive per generare ventilazione notturna naturale. La maglia metallica invece rimarrà retratta nel periodo invernale, così da permettere la necessaria entrata di luce e verrà invece estratta nella stagione estiva, sia durante il giorno per limitare l'entrata di

luce, sia durante la notte quando sopra il vetro non sarà presente così da poter garantire la ventilazione naturale.

Analizziamo ora quanto i frangisole scelti riducano l'ingresso di luce ponendo a confronto le maschere della medesima finestra:

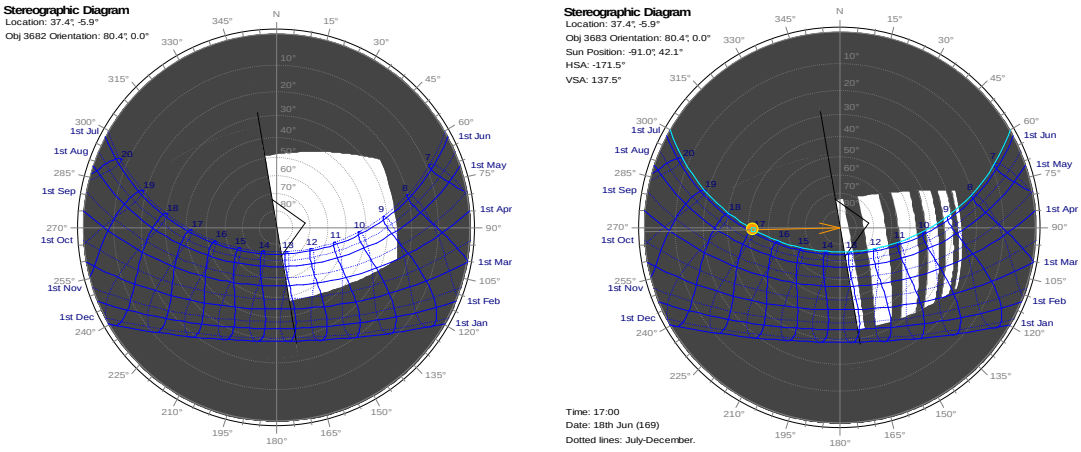


Figura 7.1.4.b. Confronto della maschere d'ombra per le finestre dell'aula con o senza frangisole.

Analizziamo nel dettaglio quanto beneficio portino i frangisole; riportiamo di seguito i due diagrammi della medesima finestra con e senza frangisole e i dati numerici di tali immagini. Il calcolo è stato effettuato il giorno 20 di Giugno, giorno in cui il sole colpisce maggiormente le finestre nord delle aule.

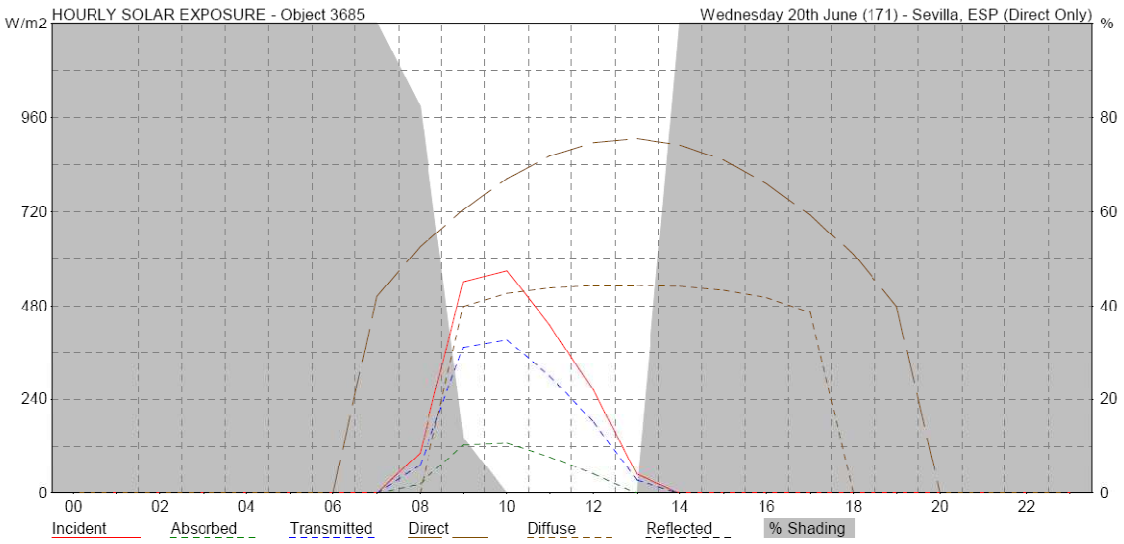


Figura 7.1.4.c Andamenti delle componenti luminose senza frangisole (in rosso irradianza).

HOUR	BEAM (W/m²)	DIFFUSE (W/m²)	SUN ANGLE	SOLAR SHADE	REFLECT (W/m²)	INCIDENT (W/m²)	INCIDENT W	ABSORBED (W/m²)	ABSORBED W	TRANSMITTED (W/m²)	TRANSMITTED W
7.00	504	0	16.11	100%	0	0	0	0	0	0	0
8.00	630	0	0,93472	82%	0	103	557	24	128	71	386
9.00	725	479	32.21.00	12%	0	541	2923	124	668	375	2025
10.00	804	512	44.98	0%	0	569	3071	129	695	394	2127
11.00	861	526	59.91	0%	0	432	2331	93	504	299	1615
12.00	895	532	72.91	0%	0	263	1420	49	264	182	984
13.00	905	532	86.93	0%	0	48	261	0	0	34	181
14.00	889	530	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
15.00	851	520	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
16.00	791	501	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
17.00	712	464	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
18.00	611	0	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
19.00	479	0	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
TOT.					0	1956	10564	418	2258	1355	7318

Tabella 7.1.4.a Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare in assenza di frangisole.

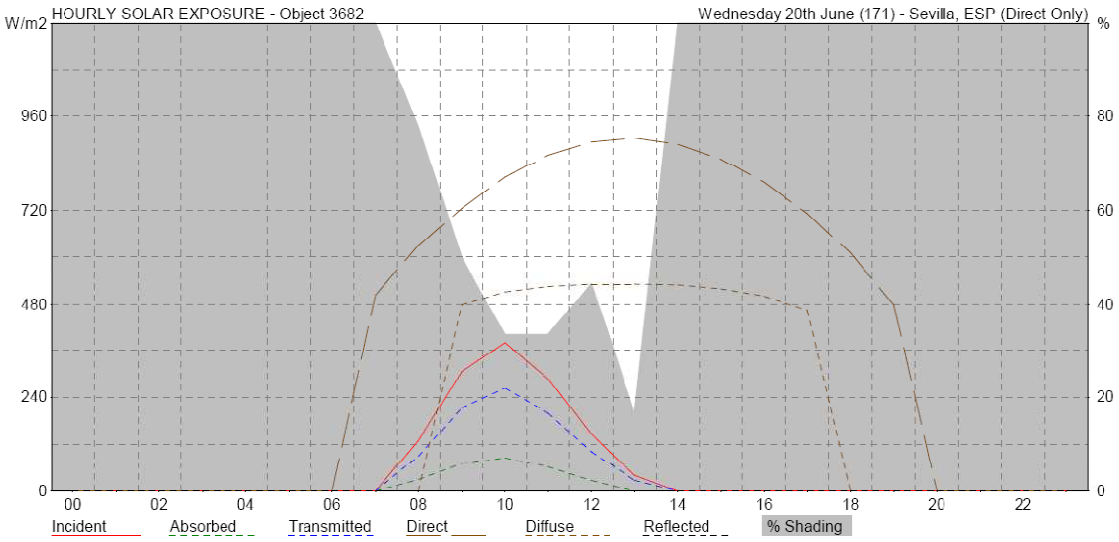


Figura 7.1.4.d Andamenti delle componenti luminose senza frangisole (in rosso irradianza).

HOUR	BEAM (W/m²)	DIFFUSE (W/m²)	SUN ANGLE	SOLAR SHADE	REFLECT (W/m²)	INCIDENT (W/m²)	INCIDENT W	ABSORBED (W/m²)	ABSORBED W	TRANSMITTED (W/m²)	TRANSMITTED W
7.00	504	0	16.16	100%	0	0	0	0	0	0	0
8.00	630	0	0,93542	78%	0	130	702	30	161	90	486
9.00	725	479	32.20.00	50%	0	307	1656	70	379	212	1148
10.00	804	512	44.97	33%	0	379	2048	86	463	263	1419
11.00	861	526	59.90	33%	0	288	1555	62	336	199	1077
12.00	895	532	72.89	44%	0	146	790	27	147	101	547
13.00	905	532	86.92	17%	0	41	219	0	0	28	152
14.00	889	530	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
15.00	851	520	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
16.00	791	501	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
17.00	712	464	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
18.00	611	0	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
19.00	479	0	>90.00	100%	0	0	0	0	0	0	0
TOT.					0	1291	6969	275	1485	894	4828

Tabella 7.1.4.b. Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con frangisole.

Le aperture poste in copertura garantiscono luminosità uniforme, anche quando le aperture a nord risultano ombreggiate; la lamiera posta sotto tali aperture garantisce invece l'ombreggiamento necessario dando comunque illuminamento uniforme come dimostrato in seguito.

Incident:

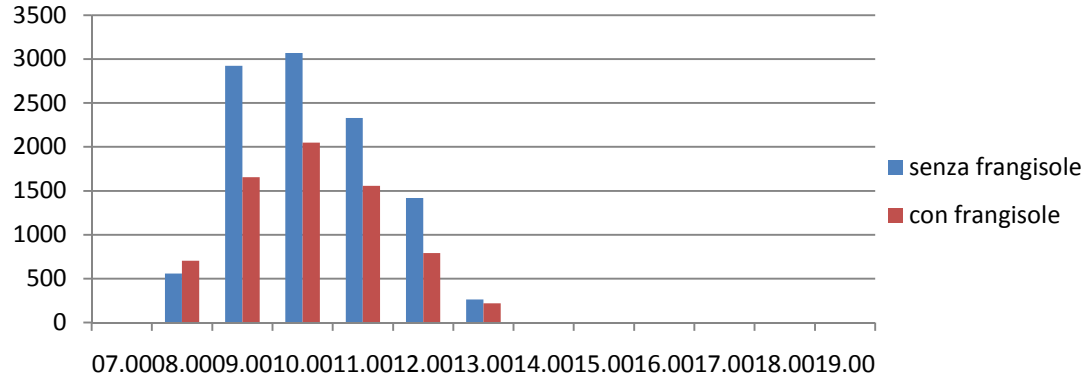


Grafico 7.1.4.a. Confronto della radiazione incidente.

Absorbed:

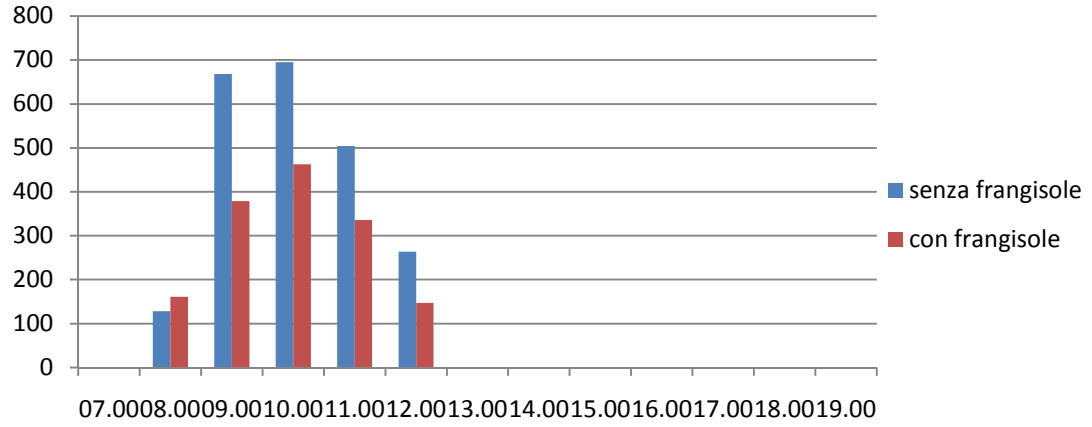


Grafico 7.1.4.b. Confronto della radiazione assorbita.

Trasmitted:

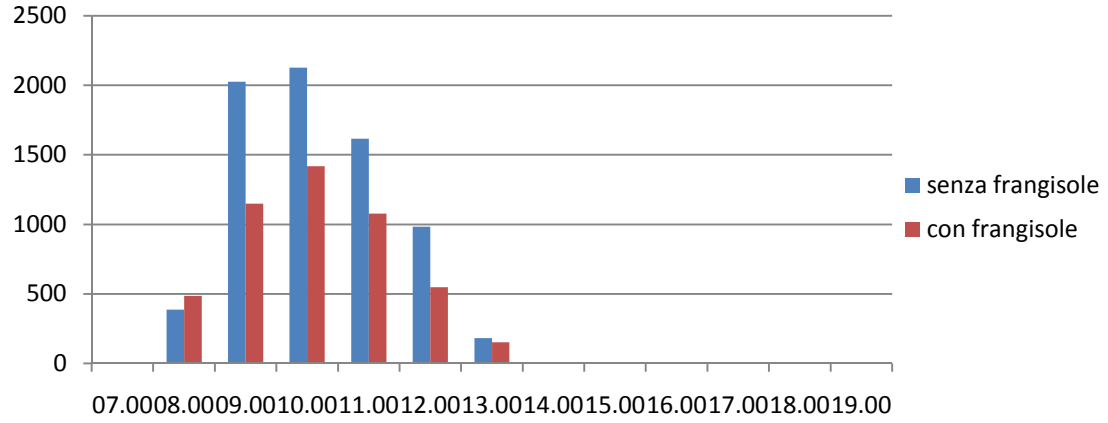


Grafico 7.1.4.c. Confronto della radiazione trasmessa.

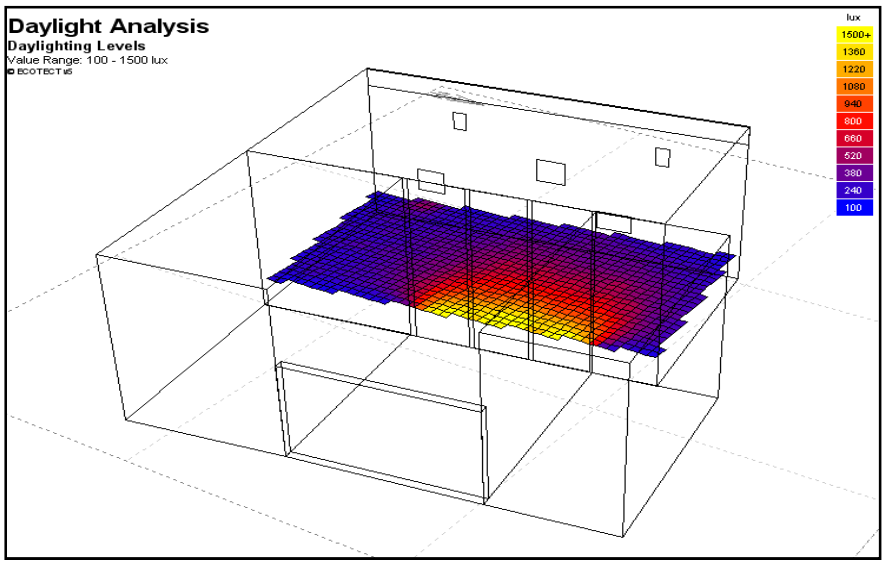


Figura 7.1.4.e. Illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai.

È immediato osservare la mancaza di uniformità nell'illuminazione della stanza; risultano infatti picchi superiori ai 1500 lux in prossimità della finestra e gran parte della superficie invece non raggiunge nemmeno i 200 lux. La media è superiore ai 500 lux ma questo non è sufficiente per ritenere l'ambiente correttamente illuminato.

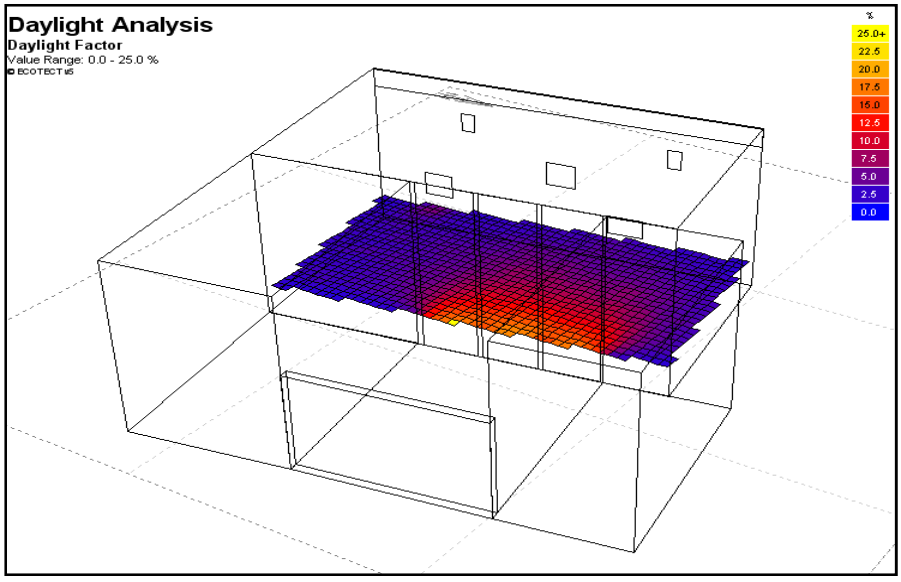


Figura 7.1.4.f FLD dell'aula priva di frangisole e lucernai.

A riguardo del fattore medio di luce diurna, tutti i punti della stanza raggiungono il 2% e in media l'FLD è pari al 5%; condizioni queste ritenute accettabili.

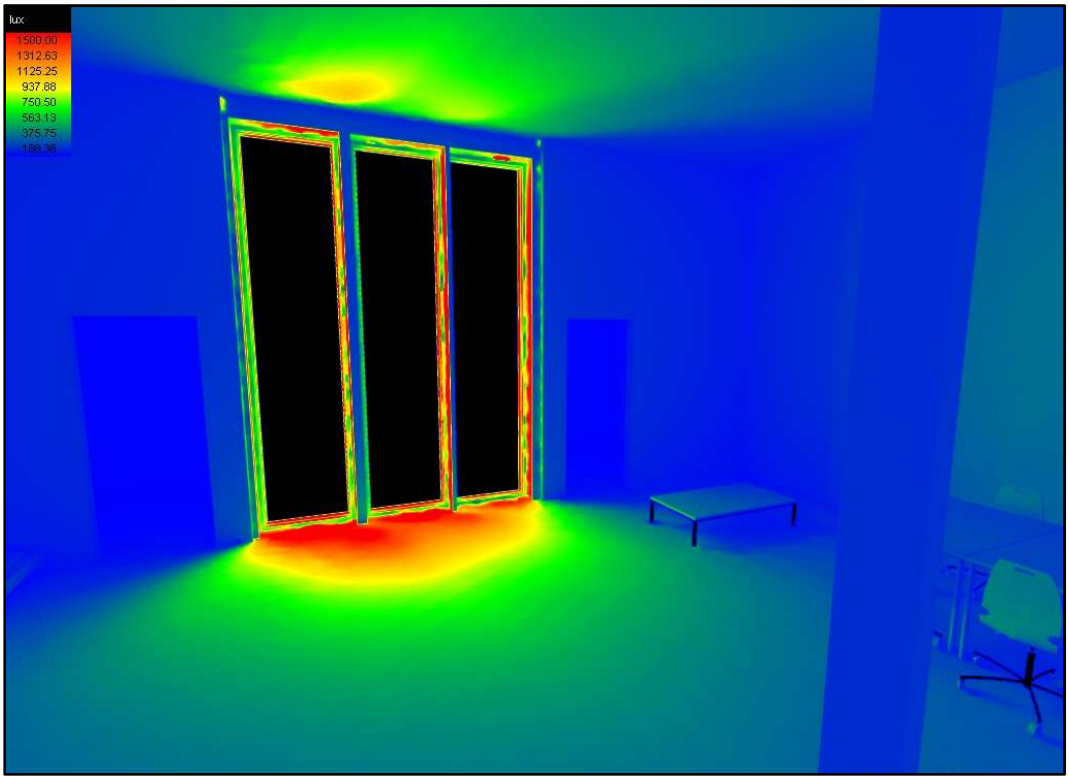


Figura 7.1.4.g. Immagine a colori sfalsati dell'aula priva di frangisole e lucernai.

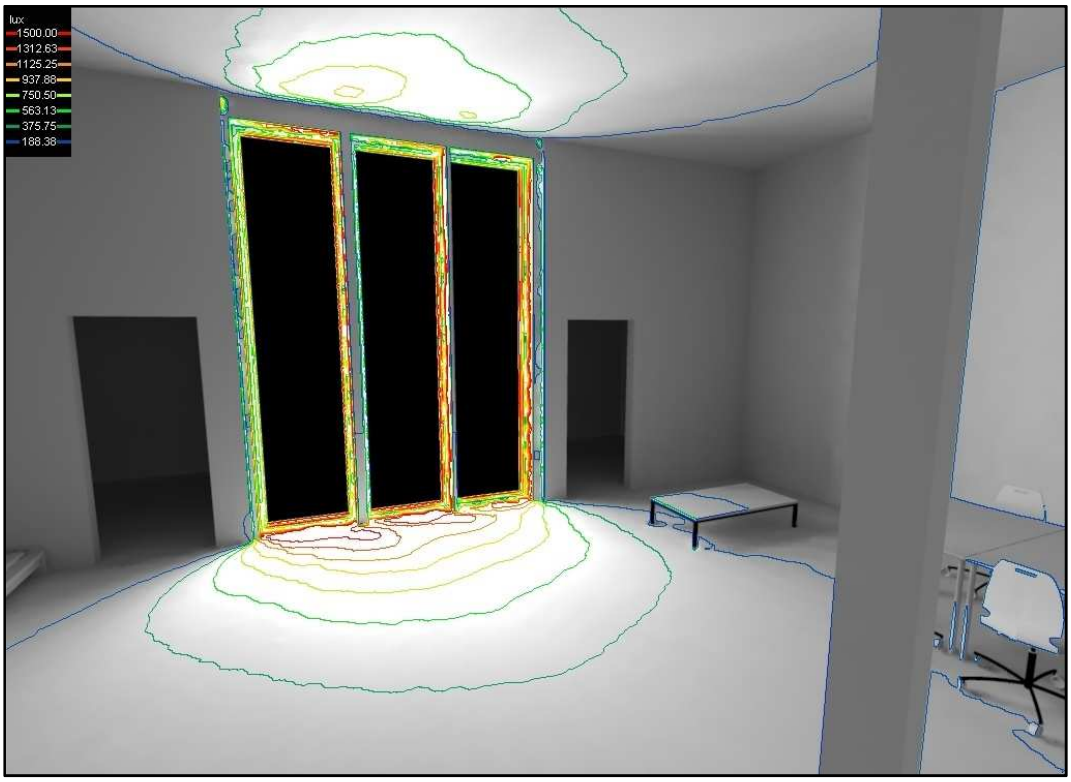


Figura 7.1.4.h. Illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai.

Esaminiamo ora graficamente il miglioramento ottenuto schermando le vetrate verticali e introducendo nuove superfici vetrate in copertura:

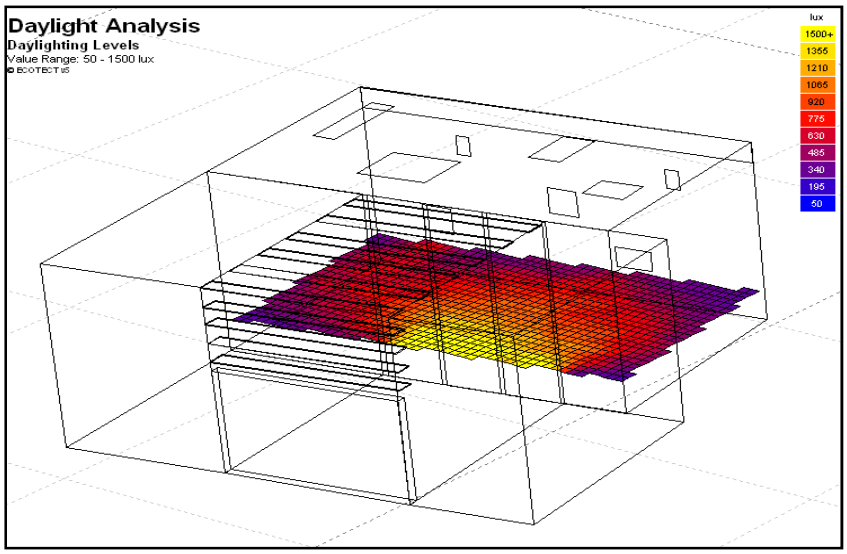


Figura 7.1.4.i. Illuminamento dell'aula con di frangisole e lucernai.

Possiamo notare come il cambiamento apportato generi un illuminamento più uniforme della superficie raggiungendo minimi non inferiori ai 240 lux e massimi non superiori al 1600 lux.

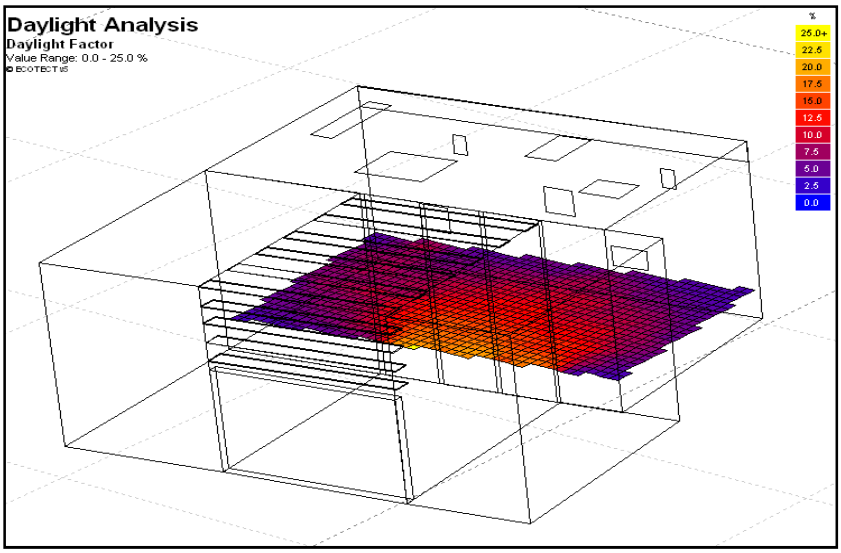


Figura 7.1.4.l Illuminamento FLD dell'aula con frangisole e lucernai.

Anche il fattore medio di luce diurna si è reso più uniforme arrivando a raggiungere ovunque più del 3%; e in media essendo pari al 7,31%

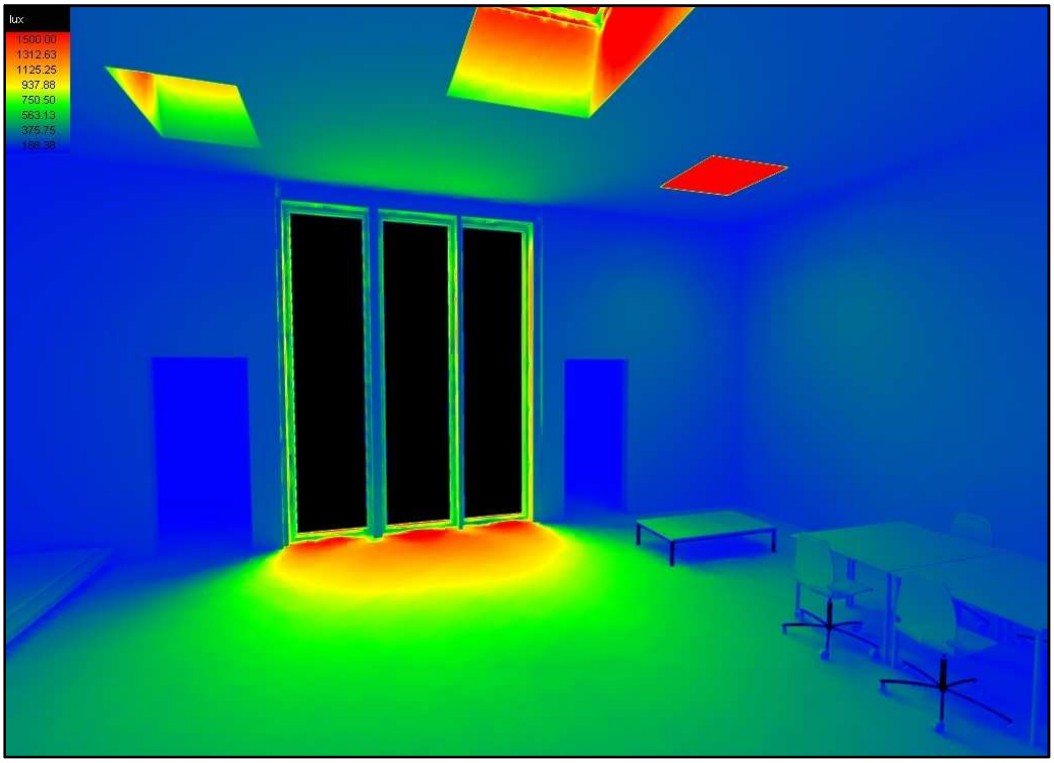


Figura 7.1.4.m. Immagine a colori sfalsati dell'aula con frangisole e lucernai.

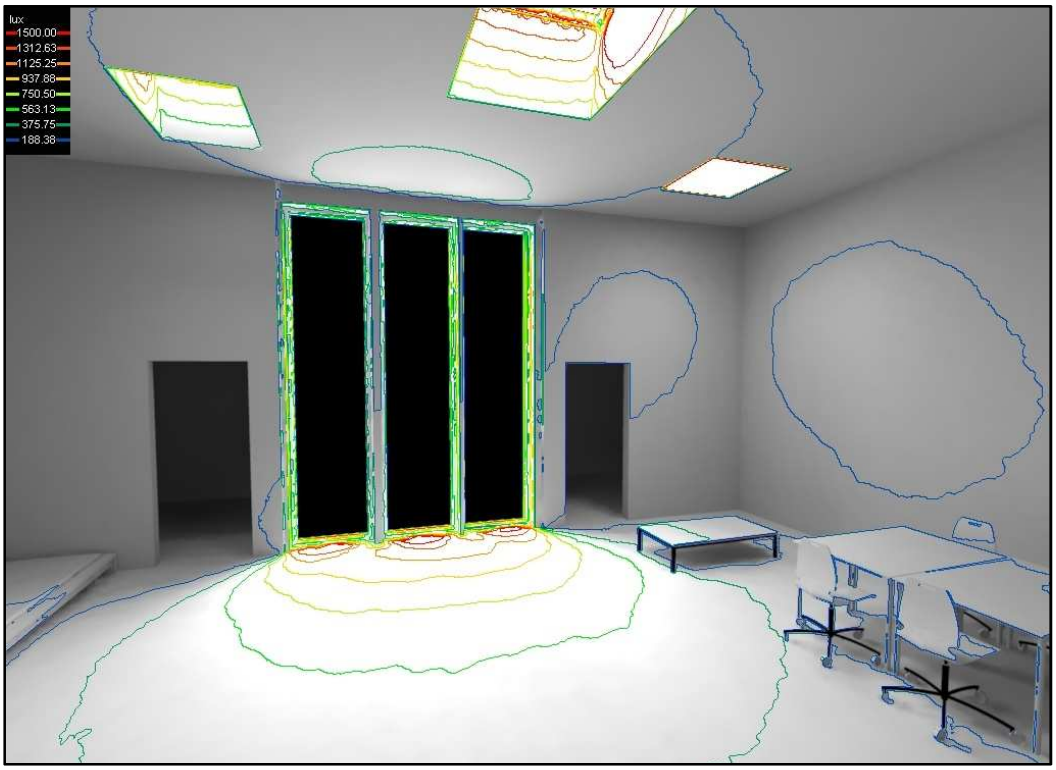


Figura 7.1.4.n. Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai.

Analiticamente possiamo eseguire un raffronto e valutare il miglioramento apportato:

Aule con solo l'apertura frontale:

Daylighting Levels (lux)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
100-630	889	79,87	1113	100
630-1160	146	13,12	224	20,13
1160-1690	77	7,01	78	7,01

Daylight Factor (l%)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
0 - 6	803	72,15	1113	100
6 - 12	215	19,32	310	27,85
12 - 18	85	5,44	95	8,54
18 - 24	9	0,56	10	0,63
24 - 30	0	0	1	0,09

Aule con frangisole e aperture in copertura:

Daylighting Levels (lux)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
50-430	183	16,44	1113	100
430-810	570	51,21	930	83,56
810-1190	226	20,31	360	32,35
1190-1570	117	10,51	134	12,04

Daylighting Factor (%)

Contour Band (from-to)	Within Pts	Within (%)	Above Pts	Above (%)
0 - 4	58	5,21	1113	100
4 - 8	536	48,16	1055	94,79
8 - 12	304	27,31	519	46,63
12 - 16	141	12,33	215	19,32
16 - 20	72	6,47	74	6,87
20 - 24	1	0,09	2	0,18
24 -28	0	0	1	0,09

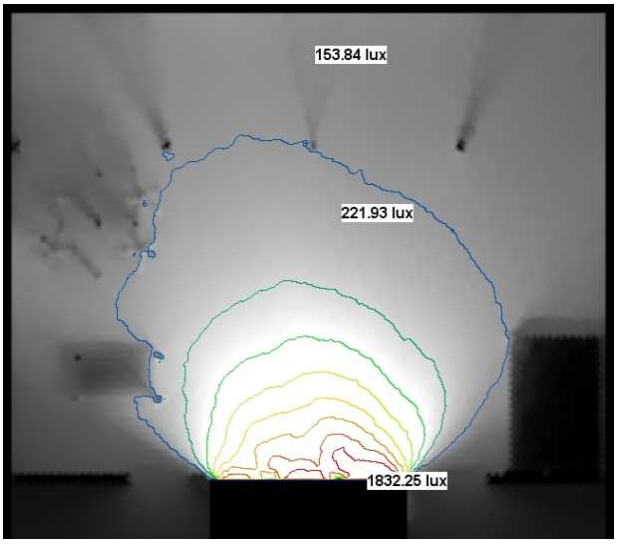


Figura 7.1.4.o. illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai al 21 Giugno ore 12.00.

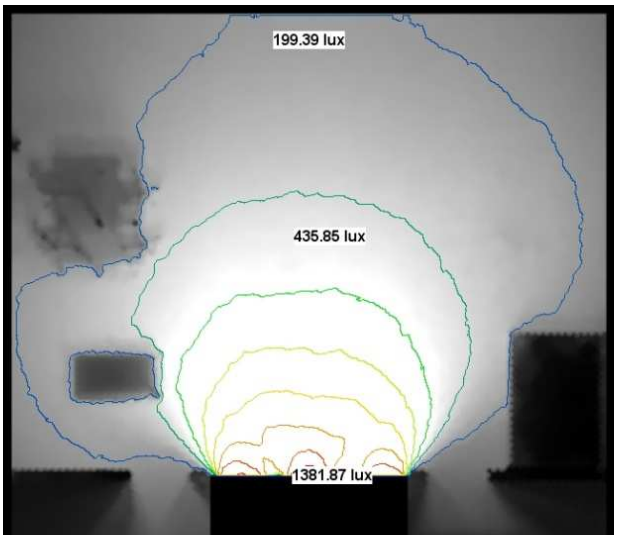


Figura 7.1.4.p Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai al 21 Giugno ore 12.00.

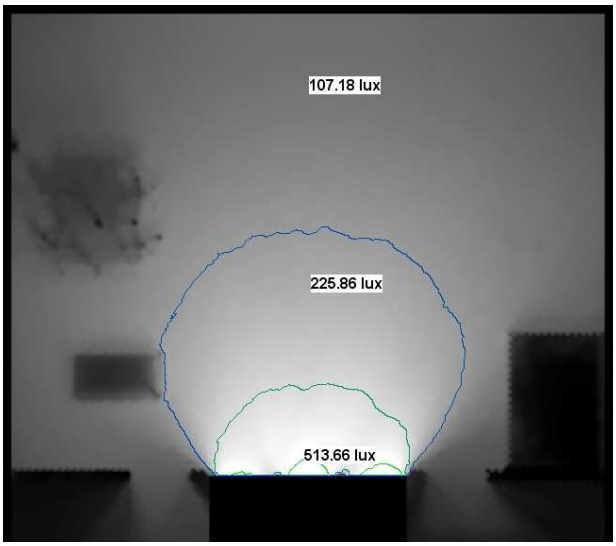


Figura 7.1.4.q Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai al 21 Dicembre ore 12.00.

7.1.5 INGRESSO

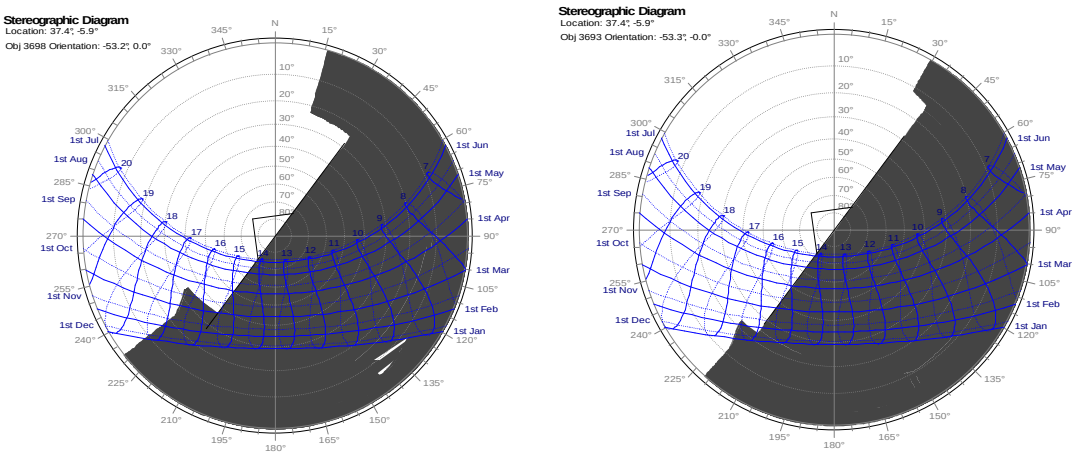


Figura 7.1.5.a Maschere d'ombra per le finestre dell'ingresso rivolte all'esterno e al giardino.

L'illuminazione dell'ingresso può, a differenza delle precedenti, essere ritenuta soddisfacente; in quanto sia le aperture rivolte all'esterno, che quelle circolari di dimensione ridotta rivolte verso il giardino interno, sono illuminate sempre nella seconda metà della giornata; la luce da loro introdotta non risulta quindi ne scarsa ne eccessiva; si può quindi decidere di non intervenire in alcun modo sulle aperture previste in questa porzione di edificio. Non vengono considerate le aperture previste come lucernai nella parte superiore dato il loro scarso apporto luminoso; sono finestre infatti poste per finalità di ventilazione più che per reale introduzione di luce.

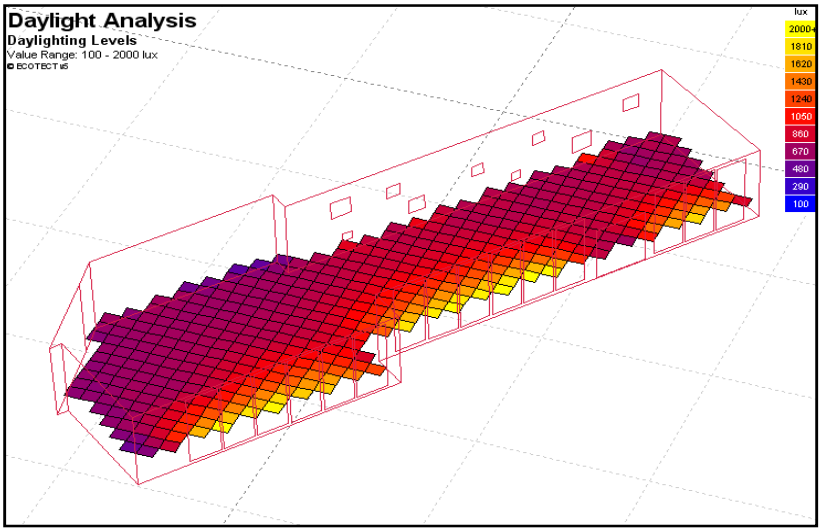


Figura 7.1.5.b Illuminamento dell'ingresso il 21 Giugno alle ore 12.00

Il livello di lux raggiunge quasi nella totalità della superficie i 300 lux (nel 98,2% della superficie) garantendo quindi il giusto quantitativo di luce naturale. Il massimo raggiunto è 2000 lux presente soltanto nel 4% della superficie e il valore medio si aggira attorno ai 900 lux.

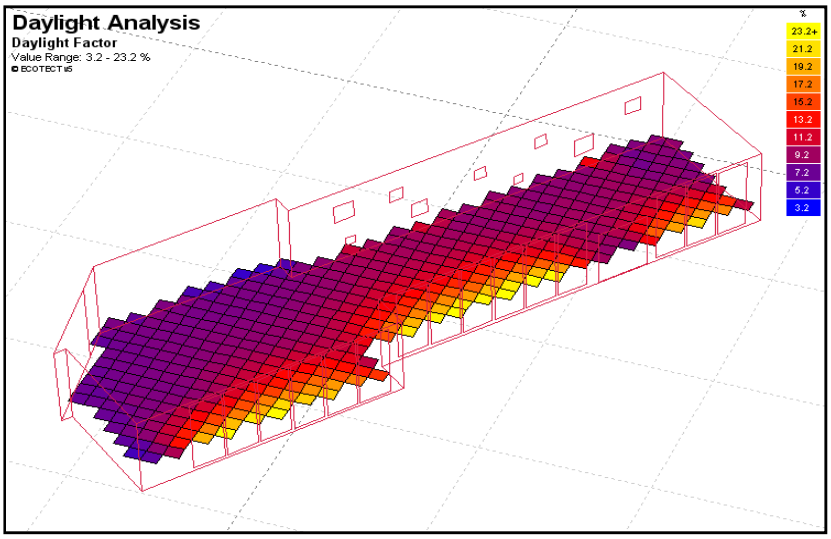


Figura 7.1.5.c. FLD dell'ingresso.

Il fattore medio di luce diurna FLD è del 10,38% e in ogni punto supera il valore del 2%; il range minimo infatti è compreso tra 3,2 e 5,2 ed è raggiunto solamente nel 2% della superficie.

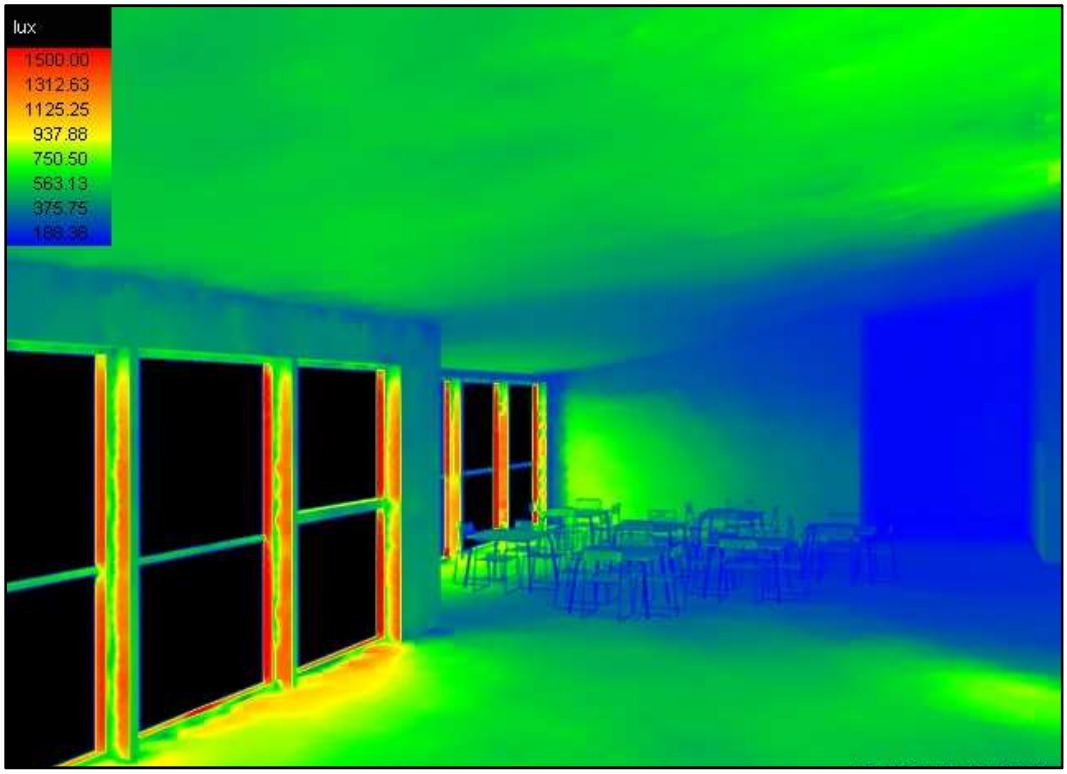


Figura 7.1.5.d Immagine a colori sfalsati dell'ingresso.

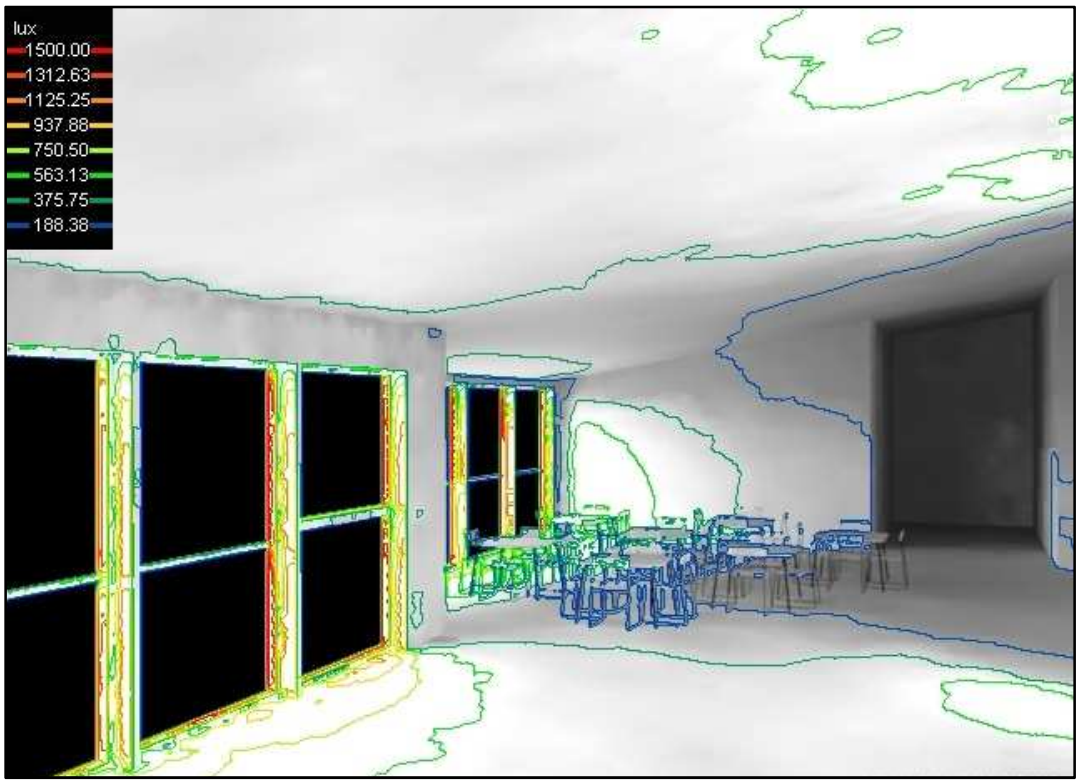


Figura 7.1.5.e. Illuminamento dell'ingresso.

Daylight Level (%)				
Contour Band	Within		Above	
(from-to)	Pts	(%)	Pts	(%)
3.2-5.2	12	2,15	557	99,82
5.2-7.2	26	5,00	545	97,67
7.2-9.2	236	42,29	519	93,01
9.2-11.2	125	22,40	283	50,72
11.2-13.2	49	10,00	158	28,32
13.2-15.2	26	5,00	109	19,53
15.2-17.2	23	4,12	83	13,21
17.2-19.2	15	2,70	60	10,93
19.2-21.2	13	2,33	45	8,06
21.2-23.2	17	3,05	32	5,02

Daylight Factor (lux)				
Contour Band	Within		Above	
(from-to)	Pts	(%)	Pts	(%)
100-320	1	0,18	558	100
320-540	20	3,58	557	99,82
540-760	220	39,43	537	96,24
760-980	166	29,75	317	56,81
980-1200	53	9,50	151	27,06
1200-1420	35	6,27	98	17,56
1420-1640	18	3,23	63	11,29
1640-1860	17	3,05	45	8,06
1860-2080	19	3,41	28	5,02

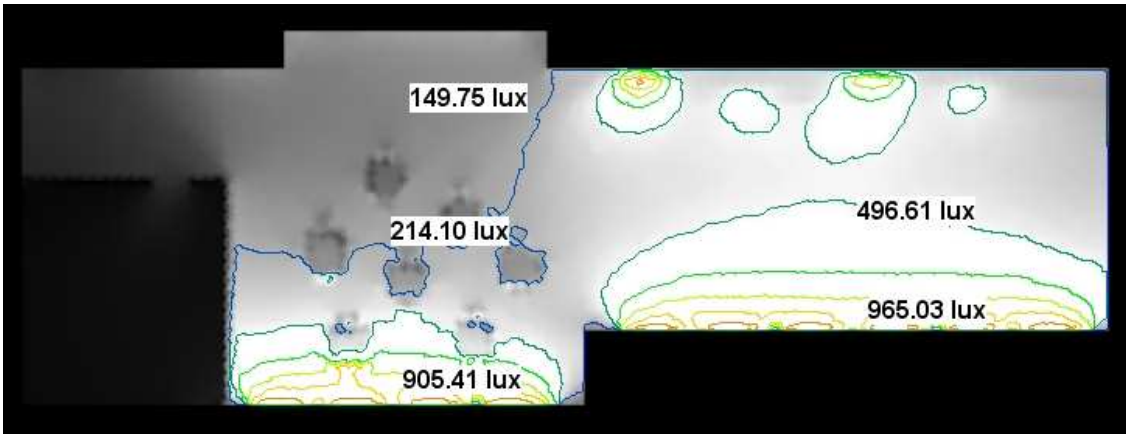


Figura 7.1.4.f. Illuminamento dell'ingresso il 21 Giugno alle ore 12.00

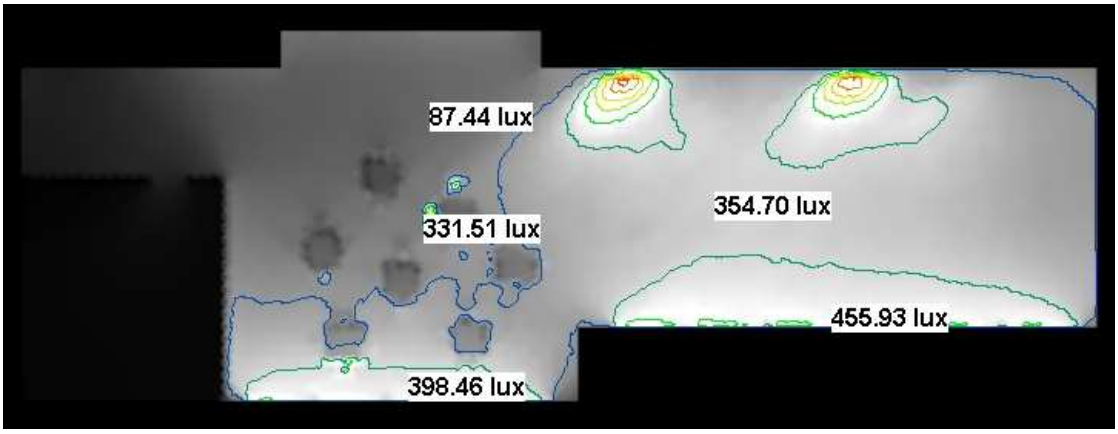


Figura 7.1.5.g. Illuminamento dell'ingresso il 21 Dicembre alle ore 12.00

7.2 CONCLUSIONI

I cambiamenti decisi sono risultati efficaci:

- i vetri ASI THRU hanno ridotto la luce in prossimità della grande vetrate della mensa rivolta verso Sud in fase estiva garantendo comunque un sufficiente ingresso di luce naturale nella fase invernale;
- La strategia di aggiungere i frangisole si è dimostrata efficace riducendo i lux in prossimità dell'apertura dell'aula e l'aggiunta di lucernai ha reso l'ambiente uniformemente illuminato, così in fase estiva come in quella invernale.

Le strategie attuate hanno permesso di restare ampiamente nei limiti previsti per gli ambienti considerati sia a riguardo del fattore medio di luce diurna che per il quantitativo di lux sul piano di lavoro.

All'ingresso non è stato apportato alcun cambiamento, perché come preventivato no ne necessitava.

Sistema Impiantistico

8.1 VALUTAZIONE DEI CARICHI TERMICI ESTIVI

Il calcolo delle rientrate di calore estive, rispetto a quello delle dispersioni invernali, richiede una più difficile valutazione vista la molteplicità dei fattori da considerare per la stima dei carichi ambiente.

In particolare, mentre per il calcolo delle dispersioni invernali si fa riferimento a condizioni stazionarie (si assume cioè che la temperatura dell'aria esterna rimanga costante nel corso della giornata e pari al valore di progetto) nel caso delle rientrate estive tale discorso viene a mancare a seguito dell'estrema variabilità dei flussi termici legati alla radiazione solare.

Si parla, infatti, di carichi termici "rotanti" estremamente variabili nel corso della giornata e strettamente influenzati dalle caratteristiche inerziali delle strutture, responsabili di fenomeni di attenuazione e sfasamento temporale del carico termico effettivo rispetto all'apporto di calore istantaneo.

Dal grafico 1 è possibile osservare quanto appena detto.

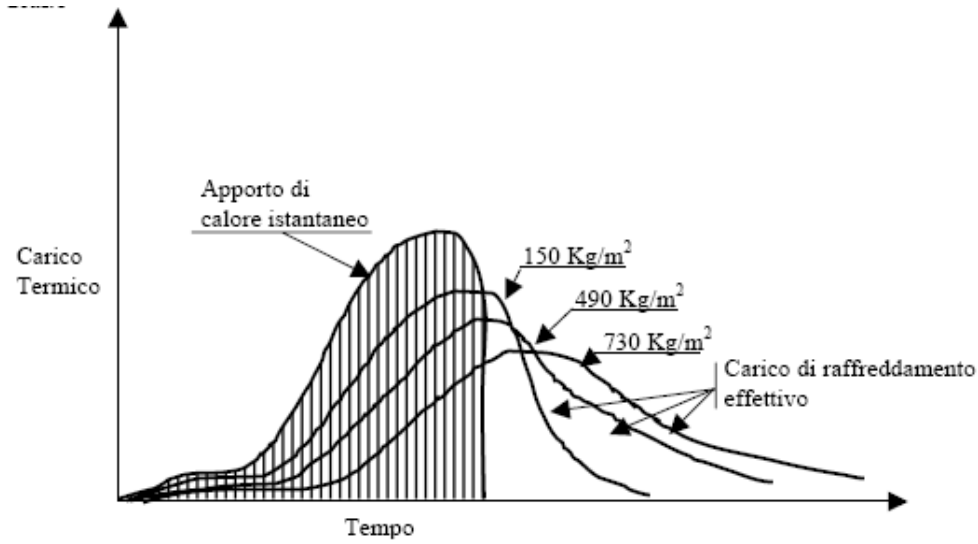


Figura 8.1.1-a Andamento del carico termico in funzione del tempo

La curva superiore rappresenta l'apporto di calore istantaneo per radiazione su una parete esposta ad ovest. Tale apporto istantaneo (space heat gain) è definibile come la quantità di calore che entra all'interno dello spazio occupato in un dato istante. La curva inferiore rappresenta, invece, il carico di raffreddamento effettivo (space cooling load) e cioè la quantità di calore che deve essere rimosso dallo spazio al fine di mantenere costante la temperatura dell'aria. La somma di tutti i flussi termici ad un dato istante non necessariamente eguaglia il carico di raffreddamento per lo spazio allo stesso istante.

Il calore dovuto alla radiazione solare deve essere prima assorbito dalle superfici di delimitazione del locale (pareti, porte, soffitti etc…) e dagli oggetti in esso contenuti; allorché la temperatura di questi supera quella dell'aria ambiente una parte del calore assorbito viene trasferito per convezione ed irraggiamento all'ambiente circostante. La capacità della struttura

di immagazzinare il calore è responsabile quindi della differenza sostanziale che sta alla base dei concetti di apporto di calore istantaneo e carico di raffreddamento.
Sempre dal grafico 1 si nota come l'inerzia termica delle strutture determina un'attenuazione del carico di raffreddamento effettivo rispetto all'apporto istantaneo ed
uno sfasamento temporale funzione della massa delle strutture:
al diminuire del peso della struttura il carico di raffreddamento effettivo, che andrà poi ad influire sulla scelta della potenzialità delle macchine, approssima sempre più l'andamento della radiazione solare istantanea.
Particolare attenzione occorrerà, quindi, prestare allo studio di tali fenomeni onde evitare di commettere errori grossolani che potrebbero far lievitare in modo considerevole i costi impiantistici.

La stima dei carichi ambiente prevede un'attenta valutazione di tutte le componenti che contribuiscono alla definizione dei carichi sensibili e latenti.
E' possibile, a tale proposito, diversificare i contributi classificandoli per come di seguito riportato:

• CONTRIBUTI DI CALORE SENSIBILE
- Radiazione solare attraverso vetri, muri, tetti;
- Trasmissione attraverso vetri, muri e tetti;
- Infiltrazione di aria esterna;
- Apporto interno all'ambiente dovuto a persone, luci, apparecchiature elettriche.

• CONTRIBUTI DI CALORE LATENTE
- Apporto di vapore dovuto a persone presenti in ambiente;
- Infiltrazione di aria esterna, avente in genere un'umidità specifica superiore a quella dell'aria ambiente;
- Vapore prodotto in ambiente da eventuali processi o apparecchiature presenti.

Scrivendo in modo analitico i calcoli termici da effettuare risulta:

$$Q = Qi + Qt + Qv + Qc$$

Dove:
Q carico termico totale;
Qi *carico termico per irraggiamento*
Qt carico termico per trasmissione
Qv carico termico per ventilazione
Qc carichi interni

Sulla base di quanto appena detto appare chiaro che una stima precisa dei carichi ambiente, vista la molteplicità dei fattori da considerare, prevede un'attenta valutazione dei differenti contributi alle varie ore della giornata.
La scelta della potenzialità dell'impianto sarà quindi determinata dal valore del carico massimo concomitante ad una data ora.
Occorre tuttavia precisare che nella gran parte dei casi la richiesta di freddo, in qualsiasi condizione, è sempre inferiore alla potenza frigorifera disponibile.
Una corretta valutazione dei carichi ambiente è di fondamentale importanza ai fini della definizione della potenzialità frigorifera necessaria. Conviene ricordare che un gruppo frigorifero sovradimensionato funziona lontano dalle condizioni nominali e di conseguenza lavorando a carico parziale per la maggior parte del suo tempo sarà caratterizzato da basse efficienze energetiche (EER) ed intermittenze operative responsabili di possibili pendolazioni nei controlli di temperatura.

Per poter procedere allo studio di un qualunque impianto occorre disporre di una serie di dati di fondamentale importanza necessari per una corretta valutazione dei carichi ambiente:

- Località climatica;
- Piante e Sezioni;
- Orientamento;
- Caratteristiche strutturali dei componenti opachi;
- Caratteristiche dei componenti finestrati;
- Destinazione d'uso dei locali;
- Grado di polverosità dell'aria ambiente;
- Condizioni termoigrometriche di progetto previste (interne ed esterne);
- Grado di tolleranza previsto per le condizioni ambiente;
- Numero di persone presenti o previste in ambiente;
- Numero e tipo di lampade per l'illuminazione presenti in ambiente;
- Numero e tipo di macchine elettriche installate in ambiente;
- Orario previsto di funzionamento giornaliero dell'impianto;
- Informazioni sui locali circostanti, sottostanti e sovrastanti (se condizionati o riscaldati e a che temperatura);
- Fluido termovettore a disposizione;
- Disponibilità di vani tecnici per alloggiare i macchinari.

8.1.1 CARICO DOVUTO A RADIAZIONE SOLARE ATTRAVERSO IL VETRO

Le superfici finestrate si comportano diversamente nei confronti degli scambi termici per irraggiamento in relazione alla differente trasmissività che presentano alla radiazione a bassa ed alta lunghezza d'onda. Esse lasciano passare la maggior parte della radiazione nel campo 0.4 ÷ 2.5 μm interessante lo spettro solare ma si comportano come "opache" nei confronti della radiazione caratterizzata da elevata lunghezza d'onda (> 4 μm) che, per intenderci, è quella dovuta al riscaldamento, all'illuminazione, alle persone e comunque emessa da tutti quei corpi caratterizzati da un temperatura inferiore a 120 °C .

Quanto appena detto consente di spiegare il problema "effetto serra": la radiazione solare che attraversa una superficie vetrata è in parte assorbita ed in parte riflessa dalle superfici di delimitazione dell'ambiente e dagli oggetti in esso contenuti; essendo tale radiazione caratterizzata da una lunghezza d'onda elevata rimane intrappolata all'interno dell'ambiente con un effetto di surriscaldamento legato all'energia associata alla radiazione stessa.

E' ovvio che la trasmissività di una superficie vetrata dipende dalla sua composizione chimica, dallo spessore, dalla presenza di pellicole di rivestimento, dalla lunghezza d'onda della radiazione e dal suo angolo d'incidenza.

Con riferimento a quest'ultimo punto occorre specificare che ciò che investe la superficie vetrata non è totalmente trasmesso nell'ambiente ma in parte è riflesso all'esterno, in parte trasmesso ed in parte assorbito. La quota trasmessa all'interno dipende dall'angolo di incidenza dei raggi solari sul vetro oltre che dalle caratteristiche del vetro in oggetto. Al crescere dell'angolo d'incidenza aumenta la quota riflessa rispetto a quella trasmessa.

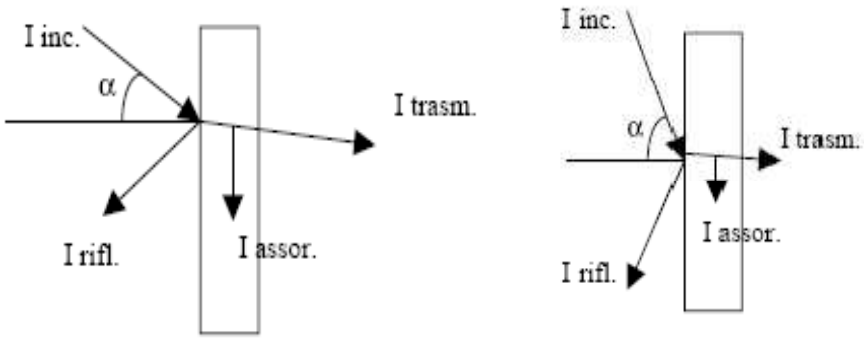


Figura 8.1.1.1.a Ripartizione delle componenti di irradiazione.

Il calcolo delle rientrate di calore attraverso le superfici finestrate richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- La radiazione solare massima mensile per il mese considerato e per l'esposizione in oggetto;
- Area finestre;

- Fattori correttivi (fattore tapparelle, fattore foschia, fattore Altitudine, fattore tipologia vetro);
- Fattori d'accumulo.

Il calcolo infatti necessario per giungere alla conoscenza dell'irraggiamento è il seguente:

$$Qi = Iv \ x \ Sv \ x \ FCR1 \ x \ FCR2 \ x \ FCR3$$

Dove:

Qi = carico termico per irraggiamento

Iv = radiazione solare

Sv = superficie vetrata

$FCR1$ = fattore correttivo dovuto al clima

$FCR2$ = fattore correttivo dovuto alle caratteristiche intrinseche del vetro

$FCR3$ = fattore di accumulo

Nei nostri calcoli, FCR1 non esiste in quanto non andremo ad utilizzare valori tabulati che in genere fanno riferimento alle latitudine di 35°, 40 ° 45°, di conseguenza hanno necessità di correzioni circa l'altitudine e la possibile foschia; andremo invece ad utilizzare dati reali, rinvenuti nella stazione meteo alle porte della città alla latitudine di 37,42°.

Si è deciso di eseguire due differenti calcoli di irraggiamento, uno più grossolano ed uno più specifico; il primo è stato svolto senza considerare il fattore di accumulo ed utilizzando l'irradianza del mese e dell'ora considerata; mentre il secondo è stato svolto facendo riferimento all'irradianza massima mensile e sono stati utilizzati dei fattori d'accumulo precedentemente esclusi dal calcolo.

Si è scelto di effettuare l'analisi nei tre locali più significativi: nell'atrio-spazio gioco considerandolo un'unica entità con la zona mensa essendo diviso da quest'ultima solamente tramite pannelli vetrati scorrevoli, quindi totalmente apribili; una sola aula, essendo tutte le altre di medesima forma, composizione e orientamento e l'ingresso costituente la porzione più bassa dell'edificio.

La prima valutazione dell'irraggiamento è stata svolta con la seguente modalità:

$$Qi = Sv \ x \ Iv \ x \ FCR1$$

Dove:

Qi = carico termico per irraggiamento

Iv = radiazione solare nel mese e nell'ora considerata

Sv = superficie vetrata

$FCR1$ = fattore correttivo dovuto alle caratteristiche intrinseche del vetro

Il fattore correttivo FCR1 viene individuato in una tabella riassuntiva in grado di fornire valori di riduzione dovuti a schermi o vetri non ordinari.

Tipo di vetro	Senza schermi	veneziana o avvolgibile interno			veneziana esterna		tenda esterna	
		chiara	media	scura	chiara	chiara all'esterno, scura all'interno	chiara	media o scura
Vetro semplice	1	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,2	0,25
Vetro doppio	0,9	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,18	0,22
Vetro triplo	0,83	0,48	0,56	0,64	0,12	0,11	0,16	0,2
Vetro da 6 mm	0,94	0,56	0,65	0,74	0,12	0,12	0,19	0,24
Vetro assorbente	0,8 - 0,62	0,51 - 0,56	0,62 - 0,64	0,72 - 0,56	0,12 - 0,10	0,1 - 0,1	0,16 - 0,12	0,20 - 0,16

Tabella 8.1.1-a Coefficienti correttivi FCR1 in relazione al tipo di vetro.

Per ciò che riguarda le irradianza alla latitudine considerata, i risultati rinvenuti, per i mesi dove la temperatura esterna supera i 26℃,espressi in [W /m²] sono:

	Maggio																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	123	82	41	625	181	444	78	65	13	469	150	319	482	153	329	78	65	13
9	220	103	117	582	166	416	87	72	15	387	132	255	513	154	359	87	72	15
10	297	114	183	477	143	334	90	75	15	268	110	158	489	145	344	90	74	16
11	345	119	226	333	117	216	91	75	16	91	75	16	419	130	289	154	91	63
12	364	120	244	168	92	76	91	75	16	91	75	16	316	113	203	286	109	177
13	353	119	234	91	75	16	91	75	16	91	75	16	188	95	93	396	126	270
14	311	116	195	91	75	16	236	104	132	91	75	16	91	75	16	475	141	334
15	242	107	135	88	73	15	360	127	233	88	73	15	88	73	15	512	153	359
16	149	88	61	81	67	14	453	147	306	81	67	14	81	67	14	495	155	340
17	67	55	12	67	55	12	488	156	332	67	55	12	67	55	12	417	140	277
18	44	36	8	44	36	8	416	139	277	44	36	8	44	36	8	273	103	170
19	22	18	4	22	18	4	22	18	4	22	18	4	22	18	4	22	18	4

	Giugno																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	79	65	14	641	181	460	79	65	14	509	155	354	466	147	319	79	65	14
9	180	94	86	591	164	427	887	72	815	423	135	288	491	147	344	87	72	15
10	255	104	151	482	139	343	89	74	15	301	111	190	463	136	327	89	74	15
11	304	109	195	335	113	222	89	74	15	166	89	77	391	121	270	89	74	15
12	322	110	212	167	88	79	89	74	15	89	74	15	286	105	181	255	101	154
13	311	109	202	89	74	15	89	74	15	89	74	15	157	88	69	368	117	251
14	270	106	164	89	74	15	286	106	180	89	74	15	89	74	15	449	133	316
15	201	97	104	88	72	16	395	129	266	88	72	16	88	72	16	489	145	344
16	82	67	15	82	67	15	492	151	341	82	67	15	82	67	15	477	148	329
17	69	57	12	69	57	12	534	163	371	69	57	12	69	57	12	408	137	271
18	49	40	9	49	40	9	479	153	326	49	40	9	49	40	9	280	104	176
19	25	21	4	25	21	4	279	99	180	21	18	3	21	18	3	98	43	55

	Luglio																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	78	65	13	636	181	455	78	65	13	492	153	339	474	150	324	78	65	13
9	199	97	102	589	165	424	86	71	15	407	133	274	502	150	352	86	71	15
10	274	108	166	481	140	341	89	74	15	286	110	176	476	140	336	89	74	15
11	323	113	210	334	114	220	90	74	16	152	88	64	405	125	280	90	74	16
12	342	114	228	167	89	78	90	74	16	90	74	16	300	108	192	269	104	165
13	331	113	218	90	74	16	90	74	16	90	74	16	171	90	81	382	121	261
14	289	110	179	90	74	16	253	104	149	90	74	16	90	74	16	462	136	326
15	220	101	119	88	72	16	379	128	251	88	72	16	88	72	16	501	148	353
16	128	83	45	81	67	14	476	149	327	81	67	14	81	67	14	487	151	336
17	68	56	12	68	56	12	515	160	355	68	56	12	68	56	12	414	138	276
18	46	38	8	46	38	8	452	147	305	46	38	8	46	38	8	279	104	175
19	22	18	4	22	18	4	152	61	91	18	15	3	18	15	3	18	15	3

	Agosto																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	162	86	76	634	180	454	73	60	13	440	142	298	519	157	362	73	60	13
9	267	108	159	594	166	428	83	68	15	355	124	231	557	159	398	83	68	15
10	349	120	229	486	141	345	87	72	15	231	101	130	535	149	386	87	72	15
11	402	124	278	336	115	221	88	73	15	88	73	15	463	133	330	187	93	94
12	422	125	297	164	89	75	88	73	15	88	73	15	355	116	239	324	112	212
13	410	125	285	88	73	15	88	73	15	88	73	15	223	98	125	439	129	310
14	365	121	244	87	72	15	198	95	103	87	72	15	87	72	15	521	145	376
15	290	112	178	84	70	14	327	118	209	84	70	14	84	70	14	557	158	399
16	190	93	97	76	63	13	424	138	286	76	63	13	76	63	13	535	159	376
17	60	50	10	60	50	10	457	146	311	60	50	10	60	50	10	444	143	301
18	36	30	6	36	30	6	365	125	240	36	30	6	36	30	6	272	100	172
19	18	15	3	18	15	3	18	15	3	17	14	3	17	14	3	17	14	3

	Settembre																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	222	90	132	568	159	409	59	49	10	568	159	409	523	150	373	59	49	10
9	338	114	224	553	152	401	72	59	13	553	152	401	585	158	427	72	59	13
10	428	128	300	459	133	326	78	64	14	459	133	326	577	152	425	78	64	14
11	484	133	351	318	109	209	80	66	14	318	109	209	514	138	376	245	98	147
12	506	135	371	151	84	67	81	67	14	151	84	67	411	121	290	381	117	264
13	493	134	359	81	67	14	81	67	14	81	67	14	281	103	178	492	134	358
14	445	130	315	79	65	14	79	65	14	79	65	14	135	81	54	566	149	417
15	363	119	244	74	61	13	233	96	137	74	61	13	74	61	13	589	158	431
16	253	97	156	63	52	11	319	110	209	63	52	11	63	52	11	546	154	392
17	126	63	63	44	37	7	327	108	219	44	37	7	44	37	7	416	128	288
18	17	14	3	17	14	3	17	14	3	17	14	3	17	14	3	17	14	3
19	3	1	2	3	1	2	3	1	2	5	3	2	5	3	2	5	3	2

	Ottobre																	
	Sud			Est			NO			NE			SE			SO		
h	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr	It	Idf	Idr
8	260	89	171	489	138	351	44	37	7	225	82	143	503	141	362	44	37	7
9	391	117	274	499	137	362	59	49	10	165	76	89	593	154	439	59	49	10
10	487	133	354	421	122	299	68	56	12	68	56	12	600	151	449	150	77	73
11	547	140	407	291	100	191	71	59	12	71	59	12	547	140	407	292	100	192
12	571	142	429	135	77	58	73	60	13	73	60	13	451	124	327	422	120	302
13	557	141	416	72	59	13	72	59	13	72	56	16	327	106	221	527	136	391
14	506	135	371	69	57	12	69	57	12	69	57	12	186	83	103	591	149	442
15	418	122	296	62	51	11	141	73	68	62	51	11	62	51	11	601	155	446
16	296	98	198	49	40	9	217	82	135	49	40	9	49	40	9	536	146	390
17	143	58	85	28	23	5	203	73	130	28	23	5	28	23	5	351	111	240
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Si è deciso di svolgere un analisi accurata eseguendo confronti tra le possibili soluzioni da adottare per gli ambienti principali dell'edificio, ossia Atrio-Mensa, aule e ingresso. Al fine di poter eseguire un corretto dimensionamento impiantistico per i restanti locali si è svolta una stima dei carichi e delle dispersioni scegliendo già le soluzioni ritenute migliori. Tali risultati verranno riportati in seguito, al termine delle analisi dettagliate dei locali sopracitati.

8.1.1.1 Carichi per irraggiamento senza accumulo e senza schermi

Si è deciso di svolgere una analisi dettagliata evitando di considerare solamente il giorno più caldo dell'anno nelle ore più calde; si è deciso, quindi, di analizzare ogni ora di ogni mese perché non si è ritenuto così scontato che l'irraggiamento fosse maggiore alle ore 15.00 del giorno 16 di Luglio, giorno convenzionalmente stabilito per eseguire tale calcolo.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

1. Atrio – mensa:

   i vetri considerati sono:

	Sv	FCR1
Vetro S	99,2	0,9
Vetro NE	140,4	0,9

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]
8	123	10981	79	7053	78	6964	162	14463	222	19820	260	23213
	469	41872	509	64317	492	62169	440	55598	568	71772	225	28431
		52854		71370		69133		70062		91593		51644
9	220	19642	180	16070	199	17767	267	23838	338	30177	391	34908
	387	48901	423	53450	407	51429	355	44858	553	69877	165	20849
		68543		69521		69195		68696		100054		55758
10	297	26516	255	22766	274	24463	349	31159	428	38212	487	43479
	268	33864	301	38034	286	36139	231	29189	459	57999	68	8592
		60381		60801		60602		60348		96211		52072
11	345	30802	304	27141	323	28837	402	35891	484	43212	547	48836
	91	11499	166	20976	152	19207	88	11120	318	40182	71	8972
		42300		48117		48044		47010		83394		57808
12	364	32498	322	28748	342	30534	422	37676	506	45176	571	50979
	91	11499	89	11246	90	11372	88	11120	151	19080	73	9224
		43997		39994		41906		48796		64256		60203
13	353	31516	311	27766	331	29552	410	36605	493	44015	557	49729
	91	11499	89	11246	90	11372	88	11120	81	10235	72	9098
		43015		39012		40924		47724		54250		58827
14	311	27766	270	24106	289	25802	365	32587	445	39730	506	45176
	91	11499	89	11246	90	11372	87	10993	79	9982	69	8719
		39265		35352		37174		43581		49712		53895
15	242	21606	201	17945	220	19642	290	25891	363	32409	418	37319
	88	11120	88	11120	88	11120	84	10614	74	9351	62	7834
		32725		29065		30761		36505		41759		45153
16	149	13303	82	7321	128	11428	190	16963	253	22588	296	26427
	81	10235	82	10362	81	10235	76	9603	63	7961	49	6192
		23538		17682		21663		26567		30549		32619
17	67	5982	69	6160	68	6071	60	5357	126	11249	143	12767
	67	8466	69	8719	68	8592	60	7582	44	5560	28	3538
		14448		14879		14664		12938		16809		16305
18	44	3928	49	4375	46	4107	36	3214	17	1518	0	0
	44	5560	49	6192	46	5813	36	4549	17	2148	0	0
		9488		10566		9919		7763		3666		0
19	22	1964	25	2232	22	1964	18	1607	3	268	0	0
	22	2780	21	2654	18	2274	17	2148	5	632	0	0
		4744		4886		4239		3755		900		0

Tabella 8.1.1.1-a Irraggiamento orario senza accumulo relativo all'atrio.

2. Aule:

i vetri considerati sono

	Sv	FCR1
Vetro E	9,6	0,9

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]
8	625	5400	641	5538	636	5495	634	5478	568	4908	489	4225
9	582	5028	591	5106	589	5089	594	5132	553	4778	499	4311
10	477	4121	482	4164	481	4156	486	4199	459	3966	421	3637
11	333	2877	335	2894	334	2886	336	2903	318	2748	291	2514
12	168	1452	167	1443	167	1443	164	1417	151	1305	135	1166
13	91	786	89	769	90	778	88	760	81	700	72	622
14	91	786	89	769	90	778	87	752	79	683	69	596
15	88	760	88	760	88	760	84	726	74	639	62	536
16	81	700	82	708	81	700	76	657	63	544	49	423
17	67	579	69	596	68	588	60	518	44	380	28	242
18	44	380	49	423	46	397	36	311	17	147	0	0
19	22	190	25	216	22	190	18	156	3	26	0	0

Tabella 8.1.1.1-b Irraggiamento orario senza accumulo relativo alle aule.

3. Ingresso

i vetri considerati sono

	Sv	FCR1
Vetro NO	46,2	0,9
Vetro SE	3,5	0,9

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]	Iv	Qi [W]
8	78	3243	79	3285	78	3243	73	3035	59	2453	44	1830
	482	1518	466	1468	474	1493	519	1635	523	1647	503	1584
		4762		4753		4736		4670		4101		3414
9	87	3617	87	3617	86	3576	83	3451	72	2994	59	2453
	513	1616	491	1547	502	1581	557	1755	585	1843	593	1868
		5233		5164		5157		5206		4837		4321
10	90	3742	89	3701	89	3701	87	3617	78	3243	68	2827
	489	1540	463	1458	476	1499	535	1685	577	1818	600	1890
		5283		5159		5200		5303		5061		4717
11	91	3784	89	3701	90	3742	88	3659	80	3326	71	2952
	419	1320	391	1232	405	1276	463	1458	514	1619	547	1723
		5104		4932		5018		5117		4946		4675
12	91	3784	89	3701	90	3742	88	3659	81	3368	73	3035
	316	995	286	901	300	945	355	1118	411	1295	451	1421
		4779		4602		4687		4777		4663		4456
13	91	3784	89	3701	90	3742	88	3659	81	3368	72	2994
	188	592	157	495	171	539	223	702	281	885	327	1030
		4376		4195		4281		4361		4253		4024

14	236	9813	286	11892	253	10520	198	8233	79	3285	69	2869
	91	287	89	280	90	284	87	274	135	425	186	586
		10100		12172		10803		8507		3710		3455
15	360	14969	395	16424	379	15759	327	13597	233	9688	141	5863
	88	277	88	277	88	277	84	265	74	233	62	195
		15246		16701		16036		13861		9921		6058
16	453	18836	492	20457	476	19792	424	17630	319	13264	217	9023
	81	255	82	258	81	255	76	239	63	198	49	154
		19091		20716		20047		17869		13462		9177
17	488	20291	534	22204	515	21414	457	19002	327	13597	203	8441
	67	211	69	217	68	214	60	189	44	139	28	88
		20502		22421		21628		19191		13735		8529
18	416	17297	479	19917	452	18794	365	15177	17	707	0	0
	44	139	49	154	46	145	36	113	17	54	0	0
		17436		20071		18939		15290		760		0
19	22	915	279	11601	152	6320	18	748	3	125	0	0
	22	69	21	66	18	57	17	54	5	16	0	0
		984		11667		6377		802		140		0

Tabella 8.1.1.1-c Irraggiamento orario senza accumulo relativo all'ingresso.

8.1.1.2 Carichi per irraggiamento considerando il fattore d'accumulo

I calcoli invece più accurati tenendo in considerazione l'accumulo sono eseguiti tramite la seguente formula:

$$Qi = Sv\ x\ Iv\ max\ x\ FCR2\ x\ FCR3$$

Dove:

Qi = carico termico per irraggiamento

Iv = radiazione solare massima nel mese considerato

Sv = superficie vetrata

$FCR2$ = fattore correttivo dovuto alle caratteristiche intrinseche del vetro

$FCR3$ = fattore di accumulo

Qui vengono anche considerati i differenti fattori di accumulo (*FCR3*) tabellati in relazione al numero di ore di funzionamento dell'impianto, con riferimento a superfici finestrate con o senza schermi interni e/o esterni, ed in relazione alle differenti esposizioni, alla tipologia delle strutture (medie, leggere e pesanti) oltre che all'ora solare di riferimento.

Nella tabella sottostante sono stati riportati i fattori d'accumulo (*FCR2*) per la radiazione solare relativi ad un impianto con funzionamento pari a 12 ore giornaliere, in presenza di vetro non schermato o con schermi esterni a temperatura ambiente costante.

Lat. Nord. Massa> 150 Kg/m	Ora solare - vetro non schermato o schermo esterno									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nord/ Est	0,69	0,64	0,48	0,34	0,27	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12
Est	0,71	0,76	0,7	0,54	0,39	0,28	0,23	0,18	0,15	0,12
Sud/ Est	0,47	0,64	0,75	0,79	0,73	0,61	0,45	0,32	0,23	0,18
Sud	0,25	0,38	0,54	0,68	0,78	0,84	0,82	0,76	0,61	0,42
Sud/ Ovest	0,25	0,2	0,17	0,19	0,39	0,56	0,7	0,8	0,79	0,69
Ovest	0,38	0,28	0,22	0,18	0,16	0,19	0,32	0,52	0,69	0,77
Nord/ Ovest	0,36	0,28	0,24	0,1	0,17	0,15	0,17	0,3	0,5	0,66
Nord o in ombra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 8.1.1.2-a Fattore d'accumulo FCR2 in assenza di schermature.

I risultati ottenuti con questa seconda metodologia di calcolo sono i seguenti:

1. Atrio - Mensa

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	364	8124,5	322	7187	342	7633,4	422	9419	506	11294	571	12745
	469	40891	509	44379	492	42897	440	38363	568	49523	225	19617
		49016		51566		50530		47782		60817		32362
9		12349		10924		11603		14317		17167		19372
		37928		41163		39788		35583		45934		18196
		50277		52087		51391		49900		63101		37568
10		17549		15524		16488		20345		24395		27529
		28446		30872		29841		26687		34451		13647
		45995		46396		46329		47032		58846		41175
11		22099		19549		20763		25620		30719		34666
		20149		21868		21138		18903		24403		9666,5
		42248		41417		41900		44523		55122		44332
12		25348		22424		23816		29387		35237		39764
		16001		17366		16786		15012		19379		7676,4
		41349		39789		40602		44399		54616		47440
13		27298		24148		25648		31648		37948		42822
		13038		14150		13677		12232		15790		6254,8
		40336		38298		39326		43880		53738		49077
14		26648		23573		25038		30894		37044		41803
		10667		11577		11190		10008		12919		5117,6
		37316		35151		36228		40902		49963		46920
15		24698		21849		23206		28634		34334		38744
		9482,1		10291		9947,1		8895,7		11484		4549
		34180		32139		33153		37530		45817		43293

16	19824	17536	18626	22982	27557	31097
	8296,8	9004,4	8703,7	7783,8	10048	3980,3
	28121	26541	27329	30766	37605	35077
17	13649	12074	12824	15824	18974	21411
	7111,5	7718,1	7460,3	6671,8	8612,7	3411,7
	20761	19792	20284	22496	27586	24823
18	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Tabella 8.1.1.2-b Irraggiamento orario con accumulo relativo all'atrio.

2. Aula

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	625	3834	641	3932,2	636	3901,5	634	3889,2	568	3484,3	489	2999,7
9		4104		4209,1		4176,2		4163,1		3729,7		3211
10		3780		3876,8		3846,5		3834,4		3435,3		2957,5
11		2916		2990,6		2967,3		2958		2650,1		2281,5
12		2106		2159,9		2143,1		2136,3		1913,9		1647,7
13		1512		1550,7		1538,6		1533,8		1374,1		1183
14		1242		1273,8		1263,9		1259,9		1128,7		971,74
15		972		996,88		989,11		986		883,35		760,49
16		810		830,74		824,26		821,66		736,13		633,74
17		648		664,59		659,4		657,33		588,9		507
18		0		0		0		0		0		0
19		0		0		0		0		0		0

Tabella 8.1.1.2-c Irraggiamento orario con accumulo relativo alle aule.

3. Ingresso

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMB.		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	488	7305	534	7993	515	7709	457	6841	327	4895	217	3248
	513	759	491	727	502	743	557	825	585	866	600	888
		8064		8720		8452		7665		5761		4137
9		5681		6217		5996		5321		3807		2526
		1034		990		1012		1123		1179		1210
		6716		7207		7008		6443		4986		3736
10		4870		5329		5139		4560		3263		2165
		1212		1160		1186		1316		1382		1418
		6082		6489		6325		5876		4645		3583
11		3855		4219		4069		3610		2583		1714
		1277		1222		1249		1386		1456		1493
		5132		5441		5318		4996		4039		3207

12	3449	3775	3640	3230	2311	1534
	1180	1129	1154	1281	1345	1380
	4629	4904	4795	4511	3657	2914
13	3044	3331	3212	2850	2039	1353
	986	943	965	1070	1124	1153
	4029	4274	4177	3921	3164	2506
14	3449	3775	3640	3230	2311	1534
	727	696	712	790	829	851
	4177	4471	4352	4020	3141	2384
15	6087	6661	6424	5701	4079	2707
	517	495	506	561	590	605
	6604	7156	6930	6262	4669	3312
16	10146	11102	10707	9501	6798	4511
	372	356	364	404	424	435
	10517	11458	11071	9905	7222	4946
17	13392	14654	14133	12541	8974	5955
	291	278	285	316	332	340
	13683	14933	14418	12857	9305	6295
18	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Tabella 8.1.1.2-d Irraggiamento orario con accumulo relativo all'ingresso.

8.1.1.3 Carichi per irraggiamento considerando fattore d'accumulo e schermi adottati

Passiamo ora a valutare i carichi per irraggiamento considerando le soluzioni passive adottate, le stesse che già hanno rilevato la loro efficacia nel precedente calcolo illuminotecnico.

1. Atrio - Mensa

Analizziamo quindi i carichi inizialmente per l'atrio – mensa utilizzando come fattore correttivo FCR2 per i vetri rivolti a Sud 0,1 (caratteristica tecnica del vetro ASI THRU) e per FCR3 non più i valori riportati in tabella 8.1.1.2-a ma facendo riferimento alla tabella che segue relativa ai fattori d'accumulo di vetri schermati.

Lat. Nord. Massa> 150 Kg/m	Ora solare - schermo interno									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nord/ Est	0,75	0,60	0,37	0,25	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
Est	0,82	0,81	0,65	0,43	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09
Sud/ Est	0,61	0,78	0,86	0,82	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13
Sud	0,48	0,67	0,79	0,88	0,89	0,83	0,56	0,50	0,24	0,16
Sud/ Ovest	0,18	0,15	0,14	0,27	0,50	0,69	0,82	0,87	0,79	0,60
Ovest	0,25	0,20	0,17	0,14	0,13	0,22	0,44	0,67	0,82	0,85
Nord/ Ovest	0,25	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,19	0,41	0,64	0,80
Nord o in ombra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 8.1.1.3-a Fattore d'accumulo FCR2 in presenza di schermature.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMB.		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	364	1733	322	1533	342	1628	422	2009	506	2409	571	2719
	469	40891	509	44379	492	42897	440	38363	568	49523	225	19617
		42625		45912		44525		40372		51932		22336
9		2419		2140		2273		2805		3363		3795
		37928		41163		39788		35583		45934		18196
		40348		43303		42061		38388		49297		21991
10		2853		2523		2680		3307		3965		4475
		28446		30872		29841		26687		34451		13647
		31299		33396		32521		29994		38416		18122
11		3178		2811		2986		3684		4417		4985
		20149		21868		21138		18903		24403		9667
		23327		24679		24123		22587		28820		14651
12		3214		2843		3019		3726		4467		5041
		16001		17366		16786		15012		19379		7676
		19215		20209		19805		18737		23846		12718
13		2997		2651		2816		3475		4166		4701
		13038		14150		13677		12232		15790		6255
		16035		16801		16493		15706		19956		10956
14		2022		1789		1900		2344		2811		3172
		10667		11577		11190		10008		12919		5118
		12689		13366		13090		12352		15730		8290
15		1805		1597		1696		2093		2510		2832
		9482		10291		9947		8896		11484		4549
		11287		11888		11643		10989		13993		7381
16		867		767		814		1005		1205		1359
		8297		9004		8704		7784		10048		3980
		9163		9771		9518		8788		11253		5340
17		578		511		543		670		803		906
		7112		7718		7460		6672		8613		3412
		7689		8229		8003		7342		9416		4318
18		0		0		0		0		0		0

	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Tabella 8.1.1.3-b Irraggiamento orario con accumulo e schermature relativo all'atrio.

2. Aula

Per l'aula sono stati considerati i frangisole posti a protezione delle aperture verticali; essendo una schermatura esterna l'FCR2 è rimasto invariato; è cambiato invece l'FCR1 che, non essendo più un vetro doppio ordinario è passato da 0,9 a 0,2 (abbiamo considerato i frangisole come fossero tende esterne di colore medio o scuro). Sono stati aggiunti poi i vetri posti in copertura, quindi con irraggiamento su superficie orizzontale e sono stati considerati come vetri schermati all'esterno (maglia metallica); considerando come fattore di riduzione FCR1 0,14 (come fosse veneziana esterna di colore chiaro) e come fattore d'accumulo FCR2 si è deciso, in mancanza di valori tabulati, di utilizzare il valore 1 data la continua insolazione dei vetri nella posizione considerata.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	625	852	641	874	636	867	634	864	568	774	489	667
	768	376	803	393	789	387	750	368	653	320	541	265
		1228		1267		1254		1232		1094		932
9		912		935		928		925		829		714
		376		393		387		368		320		265
		1288		1329		1315		1293		1149		979
10		840		862		855		852		763		657
		376		393		387		368		320		265
		1216		1255		1241		1220		1083		922
11		648		665		659		657		589		507
		376		393		387		368		320		265
		1024		1058		1046		1025		909		772
12		468		480		476		475		425		366
		376		393		387		368		320		265
		844		873		863		842		745		631
13		336		345		342		341		305		263
		376		393		387		368		320		265
		712		738		729		708		625		528
14		276		283		281		280		251		216
		376		393		387		368		320		265
		652		677		667		647		571		481
1		216		222		220		219		196		169

5						
	376	393	387	368	320	265
	592	615	606	587	516	434
16						
	180	185	183	183	164	141
	376	393	387	368	320	265
	556	578	570	550	484	406
17						
	144	148	147	146	131	113
	376	393	387	368	320	265
	520	541	533	514	451	378
18						
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
19						
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Tabella 8.1.1.3-c Irraggiamento orario con accumulo e schermature relativo alle aule.

3. Ingresso

Per l'ingresso invece si è semplicemente provato ad effettuare nuovamente il calcolo utilizzando un vetro assorbente caratterizzato da un fattore correttivo FCR1 pari a 0,7 anziché 0,9.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]	Iv mx	Qi [W]
8	488	5681	534	6217	515	5996	457	5321	327	3807	217	2526
	513	591	491	565	502	578	557	641	585	674	600	691
		6272		6782		6574		5962		4481		3217
9		4419		4835		4663		4138		2961		1965
		804		770		787		873		917		941
		5223		5605		5451		5012		3878		2906
10		3788		4145		3997		3547		2538		1684
		943		902		922		1023		1075		1103
		4730		5047		4920		4571		3613		2787
11		2999		3281		3164		2808		2009		1333
		993		950		972		1078		1132		1161
		3991		4232		4136		3886		3142		2495
12		2683		2936		2831		2512		1798		1193
		918		878		898		996		1046		1073
		3600		3814		3729		3509		2844		2266
13		2367		2590		2498		2217		1586		1053
		767		734		750		832		874		897
		3134		3324		3249		3049		2461		1949
14		2683		2936		2831		2512		1798		1193
		566		541		553		614		645		662
		3249		3477		3385		3127		2443		1855
15		4735		5181		4997		4434		3173		2105
		402		385		394		437		459		470
		5137		5566		5390		4871		3631		2576
16		7891		8635		8328		7390		5288		3509
		289		277		283		314		330		338

	8180	8911	8610	7704	5617	3847
17	10416	11398	10992	9754	6980	4632
	226	217	221	246	258	265
	10642	11614	11214	10000	7238	4896
18	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Tabella 8.1.1.3-d Irraggiamento orario con accumulo e vetri basso emissivi relativo all'ingresso.

8.1.1.4 Confronti dei risultati ottenuti

Effettuiamo ora un confronto tra i risultati ottenuti: per i primi due locali, atrio e aule, il confronto avverrà tra la condizione iniziale senza accumulo, quella con accumulo ed infine con le nuove soluzioni adottate. Per l'ingresso invece il confronto avverrà solo tra la condizione senza accumulo e con.

Locali	Data	Senza FCR2		Con FCR2		Nuove soluzioni	
		W	W/m²	W	W/m²	W	W/m²
Atrio-Mensa	Settembre h 9.00	100054	204	63101	129	51932	106
Aule	Giugno h 9.00	5538	123	4209	94	1329	30
Ingresso	Giugno h 17.00	22421	105	14933	70	-	-

Tabella 8.1.1.4-a Tabella riassuntiva con i massimi carichi.

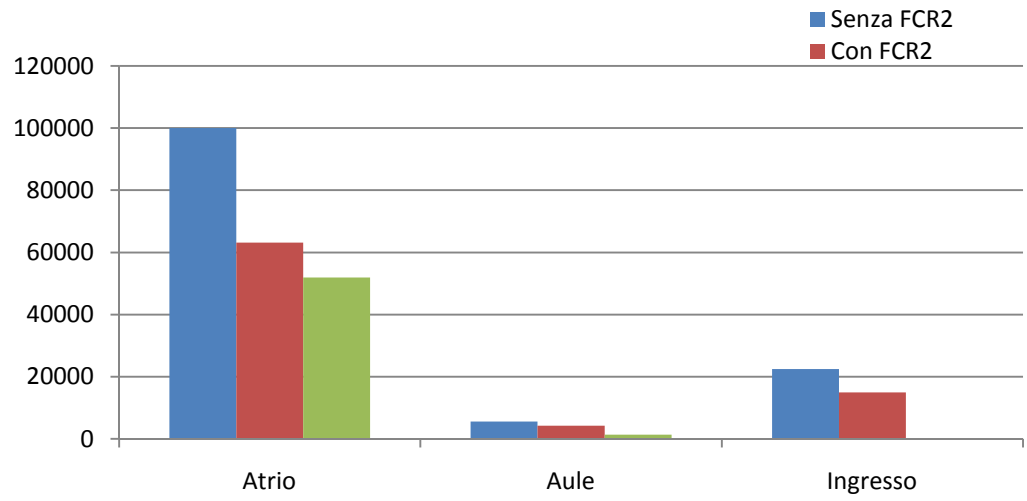


Grafico 8.1.1-a Confronto dei carichi massimi in W.

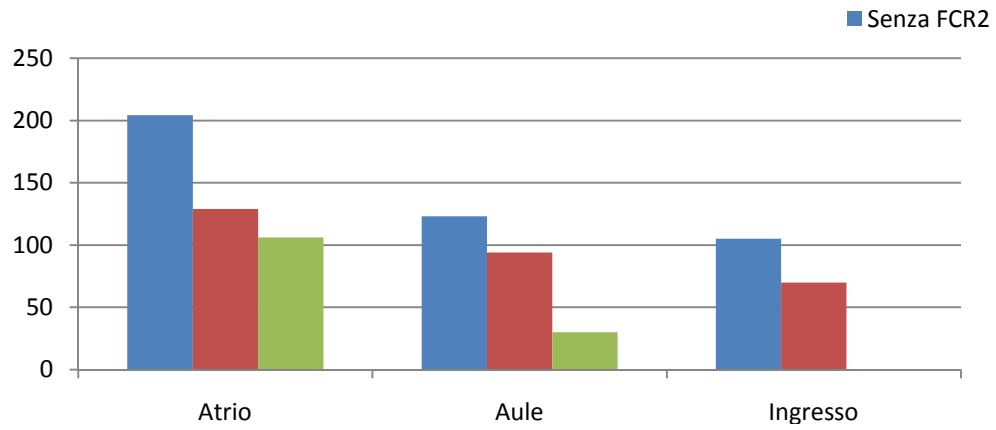


Grafico 8.1.1-b Confronto dei carichi massimi in W/m²

8.1.2 Carico dovuto a trasmissione

Parte del flusso termico entrante dipende, come nella stagione fredda, dalla differenza di temperatura tra l'ambiente interno e quello esterno. A questo si aggiunge il flusso dovuto alla radiazione solare, che è molto variabile e spesso costituisce la frazione più elevata del flusso complessivo di calore sensibile che entra nell'edificio attraverso le strutture.
Pertanto nel calcolo del flusso termico passante attraverso le strutture esterne degli edifici, nel periodo estivo, si deve tenere conto di due tipi di fenomeni:

- l'effetto, come nella stagione fredda, della differenza tra la temperatura dell'aria esterna e quella dell'aria interna;
- l'effetto, da cui in estate non si può prescindere, dell'apporto di calore dovuto radiazione solare; questa infatti surriscalda notevolmente la superficie delle pareti opache irradiate: sia esterne (pareti, tetto), sia interne (pareti e pavimenti raggiunti dalla radiazione solare che attraversa le superfici trasparenti).

Esaminando l'interazione Sole-Edificio si può osservare che questo si comporta come un sistema di captazione, effetto questo che nella stagione estiva è indesiderato.
La radiazione solare che incide sulle superfici esterne dei diversi componenti edilizi provoca un effetto diverso a seconda delle loro caratteristiche.
Nel caso di superfici opache (muri, tetti) la conseguenza del suo parziale assorbimento è un incremento della temperatura della superficie, il che provoca un flusso termico di conduzione verso l'interno.

Nel caso di superfici vetrate, tenendo conto che i vetri sono parzialmente trasparenti alla radiazione solare incidente, avviene che la radiazione entrante colpisce le superfici
interne delle pareti dei locali, provoca il riscaldamento di tali corpi i quali cedono per convezione all'aria ambiente un flusso termico pari a buona parte del flusso radiante ricevuto (la parte restante viene ceduta ad altri ambienti confinanti).
Questi fenomeni si evolvono nel tempo con andamento tale per cui l'effetto deve essere in ritardo sulla causa.
In generale si può dire che il riscaldamento dell'aria interna al locale dipende, oltre che dall'intensità del flusso di radiazione entrante, anche dalle caratteristiche di inerzia termica della struttura edilizia. Tanto più è elevata l'inerzia termica, tanto più piccolo è il riscaldamento della struttura e, quindi, ridotto e ritardato è il flusso di convezione scambiato con l'aria ambiente.
Considerati i fenomeni sopra descritti, i metodi di calcolo idonei alla valutazione dei flusso termico entrante nei locali sono necessariamente di tipo dinamico e devono tenere conto degli effetti combinati della radiazione solare e della differenza di temperatura per dedurre, ora per ora, la potenza che l'impianto deve sottrarre all'aria interna per mantenerla al valore di progetto.
I metodi di calcolo più consolidati sono:

- il *"metodo delle differenze di temperatura equivalenti e dei fattori di accumulo",* chiamato metodo di Carrier;
- il *"metodo delle funzioni di trasferimento".*

8.1.2.1 Trasmissione attraverso le pareti trasparenti

Il flusso termico entrante attraverso i vetri trasparenti delle finestre dovuto alla trasmissione di calore si calcola come segue:

$$Qt1(\tau) = Sf\ x\ K\ x\ [te\ (\tau) -\ ti]$$

Dove:
Sf = superficie finestrata
K = coefficiente di trasmissione della finestra in regime stazionario
$[te(\tau) - ti]$ = ΔT = differenza istantanea fra la temperatura dell'aria esterna e dell'aria interna considerata 26℃

I risultati così ottenuti sono:

1. <u>Atrio – Mensa</u>
   Il calcolo è stato inizialmente svolto con vetrocamera semplice caratterizzato da una trasmittanza termica U pari a 2,7 W/m²K. Successivamente si è rieseguito il calcolo considerando per i vetri chiari un vetrocamera basso emissivo con U paro a 1,6 W/m²K e per i vetri colorati con celle fotovoltaiche il valore fornito da scheda tecnica corrispondente a 1,2 W/m²K.

	S [m²]	U [W/m²K]	U' [W/m²K]
Finestra S	143	2,7	1,2
Finestra NE	170	2,7	1,6

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	-10,4	-4015	-6,6	-2548	-3,8	-1467	-4,2	-1622	-6,2	-2394	-10,8	-4170
		-4774		-3029		-1744		-1928		-2846		-4957
		-8789		-5578		-3211		-3549		-5240		-9127
9	-8,7	-3359	-4,8	-1853	-1,9	-733,6	-2,3	-888	-4,6	-1776	-9,5	-3668
		-3993		-2203		-872,1		-1056		-2111		-4361
		-7352		-4056		-1606		-1944		-3887		-8028
10	-6,1	-2355	-2,6	-1004	0,5	193,05	0,1	38,61	-2,4	-926,6	-7,5	-2896
		-2800		-1193		229,5		45,9		-1102		-3443
		-5155		-2197		422,55		84,51		-2028		-6338
11	-4,2	-1622	-0,2	-77,22	3	1158,3	2,6	1003,9	0	0	-5,3	-2046
		-1928		-91,8		1377		1193,4		0		-2433
		-3549		-169		2535,3		2197,3		0		-4479
12	-2,1	-810,8	1,9	733,59	5,5	2123,6	5,2	2007,7	2,4	926,64	-2,9	-1120
		-963,9		872,1		2524,5		2386,8		1101,6		-1331
		-1775		1605,7		4648,1		4394,5		2028,2		-2451
13	-0,4	-154,4	3,7	1428,6	7,6	2934,4	7,5	2895,8	4,4	1698,8	-1	-386,1
		-183,6		1698,3		3488,4		3442,5		2019,6		-459
		-338		3126,9		6422,8		6338,3		3718,4		-845,1
14	0,9	347,49	5	1930,5	9	3474,9	9	3474,9	5,9	2278	0,3	115,83
		413,1		2295		4131		4131		2708,1		137,7
		760,59		4225,5		7605,9		7605,9		4986,1		253,53
15	1,3	501,93	5,5	2123,6	9,7	3745,2	9,6	3706,6	6,4	2471	0,6	231,66
		596,7		2524,5		4452,3		4406,4		2937,6		275,4
		1098,6		4648,1		8197,5		8113		5408,6		507,06
16	1,1	424,71	5,3	2046,3	9,6	3706,6	9,4	3629,3	6,1	2355,2	0,1	38,61
		504,9		2432,7		4406,4		4314,6		2799,9		45,9
		929,61		4479		8113		7943,9		5155,1		84,51
17	0,1	38,61	4,4	1698,8	8,6	3320,5	8,4	3243,2	4,9	1891,9	-1,1	-424,7
		45,9		2019,6		3947,4		3855,6		2249,1		-504,9
		84,51		3718,4		7267,9		7098,8		4141		-929,6
18	-1,5	-579,2	2,8	1081,1	6,9	2664,1	6,6	2548,3	3,1	1196,9	-2,9	-1120
		-688,5		1285,2		3167,1		3029,4		1422,9		-1331
		-1268		2366,3		5831,2		5577,7		2619,8		-2451
19	-3,3	-1274	0,9	347,49	4,8	1853,3	4,4	1698,8	1,2	463,32	-4,5	-1737
		-1515		413,1		2203,2		2019,6		550,8		-2066
		-2789		760,59		4056,5		3718,4		1014,1		-3803

Tabella 8.1.2.1-a Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi all'atrio.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	-10	-1785	-6,6	-1133	-3,8	-652,1	-4,2	-720,7	-6,2	-1064	-11	-1853
		-2829		-1795		-1034		-1142		-1686		-2938
		-4613		-2928		-1686		-1863		-2750		-4791
9	-8,7	-1493	-4,8	-823,7	-1,9	-326	-2,3	-394,7	-4,6	-789,4	-9,5	-1630
		-2366		-1306		-516,8		-625,6		-1251		-2584
		-3859		-2129		-842,8		-1020		-2041		-4214
10	-6,1	-1047	-2,6	-446,2	0,5	85,8	0,1	17,16	-2,4	-411,8	-7,5	-1287
		-1659		-707,2		136		27,2		-652,8		-2040
		-2706		-1153		221,8		44,36		-1065		-3327
11	-4,2	-720,7	-0,2	-34,32	3	514,8	2,6	446,16	0	0	-5,3	-909,5
		-1142		-54,4		816		707,2		0		-1442
		-1863		-88,72		1330,8		1153,4		0		-2351
12	-2,1	-360,4	1,9	326,04	5,5	943,8	5,2	892,32	2,4	411,84	-2,9	-497,6
		-571,2		516,8		1496		1414,4		652,8		-788,8
		-931,6		842,84		2439,8		2306,7		1064,6		-1286
13	-0,4	-68,64	3,7	634,92	7,6	1304,2	7,5	1287	4,4	755,04	-1	-171,6
		-108,8		1006,4		2067,2		2040		1196,8		-272
		-177,4		1641,3		3371,4		3327		1951,8		-443,6
14	0,9	154,44	5	858	9	1544,4	9	1544,4	5,9	1012,4	0,3	51,48
		244,8		1360		2448		2448		1604,8		81,6
		399,24		2218		3992,4		3992,4		2617,2		133,08
15	1,3	223,08	5,5	943,8	9,7	1664,5	9,6	1647,4	6,4	1098,2	0,6	102,96
		353,6		1496		2638,4		2611,2		1740,8		163,2
		576,68		2439,8		4302,9		4258,6		2839		266,16
16	1,1	188,76	5,3	909,48	9,6	1647,4	9,4	1613	6,1	1046,8	0,1	17,16
		299,2		1441,6		2611,2		2556,8		1659,2		27,2
		487,96		2351,1		4258,6		4169,8		2706		44,36
17	0,1	17,16	4,4	755,04	8,6	1475,8	8,4	1441,4	4,9	840,84	-1,1	-188,8
		27,2		1196,8		2339,2		2284,8		1332,8		-299,2
		44,36		1951,8		3815		3726,2		2173,6		-488
18	-1,5	-257,4	2,8	480,48	6,9	1184	6,6	1132,6	3,1	531,96	-2,9	-497,6
		-408		761,6		1876,8		1795,2		843,2		-788,8
		-665,4		1242,1		3060,8		2927,8		1375,2		-1286
19	-3,3	-566,3	0,9	154,44	4,8	823,68	4,4	755,04	1,2	205,92	-4,5	-772,2
		-897,6		244,8		1305,6		1196,8		326,4		-1224
		-1464		399,24		2129,3		1951,8		532,32		-1996

Tabella 8.1.2.1-b Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi all'atro.

2. Aule

I vetri considerati sono:

	S [m²]	U [W/m²K]	U' [W/m²K]
Finestra E	12	2,7	1,6
Finestra	4,5	2,7	1,6

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	-10,4	-337	-6,6	-213,8	-3,8	-123,1	-4,2	-136,1	-6,2	-200,9	-10,8	-349,9
9	-8,7	-281,9	-4,8	-155,5	-1,9	-61,56	-2,3	-74,52	-4,6	-149	-9,5	-307,8
10	-6,1	-197,6	-2,6	-84,24	0,5	16,2	0,1	3,24	-2,4	-77,76	-7,5	-243
11	-4,2	-136,1	-0,2	-6,48	3	97,2	2,6	84,24	0	0	-5,3	-171,7
12	-2,1	-68,04	1,9	61,56	5,5	178,2	5,2	168,48	2,4	77,76	-2,9	-93,96
13	-0,4	-12,96	3,7	119,88	7,6	246,24	7,5	243	4,4	142,56	-1	-32,4
14	0,9	29,16	5	162	9	291,6	9	291,6	5,9	191,16	0,3	9,72
15	1,3	42,12	5,5	178,2	9,7	314,28	9,6	311,04	6,4	207,36	0,6	19,44
16	1,1	35,64	5,3	171,72	9,6	311,04	9,4	304,56	6,1	197,64	0,1	3,24
17	0,1	3,24	4,4	142,56	8,6	278,64	8,4	272,16	4,9	158,76	-1,1	-35,64
18	-1,5	-48,6	2,8	90,72	6,9	223,56	6,6	213,84	3,1	100,44	-2,9	-93,96
19	-3,3	-106,9	0,9	29,16	4,8	155,52	4,4	142,56	1,2	38,88	-4,5	-145,8

Tabella 8.1.2.1-c Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi alle aule.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	-10,4	-199,7	-6,6	-126,7	-3,8	-72,96	-4,2	-80,64	-6,2	-119	-10,8	-207,4
		-74,88		-47,52		-27,36		-30,24		-44,64		-77,76
		-274,6		-174,2		-100,3		-110,9		-163,7		-285,1
9	-8,7	-167	-4,8	-92,16	-1,9	-36,48	-2,3	-44,16	-4,6	-88,32	-9,5	-182,4
		-62,64		-34,56		-13,68		-16,56		-33,12		-68,4
		-229,7		-126,7		-50,16		-60,72		-121,4		-250,8
10	-6,1	-117,1	-2,6	-49,92	0,5	9,6	0,1	1,92	-2,4	-46,08	-7,5	-144
		-43,92		-18,72		3,6		0,72		-17,28		-54
		-161		-68,64		13,2		2,64		-63,36		-198
11	-4,2	-80,64	-0,2	-3,84	3	57,6	2,6	49,92	0	0	-5,3	-101,8
		-30,24		-1,44		21,6		18,72		0		-38,16
		-110,9		-5,28		79,2		68,64		0		-139,9
12	-2,1	-40,32	1,9	36,48	5,5	105,6	5,2	99,84	2,4	46,08	-2,9	-55,68
		-15,12		13,68		39,6		37,44		17,28		-20,88
		-55,44		50,16		145,2		137,28		63,36		-76,56
13	-0,4	-7,68	3,7	71,04	7,6	145,92	7,5	144	4,4	84,48	-1	-19,2
		-2,88		26,64		54,72		54		31,68		-7,2
		-10,56		97,68		200,64		198		116,16		-26,4
14	0,9	17,28	5	96	9	172,8	9	172,8	5,9	113,28	0,3	5,76
		6,48		36		64,8		64,8		42,48		2,16
		23,76		132		237,6		237,6		155,76		7,92
15	1,3	24,96	5,5	105,6	9,7	186,24	9,6	184,32	6,4	122,88	0,6	11,52
		9,36		39,6		69,84		69,12		46,08		4,32
		34,32		145,2		256,08		253,44		168,96		15,84
16	1,1	21,12	5,3	101,76	9,6	184,32	9,4	180,48	6,1	117,12	0,1	1,92
		7,92		38,16		69,12		67,68		43,92		0,72
		29,04		139,92		253,44		248,16		161,04		2,64
17	0,1	1,92	4,4	84,48	8,6	165,12	8,4	161,28	4,9	94,08	-1,1	-21,12
		0,72		31,68		61,92		60,48		35,28		-7,92
		2,64		116,16		227,04		221,76		129,36		-29,04
18	-1,5	-28,8	2,8	53,76	6,9	132,48	6,6	126,72	3,1	59,52	-2,9	-55,68
		-10,8		20,16		49,68		47,52		22,32		-20,88

		-39,6		73,92		182,16		174,24		81,84		-76,56
19	-3,3	-63,36	0,9	17,28	4,8	92,16	4,4	84,48	1,2	23,04	-4,5	-86,4
		-23,76		6,48		34,56		31,68		8,64		-32,4
		-87,12		23,76		126,72		116,16		31,68		-118,8

Tabella 8.1.2.1-d Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi alle aule.

3. Ingresso

I vetri considerati sono:

	S [m²]	U [W/m²K]	U' [W/m²K]
Finestra SE	5	2,7	1,6
Finestra NO	66	2,7	1,6

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	10,4	- -140,4 -1853 -1994	-6,6	-89,1 -1176 -1265	-3,8	-51,3 -677,2 -728,5	-4,2	-56,7 -748,4 -805,1	-6,2	-83,7 -1105 -1189	-10,8	-145,8 -1925 -2070
9	-8,7	-117,5 -1550 -1668	-4,8	-64,8 -855,4 -920,2	-1,9	-25,65 -338,6 -364,2	-2,3	-31,05 -409,9 -440,9	-4,6	-62,1 -819,7 -881,8	-9,5	-128,3 -1693 -1821
10	-6,1	-82,35 -1087 -1169	-2,6	-35,1 -463,3 -498,4	0,5	6,75 89,1 95,85	0,1	1,35 17,82 19,17	-2,4	-32,4 -427,7 -460,1	-7,5	-101,3 -1337 -1438
11	-4,2	-56,7 -748,4 -805,1	-0,2	-2,7 -35,64 -38,34	3	40,5 534,6 575,1	2,6	35,1 463,32 498,42	0	0 0 0	-5,3	-71,55 -944,5 -1016
12	-2,1	-28,35 -374,2 -402,6	1,9	25,65 338,58 364,23	5,5	74,25 980,1 1054,4	5,2	70,2 926,64 996,84	2,4	32,4 427,68 460,08	-2,9	-39,15 -516,8 -555,9
13	-0,4	-5,4 -71,28 -76,68	3,7	49,95 659,34 709,29	7,6	102,6 1354,3 1456,9	7,5	101,25 1336,5 1437,8	4,4	59,4 784,08 843,48	-1	-13,5 -178,2 -191,7
14	0,9	12,15 160,38 172,53	5	67,5 891 958,5	9	121,5 1603,8 1725,3	9	121,5 1603,8 1725,3	5,9	79,65 1051,4 1131	0,3	4,05 53,46 57,51
15	1,3	17,55 231,66 249,21	5,5	74,25 980,1 1054,4	9,7	130,95 1728,5 1859,5	9,6	129,6 1710,7 1840,3	6,4	86,4 1140,5 1226,9	0,6	8,1 106,92 115,02
16	1,1	14,85 196,02 210,87	5,3	71,55 944,46 1016	9,6	129,6 1710,7 1840,3	9,4	126,9 1675,1 1802	6,1	82,35 1087 1169,4	0,1	1,35 17,82 19,17
17	0,1	1,35 17,82 19,17	4,4	59,4 784,08 843,48	8,6	116,1 1532,5 1648,6	8,4	113,4 1496,9 1610,3	4,9	66,15 873,18 939,33	-1,1	-14,85 -196 -210,9
18	-1,5	-20,25 -267,3 -287,6	2,8	37,8 498,96 536,76	6,9	93,15 1229,6 1322,7	6,6	89,1 1176,1 1265,2	3,1	41,85 552,42 594,27	-2,9	-39,15 -516,8 -555,9

19	-3,3	-44,55	0,9	12,15	4,8	64,8	4,4	59,4	1,2	16,2	-4,5	-60,75
		-588,1		160,38		855,36		784,08		213,84		-801,9
		-632,6		172,53		920,16		843,48		230,04		-862,7

Tabella 8.1.2.1-e Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi all'ingresso.

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q	ΔT	Q
8	-10,4	-83	-6,6	-53	-3,8	-30	-4,2	-34	-6,2	-50	-10,8	-86
		-1098		-697		-401		-444		-655		-1140
		-1181		-750		-432		-477		-704		-1227
9	-8,7	-70	-4,8	-38	-1,9	-15	-2,3	-18	-4,6	-37	-9,5	-76
		-919		-507		-201		-243		-486		-1003
		-988		-545		-216		-261		-523		-1079
10	-6,1	-49	-2,6	-21	0,5	4	0,1	1	-2,4	-19	-7,5	-60
		-644		-275		53		11		-253		-792
		-693		-295		57		11		-273		-852
11	-4,2	-34	-0,2	-2	3	24	2,6	21	0	0	-5,3	-42
		-444		-21		317		275		0		-560
		-477		-23		341		295		0		-602
12	-2,1	-17	1,9	15	5,5	44	5,2	42	2,4	19	-2,9	-23
		-222		201		581		549		253		-306
		-239		216		625		591		273		-329
13	-0,4	-3	3,7	30	7,6	61	7,5	60	4,4	35	-1	-8
		-42		391		803		792		465		-106
		-45		420		863		852		500		-114
14	0,9	7	5	40	9	72	9	72	5,9	47	0,3	2
		95		528		950		950		623		32
		102		568		1022		1022		670		34
15	1,3	10	5,5	44	9,7	78	9,6	77	6,4	51	0,6	5
		137		581		1024		1014		676		63
		148		625		1102		1091		727		68
16	1,1	9	5,3	42	9,6	77	9,4	75	6,1	49	0,1	1
		116		560		1014		993		644		11
		125		602		1091		1068		693		11
17	0,1	1	4,4	35	8,6	69	8,4	67	4,9	39	-1,1	-9
		11		465		908		887		517		-116
		11		500		977		954		557		-125
18	-1,5	-12	2,8	22	6,9	55	6,6	53	3,1	25	-2,9	-23
		-158		296		729		697		327		-306
		-170		318		784		750		352		-329
19	-3,3	-26	0,9	7	4,8	38	4,4	35	1,2	10	-4,5	-36
		-348		95		507		465		127		-475
		-375		102		545		500		136		-511

Tabella 8.1.2.1.f Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi all'ingresso.

8.1.2.2 Confronto

Poniamo di seguiti i massimi carichi per irraggiamento a confronto. Graficamente e numericamente possiamo vedere il rande contributo che possono dare i vetri basso emissivi rispetto al vetrocamera semplice.

	U		U'	
	[W]	[W/m²]	[W]	[W/m²]
Atrio - mensa	8198	16,73	4303	8,78
Aule	314	6,98	256	5,69
Ingresso	1860	8,73	1102	5,17

Tabella 8.1.2.1. g Confronto dei carichi per trasmissione con vetrocamera normale e b asso emissivo.

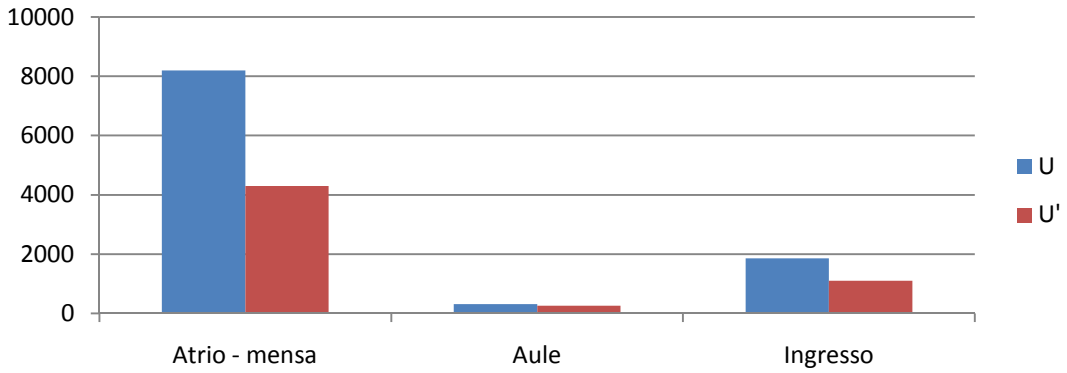


Grafico 8.1.2.2 -a Confronto dei carichi per trasmissione attraverso i vetri espressi in W

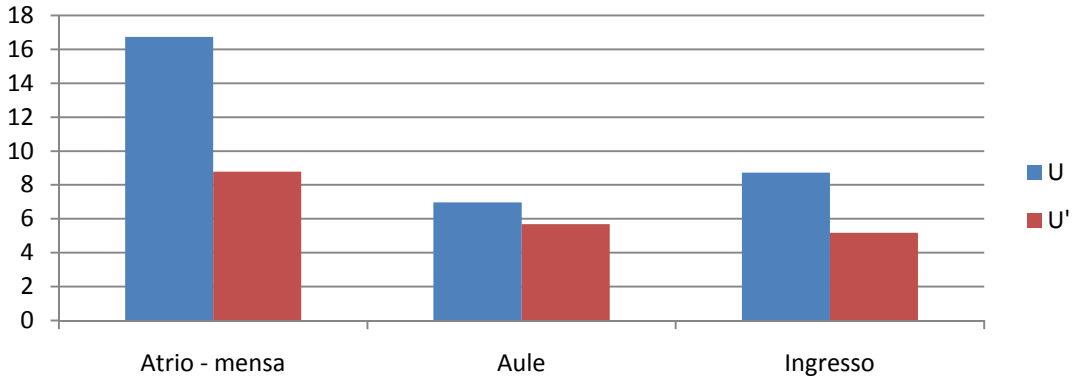


Grafico 8.1.2.2-b Confronto dei carichi per trasmissione attraverso i vetri espressi in W/m²

8.1.2.3 Trasmissione attraverso le pareti opache

Il calcolo delle rientrate di calore per trasmissione attraverso le superfici opache (tetti, muri) richiede un'attenta analisi dei contributi di carico legati all'effetto congiunto:

- Differenza di temperatura tra aria esterna ed aria interna;
- Radiazione solare.

La radiazione solare è di fatto responsabile di un'azione amplificatrice dello scambio termico convettivo – conduttivo - convettivo legato al salto termico esistente fra aria esterna ed aria interna. Tale radiazione, assorbita dalle superfici esterne, produce un effetto riscaldante che

occorre computare ai fini di una corretta valutazione delle rientrate estive relativamente ai componenti in oggetto.

La relazione utilizzata per il calcolo di tale tipologia di carichi è la seguente:

$$Qt2\ (\tau) = S\ x\ K\ x\ \Delta Teq$$

Dove:

S = superficie della parete considerata

K = trasmittanza termica della parete considerata

ΔTeq = differenza di temperatura equivalente che porta in conto l'apporto solare variabile ciclicamente durante la giornata, l'escursione termica giornaliera dell'aria esterna e le caratteristiche inerziali delle strutture di delimitazione del volume condizionato riferite al peso per m² di superficie.

Il calcolo della ΔTeq è dato dalla seguente formula:

$$\Delta Teq = \Delta Tes + \frac{Rs}{Rm}\ x\ (\Delta Tem - \Delta Tes) + c$$

dove:

ΔTes = differenza di temperatura per il muro in ombra all'ora considerata;

Rs = radiazione solare massima attraverso il vetro per l'esposizione, il mese e la altitudine considerati;

Rm = radiazione solare massima attraverso il vetro per il mese di Luglio a 40° latitudine Nord;

ΔTem = differenza di temperatura per il muro esposto al sole all'ora considerata;

c = correzione dovuta ad una differenza di temperatura differente da 11°C.

Per rendere più rapido e immediato il calcolo della differenza di temperatura equivalente riferita alle parete sono stati tabulati dei dati standard riferiti ad una temperatura esterna pari a 34℃ e interna a 26℃; sono riferiti ad una latitudine di 40° e sono i seguenti:

	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
NE	11,9	12,5	13,1	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,4
E	16,4	18,1	19,7	19,2	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,4
SE	6,9	10,2	14,1	14,7	15,2	14,1	13,1	10,2	8,5	8,1	7,4	6,4
S	-2,5	0,2	1,9	7,4	11,9	14,7	16,4	15,2	14,1	10,8	8,5	6,4
SO	-2,5	-1,4	-0,3	1,9	3	10,2	14,1	18,6	21,9	22,5	23,1	16,4
O	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3	7,4	10,8	17,5	21,9	24,7	26,3	18,6
NO	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3	5,3	6,4	10,2	13,1	18,1	21,9	20,3
N	-2,5	-1,9	-1,4	0,2	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4	6,9	6,4	5,3

Tabella 8.1.2.3-a Differenze di temperature a latitudine 40° Nord con Te= 34℃ e Ti=26℃

- Per calcolare ΔTes si fa riferimento alla tabella appena riportata, prendendo in considerazione i muri con orientazione Nord;

- Per calcolare ΔTem si fa riferimento alla tabella appena riportata, prendendo in considerazione i muri con la loro orientazione;
- Per calcolare Rs si fa riferimento alla tabella riportanti i valori di irraggiamento totale, diffuso e diretto, prendendo i valori massimi mensili (evidenziati in grigio);
- Per calcolare Rm si fa riferimento ai seguenti dati tabulati, riferiti alla radiazione solare massima attraverso il vetro per il mese di Luglio a 40° latitudine Nord:

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	O orizz
Rm [W/m²]	47	400	516	394	217	394	516	400	734
Rm [Kcal/hm²]	40	344	444	339	187	339	444	344	634

Tabella 8.1.2.3-b Radiazione solare massima a Luglio a latitudine 40° Nord.

- Per il calcolo di c è necessario verificare quanta differenza di temperatura esiste tra esterno ed interno;se la differenza tra la temperatura esterna massima e la temperatura interna è diversa da 11℃ c corrisponde ai valori riportati di seguito, in alternativa è nullo.

  Nel caso relativo al nostro edificio si ha:

	Te max [℃]	Ti [℃]	Te max - Ti [℃]
Maggio	27	26	1
Giugno	32	26	6
Luglio	36	26	10
Agosto	35	26	9
Settembre	32	26	6
Ottobre	27	26	1

Tabella 8.1.2.3-c Differenze di temperature nel nostro edificio.

Le correzioni da apportare in ciascuna ora sono quindi le seguenti:

Te max - Ti	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6
7	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5
8	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4
9	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3
10	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2

Tabella 8.1.2.3-d Correzioni delle differenze di temperatura equivalente >11℃ relative a pareti.

Anche per le coperture il procedimento di calcolo è il medesimo, per calcolare ΔTes e ΔTem si fa però riferimento alla seguente tabella:

	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Esposizione al sole	-1,4	-0,8	0,8	4,7	8,5	12,5	16,4	19,7	22,5	23,6	23,6	21,9
In ombra	-2,5	-1,4	-0,3	0,8	3	4,7	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,3

Tabella 8.1.2.3-e Correzioni delle differenze di temperatura equivalente >11°C relative a coperture.

L'irradianza massime mensili sul piano orizzontale nei vari mesi è *Rs* =

Maggio	768	[W/m²]
Giugno	803	[W/m²]
Luglio	789	[W/m²]
Agosto	750	[W/m²]
Settembre	653	[W/m²]
Ottobre	541	[W/m²]

Il calcolo, come per l'irraggiamento dei vetri, viene svolto in due modalità: inizialmente non viene considerato l'accumulo, si svolge quindi il calcolo in condizioni stazionarie andando ad utilizzare la trasmittanza delle diverse chiusure; secondariamente viene svolto in regime periodico utilizzando le trasmittanze termiche periodiche di ogni chiusura.

I risultati ottenuti in regime stazionario sono:

1. <u>Atrio – Mensa:</u>

   chiusure considerate

Esposizioni	S	U
parete NE	99	0,176
parete S	189	0,176
tetto soleggiato	423	0,169

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	14,4	251	14,8	258	18,7	326	15,8	276	16,9	295	5,6	98
	-2,5	-83	-3,5	-116	1,0	33	-2,5	-83	-3,5	-116	-2,5	-83
	-1,3	-96	-2,3	-164	2,2	156	-1,4	-98	-2,5	-180	-1,7	-121
		71		-22		515		94		-1		-106
9	15,0	261	15,4	269	18,8	328	15,9	278	17,5	306	6,2	108
	1,6	54	0,2	7	4,4	147	2,2	73	2,0	66	3,6	121
	-0,8	-55	-1,7	-125	2,2	160	-0,8	-56	-1,9	-133	-1,0	-68
		260		151		635		294		239		160
10	15,6	272	15,6	271	18,9	330	16,1	280	17,7	308	6,8	118
	4,1	138	2,0	66	6,3	210	5,0	167	4,8	159	7,3	242
	0,9	61	-0,6	-43	3,4	242	0,8	59	-0,8	-59	0,5	37
		470		295		781		505		409		397
11	12,1	211	11,2	195	14,7	257	12,3	214	12,8	223	5,4	94
	13,0	431	9,4	312	14,1	470	15,1	504	16,3	543	20,8	691

	4,9	349	3,1	219	7,0	500	4,8	342	2,3	162	3,7	263
		991		726		1226		1060		929		1048
12	8,7	152	7,0	122	10,7	186	8,7	151	8,1	142	4,0	70
	20,2	671	15,3	509	20,4	680	23,4	779	25,6	853	31,8	1058
	8,8	626	6,5	466	10,4	744	8,6	616	5,4	386	7,1	504
		1449		1097		1610		1546		1380		1632
13	7,9	137	5,4	95	9,2	160	7,5	130	6,3	109	4,5	78
	23,8	791	18,2	605	23,4	779	27,4	910	29,5	983	36,6	1216
	12,9	919	10,2	732	14,1	1007	12,7	906	8,6	618	10,4	747
		1847		1431		1946		1946		1709		2041
14	7,0	122	3,8	67	7,7	134	6,2	109	4,3	75	4,9	86
	25,5	847	19,4	645	24,6	819	29,1	967	30,7	1023	38,3	1273
	16,9	1206	13,8	989	17,6	1262	16,6	1188	11,8	843	13,8	984
		2175		1701		2214		2263		1941		2343
15	7,4	128	3,6	63	7,5	131	6,2	108	4,0	70	5,7	100
	22,7	753	16,5	550	21,5	716	25,6	851	25,8	860	33,1	1103
	20,3	1451	16,9	1208	20,7	1477	20,0	1428	14,3	1021	16,3	1168
		2333		1821		2324		2387		1952		2370
16	7,8	135	3,5	61	7,4	129	6,1	106	3,8	66	6,5	113
	20,1	667	13,9	461	18,7	621	22,4	746	21,3	709	28,5	947
	23,2	1658	19,4	1388	23,1	1654	22,8	1632	16,3	1168	18,5	1325
		2461		1910		2403		2484		1943		2384
17	7,7	134	2,8	49	6,8	118	5,6	97	3,1	54	6,7	117
	14,2	472	8,2	273	12,7	422	15,5	516	12,5	414	19,0	631
	24,4	1742	20,2	1442	23,9	1705	24,0	1713	16,8	1198	19,2	1373
		2348		1765		2245		2326		1666		2120
18	7,6	132	2,2	38	6,1	107	5,0	87	2,3	40	7,0	121
	9,9	330	4,0	134	8,2	273	10,5	349	5,8	193	11,9	397
	24,4	1744	19,7	1410	23,4	1672	24,0	1714	16,2	1158	19,1	1364
		2206		1581		2052		2150		1391		1882
19	6,4	112	0,4	7	4,4	77	3,4	59	0,4	7	6,4	112
	6,4	213	0,4	13	4,4	146	6,4	213	0,4	13	6,4	213
	22,7	1621	17,5	1248	21,1	1512	22,3	1591	14,1	1006	17,5	1254
		1945		1268		1735		1864		1026		1578

Tabella 8.1.2.3-f Carichi dell'atrio per trasmissione attraverso superfici opache.

2. Aule

chiusure considerate

Esposizioni	S	U
tetto soleggiato	46	0,21

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	-1,3	45	-2,3	44	2,2	48	1,1	47	-2,5	44	-1,7	45
9	-0,8	45	-1,7	44	2,7	49	1,7	48	-1,9	44	-1,0	45
10	0,9	47	-0,1	46	4,4	51	3,3	50	-0,3	46	0,5	47

11	4,9	51	4,1	50	8,5	55	7,3	53	3,3	49	3,7	50
12	8,8	55	8,0	54	12,4	59	11,1	57	6,9	53	7,1	53
13	12,9	59	12,2	58	16,6	63	15,2	61	10,6	57	10,4	57
14	16,9	63	16,3	63	20,6	67	19,1	65	14,3	61	13,8	60
15	20,3	67	19,9	66	24,2	70	22,5	69	17,3	63	16,3	63
16	23,2	69	22,9	69	27,1	73	25,3	72	19,8	66	18,5	65
17	24,4	71	24,2	70	28,4	75	26,5	73	20,8	67	19,2	65
18	24,4	71	24,2	70	28,4	75	26,5	73	20,7	67	19,1	65
19	22,7	69	22,5	69	26,6	73	24,8	71	19,1	65	17,5	64

Tabella 8.1.2.3-g Carichi delle aule per trasmissione attraverso superfici opache.

3. Ingresso

chiusure considerate

Esposizioni	S	U
parete SE	17	0,31
parete NO	28	0,31
tetto soleggiato	213	0,234

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	0,4	2	-0,8	-4	3,8	20	3,1	16	-0,2	-1	0,9	4
	-2,5	-22	-3,5	-30	1,0	9	0,0	0	-3,5	-30	-2,5	-22
	-1,3	-67	-2,1	-106	2,2	109	1,1	56	-2,5	-126	-1,7	-84
		-87		-140		137		72		-157		-101
9	9,6	50	8,1	43	12,3	65	12,5	66	10,2	54	11,5	61
	-1,9	-16	-2,9	-25	1,1	10	0,1	1	-2,9	-25	-1,9	-16
	-0,8	-38	-1,7	-82	2,2	112	1,2	60	-1,9	-93	-1,0	-48
		-5		-65		186		127		-65		-4
10	14,5	76	12,3	65	16,6	88	17,3	91	15,2	80	17,2	91
	-1,4	-12	-2,9	-25	1,1	10	0,1	1	-2,9	-25	-1,4	-12
	0,9	42	-0,4	-21	3,4	169	2,3	116	-0,8	-41	0,5	25
		107		18		266		208		14		104
11	17,3	91	14,5	77	18,9	100	19,9	105	17,8	94	20,4	107
	-0,2	-2	-2,2	-19	1,8	16	0,8	7	-2,4	-21	-0,5	-5
	4,9	243	3,7	182	7,0	349	5,8	288	2,3	113	3,7	183
		333		240		464		400		186		286
12	19,9	105	16,5	87	20,9	110	22,1	117	20,2	107	23,3	123
	1,0	9	-1,4	-12	2,6	23	1,5	13	-1,9	-16	0,3	3
	8,8	436	7,4	367	10,4	519	9,1	455	5,4	269	7,1	352
		550		441		652		584		359		477
13	18,0	95	14,3	75	18,6	98	19,4	102	17,3	91	20,8	110
	3,4	29	0,4	4	4,5	39	3,2	28	-0,3	-3	2,2	19
	12,9	641	11,4	569	14,1	702	12,7	631	8,6	431	10,4	521
		765		648		839		762		519		650
14	16,8	89	12,7	67	17,0	90	17,5	92	15,2	80	19,1	101
	4,5	39	1,0	9	5,0	44	3,9	34	0,5	4	3,7	32

	16,9	840	15,4	766	17,6	880	16,1	803	11,8	588	13,8	686
		968		841		1013		929		672		819
15	13,4	71	9,0	48	13,2	70	13,2	70	10,7	57	15,0	79
	5,5	48	1,6	14	5,6	49	4,5	39	1,1	10	4,8	42
	20,3	1011	18,9	940	20,7	1030	19,0	946	14,3	712	16,3	814
		1130		1001		1148		1054		778		935
16	11,0	58	6,3	33	10,4	55	10,0	53	7,3	39	12,0	63
	6,6	58	2,2	19	6,2	54	5,1	44	1,7	15	5,9	51
	23,2	1156	21,7	1082	23,1	1153	21,3	1063	16,3	814	18,5	924
		1272		1134		1262		1160		867		1038
17	8,8	46	3,7	19	7,7	41	7,1	37	4,2	22	9,3	49
	12,5	109	7,7	66	11,9	103	10,1	88	5,3	46	8,8	76
	24,4	1215	22,7	1132	23,9	1189	22,0	1095	16,8	835	19,2	957
		1370		1218		1333		1219		903		1083
18	7,7	41	2,1	11	6,2	33	5,3	28	2,4	13	7,9	42
	18,6	161	13,4	116	17,8	154	15,3	133	9,1	79	11,8	103
	24,4	1216	22,3	1113	23,4	1166	21,5	1070	16,2	808	19,1	951
		1418		1240		1353		1231		899		1095
19	7,1	37	1,0	5	5,0	27	4,1	22	1,1	6	7,2	38
	19,2	167	13,5	117	17,9	156	15,4	134	9,0	78	12,1	105
	22,7	1130	20,0	996	21,1	1054	19,3	960	14,1	701	17,5	874
		1334		1119		1236		1115		785		1017

Tabella 8.1.2.3-h Carichi dell'ingresso per trasmissione attraverso superfici opache.

I risultati invece inferiori ottenuti in regime dinamico sono:

1. Atrio- Mensa

   le chiusure considerate sono

Esposizioni	S	Yie
parete NE	99	0,07
parete S	189	0,07
tetto soleggiato	423	0,05

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	14,4	100	14,8	103	18,7	130	15,8	110	16,9	117	5,6	39
	-2,5	-33	-3,5	-46	1,0	13	-2,5	-33	-3,5	-46	-2,5	-33
	-1,3	-29	-2,3	-49	2,2	46	-1,4	-29	-2,5	-53	-1,7	-36
		38		8		189		48		18		-30
9	15,0	104	15,4	107	18,8	130	15,9	110	17,5	122	6,2	43
	1,6	21	0,2	3	4,4	58	2,2	29	2,0	26	3,6	48
	-0,8	-16	-1,7	-37	2,2	47	-0,8	-17	-1,9	-39	-1,0	-20
		109		73		236		123		109		71
10	15,6	108	15,6	108	18,9	131	16,1	111	17,7	123	6,8	47
	4,1	55	2,0	26	6,3	83	5,0	66	4,8	63	7,3	96
	0,9	18	-0,6	-13	3,4	72	0,8	17	-0,8	-17	0,5	11
		181		122		286		195		169		154
11	12,1	84	11,2	78	14,7	102	12,3	85	12,8	89	5,4	37
	13,0	171	9,4	124	14,1	187	15,1	200	16,3	216	20,8	275
	4,9	103	3,1	65	7,0	148	4,8	101	2,3	48	3,7	78

		358		266		437		387		353		390
12	8,7	60	7,0	48	10,7	74	8,7	60	8,1	56	4,0	28
	20,2	267	15,3	202	20,4	270	23,4	310	25,6	339	31,8	421
	8,8	185	6,5	138	10,4	220	8,6	182	5,4	114	7,1	149
		512		389		564		552		510		598
13	7,9	55	5,4	38	9,2	64	7,5	52	6,3	43	4,5	31
	23,8	315	18,2	241	23,4	310	27,4	362	29,5	391	36,6	484
	12,9	272	10,2	216	14,1	298	12,7	268	8,6	183	10,4	221
		641		495		671		682		617		736
14	7,0	48	3,8	27	7,7	53	6,2	43	4,3	30	4,9	34
	25,5	337	19,4	256	24,6	326	29,1	384	30,7	407	38,3	506
	16,9	357	13,8	293	17,6	373	16,6	351	11,8	249	13,8	291
		742		576		752		779		686		831
15	7,4	51	3,6	25	7,5	52	6,2	43	4,0	28	5,7	40
	22,7	300	16,5	219	21,5	285	25,6	339	25,8	342	33,1	439
	20,3	429	16,9	358	20,7	437	20,0	423	14,3	302	16,3	345
		780		601		774		804		672		824
16	7,8	54	3,5	24	7,4	51	6,1	42	3,8	26	6,5	45
	20,1	265	13,9	183	18,7	247	22,4	297	21,3	282	28,5	376
	23,2	491	19,4	411	23,1	489	22,8	483	16,3	345	18,5	392
		810		618		787		822		654		813
17	7,7	53	2,8	20	6,8	47	5,6	39	3,1	21	6,7	46
	14,2	188	8,2	109	12,7	168	15,5	205	12,5	165	19,0	251
	24,4	516	20,2	427	23,9	504	24,0	507	16,8	354	19,2	406
		756		555		719		751		541		703
18	7,6	52	2,2	15	6,1	42	5,0	35	2,3	16	7,0	48
	9,9	131	4,0	53	8,2	109	10,5	139	5,8	77	11,9	158
	24,4	516	19,7	417	23,4	495	24,0	507	16,2	343	19,1	403
		700		485		646		680		435		610
19	6,4	44	0,4	3	4,4	30	3,4	24	0,4	3	6,4	44
	6,4	85	0,4	5	4,4	58	6,4	85	0,4	5	6,4	85
	22,7	479	17,5	369	21,1	447	22,3	471	14,1	298	17,5	371
		608		377		536		579		306		500

Tabella 8.1.2.3-i Carichi dell'atrio per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche.

2. Aule

le chiusure considerate sono

Esposizioni	S	Yie
tetto soleggiato	46	0,02

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	-1,3	45	-2,3	44	2,2	48	1,1	47	-2,5	43	-1,7	44
9	-0,8	45	-1,7	44	2,7	49	1,7	48	-1,9	44	-1,0	45
10	0,9	47	-0,1	46	4,4	50	3,3	49	-0,3	46	0,5	47
11	4,9	51	4,1	50	8,5	55	7,3	53	3,3	49	3,7	50
12	8,8	55	8,0	54	12,4	58	11,1	57	6,9	53	7,1	53
13	12,9	59	12,2	58	16,6	63	15,2	61	10,6	57	10,4	56
14	16,9	63	16,3	62	20,6	67	19,1	65	14,3	60	13,8	60
15	20,3	66	19,9	66	24,2	70	22,5	68	17,3	63	16,3	62

16	23,2	69	22,9	69	27,1	73	25,3	71	19,8	66	18,5	65
17	24,4	70	24,2	70	28,4	74	26,5	72	20,8	67	19,2	65
18	24,4	70	24,2	70	28,4	74	26,5	72	20,7	67	19,1	65
19	22,7	69	22,5	68	26,6	73	24,8	71	19,1	65	17,5	64

Tabella 8.1.2.3-l Carichi delle aule per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche.

3. Ingresso

le chiusure considerate sono

Esposizioni	S	Yie
parete SE	17	0,08
parete NO	28	0,08
tetto soleggiato	213	0,04

	MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE	
	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]	Δte	Qt2 [W]
8	0,4	0	-0,8	-1	3,8	5	3,1	4	-0,2	0	0,9	1
	-2,5	-6	-3,5	-8	1,0	2	0,0	0	-3,5	-8	-2,5	-6
	-1,3	-11	-2,1	-18	2,2	19	1,1	10	-2,5	-21	-1,7	-14
		-17		-27		26		14		-30		-19
9	9,6	13	8,1	11	12,3	17	12,5	17	10,2	14	11,5	16
	-1,9	-4	-2,9	-6	1,1	2	0,1	0	-2,9	-6	-1,9	-4
	-0,8	-7	-1,7	-14	2,2	19	1,2	10	-1,9	-16	-1,0	-8
		2		-10		38		28		-9		3
10	14,5	20	12,3	17	16,6	23	17,3	24	15,2	21	17,2	23
	-1,4	-3	-2,9	-6	1,1	2	0,1	0	-2,9	-6	-1,4	-3
	0,9	7	-0,4	-4	3,4	29	2,3	20	-0,8	-7	0,5	4
		24		7		54		44		7		25
11	17,3	24	14,5	20	18,9	26	19,9	27	17,8	24	20,4	28
	-0,2	0	-2,2	-5	1,8	4	0,8	2	-2,4	-5	-0,5	-1
	4,9	42	3,7	31	7,0	60	5,8	49	2,3	19	3,7	31
		65		46		89		78		38		58
12	19,9	27	16,5	22	20,9	28	22,1	30	20,2	27	23,3	32
	1,0	2	-1,4	-3	2,6	6	1,5	3	-1,9	-4	0,3	1
	8,8	75	7,4	63	10,4	89	9,1	78	5,4	46	7,1	60
		104		82		123		111		69		92
13	18,0	24	14,3	19	18,6	25	19,4	26	17,3	24	20,8	28
	3,4	8	0,4	1	4,5	10	3,2	7	-0,3	-1	2,2	5
	12,9	110	11,4	97	14,1	120	12,7	108	8,6	74	10,4	89
		142		118		155		142		96		122
14	16,8	23	12,7	17	17,0	23	17,5	24	15,2	21	19,1	26
	4,5	10	1,0	2	5,0	11	3,9	9	0,5	1	3,7	8
	16,9	144	15,4	131	17,6	150	16,1	137	11,8	101	13,8	117
		177		150		185		170		122		152
15	13,4	18	9,0	12	13,2	18	13,2	18	10,7	15	15,0	20
	5,5	12	1,6	4	5,6	13	4,5	10	1,1	2	4,8	11
	20,3	173	18,9	161	20,7	176	19,0	162	14,3	122	16,3	139
		204		176		207		190		139		170
16	11,0	15	6,3	9	10,4	14	10,0	14	7,3	10	12,0	16

	6,6	15	2,2	5	6,2	14	5,1	11	1,7	4	5,9	13
	23,2	198	21,7	185	23,1	197	21,3	182	16,3	139	18,5	158
		228		198		225		207		153		187
17	8,8	12	3,7	5	7,7	11	7,1	10	4,2	6	9,3	13
	12,5	28	7,7	17	11,9	27	10,1	23	5,3	12	8,8	20
	24,4	208	22,7	194	23,9	203	22,0	187	16,8	143	19,2	164
		248		216		240		219		160		196
18	7,7	10	2,1	3	6,2	8	5,3	7	2,4	3	7,9	11
	18,6	42	13,4	30	17,8	40	15,3	34	9,1	20	11,8	26
	24,4	208	22,3	190	23,4	199	21,5	183	16,2	138	19,1	163
		260		223		247		225		162		200
19	7,1	10	1,0	1	5,0	7	4,1	6	1,1	2	7,2	10
	19,2	43	13,5	30	17,9	40	15,4	34	9,0	20	12,1	27
	22,7	193	20,0	170	21,1	180	19,3	164	14,1	120	17,5	149
		246		202		227		204		142		186

Tabella 8.1.2.3-m Carichi dell'ingresso per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche.

Confrontando graficamente e numericamente la differenza riscontrata considerando o meno l'accumulo otteniamo:

	Data	calcolo con U	calcolo con Yie
Atrio-Mensa	Agosto h 16.00	2484	822
Aule	Luglio h 17-18.00	75	74
Ingresso	Maggio h 18.00	1418	260

Tabella 8.1.2.3-n Confronto dei carichi per trasmissione in regime stazionario e periodico.

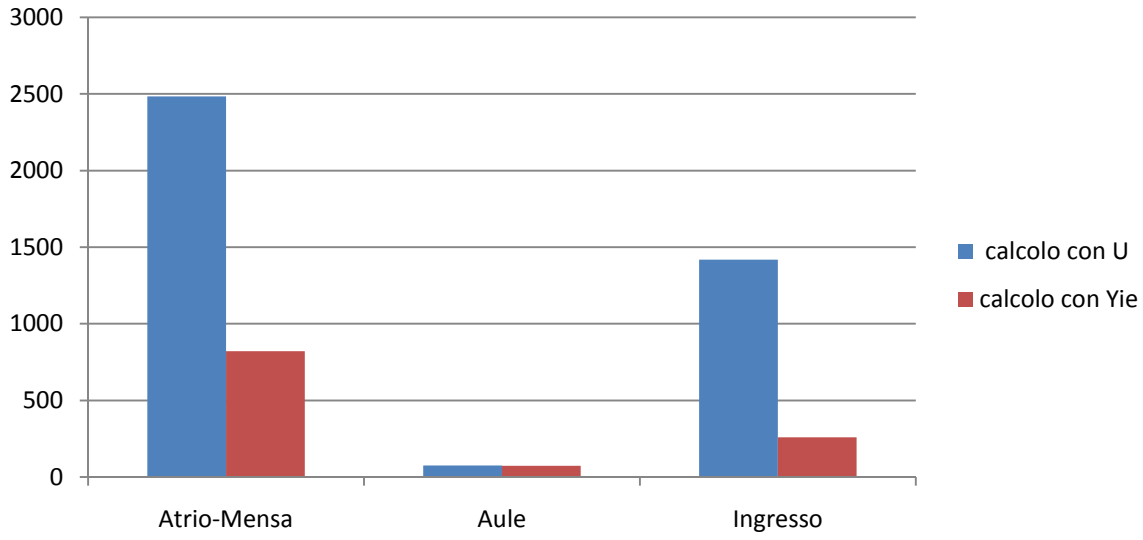


Grafico 8.1.2.2-c Confronto dei carichi per trasmissione in regime stazionario e periodico.

8.1.3 CARICHI INTERNI: MACCHINARI, ILLUMINAZIONE, PERSONE

Un contributo non trascurabile per la definizione del carico termico totale a carico dell'impianto di raffreddamento è rappresentato inoltre dai contributi di calore sensibile e latente, generato all'interno dell'ambiente, da parte di:

- Persone;
- Illuminazione;
- Apparecchiature/macchine presenti in ambiente.

Anche per questi carichi, come per i carichi esterni, andiamo a fare un calcolo solamente su itre locali principali: atrio-mensa, aule e ingresso.

8.1.3.1 Persone

Tutti noi scambiamo calore sensibile e latente con l'ambiente che ci circonda.

E' tuttavia noto che ciò che scambiamo ed il modo stesso in cui lo facciamo è strettamente legato al tipo di attività svolta, alle condizioni termoigrometriche dell'aria. Infatti, un lavoro "sedentario leggero" comporta uno scambio termico sensibile e latente di minore entità rispetto a quello "messo in gioco" in un lavoro di tipo "pesante", così come a parità di condizioni, il calore totale emesso da un soggetto maschio è sensibilmente maggiore di quello emesso da un soggetto donna (15% in più).

Nella pratica impiantistica si suole spesso introdurre un fattore di contemporaneità per affollamento. L'introduzione di tale fattore trova la sua motivazione nel fatto che è comunque difficile che il numero massimo di persone previste sia effettivamente presente e qualora lo fosse si abbia certezza sul numero realmente presente ad un dato istante e sul tipo di attività che si sta svolgendo. Nel calcolo di seguito presentato si è scelto però di non far ricorso a tale indice ma di eseguire una valutazione più dettagliata; conoscendo infatti le varie attività svolte nell'edificio si è eseguita una stima oraria delle possibili persone presenti in ogni ambiente.

Le attività che si considera svolgano le diverse persone, con i relativi calori prodotti vengono riportati nella tabella che segue:

	26℃		27℃		28℃	
	Sens. [W]	*Lat. [W]*	*Sens. [W]*	*Lat. [W]*	*Sens. [W]*	*Lat. [W]*
Seduto a riposo	60	47	55	50	50	50
Seduto lavoro leggero	65	63	60	65	55	65
Seduto mangiando	75	95	70	100	65	105
In piedi movimento leggero	64	78	60	80	55	85

I valori utilizzati però sono stati ridotti, in base all'attività , tra un 5% e un 10%, in quanto le principali persone presenti nell'edificio sono bambini molto piccoli, al di sotto dei 3 anni.
I valori ottenuti, valutati ogni ora dei mesi più caldi sono:

Atrio – Mensa:

Ora [h]	*Seduto lavoro leggero*			*in piedi leggero movimento*			*in movimento*			*Tot*
	n°	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*[W]*
8	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
9	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
10	17	1003	1496	17	2288	5330	26	2288	5330	17735
11	7	413	616	12	708	876	21	1848	4305	8766
12	90	5310	7920	8	472	584	2	176	410	14872
13	90	5310	7920	4	236	292	6	528	1230	15516
14	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
15	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
16	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
17	26	1534	2288	31	1829	2263	43	3784	8815	20513
18	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
19	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0

Aule :

Ora [h]	*Seduto lavoro leggero*			*in piedi leggero movimento*			*in movimento*			*Tot*
	n°	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*[W]*
8	3	177	264	4	236	292	7	616	1435	3020
9	5	295	440	4	236	292	9	968	2255	4486
10	6	354	528	3	177	219	11	968	2255	4501
11	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
12	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
13	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
14	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
15	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
16	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
17	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
18	8	472	704	5	295	365	2	176	410	2422
19	5	295	440	3	177	219	2	176	410	1717

Ingresso:

Ora [h]	*Seduto lavoro leggero*			*in piedi leggero movimento*			*in movimento*			*Tot*
	n°	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*n°*	*Sen*	*Lat*	*[W]*
8	12	684	540	6	354	438	9	792	1845	4653
9	4	228	180	3	177	219	5	440	1025	2269
10	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
11	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
12	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
13	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
14	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
15	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
16	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0
17	7	399	315	3	399	315	5	440	1025	2893
18	13	741	585	4	236	292	7	616	1435	3905
19	8	456	360	3	177	219	5	440	1025	2677

8.1.3.2 Illuminazione

I carichi interni dovuti ad illuminazione richiedono, unitamente a quelli dovuti alle persone, un attenta valutazione in quanto una non corretta individuazione degli stessi potrebbe portare a commettere errori anche sostanziali nella stima dei carichi ambiente. Occorre precisare che ciò che viene assorbito dalle lampade in termini di potenza elettrica non si traduce interamente in carico termico; nelle lampade incandescenti una parte della potenza assorbita (10% circa) è trasformata in energia luminosa, mentre la rimanente porzione la ritroviamo sottoforma di calore dissipato nell'ambiente per radiazione (80%), convezione e conduzione (10%). Tale calore assorbito dalle strutture di delimitazione viene successivamente rilasciato da porte, muri, pavimento etc….

Tale energia assorbita contribuisce, dunque, alla definizione del carico di raffreddamento anche dopo la chiusura delle luci, visto lo sfasamento temporale indotto dai fenomeni di accumulo termico nelle strutture.

Le lampade fluorescenti trasformano in energia luminosa circa il 25% di ciò che assorbono, un altro 25% lo scambiano per irraggiamento ed il rimanente 50 % per convezione e conduzione. In aggiunta a questo occorre considerare, per tali lampade, una maggiorazione del 25% per effetto del calore dissipato nello starter.

Un valore abbastanza utilizzato per la stima dei carichi dovuti all'illuminazione è 12 W/m² , valore che può salire anche a 20 W/m² in assenza di dati precisi.

Si è deciso in questa trattazione di considerare come valore approssimativo 15 W/m² e si è eseguita una stima delle ore di utilizzo delle lampade grazie allo studio delle ombre eseguito con il programma informatico Ecotect, approssimando per eccesso il risultato, considerando i

mesi di Maggio e Ottobre e preventivando il medesimo utilizzo anche per i mesi estivi; abbiamo così ottenuto:

	sup. [m²]	*Carichi [W/m²]*	*h di utilizzazione luci*											
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Atrio - Mensa	490	7350	x									x	x	x
Aule	45	675	x	x										x
Ingresso	195	2925	x	x	x								x	x

8.1.3.3 Macchinari

Alla definizione del carico termico totale contribuiscono altre sorgenti che possono essere presenti in ambiente e che dissipano in esso parte dell'energia elettrica assorbita.
Stiamo parlando in particolare di macchine fotocopiatrici, computer, stampanti etc.., per i quali si può considerare mediamente un valore di 20 ÷ 25 W/m2 che può arrivare fino a 40 ÷ 45 W/m2 nel caso in cui, ad esempio, si abbia un'alta densità di computer.
A ciò occorre aggiungere i carichi sviluppati in ambiente da motori elettrici eventualmente presenti e quelli comunque generati da eventuali altre sorgenti in relazione alla destinazione d'uso dei locali.
Per ciò che riguarda i locali in cui stiamo eseguendo la valutazione dei carichi i macchinari presenti sono davvero limitati, anzi nelle aule e nell'atrio-mensa non è stato considerato alcun carichi interno dovuto a macchinari elettrico poiché non vi si stima la presenza; per l'ingesso invece, ospitane il bar i macchinari utilizzati previsti sono:

ELETTRODOMESTICO	W tot	Sensibile	Latente
4 macchine caffe, riserva 17l	1758	1406	352
Bricco 10 l	1085	762	498
Piastra scaldante per mq di superficie attiva	8670	5600	3070
Tostapane automatico	850	718	132
Frigorifero	60	60	

Qui non solo è stata fatta una stima delle ore di utilizzo ma è stata assegnata a ogni elettrodomestico una percentuale di utilizzo oraria considerando le ore di maggior affluenza, ottenendo:

Ora [h]	*4 macchine caffe, riserva 17l*			*Bricco 10 l*			*Piastra scaldante per mq di superficie attiva*			Tostapane automatico			Frigorifero			*Tot [W]*
	%	*Sen*	*Lat*	*%*	*Sen*	*Lat*	*%*	*Sen*	*Lat*	*%*	*Sen*	*Lat*	*%*	*Sen*	*Lat*	
8	0,5	703	176	0,1	76	50	0,2	1120	614	0,2	144	26	0,2	12	0	2921
9	0,6	844	211	0,2	152	100	0,3	1680	921	0,3	215	40	0,3	18	0	4180,8
10	0,1	141	35	0,1	76	50	0,1	560	307	0,2	144	26	0,1	6	0	1344,8
11	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
12	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
13	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
14	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
15	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
16	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0,1	6	0	6
17	0,1	141	35	0,1	76	50	-	0	0	-	0	0	0,2	12	0	313,8
18	0,2	281	70	0,2	152	100	-	0	0	0,1	72	1,1	0,3	18	0	694,5
19	0,1	141	35	-	0		-	0	0	-	0	0	0,2	12	0	187,8

8.1.4 Risultati ottenuti

Riportiamo di seguito i carichi termici massimi orari per ogni mese. Dai risultati è immediato osservare come eseguire la scelta semplicistica di andare ad esaminare solamente le ore centrali del mese di Luglio ci avrebbe portati ad un errore non poco rilevante; notiamo infatti che i picchi nei diversi ambienti avvengono in mesi e orari differenti, come la logica ci aveva già invitato a pensare, dato che il carico determinante è quello di irraggiamento ed avendo le aperture diverso orientamento.

I risultati di seguito riportati sono dati dalla somma del carico d'irraggiamento considerando il fattore d'accumulo, della trasmissione attraverso il vetro, quella attraverso le pareti opache, tenendo in considerazione l'aspetto dinamico e i carichi interni. Non sono stati considerati invece i carichi di ventilazione, i quali non sono presenti in quanto prevediamo la realizzazione di un impianto ad aria.

Atrio – Mensa:

	Maggio	*Giugno*	*Luglio*	*Agosto*	*Settembre*	*Ottobre*
8	45399	50342	50379	45907	56550	24865
9	36597	41247	41455	37490	47365	17847
10	39402	42992	43657	40862	48148	25577
11	29359	32393	32881	31665	36710	20227
12	31582	34227	35596	34383	38207	24816
13	29839	32278	33877	33056	35866	24589
14	13831	16160	17835	17124	19033	9254
15	12644	14929	16720	16051	17505	8471

16	10461	12740	14564	13780	14613	6197
17	33477	35723	30174	29456	29767	29521
18	7384	9077	11057	3608	9161	6673
19	6495	8127	10015	9881	8188	5854

Aule:

	Maggio	*Giugno*	*Luglio*	*Agosto*	*Settembre*	*Ottobre*
8	6207	3712	3757	3726	3547	3297
9	7254	4553	4599	4568	4376	4113
10	7063	4604	4655	4624	4436	4178
11	6756	4974	5028	4998	4828	4590
12	2120	964	1027	999	844	629
13	1563	867	937	914	766	565
14	1322	835	907	885	744	547
15	1063	787	863	839	702	508
16	900	749	827	802	667	472
17	720	696	773	747	612	422
18	2124	2206	2289	2282	2209	2092
19	2157	2237	2316	2307	2239	2128

Ingresso:

	Maggio	*Giugno*	*Luglio*	*Agosto*	*Settembre*	*Ottobre*
8	11907	12839	13001	12332	10580	8804
9	14084	14897	15120	14625	13194	11676
10	13118	13815	14087	13682	12404	11016
11	7849	8525	8836	8529	7450	6220
12	3466	4112	4477	4210	3186	2029
13	3230	3862	4267	4043	3057	1958
14	3527	4196	4592	4319	3235	2040
15	5488	6367	6699	6151	4497	2814
16	8533	9712	9926	8978	6463	4046
17	13429	14858	14959	13701	10482	7495
18	7079	7530	8020	7963	7503	6859
19	5285	5719	6187	6119	5692	5090
	96995	106430	110171	104652	87743	70049
	8,08	8,87	9,18	8,72	7,31	5,84

Per mostrare ora il differente contributo dei carichi li rappresentiamo tramite diagrammi a torta nel mese più critico di ogni ambiente:

Atrio – Mensa : Mese di Settembre

Il carico massimo per l'atrio – mensa viene raggiunto alle ore 8.00 di Settembre. Riportiamo ora la tabella che pone a confronto il guadagno ottenuto utilizzando vetri basso emissivi e sistemi di schermatura. Nel grafico viene riportata la ripartizione dei carichi termici dell'ambiente in esame.

	IRRAGGIAMENTO	TRAS. VETRI	TRAS. MURI	PERSONE	MACCHINARI	ILLUMINAZIONE	TOT. [W]	TOT. [W/m²]
Q1	51932	-2750	18	0	0	7350	56550	115
Q2	63101	-5240	1	0	0	7350	65212	133

Q1 = carichi ridotti grazie all'impiego di vetri basso emissivi e sistemi di schermatura;

Q2 = carichi senza utilizzo di sistemi passivi.

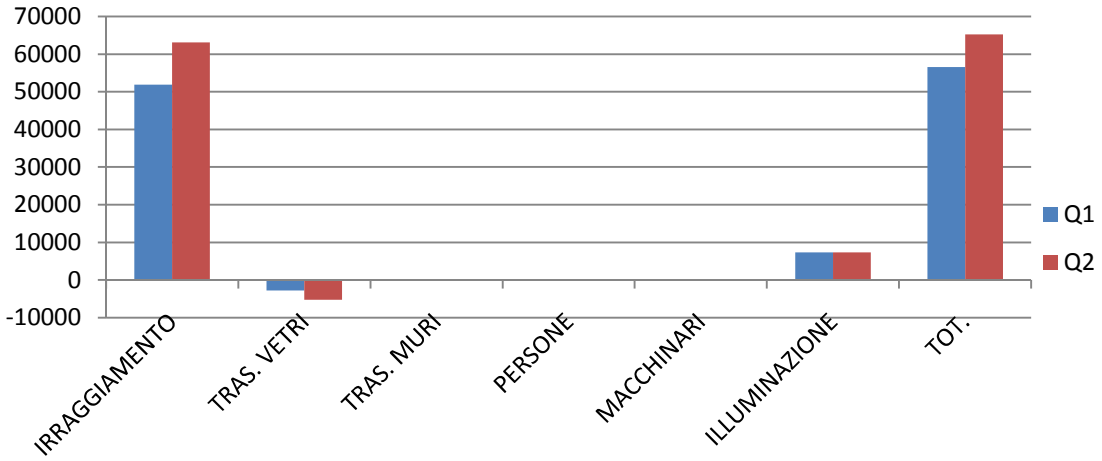


Grafico 8.1.4-a Confronto tra i differenti carichi presenti nell'atrio-mensa

Possiamo notare che le strategie adottate portano ad un guadagno di circa 20W/m² nel momento di picco; anche se il guadagno può risultare maggiore in altri momenti dell'anno.

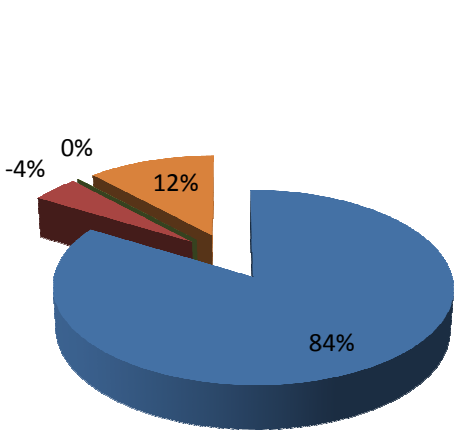


Grafico 8.1.4-b. Partizione dei carichi Q1

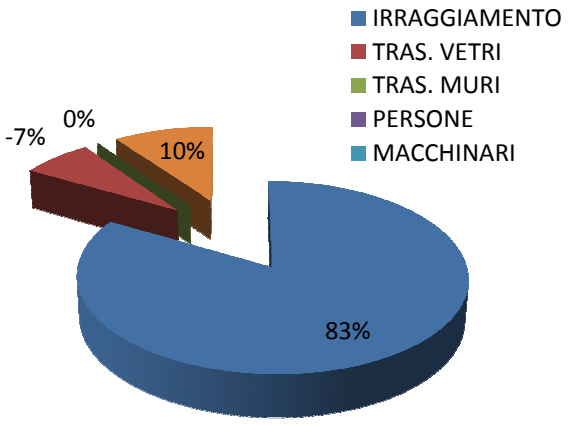


Grafico 8.1.4-c. Partizione dei carichi Q2

Possiamo notare come nonostante l'impiego di sistemi per la riduzione del carico dovuto ad irraggiamento, questo permane il maggiore; è comunque da tenere in considerazione il fatto che con i metodi adottati non si è ridotto solo il carico per irraggiamento ma anche quello per trasmissione e il peso sul totale di ogni carico permane il medesimo.

Aule : Mese di Luglio

A differenza dell'ambiente precedente possiamo qui notare l'influente contributo delle persone le quali generano il carico maggiore; con l'utilizzo delle strategie scelte però abbiamo potuto comunque dimezzare i carichi totali registrando un calo peggiore al 50% nei carichi dovuti all'irraggiamento.

	IRRAGGIAMENTO	TRAS. VETRI	TRAS. MURI	PERSONE	MACCHINARI	ILLUMINAZIONE	TOT. [W]	TOT. [W/m²]
Q1	1046	58	55	3870	-	-	5029	112
Q2	2967	97	55	3871	-	-	6990	155

Q1 = carichi ridotti grazie all'impiego di vetri basso emissivi e sistemi di schermatura;
Q2 = carichi senza utilizzo di sistemi passivi.

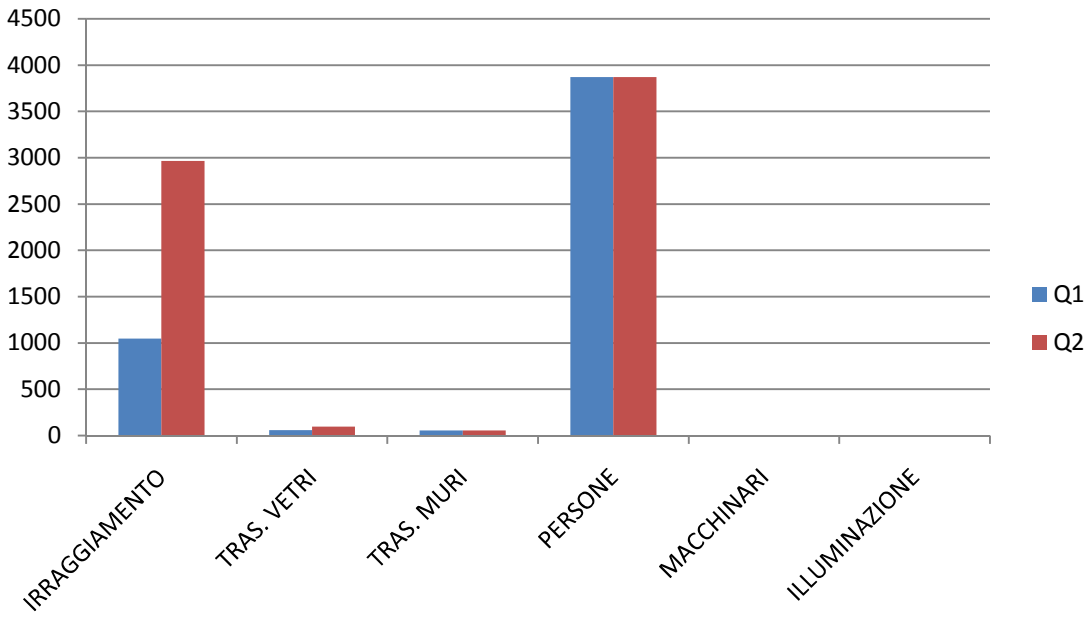


Grafico 8.1.4-d Confronto tra i differenti carichi presenti nelle aule

È evidente come non siamo intervenuti sul massimo carico essendo questo dipendente dalla quantità di persone presenti nell'ambiente considerato.

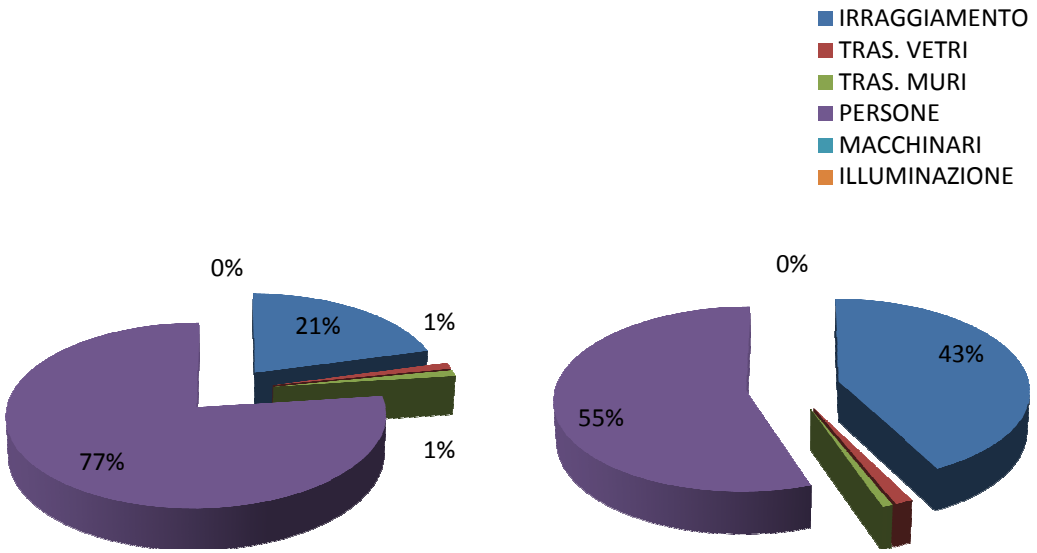


Grafico 8.1.4-e Partizione dei carichi Q1

Grafico 8.1.4-f. Partizione dei carichi Q2

Ingresso : Mese di Luglio

Per l'ingresso si è solo eseguito il confronto tra l'utilizzo di vetri basso emissivi e semplici vetrocamere; il risultato è riportato e illustrato di seguito.

	IRRAGGIAMENTO	TRAS. VETRI	TRAS. MURI	PERSONE	MACCHINARI	ILLUMINAZIONE	TOT. [W]	TOT. [W/m²]
Q1	11614	500	216	2214	314	-	14858	70
Q2	14932	843	1218	2214	314	-	19521	92

Q1 = carichi ridotti grazie all'impiego di vetri basso emissivi e sistemi di schermatura;

Q2 = carichi senza utilizzo di sistemi passivi.

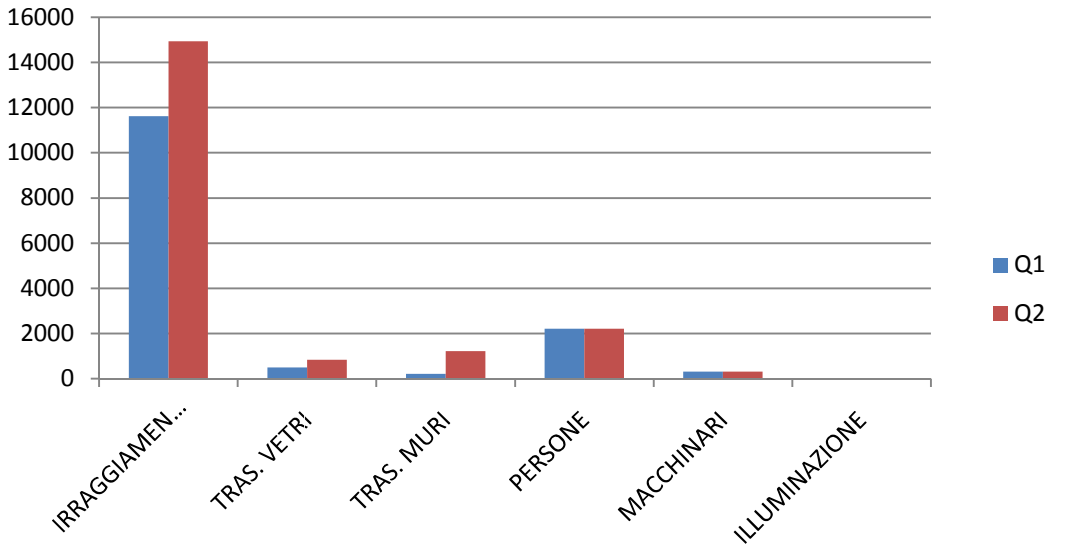


Grafico 8.1.4-g Confronto tra i differenti carichi presenti nell'ingresso

Anche qui come nel caso dell'atrio il carico più pesante risulta essere quello dovuto a irraggiamento e, seppur calato con l'ausilio di vetri basso emissivi risulta comunque il predominante.

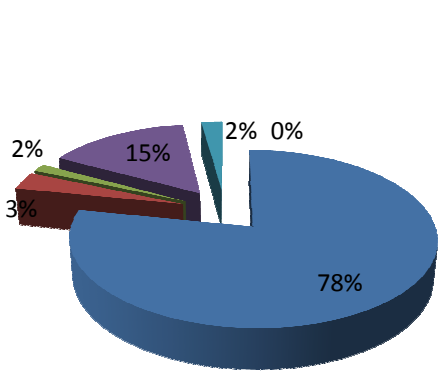


Grafico 8.1.4-h. Partizione dei carichi Q1

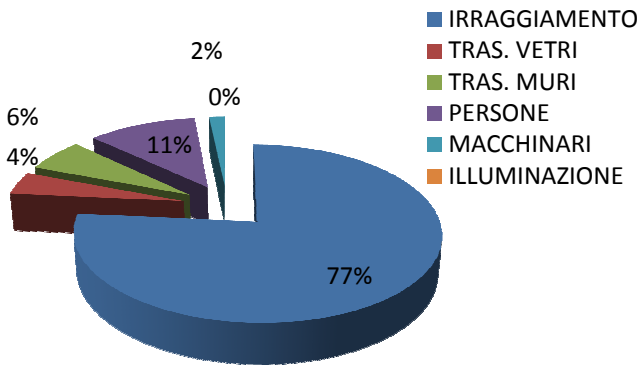


Grafico 8.1.4-i Partizione dei carichi Q2

8.2 DISPERSIONI INVERNALI

La formula fondamentale per la determinazione del flusso di calore che attraversa una generica parete di un locale dall'interno verso l'esterno è:

$$Q_D = A \; x \; U \; x \; (T_i - T_e) \; x \; a$$

Dove:

Q_D = carichi dovuti a dispersione;

A = area della parete considerata;

U = trasmittanza termica della parete;

T_i = temperatura dell'aria interna;

T_e = temperatura dell'aria esterna;

a = coefficiente correttivo dovuto all'orientamento.

Prima però di procedere con l'applicazione della suddetta formula, è necessario fare alcune importanti considerazioni riguardo la sua applicabilità.

La formula è valida nel caso in cui si abbia la *propagazione monodimensionale del calore*, ovvero quando la direzione del flusso termico attraverso la parete che si va a calcolare è univoca. Se definiamo "campo termico" la distribuzione delle temperature nello spazio, possiamo ritenere che esso sia costante nel nostro caso poiché essendo costanti nel tempo Ti e Te per l'ipotesi fondamentale di *regime stazionario*, le temperature superficiali delle due facce che delimitano la parete e che innescano la componente conduttiva dello scambio termico saranno uguali in ogni punto. Se tali superfici sono isoterme, il flusso di calore che attraversa ogni porzione discreta di parete *dA* nell'unità di tempo è costante e le linee di flusso saranno tutte parallele tra loro ed ortogonali alle superfici isoterme. Poiché la normativa considera come parete una struttura delimitata da superfici anche non piane ma comunque parallele, se la direzione del flusso è normale alle isoterme sarà normale anche alle superfici della parete. Verificata l'ipotesi che non ci siano perdite di calore attraverso i bordi della struttura, la formula è applicabile: ogni difformità nel campo termico renderebbe non monodimensionale la propagazione del calore e senza questa condizione la formula non può essere utilizzata: per questo si considerano assenti i ponti termici, vantaggio ottenuto dalla tipologia edilizia scelta.

La normativa raccomanda inoltre che per l'applicabilità della formula la superficie esterna della parete considerata non sia insolata, o meglio prescrive che la sua temperatura non sia molto dissimile dalla temperatura dell'aria esterna e dalla temperatura media radiante dell'ambiente esterno. Questo per ricordare che fenomeni di scambio termico radiativo di una certa entità che possono verificarsi sulla superficie esterna della parete e soprattutto il fenomeno dell'irraggiamento solare diretto porterebbero a forti interazioni termiche di cui la precedente formula così com'è formulata non può tener conto. Le ipotesi del regime invernale portano a trascurare gli apporti solari perché il fenomeno è poco rilevante in questo periodo a differenza di

quanto avviene nel calcolo estivo,quando l'irraggiamento è un parametro climatico fondamentale. Riguardo alle Ti e Te da considerare bisogna far riferimento a diverse normative: per la determinazione di Ti si fa affidamento al DPR 412/93 il quale fissa un *limite superiore* alla temperatura dell'aria da assumersi negli ambienti per limitare il consumo energetico, compatibilmente con quelle temperature che a seconda della destinazione d'uso realizzano sensazioni confortevoli. Le sensazioni favorevoli però non dipendono solamente dalla temperatura interna ma altri due fattori determinanti sono la temperatura a bulbo secco dell'aria e la temperatura media radiante.

Per tener conto almeno di questi due principali fattori, la UNI 7357 definisce come *temperatura operante* la media aritmetica tra la temperatura dell'aria Ti e la temperatura media radiante rispetto all'occupante: quest'ultima, il cui calcolo preciso è complesso perché si basa sui fattori di vista tra il soggetto e l'involucro edilizio circostante perché coinvolge scambi termici di origine radiativa, si può ritenere con accettabile approssimazione come la media ponderale di tutte le temperature delle superfici del locale.

In ambienti dove esistono palesi difformità nella temperatura delle superfici dell'involucro che possono dare origine a fenomeni di discomfort localizzato si impone che la *temperatura operante debba restare pari alla temperatura prevista per il locale*, tanto da far fronte ad ogni diminuzione della temperatura media radiante con un corrispondente aumento equivalente della Ti. Viene riportata di seguito la tabella contenuta nel DPR 412/93:

LOCALI	t_i IN C°
• Locali di abitazione, studio o ufficio destinati al soggiorno diurno di persone che si trovano in riposo, oppure a leggere, scrivere, conversare	18 ÷ 21
• Locali di abitazione destinati al solo riposo notturno	17 ÷ 19
• Stanze di albergo, ospedale ecc., destinate al soggiorno diurno e notturno	18 ÷ 20
• Locali come negozi, magazzini ecc., ove i clienti non si spogliano del soprabito ed il personale svolge un'attività moderata di regola in piedi	14 ÷ 16
• Locali come chiese, mostre e musei ove il pubblico non si spoglia del soprabito	12 ÷ 14
• Locali pubblici come cinema, teatri e ristoranti ove il pubblico si spoglia del soprabito	16 ÷ 18
• Locali pubblici come teatri d'opera e ristoranti di lusso ove si indossano abiti da sera	18 ÷ 20
• Locali di comunità (collegi, caserme) destinati al soggiorno di più persone (dormitori)	15 ÷ 17
• Locali di comunità destinati al soggiorno diurno di più persone in riposo oppure occupate a leggere, scrivere, conversare (sale di lettura e di ritrovo, aule)	17 ÷ 19
• Mense o spogliatoi di comunità o stabilimenti ove la permanenza è di breve durata	16 ÷ 18
• Locali di passaggio comune: scale, atri, disimpegni	12 ÷ 14
• Locali di sosta limitata per persone che svolgono lavori leggeri o mansioni di custodia (magazzini, archivi)	14 ÷ 16
• Docce, piscine, sale da bagno, sale per visite mediche ove le persone si spogliano	22 ÷ 24
• Sale operatorie come da prescrizioni speciali	24 ÷ 30
• Palestre e sale da giuochi pesanti, sale da ballo	12 ÷ 14
• W.C.: la stessa temperatura dei locali da essi serviti	
• Locali industriali: temperatura corrispondente all'attività che vi si svolge compatibilmente con le esigenze tecnologiche	

Per la definizione di Te invece non è corretto considerare la temperatura minima registrata in quanto ciò porterebbe ad un sovradimensionamento dell'impianto il quale sarebbe in grado di fornire una potenza di picco maggiore della necessaria, maggiore rispetto alle reali condizioni termiche "medie" di esercizio e ciò andrebbe in direzione contraria al risparmio energetico.
Un metodo ritenuto buono è quello che definisce la Te come la media delle temperature minime assolute del mese più freddo calcolata su di un certo numero di anni. Essa è assunta pari alla temperatura a cui corrisponde una *frequenza cumulata* del 99% per gli edifici leggeri e del 97,5% per gli edifici pesanti o normali, dove per "frequenza cumulata" s'intende la percentuale dei valori orari di temperatura che risultano superiori ad un determinato limite.
I valori da noi assunti sono:

$$Ti = 20°C$$
$$Te = 5°C$$
$$\Delta T = (T_i - T_e) = 15°C$$

Un altro parametro che influenza il calcolo della potenza termica dispersa dall'edificio
è l'esposizione delle pareti e degli altri elementi di confine dell'involucro edilizio. È bene, pertanto, considerare i coefficienti correttivi da applicare alle diverse superfici dell'edificio, indicati dalla norma UNI 7357-74. Nella tabella seguente vengono riportati i valori dei coefficienti di esposizione per ciascun orientamento:

ORIENTAMENTO	COEFFICIENTE CORRETTIVO
S, orizz.	1.00
SO	1.02 - 1.05
O, SE	1.05 - 1.10
NO, E	1.10 - 1.15
N, NE	1.15 - 1.20

Le dispersioni invernali sono date dalla somma di due componente:

- le dispersioni attraverso le superfici opache = Q_{d1}
- le dispersioni attraverso le superfici vetrate = Q_{d2}

8.2.1 RISULTATI

Atrio - Mensa	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NE	99	0,176	15	1,20	313,63
Parete S	189	0,176	15	1,00	498,96
Tetto	423	0,169	15	1,00	1072,31
Vetro NE	170	1,6	15	1,20	4896,00
Vetro S	143	1,2	15	1,00	2574,00
				tot.	9354,90

Aule	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Tetto	46	0,21	15	1,00	144,90
Vetro E	12	1,6	15	1,15	331,20
				tot.	476,10

Ingresso	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	28	0,31	15	1,10	143,22
Parete SE	17	0,31	15	1,10	86,96
Tetto	213	0,234	15	1,00	747,63
Vetro NO	66	1,6	15	1,10	1742,40
Vetro SE	5	1,6	15	1,10	132,00
				tot.	2852,21

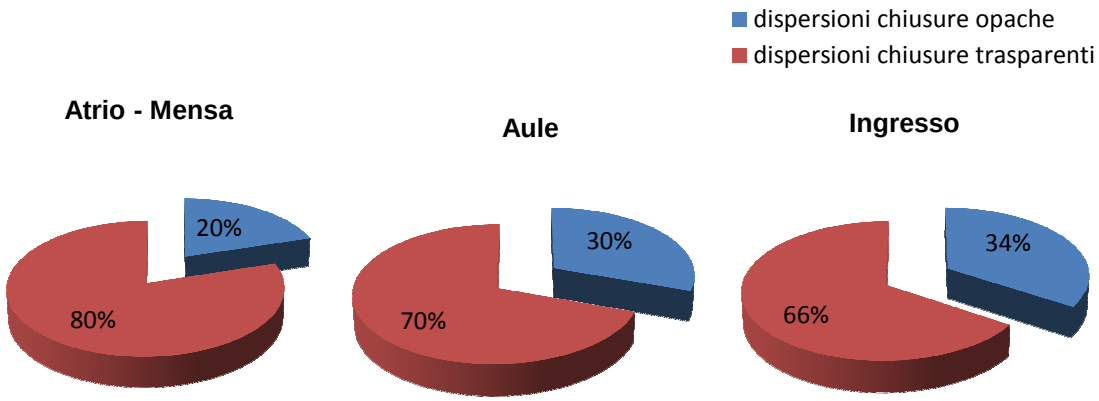


Grafico 8.2 Dispersioni nei diversi ambienti

8.3 ANALISI TERMICHE PER GLI AMBIENTI MINORI

I carichi termici estivi per gli altri ambienti sono:

Dormitori:

	Trasmissione vetro					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	-50	-32	-18	-20	-30	-52
9	-42	-23	-9	-11	-22	-46
10	-29	-12	2	0	-12	-36
11	-20	-1	14	12	0	-25
12	-10	9	26	25	12	-14
13	-2	18	36	36	21	-5
14	4	24	43	43	28	1
15	6	26	47	46	31	3
16	5	25	46	45	29	0
17	0	21	41	40	24	-5
18	-7	13	33	32	15	-14
19	-16	4	23	21	6	-22

Trasmissione muro					
Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
13	11	29	15	13	1
23	20	36	25	26	15
30	25	41	33	33	25
48	37	55	52	54	55
61	47	66	68	70	79
71	54	73	78	78	92
76	57	76	83	80	99
73	52	71	77	71	91
70	48	66	73	63	83
58	36	53	58	43	63
49	25	42	46	27	48
38	14	30	34	11	35

	Irraggiamento					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	222	228	226	225	202	174
9	238	244	242	241	216	186
10	219	224	223	222	199	171
11	169	173	172	171	153	132
12	122	125	124	124	111	95
13	88	90	89	89	80	68
14	72	74	73	73	65	56
15	56	58	57	57	51	44
16	47	48	48	48	43	37
17	38	38	38	38	34	29
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

Persone
0
0
0
0
0
0
1818
1818
0
0
0
0
0

Elettrodomestici
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0

Luci
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	185	206	236	220	185	123
9	219	240	269	255	220	156
10	220	236	266	255	221	160
11	196	209	241	236	207	161
12	173	181	216	217	192	160
13	156	161	198	203	179	156
14	1970	1972	2010	2017	1992	1974
15	1953	1954	1993	1999	1971	1956
16	122	122	160	165	134	120
17	96	95	133	136	100	87
18	41	39	75	78	42	34
19	22	18	53	55	17	13

Bagni delle aule

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-50	-32	-18	-20	-30	-52
9	-42	-23	-9	-11	-22	-46
10	-29	-12	2	0	-12	-36
11	-20	-1	14	12	0	-25
12	-10	9	26	25	12	-14
13	-2	18	36	36	21	-5
14	4	24	43	43	28	1
15	6	26	47	46	31	3
16	5	25	46	45	29	0
17	0	21	41	40	24	-5
18	-7	13	33	32	15	-14
19	-16	4	23	21	6	-22

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	4	-1	26	18	1	-6
9	15	10	34	27	16	10
10	32	24	48	42	28	24
11	41	27	52	51	44	51
12	58	40	66	68	62	77
13	70	49	74	78	72	93
14	81	56	81	85	78	104
15	80	54	78	80	71	98
16	79	51	75	75	63	93
17	70	41	63	60	45	75
18	73	44	65	59	37	66
19	77	47	66	57	30	59

	Irraggiamento						Persone	Elettrodomestici	Luci
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott			
8	222	228	226	225	202	174	210	1166	199
9	238	244	242	241	216	186	288	1166	199
10	219	224	223	222	199	171	0	1166	199
11	169	173	172	171	153	132	0	3418	0
12	122	125	124	124	111	95	0	3418	0
13	88	90	89	89	80	68	626	3418	0
14	72	74	73	73	65	56	0	3418	0
15	56	58	57	57	51	44	0	1166	0
16	47	48	48	48	43	37	0	1166	199
17	38	38	38	38	34	29	0	1166	199
18	0	0	0	0	0	0	515	1166	199
19	0	0	0	0	0	0	201	1166	199

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	1751	1770	1809	1798	1748	1691
9	1864	1883	1919	1910	1862	1803
10	1587	1601	1638	1629	1581	1524
11	3608	3618	3656	3653	3615	3575
12	3588	3592	3634	3634	3602	3577
13	4200	4200	4243	4246	4217	4201
14	3575	3572	3616	3619	3590	3580
15	1309	1304	1348	1349	1318	1311
16	1497	1490	1534	1533	1500	1495
17	1473	1466	1508	1504	1467	1464
18	1946	1937	1978	1970	1932	1932
19	1627	1617	1655	1645	1601	1603

Bagni uffici

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-33	-21	-12	-13	-20	-35
9	-28	-15	-6	-7	-15	-30
10	-20	-8	2	0	-8	-24
11	-13	-1	10	8	0	-17
12	-7	6	18	17	8	-9
13	-1	12	24	24	14	-3
14	3	16	29	29	19	1
15	4	18	31	31	20	2
16	4	17	31	30	20	0
17	0	14	28	27	16	-4
18	-5	9	22	21	10	-9
19	-11	3	15	14	4	-14

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-4	-5	2	1	-6	-4
9	-3	-4	3	1	-4	-3
10	-1	-4	3	1	-4	-1
11	3	-1	6	4	-2	1
12	6	2	9	7	1	4
13	11	7	13	11	4	8
14	15	10	16	14	7	12
15	18	12	18	16	9	15
16	21	15	20	18	11	17
17	28	22	27	24	16	21
18	36	28	34	30	20	25
19	35	27	33	29	19	24

	Irraggiamento					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	246	269	260	230	165	109
9	191	209	202	179	128	85
10	164	179	173	154	110	73
11	130	142	137	122	87	58
12	116	127	123	109	78	52
13	102	112	108	96	69	46
14	116	127	123	109	78	52
15	205	224	216	192	137	91
16	342	374	361	320	229	152
17	451	493	476	422	302	201
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

	Persone	Elettrodomestici	Luci
8	210	0	210
9	288	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	210
13	626	0	210
14	0	0	210
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	515	0	210
19	201	0	210

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	629	663	670	638	559	491
9	449	478	486	461	397	340
10	143	167	178	155	98	48
11	119	141	153	134	85	42
12	326	346	359	342	296	257
13	948	967	982	967	923	887
14	344	363	377	361	314	275
15	227	254	266	239	167	108
16	366	405	412	368	260	170
17	480	529	531	473	333	218
18	756	762	781	776	755	740
19	436	441	459	454	433	421

Uffici

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-33	-21	-12	-13	-20	-35
9	-28	-15	-6	-7	-15	-30
10	-20	-8	2	0	-8	-24
11	-13	-1	10	8	0	-17
12	-7	6	18	17	8	-9
13	-1	12	24	24	14	-3
14	3	16	29	29	19	1
15	4	18	31	31	20	2
16	4	17	31	30	20	0
17	0	14	28	27	16	-4
18	-5	9	22	21	10	-9
19	-11	3	15	14	4	-14

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-4	-5	2	1	-6	-4
9	-3	-4	3	1	-4	-3
10	-1	-4	3	1	-4	-1
11	3	-1	6	4	-2	1
12	6	2	9	7	1	4
13	11	7	13	11	4	8
14	15	10	16	14	7	12
15	18	12	18	16	9	15
16	21	15	20	18	11	17
17	28	22	27	24	16	21
18	36	28	34	30	20	25
19	35	27	33	29	19	24

	Irraggiamento					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	246	269	260	230	165	109
9	191	209	202	179	128	85
10	164	179	173	154	110	73
11	130	142	137	122	87	58
12	116	127	123	109	78	52
13	102	112	108	96	69	46
14	116	127	123	109	78	52
15	205	224	216	192	137	91
16	342	374	361	320	229	152
17	451	493	476	422	302	201
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

	Persone
8	210
9	288
10	0
11	0
12	0
13	626
14	0
15	0
16	0
17	0
18	515
19	201

	Elettrodomestici
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0

	Luci
8	210
9	0
10	0
11	0
12	210
13	210
14	210
15	0
16	0
17	0
18	210
19	210

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	519	553	560	528	449	381
9	261	290	298	273	209	152
10	343	367	378	355	298	248
11	319	341	353	334	285	242
12	526	546	559	542	496	457
13	522	541	556	541	497	461
14	544	563	577	561	514	475
15	427	454	466	439	367	308
16	566	605	612	568	460	370
17	580	629	631	573	433	318
18	341	347	366	361	340	325
19	335	340	358	353	332	320

Bagni piano terra

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-33	-21	-12	-13	-20	-35
9	-28	-15	-6	-7	-15	-30
10	-20	-8	2	0	-8	-24
11	-13	-1	10	8	0	-17
12	-7	6	18	17	8	-9
13	-1	12	24	24	14	-3
14	3	16	29	29	19	1
15	4	18	31	31	20	2
16	4	17	31	30	20	0
17	0	14	28	27	16	-4
18	-5	9	22	21	10	-9
19	-11	3	15	14	4	-14

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-1	-1	1	1	-1	-1
9	0	-1	1	1	-1	-1
10	0	0	2	1	0	0
11	3	2	4	3	1	2
12	5	4	6	5	3	4
13	7	6	8	7	5	6
14	9	9	10	9	7	8
15	11	11	12	11	8	9
16	13	12	13	12	9	10
17	14	13	13	12	9	11
18	14	13	13	12	9	11
19	13	11	12	11	8	10

	Irraggiamento					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	246	269	260	230	165	109
9	191	209	202	179	128	85
10	164	179	173	154	110	73
11	130	142	137	122	87	58
12	116	127	123	109	78	52
13	102	112	108	96	69	46
14	116	127	123	109	78	52
15	205	224	216	192	137	91
16	342	374	361	320	229	152
17	451	493	476	422	302	201
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

	Persone
8	210
9	288
10	0
11	0
12	0
13	626
14	0
15	0
16	0
17	0
18	515
19	201

	Elettrodomestici
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0

	Luci
8	210
9	0
10	0
11	0
12	210
13	210
14	210
15	0
16	0
17	0
18	210
19	210

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	632	667	669	638	564	494
9	451	481	485	460	400	342
10	145	171	177	155	102	49
11	119	143	151	133	88	43
12	324	347	356	341	299	256
13	944	966	976	963	924	884
14	338	362	371	357	313	270
15	220	252	259	233	166	102
16	358	403	404	362	258	163
17	465	520	517	461	327	208
18	734	746	760	758	744	726
19	413	425	438	436	423	406

Cucina

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-166	-106	-61	-67	-99	-173
9	-139	-77	-30	-37	-74	-152
10	-98	-42	8	2	-38	-120
11	-67	-3	48	42	0	-85
12	-34	30	88	83	38	-46
13	-6	59	122	120	70	-16
14	14	80	144	144	94	5
15	21	88	155	154	102	10
16	18	85	154	150	98	2
17	2	70	138	134	78	-18
18	-24	45	110	106	50	-46
19	-53	14	77	70	19	-72

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-341	-480	144	6	-479	-340
9	-242	-381	173	37	-378	-238
10	-164	-374	181	46	-368	-159
11	6	-271	287	142	-294	-34
12	179	-165	397	240	-222	84
13	495	84	648	479	-10	342
14	642	160	721	562	94	535
15	783	232	792	634	170	684
16	929	308	869	710	246	828
17	1727	1053	1639	1392	732	1218
18	2557	1831	2442	2105	1245	1631
19	2639	1845	2459	2112	1230	1667

	Irraggiamento						Persone	Elettrodomestici	Luci
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott			
8	1321	1400	1369	1288	1044	832	0	72	930
9	1225	1277	1257	1216	1037	878	0	72	930
10	1195	1233	1219	1199	1054	922	366	72	930
11	1087	1111	1103	1102	995	894	707	3555	623
12	989	1010	1003	1004	909	820	908	6623	623
13	848	868	861	860	774	695	0	3536	0
14	788	818	807	786	680	585	0	7951	0
15	820	897	865	768	549	365	340	7351	0
16	1366	1495	1442	1280	916	608	227	7207	623
17	1804	1974	1903	1689	1209	802	0	72	623
18	0	0	0	0	0	0	0	72	930
19	0	0	0	0	0	0	0	72	930

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	1816	1816	2454	2228	1468	1321
9	1846	1821	2402	2218	1588	1489
10	2300	2186	2777	2615	2015	2010
11	5911	5722	6323	6171	5586	5660
12	9289	9030	9642	9482	8879	9011
13	4872	4547	5167	4995	4370	4557
14	9395	9008	9623	9443	8819	9075
15	9314	8908	9504	9246	8513	8749
16	10370	9945	10522	10197	9316	9495
17	4227	3792	4375	3910	2714	2698
18	3535	2878	3554	3213	2297	2587
19	3589	2862	3538	3185	2251	2597

Corridoio

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-2134	-1354	-780	-862	-1272	-2216
9	-1785	-985	-390	-472	-944	-1949
10	-1252	-534	103	21	-492	-1539
11	-862	-41	616	534	0	-1088
12	-431	390	1129	1067	492	-595
13	-82,1	759	1560	1539	903	-205
14	184,7	1026	1847	1847	1211	62
15	266,8	1129	1990	1970	1313	123
16	225,7	1088	1970	1929	1252	21
17	20,52	903	1765	1724	1005	-226
18	-308	575	1416	1354	636	-595
19	-677	185	985	903	246	-923

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	79	78	82	81	77	78
9	79	78	83	82	78	79
10	81	80	84	83	80	81
11	85	84	89	87	83	84
12	89	88	92	91	87	87
13	93	92	97	95	91	90
14	97	96	101	99	94	94
15	100	100	104	102	97	96
16	103	103	107	105	100	99
17	104	104	108	106	101	99
18	104	104	108	106	101	99
19	103	102	107	105	99	98

	Irraggiamento						Persone	Elettrodomestici	Luci
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott			
8	4208	4316	4282	4269	3824	3292	6286	0	1200
9	3367	3453	3426	3415	3060	2634	6286	0	1200
10	2862	2935	2912	2903	2601	2239	1600	0	800
11	3198	3280	3255	3244	2907	2502	1600	0	800
12	6565	6733	6680	6659	5966	5136	730	0	0
13	9426	9668	9592	9562	8567	7375	730	0	0
14	11783	12085	11990	11953	10708	9219	730	0	0
15	13466	13811	13703	13660	12238	10536	730	0	0
16	13298	13638	13532	13489	12085	10404	730	0	800
17	11615	11912	11819	11782	10555	9087	1600	0	1200
18	0	0	0	0	0	0	6286	0	1200
19	0	0	0	0	0	0	6286	0	1200

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	9639	10525	11070	10974	10115	8640
9	9147	10032	10605	10511	9680	8250
10	4091	4881	5499	5407	4588	3180
11	4821	5723	6359	6265	5390	3898
12	6953	7941	8631	8548	7275	5358
13	10167	11249	11978	11926	10290	7990
14	12795	13937	14668	14629	12743	10104
15	14563	15770	16528	16463	14379	11485
16	15157	16359	17139	17054	14967	12053
17	14540	15719	16492	16412	14462	11761
18	7283	8165	9010	8947	8223	6990
19	6912	7773	8578	8494	7831	6660

Aula infanti

	Tras vetro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	-191	-121	-70	-77	-114	-199
9	-160	-88	-35	-42	-85	-175
10	-112	-48	9	2	-44	-138
11	-77	-4	55	48	0	-98
12	-39	35	101	96	44	-53
13	-7	68	140	138	81	-18
14	17	92	166	166	109	6
15	24	101	178	177	118	11
16	20	98	177	173	112	2
17	2	81	158	155	90	-20
18	-28	52	127	121	57	-53
19	-61	17	88	81	22	-83

	Tras Muro					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	24	14	72	55	21	2
9	64	53	105	92	66	49
10	91	73	126	114	88	78
11	111	85	138	127	98	100
12	129	96	149	140	107	122
13	142	102	156	145	108	132
14	152	106	159	148	108	143
15	155	104	156	143	101	142
16	161	103	155	141	96	143
17	178	116	168	149	97	147
18	197	131	181	159	101	153
19	188	115	166	144	84	145

	Irraggiamento					
	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott
8	1851	1907	1887	1863	1648	1452
9	1570	1607	1595	1590	1430	1281
10	1259	1295	1283	1269	1127	997
11	947	977	966	950	835	731
12	804	833	822	804	698	603
13	686	713	703	684	590	506
14	691	725	712	681	569	471
15	1021	1090	1062	986	779	600
16	1542	1664	1614	1471	1116	813
17	1954	2118	2051	1853	1381	978
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

	Persone	Elettrodomestici	Luci
8	905	1166	1200
9	1282	1166	1200
10	1671	1166	800
11	2012	3418	800
12	2012	3418	0
13	2012	3418	0
14	2038	3418	0
15	2038	1166	0
16	1496	1166	800
17	1496	1166	1200
18	1207	1166	1200
19	730	1166	1200

	TOTALI					
	Mag	Giu	Lug	Agos	Sett	Ott
8	4955	5070	5160	5112	4826	4527
9	5122	5220	5313	5287	5059	4803
10	4875	4957	5054	5022	4809	4575
11	7210	7288	7389	7356	7163	6963
12	6324	6394	6503	6469	6279	6102
13	6251	6314	6429	6397	6209	6049
14	6315	6379	6492	6450	6242	6075
15	4404	4499	4601	4510	4201	3956
16	5185	5326	5408	5246	4786	4421
17	5996	6177	6239	6018	5430	4967
18	3742	3755	3881	3854	3731	3673
19	3223	3228	3350	3321	3202	3158

Le dispersioni invernali per i locali minori sono:

Dormitori	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete SE	22,5	0,31	15	1,10	115,09
Parete E	16,2	0,31	15	1,15	86,63
Tetto	17,5	0,234	15	1,00	61,43
Solaio	17,5	0,28	12	1,00	58,80
Vetro E	3	1,6	15	1,15	82,80
				tot.	404,74

Bagni dormitori	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	22,5	0,31	15	1,10	115,09
Parete SE	22,5	0,31	15	1,10	115,09
Parete E	13,5	0,31	15	1,15	72,19
Tetto	13,25	0,234	15	1,00	46,51
Solaio	13,25	0,28	12	1,00	44,52
Vetro E	2	1,6	15	1,15	55,20
				tot.	448,59

Bagni uffici	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	14	0,176	15	1,10	40,66
Tetto	14	0,169	15	1,00	35,49
Vetro NO	2	1,6	15	1,10	52,80
				tot.	128,95

Uffici	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	14	0,176	15	1,10	40,66
Tetto	14	0,169	15	1,00	35,49
Vetro NO	2	1,6	15	1,10	52,80
				tot.	128,95

Bagni piano terra	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	22,5	0,176	15	1,10	65,34
Solaio	19	0,28	15	1,00	79,80
Vetro NO	3	1,6	15	1,10	79,20
				tot.	224,34

Cucina	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	42,75	0,176	15	1,10	124,15
Parete SO	24,75	0,176	15	1,10	71,87
Solaio	63	0,28	12	1,00	211,68
Vetro NO	12	1,6	15	1,10	316,80
				tot.	724,50

Corridoio	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Tetto	80	0,234	15	1,00	280,80
Solaio	80	0,209	12	1,00	200,64
Vetro SO	126	1,6	15	1,10	3326,40
				tot.	3807,84

Aule infanti	*A* [m²]	*U* [W/m²K]	*ΔT* [K]	*a* [-]	*Qd1* [W]
Parete NO	47,25	0,31	15	1,10	241,68
Parete SE	47,25	0,31	15	1,10	241,68
Parete N	31,5	0,31	15	1,10	161,12
Tetto	80	0,234	15	1,00	280,80
Solaio	80	0,28	12	1,00	268,80
Vetro NO	8	1,6	15	1,10	211,20
Vetro SE	3,5	1,6	15	1,10	92,40
				tot.	1497,69

8.4 Unità di trattamento dell'aria

Si è deciso di utilizzare unicamente un'unità di trattamento dell'aria per generare condizioni di confort nei diversi ambienti. Questo tipo di impianto permette di controllare la temperatura in fase invernale così come in quella estiva controllando nel contempo le condizioni di umidità. Si è deciso di utilizzare solamente questo sistema in quanto è alimentato da corrente la quale è possibile ricavare dai pannelli fotovoltaici posti nell'edificio. Per poter utilizzare meno energia si è scelta una macchina munita di recuperatore di calore.

8.4.1 Qualità dell'aria

L'intento di incrementare la qualità energetica delle abitazioni ha comportato nel tempo un progressivo aumento dello spessore degli isolanti termici e un miglioramento dei serramenti, soprattutto per quanto riguarda la tenuta dell'aria: caratteristiche molto positive per la riduzione dei consumi di energia sia dal punto di vista economico sia per l'abbattimento delle emissioni inquinanti in atmosfera. Però, come ogni medaglia ha il suo rovescio, anche le suddette migliorie hanno sortito qualche effetto negativo non trascurabile, tra i quali spicca lo scarso ricambio d'aria dei locali, conseguente alla perfetta tenuta dei serramenti e ai mutati stili di vita delle famiglie, che trascorrono fuori casa la maggior parte della giornata. Per far fronte a tale problema è necessario introdurre sistemi di ventilazione meccanizzati.

Il problema dell'inquinamento prodotto dalle industrie nell'ambiente esterno è stato oggetto di studi e ricerche già dagli anni '50. I risultati hanno permesso di attivare interventi da parte dei vari Stati e di formulare leggi specifiche per proteggere la popolazione. La normativa riguardante la qualità dell'aria degli ambienti interni è invece più tardiva. I primi studi risalgono agli anni '70, quando vi furono alcuni casi di malattie polmonari, alcune letali, in edifici con impianti di condizionamento.
La situazione qualitativa dell'aria degli ambienti interni sta diventando un problema sempre più importante nei paesi economicamente sviluppati, accentuato dalla tendenza a trascorrere gran parte della giornata in ambienti confinati quali uffici, abitazioni o mezzi di trasporto.
Nella nostra società si trascorre fino al 90% del proprio tempo in luoghi chiusi ed il 30-40% di questo si passa nei luoghi di lavoro. I possibili inquinanti interni delle abitazioni, dei locali ricreativi, degli edifici industriali, sono molti, sia biologici che chimici, e dipendono dall'ubicazione degli edifici, dai materiali usati per la costruzione e l'arredamento, dall'attività svolta, dalla presenza di impianti di condizionamento. In ottica di risparmio energetico, si sono introdotti sistemi di riscaldamento e di condizionamento che riciclano l'aria e che, se non adeguatamente progettati, installati e periodicamente revisionati, possono rappresentare una

fonte d'inquinamento sia biologico, che chimico. Inoltre, la presenza sempre maggiore di prodotti chimici sintetici utilizzati nell'edilizia, per gli arredamenti e per la costruzione di materiali di consumo, ha fatto sì che, negli ambienti interni, vi siano continue emissioni da parte di questi materiali, con un conseguente deterioramento della qualità dell'aria.
Esistono fondati sospetti che siano maggiori i rischi sanitari associabili all'inquinamento interno, rispetto all'inquinamento esterno: si pensa che il 40% delle assenze da lavoro per malattia sia dovuto a problemi di qualità dell'aria interna degli uffici.

La qualità dell'aria negli ambienti interni dipende da molteplici fattori tra i principali ricordiamo:

- sorgenti inquinanti esterne: provenienti dall'atmosfera, dalle acque o dal suolo;
- attività umane: generano inquinamento dovuto ai normali processi metabolici, agli animali domestici, al fumo di tabacco, alla cottura dei cibi, all'uso di detersivi e detergenti vari;
- inquinamento prodotto dall'ambiente fisico interno: emissione da parte dei materiali da costruzione e degli arredi;
- inquinamento derivante da sistemi impiantistici di condizionamento dell'aria, di combustione e dalle diverse apparecchiature, sia domestiche che per l'ufficio.

Le conseguenze di una cattiva qualità dell'aria interna possono limitarsi a suscitare una sensazione sgradevole negli occupanti, ma possono anche risultare dannose per la salute umana, con effetti irritanti ed addirittura cancerogeni.

In base alle conoscenze sviluppate negli ultimi trenta quarant'anni, le fonti di inquinamento nelle abitazioni, nei locali lavorativi, sui mezzi di trasporto possono essere così riassunte:

Luogo	Fonti	Inquinanti
Abitazioni, locali ricreativi	Fumo di tabacco	Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili.
	Forni a gas	Biossido di azoto; ossido di carbonio.
	Forni a legna e caminetti	Particolato respirabile; ossido di carbonio; idrocarburi policiclici aromatici.
	Materiali da costruzione	Radon; formaldeide
	Arredamenti e prodotti di consumo	Formaldeide; composti organici volatili.
	Caldaie a gas	Biossido di azoto; ossido di carbonio.
	Polvere	Agenti biologici;
	Materiale isolante	Asbesto, fibre di vetro.
	Superfici umide	Agenti biologici; particolato respirabile.
Uffici	Fumo di tabacco	Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili.
	Materiali da costruzione	Formaldeide; composti organici volatili.
	Arredi	Formaldeide; composti organici volatili.

	Fotocopiatrici	Composti organici volatili.
	Impianti di condizionamento	Agenti biologici, particolato respirabile, biossido di azoto, ossido di carbonio.
Mezzi di trasporto	Fumo di tabacco	Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili.
	Inquinanti ambientali	Ozono negli aeromobili; ossido di carbonio e piombo negli autoveicoli
	Condizionatori da automobile	Agenti biologici; particolato respirabile.

Nello studio della qualità dell'aria degli ambienti interni devono essere considerati anche gli agenti esterni, in quanto in qualsiasi ambiente abitato dall'uomo si verifica sempre uno scambio di aria con l'ambiente esterno, per cause naturali non controllate quali infiltrazioni ed exfiltrazioni attraverso le aperture dell'involucro edilizio, o per effetto di sistemi di ventilazione perciò, è possibile riscontrare negli ambienti interni tutti gli agenti inquinanti esterni. Per gli edifici dotati di ventilazione meccanica risulta, inoltre, importante la localizzazione delle prese d'aria esterna, per evitare interazioni con emissioni inquinanti localizzate, come gli scarichi di autoveicoli se l'edificio è ubicato in una zona di traffico intenso.
I principali inquinanti provenienti quindi dall'ambiente esterno sono:

- *ossidi di carbonio* (CO_x);
- *ossidi di zolfo* (SO_x);
- *ossidi di azoto* (NO_x);
- *composti organici volatili* (COV);
- *particolato solido totale* (PST);
- *microinquininanti* (es.: metalli pesanti), presenti in atmosfera con concentrazioni piccolissime ma con considerevoli effetti sanitari.

Il condizionamento dell'aria rappresenta infatti l'insieme delle operazioni atte al mantenimento in un determinato ambiente delle precise condizioni di temperatura, umidità, velocità di movimento e purezza dell'aria, indipendentemente dalle condizioni al contorno.
Nella termodinamica si fa riferimento ad un campione di aria secca alla temperatura di 15℃ e pressione atmosferica di 101,3 kPa le cui caratteristiche sono:

- Densità media = γ = 1,225 kg/m³ ; che nei calcoli successivamente esposti verrà approssimata a 1,2 kg/m³;
- Calore specifico a pressione costante = c = 1,1 kJ/kgK = 0,241 kcal/kg℃

Lo studio delle trasformazioni dell'aria umida vengono di seguito effettuate mediante l'impiego del diagramma di Mollier con l'ipotesi che tutte le trasformazioni avvengano a pressione costante.

In tale diagramma le trasformazioni possibili vengono rappresentate come segue:

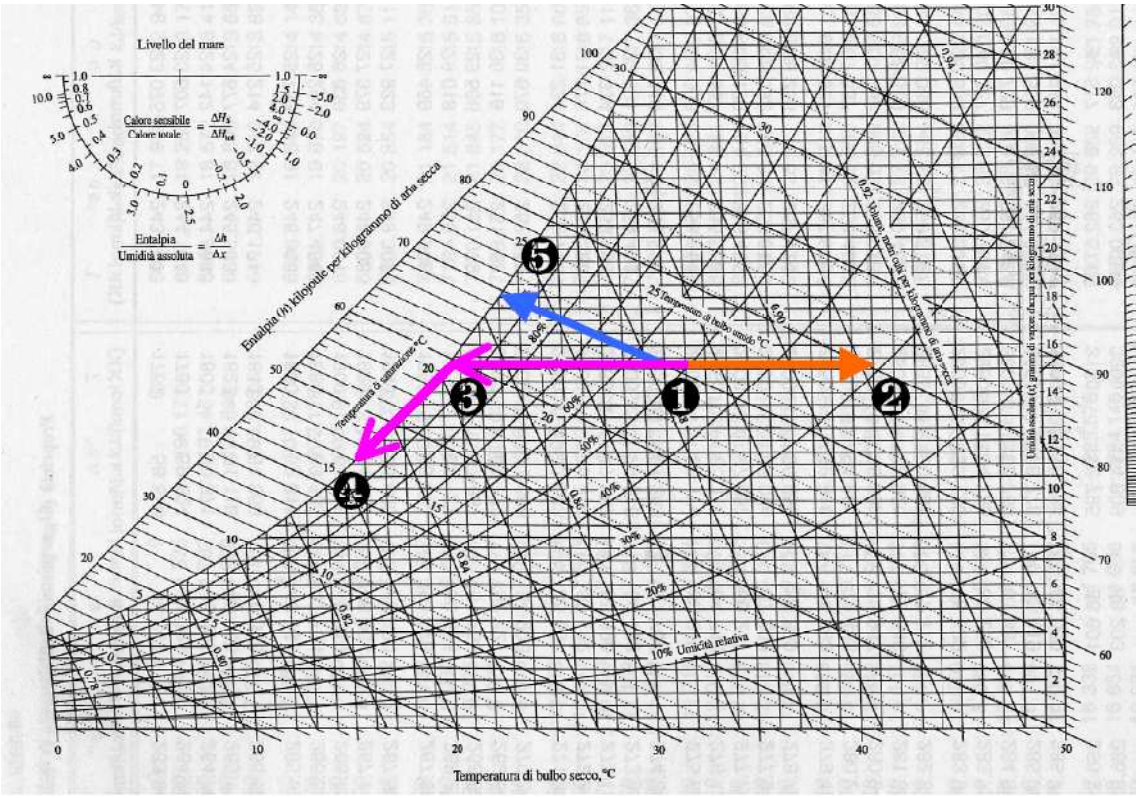


Figura 8.4.1-a Diagramma psicometrico

Dove le trasformazioni rappresentano:

1-2 : riscaldamento sensibile

1-3: raffreddamento sensibile

1-3-4 : raffreddamento con deumidificazione

1-5 : umidificazione adiabatica

Sulla base di studi e ricerche eseguite si è riusciti ad individuare una zona di comfort a seconda della stagione dell'anno nella quale ci si trova, relativamente alle condizioni dell'aria nell'ambiente interessato, in particolare si è scoperto che il sistema di termoregolazione dell'organismo umano trova il suo equilibrio ideale quando in ambiente le condizioni termo-igrometriche assumono valori entro gli intervalli riportati in tabella.

Condizioni ambiente	Estate	Inverno
Ta	24°C - 26°C	18°C - 22°C
γ	40% - 60%	40% - 60%

Le zone di confort vengono anche rappresentate nel diagramma di Mollier in relazione alle differenti condizioni di temperatura umidità nei diversi periodi e riferite a differenti latitudini.

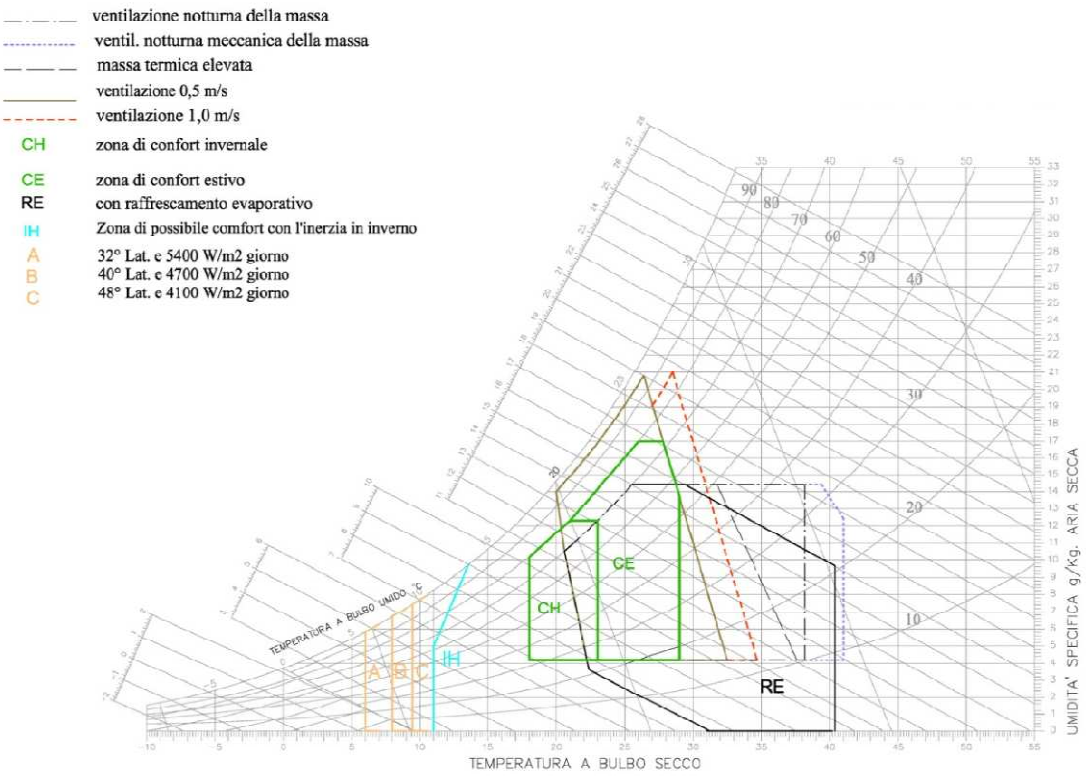


Figura 8.4.1-b Diagramma di Mollier

8.4.2 Necessità di ventilazione

Ci sono molti motivi per installare un sistema di ventilazione controllata con recupero termico:

- aria nuova in qualsiasi momento del giorno e dell'anno;
- evacuazione di aria viziata, umida e contenente sostanze nocive e conseguente prevenzione dei danni legati all'umidità;
- riduzione della formazione di muffa e delle evaporazioni dannose da mobili e tappeti;
- sollievo per gli allergici grazie alla riduzione della proliferazione di acari e muffa;
- filtro antipolline integrato nel sistema di convogliamento dell'aria fresca;
- elevato risparmio energetico e riduzione delle emissioni di CO_2 grazie alla diminuzione delle dispersioni di calore dovute alla ventilazione;
- nessun rumore proveniente dall'esterno;

- riduzione del rischio di effrazione in quanto le finestre rimangono chiuse;
- nessun fastidio causato da insetti.

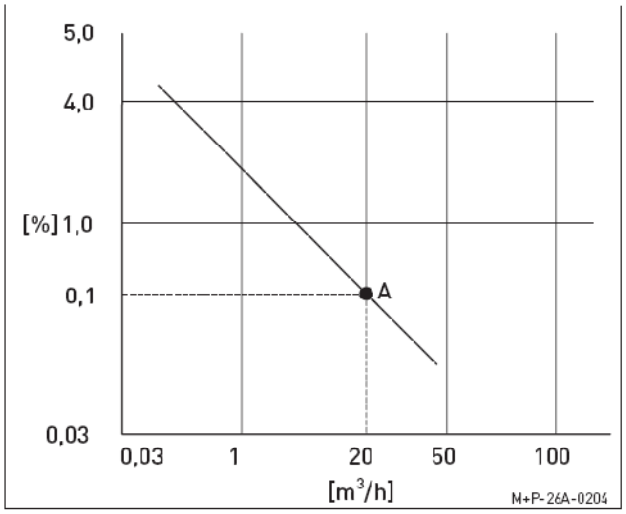
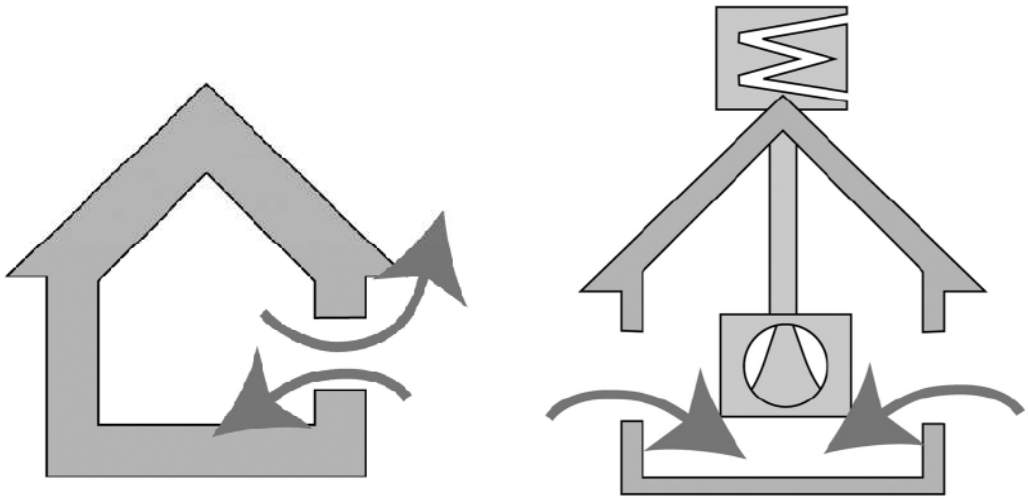


Figura 8.4.2-a Aria nuova necessaria



In assenza di un sistema di ventilazione meccanizzata per far si che vi sia un minimo ricambio d'aria è necessario realizzare in modo mirato delle opere con punti non a tenuta, questi risultano però costosi e di difficile realizzazione. Non viene quindi garantito il ricambio d'aria e una qualità sufficientemente buona dell'aria ambiente. Inoltre tutta l'umidità dell'aria deve essere fatta fuoriuscire attraverso i punti non a tenuta dell'immobile. In quei punti si può formare della condensa che può impregnare la struttura e può provocare la formazione di muffa.

La ventilazione mediante l'apertura delle finestre implica un ricambio d'aria incontrollato, talvolta eccessivo, talvolta molto scarso. Il rumore, gli insetti e i pollini entrano immancabilmente in casa. Per soddisfare i requisiti relativi all'isolamento termico, l'elevata dispersione di calore dovuta alla ventilazione deve essere compensata con sistemi di isolamento o con finestre più piccole.

In presenza invece di ventilazione meccanizzata e possibile controllare l'umidità e la temperatura dell'aria così da poter garantire sempre all'interno dell'ambiente condizioni di comfort.

Gli scopi fondamentali della ventilazione sono infatti il rinnovo dell'ossigeno, la diluizione e il controllo dei contaminanti e il contributo al controllo della temperatura e dell'umidità ambiente. L'uso della ventilazione consente di soddisfare delle esigenze degli occupanti come quelle correlate al livello di benessere ambientale, e di garantire anche condizioni accettabili per piante, animali e macchinari presenti negli ambienti.

La ventilazione meccanica è in grado di introdurre negli ambienti il giusto quantitativo d'aria esterna e mantenere un livello d'umidità costane; consente inoltre di recuperare calore dall'aria d'espulsione. La quantità d'aria esterna da immettere negli ambienti è determinata in funzione della natura dell'applicazione, del numero di persone che occupano i locali e dalle eventuali normative igieniche locali.

8.4.3 Sistema impiantistico

8.4.3.1 Tipologia d'impianto scelta

Si è scelto di realizzare impianti a sola aria; in questa tipologia d'impianti il compito di trasferire il caldo o il freddo prodotto in apposita centrale è affidato all'aria che viene immessa nei singoli locali mediante apposita rete di distribuzione. In relazione alla velocità dell'aria nella rete di distribuzione gli impianti vengono classificati in "ad alta velocità" e "a bassa velocità"; si è scelto di realizzare un impianto ad alta velocità in quanto presenta caratteristiche migliori per impianti di grosse dimensioni e con canalizzazioni anche lunghe. Tali impianti implicano però tecniche costruttive più raffinate nonché particolari accorgimenti nell'isolamento acustico della rete di distribuzione. Inoltre, al fine di evitare fastidiosi fruscii, l'aria prima di essere immessa nei locali, dovrà perdere parte della sue energia cinetica e pertanto, in corrispondenza delle bocchette d'immissione dovranno essere realizzate cassette d'espansione.

A seguito dei notevoli volumi da climatizzare si è deciso di realizzare due impianti multi zone, uno che controlli l'edificio dell'ingresso e quello ospitante le aule, e un secondo che controlli la temperatura e l'umidità invece nell'edificio a due livelli.

L'impianto multizone infatti trova la sua realizzazione in tutti quei casi in cui esistono parti dell'edificio da condizionare aventi carichi interi molto diversi fra loro; tale impianto è in grado contemporaneamente di scaldare e raffreddare due distinti locali.

La quantità di vapore da aggiungere o togliere è dovuta, in inverno, all'immissione dell'aria esterna non trattata con un contenuto di umidità specifica generalmente minore di quella ambientale; nel caso estivo invece all'umidità prodotta dalle persone o eventuali altre sorgenti di calore, oltre che all'immissione dell'aria esterna non trattata con contenuto di umidità specifica generalmente maggiore di quella ambientale.
Note le condizioni di carico di un ambiente, cioè il carico termico totale Qt, e la quantità di vapore da aggiungere o togliere, si può osservare che diminuendo la portata d'aria da trattare, aumentano sia il salto entalpico che la variazione di umidità. Generalmente la portata d'aria da trattare è costituita da una miscela di aria riciclata e di aria esterna. Note le condizioni del punto di miscela l'aria dovrà subire un trattamento tale da poter essere comunque immessa nella condizione in cui il punto rappresentativo si trovi nella retta ambiente del diagramma di Mollier.
Negli impianti a sola aria il compito di immettere l'aria di rinnovo negli ambienti da condizionare è generalmente affiato ad una centrale di condizionamento. In questo caso il carico termico di rinnovo, non va considerato nella determinazione della retta ambiente; infatti, l'aria immessa in un ambiente dopo essere stata trattata rappresenta un carico solo per l'apparecchio di condizionamento. Di tale carico si tiene conto considerando come condizioni d'ingresso dell'aria nel condizionamento, non quelle rappresentative delle condizioni ambiente interno, ma quelle del punto di miscela con l'aria esterna. Per le determinazioni della portata d'aria da trattare si fanno due diverse considerazioni:

- *condizione invernale :* la temperatura di immissione in ambiente deve essere compresa tra i 35℃ e 50℃, al fine di evitare sensazioni di freddo per effetto della ventilazione o eccessiva stratificazione per gradienti di temperatura troppo elevati;
- *condizioni estive :* la temperatura di immissione deve essere compresa tra i 15℃ e i 20℃ per i medesimi motivi sopracitati e per evitar e sovraccarichi del condizionatore con temperature di evaporazione troppo basse.

Le fasi da seguire per eseguire un corretto dimensionamento dell'impianto sono:

> Scelte le temperature di mandata estive ed invernali e noti i carichi sensibili si possono determinare le portate d'aria sia per l'inverno che per l'estate.
> Delle due portate così determinate si sceglie la maggiore e la si adotta per entrambe le condizioni.
> Determinata la portata d'aria si ricalcolano le temperature di immissione.

> Si tracciano le rette ambiente sul diagramma psicometrico in condizioni estive ed invernali.
> Si stabiliscono le condizioni dell'aria da immettere nell'ambiente.

È necessario munire l'impianto di opportuni organi di termoregolazione per il controllo della temperatura e dell'umidità; solitamente tale termoregolazione è posta sulla ripresa dell'aria o in ambiente al fine di evitare eccessive intermittenze di funzionamento.

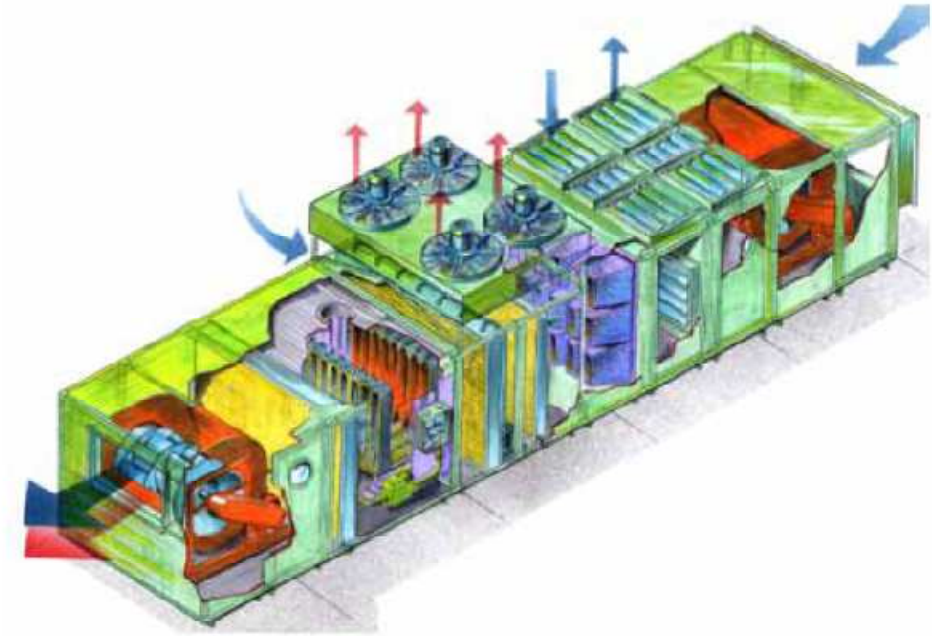


Figura 8.4.3.1-a Unità di Trattamento dell'aria

8.4.3.2 Il funzionamento

Fase invernale

Un termostato o un umidostato agiscono rispettivamente sul servocomando della batteria di riscaldamento e sul dispositivo di umidificazione. Pertanto, durante la stagione invernale, viene impedito in ambiente alla temperatura e all'umidità di scendere al di sotto dei valori prefissati. Nella sua forma esplicativa, questo tipo di impianto può essere realizzato con un'unità monoblocco, semicentrale prefabbricata. Ad esempio un condizionatore ad armadio in cui la batteria di raffreddamento è costituita dall'evaporatore a sospensione diretta di un gruppo frigorifero autonomo, mentre la batteria di riscaldamento, funzionante ad acqua calda deve essere collegata alla caldaia. Tale batteria può essere sostituita da una batteria elettrica così da

necessitare solamente di corrente che può essere fornita dal fotovoltaico senza dover ricorrere al metano necessario per il riscaldamento dell'acqua in caldaia.
A volte entrambe le tipologie di batterie sono presenti, in quanto alla batteria a d acqua viene fatto svolgere il compito di riscaldamento invernale mentre a quella elettrica quello di post-riscaldamento estivo.

Fase estiva

Se l'aria in ambiente si trova a temperatura o umidità superiore a quella desiderata, il termostato o l'umidostato aprono la valvola di alimentazione della batteria di raffreddamento. In queste condizioni la batteria risulta alimentata per deumidificazione anche quando la temperatura ambiente scende sotto i valori desiderati. Per evitare questi inconvenienti un termostato provvede ad aprir la valvola di alimentazione della batteria di post-riscaldamento ristabilendo le condizioni di temperatura desiderate. Con questo sistema si riesce a controllare efficacemente la temperatura e si impedisce all'umidità di aumentare entro un cero valore prefissato.

8.4.3.3 Il recuperatore

Il recuperatore è un componente della ventilazione meccanizzata controllata, è un requisito fondamentale per classificare gli edifici in classe A, in relazione alle più comuni certificazioni energetiche a cui si fa riferimento.
L'applicazione di un dispositivo di recupero del calore sull'aria sull'aria espulsa può offrire la possibilità di un elevato risparmio energetico. Il recuperatore di calore è senza dubbio un essenziale componente di impianti per il trattamento dell'aria negli edifici in particolare in quelli industriali e del terziario. Positive sono le ripercussioni sulla qualità dell'aria negli ambienti, con l'assenza di muffe ad altri inquinanti, e il conseguente risparmio energetico nei processi di ventilazione.
In commercio esistono differenti tipi di dispositivi di recupero del calore; generalmente nell'edilizia residenziale si applicano quelli a piastre, mentre per impianti più importanti si preferiscono ad esempio i recuperatori di calore rotativi entalpici, per le prestazioni più elevate. Dall'aria espulsa non si recupera solo l'energia del calore ma anche l'umidità. Infatti il recuperatore di calore è uno scambiatore di calore che premette un trasferimento di calore, e in alcuni casi, di umidità tra il flusso d'aria di scarico e il flusso d'aria di alimentazione, sotto

l'azione di una differenza tra i livelli di temperatura e umidità. In genere viene installato in alloggiamenti con adeguati collegamenti ai condotti dell'aria.

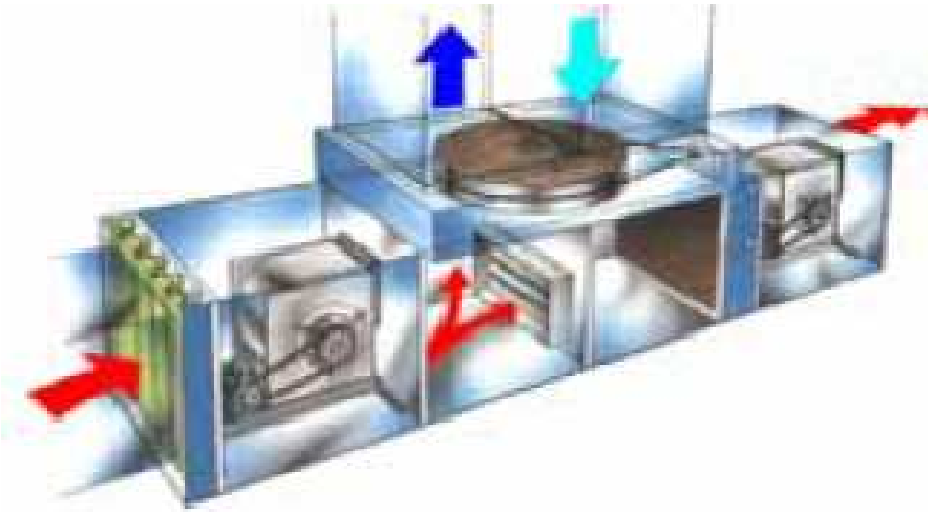


Figura 8.4.3.3.a Il recuperatore di calore

Il parametro che caratterizza le prestazioni di un recuperatore è l'efficienza, definita in generale, per uno scambiatore di calore, come il rapporto tra il flusso scambiato tra due correnti fluide e il massimo flusso termico scambiabile tra le medesime. Per recuperatori rotativi si raggiunge l'efficienza del 70%-75%; per quelli a piastre si ha un range molto più ampio, si passa da quelli con un rendimento solo del 40% fino ad arrivare a quelli che sfiorano il 90%. Non va dimenticato che il recuperatore deve permettere il trasferimento di gran parte del calore contenuto nella corrente di aria espulsa per cederla a quella di rinnovo. La ventilazione meccanizzata con elevate efficienze di recupero, consente di ridurre i consumi energetici per il rinnovo dell'aria, a valori molto modesti nell'ambito di un bilancio globale, assicurando contemporaneamente le migliori condizioni di qualità dell'aria.

L'impiego dei recuperatori di calore è legato alle operazioni di ricambio dell'aria negli ambienti. Secondo la Direttiva 2002/91/CE sull'efficienza energetica in edilizia, la ventilazione è uno dei bisogni di un edificio, così come il riscaldamento dell'aria, l'illuminazione, la produzione di acqua calda sanitaria e l'eventuale raffrescamento estivo. Inoltre questa normativa raccomanda il rispetto dei requisiti per il risparmio energetico ed invita ad evitare gli effetti negativi derivanti da una ventilazione inadeguata. È importante ricordare che la ventilazione è necessaria non solo per diluire inquinanti visibili e percepibili, ma soprattutto quelli di cui spesso non ci accorgiamo o addirittura gradiamo, come profumi o deodoranti.

8.4.3.4 La pompa di calore : cos'è e come funziona

L'energia impiegata nel settore civile per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua calda sanitaria, rappresenta circa il 20% del consumo energetico totale. Tale energia è prodotta, per quasi la totalità, da combustibili liquidi e gassosi, con inquinamento atmosferico che provoca danni all'ambiente e effetti nocivi alla salute dell'uomo. Le nuove esigenze legate al miglior standard di vita, comportano l'utilizzazione del condizionamento non solo degli ambienti di lavoro, ma anche di quelli residenziali, con conseguenti aumenti dei consumi energetici. La pompa di calore, grazie alla sua capacità di funzionare anche come condizionatore d'aria , rappresenta un mezzo per migliorare le condizioni di comfort degli ambienti abitativi e di lavoro. La pompa di calore costituisce un utile strumento per conseguire significativi risparmi energetici, e quindi limitare le emissioni di inquinanti. Risparmiare energia significa anche proteggere l'ambiente. La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta; essa opera con lo stesso principio del frigorifero e del condizionatore d'aria.
La pompa di calore è costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale liquido, il frigorigeno, che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressioni in cui si trova, assume lo stato di liquido o di vapore. Il circuito chiuso è costituito da :

- compressore
- condensatore
- valvola di espansione
- evaporatore

il condensatore e l'evaporatore sono costituiti da scambiatori di calore, cioè tubi post a contatto con un fluido di servizio, che può essere acqua o aria, nei quali scorre il fluido frigorigeno. Questo cede calore al condensatore e lo sottrae all'evaporazione. I componenti del circuito possono essere sia raggruppati in un unico blocco che divisi in due parti raccordati da tubi nei quali circola il fluido frigorigeno. Nel funzionamento tale fluido subisce delle trasformazioni:

- *compressione* : il fluido a bassa pressione e allo stato gassoso proveniente dall'evaporatore viene portato ad alta pressione; in tale fase si riscalda e assorbe calore;
- *condensazione* : il fluido proveniente dal compressore passa dallo stato gassoso a quello liquido cedendo calore all'esterno;
- *espansione* : passando attraverso al valvola d'espansione il fluido allo stato liquido si trasforma in parte in vapore e si raffredda;
- *evaporazione* : il fluido assorbe calore dall'esterno ed evapora totalmente.

Il ciclo della pompa di calore è così determinato da tutte queste trasformazioni: fornendo energia al fluido frigorigeno con il compressore fa si che questo nell'evaporazione assorba calore e tramite il condensatore ceda calore al mezzo da riscaldare.
Una caratteristica importante per scegliere un'adeguata pompa di calore è l'efficienza energetica; nel corso del suo funzionamento infatti una pompa di calore consuma energia elettrica per il funzionamento del compressore; assorbe calore nell'evaporazione dal mezzo circostante e cede calore al mezzo da riscaldare nel condensatore.
La scelta impiantistica è ricaduta sulla scelta di una pompa di calore in quanto questa ha la caratteristica di fornire più energia, espressa in calore, di quanta ne necessiti per funzionare sottoforma di energia elettrica; inoltre tale consumo elettrico può in parte essere coperto dalla produzione di energia dei pannelli fotovoltaici i seguito analizzati.
L'efficienza di una pompa di calore è infatti misurata tramite il *coefficiente di prestazione "C.O.P:"* :

$$C.O.P. = \frac{energia\ fornita}{energia\ consumata}$$

dove:
energia fornita è il calore ceduto al mezzo da riscaldare;
energia consumata è l'energia elettrica che necessita la macchina per funzionare.

Il C.O.P. è variabile a seconda del tipo di pompa di calore e delle condizioni di funzionamento ma in generi si aggira attorno a 3; ciò significa che se le viene fornita 1 kWh di energia elettrica questa è in grado di fornire 3kWh di calore al mezzo da riscaldare. Il C.O.P. sarà tanto maggiore quanto maggiore quanto più bassa sarà la temperature a cui il calore viene ceduto nel condensatore e quanto più alta quella della sorgente da cui viene assorbito nell'evaporatore. In genere al di sotto di temperature comprese tra -2℃ e 2℃ il guadagno della pompa di calore si annulla in quanto le sue prestazioni si ridurrebbero notevolmente; nel nostro caso avendo però una temperatura esterna invernale di circa 5℃ risulta avere un buon comportamento. Va tenuto conto inoltre che la potenza termica resa dalla pompa di calore dipende anche dalla temperatura a cui la stessa assorbe calore. Il mezzo esterno da cui si estrae calore è denominato *sorgente fredda* ; da qui il fluido frigorigeno assorbe calore tramite l'evaporatore. Le sorgenti fredde possono essere differenti. Tra le principali vi sono l'aria, l'acqua di falda, l'acqua accumulata in serbatoi o anche il terreno.
La soluzione scelta nel nostro impianto è l'aria esterna al locale dove è installata la pompa di calore o estratta dal locale stesso dove è installata la pompa di calore.
È presente anche un elemento detto *pozzo caldo,* con tale termine si fa riferimento all'acqua o all'aria da riscaldare. Il calore che il fluido frigorigeno cede al pozzo caldo può poi essere trasmesso all'ambiente attraverso differenti elementi:

- *ventilconvettori* : sono elementi costituiti da armadietti entro i quali l'aria viene fatta circolare sopra corpi scaldanti;
- *serpentine* : sono tubazioni inserite nella pavimentazione o a soffitto nelle quali circola acqua calda;
- *canalizzazioni* : sono tubazioni poste generalmente a soffitto che trasferiscono direttamente il calore prodotto dalla pompa ai diversi locali per mezzo di bocchette.

Esistono differenti tipologie di pompe, quali aria-aria, aria-acqua oppure acqua-acqua; quella da noi scelta è una pompa aria-aria, ossia dove sia la sorgente fredde che il pozzo di calore sono costituiti da aria. L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque, tuttavia la potenza resa dalla pompa diminuisce con il diminuire della temperatura di tale aria, ma avendo una temperatura esterna non molto bassa si è ritenuto tale tipologia di pompa la migliore per il nostro progetto. Risulta infatti più gravosa, quindi soluzione non ottimale, una pompa di calore con sorgente fredda ad aria quando la temperatura esterna scende al di sotto degli 0℃ perche diviene necessario aggiungere un d ispositivo di sbrinamento, che oltre ad una maggior spesa iniziale comporta un maggior consumo di energia per tutta la durata della vita dell'impianto. Può essere ritenuta una buona soluzione anche l'utilizzo dell'aria interna viziata la quale comunque deve essere rinnovata; l'acqua invece, così come il terreno, prevede meccanismi d'adduzione più complessi che richiedono una maggior spesa iniziale anche se come vantaggio non risentono delle differenze climatiche così come invece succede con l'aria.
La scelta impiantistica è ricaduta su una pompa di calore invertibile, ossia una pompa di calore che funziona in regime estivo come condizionatore ed in regime invernale come riscaldamento. Si è giunti a tale decisione dopo aver fatto delle analisi del clima locale, delle caratteristiche dell'edificio e delle condizioni d'impiego che ci hanno portato a ritenere tale soluzione la più idonea perché:

- è possibili utilizzare un impianto monovalente; ossia creare un impianto di riscaldamento composto solo dalla pompa di calore, senza un sistema di riscaldamento ausiliario nonostante l'utilizzo di aria esterna come sorgente fredda. Tale soluzione è stata possibile perché le temperature non scendono mai al di sotto degli 0℃, caso in cui sarebbe necessario, oltre allo sbrinatore precedentemente citato, anche un sistema di riscaldamento ausiliario creato da caldaia elettrica o a gas.
- È il sistema di condizionamento più economico in quanto si sfrutta la stessa macchina già utilizzata per il riscaldamento in stagione invernale; la spesa aggiuntiva consiste solamente nell'acquisto di un macchinario con valvola in grado di scambiare tra loro le funzioni dell'evaporatore e del condensatore.
- Non verrà utilizzato tale impianto per l'utilizzo di produzione di acqua calda sanitaria per due duplici motivi: in primo luogo perché ciò richiederebbe un serbatoio di dimensioni

maggiori rispetto ad un classico scaldabagno con conseguente maggior ingombro e maggior spesa d'acquisto; e secondariamente perché da CTE (*Codigo Tecnico)* spagnolo parte del fabbisogno di acqua calda sanitaria deve essere coperto dal solare termico; si è deciso così di coprire il totale fabbisogno con di acqua calda sanitaria con tale impianto che verrà successivamente trattato.

Il generale per valutare la convenienza economica di una pompa di calore bisogna far riferimento al TRA , ossia al tempo di ritorno attualizzato:

$$TRA = \frac{Sovraccosto\ intervento}{Risparmio\ attualizzato\ annuo}$$

Solitamente risulta economicamente conveniente l'utilizzo di una pompa di calore quando questa viene impiegata non solo per la produzione di acqua calda sanitaria o per il riscaldamento, ma quando è dotata di un inverter, ossia viene utilizzata anche in stagione estiva.
I consumi di un pompa di calore in regime estivo sono del tutto simili a quelli di un condizionatore, i risparmi maggiori si presentano in stagione invernale soprattutto se la sorgente fredda è acqua o terreno, scelta non effettuata per i motivi precedentemente esposti.
Inoltre un sistema di riscaldamento/raffrescamento con pompa di calore necessita solamente di energia elettrica fornibile tramite fotovoltaico senza nessuna integrazione di metano e questo può portare alla realizzazione di un impianto che implichi solo i osti iniziali.

8.4.4 Dimensionamento dell'unita di trattamento dell'aria

Si è deciso di installare due diverse unità di trattamento dell'aria principalmente per due motivi:

- Le lunghezze delle tubazioni, pur posizionando l'impianto in posizione centrale rispetto all'edificio, risulterebbero eccessivamente lunghe, si creerebbero quindi notevoli perdite di carico e la velocità del'aria sarebbe troppo elevata rischiando di creare problemi a livello acustico;
- Le dimensioni del macchinario sarebbero notevoli e di conseguenza il locale che ospita la centrale di trattamento dell'aria, si è preferito quindi dividere in due zone, ognuna con sua pertinenza.

Si procede eseguendo separatamente il calcolo invernale ed estivo; la portata d'aria della macchina sarà dimensionata nella circostanza più critica che solitamente risulta essere quella estiva.

Note le condizioni di progetto, avendo già individuato i carichi estivi e le dispersioni invernali, essendo cioè già a conoscenza del fabbisogno invernale ed estivo, passiamo ad individuare la portata d'aria minima richiesta facendo riferimento ai valori tabellati dei ricambi d'aria minimi per ogni ambiente.

Condizioni di progetto

Inverno	
Te	5
Ti	20
ΔT	15
umidità relativa interna	50
umidità relativa esterna	80

Estate	
Te	36
Ti	26
ΔT	10
umidità relativa interna	50
umidità relativa esterna	50

8.4.4.1 Fabbisogni dei due impianti

Impianto 1

n°	LOCALE	S [m²]	h locale [m]	V [m³]	Calore latente [W]	Fabbisogno invernale [W]	Fabbisogno estivo [W]
5	Aula	45	4,5	202,5	2581	625	5028
1	Ingresso	213	3	639	2427	3567	14857
5	Dormitorio	17,5	4,5	78,75	835	404	2016
3	Bagno aule	13,25	4,5	59,63	1833	448	4243
1	corridoio	80	4,5	360	4215	3807	17139
1	Aula infanti	80	4,5	360	2864	1497	7389

Impianto 2

n°	LOCALE	S [m²]	h locale [m]	V [m³]	Calore latente [W]	Fabbisogno invernale [W]	Fabbisogno estivo [W]
1	Atrio	494	9	4446	8118	10776	56550
3	uffici	14	4	56	101	128	630
2	Bagni uffici	14	4	56	568	128	781
1	Cucina	63	4,5	283,5	5285	724	10522
4	Bagni piano terra	19	4,5	85,5	568	224	760

Tabella 8.4.4.1-a Fabbisogni invernali ed estivi dei singoli locali

Facendo una stima delle persone presenti in ogni locale, in base alle tabelle a norma indichiamo i valori di ricambio d'aria minimi a persone determinando così la portata d'aria minima.

$$P_{a\ minima} = n°\ persone\ x\ ricambio\ d'aria$$

Si prosegue con la determinazione della differenza di temperatura invernale ed estiva calcolata come segue:

$$\Delta T\ =\ \frac{F_{\ invernale}}{0{,}34\ x\ P_{a\ minima}}$$

$$\Delta T\ =\ \frac{F_{estivo}}{0{,}34\ x\ P_{a\ minima}}$$

dove:

$F_{\ invernale}$ = Fabbisogno termico invernale [W]

$F_{\ estivo}$ = Fabbisogno termico estivo [W]

$0{,}34$ = calore specifico dell'aria [℃]

$P_{a\ minima}$ = portata d'aria minima [mc/h]

Si procede con le seguenti verifiche:

- ΔT invernale < 15℃
- ΔT estivo < 10℃

Se le verifiche non vengono soddisfatte significa che la portata d'aria primaria minima non è sufficiente, pertanto si deve andare a valutare la portata d'aria primaria necessaria, imponendo come dato la differenza di temperatura voluta (per l'inverno 15℃ e per l'estate 10℃):

$$P_{a\ minima}\ =\ \frac{F_{\ invernale}\ /\ F_{\ estivo}}{0{,}34\ x\ \Delta T}$$

Impianto 1

n°	LOCALE	n° pers.	richambi aria minimi [mc/h per.]	Portata d'aria minima [mc/h]	ΔT invernale [°C]	ΔT estivo [°C]	Portata d'aria necessaria a ΔT = 15°C [mc/h]	Portata d'aria necessaria a ΔT = 10°C [mc/h]
5	Aula	22	15	330	5,57	44,81		1378,82
1	Ingresso	30	39,6	1188	8,83	36,78		2369,71
5	Dormitorio	20	15	1488	0,80	3,98		1288,00
3	Bagno aule	3	15	45	29,28	177,32	87,84	1247,94
1	corridoio	10	39,6	396	28,28	127,30	746,47	3040,88
1	Aula infanti	10	15	546	8,06	39,80		1173,24
							Totale :	24161,76

Impianto 2

n°	LOCALE	n° per.	richambi aria minimi [mc/h pers.]	Portata d'aria minima [mc/h]	ΔT invernale [°C]	ΔT estivo [°C]	Portata d'aria necessaria a ΔT = 10°C [mc/h]
		18	36				
1	Atrio	100	15	2148	14,76	77,43	16632,32
3	uffici	2	30	60	6,27	30,88	185,29
2	Bagni uffici	3	30	150	2,51	15,31	229,71
1	Cucina	4	40	160	13,31	93,42	3094,71
4	Bagni piano terra	3	30	90	7,32	24,84	223,53
						Totale:	21636,44

Tabella 8.4.4.1-b Portata d'aria necessaria per ogni locale

I valori evidenziati in rosso sono superiori ai valori limiti imposti di differenza di temperatura . nel caso in esame si nota che nella stagione invernale la portata d'aria minima risulta insufficiente solamente in due locali: i bagni delle aule e il corridoio; mentre nella stagione estiva essendo superiore si è imposto un ΔT pari a 10℃ individuando la reale portata necessa ria.

Già dagli elevati fabbisogni, ma ora con l'esplicitazione delle portate, ancor meglio si evidenzia la necessità di un impianto di dimensioni non trascurabili. Date tali dimensione e, per riuscire ad ottenere un edificio di Classe A è necessario non solo introdurre la ventilazione meccanizzata ma predisporre il macchinario di un recuperatore di calore, il quale permette di recuperare parte dell'energia già presente nell'aria interna. Il recuperatore scelto è di tipo relativo entalpico in entrambi i macchinari.

È necessario ora far ricorso al diagramma di Mollier per poter risalire alle umidità assolute imposte nei vari ambienti in ogni stagione. Attraverso questo diagramma è infatti possibile, avendo le temperature e le umidità relative ricavare le umidità assolute e le entalpie nelle diverse condizioni.

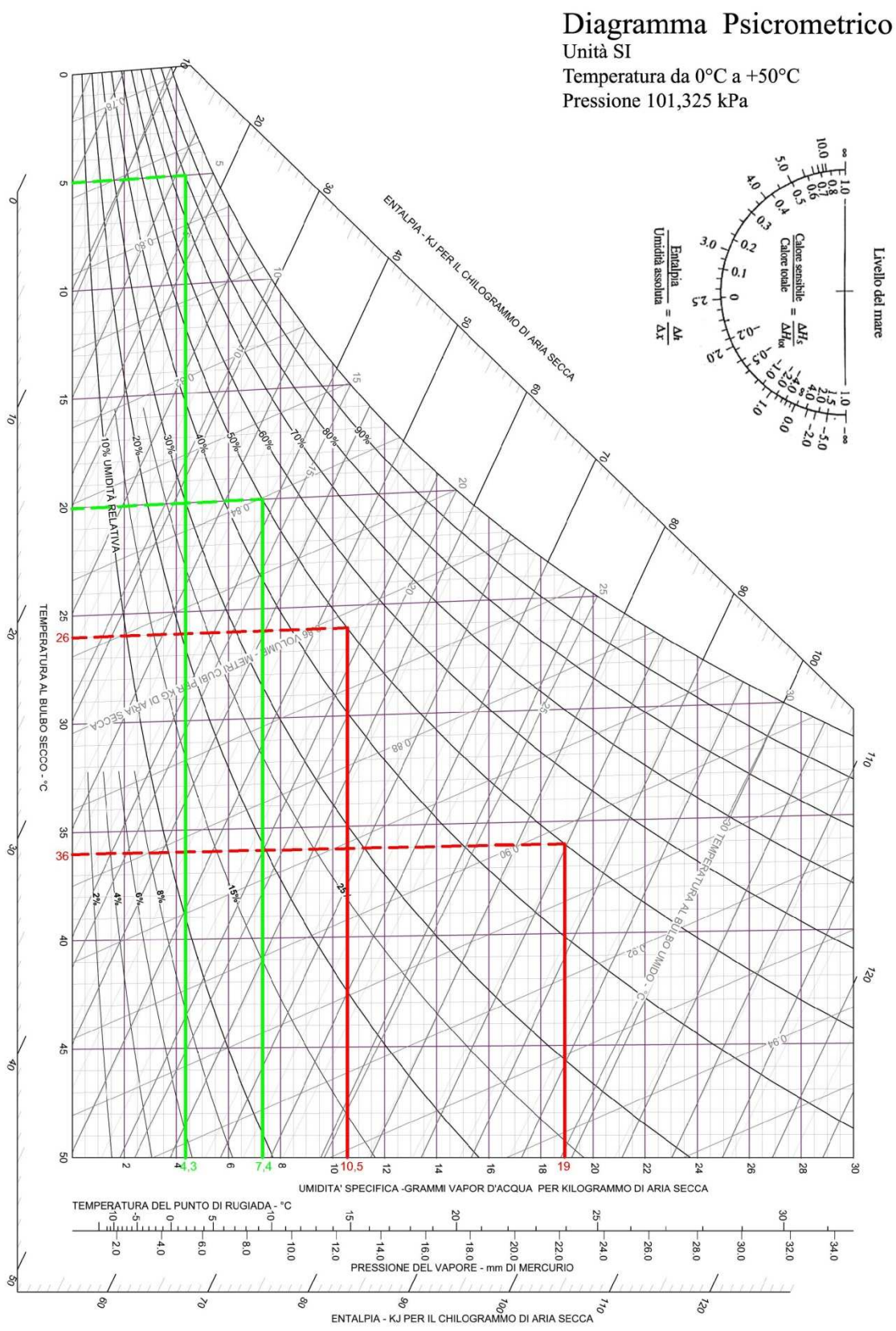


Figura 8.4.4.1-a Diagramma psicometrico: temperature interne ed esterne

Dalla lettura del diagramma di Mollier abbiamo ricavato $X_{i\ estivo}$; $X_{e\ estivo}$; $X_{i\ invernale}$; $X_{e\ invernale}$. Si è calcolata la differenza di umidità specifica:

$$\Delta T_{estivo} = X_{e\ estivo} - X_{i\ estivo}$$

$$\Delta T_{invernale} = X_{i\ invernale} - X_{e\ invernale}$$

dove:

$X_{e\ estivo}$ = umidità specifica esterna in estate [g/kg] ;

$X_{i\ estivo}$= umidità specifica interna in estate [g/kg] ;

$X_{i\ invernale}$ = umidità specifica interna in inverno [g/kg] ;

$X_{e\ invernale}$ = umidità specifica esterna in inverno [g/kg] ;

Inoltre abbiamo ipotizzato un efficienza del recuperatore di calore pari al 70%, pertanto l'umidità specifica totale è stata ricavata con l'ausilio delle seguenti formule:

$$\Delta X\ 70\% = \Delta X\ x\ 0{,}7$$

$$X_{tot} = \Delta X\ 70\% + X_e$$

	inverno	estate
umidità specifica interna Xi	7,4 g/Kg	10,5 g/Kg
umidità specifica esterna Xe	4,3 g/Kg	19 g/Kg
differenza di umidità spec. ΔX	3,1 g/Kg	8,5 g/Kg
70% di ΔX	2,17 g/Kg	5,95 g/Kg
Xtot	6,47 g/Kg	13,05 g/Kg

Grafico 8.4.4.1-c Valori di umidità nelle due stagioni

Con i valori calcolati dell'umidità specifica totale, possiamo, attraverso il diagramma di Mollier ricavare la temperatura modificata, partendo dalla Xtot trovata e raggiungendo la retta congiungente il punto interno a quello esterno.

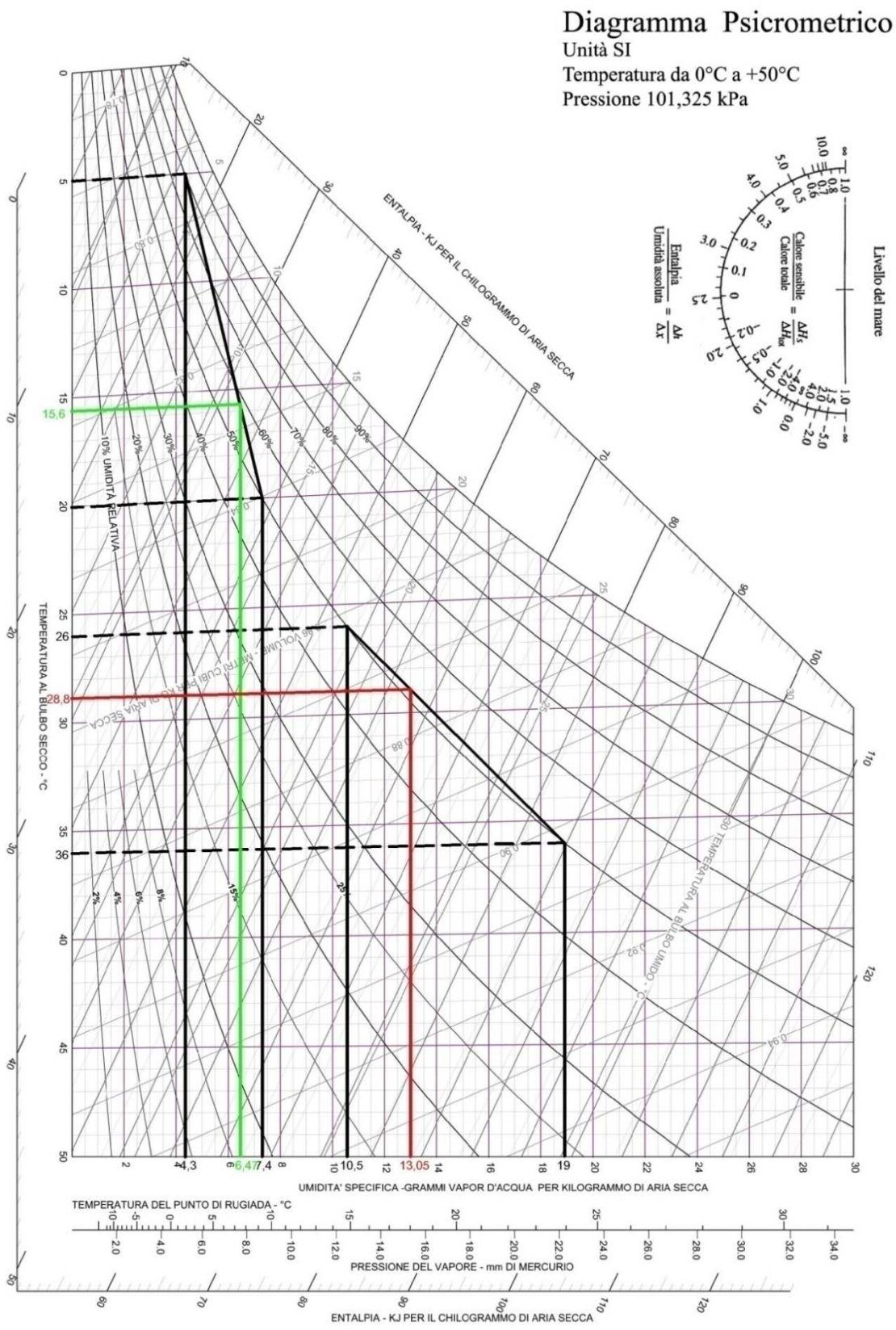


Figura 8.4.4.1-b Diagramma psicometrico: temperature modificate

Le temperature modificate, ricavate dal grafico esposto, sono:

$T_{m\ estate}$ = 28,8 ℃

$T_{m\ inverno}$ = 15,6 ℃

8.4.4.2 Calcolo del fabbisogno termico con il recuperatore di calore

Necessario individuare la temperatura dell'aria di miscela sia in inverno che in estate,si determina utilizzando la seguente formula:

$$T_a = \frac{(T_i\ x\ (\ P_{necc}\ -\ P_{min}\ ))\ +\ (P_{min}\ x\ T_{rec})}{P_{nec}}$$

dove:

Ta = temperatura dell'aria di miscela [℃];

Ti = temperatura ambiente interno [℃];

Trec = temperatura modificata con il recuperatore [℃];

Pnec = portata aria minima necessaria [mc/h];

Pmin = portata aria minima [mc/h].

Dopo aver determinato la temperatura di miscela si passa alla determinazione del fabbisogno del recuperatore seguendo la formula:

$$F = P\ x\ \Delta T\ x\ 0{,}34$$

con:

F = fabbisogno termico con il recuperatore di calore [W];

0,34 = calore specifico dell'aria [℃];

P = potenza d'aria primaria necessaria [mc/h];

ΔT = differenza di temperatura tra Ti e Tmiscela.

Riportiamo di seguito i risultati ottenuti per entrambe le stagioni per tutti i locali:

Impianto 1

LOCALE	INVERNO		ESTATE	
	Temperatura di miscela [°C]	Fabbisogno Termico [W]	Temperatura di miscela [°C]	Fabbisogno Termico [W]
Aula	19,02	493,68	26,62	314,16
Ingresso	18,80	1777,25	26,76	1130,98
Dormitorio	17,77	448,80	27,42	285,60
Bagno aule	19,84	67,32	26,10	42,84
corridoio	19,65	592,42	26,22	376,99
Aula infanti	19,70	224,40	26,19	142,80

Impianto 2

LOCALE	INVERNO		ESTATE	
	Temperatura di miscela [°C]	Fabbisogno Termico [W]	Temperatura di miscela [°C]	Fabbisogno Termico [W]
Atrio	19,46	3051,84	26,34	1942,08
uffici	18,58	89,76	26,91	57,12
Bagni uffici	18,28	134,64	27,10	85,68
Cucina	19,77	239,36	26,14	152,32
Bagni piano terra	18,23	134,64	27,13	85,68

Tabella 8.4.4.2-a Temperatura di miscela e fabbisogno nelle diverse stagioni

8.4.4.3 Calcolo della batteria di riscaldamento

È ora necessario dimensionare per il regime invernale la batteria di riscaldamento e per quello estivo la batteria di raffreddamento. Partiamo dalla condizione invernale:

- Determiniamo il ΔT:

$$\Delta T = \frac{F\ inverno}{0{,}34\ x\ P_{necc}}$$

dove:

$F\ inverno$ = fabbisogno termico invernale [W];

$0{,}34$ = calore specifico dell'aria [℃];

P_{necc} = portata d'aria minima necessaria [mc/h].

- Ottenuti tutti i ΔT è possibile ricavare Ta data dalla seguente somma:

$$Ta = \Delta T + T_{interna}$$

- Calcoliamo ora il *ΔTa* dato dalla differenza:

$$\Delta Ta = Ta - T_{interna}$$

- Siamo pronti a questo punto per poter calcolare la potenza della batteria di riscaldamento data da:

$$P_{batt} = 0{,}34\ x\ \Delta Ta\ x\ P_{nec}$$

Impianto 1

LOCALE	ΔT [°C]	Ta [°C]	Δta [°C]	Potenza batteria riscaldamento [W]
Aula	1,24	21,24	2,22	1118,68
Ingresso	2,40	22,40	3,60	5344,25
Dormitorio	2,00	22,00	4,23	852,80
Bagno aule	1,06	21,06	1,21	515,32
corridoio	2,22	22,22	2,57	4399,42
Aula infanti	2,03	22,03	2,33	1721,40

Impianto 2

LOCALE	ΔT [°C]	Ta [°C]	Δta [°C]	Potenza batteria riscaldamento [W]
Atrio	1,91	21,91	2,45	13827,84
uffici	2,03	22,03	3,46	217,76
Bagni uffici	1,64	21,64	3,36	262,64
Cucina	0,69	20,69	0,92	963,36
Bagni piano terra	2,95	22,95	4,72	358,64

Tabella 8.4.4.3-a Potenza della batteria di riscaldamento

8.4.4.4 Calcolo della batteria di raffrescamento

Per giungere al dimensionamento della batteria di raffreddamento dobbiamo innanzitutto imporre una differenza di temperatura ΔT = 10℃ e successivamente:

- individuare il contenuto di umidità da immettere nell'ambiente tramite la formula:

$$X = \frac{\frac{\Phi l}{\frac{P_{nec}}{0{,}86}}}{720} \; x \; 1000$$

dove:

X = contenuto di umidità specifica [g/kg];

Φl = calore latente [W];

P_{nec} = portata d'aria necessaria [mc/h];

0,86 = volume specifico aria secca [mc/kg℃];

720 g/kg = fattore di conversione unità di misura;

1000 = fattore di conversione unità di misura.

- Si passa alla determinazione della differenza di umidità specifica ipotizzando una temperatura d'immissione della'aria a 12℃ con umid ità del 100%, ossia in condizioni di saturazione;
- Si passa così alla determinazione della differenza di entalpia nella batteria la quale permetterà il calcolo della potenza della batteria di raffrescamento con la seguente formula:

$$P_{raff} = \frac{1{,}2 \ x \ P_{nec} \ x \ \Delta h}{0{,}86}$$

dove:

1,2 = densità media dell'aria [kg/m³];

P_{nec} = portata d'aria necessaria [mc/h];

0,86 = volume specifico aria secca [mc/kg℃];

Δh = differenza d'entalpia [kcal/kg].

Condizione invernale

Impianto 1

LOCALE	n°	Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Fabbisogno batteria di riscaldamento [W]	Totale Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Totale Fabbisogno batteria di riscaldamento [W]
Aula	5	493,68	1118,68	2468,40	5593,4
Ingresso	1	1777,25	5344,25	1777,25	5344,25
Dormitorio	5	448,80	852,8	2244,00	4264
Bagno aule	3	67,32	515,32	201,96	1545,96
corridoio	1	592,42	4399,42	592,42	4399,42
Aula infanti	1	224,40	1721,4	224,40	1721,4
			Tot.	7508,42	22868,42

Impianto 2

LOCALE	n°	Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Fabbisogno batteria di riscaldamento [W]	Totale Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Totale Fabbisogno batteria di riscaldamento [W]
Atrio	1	3051,84	13827,84	3051,84	13827,84
uffici	3	89,76	217,76	269,28	653,28
Bagni uffici	2	134,64	262,64	269,28	525,28
Cucina	1	239,36	963,36	239,36	963,36
Bagni piano terra	4	134,64	358,64	538,56	1434,56
			Tot.	4368,32	17404,32

Tabella 8.4.4.4-a Fabbisogno invernale

Condizione estiva

Impianto 1

LOCALE	n°	Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Fabbisogno batteria di raffreddamento [W]	Totale Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Totale Fabbisogno batteria di raffreddamento [W]
Aula	5	314,16	1758,9	1570,80	8794,5
Ingresso	1	1130,98	8979,2	1130,98	8979,2
Dormitorio	5	285,60	1397,4	1428,00	6987
Bagno aule	3	42,84	1092,7	128,52	3278,1
corridoio	1	376,99	6223,8	376,99	6223,8
Aula infanti	1	142,80	2241,8	142,80	2241,8
			Tot.	4778,09	36504,40

Impianto 2

LOCALE	n°	Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Fabbisogno batteria di raffreddamento [W]	Totale Fabbisogno con recuperatore di calore [W]	Totale Fabbisogno batteria di raffreddamento [W]
Atrio	1	1942,08	22678,5	1942,08	21678,5
uffici	3	57,12	557,8	171,36	1673,4
Bagni uffici	2	85,68	578,9	171,36	1157,8
Cucina	1	152,32	2076,9	152,32	2076,9
Bagni piano terra	4	85,68	576,7	342,72	2306,8
			Tot.	2779,84	28893,40

Tabella 8.4.4.4-b Fabbisogno estivo

Determinato il fabbisogno sia in ambito invernale che in ambito estivo, facendo riferimento alla potenza maggiore scelgo la pompa in grado di soddisfare le mie esigenze. Ora che il calcolo è stato svolto separatamente possiamo, in fase finale, riconsiderare l'ipotesi di porre un solo macchinario.

In caso scegliessimo due centrali distinte, la prima, quella dell'impianto 1, dovrebbe avere una potenza superiore a 36,5 kW, mentre quella dell'impianto 2, dovrebbe superare i 30 kW. Nel caso invece, visto le dimensioni non troppo eccessive si decidesse di porre un'unica centrale di trattamento dell'aria della potenza superiore a :

36504,40 W + 28893,40 W = 65397,8 W ------ > di 66 kW

Di seguito si riporta una scheda tecnica di diverse pompe e si segnala la scelta effettuata.

MODELLO **TCCEB-THCEB-TCPEB-THPEB**		**130**	**135**	**140**	**150**	**160**	**270**
❶ Potenzialità frigorifera nominale	kW	30,1	34,5	37,3	47,2	59,4	66,3
❷ Potenzialità termica nominale	kW	34,9	41,2	43,1	55,9	65,3	77,1
❸ Pressione sonora	dB(A)	54	59	57	57	60	64
Compressore scroll/gradini	n.	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	2/2
Circuiti	n.	1	1	1	1	1	1
Portata nominale ventilatore	m³/h	8.500	11.000	15.000	15.000	17.000	20.000
❶ Pressione statica utile max. ventilatore	Pa	145	155	125	125	150	155
❶ Potenza assorbita **TCCEB**	kW	12,1	14,5	14,9	18,7	22,9	28,0
❷ Potenza assorbita **THCEB**	kW	11,4	13,9	13,6	17,8	21,5	28,8
Alimentazione elettrica	V-ph-Hz	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50
DIMENSIONI E PESI		**130**	**135**	**140**	**150**	**160**	**270**
L - Larghezza	mm	1.855	1.855	2.355	2.355	2.355	2.355
H - Altezza	mm	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916	1.916
P - Profondità	mm	910	910	1.010	1.010	1.010	1.010
❶ Peso **TCCEB-TCPEB**	kg	646	666	781	885	946	1.022
❷ Peso **THCEB-THPEB**	kg	669	687	805	910	982	1.057

Tabella 8.4.4.4-c Scheda tecnica delle pompe prescelte per i due impianti

Il calcolo del E.E.R e del C.O.P. da eseguire è il seguente:

$$E.E.R. = \frac{Potenza\ frigorifera}{Potenza\ assorbita}$$

$$C.O.P. = \frac{Potenza\ termica}{Potenza\ assorbita}$$

I valori ottenuti sono:

$$E.E.R. = \frac{66{,}3\ kW}{28{,}8\ kW} = 2{,}3$$

$$C.O.P. = \frac{77{,}1\ kW}{28{,}8\ kW} = 2{,}7$$

Data il fatto che il macchinario considerato soddisfa davvero al limite le nostre necessità ed avendo valori di E.E.R. e di C.O.P. non molto buoni si decide di utilizzare un macchinario più grande, con il quale siamo sicuri di poter coprire le nostre necessità e che ci permette di utilizzare meno potenza elettrica grazie ai migliori valori suddetti.

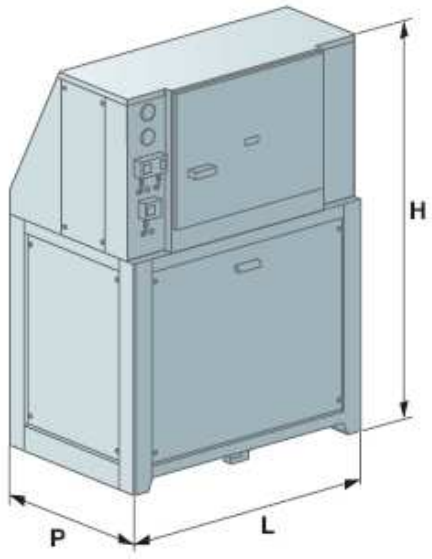
MODELLO TCHEB-TCHEI-THHEB-THHEI		280	2110	2130	4160	4190	4220	4240	4260
❶ Potenzialità frigorifera nominale	kW	76,5	103,4	127,6	153,0	180,0	206,9	231,1	255,3
❶ E.E.R.		3,39	3,36	3,41	3,39	3,37	3,36	3,39	3,41
❶ Potenza assorbita	kW	22,6	30,8	37,4	45,2	53,4	61,6	68,2	74,8
❷ Potenzialità termica nominale	kW	86,6	117,4	145,0	173,1	204,0	234,9	262,4	289,9
❷ C.O.P.		3,06	3,09	3,12	3,06	3,08	3,09	3,11	3,12
❷ Potenza assorbita	kW	28,3	38,0	46,4	56,6	66,3	76,1	84,4	92,8
❼ E.E.R. (EN 14511:2004)		4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,61	4,63	4,60
❼ C.O.P. (EN 14511:2004)		4,43	4,41	4,42	4,42	4,41	4,41	4,42	4,42
❽ Potenza sonora	dB(A)	71	74	75	76	78	79	80	80
❾ Potenza sonora	dB(A)	69	72	73	74	76	77	78	78
Compressore scroll/gradini	n.	2/2	2/2	2/2	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Circuiti	n.	1	1	1	2	2	2	2	2
Alimentazione elettrica	V-ph-Hz	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50	400-3+N-50

Tabella 8.4.4.4-d Scheda tecnica della pompa prescelta per un unico impianto

Possiamo notare i valori decisamente migliori dei coefficienti di consumo energetico; inoltre dalla tabella in seguito riportata vediamo che anche l'ingombro della macchina è inferiore al precedente.

DIMENSIONI E PESI		280	2110	2130	4160	4190	4220	4240	4260
L - Larghezza	mm	1.214	1.214	1.214	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407
H - Altezza	mm	1.703	1.703	1.703	1.709	1.709	1.709	1.709	1.709
P - Profondità	mm	873	873	873	873	873	873	873	873
Peso **TCHE**	kg	675	825	850	982	1.110	1.217	1.246	1.270
Peso **THHE**	kg	690	840	865	1.008	1.123	1.231	1.271	1.297

Tale macchinario è adatto alla collocazione interna e viene riposto nel locale impianti nella parte interrata dell'edificio, in zona centrale.



Per valutare il consumo medio dell'impianto è necessario svolgere nuovamente i calcoli sopracitati utilizzando non più le temperature di progetto ma le reali temperature di Siviglia, si ha quindi:

	Ti	Te prog.	Te eff.	Δt prog.	Δt eff.
inverno	20	5	12	15	8
estate	26	36	27	10	1

ΔTa estivo	ΔTa invernale	P batteria riscaldamento [W]	P batteria raffrescamento [W]	n locali	Tot P batteria riscaldamento [W]	Tot P batteria raffrescamento [W]
2,35	2,41	13628,52	14765,80	1	13628,52	14765,80
2,12	2,01	1010,63	1184,37	5	5053,14	5921,87
3,21	3,11	4620,53	5299,00	1	4620,53	5299,00
2,03	1,95	393,12	454,72	5	1965,60	2273,60
1,21	0,91	386,11	570,45	3	1158,34	1711,34
3,26	2,89	182,07	228,20	3	546,21	684,60
2,16	2,01	156,98	187,44	2	313,96	374,88
0,92	0,82	862,80	1075,58	1	862,80	1075,58
2,17	2,04	3496,36	4132,40	1	3496,36	4132,40
1,23	1,05	775,85	1009,83	1	775,85	1009,83
3,72	3,34	253,84	314,13	4	1015,36	1256,53
				Tot	33436,67	38505,44

Tabella 8.4.4.4-e Consumi della pompa prescelta

Calcolo potenza assorbita

Della scheda tecnica è possibile individuare i coefficienti C.O.P ed E.E.R. con i quali si può determinare l'assorbimento elettrico della pompa con la seguente modalità:

$$Potenza\ assorbita\ per\ riscaldamento = \frac{Potenza\ necessaria\ di\ riscaldamento}{C.O.P.}$$

$$Potenza\ assorbita\ per\ raffrescamento = \frac{Potenza\ necessaria\ di\ raffrescamento}{E.E.R.}$$

$$Potenza\ assorbita\ per\ riscaldamento = \frac{33{,}45\ kW}{3{,}06} = 10{,}93\ kW$$

$$Potenza\ assorbita\ per\ raffrescamento = \frac{38{,}50\ kW}{3{,}39} = 11{,}36\ kW$$

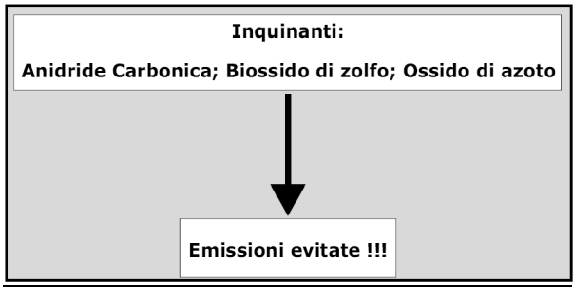
8.5 IMPIANTO ACS

8.5.1 INTRODUZIONE

Dal sole alla terra viaggia un fascio di luce, la Radiazione Solare. Questo fascio di luce è energia elettromagnetica che scaturisce dai processi di fusione dell'idrogeno contenuto nel sole. L'ammontare di tale energia al di fuori dell'atmosfera è definita dalla costante solare. Si definisce costante solare la quantità di energia che viene captata nello spazio fuori dall'atmosfera da una superficie di un metro quadrato, in un secondo, alla distanza media della Terra dal Sole. (C = 1.367 Watt/m2)
L'energia associata all'enorme flusso di radiazioni emesso dal sole e catturato dal nostro pianeta è all'origine della vita e ne permette il perpetuarsi.
Quasi tutte le forme di energia infatti traggono origine direttamente o indirettamente
dal sole.
L'intensità della radiazione solare viene misurata tramite due grandezze fisiche:

- *Insolazione*: Energia media giornaliera (kWh/m2 giorno)
- *Irraggiamento*: Potenza istantanea su superficie orizzontale (kW/m2)

La tecnologia solare termica è la tecnologia che permette lo sfruttamento della radiazione solare per produrre (o risparmiare) energia attraverso il riscaldamento di un fluido senza rifiuti inquinanti.



Nel caso della sola ACS (Acqua Calda Sanitaria) il Sole ci può garantire facilmente una copertura del fabbisogno della stessa dell'80-95%. Qualora i prodotti utilizzati siano caratterizzati da un'elevata tecnologia, qualità e resa si possono ottenere degli ottimi risultati. Per avere un'idea delle superfici da impegnare nel dimensionamento di massima di un impianto solare per la sola produzione di ACS possiamo fare riferimento ai seguenti valori riferiti all'Italia:

- Nord 1,2 m2/persona
- Centro1,0 m2/persona
- Sud 0,8 m2/persona

Qualora volessimo determinare la dimensione degli accumuli possiamo considerare nel caso di impianti per la produzione di ACS un fabbisogno procapite di circa 50-70 L al giorno.
La città a noi interessata può essere approssimativamente considerata come fosse al sud Italia; tale approssimazione ci mantiene comunque in favore di sicurezza; infatti la radiazione solare nell'Andalusia è superiore o al peggio pari a quella della Sicilia, come apprezzabile dall'immagine seguente; più in dettaglio le radiazioni solari nella Spagna sono riportate di seguito:

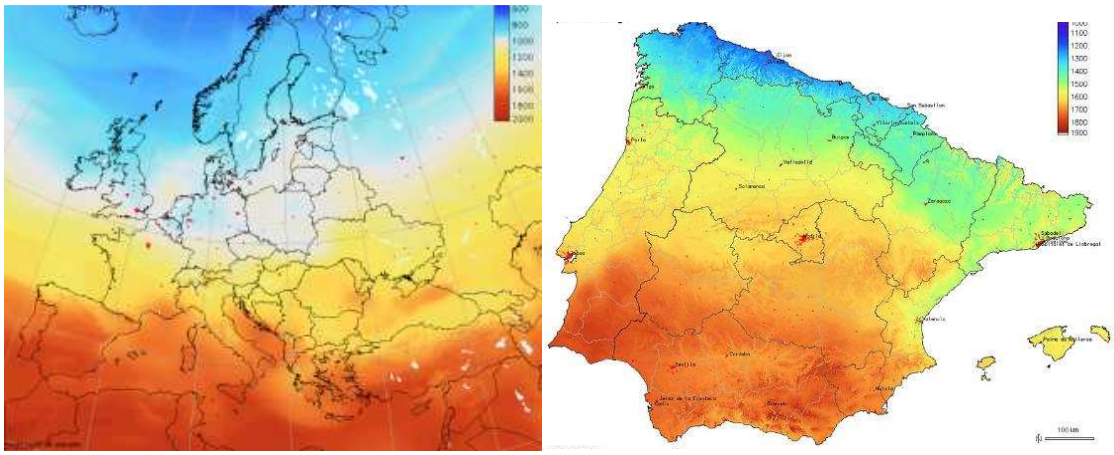


Figura 8.5.1-a Radiazione solare nella penisola iberica ed in Andalusia

Nonostante la forte radiazione solare che colpisce la zona Sud della Spagna, l'utilizzo del solare non ha trovato grande applicazione; la Spagna infatti ha preferito investire maggiormente nell'energia solare tramite il fotovoltaico divenendo lidar nel settore realizzando diverse centrali nella provincia di Siviglia di dimensioni uniche per l'intera Europa. A riguardo invece del solare, dal grafico riportato di seguito possiamo vedere come la Spagna, così come l'Italia, pur essendo Paesi con grosse potenzialità sono notevolmente indietro nello sviluppo di tale tecnologia.

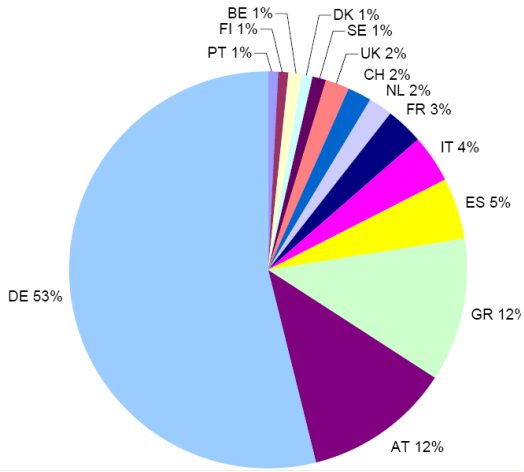


Figura 8.5.1-b Utilizzo di energia solare

La Spagna sta già però concretamente cercando di stimolare lo sviluppo del solare, come già avvenuto per il fotovoltaico, infatti l'ANSA afferma:

"*Con il nuovo Codice Tecnico Edilizio(Codigo Tecnico de la Edification , CTE) viene introdotto l' obbligo di produrre dal 30 al 70% dell'acqua calda destinata ad usi domestici utilizzando l'energia termica solare. Il provvedimento si applica agli edifici nuovi e a quelli da ristrutturare di qualsiasi genere, indipendentemente dal loro uso.*"

8.5.2 Scelta impiantistica

Esistono diverse tecnologie per la trasformazione dell'energia solare in energia termica a bassa temperatura.
La suddivisione principale è però fatta fra:

- *Circolazione Naturale*
- *Circolazione Forzata*

La differenza principale fra le due tecniche di conversione sta principalmente nel fatto che nella prima (circolazione naturale) non ci sono elementi impiantistici di tipo elettromeccanico: il motore della circolazione naturale è direttamente l'energia solare. Nella seconda (circolazione forzata) il fluido viene fatto circolare da una pompa di circolazione.
Data la dimensione dell'impianto, si è scelto di utilizzare la tecnologia della circolazione forzata con pompa di ricircolo del fluido che permette di svincolare completamente il posizionamento dei collettori e del sistema di accumulo.

Naturalmente un sistema energetico, basato su una fonte rinnovabile aleatoria e non costante nel tempo come il sole, necessita di un sistema integrativo di tipo convenzionale per garantire la continuità nella produzione del calore. A tal fine possono essere integrati nell'impianto i sistemi tradizionali di produzione calore, quali:

- resistenze elettriche, installate direttamente nel boiler;
- caldaie istantanee a gas che riscaldano l'acqua in uscita dal Boiler;
- caldaie tradizionali che tengono in temperatura l'acqua nel serbatoio mediante uno scambiatore di calore posto nella parte superiore del serbatoio stesso.

È riportato di seguito lo schema impiantistico della tipologia scelta:

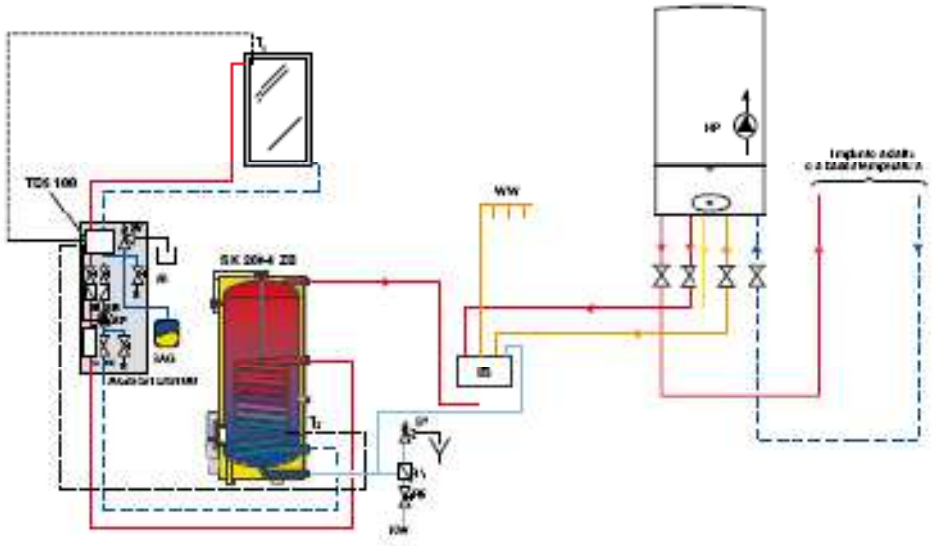


Figura 8.5.2-a Impianto ACS

Analizzando ora i risparmi energetici con l'ausilio del solare termico riportiamo di seguito un grafico al fine di poter attuare una corretta scelta impiantistica:

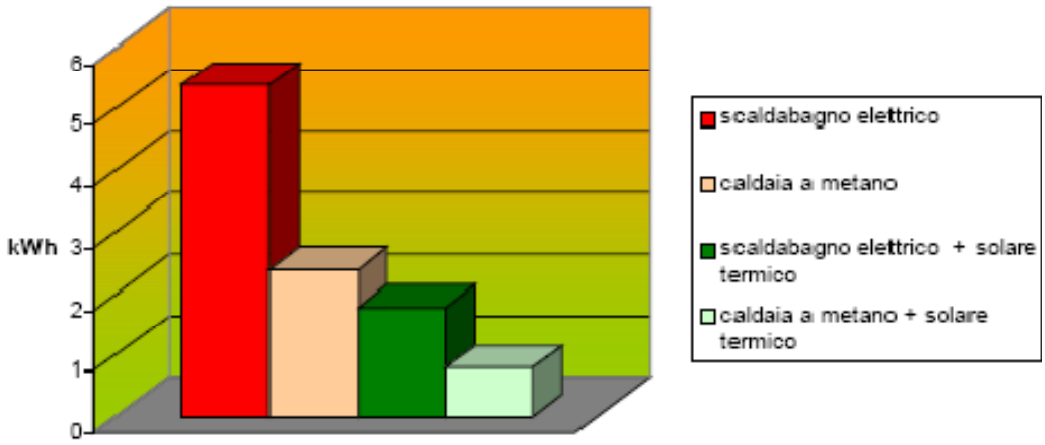


Figura 8.5.2-b Consumo dei diversi impianti per la produzione di acqua calda

È immediato osservare come il sistema che garantisca un miglior risparmio sia il solare termico integrato con caldaia a metano; la nostra scelta è però differente, si è preferito integrare il solare con uno scaldabagno elettrico così da poter comunque garantire il funzionamento dell'impianto con il massimo uso di energia pulita gratuita grazie al fotovoltaico.
Un impianto a circolazione forzata è formato da un collettore solare a sé stante, connesso attraverso un circuito con un serbatoio localizzato nell'edificio. All'interno del circuito solare si trova acqua o un fluido termovettore antigelo. La pompa di circolazione del circuito solare è attivata da un regolatore differenziale di temperatura
quando la temperatura all'interno del collettore è superiore alla temperatura di riferimento impostata nel serbatoio di accumulo. Il calore viene quindi trasportato al serbatoio di accumulo e ceduto all'acqua sanitaria mediante uno scambiatore di calore.
Mentre in estate l'impianto solare copre tutto il fabbisogno di energia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, in inverno e nei giorni con scarsa insolazione serve per il preriscaldamento dell'acqua. La parte del serbatoio che contiene l'acqua calda a pronta disposizione, cioè quella da tenere sempre in temperatura, può essere riscaldata da uno scaldabagno elettrico. Il riscaldamento ausiliario viene comandato da un termostato quando nel serbatoio la temperatura dell'acqua nella parte a pronta disposizione scende al di sotto della temperatura nominale desiderata.

I vantaggi della circolazione forzata sono:

- Possibilità di gestire impianti di grosse dimensioni
- Produzione ACS e riscaldamento degli ambienti
- Produzione di acqua calda per processi industriali ed allevamenti

- Assenza di sprechi di acqua calda in quanto una volta raggiunta la massima temperatura dell'acqua contenuta all'interno dell'accumulo, l'impianto viene fermato
- Assenza di vincoli architettonici
- Assenza di particolari condizioni nello stato del sottotetto
- Strutture integrate nel tetto dell'abitazione

L'unico svantaggio è invece la presenza di un circolatore o pompa di circolazione.

8.5.3 Calcolo dell'energia prodotta

Si stima un'utenza di circa 120 persone, delle quali 100 sono bambini sotto i 3 anni; solitamente viene considerato come fabbisogno di acqua calda sanitaria per un'abitazione circa 50l a persona; nel nostro caso si è deciso di considerarne un po' più della metà, 30l di acqua pro capite.
Tale decisione verte sul fatto che non vengono effettuate docce all'interno dello stabile salvo casi eccezionali; l'utilizzo di tale acqua è comunque giustificato dai bagnetti ai bambini e dai ripetuti cambi necessari a alla loro salute e all'acqua necessaria alla cucina. Si è determinato così il fabbisogno di acqua calda sanitaria ritenuto costante ogni mese dell'anno con la seguente metodologia:

$$F_{ACS} = 40l \ x \ 130\, persone = 5200\, l$$

Si è successivamente determinato il quantitativo di energia termica necessario per l'innalzamento della temperatura di 35℃, considera ndo come temperatura d'arrivo dell'acqua 15 ℃ e di utilizzo di 50℃.

$$Q = G \ x \ c_s \ x \ (T_u - T_a)$$

dove:
Q = fabbisogno d'energia giornaliera [kcal];
G = massa d'acqua da riscaldare [l];
c_s = calore specifico dell'acqua [kcal/l];
T_u = temperatura di utilizzo pari a 45℃;
T_a = temperatura acqua d'arrivo paria a 15℃.

$$Q = 5200\, l \quad x \quad 1\, \frac{kcal}{°C} \quad x \quad 35°C \quad = 182000 \ kcal$$

È necessario ora determinare la radiazione globale su piano orizzontale, in quanto i nostri pannelli sono collocati con inclinazione nulla, per scelta architettonica e poiché alla latitudine considerata l'irraggiamento è comunque molto alto. Vengono di seguito riportate le irradiante medie mensili:

	IRR. TOT SU PIANO ORIZZONTALE			DIFFUSA		DIRETTA
	Wh/m²	kWh/m²	MJ/m²	-	kWh/m²	kWh/m²
gennaio	2450	2,45	8,82	0,41	3,62	5,20
febbraio	3090	3,09	11,12	0,43	4,78	6,34
marzo	4580	4,58	16,49	0,37	6,10	10,39
aprile	5240	5,24	18,86	0,42	7,92	10,94
maggio	6750	6,75	24,30	0,35	8,51	15,80
giugno	7270	7,27	26,17	0,33	8,64	17,54
luglio	7040	7,04	25,34	0,34	8,62	16,73
agosto	6350	6,35	22,86	0,34	7,77	15,09
settembre	5070	5,07	18,25	0,35	6,39	11,86
ottobre	3840	3,84	13,82	0,37	5,11	8,71
novembre	2480	2,48	8,93	0,45	4,02	4,91
dicembre	2070	2,07	7,45	0,46	3,43	4,02

Tabella 8.5.3-a Irraggiamento sul piano orizzontale

Determiniamo ora il fabbisogno mensile moltiplicando il giornaliero per il numero di giorni; lo determiniamo in kcal, MJ e kWh.

		Fabbisogno mensile		
	n° giorni	[kcal]	[kJ]	[kWh]
gennaio	31	5642000	23621926	6561,6
febbraio	28	5096000	21335933	5926,6
marzo	31	5642000	23621926	6561,6
aprile	30	5460000	22859928	6350,0
maggio	31	5642000	23621926	6561,6
giugno	30	5460000	22859928	6350,0
luglio	31	5642000	23621926	6561,6
agosto	31	5642000	23621926	6561,6
settembre	30	5460000	22859928	6350,0
ottobre	31	5642000	23621926	6561,6
novembre	30	5460000	22859928	6350,0
dicembre	31	5642000	23621926	6561,6

Tabella 8.5.3-b Fabbisogno mensile di ACS

Si prosegue ora con la determinazione delle funzione X e Y date dalle relazioni seguenti:

$$X = \frac{S\ x\ F_r\ x\ U_r\ x\ (T_R - T_{ma})\ x\ s}{L}$$

dove:

S = superficie captante [m²];

F_r = coefficiente di rimozione pari a 0,88;

U_r = fattore di dispersione pari a 6,2 W/m²k;

T_R = temperatura di riferimento pari a 100℃;

T_{ma} = temperatura media annua pari a 19,06℃;

s = secondi presenti nel mese considerato;

L = fabbisogno mensile [J]

$$Y = \frac{S\ x\ F_r\ x\ \tau_S\ x\ I\ x\ gg}{L}$$

dove:

S = superficie captante [m²];

F_r = coefficiente di rimozione pari a 0,88;

τ_S = coefficiente di assorbimento-trasmissione pari a 0,75;

I = irradianza media mensile;

gg = giorni presenti in un mese;

L = fabbisogno mensile [kWh].

Ipotizziamo che la superficie captante sia di 100m² in quanto tramite un metodo semplicistico si può stimare una necessità di 0,8 m² a persona nelle zone con molto irraggiamento quali il sud Italia e Il sud della Spagna per coprire buona parte del fabbisogno.

$$0{,}8\ x\ 130\ persone\ = 104\ m^2$$

Arrotondiamo per difetto in quanto la maggior parte degli utenti sono bambini e, la stima approssimativa di questo metodo è solitamente riferita ad edifici residenziale, di conseguenza anche con un arrotondamento per difetto siamo certo ottenere buoni risultati.

	Secondi	X	Y
gennaio	2678400	0,005	0,764
febbraio	2419200	0,005	1,067
marzo	2678400	0,005	1,428
aprile	2592000	0,005	1,688
maggio	2678400	0,005	2,105

giugno	2592000	0,005	2,342
luglio	2678400	0,005	2,195
agosto	2678400	0,005	1,980
settembre	2592000	0,005	1,634
ottobre	2678400	0,005	1,197
novembre	2592000	0,005	0,799
dicembre	2678400	0,005	0,645

Passiamo ora al calcolo della *f-chart* tramite la seguente formula:

$$f = 1{,}029\ x\ Y - 0{,}065\ x\ X\ - 0{,}245\ x\ Y^2 + 0{,}0018\ x\ X^2 + 0{,}0215\ x\ Y^3$$

Individuiamo poi quanti kWh è in grado di fornirci il nostro impianto solare facendo durante un intero anno:

$$L\ \ x\ \ \%coperta$$

	% coperta		[kWh]
gennaio	0,652	65 %	4281
febbraio	0,845	84 %	5006
marzo	1,032	103 %	6773
aprile	1,142	114 %	7252
maggio	1,281	128 %	8403
giugno	1,342	134 %	8522
luglio	1,305	131 %	8565
agosto	1,243	124 %	8159
settembre	1,121	112 %	7115
ottobre	0,917	92 %	6020
novembre	0,676	68 %	4295
dicembre	0,568	57 %	3724
ANNO	1	101 %	6510

Tabella 8.5.3-c Potenza prodotta

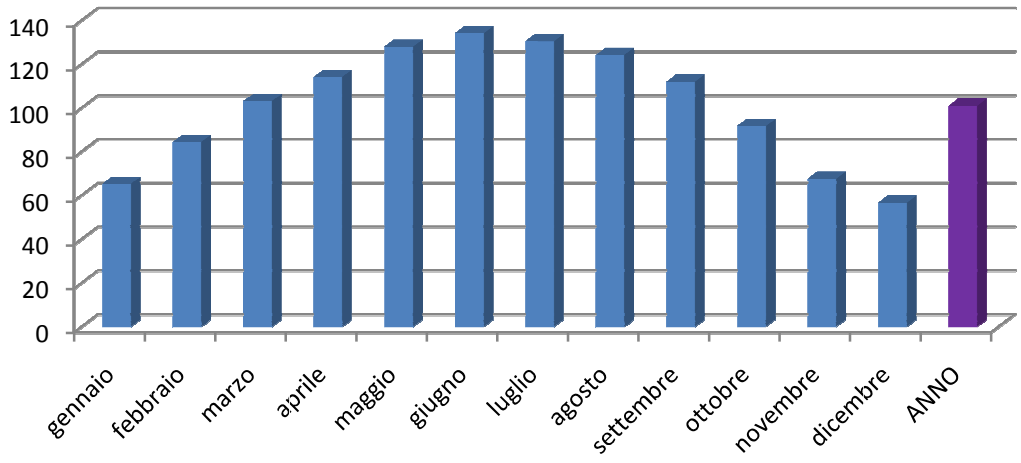


Grafico 8.5.3-a Percentuale coperta del fabbisogno dell'edificio per ACS

È immediato osservare quanto sia in grado di coprire un impianto nemmeno troppo esteso, composto da superficie captante di 100m².

8.5.4 Altri elementi dell'impianto

Bollitore

Negli impianti a circolazione forzata, la circolazione del fluido termovettore è provocata da un pompa gestita mediante una centralina che interviene quando c'è disponibilità di energia solare. Questo sistema consente di realizzare impianti con l'accumulo ubicato all'interno dell'edificio in appositi vani tecnici. All'esterno rimangono così esposti solo i pannelli solari, riducendo gli ingombri e permettendone l'istallazione anche in luoghi soggetti a vincoli architettonici. All'interno invece vengono installati uno o più accumuli. Sistemi di questo tipo ben si adattano per la produzione di acqua calda sanitaria, come nel nostro caso.

Tali impianti diversamente da quanto accade per quelli a circolazione naturale non danno luogo a sprechi cd'acqua calda, infatti, durante il periodo estivo, l'aumento di volume dovuto all'evaporazione del fluido termovettore viene recepito dal vaso di espansione. Il bollitore solare che fa da accumulatore d'energia, serve appunto ad accumulare l'energia solare termica captata e renderla quindi disponibile al consumo.

Esso sarà naturalmente connesso alla pompa di calore che fornirà l'energia non coperta dalla produzione dei collettori solari

Stimando un consumo diario di circa 40 l ad utente ed essendo gli utenti pari a circa 130 si ha:

$$40l \ x \ 130 \ persone = 5200 \ l$$

Sarà quindi necessario un bollitore almeno di queste dimensioni.

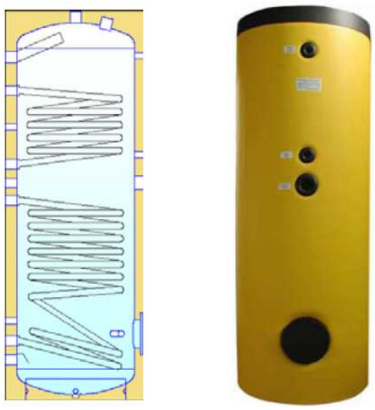


Figura 8.5.4-a Boiler dell'impianto ACS

Pompa di ricircolo

Vanno dimensionate in base alla portata richiesta dal circuito solare e dalla prevalenza che serve per vincere le resistenze opposte al moto del fluido dal dislivello, dai pannelli, dai tubi, dagli scambiatori di calore e dai pezzi speciali. Per effettuare la scelta della pompa si utilizzano grafici di portata/prevalenza, generalmente forniti dal produttore come quello che segue:

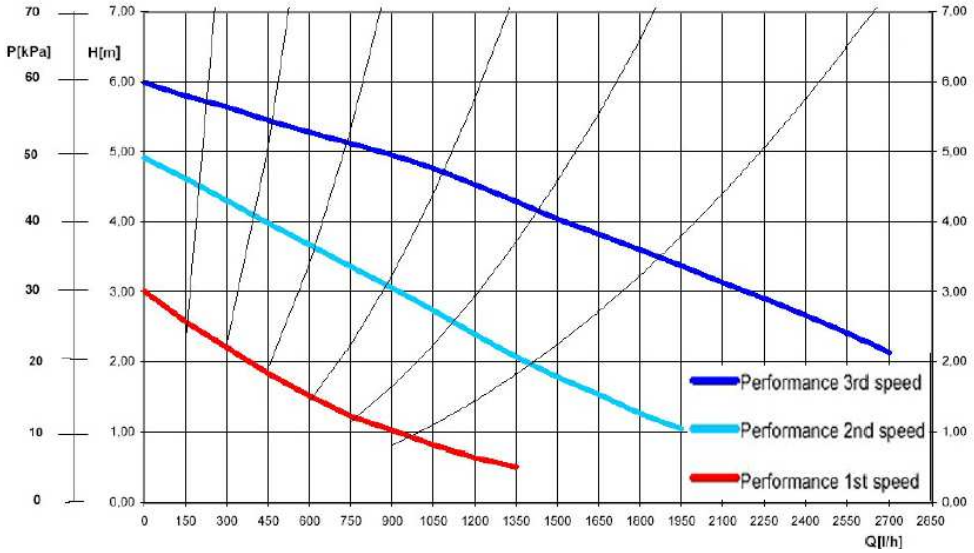


Grafico 8.5.4-b Grafico potenza/portata delle pompe

8.6 Impianto fotovoltaico

8.6.1 Il fotovoltaico in Spagna

La Germania, nonostante non sia il paese più soleggiato d'Europa, si è affermata nel mondo dei pannelli fotovoltaici, avendo saputo creare a monte una vera e propria industria. Un traguardo importante raggiunto grazie ad un aspetto normativo e alla volontà politica di realizzare uno sviluppo delle energie sostenibili. La legge tedesca sulle fonti rinnovabili nasce nel 1991 e ha sostenuto lo sviluppo del nuovo mercato soprattutto mediante il riconoscimento di tariffe incentivanti ai produttori di energia da tali fonti. Grazie a questa lungimiranza politica

oggi la Germania è il paese leader mondiale nell'esportazione delle tecnologie ad energia rinnovabile. Ancora più all'avanguardia è la Spagna, che nel 2004 ha approvato una legge per il solare termodinamico che incentiva la vendita di questa energia per tutta la durata dell'impianto, equiparando di fatto per legge il solare termodinamico alle fonti rinnovabili pulite. Per ogni kWh di energia immessa in rete, viene corrisposto un importo di circa 22 centesimi di euro per i primi 25 anni e 17 centesimi di euro per il periodo rimanente. In Italia è possibile installare un impianto fotovoltaico usufruendo di incentivi pubblici denominati 'in conto energia', grazie ad un decreto approvato lo scorso luglio dai Ministri delle Attività Produttive e dell'Ambiente. Quanto al decreto che invece deve stabilire incentivi sull'energia prodotta dal solare termodinamico, si trova ancora fermo al Ministero dell'Ambiente dove era stato inviato all'inizio del 2005 da parte del Ministero delle Attività Produttive. I pannelli in installati nei paesi europei sono:

Paese	**MWp**
Germania	794
Paesi Bassi	47,74
Spagna	38,696
Italia	30,3
Lussemburgo	26
Francia	20,119
Austria	19,833
Regno Unito	7,803
Grecia	4,544
Svezia	4,14
Finlandia	3,702
Portogallo	2,275
Danimarca	2,245
Belgio	1,461
Rep. Ceca	0,363
Polonia	0,234
Cipro	0,19
Ungheria	0,138
Irlanda	0,1
Slovenia	0,088
Slovacchia	0,06
Lituania	0,017
Malta	0,009
Total U.E.	**1004,063**

Tabella 8.6.1-a Produzione di energia con fotovoltaico

Il mercato fotovoltaico spagnolo, grazie a queste normative ha superato le attese raggiungendo con tre anni di anticipo la potenza posta come obiettivo dal governo spagnolo. Il piano per le energie rinnovabili di Madrid, conosciuto con l'acronimo PER (Renewable Energy Plan), aveva fissato una potenza installata pari a 400 MW entro un orizzonte temporale di cinque anni, dal 2005 al 2010. L'obiettivo è stato quasi raggiunto all' 85% nel mese di settembre 2007, confermando un vero e proprio boom per il 'conto energia' spagnolo.

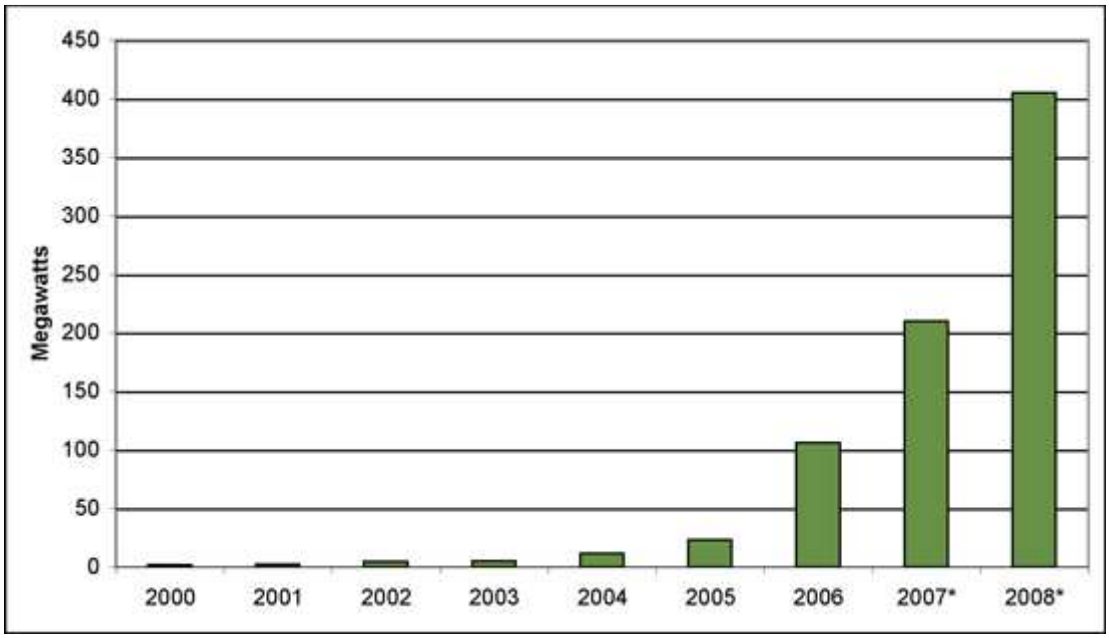


Grafico 8.6.1-a Incremento di energia prodotta tramite fotovoltaico

Il dipartimento per l'industria del governo spagnolo ha proposto alla commissione nazionale per l'energia di incrementare il target a 1200 MW e contemporaneamente ridurre le tariffe incentivate per chi installa pannelli solari fotovoltaici. Il ribasso della tariffa incentivata sarà probabilmente del 10-25%. Secondo gli osservatori questo non frenerà il mercato solare spagnolo, destinato a crescere anche grazie alle economie di scala ed economie di gruppo sorte in questi ultimi anni.

Contrariamente il tetto assegnato agli impianti fotovoltaici a terra *"paralizzerà questo segmento del mercato, anzi lo distruggerà"*, assicura Diaz. Viene infatti fissata una capacità massima consentita a impianto, la quale per questa tipologia è di 10 MWp, mentre per quelli su tetto si potrà arrivare massimo a 2 MWp. Gli obbiettivi di queste norme sono di limitare l'espansione eccessiva del fotovoltaico poiché, fino a oggi, le nuove installazioni di pannelli fotovoltaici in Spagna sono cresciute a ritmi vertiginosi: in un anno sono stati installati infatti quasi 1.000 MWp.

Attualmente il mercato fotovoltaico della Spagna è secondo soltanto a quello tedesco, leader indiscusso in Europa nella produzione e nella commercializzazione dei pannelli solari FV.

8.6.2 Tipologia d'impianto

Si utilizza un impianto con connessione alla rete del Gestore, l'impianto fotovoltaico non rappresenta più l'unica fonte di approvvigionamento di energia per l'utenza, bensì un sistema integrativo ed una fonte di guadagno.

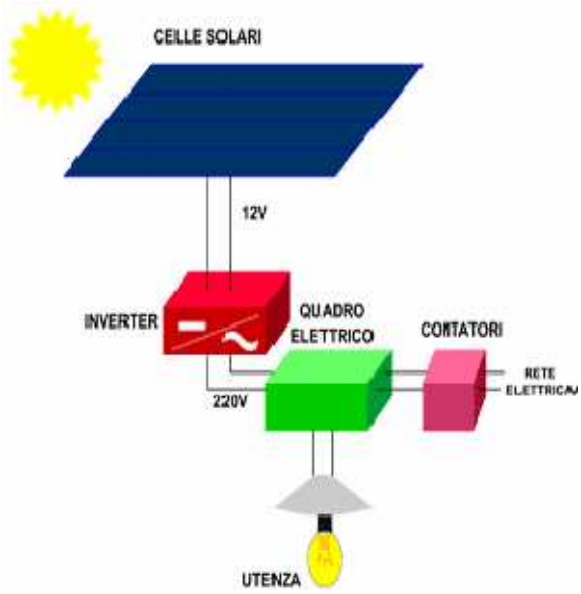


Figura 8.6.1-a Schema impiantistico

La "taglia" dell'impianto, in tal caso, può essere definita liberamente sulla base di considerazioni economiche, energetiche ed ambientali, nonché in funzione delle tariffe incentivanti e conto energia.

Il sistema "grid connected" rappresenta la soluzione indubbiamente migliore per il fotovoltaico, in quanto viene caratterizzata da costi inferiori per l'assenza di sistemi di accumulo e dalla massima flessibilità di impiego.

L'energia prodotta può essere utilizzata direttamente in loco oppure, se in eccesso rispetto al fabbisogno del momento, immessa in rete; quando il sistema fotovoltaico non supplisce interamente alle necessità o è inattivo (ore notturne), l'utenza preleva normalmente elettricità dalla rete.

Dunque, si nota come i criteri di dimensionamento dell'impianto sono molto meno rigidi, essendo condizionati più che dalla potenza nominale necessaria, dalla disponibilità economica o dalla disponibilità di superficie di installazione dei pannelli e moduli fotovoltaici.

Se la priorità del progetto è rappresentata dal "quanta" energia si vuol produrre, allora l'incognita del problema è rappresentata dalla superficie necessaria per produrla:

$$A_{pv-min} = \frac{11\ x\ E_u}{H_{min}}$$

Se, al contrario, prevalgono considerazioni economiche, si determina la taglia dell'impianto valutando dai costi unitari a (€/kW) la potenza nominale che può essere prodotta con l'investimento economico prefissato.

Si definisce impianto o sistema fotovoltaico un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che concorrono a captare e trasformare l'energia solare disponibile, rendendola utilizzabile sotto forma di energia elettrica.
Tali sistemi, indipendentemente dal loro utilizzo e dalla taglia di potenza, possono essere divisi in due categorie:

- isolati (*stand alone*)
- connessi in rete (*grid connected*)

I sistemi isolati proprio per il fatto di non essere collegati alla rete elettrica, sono in genere dotati di sistemi di accumulo dell'energia prodotta. L'accumulo è reso necessario dal fatto che il campo fotovoltaico può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre spesso la richiesta maggiore da parte dell'utenza è concentrata nelle ore pomeridiane e notturne. Durante la fase di insolazione è pertanto necessario prevedere un accumulo dell'energia non immediatamente utilizzata, che viene fornita al carico quando quella disponibile è ridotta o addirittura nulla.
Una configurazione di questo tipo comporta che il campo fotovoltaico venga dimensionato in modo tale da permettere, durante le ore di insolazione, sia l'alimentazione del carico che la ricarica delle batterie di accumulo.
Il sistema connesso in rete, invece, in genere non è provvisto di sistemi di accumulo in quanto l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete elettrica; viceversa durante le ore di insolazione scarsa o nulla il carico viene alimentato dalla rete. Un sistema di questo tipo, dal punto di vista della continuità di servizio, risulta più affidabile di uno stand alone che in caso di guasto non ha possibilità di alimentazione alternativa.
Sistemi ad elevata affidabilità, in questo caso, si possono ottenere integrando il sistema isolato con una fonte tradizionale, ad esempio, diesel (sistema ibrido diesel-elettrico).
Il compito di impianti grid connected è quindi quello di immettere in rete la maggior quantità possibile di energia.
La struttura fisica di un sistema fotovoltaico (isolato o connesso in rete) può essere molto varia, in generale però si possono distinguere tre blocchi fondamentali:

- il campo fotovoltaico
- sistema di condizionamento della potenza
- un sistema di acquisizione dati

Si noti che nel caso particolare di impianti senza accumulo connessi in rete, è la rete stessa che funge da accumulatore di capacità infinita. Il carico è rappresentato invece dall'utenza collegata alla rete, così come accade per un qualsiasi impianto grid connected.
in rete sono:

- Moduli fotovoltaici
- Inverter per la connessione in rete
- Dispositivo di interfaccia con la rete elettrica
- Contatore di energia bidirezionale

L'inverter è un componente tra i più importanti nei sistemi collegati in rete Perché massimizza la produzione di corrente del dispositivo fotovoltaico ed ottimizza il passaggio di energia tra il modulo fotovoltaico ed il carico.
L'inverter è un dispositivo che trasforma l'energia continua prodotta dai moduli (12V, 24V, 48V, ..) in energia alternata (generalmente 220V) per alimentare il carico-utente e/o immetterla nella rete, con la quale lavora in regime di interscambio.
Gli inverters per il collegamento alla rete elettrica generalmente sono dotati di un dispositivo elettronico che permette di estrarre la massima potenza, istante per istante, dal generatore fotovoltaico. Tale dispositivo è l'inseguitore del punto di massima potenza (MPPT) ed ha appunto lo scopo di adattare le caratteristiche di produzione del campo fotovoltaico alle esigenze del carico.

L'importanza dell'inverter è legata al fatto che un generatore fotovoltaico fornisce valori di tensione e corrente variabili in funzione dell'irraggiamento e della temperatura, mentre il carico necessita, solitamente, di un valore costante della tensione di alimentazione.
Il dispositivo di interfaccia con la rete ha lo scopo di fare in modo che la forma d'onda dell'energia elettrica immessa in rete abbia tutte le caratteristiche richieste dal fornitore locale di energia.
Per ultimo, il contatore di energia misura l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico durante il suo periodo di funzionamento.

8.6.3 Dimensionamento

Data la precedente progettazione architettonica e data la decisione di collocare vetri fotovoltaici per benefici non solo economici, ma, come precedentemente mostrato, anche termici e illuminotecnici, procediamo non, come si suole fare, calcolando il fabbisogno e quindi i m² di superficie coperta necessari, procediamo piuttosto come segue:

- Partiamo valutando quanta energia producono i vetri con celle fotovoltaiche previsti in facciata vetrata rivolta a sud e quelli posizionati come parapetto della copertura praticabile;
- Proseguiamo con la valutazione del fabbisogno elettrico dell'edificio, considerando l'elettricità necessaria per il funzionamento delle luci, degli elettrodomestici e della pompa di calore.
- Osserviamo se viene coperta una buona percentuale del fabbisogno con i vetri fotovoltaici suddetti, se così non fosse procediamo con la collocazione di nuovi pannelli fotovoltaici in copertura così da riuscir a coprire almeno un 50% del fabbisogno elettrico.

Energia prodotta dai vetri fotovoltaici

Nel progetto troviamo i vetri contenenti celle fotovoltaiche:

Elemento captante	Superficie [m²]	Inclinazione	Efficienza
Verticale Sud	173,6	0°	0,11
Parapetto Est	59	0°	0,11
Parapetto Sud -Ovest	46	0°	0,11
Parapetto Nord-Ovest	10	0°	0,11

Tabella 8.6.3-a Caratteristiche dei vetri con pellicola fotovoltaica

Conoscendo le geometrie, le qualità a disposizione e le prestazioni dei singoli moduli, possiamo stimare, conoscendo i dati di irraggiamento medio mensile in ogni direzione, le diverse quantità di energia prodotte con la seguente formula:

$$E_{pv} = PR \ x \ \eta_{MOD} \ x \ A_{pv} \ x \ S$$

dove:

PR = coefficiente di prestazione dell'impianto, pari a $k_{pv} \, x \, \eta_{BOS}$ dove il primo termine è un fattore di riduzione che tiene in conto fenomeni di surriscaldamento dei pannelli, convenzionalmente pari a 0,9; il secondo termine è l'efficienza della componentistica non fotovoltaica, stimabile in 0,85. La performance ratio derivante è perciò 0,765

η_{MOD} = rappresenta l'efficienza nominale del singolo modulo;

A_{pv} = esprime l'area occupata dell'insieme di moduli che compongono il generatore;

S = rappresenta la radiazione solare incidente sulla superficie dei moduli e considerata sia giornalmente che mensilmente [kWh/m²].

		Ringhiere Sud-Ovest	
Mese	n° giorni	Produzione di energia media giornaliera [kWh/ giorno]	Produzione di energia media mensile [kWh/ mese]
Gennaio	31	6,43	199
Febbraio	28	6,43	180
Marzo	31	7,58	235
Aprile	30	6,65	199
Maggio	31	6,99	217
Giugno	30	6,77	203
Luglio	31	6,87	213
Agosto	31	7,44	231
Settembre	30	7,57	227
Ottobre	31	7,48	232
Novembre	30	5,84	175
Dicembre	31	5,56	172
Anno		kWh/anno	2483
		MWh/anno	2,483

		Ringhiere E	
Mese	n° giorni	Produzione di energia media giornaliera [kWh/ giorno]	Produzione di energia media mensile [kWh/ mese]
Gennaio	31	4,17	129
Febbraio	28	5,05	141
Marzo	31	7,41	230
Aprile	30	7,94	238
Maggio	31	9,82	304
Giugno	30	10,4	311
Luglio	31	10,1	312
Agosto	31	9,36	290
Settembre	30	7,76	233
Ottobre	31	6,24	194
Novembre	30	4,23	127
Dicembre	31	3,61	112
Anno		kWh/anno	2621
		MWh/anno	2,621

		Ringhiere NO	
Mese	n° giorni	Produzione di energia media giornaliera [kWh/ giorno]	Produzione di energia media mensile [kWh/ mese]
Gennaio	31	0,23	7,11
Febbraio	28	0,35	9,85
Marzo	31	0,61	18,8
Aprile	30	0,85	25,5
Maggio	31	1,19	36,8
Giugno	30	1,37	41
Luglio	31	1,29	39,9
Agosto	31	1,04	32,3
Settembre	30	0,7	21
Ottobre	31	0,44	13,7
Novembre	30	0,26	7,73
Dicembre	31	0,2	6,27
Anno		kWh/anno	259,96
		MWh/anno	0,25996

		Vetrata S	
Mese	n° giorni	Produzione di energia media giornaliera [kWh/ giorno]	Produzione di energia media mensile [kWh/ mese]
Gennaio	31	19,6	609
Febbraio	28	18,4	515
Marzo	31	19,1	594
Aprile	30	13,9	418
Maggio	31	11,7	363
Giugno	30	10	301
Luglio	31	10,8	335
Agosto	31	14	433
Settembre	30	17,9	537
Ottobre	31	20,7	641
Novembre	30	17,6	528
Dicembre	31	17,2	534
Anno		kWh/anno	5808
		MWh/anno	5,808

Tabella 8.6.3-b Produzione di energia per le singole facciate vetrate con pellicola fotovoltaica

Il totale di energia prodotta dai vetri fotovoltaici annualmente risulta essere:

Elemento captante	MWh/anno
Verticale Sud	5,808
Parapetto Est	2,621
Parapetto Sud -Ovest	2,483
Parapetto Nord-Ovest	0,260
TOTALE	11,172

Tabella 8.6.3-c Energia totale prodotta dai vetri fotovoltaici

Procediamo ora con la valutazione del fabbisogno elettrico annuo:
è necessario valutare i carichi elettrici che nel nostro edificio sono dati da:

- Illuminazione;
- Elettrodomestici;
- Macchinari di riscaldamento/raffrescamento.

Illuminazione

Si stima un fabbisogno di 15 W/m²; utilizzando lampade a risparmio energetico, si stima che queste siano abbiano una resa luminosa di 100 W ricevendone soltanto 20; facendo quindi riferimento ai carichi precedentemente valutati calcoliamo quanta energia viene consumata facendo una stima delle ore di utilizzo nei diversi mesi in ogni locale.

	LOCALI	Resa luminosa necessaria [W]	Potenza da fornire [W]
1	Atrio	7350	1470
2	Aula	675	135
3	Ingresso	2925	585
4	Dormitorio	210	42
5	Bagno aule	199	39,8
6	uffici	210	42
7	Bagni uffici	210	42
8	Cucina	930	186
9	corridoio	1200	240
10	Aula infanti	1200	240
11	Bagni piano terra	210	42

Mesi	LOCALI - ore di utilizzo al giorno										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
gennaio	6	6	4	0,3	0,3	8	0,3	8	2	4	0,3
febbraio	6	6	4	0,3	0,3	7	0,3	7	2	4	0,3
marzo	5	5	3	0,3	0,3	5	0,3	5	1	3	0,3
aprile	5	5	3	0,3	0,2	5	0,2	5	1	3	0,2
maggio	4	4	2	0,3	0,2	4	0,2	4	0,5	2	0,2
giugno	3	3	2	0,3	0,2	3	0,2	3	0,5	2	0,2
luglio	3	3	1	0,3	0,2	3	0,2	3	0,5	1	0,2
agosto	3	3	1	0,3	0,2	3	0,2	3	1	1	0,2
settembre	4	4	2	0,3	0,3	4	0,3	4	1	2	0,3
ottobre	5	5	3	0,3	0,3	5	0,3	5	1	3	0,3
novembre	5	5	4	0,3	0,3	7	0,3	7	2	4	0,3
dicembre	7	7	4	0,3	0,3	8	0,3	8	2	4	0,3

mesi	n° gg	LOCALI - kWh/giorno											tot. gg	tot. Mese
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	31	8,82	0,81	2,34	0,01	0,01	0,34	0,01	1,49	0,48	0,96	0,01	19,32	599
2	28	8,82	0,81	2,34	0,01	0,01	0,29	0,01	1,30	0,48	0,96	0,01	19,01	532
3	31	7,35	0,68	1,76	0,01	0,01	0,21	0,01	0,93	0,24	0,72	0,01	15,17	470
4	30	7,35	0,68	1,76	0,01	0,01	0,21	0,01	0,93	0,24	0,72	0,01	15,14	454
5	31	5,88	0,54	1,17	0,01	0,01	0,17	0,01	0,74	0,12	0,48	0,01	11,74	364
6	30	4,41	0,41	1,17	0,01	0,01	0,13	0,01	0,56	0,12	0,48	0,01	9,28	278
7	31	4,41	0,41	0,59	0,01	0,01	0,13	0,01	0,56	0,12	0,24	0,01	8,45	262
8	31	4,41	0,41	0,59	0,01	0,01	0,13	0,01	0,56	0,24	0,24	0,01	8,57	266
9	30	5,88	0,54	1,17	0,01	0,01	0,17	0,01	0,74	0,24	0,48	0,01	11,89	357
10	31	7,35	0,68	1,76	0,01	0,01	0,21	0,01	0,93	0,24	0,72	0,01	15,17	470
11	30	7,35	0,68	2,34	0,01	0,01	0,29	0,01	1,30	0,48	0,96	0,01	16,86	506
12	31	10,29	0,95	2,34	0,01	0,01	0,34	0,01	1,49	0,48	0,96	0,01	21,47	665
										kWh/anno				5224

Tabella 8.6.3-d Energia necessaria per illuminazione interna

Elettrodomestici

Gli elettrodomestici presenti nell'asilo sono limitati,sono presenti in pochi locali ed hanno un basso utilizzo. Viene di seguito riportata un tabella indicante la potenza necessaria per i vari elettrodomestici nei differenti locali; i locali non menzionati sono privi di elettrodomestici; le ore di utilizzo vengono ritenute le medesime in ogni mese.

LOCALI		Potenza da fornire [W]	Ore di utilizzo [h]
3	Ingresso	4181	3
5	Bagno aule	3418	1
8	Cucina	7951	4
10	Aula infanti	3418	1

LOCALI - kWh/giorno				tot. Gg	tot. Anno
3	4	8	10	[kWh/giorno]	[kWh/anno]
13	3	32	3	51	18615

Tabella 8.6.3-e Energia necessaria per elettrodomestici

Macchinari di riscaldamento/raffrescamento: Pompa di calore

La potenza assorbita dalla pompa è pari a 11,36 kW in estate e 10,93 kW in inverno; facendo una stima delle ore di utilizzo mensile ne ricaviamo il fabbisogno necessario per il suo funzionamento. I mesi segnati in azzurro sono considerati invernali, quelli in cui la macchina funziona come pompa di calore, quindi assorbe una potenza di 10,93 kW, mentre quelli in grigio sono estivi quindi la macchina funziona come condizionatore.

Mesi	n° gg	n° ore di utilizzo	consumo giornaliero [kWh/giorno]	consumo mensile [kWh/mese]
gennaio	31	8	87,44	2710,64
febbraio	28	7	76,51	2142,28
marzo	31	4	43,72	1355,32
aprile	30	1	10,93	327,9
maggio	31	4	45,44	1408,64
giugno	30	6	68,16	2044,8
luglio	31	6	68,16	2112,96
agosto	31	5	56,8	1760,8
settembre	30	2	22,72	681,6
ottobre	31	6	65,58	2032,98
novembre	30	7	76,51	2295,3
dicembre	31	7	76,51	2371,81
			kWh/anno	21245,03

Tabella 8.6.3-f Energia necessaria per il funzionamento della pompa di calore

Il fabbisogno totale di energia risulta quindi essere pari a :

Mesi	Illuminazione [kWh/mese]	Elettrodomestici [kWh/mese]	Pompa di calore [kWh/mese]	Totale [kWh/mese]
gennaio	599	1581	2710,64	4890,64
febbraio	532	1428	2142,28	4102,28
marzo	470	1581	1355,32	3406,32
aprile	454	1530	327,9	2311,9
maggio	364	1581	1408,64	3353,64
giugno	278	1530	2044,8	3852,8
luglio	262	1581	2112,96	3955,96
agosto	266	1581	1760,8	3607,8
settembre	357	1530	681,6	2568,6
ottobre	470	1581	2032,98	4083,98
novembre	506	1530	2295,3	4331,3
dicembre	665	1581	2371,81	4617,81
kWh/anno	5224	18615	21245,03	45084,03

Tabella 8.6.3-g Fabbisogno totale di energia elettrica

Dei 45 MWh possono essere coperti con il fotovoltaico 11,17 MWh, corrispondenti a 24,8 %. Secondo la normativa spagnola il fabbisogno da coprire è insufficiente, si procede quindi col posizionare nuovi pannelli fotovoltaici in copertura per giungere a coprire almeno il 50% del fabbisogno.

		Copertura	
Mese	n° giorni	Produzione di energia media giornaliera [kWh/ giorno]	Produzione di energia media mensile [kWh/ mese]
Gennaio	31	62,7	1943,7
Febbraio	28	79,1	2214,8
Marzo	31	114	3534
Aprile	30	128	3840
Maggio	31	161	4991
Giugno	30	169	5070
Luglio	31	162	5022
Agosto	31	147	4557
Settembre	30	121	3630
Ottobre	31	94,1	2917,1
Novembre	30	62,5	1875
Dicembre	31	52,6	1630,6
Anno		kWh/anno	41225,2
		MWh/anno	41,2252

Tabella 8.6.3-h Energia prodotta dalla copertura fotovoltaica

Mese	Vetri fotovoltaici [kWh/ mese]	Pannelli fotovoltaici [kWh/ mese]	Energia prodotta [kWh/ mese]	Fabbisogno [kWh/ mese]	Percentuale coperta
Gennaio	944,11	1943,7	2887,81	4890,64	59 %
Febbraio	845,85	2214,8	3060,65	4102,28	75 %
Marzo	1077,8	3534	4611,8	3406,32	135 %
Aprile	880,5	3840	4720,5	2311,9	204 %
Maggio	920,8	4991	5911,8	3353,64	176 %
Giugno	856	5070	5926	3852,8	154 %
Luglio	899,9	5022	5921,9	3955,96	150 %
Agosto	986,3	4557	5543,3	3607,8	154 %
Settembre	1018	3630	4648	2568,6	181 %
Ottobre	1080,7	2917,1	3997,8	4083,98	98 %
Novembre	837,73	1875	2712,73	4331,3	63 %
Dicembre	824,27	1630,6	2454,87	4617,81	53 %
Anno	11171,96	41225,2	52397,16	45084,03	116 %

Tabella 8.6.3-i Percentuale coperta del fabbisogno elettrico dell'edificio

Si è raggiunto un livello molto alto di energia fornita che permette di rendere autonomo l'edificio e di poter vendere l'energia in eccesso corrispondente al 16%, ossia 7 Mwh/anno. I mesi in cui non viene coperto il 100% del fabbisogno sono da Ottobre a Marzo ma essendo molto più elevata del fabbisogno la produzione estiva l'edificio non graverà di spese per elettricità.

8.7 BILANCIO ENERGETICO

Per la valutazione dei consumi e delle emissioni di CO2 si è fatto ricorso al programma ufficiale per la certificazione energetica della Spagna. Il programma utilizzato è Calener GT; programma creato dal *Ministero de la Vivienda,* destinato alla certificazione energetica di grandi edifici e terziario. Verrà in seguito illustrata in modo sintetico la procedura di immissione dati ed i risultati ottenuti.

8.7.1 IMMISSIONE DATI

Le immissione dati sono suddivise in 4 cartelle:

- Componentes;
- Geometrìa;
- Subsistemas primarios;
- Subsistemas secondarios.

1) La prima sezione si suddivide a sua volta in diversi elementi da definire:

- I dati di progetto,il luogo e l'energia rinnovabile;
- I poligoni, ossia le diverse zone termiche;

	Nombre	V1 (X) (m)	V1 (Y) (m)	V2 (X) (m)	V2 (Y) (m)	V3 (X) (m)	V3 (Y) (m)	V4 (X) (m)	V4 (Y) (m)	V5 (X) (m)	V5 (Y) (m)	V6 (X) (m)	V6 (Y) (m)
1	pianta unica	0,00	0,00	4,73	0,00	4,73	5,16	8,22	5,16	8,22	0,00	11,31	0,00
2	AULE	0,00	0,00	4,73	0,00	4,73	5,16	14,83	5,16	14,83	0,00	22,27	0,00
3	bagno1	8,22	5,16	8,22	0,00	11,31	0,00	11,31	5,16				
4	BAGNO2	25,77	5,16	25,77	0,00	28,86	0,00	28,86	5,16				
5	BAGNO3	45,35	5,16	45,35	0,00	46,44	0,00	46,44	5,16				
6	AULE - Simétr	0,00	0,00	12,34	1,53	12,34	38,57	28,59	23,20	34,89	29,65	3,65	59,43
7	bagno1 - Simétr	5,16	8,22	5,16	11,31	0,00	11,31	0,00	8,22				
8	BAGNO2 - Simétr	5,16	25,77	5,16	28,86	0,00	28,86	0,00	25,77				
9	BAGNO3 - Simétr	5,16	45,35	5,16	46,44	0,00	46,44	0,00	45,35				

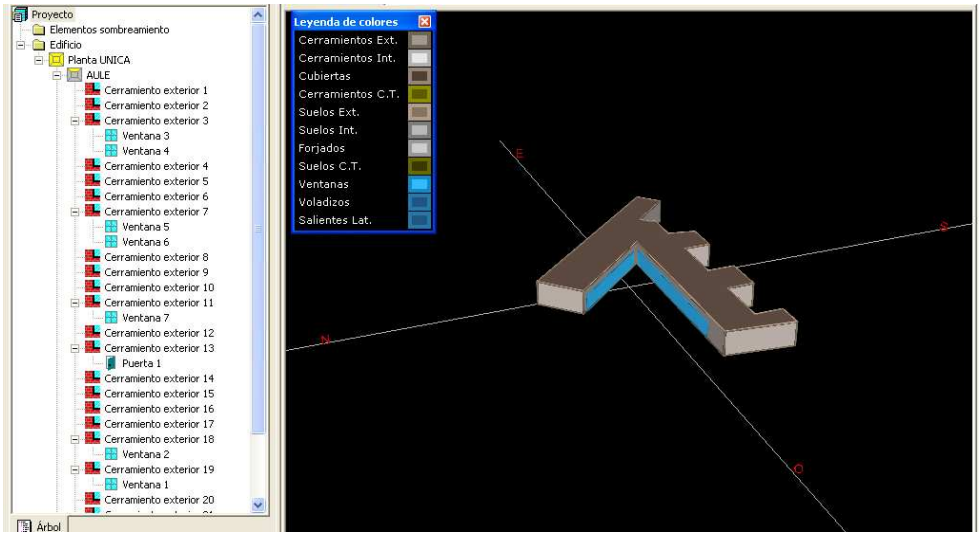
- Gli elementi costruttivi, si definiscono cioè i diversi strati delle chiusure e si compongono le chiusure stesse;

	Nombre	Definido por	Espesor (m)	Conductividad (W/(m·K))	Densidad (kg/m³)	Calor esp. (J/(kg·K))	Res. térm. (m²·K/W)
1	BBS	Propiedades	0,098	0,0970	470,0	2.100,0	n/a
2	GUTEX TERMOWALL	Propiedades	0,060	0,0390	160,0	2.100,0	n/a
3	GUTEX MULTIPLEX TOP	Propiedades	0,022	0,0440	200,0	2.100,0	n/a
4	BBS 2	Propiedades	0,146	0,0970	470,0	2.100,0	n/a
5	GITEX TERMOFLAT	Propiedades	0,100	0,0390	140,0	2.100,0	n/a
6	Suelo coherente humedad	Propiedades	0,350	2,1000	1.800,0	920,0	n/a
7	Forjado de hormigon	Propiedades	0,210	1,3800	1.500,0	1.000,0	n/a
8	Mortero de cemento	Propiedades	0,010	1,4000	2.000,0	1.050,0	n/a
9	Terrazo(Horm.dens.media	Propiedades	0,030	1,1500	1.800,0	1.000,0	n/a

Nombre	Material 1ª capa	Espesor (m)	Material 2ª capa	Espesor (m)	Material 3ª capa	Espesor (m)	Material 4ª capa
PARETE ESTERNA	GUTEX TERMOWALL	0,060	GUTEX TERMOWALL	0,060	BBS	0,098	
COPERTURA	GUTEX MULTIPLEX TOP	0,022	GITEX TERMOFLAT	0,100	BBS 2	0,146	
L_Forjado hormigón co	Suelo coherente humedad natu	0,350	Forjado de hormigon	0,210	Mortero de cemento	0,010	Terrazo(Horm.d

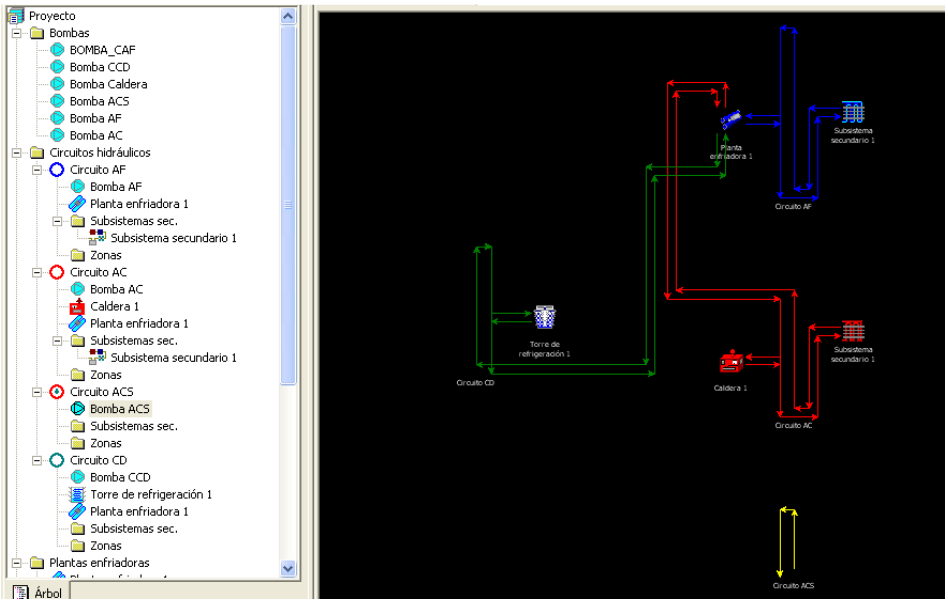
- Gli orari di utilizzo dell'edificio, suddivisi in orari giornalieri, settimanali ed annuali.

2) Nella seconda sessione invece verrà definita la geometria dell'edificio, creando gli spazi termici, le chiusure ed inserendo le parti vetrate:

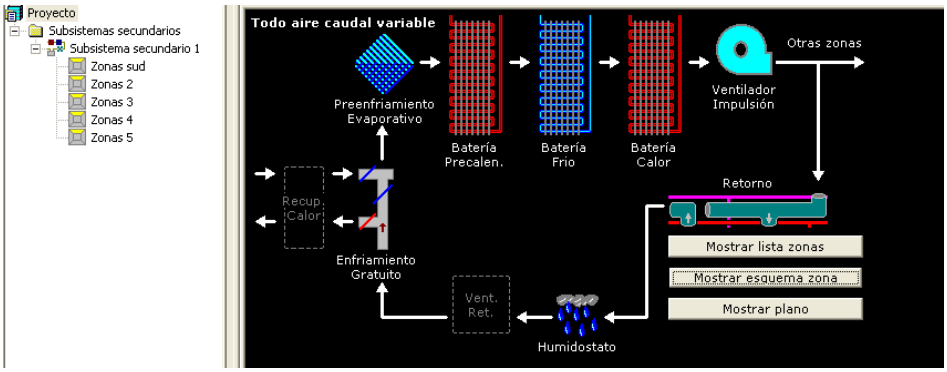


Qui appare solo parte dell'edificio a causa della limitazione del programma che permette la determinazione dell'edificio mediante l'inserimento massimo di 30 vertici; si è proceduto in due fasi; una considerando solo la zona a doppia altezza, costituita dall'atrio-mensa ed una considerando ingresso ed aule.

3) Sono stati definiti gli impianti con le pompe indicandone la potenza ed il rendimento: sono stati realizzati i diversi circuiti idraulici di: acqua calda sanitaria, riscaldamento, raffreddamento.



4) Sono stati definiti i sistemi secondari: le varie batterie poste in ogni zona termica e gli elementi di ventilazione; il programma stesso mostra in modo rappresentativo il funzionamento in ogni zona.



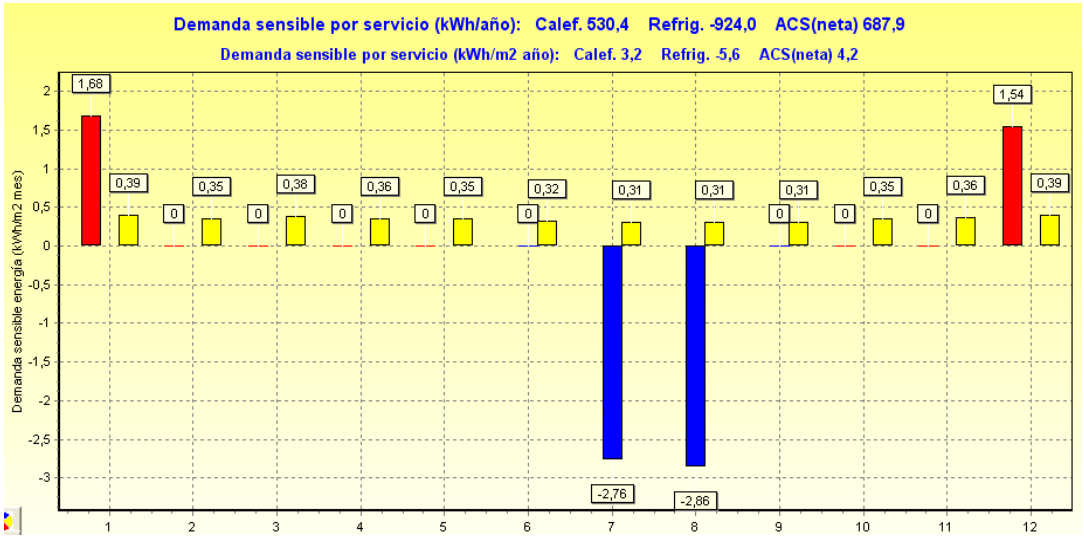
8.7.2 Dati di output

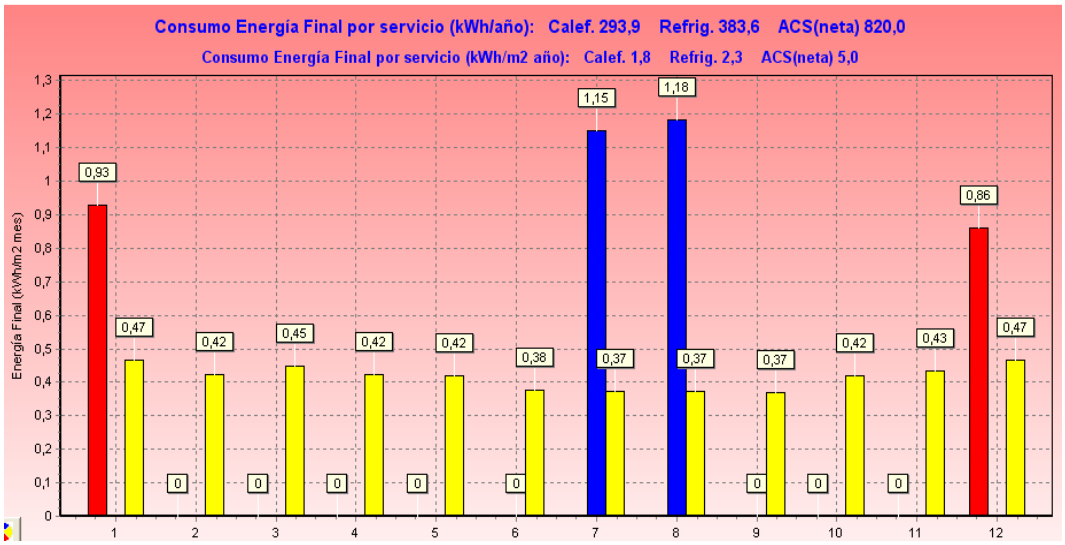
Il programma fornisce una classe energetica dell'edificio, distinguendo tra i fabbisogni per il riscaldamento, il raffrescamento e l'acqua calda sanitaria; per ognuno calcola il quantitativo di CO2 emesso.



Figura 8.7.2-a Certificazione energetica per l'edificio ottimizzato, risultati dal programma Calener

Vengono inoltre forniti grafici riguardo i fabbisogni, l'energia totale necessaria e l'emissione di CO2:





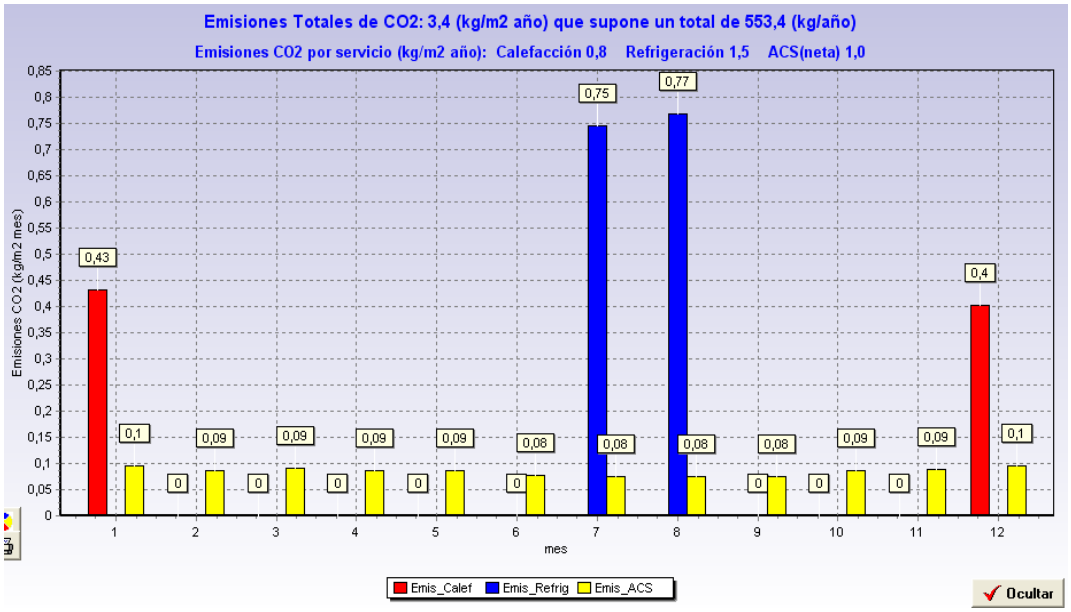
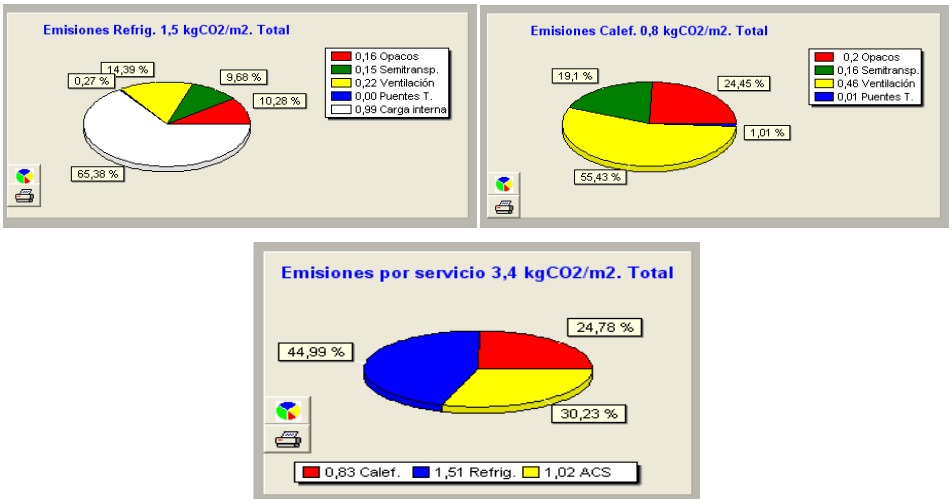


Grafico 8.7.2-a Fabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio ottimizzato

Vengono inoltre forniti grafici a torta per mostrare l'emissione di CO2 dovute ai diversi sistemi:



Possiamo vedere da tali risultati come l'edificio risulti pienamente in classe A; che i consumi maggiori, come ci si aspettava, sono dati dal condizionamento, e che l'emissione di CO2 è molto bassa; pari a 3,4 kg/m^2a.

8.7.3 Raffronto con l'edificio non ottimizzato

8.7.3.1 Chiusure verticali trasparenti

Dato l'ottimo risultato ottenuto con l'ottimizzazione delle chiusure opache e trasparenti si è deciso di verificare quale fosse il comportamento dell'edificio utilizzando non più doppi vetri basso emissivi ed oscurati con la presenza di celle fotovoltaiche al loro interno. I risultati ottenuti sono i seguenti:



Figura 8.7.2-b Certificazione energetica per l'edificio con vetri doppi

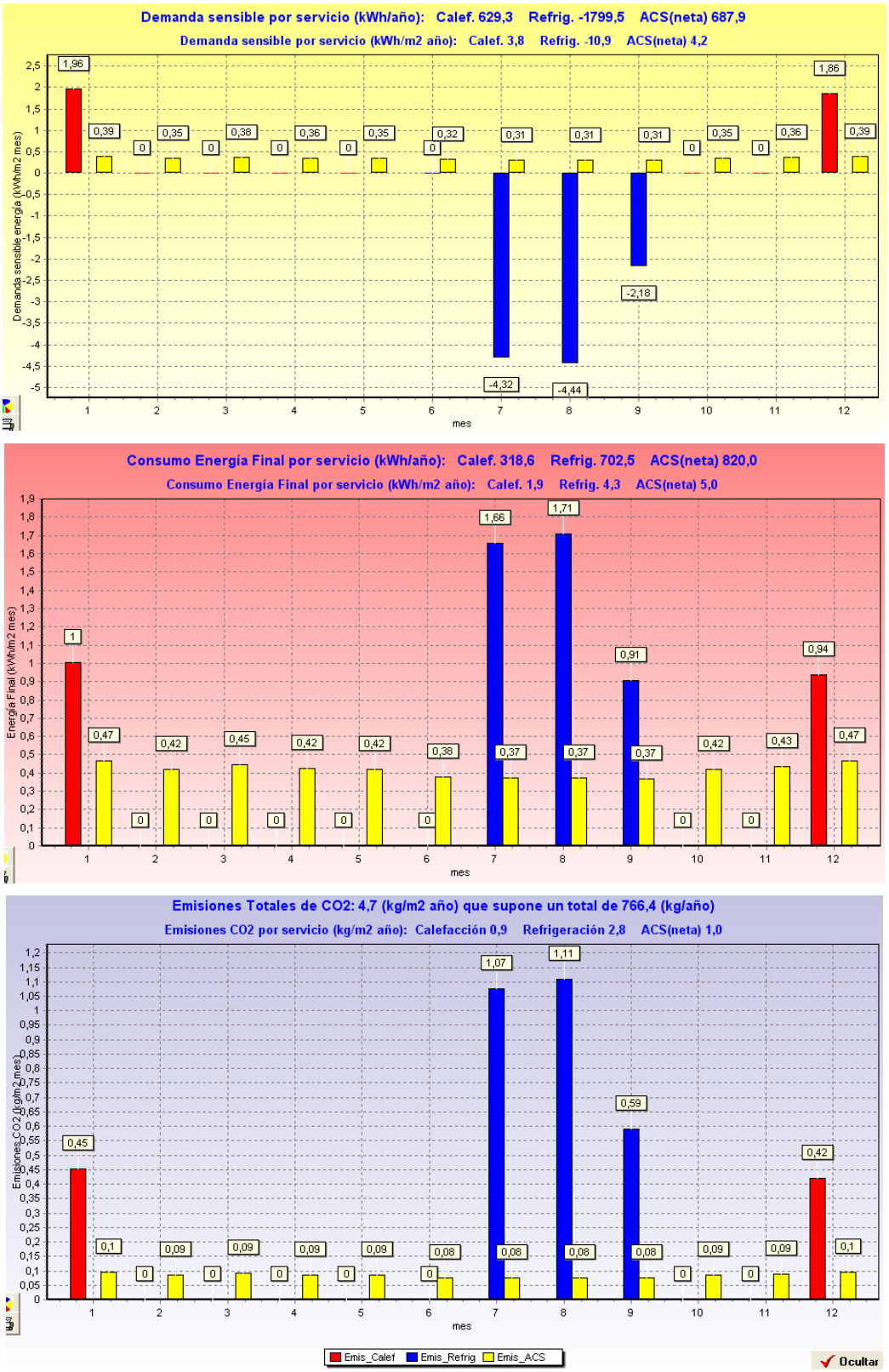


Grafico 8.7.3-b Fabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio con vetri doppi

È immediato osservare come la sostituzione dei vetri ottimizzati con doppio vetro porta ad un aumento del fabbisogno; implicando l'utilizzo del raffrescamento per un mese in più. È presente infatti un fabbisogno di raffrescamento per il mese di Settembre precedentemente assente.

8.7.3.2 Chiusure opache

Si è deciso poi di valutare il comportamento dell'edificio con chiusure verticali opache con una trasmittanza decisamente inferiore alla precedente; ci si è posti al limite dei valori di legge spagnola consentiti, utilizzando pareti con una trasmittanza pari a 0,6 W/m²K. I risultati ottenuti sono i seguenti:

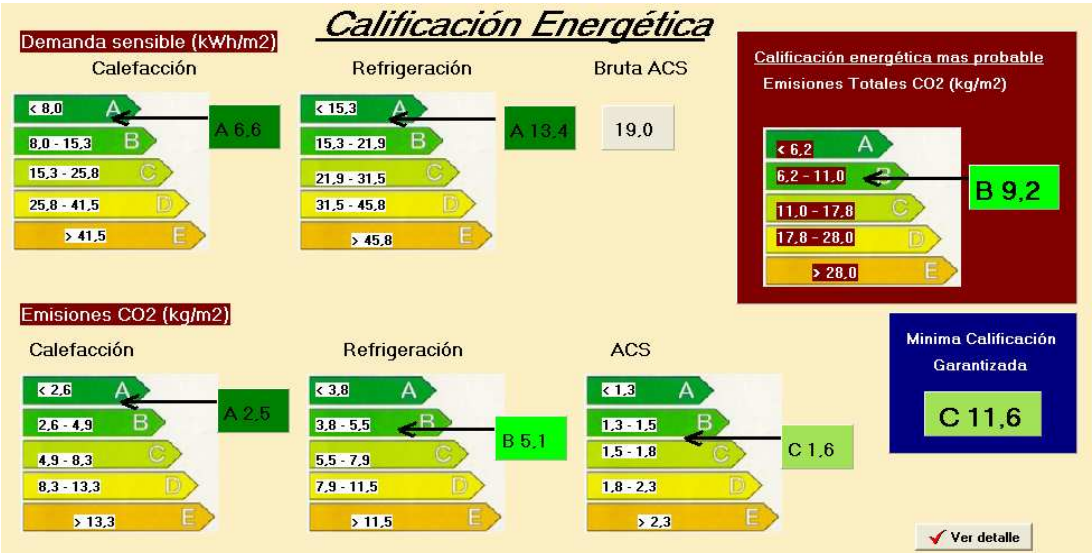
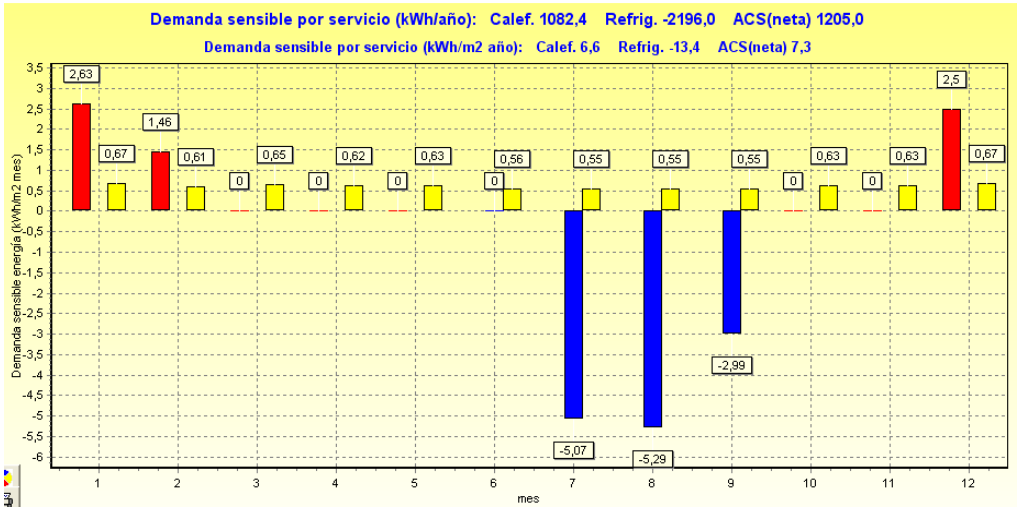


Figura 8.7.2-c Certificazione energetica per l'edificio con chiusure con chiusure meno isolate



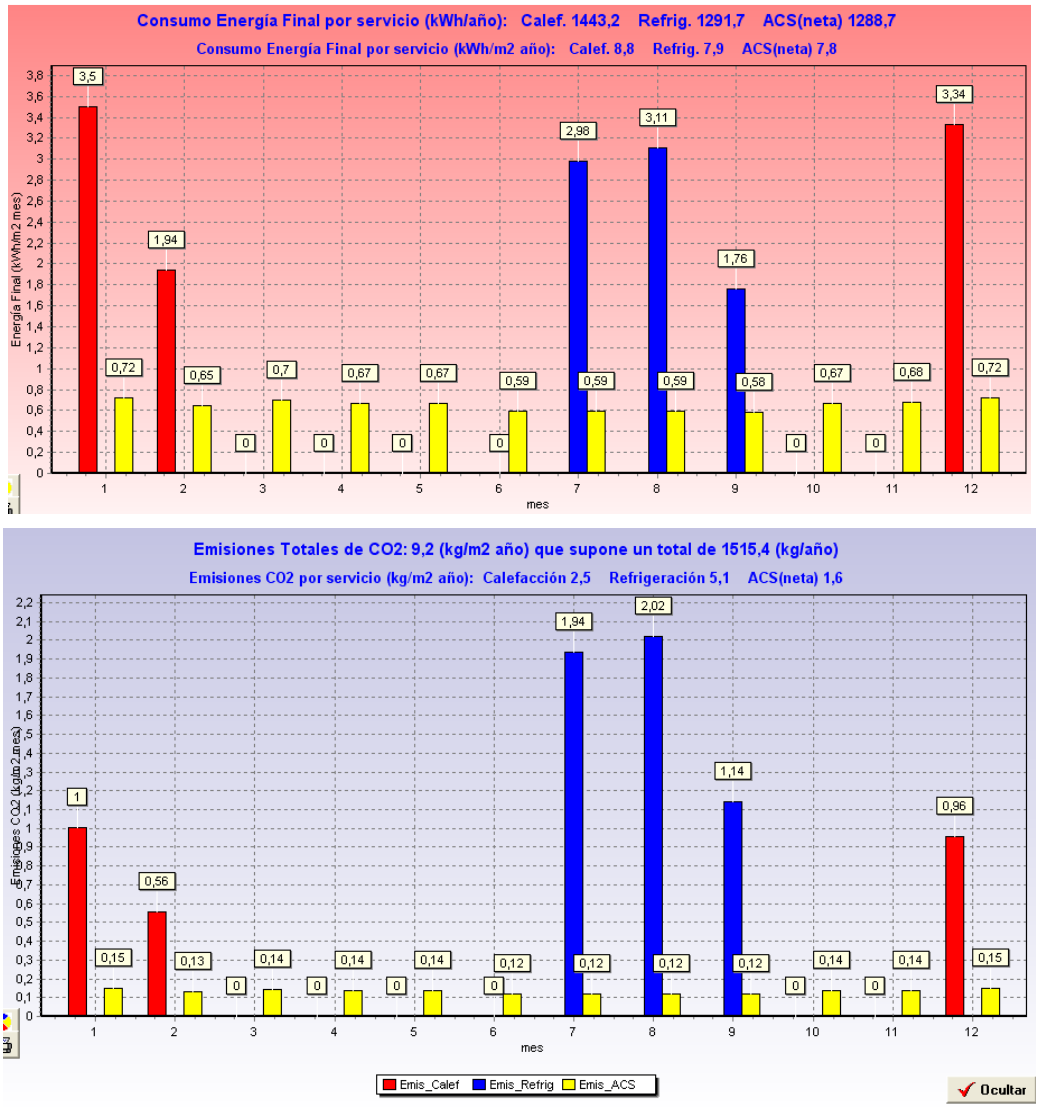


Grafico 8.7.3-c Fabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio con chiusure meno isolate

Possiamo qui osservare che il fabbisogno aumenta anche nei mesi freddi, con le chiusure opache e trasparenti non ottimizzate si giungerebbe infatti ad un involucro che comporta l'utilizzo del riscaldamento e del condizionamento per sei mesi l'anno, a confronto dei risultati ottimizzati dove il fabbisogno era solo di quattro mesi.

Inoltre si passa a da una emissione totale annua di CO_2 per l'edificio ottimizzato di 3,41 kg/m²h ad un emissione di 9,23 kg/m²h per l'edificio non ottimizzato. L'ottimizzazione precedentemente eseguita ha quindi portato alla realizzazione di un edificio con un'emissione di CO_2 inferiore di circa tre volte rispetto all'edificio non ottimizzato.

Considerazioni Ergotecniche

9.1 ANALISI INTRODUTTIVE

L'edificio andrà a sorgere nella zona periferica della città di Siviglia, attualmente tale zona è riservata al deposito di container e rimorchi di tir delle fabbriche della zona, ciò permette di capire che tale lotto è facilmente accessibile hai grossi mezzi da cantiere, avendo già al suo interno strade private realizzate per la circolazione e la manovra di tali automezzi. Il progetto consiste quindi nella valutazione e organizzazione interna vista la buona fruibilità fornita dalle strade circostanti. La strada a Nord del lotto verrà utilizzata come ingresso e uscita principali al cantiere, utilizzando l'accesso esistente, evitando così di andare ad intervenire in Calle de la Doctora dove la strada è caratterizzata da un'ampiezza ridotta e vi è la presenza di case.
L'area di progetto risulta oggi libera e quindi facilmente utilizzabile, qui vi devono però sorgere diversi edifici uniti da una grande piazza centrale; analizzeremo in seguito la sola realizzazione di tale piazza e dell'asilo nido tema di questo trattato considerando l'intorno vuoto; verrà infatti edificato in una seconda fase qui non considerata. L'obiettivo risulta quindi essere la progettazione cantieristica dell'edificio di nostro interesse con la possibilità di utilizzo dell'intero lotto.
La buona accessibilità, gli ampi spazi disponibili e l'utilizzo di molti elementi prefabbricati permetteranno così di contenere i tempi di realizzazione dell'edificio, data la grande difficoltà lavorativa nei mesi estivi dovuta al caldo,e il rapido degrado di materiali esposti a lungo al sole in stoccaggio.
Oggetto dunque di questa trattazione saranno alcune considerazioni di carattere generale sulla cantierizzazione del progetto sin qui discusso, partendo da un'analisi di inserimento del cantiere arrivando sino alla determinazione di un possibile layout dello stesso. Verranno poi analizzate le fasi principali solamente a riguardo dei caratteri più generali. Si seguirà l'impronta di un Piano di Sicurezza e ordinamento, senza aver la pretesa dell'esaustività si andrà analizzare solo una parte rappresentative dell'intero Piano.

9.2 INTRODUZIONE AL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento si pone come documento essenziale nell'ambito della progettazione, e ha come obiettivo l'organizzazione delle diverse fasi di cantiere, nell'ottica di prevenzione e riduzione di tutti i possibili rischi per i lavoratori. Onde poter fare ciò risulta necessario analizzare i procedimenti di lavorazione nonché le possibili interferenze dovute alla compresenza di più fasi di lavorazioni.
Da normativa ex D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 554, art. 41, i contenuti minimi di un PSC risultano essere una relazione tecnica contenente la descrizioni dell'intervento nelle sue fasi; l'individuazione delle caratteristiche attività lavorative e le specificazioni di quelle critiche; una stima della durata dell'intervento; un'analisi oggettiva dei rischi presenti e la loro valutazione; le

prescrizioni operative per la prevenzione e la riduzioni al minimo dei rischi sopra individuati, nonché una stima dei costi per la sicurezza corrispettivi all'analisi effettuata.

Questi contenuti vengono solitamente trattati, per convenienza in sei sezioni così divise:

Sezione A: Contestualizzazione dell'intervento.

Sezione B: organizzazione del cantiere.

Sezione C: analisi e programmazione operativa dell'intervento.

Sezione D: coordinamento operativo della sicurezza.

Sezione E: valutazione dei rischi per le mansioni.

Sezione F: oneri per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

In questa trattazione ci limitiamo ad affrontare le prime tre sezioni eccetto l'analisi dei costi per la sicurezza, non verrà quindi presentato il programma lavori integrato, in quanto l'obiettivo è il raggiungiento di costi e tempistiche di massima..

9.2.1 SEZIONE A : CONTESTUALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

9.2.1.1 A.1 _ Caratteristiche intrinseche dell'area

A.1.1 Descrizione ubicazione dei lavori

L'intervento preso in considerazione consiste in una nuova edificazione sita a Siviglia, in via De la Doctora; fa parte di un progetto di espansione e riqualificazione della periferia della città attualmente abbandonata e se stessa e priva di reali e comode connessioni con il centro, quindi carente di servizi primari e secondari.



Figura 9.2.1.1.a Vie di comunicazione per giungere in cantiere

Con riferimento all'immagine sopra riportata sono state evidenziate le grandi vie nelle vicinanze del cantiere delle quali è da valutare l'effettiva necessità di utilizzo, in particolare:

- Circonvallazione Sud-Est della città
- Linea ferroviaria
- Caretera A_8028

Tutte e tre le vie d'accesso, a riguardo delle dimensioni necessarie ai nostri mezzi di trasporto successivamente analizzati, potrebbero essere utilizzate grazie alle ampie dimensioni e a svincoli percorribili da ogni automezzo. Si propenderà però per l'utilizzo quanto più possibile, in particolare per gli elementi lignei dell'uso ferroviario al fine di ridurre il grande inquinamento dei veicoli a gasolio e il traffico che congestiona le grandi circonvallazioni della città. Tra le vie di comunicazione invece sicuramente interessate per raggiungere l'area di cantiere sono:

- Ronda de Padre Pio;
- Ronda de la Doctora;
- Strada privata a Est e Nord dell'area interessata.

La prima è dotata di marciapiede in entrambi i lati ad un livello inferiore rispetto alla strada principale; la seconda da invece un marciapiede solamente dal lato a noi interessato, l'ultima invece non è segnalata, non ha luci ne marciapiedi. Si prediligerà comunque sicuramente l'utilizzo della strada privata così da crear il minor disturbo alla circolazione dei quartieri interessati ed evitando spese legate all'occupazione di suolo pubblico.



Figura 9.2.1.1.b Area di cantiere e zone limitrofe

Andiamo ora più nel dettaglio ad osservare le problematiche e gli aspetti invece favorevoli che possiamo riscontrare.
Come punto critico principale si è riscontrata la grande vicinanze del lotto di nostro interesse alla chiesa dei due quartieri, El Barrio de la Doctora e El Barrio de Padre Pio, divisi dalla strada con il medesimo nome, Ronda de Padre Pio.
Questa, segnata nell'immagine in giallo con la sua area di pertinenza, risulta limitrofa al confine dell'area di progetto. In realtà l'edificio studiato in questa trattazione verrà a collocarsi nell'area Nord del lotto risultando quindi a sufficiente distanza da tale costruzione; la problematica si presenterà invece per la realizzazione ei restanti edifici del complesso, in particolare per l'edificio ospitante la zona commerciale, che risulta ad una limitata distanza.
Occupandoci noi però solamente della fase cantieristica dell'edificio finora studiato ci limiteremo a mantenere adeguate distanze dalla chiesa per poter causare il minimo disturbo possibile ai fedeli. Un aspetto invece molto positivo di quest'area è la vicinanza non solo alla ferrovia ma anche all'area deposito treni, questo potrà consentire un facile arrivo delle merci evitando di aggiungere ai costi ferroviari altri costi per il recapito delle merci necessarie.
Nel complesso la realizzazione di questo cantiere nella sua prima fase risulta sufficientemente semplice grazie agli accessi favorevoli e ad un'ampia area a disposizione data la realizzazione in differenti fasi dell'intero complesso.

A.1.2 Caratteristiche geomorfologiche e geotecniche del terreno

Il lotto è sito in una zona pianeggiante senza la presenza di grandi declivi; vi è infatti solo una piccola pendenza nella zona Nord del lotto, si passa infatti da una quota stradale di 15.63 m s.l.m. a 17.47 m s.l.m. nella zona più alta del lotto.
Dai risultati ottenuti per mezzo delle indagini e dall'elaborazione dei dati risulta che il terreno di fondazione dell'edificio in progetto è di natura sabbioso-ghiaiosa, con stato di addensamento medio - buono in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni.
La portata ammissibile del terreno risulta limitata dal fatto che lo scavo non oltrepassa completamente lo strato sciolto superficiale.
I cedimenti delle fondazioni risultano essere entro i limiti generalmente consentiti anche considerando i carichi più elevati.
Gli scavi non saranno interessati dalla presenza di acque sotterranee, in quanto la falda è stata rilevata ad una profondità di circa 10 m.

A.1.3 Vincoli di sottosuolo

Per quanto concerne il sottosuolo, essendo il lotto da sempre stato destinato a deposito e parcheggio e non essendo mai state realizzate opere quali canalizzazioni, pozzi di irrigazione, si può giungere alla conclusione che non vi sia presenza alcuna di vincoli o sostanze nocive.

A.1.4 Sottoservizi impiantistici

Nel lotto da edificarsi non si ha la presenza di sottoservizi impiantistici, salvo piccoli impianti per un locale presumibilmente spogliatoio o comunque cambio per i trasportatori. Nella strada privata non vi è il marciapiede né alcun tipo di impianto, non vi è infatti ne illuminazione stradale, ne chiusini ad indicare la presenza di impianti fognari. Le altre strade delimitanti l'area invece sono dotate di marciapiede e illuminazione pubblica; nella via De la Doctora e nella Via de Padre Pio i marciapiedi di larghe dimensioni risultano adiacenti il confine del cantiere; sotto il manto stradale, la rete di fognatura comunale; sotto il marciapiede opposto, la rete di distribuzione idrica e del metano.

A.1.5 Vincoli di superficie inamovibili e preesistenze

Sulla superficie del lotto dove sorgerà l'asilo nido non sono presenti vincoli inamovibili. Si segnala l'esistenza della recinzione già realizzata sui lati Ovest ed Est del perimetro.

A.1.6 Vincoli aerei

Attualmente non è presente alcun vincolo aereo, non vi è infatti nessun vincolo temporaneo come potrebbero essere gru o mezzi d'elevazione in zone limitrofe, ne vincoli permanenti, quali linee elettriche sulla nostra area o in prossimità di essa.

A.1.7 Proiezione e cadute di masse verso l'interno del cantiere

Data la necessità di utilizzo delle strade pubbliche per poter giungere alla strada privata di pertinenza dell'area e l'utilizzo dai mezzi d'opera del cantiere, si possono verificare eventi dannosi in seguito alla perdita di controllo del mezzo da parte dei conducenti degli autoveicoli, ovvero in conseguenza della perdita di un carico o di parte di esso dal cassone di un autocarro, oppure la proiezione verso l'interno del cantiere di oggetti contundenti quali piccole masse provenienti dalle strade limitrofe.

A.1.8 Emissione di agenti inquinanti dall'ambiente verso il cantiere

Si possono individuare tre principali tipologie d'inquinamento:
Inquinamento dell'aria: l'aria presenterà numerose particelle volatili a causa della presenza del cantiere stesso;
Inquinamento acustico: il cantiere sarà soggetto a serio inquinamento acustico, generato dai treni percorrenti i binari poco distanti dal perimetro e degli autoveicoli percorrenti la strada spesso trafficata in orari mattutini e serali in corrispondenza degli orari lavorativi;

Inquinamento da vibrazioni: il cantiere sarà soggetto a vibrazioni prodotte dai passaggi dei treni e dalla loro movimentazione nella zona di cambio, sosta e deposito.

9.2.1.2 A.2 _ Impatto ambientale del cantiere

A.2.1 Proiezione e cadute di masse all'esterno del cantiere

I rischi possibili, inerenti le condizioni lavorative in cantiere per le proiezioni e cadute masse all'esterno del cantiere, potrebbero essere causati dallo sfondamento della cesata di cantiere da parte di automezzi o di carichi movimentati.

A.2.3 Emissione di agenti inquinanti dal cantiere verso l'ambiente circostante

Le forme d'inquinamento che il cantiere può produrre nei confronti dell'ambiente esterno possono essere di tre tipi:
Inquinamento dell'aria: può essere causato dalla movimentazione della terra e dall'uso di materiali in polvere, quali cemento, sabbia o calce, che durante le operazioni di carico e scarico si potrebbero disperdere nell'atmosfera;
Inquinamento acustico: per quanto riguarda il problema acustico si dovrà verificare il possibile inquinamento ambientale provocato dall'attività di cantiere presso i ricettori sensibili presenti nell'area.
Dalla zonizzazione acustica del Comune di Arluno, risulta che il cantiere si colloca nella classe di destinazione d'uso del territorio "III: area di tipo misto". In base a tale classificazione si individuano i valori limite assoluti di immissione delle sorgenti sonore pari a 60 dB(A) nel periodo diurno (ore 06.00-22.00) e a 50 dB(A) nel periodo notturno (ore 22.00-6.00).
I valori limite differenziali all'interno di ambienti abitativi è pari a 5dB(A) per il periodo diurno e 3dB(A) per il periodo notturno.
In base ad un rilievo acustico effettuato da un tecnico specializzato, il livello residuale misurato nell'area interessata risulta pari a 58 dB(A).
Dal sopraluogo e dalle indagini effettuate è possibile individuare come ricettore più sensibile l'unità abitativa "Betulla" che, visto lo stato di avanzamento dei lavori, potrebbe essere a breve abitata.
da vibrazioni: alcune delle lavorazioni effettuate in cantiere potranno produrre vibrazioni tanto intense da poter interferire con l'ambiente circostante.

9.2.1.3 A.3 _ Interferenze con le condizioni di esercizio dell'area

A.3.1 Interferenze con attività produttive o cantieri limitrofi

Nelle vicinanze attualmente non vi è alcuna attività commerciale né alcun cantiere, quindi non vi è alcuna interferenza di questo tipo.

A.3.2 Interferenze con edifici limitrofi e viabilità al contorno

La principale interferenza è la chiesa, sita nelle prossimità dell'area cantiere; interferenze saranno presenti anche con veicoli appartenenti agli abitanti delle zone residenziali vicine; e con i numerosi pedoni diretti in tale chiesa.

A.3.3 Gestione delle interferenze

Per quanto riguarda la viabilità nella strada di rimpetto alla chiesa, la più problematica dal punto di vista pedonale, vi si cercherà di limitare l'utilizzo al minimo sfruttando quasi esclusivamente la strada privata. Sarà necessario coordinare il movimento degli automezzi in uscita e in entrata dalla strada privata, gestendo l'immissione con un semaforo a tempo controllato. Per la strada a Ovest, dove la principale interferenza è data dalla vicinanza con le residenza, verrà utilizzata solamente in orari strategici così da non interferire troppo con gli abitanti e solo se vi sarà stretta necessità.

9.2.2 SEZIONE B: ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE.

In questa sezione avviene la metaprogettazione del cantiere. Verranno analizzati i requisiti minimi degli elementi del sistema per garantire i luoghi di lavoro sicuri e salubri e i criteri gestionali per la riduzione dei rischi del sistema. Procederemo con l'analisi di sole tre fasi ritenute tra le più significative per durata, ingombro di mezzi e di materiali (nella realtà devono essere presenti tutte le fasi).

9.2.2.1 B.1 .1 Fasi di cantiere

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

- Scavo di scolturamento fino alla quota 17.00 m s.l.m portando il terreno al medesimo livello;
- Messa in sicurezza della zona interessata allo scavo;

- Scavo di sbancamento a due quote distinte; nella zona dell'ingresso fino a quota 13.00 m mentre nelle altre zone fino a quota 16.00 m, con la creazione di una rampa con pendenza massima del 20% ed ampiezza minima di 3,20 m per permettere l'accesso a fondo scavo la superficie sbancata dovrà essere almeno la minima utile a contenere l'impronta delle fondazioni e gli spazi minimi di lavoro attorno ad essa;
- Posizionamento dei tirafondi;
- Getto delle travi rovesce;
- Rimozione della rampa e completamento della fase di getto delle fondazioni e del vespaio aerato.
-

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

- Posizionamenti dei pilasti e realizzazione degli incastri tramite il fissaggio ai tirafondi e alle piastre con spinotti;
- Montaggio sui pilastri delle piastre di ancoraggio sia in sommità che a livello delle travi del solaio intermedio;
- Si calano le travi del solaio e vengono fissate alle piastre tramite spinotti;
- Si posizionano le travi principali di coperturefissandole;
- Fissaggio dei sistemi di controvento;
- Montaggio delle piastre sulle travi principali;
- Posizionamento e fissaggio delle travi secondarie

9.2.2.2 B.1.2 Spazi di cantiere disponibili

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

È libero tutto il terreno dell'area di cantiere eccetto la zona dei baraccamenti e il declivio naturale dello scavo, così come la parte da norma recintata consistente in almeno 1,6 m del termine del natural declivio;

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

È libera tutta l'area cantiere eccetto la zona baraccamento; è libero inoltre il solaio contro terra concluso nella fase precedente.

9.2.2.3 B.1.3 Delimitazione del cantiere

L'area è già recintata in tutto il suo perimetro da una ringhiera di altezza intorno ai 1,5m con supporti in ferro e chiusure in rete metallica fine, risulterà quindi necessario provvedere al rafforzo e all'oscuramento di quest'ultima tramite pannelli chiusi e continui. Tale procedura non risulta d'obbligo, ma è preferibile in quanto evita entrata e uscita d'oggetti indesiderata nell'area cantiere.



Figura 9.2.2.3.a Vista dell'area di cantiere

B.1.4 Accessi e percorsi del cantiere

Sia l'accesso pedonale che quello carrabile saranno effettuati dalla strada privata a Nord della proprietà interessata.

La tipologia del terreno, di natura sabbioso-ghiaiosa con stato d'addensamento medio, nonché l'assenza di acqua di falda fino a 10 m di profondità dovrebbero garantire la portata di ogni automezzo, compresi materiali ed attrezzature trasportate; per garantire la percorribilità a prescindere dalle condizioni meteorologiche si prescrive la stesura di uno strato drenante di spessore adeguato. Anche la rampa di discesa nello scavo risulta di portanza adeguata; le sue caratteristiche di portanza dovranno comunque essere valutate ogni qualvolta sopraggiungano eventi meteorici di entità tale da far pensare che la sua integrità possa essere stata compromessa.

L'accesso carrabile avrà una pendenza del 5% dal fondo strada fino alla quota 15,63, dopo di che dovrà salire fino allo strato di scolturamento, a quota 17,00 m, con una pendenza massima

del 20%; per evitare che i mezzi in uscita possano lordare il manto stradale, si adibirà questa parte ad area di pulizia delle gomme, realizzando quindi un sottofondo in materiale drenante.
Sono previsti per l'accesso al cantiere due cancelli carrabili posti alle estremità Ovest (C1) e Est (C2)della strada a Nord, uno per l'accesso e l'altro per l'uscita, ed uno esclusivamente pedonale (C3) realizzato accanto al cancello C1. Entrambi i cancelli C1 e C2 dovranno essere larghi minimo 3,20 m; dovranno essere arretrati rispetto al filo della proprietà d'una distanza minima di 1,00 m e massima di 1,85 m, per consentire la pulizia delle gomme ad ogni mezzo in uscita dal cantiere senza intralciare la strada antistante; la loro apertura potrà essere a battente a 2 ante ed impedita verso l'interno grazie a dei fermi.
L'accesso esclusivamente pedonale al cantiere potrà essere posto all'esterno del cancello carrabile, e dovrà avere dimensione minima di 1,20 m; il dislivello tra la quota 15,63 della strada e la quota 17.00 m interna al cantiere potrà essere superato ponendo un'andatoia di larghezza pari a quella del cancelletto.
Bisognerà prevedere, all'interno della baracca, la presenza di un campanello collegato al cancello, poiché tutti gli ingressi dovranno mantenersi rigorosamente chiusi per tutta la durata dei lavori; si dovrà comunque garantirne una facile apertura in caso d'emergenza. I mezzi potranno entrare frontalmente nel cantiere; nel caso di ingresso o uscita in retromarcia dovranno necessariamente essere assistiti da addetti movieri durante le manovre. Tutti gli oneri inerenti alla messa in opera delle suddette opere rientrano nei costi per la sicurezza da riconoscere all'impresa opere in c.a.

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

Le due rampe di discesa e risalita verranno realizzate in corrispondenza dei due cancelli C1 e C2, così da garantire in tutta la fase 1 un tranquillo e sicuro andamento dei mezzi, i mezzi entreranno dal cancello C1 percorreranno la rampa A e raggiungeranno il fondo dello scavo dove sarà possibile manovrare nella parte non occupata da eventuali aree di stoccaggio. Nella fase 1.c è vietato l'accesso all'area di cantiere a qualsiasi mezzo.

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

In questa fase l'accesso e l'uscita degli automezzi sarà consentito attraverso il cancello C1 e C2. Non sarà possibile percorrere le zone segnalate, interessate da carichi aerei visto che travi e pilasti verranno calati dall'alto.

9.2.2.4 B.1.5 Luoghi e postazioni di lavoro

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

1. LOGISTICA DI CANTIERE

I baraccamenti verranno allocati nella zona Ovest, saranno ad uso esclusivo del cantiere e, a prescindere dalla loro ubicazione e composizione, dovranno essere tali da identificare i seguenti spazi indipendenti:

un locale ad uso ufficio-infermeria, che all'interno dovrà prevedere la presenza di una scrivania, scaffali dotati di serratura per la custodia dei documenti di cantiere, un telefono fisso, un pc dotato di sistemi operativi adeguati all'aggiornamento dei documenti di cantiere, un cartello con i numeri telefonici utili, due estintori (uno a polvere e uno a schiuma), un pacchetto di medicazione e una cassetta di pronto soccorso chiusa non a chiave ed isolata rispetto a polveri od altri agenti che potrebbero compromettere l'integrità degli oggetti in essa contenuti;

un locale per i servizi igienici, contenente almeno due latrine di superficie minima di 1 m^2 (una ogni 10 addetti) di cui una per eventuali tecnici di sesso femminile, una doccia (una ogni 10 addetti), almeno 2 bocche d'acqua calda e fredda (1 ogni 5 addetti); le dimensioni minime previste dovranno comprendere lo spazio minimo di 3 m^2 per lo spogliatoio munito di sedie e armadietti in numero non inferiore al numero medio di operai presenti in cantiere..

un locale ad uso refettorio, dotata di tavolo facilmente pulibile, sedie in numero non inferiore al numero medio di operai presenti in cantiere e almeno uno scaldavivande.

Requisiti di posizionamento

Le unità logistiche non dovranno interferire né con la viabilità interna né con le aree operative di cantiere; dovranno inoltre essere facilmente accessibili durante tutte le fasi di lavorazione, essere posizionate quanto più baricentriche possibile rispetto all'area di cantiere, garantire la visibilità dei cancelli d'ingresso al cantiere. Le coperture dovranno essere in grado di sostenere il carico di neve previsto per l'area geografica e dovranno proteggere dall'eventuale caduta di carichi sospesi al gancio della gru.

Requisiti ambientali

Al fine di garantire il conseguimento di condizioni ambientali confortevoli, i servizi logistici dovranno essere locali chiusi, sufficientemente aerati ed illuminati, riscaldati nei mesi freddi, posizionati in modo tale da evitare infiltrazioni o ristagni di acqua attorno ad esse; dovranno inoltre avere superfici facilmente pulibili, e dovranno garantire un utilizzo sicuro dell'attrezzatura al loro interno.

Gli oneri inerenti alla messa in opera dei suddetti servizi logistici rientrano nei costi per la sicurezza, mentre il costo per gli estintori previsti nel locale ad uso ufficio-infermeria rientrerà nei costi speciali per la sicurezza; tutti questi saranno riconosciuti all'impresa opere in c.a.

2. OPERE PROVVISIONALI

Si richiedono delimitazioni interne fisse permeabili, ovvero parapetti normali su tutti i lati verso il fondo dello scavo. Le delimitazioni dovranno essere poste ad una distanza non inferiore a 1,60 m dalla parte superiore del natural declivio. Per l'accesso a fondo scavo dovranno essere previste delle scale pedonali, munite di parapetto normale, in numero idoneo a consentire la rapida evacuazione in caso d'emergenza, posizionate in modo da consentire inoltre il facile raggiungimento dei servizi logistici delle postazioni fisse di lavoro e del deposito coperto.

Tutti gli oneri inerenti alla messa in opera delle suddette opere rientrano nei costi per la sicurezza da riconoscere all'impresa opere in c.a.

3. POSTAZIONI FISSE DI LAVORO



Figura 9.2.2.4.a Postazioni di lavoro

Requisiti di posizionamento:

La postazione dovrà essere collocata in un luogo scelto in base a determinate condizioni di solidità, stabilità e orizzontalità della superficie d'appoggio, affinché non vi siano problemi durante l'utilizzo del macchinario; inoltre dovranno essere garantite adeguate condizioni di illuminazione.
Nel caso in cui la postazione fissa sia collocata nella zona operativa all'interno del raggio d'azione della gru, essa dovrà essere protetta da una copertura opportunamente dimensionata, ancorata al suolo e controventata; i cui oneri per la messa in opera rientrano nei costi per la sicurezza da riconoscere all'impresa opere in c.a. Si dovrà tenere in conto dell'ingombro degli elementi lavorati per dimensionare opportunamente la postazione di lavoro.

Requisiti di separazione:
Non vi dovrà essere alcuna reciproca interferenza tra l'uso del macchinario ed il transito di operatori o macchine operatrici; per evitare eventi dannosi dovuti alla proiezione di schegge o all'emissione di polveri di quantità eccessive, si potranno utilizzare idonee schermature posizionate affinché non rechino intralcio agli operatori attivi e passivi presenti;

- Requisiti di organizzazione:
Le postazioni fisse verranno periodicamente controllate al fine di prevenire eventi dannosi di ogni genere. Si sottolinea la necessità di mantenere la postazione pulita da eventuali sfridi prodotti durante l'attività; il loro allontanamento verso la zona rifiuti sarà periodico e sistematico per non ingenerare possibili situazioni di pericolo. Si ricorda inoltre che, se prevista, la betoniera dovrà essere lavata alla fine di ogni utilizzo giornaliero.

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

1. LOGISTICA DI CANTIERE

Visto il nuovo layout di cantiere, i vincoli di posizionamento dei servizi logistici di cantiere sono meno restrittivi, ma si ritiene opportuno non variarne la collocazione; non si registrano quindi cambiamenti di posizionamento rispetto alla fase precedente.

2. OPERE PROVVISIONALI

Tutti gli oneri derivanti dalla progettazione verifica e collaudo di tutte le opere provvisionali, nonché quelli derivanti dalle operazioni di montaggio, smontaggio e controllo periodico rientrano totalmente nei costi per la sicurezza, da riconoscere all'impresa opere provvisionali.
Ponteggio
L'altezza d'imposta degli impalcati del ponteggio sarà minimo 2,00 m da impalcato ad impalcato. Nel caso in cui il ponteggio si situasse ad una distanza superiore a 0,30 m dal filo di facciata, si richiederà l'installazione di un parapetto normale con fermo al piede anche sul lato

interno; stessa precauzione verrà adottata là dove l'impalcato del ponteggio disti più di 2,00 m dall'estradosso del solaio sottostante e più di 0,60 m dall'intradosso del solaio sovrastante.
Viene richiesto all'appaltatore di incaricare il progettista dell'opera provvisionale di supervisionare le operazioni in fase di allestimento e smontaggio.
L'impresa opere provvisionali dovrà effettuare un controllo di efficienza di ogni opera provvisionale ad intervalli di tempo regolari, o comunque ogni qual volta subentri una nuova impresa, dopo eventi meteorologici significativi od in seguito a prolungata interruzione dei lavori.
Ponte su cavalletti
Si richiedono la presenza di pont su cavalletti, opportunamente dimensionato e provvisto di parapetti normali con fermo al piede su tutti i lati e un cancelletto di accesso in corrispondenza di uno dei due lati corti. I costi speciali per la sicurezza relativi all'apprestamento del parapatto e del cancelletto su quest'opera provvisionale verranno riconosciuti all'impresa opere strutturali in legno.

3. POSTAZIONI FISSE DI LAVORO

Non si registrano cambiamenti rispetto alla fase precedente.

9.2.2.5 B1.6 _ Depositi di cantiere

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

Materiali: gabbie d'armatura, fodere dei casseri, iglù, rete elettrosaldata.

CARICO E SCARICO

All'interno dell'area di cantiere:
Tutte le operazioni d'approvvigionamento e scarico, sia interne all'area di cantiere sia su strada, dovranno essere supervisionate da personale appositamente preposto dall'appaltatore. I percorsi e le aree adibite a queste attività dovranno essere opportunamente dimensionati in funzione dei mezzi utilizzati e del tipo di materiali da movimentare, e posizionati a debita distanza dai servizi logistici di cantiere, dalle postazioni fisse e dai luoghi di lavoro.
Durante questa fase nella quale gli automezzi hanno accesso al cantiere, l'area a fondo scavo è sufficientemente ampia per permettere le manovre degli stessi e per consentire il carico, lo scarico e la movimentazione dei materiali e delle attrezzature.

All'esterno dell'area di cantiere:
Tutte le operazioni di carico e scarico della fase 1 si svolgono all'interno dell'area delimitata dalla cesata di cantiere, dunque non sarà necessario richiedere alcun permesso d'occupazione del suolo.

AREE DI STOCCAGGIO

Le aree di stoccaggio non dovranno interferire con i servizi logistici, le aree operative, la viabilità di cantiere e dovranno essere delimitate, posizionate in modo tale per cui la transitabilità pedonale o l'eventuale movimentazione manuale attorno ad esse siano sempre garantite; dovranno inoltre essere opportunamente dimensionate in base al tipo e alla quantità di materiale previsti ed alle rispettive modalità di stoccaggio specificate nelle schede tecniche. Il piano di stoccaggio dovrà rispettare condizioni di solidità, stabilità, planarità ed orizzontalità della superficie d'appoggio.

Per facilitare la posa in opera dei materiali durante la fase 1 si è posta convenzionalmente l'area di stoccaggio a fondo scavo.

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

Materiali: travi in legno lamellare, travetti in legno lamellare, pilastre, piastre d'acciaio,spinotti e viti da legno.

CARICO E SCARICO

Non vi sono particolari prescrizioni rispetto la fase precedente.

AREE DI STOCCAGGIO

Non vi sono particolari prescrizioni rispetto la fase precedente, eccezion fatta per le aree di stoccaggio, che potranno essere disposte sul solaio del piano terra. Seppur gli elementi strutturali si preveda vengano direttamente collocati nella loro posizione definitiva varrà comunque predisposta un area di stoccaggio di dimensioni adeguate per ospitare circa il 30% di tali elementi in caso di ritardi nella posa.

9.2.2.6 B1.7 _ Movimentazioni di cantiere

Movimentazioni aeree

Se la movimentazione aerea dei carichi dovesse avvenire mediante l'utilizzo di almeno una gru, detta gru dovrà essere allacciata in modo esclusivo ad un quadro elettrico secondario (QS2) dell'impianto elettrico di cantiere.

La gru non potrà essere a rotazione in basso, e dovrà essere collocata in modo tale da garantire la migliore stabilità, facilitare le operazioni di reinterro e arrecare il minor intralcio alla viabilità. Essendo munita di una fondazione, questa dovrà essere rimossa nel caso in cui non

sia collegata al sistema delle fondazioni dell'edificio. Per il posizionamento e le dimensioni della gru non sono presenti vincoli esterni che possano limitare la scelta della posizione o del dimensionamento della gru stessa. La manutenzione del macchinario dovrà essere periodica; in particolare, le funi dovranno essere verificate trimestralmente; si ricorda comunque all'appaltatore di attenersi a quanto riportato nella documentazione tecnica specifica relativa al macchinario in uso.
In cantiere dovranno essere presenti idonei accessori di sollevamento, quali attrezzature di aggancio, imbracature ed elementi di contenimento per evitare l'eventuale caduta dei carichi, le cui caratteristiche di funzionalità ed integrità dovranno essere verificate prima di ogni utilizzo. Per i carichi di grandi dimensioni quali le armature delle travi rovesce si dovranno utilizzare idonee attrezzature per il direzionamento manuale (funi) per la sicurezza degli addetti.
Tutti gli oneri derivanti dalle operazioni di montaggio, smontaggio e controllo periodico della gru e dei relativi accessori rientrano totalmente nei costi per la sicurezza, da riconoscere all'impresa opere in c.a., la quale incaricherà l'impresa montaggio gru.

Movimentazioni meccanizzate
Accessori di sollevamento:
I sistemi a supporto della movimentazione aerea prevista dovranno sottostare alle prescrizioni citate nel paragrafo relativo alle "Movimentazioni aeree". Per quanto concerne le prescrizioni circa gli accessori, si rimanda ai libretti d'istruzione dei singoli macchinari.
Traiettorie: Per le prescrizioni si rimanda al paragrafo relativo allo "carico e scarico" relativo ad ogni fase.
Modalità operative e norme comportamentali generali: In previsione della compresenza di più di un automezzo, l'appaltatore dovrà provvedere a stabilire turnazioni che garantiscano la costante presenza in cantiere di non più di un automezzo, evitando la sosta prolungata di mezzi all'esterno dell'area di cantiere.

Si ricorda all'appaltatore di rispettare i parametri di sicurezza stabiliti da normativa vigente, nonché di attenersi a quanto riportato nella documentazione tecnica specifica relativa al macchinario in uso.
Si richiede che le operazioni di smaltimento dei rifiuti avvengano sempre in momenti differenti rispetto all'arrivo degli autocarri per l'approvvigionamento dei materiali e degli altri mezzi di cantiere, per non creare problemi d'interferenza.

9.2.2.7 B1.8 _ Reti impiantistiche

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

Impianto elettrico

I costi per la fornitura, la posa in opera ed il collaudo dell'impianto elettrico di cantiere risulteranno essere costi per la sicurezza, da riconoscere all'appaltatore dell'impresa che incaricherà l'elettricista di eseguire l'impianto. L'impianto consisterà in un quadro elettrico generale QG, a cui si collegheranno i quadri secondari: QS1, per la fornitura d'energia all'interno dei servizi logistici; QS2, per la fornitura di energia esclusivamente alla gru; QS3, per la fornitura di energia alle postazioni fisse previste. Tutti i quadri dovranno essere provvisti di dispositivi differenziali di sicurezza, essere posti al riparo da agenti atmosferici o comunque dannosi, e dotati di opportuna tettoia se posti sotto il raggio d'azione della gru. Le linee fisse di collegamento non dovranno recare inciampo agli addetti del cantiere, non dovranno essere sezionabili e, se interrate, dovranno essere poste minimo a 60 cm sotto gli eventuali percorsi dei mezzi di cantiere. Si dovranno prevedere verifiche periodiche ed ogni qual volta intervengano modifiche dell'impianto, da effettuarsi sempre a cura di tecnico abilitato; i relativi costi rientreranno nei costi per la sicurezza riconosciuti all'appaltatore dell'impresa che incaricherà l'elettricista di eseguire le verifiche e le modifiche necessarie.

Impianto idrico

Alimentazione e distribuzione:

Si dovrà prevedere l'allacciamento ad un punto di consegna dell'Ente erogante. Al fine di evitare l'inciampo dei lavoratori ed il danneggiamento accidentale delle tubazioni, si dovranno prevedere opportune segnalazioni.

Si ritiene opportuno prevedere una bocca d'acqua non potabile fredda presso ogni cancello carraio d'accesso per il lavaggio delle gomme dei mezzi in uscita.

Impianto di illuminazione

Si ritiene opportuno dotare il cantiere d'un impianto d'illuminazione per eventuali lavorazioni effettuate dopo il tramonto e/o in giornate particolarmente buie o nebbiose, nonché per il periodo invernale.

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

Impianto elettrico

In questa fase di cantiere si rende necessario installare un'ulteriore quadro secondaro, QS4, per servire il primo piano; questo risulta indispensabile per fornire energia alle varie postazioni fisse allocate all'impalcato superiore.

Impianto idrico

Non si registrano cambiamenti rispetto la fase precedente.

Impianto di illuminazione

Non si registrano cambiamenti rispetto la fase precedente.

9.2.2.8 B2.3 _ Amianto

Le operazioni di cantiere non prevedono l'impiego di manufatti contenenti amianto e, poiché il sito non presenta preesistenze, si può pressoché escludere anche l'eventuale ritrovamento di elementi pericolosi occulti al momento della progettazione.
Nel caso si verifichi la scoperta di depositi occulti di amianto si dovranno interrompere immediatamente i lavori e, in base al tipo di materiale ritrovato, dovranno essere seguite le procedure di bonifica previste dal ex legis del D.M.6/9/94.

9.2.2.9 B2.4 _ Gestione e assistenza emergenze

L'addetto alla gestione delle emergenze in cantiere dovrà essere scelto di volta in volta, in base all'impresa presente in quel determinato giorno in cantiere. Egli sarà dotato di un telefono cellulare di servizio per chiamare i soccorsi adeguati e dovrà avere sempre con se l'opuscolo sulle nozioni di pronto intervento. Egli dovrà essere provvisto di un elenco di numeri utili da chiamare in caso di emergenza. Una copia di tale elenco sarà affissa all'interno dell'uffici o di cantiere. Egli attiverà anche la squadra di emergenza. L'addetto dovrà prontamente individuare una persona che accoglierà i soccorsi e guidarli dove è richiesta la loro presenza.
Il cantiere dovrà essere predisposto di una linea telefonica allacciata alla rete fissa liberamente accessibile alle maestranze per comunicare con l'esterno in caso di emergenza.

9.2.2.10 B2.7 _ Pulizia del cantiere

Per quanto riguarda la pulizia del cantiere, sarà compito dell'appaltatore mantenere in condizione di perfetta igiene e pulizia il luogo e le postazioni di lavoro all'interno del cantiere. La tempistica con cui si terranno pulite le aree del cantiere risulterà variabile in proporzione all'intensità di utilizzo delle postazioni fisse di lavoro e più in generale dei luoghi e dei locali.
Nel caso in cui l'appaltatore faccia ricorso a personale specializzato, gli orari di pulizia del cantiere non dovranno coincidere con gli orari di apertura del medesimo.

9.2.2.11 B2.8 _ Rifiuti di cantiere

Fase di cantiere 1: scavo e getti delle fondazioni

I materiali di scarto prodotti in questa fase risultano essere scarti e sfridi di lavorazione e regolazione delle fodere delle casseforme e dei parapetti, da considerarsi un rifiuto speciale non

pericoloso. Il trasporto all'area di stoccaggio rifiuti potrà avvenire per mezzo della tipologia di movimentazione che si riterrà più opportuna.

Fase di cantiere 2: montaggio della struttura

La corretta esecuzione di questa fase lavorativa non prevede alcun rifiuto in quanto ogni elemento strutturale arriva già pronto per il posizionamento in cantiere senza alcun bisogno di tagli o regolazioni in quanto la precisione è al millimetro. Si produrranno solo piccolissimi scarti lignei nati dai fori nei pilastri per le viti che verranno eseguiti in cantiere.

9.2.2.12 B2.10 _ Cartellonistica

La cartellonistica di cantiere dovrà essere uniformata a quanto disposto dal decreto legislativo n.493/1996. I cartelli devono essere estremamente visibili, e situati in punti singolari del cantiere in modo che la loro prescrizione abbia maggior impatto figurativo.
Si presentano pertanto 3 esempi di cartelloni da affiggere in 3 luoghi differenti:
Il primo riguarda l'ingresso al cantiere; il cartellone risulterà composto dai seguenti obblighi, divieti, avvisi e prescrizioni:



Figura 9.2.2.12.a Cartellonistica di ingresso cantiere

Il secondo riguarda l'utilizzo del ponteggio; il cartellone risulterà composto dai seguenti obblighi, divieti, avvisi e prescrizioni:



Figura 9.2.2.12.b Cartellonistica di ponteggio

Il terzo riguarda la prescrizione verso una postazioni mobile; il cartellone risulterà composto dai seguenti obblighi, divieti, avvisi e prescrizioni:



Figura 9.2.2.12.c Cartellonistica per postazione mobile

9.2.3 SEZIONE C: ANALISI E PROGRAMMAZIONE OPERATIVA DELL'INTERVENTO

Oggetto di questa sezione è la metaprogettazione operativa dell'intervento, l'analisi, cioè, della successione delle lavorazioni che dovranno essere eseguite per il completamento dell'opera.
In questa fase il coordinatore dovrà formulare delle ipotesi sulle modalità di esecuzione della lavorazione, sempre tenendo conto degli eventi dannosi che si potrebbero presentare durante l'esecuzione della lavorazione stessa.
In questa sezione verranno analizzate: le soluzioni tecnologiche con le relative tecniche esecutive che potrebbero essere adottate per l'esecuzione dell'intervento; la durata e la sequenza delle singole lavorazioni; la contemporaneità e l'ottimizzazione della programmazione dei lavori.

9.2.3.1 C.1 _ Analisi delle lavorazioni

In questa fase le singole lavorazioni che compongono il processo edilizio sono state analizzate secondo due aspetti: le attività che compongono la lavorazione e le operazioni elementari necessarie per realizzarla. In tal modo si possono facilmente individuare gli agenti dannosi che verranno specificati meglio nelle schede operative di coordinamento (SOC).
Inoltre per completare l'analisi si è ricorsi all'utilizzo di schede tecniche dei prodotti e alla bibliografia ergotecnica. A questo punto si è stati in grado di impostare la descrizione ergotecnica (o operativa) mediante la quale è possibile identificare i singoli processi costruttivi necessari per il piano di coordinamento.
Verranno eseguite in questa sede solamente due descrizioni ergo tecniche a titolo esemplificativo.

DESCRIZIONE ERGOTECNICA DI UNA LAVORAZIONE

SCAVO DI SBANCAMENTO GENERALE

RIFERIMENTI PROGETTUALI

Classificazione norma UNI 8290: n.p.

Voce d'opera: movimento terra

MATERIALI IMPIEGATI / TRATTATI

Terreno agricolo di tipo ghiaioso – sabbioso

DESCRIZIONE

Il terreno dell'area di progetto sul quale si andrà ad intervenire è prevalentemente costituito presenta da sabbia e ghiaia. I parametri tecnici rilevanti sono:

$\Phi = 28°$

$\gamma = 17\ kN/m^3$

AUTOMEZZI DI CANTIERE

Macchine operatrici quali: escavatore cingolato dotato di benna a cucchiaio rovescio di capacità scelta in base alla durata del ciclo voluta;autocarro cassonato per trasporto in cava del terreno scavato. Si richiederà la presenza di almeno due autocarri affinché vi sia una regolare turnazione tra i vari cicli di carico.

MODALITA' DI MOVIMENTAZIONE

La movimentazione del terreno avverrà mediante macchine operatrici, squadra di operatori a terra in assistenza e autocarro per il trasporto dei detriti.

I supporti delle suddette macchine atti allo scavo (benna rovescia) saranno scelti nel rispetto della durata dei cicli stabiliti e della portata, nonché della durata di un singolo ciclo.

MODALITA' DI STOCCAGGIO

Il terreno scavato verrà direttamente caricato sull'autocarro senza depositi intermedi. Verrà successivamente trasportato nelle cave di deposito. In questo modo si tenderà a salvaguardare l'esiguo spazio di cui il lotto dispone in relazione alle future fasi a "livello fondazione", nonché evitare possibili situazioni di pericolo per gli addetti.

MODALITA' DI LAVORAZIONE

Lo sbancamento del terreno avverrà attraverso delle procedure cicliche. La successione delle fasi di carico, trasporto, scarico e ritorno definirà il progredire della lavorazione. Il tempo del ciclo dovrà essere valutato prima dell'inizio dei lavori e si comporrà sia del tempo impiegato dalla macchina nella lavorazione che dal tempo utile per il trasporto e lo scarico del materiale.

L'escavatore lavorerà su un ciclo di scavo, sollevando e scaricando il materiale rimosso direttamente su un autocarro. Il sistema movente della macchina operatrice sarà il cingolato, dunque non presenterà particolari condizioni di adattamento al terreno obbligatorie. L'arco di carico verrà mantenuto entro i 90°, ed il carico dell'autocarro avverrà dal ciglio superiore dello scavo.

Lo sbancamento verrà effettuato fino alla quota di -1,9 m dal piano di campagna, identificando così il piano d'imposta delle fondazioni. Il volume di terra da smuovere e la profondità dello scavo saranno parametri che influenzeranno la scelta tecnica del braccio dell'escavatore, nonché della pala da usare per rientrare nella tempistica del ciclo stabilito. Analogamente, anche la portata dell'autocarro di raccolta verrà definita prevedendo il volume di terra massimo trasportabile. Al fine di incrementare l'ottimizzazione delle procedure e ridurre i tempi di attesa si suppone la rotazione di minimo due autocarri per il trasporto del terreno. L'escavatore procederà a realizzare la rampa di ingresso per agevolare il passaggio dell'autocarro, per poi procedere a realizzare lo sbancamento generale. Lo scavo avanzerà con la partecipazione della squadra di operatori specifici a terra e all'avanzamento della segnalazione della linea di scavo. La situazione verrà poi messa in sicurezza attraverso la realizzazione di opportuno parapetto normale ad adeguata distanza dal ciglio di scavo, non inferiore a 1,60 m. Si richiederà di armare lo scavo attraverso un mirato puntellamento nella zona verso i baraccamenti.

MODALITÀ DI GESTIONE DEI RIFIUTI

Il materiale scavato viene definito come rifiuto e trasportato nelle cave di deposito.

9.2.3.2 C.2 _ Programma lavori standard

C2.1- Stima delle durate

La formulazione della durata delle attività previste nel programma può avvenire in due modi: con l'approccio deterministico oppure con l'approccio probabilistico.

Per determinare la durata delle lavorazioni si è scelto l'approccio probabilistico che, partendo dai dati ottenuti nel CME, tiene in considerazione l'utile, le spese generali, l'incidenza della manodopera, il numero di operai e lo stipendio medio giornaliero per eseguire ogni lavorazione. Inoltre, per giungere ad una previsione esatta al 90%, si è passati alla valutazione delle durate pessimistiche ed ottimistiche (approccio semiprobabilistico). Si veda allegato il computo metrico estimativo; i cui prezzi vengono riportati sinteticamente nella tabella sottostante.

	MACROFASE VOCE D'OPERA IMPRESA	PREZZO DELLA MACROFASE	% INCIDENZA SUL TOTALE	PREZZO - 10% UTILE	PREZZO - 10%UTILE -15% SPESE GEN.
A	SCAVO	€ 15.044	0,59%	€ 13.539	€ 11.508
B	OPERE IN CA/FERRAIOLO/VESPAI	€ 260.228	10,21%	€ 234.205	€ 199.074
C	REINTERRO	€ 1.755	0,07%	€ 1.580	€ 1.343
D	ISOLANTI	€ 222.536	8,73%	€ 200.283	€ 170.240
E	OPERE STRUTTURALI IN LEGNO	€ 491.620	19,30%	€ 442.458	€ 376.089
F	INTONACI TINTEGGIATURA,LASTRE	€ 71.851	2,82%	€ 64.666	€ 54.966
G	RIVESTIMENTI INTERNI ED ESTERNI	€ 222.576	8,74%	€ 200.319	€ 170.271
H	IMPIANTI TERRA	€ 7.000	0,27%	€ 6.300	€ 5.355
J	assistenze impianti terra	€ 1.750	0,07%	€ 1.575	€ 1.339
K	OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONI	€ 20.754	0,81%	€ 18.679	€ 15.877
I	PORTE E SERRAMENTI	€ 324.255	12,73%	€ 291.829	€ 248.055
L	assistenze serramenti	€ 31.244	1,23%	€ 28.120	€ 23.902
M	IMPIANTO IDRICO-SANITARIO	€ 124.271	4,88%	€ 111.844	€ 95.067
N	assistenze impianto idrico sanitario	€ 12.396	0,49%	€ 11.156	€ 9.483
O	IMPIANTO ELETTRICO	€ 450.211	17,67%	€ 405.190	€ 344.412
P	assistenza impianto elettrico	€ 66.606	2,61%	€ 59.945	€ 50.953
Q	IMPIANTO RISCALDAMENTO	€ 77.723	3,05%	€ 69.950	€ 59.458
R	assistenze impianto di riscaldamento	€ 19.431	0,76%	€ 17.488	€ 14.864
S	IMPIANTO ASCENSORE	€ 26.000	1,02%	€ 23.400	€ 19.890
T	assistenze impianto ascensore	€ 6.240	0,24%	€ 5.616	€ 4.774
U	OPERE IN FERRO	€ 44.586	1,75%	€ 40.128	€ 34.109
V	IMPIANTO RETI_LATTONIERE	€ 25.701	1,01%	€ 23.131	€ 19.661
W	assistenze impianto reti	€ 6.425	0,25%	€ 5.783	€ 4.915
Y	GIARDINIERE/SISTEMAZIONI ESTERNE	€ 17.482	0,69%	€ 15.734	€ 13.374
	TOTALE	€ 2.547.685	100,00%	€ 2.292.917	€ 1.948.979

Tabella 9.2.3.2-a Stima delle durate

		% INCIDENZA MANODOP.	COSTO DELLA MANODOP	COSTO AL GG DELLA MANOD.	U.G.	N° COMPONENTI MEDIO	DURATA NORMALE
A	SCAVO	20%	€ 3.009	195	15,4	5	3,09
B	OPERE IN CA/FERRAIOLO/VESPAI	40%	€ 104.091	200	520,5	10	52,05
C	REINTERRO	25%	€ 439	195	2,3	5	0,45
D	ISOLANTI	25%	€ 55.634	200	278,2	10	27,82
E	OPERE STRUTTURALI IN LEGNO	15%	€ 73.743	220	335,2	10	33,52
F	INTONACI,TINTEGGIATURA,LASTRE	30%	€ 21.555	195	110,5	10	11,05
G	RIVESTIMENTI INTERNI ED ESTERNI	25%	€ 55.644	210	265,0	10	26,50
H	IMPIANTI TERRA	35%	€ 2.450	180	13,6	10	1,36
J	assistenze impianti terra	50%	€ 875	200	4,4	5	0,88
K	OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONI	35%	€ 7.264	190	38,2	10	3,82
I	PORTE E SERRAMENTI	20%	€ 64.851	170	381,5	10	38,15
L	assistenze serramenti	40%	€ 12.498	200	62,5	5	12,50
M	IMPIANTO IDRICO-SANITARIO	35%	€ 43.495	190	228,9	5	45,78
N	assistenze impianto idrico sanitario	50%	€ 6.198	160	38,7	5	7,75
O	IMPIANTO ELETTRICO	30%	€ 135.063	200	675,3	10	67,53
P	assistenza impianto elettrico	50%	€ 33.303	170	195,9	5	39,18
Q	IMPIANTO RISCALDAMENTO	40%	€ 31.089	200	155,4	5	31,09
R	assistenze imp. riscaldamento	50%	€ 9.715	200	48,6	5	9,72
S	IMPIANTO ASCENSORE	35%	€ 9.100	200	45,5	5	9,10
T	assistenze impianto ascensore	40%	€ 2.496	200	12,5	5	2,50
U	OPERE IN FERRO	20%	€ 8.917	200	44,6	5	8,92
V	IMPIANTO RETI_LATTONIERE	30%	€ 7.710	200	38,6	5	7,71
W	assistenze impianto reti	50%	€ 3.213	200	16,1	5	3,21
Y	GIARDINIERE/SISTEMAZIONI ESTERNE	20%	€ 3.496	220	15,9	3	5,30
			€ 695.848,71		3543,2		448,95

Tabella 9.2.3.2-b Durata normale

STIMA DELLA DURATA DEI LAVORI	
Prezzo	€ 2.547.685
Costo	€ 1.948.979
Numero giorni lavorativi per mese	20
Uomini-giorno	4184,4
Giorni lavorativi totali	448,95
Mesi	22,45

Tabella 9.2.3.2-c Stima della durata dei lavori con la durata normale

Approccio Semiprobabilistico

Si è passati poi alla valutazione delle durate pessimistiche ed ottimistiche al fine di poter determinare le durate mediane e giungere quindi ad una previsione esatta al 90%.
Si è considerato un ottimismo sempre pari allo 0% per evitare di sottostimare le durate e un pessimismo che varia dal 5% al 150%; tale variazione è dovuta al tipo di attività: tutte quelle svolte all'aperto sono caratterizzate da un'elevata percentuale in quanto fortemente influenzate dalle condizioni atmosferiche, mentre quelle che possono svolgersi pur con condizioni climatiche sfavorevoli sono caratterizzate da basse percentuali di pessimismo.

	DURATA NORMALE	% PESSIMISMO	DURATA PESSIMISTICA	% OTTIMISMO	DURATA OTTIMISTICA	DURATA MEDIANA	SCARTO QUADRATICO MEDIO (σ)	VARIANZA (σ^2)
A	3,09	150%	7,71	0%	3,09	3,86	0,77	0,60
B	52,05	30%	67,66	0%	52,05	54,65	2,60	6,77
C	0,45	150%	1,13	0%	0,45	0,56	0,11	0,01
D	27,82	5%	29,21	0%	27,82	28,05	0,23	0,05
E	33,52	30%	43,58	0%	33,52	35,20	1,68	2,81
F	11,05	5%	11,61	0%	11,05	11,15	0,09	0,01
G	26,50	30%	34,45	0%	26,50	27,82	1,32	1,76
H	1,36	5%	1,43	0%	1,36	1,37	0,01	0,00
J	0,88	5%	0,92	0%	0,88	0,88	0,01	0,00
K	3,82	100%	7,65	0%	3,82	4,46	0,64	0,41
I	38,15	5%	40,05	0%	38,15	38,47	0,32	0,10
L	12,50	5%	13,12	0%	12,50	12,60	0,10	0,01
M	45,78	5%	48,07	0%	45,78	46,17	0,38	0,15
N	7,75	5%	8,13	0%	7,75	7,81	0,06	0,00
O	67,53	5%	70,91	0%	67,53	68,09	0,56	0,32
P	39,18	5%	41,14	0%	39,18	39,51	0,33	0,11
Q	31,09	5%	32,64	0%	31,09	31,35	0,26	0,07
R	9,72	5%	10,20	0%	9,72	9,80	0,08	0,01
S	9,10	5%	9,56	0%	9,10	9,18	0,08	0,01
T	2,50	5%	2,62	0%	2,50	2,52	0,02	0,00
U	8,92	5%	9,36	0%	8,92	8,99	0,07	0,01
V	7,71	30%	10,02	0%	7,71	8,10	0,39	0,15
W	3,21	30%	4,18	0%	3,21	3,37	0,16	0,03
Y	5,30	15%	6,09	0%	5,30	5,43	0,13	0,02
	448,95		511,44		448,95	459		13

Tabella 9.2.3.2-d Durata mediana, scarto e varianza

STIMA DELLA DURATA DEI LAVORI	
Prezzo	€ 2.547.685
Costo	€ 1.948.979
Numero giorni lavorativi per mese	20
Uomini-giorno	4184,4
Giorni lavorativi totali	459,00
Mesi	22,95

Tabella 9.2.3.2-e Stima della durata dei lavori con la durata mediana

La durata T_a assicura il 50% di probabilità di rispettare i tempi di progetto. Per poter avere una probabilità del 90% è necessario servirsi di una variabile aleatoria **z** entro un calcolo di tipo statistico-probabilistico.

Z = 1,28 (90%)
Ta = 459 giorni, ottenuti dalle precedenti tabelle

$$T_p = T_a + z\sqrt{\sum_{i=1}^{k} \sigma^2{}_i\,(critiche)}$$

$$T_p = 459 + 1{,}28\sqrt{46} \cong 468\ giorni$$

La durata prevista per la realizzazione dell'intero edificio è pari a Tp = 468 giorni cioè, arrotondando per eccesso, 24 mesi.

Ipotetica distribuzione temporale delle lavorazioni

Nel grafico riportato in allegato sono illustrati i tempi di realizzazione delle singole opere prendendo in considerazione la relativa durata e la successione temporale che le contraddistingue.

C2.2- Sequenze operative

L'organizzazione temporale e gestionale di tutte le lavorazioni, componenti il progetto operativo, da luogo al piano operativo dell'intervento.

Le tecniche di programmazione operativa vengono rappresentate con dei grafici di tipo reticolare (PERT) oppure a barre (GANTT). In questo caso si è usato il grafico di tipo reticolare, in quanto esprime il legame che vi è tra le precedenze che vi sono tra le diverse attività, a cui poi vengono assegnate le relative durate.

Le varie fasi costruttivi possono essere realizzate in serie o in parallelo, ma per alcune di esse esistono degli ordini vincolanti mentre ad altre devono essere stabiliti dei vincoli temporali in generale e in specifiche precedenze tutto in base agli obiettivi che si sono prestabiliti dal punto di vista ergotecnico e della sicurezza.

Il metodo di programmazione operativa di tipo PERT (Program Evaluation and Review Technique). I nodi del reticolo rappresentano gli eventi; le frecce rappresentano le attività;e alcune attività vengono denominate fittizie e in base alla loro combinazione si stabilisco diversi reticoli.

La formulazione della durata delle attività previste nel programma può avvenire in due modi: con l'approccio deterministico oppure con l'approccio probabilistico.

In questo caso si è scelto l'approccio probabilistico che ha portato alla creazione dei seguenti grafici.

Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classi di elementi tecnici	Tipi di elementi tecnici	Elementi tecnici	Lavorazioni/attività	Codice	Descrizione della voce di lavoro	Parti uguali	Lunghezza	Larghezza	Altezza	Q.tà parziale	%	Q.tà finali	U.M.	Prezzo al m²/m³/kg	Prezzo unitario	Superficie minima (m²)	Prezzo totale
Movimento terre	Movimento terre	Sculturamento	S.S	Scavo di sculturamento	Scavo fino a quota -0,25m	A 1.4-35 a	Scavo generale completo fino a 5 m di profondità, compresa l'eliminazione di parti rimaste in un primo tempo inescavate e delle rampe, eseguito a sezione aperta fino al pelo delle acque sorgive, compreso lo sgombero dei materiali provenienti dallo scavo, escluso il reinterro e l'armatura eventualmente necessaria delle pareti di scavo, misurato in sezione effettiva, esclusi eventuali corrispettivi per diritti di discarica: eseguito con escavatore meccanico compresi carico e trasporto alle discariche, entro 10 Km di distanza, del materiale reimpiegabile.	1	-	-	0,25	1532	-	383	m³	€ 7,50	-	-	€ 2.872,50
		Scavo di sbancamento	S.B.	Scavo di sbancamento	Scavo fino a quota -0,85m	A 1.4-35 a	Scavo generale completo fino a 5 m di profondità, compresa l'eliminazione di parti rimaste in un primo tempo inescavate e delle rampe, eseguito a sezione aperta fino al pelo delle acque sorgive, compreso lo sgombero dei materiali provenienti dallo scavo, escluso il reinterro e l'armatura eventualmente necessaria delle pareti di scavo, misurato in sezione effettiva, esclusi eventuali corrispettivi per diritti di discarica: eseguito con escavatore meccanico compresi carico e trasporto alle discariche, entro 10 Km di distanza, del materiale reimpiegabile.	1	-	-	0,5	1532	-	766	m³	€ 7,50	-	-	€ 5.745,00
					Scavo fino a quota -4,25m			1	-	-	3,4	252	-	856,8	m³	€ 7,50	-	-	€ 6.426,00
		Reinterro	R.	Reinterro		A 1.4-41	Reinterro con materiali idonei provenienti dall'ambito del cantiere, in strati successivi di altezza non superiore di 50 cm, con bagnatura e costipamento strato per strato con impiego di mezzo meccanico per la stesa e regolarizzazione	1	-	-	3,4	103,26	-	351,084	m³	€ 5,00	-	-	€ 1.755,42
																		TOTALE	€ 16.798,92

Strutture in cemento armato	Strutture di fondazione	fondazioni dirette	SFD	trevi rovesce	Magrone	A 1.4-55	Calcestruzzo in opera per opere di sottofondazione non armate, confezionato con 2 o più pezzature di inerte, in modo da ottenere una distribuzione granulometrica, adeguata all'opera da eseguire, gettato con o senza l'ausilio dei casseri, questi contabilizzati a parte: a) 150 Kg di cemento 32,5 R	1	-	-	0,1	1532		153,2	m³	€ 95,60	-	-	€ 14.645,92
					Casseratura	A 1.4_110	Casseforme per getti in calcestruzzo, compreso disarmo, con altezza netta dal piano d'appoggio fino a 4 m; per altezze superiori l'impalcatura di sostegno viene computata separatamente per le sue dimensioni effettive: a) opere di fondazione, plinti, travi rovesce, murature di sotterraneo e di cantinato, dei nn. 60, 65, 70	1	436,6	-	1,5	-	-	654,9	m²	€ 29,50	-	-	€ 19.319,55
					Armatura	A 1.4-105	Fornitura, lavorazione e posa di acciaio per cemento armato compreso sfrido e legature: a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B 44K controllato in stabilimento del n. 370/b	1		-	-	-		21480,72	kg	€ 1,34			€ 28.784,16
					Calcestruzzo	A 1.4-65	Calcestruzzo in opera per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee, basamenti semplici di media grandezza, confezionato con due o più pezzature di inerte, in modo da ottenere una distribuzione granulometrica, (esempio indicativo: 65% inerte sino a 10 mm 35% inerte da 11 a 25 mm) ed una categoria di consistenza adeguata all'opera da eseguire, gettato con l'ausilio di casseri, ferro e casseri contabilizzati a parte: c) resistenza caratteristica cubica a 28 gg di maturazione Rck > 250kg/cm²	1	436,6	-	0,41	-	-	179,01	m³	€ 136,00			€ 24.344,82
					Guaina bituminosa	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di vetro - a) spessore 3 mm	1	371	-	0,87	-		322,77	m³	€ 6,56			€ 2.117,37
					Guaina bugnata	-	Membrana alveolare in HDPE speciale ad alta resistenza e non tessuto in PP	1	371	-	0,87	-		322,77	m³	€ 4,00			€ 1.291,08
	Strutture di elevazione	Strutture di elevazione verticali	SEV	vano ascensore	Casseratura	A 1.4_110	Casseforme per getti in calcestruzzo, compreso disarmo, con altezza netta dal piano d'appoggio fino a 4 m; per altezze superiori l'impalcatura di sostegno viene computata separatamente per le sue dimensioni effettive: a) opere di fondazione, plinti, travi rovesce, murature di sotterraneo e di cantinato, dei nn. 60, 65, 70		10,55		9			94,95	m²	€ 29,50			€ 2.801,03
					Armatura	A 1.4-105	Fornitura, lavorazione e posa di acciaio per cemento armato compreso sfrido e legature: a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B 44K controllato in stabilimento del n. 370/b							2538	kg	€ 1,34			€ 3.400,92
					Calcestruzzo	A 1.4-65	Calcestruzzo in opera per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee, basamenti semplici di media grandezza, confezionato con due o più pezzature di inerte, in modo da ottenere una distribuzione granulometrica, (esempio indicativo: 65% inerte sino a 10 mm 35% inerte da 11 a 25 mm) ed una categoria di consistenza adeguata all'opera da eseguire, gettato con l'ausilio di casseri, ferro e casseri contabilizzati a parte: c) resistenza caratteristica cubica a 28 gg di maturazione Rck > 250kg/cm²		9,4	0,25	9			21,15	m³	€ 136,00			€ 2.876,40
		Strutture di elevazione oblique	SEO	scala	Realizzazione strutturale della scala	NP	Realizzazione in opera di scala in cemento armato comprensivo di casseri d'armatura, calcestruzzo, ferro d'armatura e relativorivestimento in legno in abete.	1			4,5						€ 5.500,00		€ 5.500,00
					realizzazione ringhiera in ferro e vetro	NP	Realizzazione di parapetti scala costituito da strutturain ferro a contenimento vetro accoppiato antisfondamento 33/15/33 con PVB 0,78, con finitura acidata	1										€ 5.500,00		€ 5.500,00
	Strutture di contenimento	Opere di contenimento	SC	muri interrato	Casseratura	A 1.4_110	Casseforme per getti in calcestruzzo, compreso disarmo, con altezza netta dal piano d'appoggio fino a 4 m; per altezze superiori l'impalcatura di sostegno viene computata separatamente per le sue dimensioni effettive: a) opere di fondazione, plinti, travi rovesce, murature di sotterraneo e di cantinato, dei nn. 60, 65, 70		115,8		3,4			393,72	m²	€ 29,50			€ 11.614,74
					Armatura	A 1.4-105	Fornitura, lavorazione e posa di acciaio per cemento armato compreso sfrido e legature: a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B 44K controllato in stabilimento del n. 370/b							7074,72	kg	€ 1,34			€ 9.480,12
					Calcestruzzo	A 1.4-65	Calcestruzzo in opera per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee, basamenti semplici di media grandezza, confezionato con due o più pezzature di inerte, in modo da ottenere una distribuzione granulometrica, (esempio indicativo: 65% inerte sino a 10 mm 35% inerte da 11 a 25 mm) ed una categoria di consistenza adeguata all'opera da eseguire, gettato con l'ausilio di casseri, ferro e casseri contabilizzati a parte: c) resistenza caratteristica cubica a 28 gg di maturazione Rck > 250kg/cm²		57,8	0,3	3,4			58,956	m³	€ 136,00			€ 8.018,02
					Guaina bituminosa	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di vetro - a) spessore 3 mm		57,8		3,4			196,52	m²	€ 6,56			€ 1.289,17
					Guaina bugnata	-	Membrana alveolare in HDPE speciale ad alta resistenza e non tessuto in PP		57,8		3,4			196,52	m²	€ 4,00			€ 786,08
				muro in parte contro terra	Casseratura	A 1.4_110	Casseforme per getti in calcestruzzo, compreso disarmo, con altezza netta dal piano d'appoggio fino a 4 m; per altezze superiori l'impalcatura di sostegno viene computata separatamente per le sue dimensioni effettive: a) opere di fondazione, plinti, travi rovesce, murature di sotterraneo e di cantinato, dei nn. 60, 65, 70		92,92		1,68			156,1056	m²	€ 29,50			€ 4.605,12
					Armatura	A 1.4-105	Fornitura, lavorazione e posa di acciaio per cemento armato compreso sfrido e legature: a) barre ad aderenza migliorata qualità Fe B 44K controllato in stabilimento del n. 370/b							2809,9008	kg	€ 1,34			€ 3.765,27
					Calcestruzzo	A 1.4-65	Calcestruzzo in opera per fondazioni armate, plinti, travi rovesce, platee, basamenti semplici di media grandezza, confezionato con due o più pezzature di inerte, in modo da ottenere una distribuzione granulometrica, (esempio indicativo: 65% inerte sino a 10 mm 35% inerte da 11 a 25 mm) ed una categoria di consistenza adeguata all'opera da eseguire, gettato con l'ausilio di casseri, ferro e casseri contabilizzati a parte: c) resistenza caratteristica cubica a 28 gg di maturazione Rck > 250kg/cm²		46,46	0,3	1,68			23,41584	m³	€ 136,00			€ 3.184,55
					Guaina bituminosa	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di vetro - a) spessore 3 mm		46,46		1,68			78,0528	m²	€ 6,56			€ 512,03
					Guaina bugnata	-	Membrana alveolare in HDPE speciale ad alta resistenza e non tessuto in PP		46,46		1,68			78,0528	m²	€ 4,00			€ 312,21
																		TOTALE	€ 154.148,55

	Strutture di elevazione	Strutture di elevazione verticali	SEV	pilastri	pilastro esterno	NP	Pilastro in legno lamellare di base rettangolare, fissato a incastro con piastre metalliche e spinotti alle fondazioni, dimensioni 46x60 cm. Legame trattato con prodotti ingifughi e antimuffa, e colle di assemblaggio. Fornito e posato	16	0,46	0,6	9	2,484		39,744	m³	€ 1.100,00			€ 43.718,40
					pilastro interno	NP	Pilastro in legno lamellare di base rettangolare, fissato a incastro con piastre metalliche e spinotti alle fondazioni, dimensioni 40x20 cm.Legame trattato con prodotti ingufughi e antimuffa, e colle di assemblaggio	6	0,4	0,2	9	0,72		4,32	m³	€ 1.100,00			€ 4.752,00
		Strutture di elevazione inclinate	SEI	puntoni	puntoni	NP	elementi inclinati in legno massiccio congiungenti travi di colmo a pilastri, fissati alle estremità tramite piastre in acciaio. Dimensioni 10x16 cm. Legame trattato con prodotti ingufughi e antimuffa, e colle di assemblaggio	12	0,1	0,16	4,94	0,07904		0,95	m³	€ 1.100,00			€ 1.043,33

Struttura in Legno		Strutture di elevazioni orizzontale	SEO	travi principali	di copertura	NP	trave in legno lamellare, di tipo rettangolare piana priva di particolari rastremature ai bordi. Trattata con vernici protettive e resistente al fuoco. Dimensioni 88x36cm lunghezze fino a 30 m, se si necessitano luci maggiori sarà necessario ripristinare la continuità in cantiere. Legame trattato con prodotti ingufughi e antimuffa, e colle di assemblaggio		247,25	0,36	0,88		78,3288	m³	€ 1.300,00	€ 101.827,44
					del solaio	NP	trave in legno lamellare, di tipo rettangolare piana priva di particolari rastremature ai bordi. Trattata con vernici protettive e resistente al fuoco. Dimensioni 96x46 cm di lungehzza massima 20 m		0,96	0,46	104,51		46,151616	m³	€ 1.300,00	€ 59.997,10
				travi secondarie	di copertura	NP	travetti di orditura secondaria, realizzati in legno massiccio con luce massima di 5,88 m fissate alle estremità alle travi principali tramite piastre metalliche con spinotti e viti da legno. Dimensione 12x24 cm. Legame trattato con prodotti ingufughi e antimuffa, e colle di assemblaggio	150	0,24	0,12	5,88	0,169344	25,4016	m³	€ 1.300,00	€ 33.022,08
					del solaio	NP	travetti di orditura secondaria, realizzati in legno massiccio con luce massima di 5,88 m fissate alle estremità alle travi principali tramite piastre metalliche con spinotti e viti da legno. Dimensione 16x28 cm. Legame trattato con prodotti ingufughi e antimuffa, e colle di assemblaggio.	120	0,28	0,16	5,88	0,263424	31,61088	m³	€ 1.300,00	€ 41.094,14
		Elementi in ferro	EF	piastre di collegamento		NP	Piastre metalliche di collegamento con trattamento antiossidante, fissate tramite spinotti e viti da legno. Di dimensioni differenti seconda le esigenze di calcolo.									€ 29.000,00
																	€ 314.454,49

	verticale	pareti	C.V.1	tinteggiatura	tinteggiatura	B 13.4-360	Pitturazione a due riprese in tinta unica chiara con pittura emulsionata idropittura, su superfici interne intonacate a civile, già preparate ed isolate: c) pittura a base di resine acriliche		73,76	0,005	4		295,04	m²	€ 3,90	1150,656
				intonaco interno	intonaco interno	A 1.4-255	Intonaco completo a civile per interni su pareti verticali in piano compresi gli occorrenti ponteggi fino a 4 m di altezza dei locali: a) rustico in malta di calce eminentemente idraulica o bastarda ed arricciatura in stabilitura di calce idrata		73,76	0,015	4		295,04	m²	€ 23,00	6785,92
				porzione portante	pannello BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.		73,76	0,098	4		28,91392	m³	€ 1.100,00	31805,312
				Isolante	Isolante Gutex termowall	NP	Lastra da cappotto per sistemi ecologici della protezione termica, composto da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio. Garantisce isolamento acustico elevato, antiurto, è coibente naturale composto da materiale recilcabile		73,76	0,06	4		295,04	m²	€ 30,00	8851,2
					Isolante Gutex multiplex top	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.		73,76	0,022	4		295,04	m²	€ 18,00	5310,72
				rivestimento	rivestimento in legno	NP	rivestimenti per esterni fabbricati con legno naturale e trattati specificamente per resistere e mantenere la qualità del legno anche nelle peggiori condizioni climatiche di freddo, caldo, vento, neve, pioggia o sole intenso. Fissati su orditura metallica, disponibile in pannelli o lamelle		73,76	-	4		295,04	m²	€ 45,00	13276,8
			C.V.2	tinteggiatura	tinteggiatura	B 13.4-360	Pitturazione a due riprese in tinta unica chiara con pittura emulsionata idropittura, su superfici interne intonacate a civile, già preparate ed isolate: c) pittura a base di resine acriliche		46,46	0,005	4		185,84		€ 3,90	724,776
				intonaco interno	intonaco interno	A 1.4-255	Intonaco completo a civile per interni su pareti verticali in piano compresi gli occorrenti ponteggi fino a 4 m di altezza dei locali: a) rustico in malta di calce eminentemente idraulica o bastarda ed arricciatura in stabilitura di calce idrata		46,46	0,015	4		185,84		€ 23,00	4274,32
				isolante	isolante termoinstal	NP	Lastra isolante con spessore monostrato omogeneo per isolamento termico dei livelli di installazione. Presente in formato 60x123 cm		46,46		4		185,84	m²	€ 21,00	3902,64
				porzione portante	pannello BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.		46,46	0,098	2,32		10,5631456	m³	€ 1.100,00	11619,46016
				Isolante	Isolante Gutex termowall	NP	Lastra da cappotto per sistemi ecologici della protezione termica, composto da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio. Garantisce isolamento acustico elevato, antiurto, è coibente naturale composto da materiale recilcabile		46,46	0,06	4		185,84	m²	€ 30,00	5575,2
					Isolante Gutex multiplex top	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.		46,46	0,022	4		185,84	m²	€ 18,00	3345,12
				rivestimento	rivestimento in legno	NP	rivestimenti per esterni fabbricati con legno naturale e trattati specificamente per resistere e mantenere la qualità del legno anche nelle peggiori condizioni climatiche di freddo, caldo, vento, neve, pioggia o sole intenso. Fissati su orditura metallica, disponibile in pannelli o lamelle		46,46	0,02	2,32		107,7872	m²	€ 45,00	4850,424
			C.V.3	tinteggatura	tinteggatura	B 13.4-360	Pitturazione a due riprese in tinta unica chiara con pittura emulsionata idropittura, su superfici interne intonacate a civile, già preparate ed isolate: c) pittura a base di resine acriliche		90,15	0,004	9		811,35		€ 3,90	3164,265
				cartongesso in lastre	cartongesso in lastre				90,15	0,025	9		811,35	m²	€ 3,90	3164,265
				isolanti	gutex termoinstal	NP	Lastra isolante con spessore monostrato omogeneo per isolamento termico dei livelli di installazione. Presente in formato 60x123 cm		90,15	0,05	9		811,35	m²	€ 21,00	17038,35
					gutex termoflex	NP	Lastra in fibra di legno flessibile con uno spessore monostrato omogeneo per isolamento termico dell intercapedini di parete e di copertura; posto tra i travetti è di dimensione 57x122 cm.		90,15	0,08	9		811,35	m²	€ 30,00	24340,5
					gutex termowall	NP	Lastra da cappotto per sistemi ecologici della protezione termica, composto da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio. Garantisce isolamento acustico elevato, antiurto, è coibente naturale composto da materiale recilcabile		90,15	0,06	9		811,35	m²	€ 30,00	24340,5
					gutex multiplex top	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.		90,15	0,022	9		811,35	m²	€ 18,00	14604,3
				rivestimento	rivestimento in ceramica	NP	Rivestimento con elementi in ceramica forati, tinteggiati differenti colori, fissate su ortditura metallica. Presenti di differenti dimensioni da 19x49 cm a 50x120 cm		90,15	0,04	9		811,35	m²	€ 65,00	52737,75
		infissi	C.V.V.1	parete vetrata	parete vetrata	NP	sistema costituito con profilati composti: alluminio estruso all'esterno e legno all'interno, accoppiati mediante un profilato in PVC che, oltre ad unire i due elementi permette lo scorrimento assiale nel caso di dilatazioni non uniformi e interrompe il ponte termico tra i due profilati.		47	0,04	4		188	m²	€ 385,00	72380
					posa della vetrata		Posa in opera di serramento in legno a vetri, di finestre e balconi misura minima 1,50 m² con falso telaio: ad antine apribili						188	m²	€ 40,00	7520
					soglia	B 5.3-30 (a	GRANITO, SERIZZO, DIORITE, SIENITE, SERPENTINO, PORFIDO, BEOLA - I prezzi dei relativi titoli sono riferiti a: lastre rettangolari spessore 3 cm e 2 cm con dimensioni fino a 1,20x0.60 m o superiori se consentite normalmente dal materiale e con larghezza non inferiore a 25 cm con una faccia vista a levigatura media e laltra grezza di sega, coste fresate a giunto. Nota: per ogni tipo di materiale sono indicate: - lentità della produzione: PC = commerciale, PL = limitata, PM = mancante; - la località di produzione: Lombardia, Piemonte, Toscana. GRANITO Montorfano spess. 3 cm P.C. - Piemonte q) serizzo Ghiandone spess. 3 cm P.C. - Lombardia	1	47	0,45	0,03	21,15	-	21,15	m²	€ 177,00	3743,55
					posa dell a soglia	A. 1.5-115	Posa in opera di soglia per porta esterna e balcone in pietra naturale	1	47	0,45	0,03	21,15	-	21,15	m²	€ 22,00	465,3
			C.V.V.2	parete vetrata	parete vetrata	NP	Facciata vetrata continua a montanti e traversi in alluminio. Può essere posata utilizzando apposite staffe in alluminio per l'ancoraggio alle solette, sia in modo sequenziale che frontale. I montanti e i traversi vanno da un minimo di 36 mm sino a 200 mm . é possibile l'inserimento di vetri con celle fotovoltaiche, in sistema di facciata continua tipo Sirio infatti è già presente la predisposizione per i cavi impiantistici.		41	0,45	9		369	m²	€ 400,00	147600
					posa della vetrata		Posa in opera di serramento in legno a vetri, di finestre e balconi misura minima 1,50 m² con falso telaio: ad antine apribili						369	m²	€ 40,00	€ 14.760,00
					soglia	B 5.3-30 (a	GRANITO, SERIZZO, DIORITE, SIENITE, SERPENTINO, PORFIDO, BEOLA - I prezzi dei relativi titoli sono riferiti a: lastre rettangolari spessore 3 cm e 2 cm con dimensioni fino a 1,20x0.60 m o superiori se consentite normalmente dal materiale e con larghezza non inferiore a 25 cm con una faccia vista a levigatura media e laltra grezza di sega, coste fresate a giunto. Nota: per ogni tipo di materiale sono indicate: - lentità della produzione: PC = commerciale, PL = limitata, PM = mancante; - la località di produzione: Lombardia, Piemonte, Toscana. GRANITO Montorfano spess. 3 cm P.C. - Piemonte q) serizzo Ghiandone spess. 3 cm P.C. - Lombardia	1	41	0,45	0,03	18,45	-	18,45	m²	€ 177,00	€ 3.265,65

					posa dell a soglia	A. 1.5-115	Posa in opera di soglia per porta esterna e balcone in pietra naturale	1	41	0,45	0,03	18,45	-	18,45	m²	€ 22,00			€ 405,90
chiusure			I.V.1	finestre	finestre	B 11.4-152 b2)	FINESTRE E PORTE FINESTRE IN ALLUMINIO - LEGNO Serramenti eseguiti con profilati di alluminio / legno costituiti da alluminio verniciato bianco RAL 9010 e da legno massello interno, tipo ramino, trattato con tinte impregnanti. Spessore profili 70mm interi / non isolati (voce n. 152), 80mm a taglio termico (voce n. 153). Profili a giunto aperto per tipi a), b). Completi di: come alla voce n. 152/153. Prestazioni per voce 152 (serie 50-55 interi/non isolati): vetro camera con trasmittanza termica compresa tra 2,7 e 3,0 w/mq K; trasmittanza termica UW compresa tra 3,2 e 4,0 w/mq K. Prestazioni per voce 153 (serie 50-55 Taglio Termico): vetro camera con trasmittanza termica inferiore o uguale a 2,4 w/mq K;. SERRAMENTO A DUE BATTENTIensioni Serramento 120 x 150 (1,80 m²) Serie 70 interi/non isolati	20	1		1,3	1,30		26,00	cadauno	€ 581,53		€ 1,80	€ 11.630,60
				Ass. per serramento in legno	Ass. per serramento in legno	A 1.5-260 a)	Posa in opera di serramento in legno a vetri, di finestre e balconi misura minima 1,50 m² con falso telaio: ad antine apribili	20	1		1,3	1,30		26,00	m²	€ 20,45			€ 531,70
				Davanzale	Davanzale	B 5.5-260/261	Davanzale retto lucido un piano e una costa, un gocciolatotio passante, una battuta passante in PVC in serizzo gregorio	20						-	cadauno	€ 68,86			€ 1.377,20
				Ass.davanzale	Ass.davanzale	A 1.5-95	Posa in opera di davanzale di finestra in pietra naturale	20	1		1,3	1,00		1,00	m	€ 25,30			€ 25,30
				Controdavanzale	Controdavanzale	B 10.4 - 175 b)	Contro davanzali interni scossini in legno, sezione massima 80x32 mm senza risvolti alette; douglas	20	1			1,00		20,00	m	€ 40,00			€ 800,00
				Ass.controdavanzale	Ass.controdavanzale	A 1.5-95	Posa in opera di davanzale di finestra in pietra naturale	20	1			1,00		1,00	m	€ 25,30			€ 25,30
			I.V.2	fnestra	finestra circolare fissa	NP	FINESTRE E PORTE FINESTRE IN ALLUMINIO - LEGNO Serramenti eseguiti con profilati di alluminio / legno costituiti da alluminio verniciato bianco RAL 9010 e da legno massello interno, tipo ramino, trattato con tinte impregnanti. Spessore profili 70mm interi / non isolati (voce n. 152), 80mm a taglio termico (voce n. 153). Profili a giunto aperto per tipi a), b). Completi di: come alla voce n. 152/153. Prestazioni per voce 152 (serie 50-55 interi/non isolati): vetro camera con trasmittanza termica compresa tra 2,7 e 3,0 w/mq K; trasmittanza termica UW compresa tra 3,2 e 4,0 w/mq K. Prestazioni per voce 153 (serie 50-55 Taglio Termico): vetro camera con trasmittanza termica inferiore o uguale a 2,4 w/mq K;. SERRAMENTO A DUE BATTENTIensioni Serramento 120 x 150 (1,80 m²) Serie 70 interi/non isolati	10	1		1,3	1,30		13,00	cadauno		€ 930,00	€ 1,80	€ 9.300,00
					posa della finestra		Posa in opera di serramento in legno a vetri, di finestre e balconi misura minima 1,50 m² con falso telaio: ad antine apribili	10	1		1,3	1,30		13,00	m²	€ 32,00			€ 416,00
			I.V.3	porta blindata	porta blindata	B 10.4-215	Portoncino d'ingresso in rovere lucidato naturale con resine poliuretaniche a battente piano tamburato impiallacciato sulle due facce, spessore 45 mm finito; telaio maestro pure in legno pregiato e lucidato come sopra, applicato su mazzetta, mostre sulla faccia interna tre cerniere di ottone, serratura di sicurezza tipo Yale a 2 mandate, mezza maniglia a pomolo in ottone o alluminio anodizzato; luce 2,00x2,05/2,10 m:	1									€ 2.300,00		€ 2.300,00
					posa della porta	A. 1.5-275 b)	Posa in opera di porta in legno con falso telaio:							1,89	m²	€ 34,70			€ 65,58
					soglia	B 5.3-30 (a	GRANITO, SERIZZO, DIORITE, SIENITE, SERPENTINO, PORFIDO, BEOLA - I prezzi dei relativi titoli sono riferiti a: lastre rettangolari spessore 3 cm e 2 cm con dimensioni fino a 1,20x0.60 m o superiori se consentite normalmente dal materiale e con larghezza non inferiore a 25 cm con una faccia vista a levigatura media e laltra grezza di sega, coste fresate a giunto. Nota: per ogni tipo di materiale sono indicate: - lentità della produzione: PC = commerciale, PL = limitata, PM = mancante; - la località di produzione: Lombardia, Piemonte, Toscana. GRANITO Montorfano spess. 3 cm P.C. - Piemonte q) serizzo Ghiandone spess. 3 cm P.C. - Lombardia	1	2	0,045	0,03	0,06		0,06	m²	€ 177,00			€ 10,62
					posa dell a soglia	A. 1.5-115	Posa in opera di soglia per porta esterna e balcone in pietra naturale	1	2	0,045	0,03	0,90		1,80	m	€ 22,00			€ 39,60
	orizzontali	solai	C.O.1	porzione portante	pannello di particelle BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.		340	0,098				33,32	m³	€ 1.100,00			36652
				isolante	isolante Gutex termoflat	NP	Lastra isolnte con uno spessore isolante omogeneo che resiste alla compressione epr l strutture di tetti piani, presente in formato da 60x123.							340	m²	€ 30,00			10200
					isolante Gutex multiplextop	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.							340	m²	€ 18,00			6120
				guaina traspirante	guaina traspirante	B304190b	Strato di T.N.T di polistirene da 200g/m² con sovrapposto un foglio di polietilene sp. 0,3 mm sigillato mediante nastro biadesivo.							340	m²	€ 5,90			2006
				rivestimento copertura	lastre in rame	NP	Copertura con lastre piane undulate in lamiera zincata con dovute sovrapposizioni, chiodi, viti e rondelle. Sp. 10mm compreso listelli legno							340	m²	€ 54,00			18360
			C.O.2	porzione portante	pannello di particelle BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.	413		0,146				60,298	m²	€ 1.100,00			66327,8
				isolante	isolante Gutex termoflat	NP	Lastra isolnte con uno spessore isolante omogeneo che resiste alla compressione epr l strutture di tetti piani, presente in formato da 60x123.							413	m²	€ 30,00			12390
					isolante Gutex multiplextop	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.							413	m²	€ 18,00			7434
				guaina traspirante	guaina traspirante	NP	Strato di T.N.T di polistirene da 200g/m² con sovrapposto un foglio di polietilene sp. 0,3 mm sigillato mediante nastro biadesivo.							413	m²	€ 5,90			2436,7
				Pavimentazione galleggiante	Pavimentazione galleggiante	NP	Pavimento esterno costituito da lastre in cemento granigliate poggianti su piedini regolabili in ferro zincato reolabili.							413	m²	€ 37,00			15281
				Ringhiera	realizzazione ringhiera in ferro e vetro	NP	Realizzazione di parapetti costituito da struttura in ferro a contenimento vetro accoppiato antisfondamento 33/15/33 con PVB 0,78, con finitura acidata; vetro contenente celle fotovoltaiche.	112,6		1,1				123,86	m²	€ 230,00			28487,8
			C.O.3	Assito	Assito	B 10.3 55	Perline lavorate a maschio e femmina, spessore 15 mm finito: - a) abete o pino nazionale							890	m²	€ 8,94			7956,6
				isolante	gutex termoflat	NP	Lastra isolnte con uno spessore isolante omogeneo che resiste alla compressione epr l strutture di tetti piani, presente in formato da 60x123.							890	m²	€ 30,00			26700
					gutex multiplex top	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta							890	m²	€ 18,00			16020
				guaina impermeabile	guaina impermeabile	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di							890	m²	€ 6,56			5838,4
				legno per listellatura e controllistellatura	legno per listellatura e controllistellat	A1.3 335	Travetti abete di 2÷5 m							6,6	m³	€ 290,00			1914
			C.O.4	Vespaio areato	Vespaio areato	A104387	Vespaio areato costituito con casseri modulri a perdere, in propilene riciclato costituit da calotta piana su quattro supporti d'appoggio di dimensioni 50x50 h40 cm . Fornitura e posa di rete elettrosaldata diametro 6 mm con maglia 20x20 cm . Fornitura e posa getto di calcestruzzo per realizzazione soletta superiore							1532	m²	€ 48,30			€ 73.995,60
				Isolante in polistirene	Isolante in polistirene	A104518	Fornitura e posa in opera di pannelli in polistirene espanso sinterizzato sp. 8 cm							1532	m²	€ 11,70			€ 17.924,40
				Massetto isolante	Massetto isolante	A104365	Realizzazione di massetto in cemento cellulare a 330/350 kg di cemento per m³ di impasto eseguito meccanicamente e pompato in opera, sp. 10 cm							1532	m²	€ 14,50			€ 22.214,00
				Sottofondo	Sottofondo	A104350	Sottofondo di pavimento sp. 4 cm con formazione del piano di posa tirato a fratasso lungo							1532	m²	€ 14,15			€ 21.677,80
				Finitura	Finitura	B604285	Pavimento in linoleum e gomma unito da 2mm, compresa la preparazione del piano di posa ed incollaggio							1532	m²	€ 28,00			€ 42.896,00
		serramenti	I.O.1	lucernaio	lucernaio	B404035a	fornitura e posa lucernaio ad apertura meccanizzata a bilico con vetro 4+12+4 a taglio termico	10							cadauno	€ 1.500,00			€ 15.000,00
	oblique	solai	C.I.1	porzione portante	pannello BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.	117		0,098				11,466	m²	€ 600,00			6879,6
				isolante	gutex thermosafe homegon	NP	Lastra isolante universale con uno spessore monostrato omeogeneo ed eccellenti proprietà per la protezione del calore estivo e del freddo invernale, presente in formati da 62,5x120cm							118	m²	€ 40,00			4720
					Gutex multiplex top	NP	Lastra sottocopertura resistente alla pioggia, applicbile anche a parete verticale su supporto in legno, è priva di bitume e adatta anche alle opere di isolamento interno. È composta da legno d'abete bianco o rosso, legante al 4% di resina PUR, additivo ignifugo: 1,5% fosfato di aluminio.							119	m²	€ 18,00			2142
					guaina impermeabile	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di vetro - a) spessore 3 mm							120	m²	€ 6,56			787,2
				rivestimento copertura	lastre in rame	NP	Copertura con lastre piane undulate in lamiera zincata con dovute sovrapposizioni, chiodi, viti e rondelle. Sp. 10mm compreso listelli legno							123	m²	€ 54,00			6642
																		TOTALE		€ 996.527,68

Partizioni	verticale	Partizione vertiale opaca	P.V.1	Partizione vertiale opaca	partizione verticale opaca	B204305	Divisorio interno costituito da una lastra standard di 13 mm per ogni faccia con aggiunta di materassino isolante 40mm di lana di vetro su armatura metallica da 6-10 zincata, con montanti posati a interasse di 60 cm ed inserite in guide fissate con chiuodi a sparo o tassell ia espansione a pavimento e a soffitto. Giunti a vista totalmente rasatti		268		4		1072	m²	€ 46,60		€ 49.955,20
					rivestimento in linoleum	B604285	Pavimento in linoleum e gomma unito da 2mm, compresa la preparazione del piano di posa ed incollaggio						222	m²	€ 28,00		€ 6.216,00
		Partizione verticale trasparente	P.V.2	Partizione verticale trasparente	parete divisoria	NP	parete mobile costituita da moduli vetrati a vetro singolo, passo 1000m , h massima 3300mm, intelaiati su profili perimetrali in estruso di alluminio finitura naturale realizzata con guida inferiore e superiore a vista in alluminio ossidato naturale e profili verticali di raccordo a muro o a parete mobile od attrezzata realizzato con lo stesso profilo. Vetri di sicurezza (temperato o stratificati) sp 10 mm, con giunzione tra vetro e vetro realizzata con profilo in alluminio complanare ai vetri.	55	1	0,02	3			cadauno	€ 638,00		€ 35.090,00
					posa della parete divisoria	NP	la posa e gli elementi necessaria ad essa, quali angolo, profili e giunti vengono quantificati in modo percentuale.					10						€ 3.509,00
		Infisso verticale	I.I.V 1	Porta interna	Porta interna	B 10.4 - 195/200 a)	Porte interne a battente tamburato rivestite sulle due facce in medium density complete di guarnizioni in gomma, cerniere bronzate, serratura, maniglia e stipite con coprifili ad incastro:210x80/70/60 tav. da cm 8 a cm 12. Come voce n.195, ma con rivestimento in: noce africano lucidato	57	0,8		2,1			cadauno	€ 241,35		€ 13.756,95
				Ass.per serramenti in legno	Ass.per serramenti in legno	A 1.5-275 a)	Posa in opera di porta in legno con falso telaio: su tavolato come ai n. 195 Cap. B 10	57	0,8		2,1	1,68	95,76	m²	€ 32,00		€ 3.064,32
					finestra circolare fissa	NP	FINESTRE E PORTE FINESTRE IN ALLUMINIO - LEGNO Serramenti eseguiti con profilati di alluminio / legno costituiti da alluminio verniciato bianco RAL 9010 e da legno massello interno, tipo ramino, trattato con tinte impregnanti. Spessore profili 70mm interi / non isolati (voce n. 152), 80mm a taglio termico (voce n. 153). Profili a giunto aperto per tipi a), b). Completi di: come alla voce n. 152/153. Prestazioni per voce 152 (serie 50-55 interi/non isolati): vetro camera con trasmittanza termica compresa tra 2,7 e 3,0 w/mq K; trasmittanza termica UW compresa tra 3,2 e 4,0 w/mq K. Prestazioni per voce 153 (serie 50-55 Taglio Termico): vetro camera con trasmittanza termica inferiore o uguale a 2,4 w/mq K;. SERRAMENTO A DUE BATTENTIensioni Serramento 120 x 150 (1,80 m²) Serie 70 interi/non isolati	10	1		1,3	1,30	13,00	cadauno	€ 800,00	€ 1,80	€ 8.000,00
		Infisso verticale	I.I.V 2	finestre circolari	posa della finestra	NP	Posa in opera di serramento in legno a vetri, di finestre e balconi misura minima 1,50 m² con falso telaio: ad antine apribili	10	1		1,3	1,30	13,00	m²	€ 32,00		€ 416,00
	orizzontale	Solaio	P.O.1	pavimentazione	Pavimentazione in legno	B 604278	pavimentazione in tavolette di legno cm 55-80 larghezza 9 cm, spessore totale 10 m, mischiate e poste perfetamente parallele, con superficie prefinita con vernice, come da nuove normative CEN 4 classe: d)doussie del n 118						508	m²	€ 94,30		€ 47.904,40
				isolante	Lana di vetro	A 103777	Lana isolante semirigido in lana di vetro conforme alla norma UNI EN 13162: c) densità 105 kg/m³ , conducibilità termica 0,037 W/mk, reazione al fuoco Euroclass A!; d) sovrapprezzo per aggiunta foglio isolante in alluminio						508	m²	€ 4,49		€ 2.280,92
				isolante acustico	isolamento acustico	NP	Isolante acustico per isolamento dei rumori d'urto e calpestio nei pavimenti, adatto anche a pavimentazio galleggiante						508	m²	€ 7,70		€ 3.911,60
				isolante sfuso	isolante sfuso	A 103765	perlite espansa in granuli, confezionata in sacchi, di conducibilità termica 0,055 W/mk di peso specifico 100 + 20% kg/m³, di granulometria 1-5 mm, di reazione al fuoco Euroclass A1, conforme alla norma UNI EN 13055-1 e UNI EN 14316				0,04		508	m²	€ 160,00		€ 3.251,20
				protezione impermeabile	guaina impermeabile	B 3.3 105	Membrana impermeabile prefabbricata, plastomerica (BPP), a base bituminosa, con caratteristiche tecniche rispondenti alla CLASSE 1ª - NORMA UNI 8629/2, con armatura in non tessuto di poliestere o in non tessuto di poliestere accoppiato a velo di vetro - a) spessore 3 mm						508	m²	€ 6,65		€ 3.378,20
				perlinatura	legno d'abete maschiato	B 10.3 55	Perline lavorate a maschio e femmina, spessore 15 mm finito: - a) abete o pino nazionale						508	m²	€ 8,94		4541,52
				parapetto	Parapetto	NP	Realizzazione in opera di scala in cemento armato comprensivo di casseri d'armatura, calcestruzzo, ferro d'armatura e relativorivestimento in legno in abete.		23,5	1,1			25,85	m²	€ 410,00		€ 10.598,50
			P.O.2	pannelllo in gesso	Rigidur H10	NP	Sistema a base di lastre in gesso fibrato per la realizzazione di elementi di divisione e di finitura quali pareti divisorie, contropareti, controsoffitti e massetti a secco di densità 1200 kg/m³						148,7	m²	€ 8,50		€ 1.263,95
				pannello in gesso	Rigidur sottofondo	NP	Elementi a secco per applicazioni a massetto costituiti da due lastre in gesso fibrato accoppiate.						148,7	m²	€ 9,20		€ 1.368,04
				isolante acustico	Isolante acustico	NP	Isolante acustico per isolamento dei rumori d'urto e calpestio nei pavimenti, adatto anche a pavimentazio galleggiante						148,7	m²	€ 7,70		€ 1.144,99
				porzione portante	pannello BBS	NP	Pannello autoportante in legno, composto per un 99,4 % de legno e per un 0,6 % da colla, è un materiale monolitico; è ecologico. La sua applicazione può essere a parete o a solaio e copertura; presente di diversi spessori da utilizzare in base ai carichi a cui è sottoposto. può avere faccia a vista e alle estremità presenta bordi leggermente bisellati.		148,7	0,146			21,7102	m²	€ 1.100,00		€ 23.881,22
																	TOTALE		€ 223.532,01

	idricosanitario	idricosanitario	I.I.S.	Rete generale di distribuzione	Rete generale di distribuzione	C 3.4 290	Impianto idrico sanitario costituito da: rete generale di distribuzione acqua fredda a valle del contatore, previsto nel fabbricato, - tubazione in acciaio zincato senza saldature, colonne montanti complete di saracinesche di intercettazione e barilotti ammortizzatori sulla sommità rete di distribuzione di acqua fredda e calda ai singoli apparecchi del bagno e della cucina completa di rubinetto di intercettazione, collettori di scarico in piombo dei singoli apparecchi sino alla colonna di fognatura verticale (esclusa), montaggio degli apparecchi sanitari, rubinetterie, sifoni e pilette (non compresi nella fornitura). Le medie sottoindicate sono riferite ai servizi igienici per stabili di: Tipo A signorile: - bagno padronale, composto da: vaso,bidet, lavabo, vasca da bagno (compresa ventilazione secondaria apparecchi) - bagno di servizio composto da: vaso, lavabo, doccia o vasca a sedere, prese per lavabiancheria (compresa ventilazione secondaria apparecchi) - cucina, composta da: lavello,prese per lavastoviglie e prese per scaldabagno a gas o elettrico (compresa ventilazione secondaria apparecchi)	65							€ 437,96		€ 28.467,40
				Vaso igienico a pianta ovale o poligonale	Vaso igienico a pianta ovale o poligonale	C 3.3 215	a) tipo a cacciata in porcellana dura (vetrochina) completo di accessori di montaggio	21							€ 133,00		€ 2.793,00
							b) sedile in materia plastica leggero con paracolpi, bulloni e coperchio	21							€ 22,00		€ 462,00
							d) cassetta di scarico in polietilene, tipo da incasso a muro, capacità 14/10 l, completa di valvola a galleggiante 3/8'', comando incorporato, tubo di discesa, curva tecnica, morsetto wc, canotto cromato, accessori di montaggio	21							€ 101,00		€ 2.121,00
							f) tubo di raccordo vaso-muro con rosone	21							€ 7,20		€ 151,20
				Lavabo rettangolare con spigoli arrotondati	Lavabo rettangolare con spigoli arrotondati	C 3.3 220	a) porcellana dura vetrochina da 68x57 cm	21							€ 137,50		€ 2.887,50
							f) apparecchiatura completa per lavabo, con miscelatore monocomando con bocca di erogazione fissa dotata di rompigetto e combinata con scarico automatico, piletta e sifone a bottiglia da 1 1/4, due rubinetti di regolaggio sottolavabo da 1/2, viti e tasselli di fissaggio	21							€ 157,00		€ 3.297,00
				Bidet a pianta ovale o poligonale monoforo o tre fori	Bidet a pianta ovale o poligonale monoforo o tre fori	C 3.3 225	a) porcellana dura vetrochina da 62x32 cm completa di accessori di montaggio	3							€ 128,50		€ 385,50
							c) apparecchiatura completa per bidet, con miscelatore monocomando con bocca di erogazione fissa dotata di rompigetto orientabile e combinata con scarico automatico, piletta e sifone a esse da 1 1/4, due rubinetti di regolaggio sottobidet da 1/2, viti e tasselli di fissaggio	3							€ 159,00		€ 477,00
				Vasca da bagno	Vasca da bagno	C 3.3 230	a) in acciaio smaltato da rivestire 170x70 cm, 160x60 cm, 105x70 cm	5							€ 120,00		€ 600,00
							e) apparecchiatura completa con miscelatore monocomando da incasso, deviatore automatico, bocca di erogazione centrale da 3/4, gancio a parete reggidoccia, colonna di scarico e troppo pieno da incasso da 11/2, sifone in polietilene	5							€ 190,50		€ 952,50
				Piatto doccia	Piatto doccia	C 3.3 235	a) in grès porcellanato bianco (fire clay) dimensioni 75x75 cm	7							€ 108,50		€ 759,50
							e) apparecchiatura completa con miscelatore monocomando esterno, dotato di braccio doccia a snodo e soffione anticalcare, piletta sifoide in polietilene	7							€ 131,00		€ 917,00
				assistenze		A105355	Assistenze murarie per l'istallazione dell'impianto idricosanitario completo di apparecchie e rubinetterie e reti di scarico, in percentuale sull'importo dell'impianto					28						€ 12.395,77
		solare	I.S.	impianto solare termico	impianto solare termico	C503010	Impianto solare termico a circolazione forzata, per la produzione di acqua calda sanitaria, di grandi dimensioni, composto da collettori solari coprenti una superficie di 100mq, gruppo di circolazione composto da pompa di circolazione, valvola di sicurezza, rubinetti per carico e scarico impianto, egolatore di portata, tronchetto di ritorno, valvole di non ritorno, dispositivo di sfogo aria e strumenti di regolazione												€ 80.000,00
	elettrico	elettrico	I.E.	impianto elettrico	impianto elettrico	C 4.4 330	Dato di massima per impianto elettrico al m³ di costruzione valutato vuoto per pieno, prezzo medio informativo. I prezzi si intendono riferiti a lavori eseguiti a regola d'arte, con l'osservanza della Legge n. 186 del 1/3/1968, con componenti nuovi dotati di marchio italiano di qualità o comunque rispondenti alle prescrizioni della Legge n. 791 del 10/10/1997 e D.P.R. 547 del del 27/4/1955. Essi comprendono la fornitura dei materiali, le eventuali lavorazioni in officina, il trasporto in cantiere, il montaggio e posa in opera, la verifica degli impianti da parte dell'installatore							9653	€ 13,80		€ 133.211,40
				assistenze	assistenze	A105365	Assistenze murarie per istallazione dell'impianto elettrico in percentuale sull'impianto.					50						€ 66.605,70

Impianti		fotovoltaico	I.F.	impianto fotovoltaico	impianto fotovoltaico	NP	Relizzazione di un impianto fotovoltaico collegato alla rete con potenza di picco di circa 50kWp, costituito da 320 pannelli a celle di silicio policristallino poste in modo integrato su copertura piana; pannelli fissati agli appositi supporti in vetroresina. Compresi nella valutazione inverter, quadro elettrico e contatori.													€ 250.000,00
		movimentazione frangisole	M.F.	impianto per frangisole	impianto per frangisole	NP	Sistema elettrico di movimentazione meccanica per regolazione del posizionamento delle lamelle. Possibilità di movimentazione separta delle lamelle poste in copertura rispetto a quelle poste in faccita. Attivazione del movimento tramite appositi pulsanti presenti negli ambienti interni.													€ 25.000,00
					pale frangisole	NP	Pale per protezione solare, composte da un solo strato di alluminio, traforate a forme circolari di dimensioni standar. Appositamente verniciate come richiesto. Dimensione 150x60 cm	140										cadauno	€ 300,00	€ 42.000,00
	Rete fognaria	Rete fognaria	R.F.	Reti di scarico acque meteoriche	Pluviali	B 9.4 -135	Fornitura e posa in opera di tubi pluviali aggraffati, completi di braccioli in dimensioni commerciali per colonne normali, escluso posa in opera dei braccioli e pezzi speciali di cui alla voce 140: b) lastra di rame	8			7,28		9,76		78,04	kg	€ 13,85		€ 1.080,88
					Canali di gronda	B 9.4 -125	Fornitura e posa in opera di canali completi di cicogne o tiranti con cambrette, di converse a canale ed a muro, di scossaline e di copertine per normali faldali di tetto, in sagome e sviluppi commerciali non inferiori a cm 33, congiunte a sovrapposizione chiodate a doppia fila e saldatura a stagno; escluso il fissaggio di supporti e pezzi speciali di cui alla voce 130 e fissaggi speciali di cui alla voce 155 per quantitativi globali minimi di 500 kg: c) lastra rame spessore 8/10 mm	1	325,00				435,50		435,50	kg	€ 13,15		€ 5.726,83
					tubi in pvc, diametro 125 mm	C 3.3-110	Tubazioni e raccordi in polietilene alta densita' duro per condotte di scarico: diametro esterno mm 125. a) tubo	1	100,00				100,00		100,00	m	€ 8,93		€ 893,00
					assistenza		assistenza muraria alla posa in opera di canali , convesse e scossaline							25						€ 1.925,18
				Reti di scarico acque nere	Reti di scarico acque nere	NP	Realizzazione linea fognaria per smaltimento acque nere comprensiva di: tubazioni in PVC pesante di opportune dimensioni, pozzetti di ispezione, getto di rinfianco e copertura, reinterro. Il tutto collegato alla rete di smaltimento fognario comunale													€ 18.000,00
					assistenza	NP														€ 4.500,00
	Linee di servizio	linee di servizio	L.S.	Linee di servizio	linee di servizio	NP	Realizzazione di scavi in sezione per alloggiamento tubazioni acqua, gas, corrente comprensivo di copertura con sabbia di allettamento e reinterro													€ 7.000,00
					assistenza	NP	assistenza muraria alla posa in opera dell'impianto							25						€ 1.750,00
	Impianto ascensore	Impianto ascensore	I.A.	impianto ascensore	impianto ascensore	C604005	Ascensore con portata 500kg/ 6 persone. Impianto installato in vano proprio, ad azionamento elettrico, di tipo automatico, con due fermate. Macchinario posto in alto, motore elettrico trifase in corto circuito di adatta potenza. Guide di scorrimento per la cabina in proilato di acciaio a T trafilato e fresato contrappeso con blocchi di ghisa guidato con guide in profilato a T trafilato e fresato. Cabina in lamiera di ferro rivestita in materiale plastic, pavimento ricoperto in gomma, porte di cabina e di piano automatiche scorrevoli orizzontalmente di tipo centrale; bottoniera di cabina con luci di emergienza, citofono, segnalazioni luminose di allarme.													€ 26.000,00
					assistenza	NP	Assistenza muraria per l'istallazione dell'impianto dell'ascensore							24						€ 6.240,00
	Climatizzazione, riscaldamento, trattamento aria	unità trattamento aria	U.T.A.	impianto climatizzazione,riscldamento e trattamento aria	Centrale di trattamento dell'aria	NP	Centrale di trattamento aria a sezioni componibili con portata d'aria di mc/h 17000/24000. Centrale di trattamento aria a sezioni componibili, realizzata con struttura portante in profilati e doppia pannellatura di alluminio, portata d'aria di mc/h 17000/24000 con velocità frontale rispettivamente non superiore a m/s 2.5 e 3.5, con efficienza dei filtri misurata secondo il metodo ASHRAE 52/76, composta dalle sezioni ed accessori di seguito elencati:													
							serranda frontale a comando manuale	1										€ 732,00		€ 732,00
							sezione filtrante piana	1										€ 732,00		€ 732,00
							sezione di miscela con due serrande	1										€ 1.984,00		€ 1.984,00
							sezione espulsione/ricircolo con 3 serrande	2										€ 3.098,00		€ 6.196,00
							tubazioni i nacciaio flessibile comrensivo di raccorderie e pezzi speciali		360									€ 85,00		€ 30.600,00
							sezione per batterie fino a 12R riscaldamento/raffreddamento	1										€ 1.125,00		€ 1.125,00
							sezione con umidificazione spinta	2										€ 3.141,00		€ 3.141,00
							separatore di goccie	1										€ 743,00		€ 1.486,00
							batteria per acqua calda e refrigerata a 8R	1										€ 2.950,00		€ 2.950,00
							battereia ad espansione diretta a 6R	1										€ 2.971,00		€ 2.971,00
							sezione ventilata a bassa pressione con motore	1										€ 4.955,00		€ 4.955,00
							sezioni filtri a tasche	2										€ 2.653,00		€ 5.306,00
							assistenza muraria							25				€ 6.292,25		€ 15.544,50
					assistenza															€ 19.430,63
																		TOTALE		€ 823.752,47

Attrezzatura Esterna	Allestimenti esterni	Pavimentazione esterna	P.E.	Pavimentazione	Formazione passaggi pedonali	I 4.10.150	Formazione passaggi pedonali posati su sabbia, comprensivo scavo, riporto di sabbia, fornitura e posa di lastre di cemento 50x50 cm 0 40x80 cm, all'intasamento degli interstizi con terra e seminagione	1	-	-	-	414,00	-	414,00	m²	37	-	-	€ 15.318,00
		Giardinaggio	G.	Verde calpestabile	Prato	B 8.4-250	Formazione prato comprendente fresatura o vangatura, rastrellatura, seminagione, rinterratura del seme e rullatura; esclusi seme e concimazione. Per superfici superiori a 2500 m^2	1	-	-	-	263,00		263,00	m²	2,55	-	-	€ 670,65
		impianto di irrigazione	I.I.E.	impianto di irrigazione	impianto di irrigazione	NP	impianto di irrigazione di piccole dimensioni, fino ad un estensione del terreno di 300m², composto da tubazioni sotterranee in politilene ad alta densità o polivinile atossico, di diametro adeguato alla dimensione dell'impianto stesso, comprensivi di scavo, reinterro, fornitura di raccorderia, irrigatori, valvola e quanto occore per il funzionamento. sono escluse le opere murarie, costi relativi agli allacciamenti alla rete idrica e agl impianti elettric	1	-	-	-	263,00		263,00	m²	5,68	-	-	€ 1.493,84
																		TOTALE		€ 17.482,49

TOTALE	€ 2.546.696,62

BIBLIOGRAFIA

MONOGRAFIE :

1. *A.A.V.V., Asili:Progetti e Desing, Logos Edizioni Vannaiori,*

2. AERMEC, *Elementi di termoventilazione e condizionamento dell'aria,* Aermec, Verona.

3. AERMEC, *I carichi termici estivi,* Aermec, Verona.

4. BRIGANTI A., CAVALLINI A., PELLO' P.M., *Manuale di climatizzazione, 2voll.,* Tecniche nuove, Milano 2001.

5. BURATTI C., Impianti di climatizzazione e condizionamento, Morlacchi Editore, Perugia 2007.

6. FERRARI S., BALDINAZZO M., *Valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici: dalle norme semplificate all'analisi dinamica*, Atti Convegno AICARR, "Certificazione energetica: normative e modelli di calcolo per il sistema edificio-impianto posti a confronto", Bologna 16/10-Torino 25/11/2008, Napoli 16/01/2009.

7. FUMAGALLI, MASOTTI, MELOGRANI, *Servizi educativi per la prima infanzia. Guida alla progettazione*, ED. Plus, Università di Pisa per la Regione Tosacna

8. GOTTFRID A. , TRANI M. L. *, Manuale di sicurezza nei cantieri edili,* Editore Hoepli, Milano 2007.

9. GOTTFRID A. , *Ergotecnica Edile. Sicurezza, rilievi e tracciamenti, sistemi di casseratura, macchinari e automazione del cantiere,* Editore Esculapio, 1995.

10. GOTTFRID A*., Ergotecnica Edile. Applicazione di metodi e strumenti,* Editore Esculapio, 1995.

11. GROSSO M. , *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Maggioli Editore, 2008.

12. LOMBARDO S., *Asili nido e scuole materne: Manuale di edilizia scolastica: orientamenti educativi, tipologie edilizie, organizzazione funzionale degli spazi, organizzazione degli spazi esterni, norme*, ED. Flaccovio, Palermo 1994.

13. MORALES PADRON, FRANCISCO*, Sevilla Insolita, Tapa blanda bolsillo,* Universidad de Sevilla, Servicio de publicaciones, 2005.

14. PEREZ GUERRA A., *Sevilla entre dos voces*, RD Editores, 2004.

15. PIAZZA M., TOMASI R., MODENA R., *Strutture in legno. Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee,* Editore Hoepli, Milano 2005.

16. ROSSETTI F.M., S. LOMBARDOZZI, M. FARRONI, Gli spazi per l'infanzia 0 6, Gangemi, Roma 2008

17. TONIOLO G., *Appunti di tecnica delle costruzioni. Elementi strutturali in acciaio*, Masson Editore, Milano 1996.

18. V.V.A.A., *Calles aladas: la saves de la cuidad de Sevilla y su entorno*, Tapa Blanda, Universidad de Sevilla, Servicio de publicaciones 2001.

PUBBLICAZIONI:

1. ARQUITECTURA VIVA, *Parque escolar,* n. 78, Maggio/Giugno 2001,

2. AUGENTI V., STEFANIZZI P., Considerazioni su soluzioni di involucro opaco in regime termo dinamico.

3. BISOGNI S., BONAIUTO A*., "Scuola materna di 6 aule",* a Napoli in Casabella n°564, Gennaio 1990.

4. *CUCCIA G.,"Progetto per una scuola materna a Lercara 1979"* in Casabella n°515, Luglio/Agosto; 1985.

5. DETAIL, numero monografico*, Kindgartern* n°3/2008.

6. D'INKA E SCHIBLE, *Asilo nido infantile* in Casabella, n°680, Luglio/Agosto 2000.

7. FERRARE S., Procedure di calcolo semplificate e valutazioni dinamiche.

8. HARTWIG N. SCHNEIDER, *Asilo d'infanzia*, in Casabella, n°671, Ottobre 1999.

9. HENRI E. CIRIANI, *"Centro per la prima infanzia a Trocy"* in Casabella n° 568, Maggio 1990.

10. LECCESE F., *Convegno: Tecnologie per il miglioramento a livello energetico della performance dell'involucro e sistemi a basso impatto ambientale*, Livorno 13 Giugno 2008.

11. PROCHAZKA E., *Asilo a Carminweg*, in Casabella n°665, Marzo 1999.

12. Prof. SANNA A., Ing. MEREDDU L., Ing. DESOGUS G., *Seminario: Efficienza energetica, nuove opportunità con la con la certificazione degli edifici*, Cagliari 10 Maggio 2008.

13. SIZA A., BRINKERT P., *"Asilo nido per 176 bambini",* in Schlesische Strasse a Berlino, in Casabella, n° 559, Luglio/Agosto 1989.

14. SIZA A. , *"Asilo nido Joao de Deus",* a Penafiel, in Casabella n°579, Maggio, 1991.

SITI INTERNET:

1. http: // www.agenciaandaluzadelaenergia.es
2. http:// www.ayuntaminetodesevilla.es
3. http:// www.celenit.it
4. http: // www.cisol.org
5. http: // www.dataholz.com
6. http: // www.efficienzaenergetica.acs.enea.it
7. http: // www.energeticambiente.it
8. http: // europa.eu/index_it.htm

9. http: // www.euroweather.net
10. http: // www.fachadasventiladas.com
11. http: // www.juntadeandalucia.es
12. http: // www.mygreenbuildings.org
13. http: // www.promolegno.com
14. http: // www.picasistemi.it
15. http: // www.rockwool.it
16. http: // www.rubner.com
17. http: // www,schottsolar.com
18. http: // www.sevilla.org
19. http: // www.sunearthtools.com
20. http: // www.velux.com

INDICE DELLE FIGURE

CAPITOLO 1

Figura 1.1.a Cartina topografica della Spagna 5
Figura 1.1.b Principali assi di comunicazione tra Andalucia e Spagna 6
Figura 1.1.c Città principali dell'Andalucia e grandezza della loro area metropolitana 8
Figura 1.1.d Rapporti tra le città andaluse e il resto di Spagna 9
Figura 1.1.e Territorio Andaluso: le diverse province 11
Figura 1.1.f Confronto dimensionale Italia-Andalusia 12
Figura 1.2.1-a Provincia di Siviglia 13
Figura 1.2.2.2.a Evoluzione del territorio metropolitano di Siviglia 15
Figura 1.2.2.2.b Evoluzione dell'idea metropolitana di Siviglia 16
Figura 1.2.2.2.c Evoluzione della popolazione nel primo raggio della città di Siviglia 17
Figura 1.2.2.2.d Evoluzione recente dell'area metropolitana di Siviglia 18
Figura 1.2.2.2.e Evoluzione recente delle occupazioni nell'area metropolitana Siviglia 19
Figura 1.2.3.a I quartieri della Città 22
Figura 1.2.3.b Pianta dell'expo '92 23
Figura 1.2.3.c Principali ponti di Sivglia 24
Figura 1.2.3.d Stazione di Santa Justa e Aereoporto di Siviglia 25
Figura 1.2.3.e Edifici costruiti per l'Expo ed oggi riconvertiti ad altri usi 26
Figura 1.2.3.f Padiglioni del Marocco e dell'Huruguay 27
Figura 1.2.3.g Edifici del'expo oggi con ruolo determinante per la città 28
Figura 1.2.3.h Padiglioni oggi destinati a: sede televisione locale, discoteca e parco scientifico 29
Figura 1.2.3.i Museo della navigazione e nuova sede universitaria 30

1

CAPITOLO 3

Figura 3.1.3.a Parco di Maria Luisa 62
Figura 3.1.3.b Parco dei principi 63
Figura 3.1.3.c Parco dell'Alamillo 64
Figura 3.1.3.d Giardin di Alcazar 65
Figura 3.1.3.e Giardini La Buharia 66
Figura 3.1.3.f Gardini di Murillo 68
Figura 3.1.3.g Gardini del Prado di San Sebastian 69
Figura 3.2.1.a Strade di collegamento al nucleo di Siviglia 72
Figura 3.2.1.b Strade principali del centro metropolitano della città 75
Figura 3.2.2.a Linee di autobús nel centro della città 76
Figura 3.2.3.a Linea del tram del centro 78

Figura 3.2.4.a Progetto della línea metropolitana 80
Figura 3.2.4.b Nuova stazione metropolitana nel centro della città 81
Figura 3.2.5.a Linea ferroviaria 82
Figura 3.2.6.a Percorso ciclabile lungo il Guadalquivir 83
Figura 3.2.6.b Parcheggi della Sevici 86
Figura 3.2.6.c Il BiciBus, stazione centrale 87
Figura 3.2.8.a Importanza del verde e dello studio della sua collocazione 89
Figura 3.2.8.b Tipologie di strade a Siviglia 91
Figura 3.2.8.c Zone pedonali nel centro città 92

CAPITOLO 4

Figura 4.1.a Stazione di Padre Pio- Palmete 101
Figura 4.1.b Impatto della stazione nel Barrio di Padre Pio 102
Figura 4.1.c Andamento ferroviario all'interno del quartiere 102
Figura 4.2.1.a Area di progetto e aree limitrofe 104
Figura 4.2.2.a Tipologie edilizie a Siviglia 105
Figura 4.3.1.a Modellino di studio delle criticità dell'area di progetto 106
Figura 4.3.1.b Sezione stradale della Ronda de Padre Pio 107
Figura 4.3.1.c Dislivello stradale tra i quartieri de La Doctora e Padre Pio 107
Figura 4.3.1.d Collegamenti da realizzare 108
Figura 4.3.2.a Linee direttrici dell'area di progetto 110
Figura 4.3.2.b Inserimento fotografico del planivolumetrico 111
Figura 4.4.2.1.Scuola pubblica elementare De Koperwiek a Venlo 113
Figura 4.4.2.2. Neue Welt di Adolf Krischanitz 114
Figura 4.4.2.3. Asilo di Bregenz 115
Figura 4.4.2.4. Asilo della Cappella di Copenaghen 116
Figura 4.4.2.5 Asilo a Creixell, Tarragona 117
Figura 4.4.3.a Idea iniziale di piante di piano terra e piano primo dell'asilo di progetto 118
Figura 4.5.a Asilo di Terragni a Como 120
Figura 4.5.b Modellino e vista esterna dell'asilo della parrocchia di Munster 121
Figura 4.5.c Viste interne ed esterne dell'asilo a Villar Perosa 122
Figura 4.5.d Viste interne ed esterne dell'asilo di Lustenau 123
Figura 4.6.a Schizzi iniziali di idee di progetto 124
Figura 4.6.b Vista dell'ingresso e del giardino interno 125
Figura 4.6.c Vista esterna delle aule e vista interna dal piano superiore 126
Figura 4.6.d Pianta piano terra 127
Figura 4.6.e Pianta piano primo 128
Figura 4.6.f Ombreggiamento del giardino interno nella mattina del 21 Giugno 129

Figura 4.6.g Ombreggiamento del giardino interno nel primo pomeriggio del 21 Giugno 129
Figura 4.6.h Ombreggiamento del giardino interno nel pomeriggio del 21 Giugno 129
Figura 4.6.i Vista esterna dell'edificio 130
Figura 4.6.l Risistemazione stradale e realizzazione di nuovi parcheggi 130
Figura 4.6.m Percorsi ciclabili (rossi) e pedonali (blu) 131
Figura 4.6.n Ingressi ai nuovi edifici 131

CAPITOLO 5

Figura 5.2.8.1.a Pianta piano primo 181
Figura 5.2.8.1.b Pilastro n°7 182
Figura 5.2.8.1.c Pilastro n°11 183
Figura 5.2.8.1.d Pilastro n°15 184
Figura 5.2.10.a Controventi verticali 198
Figura 5.2.10.1.a Pressione del vento 199
Figura 5.2.10.1.b Forze orizzontali del vento 199
Figura 5.2.10.2.a Forze orizzontali del sisma 206
Figura 5.2.11.6.1. Unione pilastro-trave 226
Figura 5.2.11.6.2. Unione trave principale e travi secondarie 230
Figura 5.2.11.6.3. Nodi Pilastro - fondazione 233
Figura 5.3.2.a Fondazioni e muri in c.a. 236
Figura 5.3.2.b Chiusura solaio contro terra 236
Figura 5.3.2.c Pilastri in legno fissati ad incastro alla base 237
Figura 5.3.2.d Travi principali del solaio interpiano 237
Figura 5.3.2.e Travi secondarie del solaio interpiano 237
Figura 5.3.2.f Controventamento e chiusura del solaio interpiano 238
Figura 5.3.2.g Travi principali della copertura 238
Figura 5.3.2.h Travi a sbalzo di copertura e puntoni dei pilastri 239
Figura 5.3.2.i Travi secondarie di copertura 239
Figura 5.3.2.j Chiusura della copertura 239
Figura 5.3.2.k Innalzamento pannelli portanti verticali 240
Figura 5.3.2.l Posizionamento travi 240
Figura 5.3.2.m Posizionamento pannelli portanti orizzontali 240
Figura 5.3.2.n Innalzamento dei pannelli dei lucernai 241
Figura 5.3.2.o Chiusura dei lucernari 241
Figura 5.3.2.p Collocazione travetti per fotovoltaico 241

CAPITOLO 6

Figura 6.1.5.1.a Chiusura CV1 276
Figura 6.1.5.1.b Diagramma di Glaser CV1 279
Figura 6.1.5.2.a Chiusura CV2 280
Figura 6.1.5.2.b Diagramma di Glaser CV2 284
Figura 6.1.5.3.a Chiusura CV3 286
Figura 6.1.5.3.b Diagramma di Glaser CV3 289
Figura 6.1.5.4.a Chiusura CO1 292
Figura 6.1.5.4.b Diagramma di Glaser CO1 295
Figura 6.1.5.5.a Stratigrafia chiusura CO2 296
Figura 6.1.5.5.b Diagramma di Glaser CO2 299
Figura 6.1.5.6.a Chiusura CO3 300
Figura 6.1.5.6.b Diagramma di Glaser CO3 303
Figura 6.1.5.7.a Chiusura CO4 304
Figura 6.1.5.8.a Chiusura CI1 308
Figura 6.1.5.8.b Diagramma di Glaser CI1 311

CAPITOLO 7

Figura 7.1.a Rappresentazione delle componenti della luce 313
Figura 7.1.b Distribuzione di luminanza per cielo sereno e overcast 314
Figura 7.1.1.a Fattore medio di luce diurna sue componenti.. 315
Figura 7.1.1.b Coordinate solari e posizionamento di un punto generico della volta celeste 315
Figura 7.1.1.c Andamento del FLD in ambienti con aperture verticali ed orizzontali. 316
Figura 7.1.1.d Andamento del FLD in ambienti con aperture verticali ed orizzontali. 316
Figura 7.1.3.a Maschere d'ombra per le finestre inferiori e superiori della mensa rivolte al giardino. 321
Figura 7.1.3.b Maschere d'ombra per le finestre inferiori e superiori della mensa rivolte all'esterno. 321
Figura 7.1.3.c Immagini del vetro ASI THRU. 323
Figura 7.1.3.d Comportamento termico del vetro ASI THRU . 324
Figura 7.1.3.e Illuminamento il 21 Giugno ore 12.00 327
Figura 7.1.3.f FLD dell'ambiente Atrio - Mensa 327
Figura 7.1.3.g Immagine a colori sfalsati della mensa con vetrocamera normale. 328
Figura 7.1.3.h Illuminamento della mensa con vetrocamera normale. 328
Figura 7.1.3.i Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU. 329
Figura 7.1.3.l FLD della mensa con vetro ASI THRU. 329
Figura 7.1.3.m Immagine a colori sfalsati della mensa con vetro ASI THRU. 330

Figura 7.1.3.n Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU. 330
Figura 7.1.3.o Illuminamento della mensa con normale vetrocamera il 21 Giugno alle 12.00 332
Figura 7.1.3.p Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU il 21 Giugno alle 12.00 332
Figura 7.1.3.q Illuminamento della mensa con vetro ASI THRU il 21 Dicembre alle 12.00 332
Figura 7.1.4.a Maschere d'ombra per le finestre delle aule e del corridoio rivolto al giardino. 333
Figura 7.1.4.b Confronto della maschere d'ombra per le finestre dell'aula con o senza frangisole. 334
Figura 7.1.4.c Andamenti delle componenti luminose senza frangisole 334
Figura 7.1.4.d Andamenti delle componenti luminose senza frangisole 335
Figura 7.1.4.e Illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai. 338
Figura 7.1.4.f FLD dell'aula priva di frangisole e lucernai. 338
Figura 7.1.4.g. Immagine a colori sfalsati dell'aula priva di frangisole e lucernai. 339
Figura 7.1.4.h Illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai. 339
Figura 7.1.4.i Illuminamento dell'aula con di frangisole e lucernai. 340
Figura 7.1.4.l Illuminamento FLD dell'aula con frangisole e lucernai. 340
Figura 7.1.4.m Immagine a colori sfalsati dell'aula con frangisole e lucernai. 341
Figura 7.1.4.n Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai. 341
Figura 7.1.4.o illuminamento dell'aula priva di frangisole e lucernai al 21 Giugno ore 12.00. 343
Figura 7.1.4.p Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai al 21 Giugno ore 12.00. 343
Figura 7.1.4.q Illuminamento dell'aula con frangisole e lucernai al 21 Dicembre ore 12.00. 343
Figura 7.1.5.a Maschere d'ombra per le finestre dell'ingresso rivolte all'esterno e al giardino. 344
Figura 7.1.5.b Illuminamento dell'ingresso il 21 Giugno alle ore 12.00 345
Figura 7.1.5.c FLD dell'ingresso. 345
Figura 7.1.5.d Immagine a colori sfalsati dell'ingresso. 346
Figura 7.1.5.e Illuminamento dell'ingresso. 346
Figura 7.1.5.f. Illuminamento dell'ingresso il 21 Giugno alle ore 12.00 347
Figura 7.1.5.g Illuminamento dell'ingresso il 21 Dicembre alle ore 12.00 347

CAPITOLO 8

Figura 8.1.a Andamento del carico termico in funzione del tempo 351
Figura 8.1.1.1.a Ripartizione delle componenti di irradiazione. 354
Figura 8.4.1.a Diagramma psicometrico 413
Figura 8.4.1.b Diagramma di Mollier 414
Figura 8.4.2.a Aria nuova necessaria 415
Figura 8.4.3.1.a Unità di Trattamento dell'aria 418
Figura 8.4.3.3.a Il recuperatore di calore 420
Figura 8.4.4.1.a Diagramma psicometrico: temperature interne ed esterne 428
Figura 8.4.4.1.b Diagramma psicometrico: temperature modificate 430
Figura 8.5.1.a Radiazione solare nella penisola iberica ed in Andalusia 440
Figura 8.5.1.b Utilizzo di energia solare 441
Figura 8.5.2.a Impianto ACS 442
Figura 8.5.2.b Consumo dei diversi impianti per la produzione di acqua calda 443
Figura 8.5.4.a Boiler dell'impianto ACS 449
Figura 8.6.1.a Schema impiantistico 452
Figura 8.7.2.a Certificazione energetica per l'edificio ottimizzato, risultati dal programma Calener 465
Figura 8.7.2.b Certificazione energetica per l'edificio con vetri doppi 467
Figura 8.7.2.c Certificazione energetica per l'edificio con chiusure con chiusure meno isolate 469

CAPITOLO 9

Figura 9.2.1.1.a Vie di comunicazione per giungere in cantiere 474
Figura 9.2.1.1.b Area di cantiere e zone limitrofe 475
Figura 9.2.2.3.a Vista dell'area di cantiere 481
Figura 9.2.2.4.a Postazioni di lavoro 484
Figura 9.2.2.12.a Cartellonistica di ingresso cantiere 491
Figura 9.2.2.12.b Cartellonistica di ponteggio 492
Figura 9.2.2.12.c Cartellonistica per postazione mobile 492

INDICE DELLE TABELLE

CAPITOLO 1

Tabella 1.1-a Dimensioni delle provincie dell'Andalusia 11
Tabella 1.2.3-a Destinazione d'uso e popolazione dei quartieri della città 22

CAPITOLO 2

Tabella 2.1.1.1-a Numero abitanti per municipio 33
Tabella 2.1.1.2-b Evoluzione demografica di Siviglia 34
Tabella2.1.1.4-a Immigrazione a Siviglia 36
Tabella 2.1.2.1-a Abitanti nei diversi quartieri della città 38
Tabella 2.1.2.1-b Numero abitanti per metro quadrato in Spagna e Italia 39
Tabella 2.1.2.2-a Età della popolazione, tasso di natività e mortalità 40
Tabella 2.1.2.3-a Sesso ed età della popolazione 41
Tabella 2.1.2.3-b Variazione della popolazione per sesso ed età 42
Tabella 2.1.2.4-a Percentuale di emigrati 43
Tabella 2.1.1-a Stazioni meteo a Siviglia 44
Tabella 2.1.1-b Dati climatici delle diverse stazioni meteo 45
Tabella 2.1.1-b Temperature massime e minime mensili degli ultimi 50 anni 47
Tabella 2.2.2-a Giorni di pioggia 47
Tabella 2.2.3-a Vento ed umidità mensili 50
Tabella 2.2.4-a Irraggiamento solare 51
Tabella 2.2.5-a Qualità dell'aria 54

CAPITOLO 3

Tabella 3.1.2-a Spazi verdi e spazi pedonali 61
Numero d posteggi e bici disponibili in ogni quartiere 87
Tabella 3.3.1-a Confronto tra i differenti consumi di energia 94
Tabella 3.3.1-b Tipologia di consumi 96
Tabella 3.3.1-c Confonti dei diversi consumi 96
Tabella 3.3.1-d Consumi per attività 97

CAPITOLO 5

Tabella 5.2.1-a Proprietà del legno lamellare 136
Tabella 5.2.1-b Classe di resistenza del legno lamellare 136
Tabella 5.2.2-a Classe di durata di carico 137
Tabella 5.2.2-b Classe di servizio 138
Tabella 5.2.2-c Coefficienti per classe di esercizio e durata di carico 140

Tabella 5.2.2-d Valori caratteristici e di progetto per la classe GL24h 140
Tabella 5.2.2-e Valori caratteristiche e di progetto per la classe GL28h 141
Tabella 5.2.4-a Valori caratteristici dei sovraccarichi d'uso 149
Coefficenti riduttivi dei sovraccarichi 149
Tabella 5.2.5-aCartina del vento della Spagna 151
Tabella 5.2.5-b Coefficienti in riferimento all'intorno 152
Tabella 5.2.5-c Coefficienti eolici 152
Tabella 5.2.6-a Sovraccarico dovuto a neve 154

CAPITOLO 6

Tabella 6.1.2-a Confronto tra le differenti tipologie di pareti analizzate 259
Tabella 6.1.2-b Temperature nell'interfaccia interna delle pareti analizzate 261
Tabella 6.1.2-c Comportamento della parete 6 in regime stazionario e dinamico 263
Tabella 6.1.5.1-a Caratteristiche tecniche CV1 276
Tabella 6.1.5.1-b Regime stazionario CV1 277
Tabella 6.1.5.1-c Regime dinamico CV1 277
Tabella 6.1.5.1-dComportamento della chiusura CV1 278
Tabella 6.1.5.1-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV1 279
Tabella 6.1.5.2-a Caratteristiche tecniche CV2 280
Tabella 6.1.5.2-b Regime stazionario CV2 281
Tabella 6.1.5.2-c Regime dinamico CV2 281
Tabella 6.1.5.2-d Comportamento della chiusura CV2 con orientamento Nord-Ovest 282
Tabella 6.1.5.2-e Comportamento della chiusura CV2 con orientamento Sud-Est 283
Tabella 6.1.5.2-f Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV2 284
Tabella 6.1.5.2-g Confronto temperature superficiali esterne 285
Tabella 6.1.5.3-a Caratteristiche tecniche CV3 286
Tabella 6.1.5.3-b Regime stazionario CV3 287
Tabella 6.1.5.3-c Regime dinamico CV3 287
Tabella 6.1.5.3-d Comportamento della chiusura CV3 288
Tabella 6.1.5.3-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CV3 289
Tabella 6.1.5.3-f Confronto delle temperature tra parete 7 e CV3 290
Tabella 6.1.5.4-a Comportamento della chiusura CO1 con 10 o 20 cm di isolante 291
Tabella 6.1.5.a-b Caratteristiche della chiusura CO1 293
Tabella 6.1.5.4-c Regime stazionario CO1 293
Tabella 6.1.5.4-d Regime dinamico CO1 293
Tabella 6.1.5.4-e Comportamento della chiusura CO1 294
Tabella 6.1.5.4-f Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO1 295
Tabella 6.1.5.5-a Caratteristiche della chiusura CO2 296

Tabella 6.1.5.5-b Regime stazionario CO2 296
Tabella 6.1.5.5-b Regime dinamico CO2 297
Tabella 6.1.5.5-d Comportamento della chiusura CO2 297
Tabella6.1.5.5-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO2 299
Tabella 6.1.5.6-a Caratteristiche della chiusura CO3 300
Tabella 6.1.5.6-b Regime stazionario CO3 301
Tabella 6.1.5.6-c Regime dinamico CO3 301
Tabella 6.1.5.6-d Comportamento della chiusura CO3 302
Tabella 6.1.5.6-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CO3 303
Tabella 6.1.5.7-a Caratteristiche della chiusura CO3 304
Tabella 6.1.5.7-b Regime stazionario CO4 305
Tabella 6.1.5.7-c Regime dinamico CO4 305
Tabella 6.1.5.7-d Comportamento della chiusura CO4 306
Tabella 6.1.5.7-e Verifica della condensa interstiziale CO4 307
Tabella 6.1.5.8-a Caratteristiche tecniche CI1 308
Tabella 6.1.5.8-b Regime stazionario CI1 309
Tabella 6.1.5.8-c Regime dinamico CI1 309
Tabella 6.1.5.8-d Caratteristiche della chiusura CI1 310
Tabella 6.1.5.8-e Verifica della condensa interstiziale negli strati della chiusura CI1 311

CAPITOLO 7

Tabella 7.1-a Efficienza luminosa delle componenti della luce. 314
Tabella 7.1.3-a Valori orari di temperatura esterna. 322
Tabella 7.1.3-b Coefficienti di ombreggiamento 323
Tabella 7.1.3-c Trasmittanza termica stazionaria. 324
Tabella 7.1.3-d Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con vetrocamera semplice. 325
Tabella 7.1.3-e Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con vetro ASI THRU. 325
Tabella 7.1.4-a Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare senza frangisole. 335
Tabella 7.1.4-b Riassunto dei dati relativi alla radiazione solare con frangisole. 336

CAPITOLO 8

Tabella 8.1.1-a Coefficienti correttivi FCR1 in relazione al tipo di vetro. 356
Tabella 8.1.1.1-a Irraggiamento orario senza accumulo relativo all'atrio. 359
Tabella 8.1.1.1-b Irraggiamento orario senza accumulo relativo alle aule. 360
Tabella 8.1.1.1-c Irraggiamento orario senza accumulo relativo all'ingresso. 361
Tabella 8.1.1.2-a Fattore d'accumulo FCR2 in assenza di schermature. 362
Tabella 8.1.1.2-b Irraggiamento orario con accumulo relativo all'atrio. 363

Tabella 8.1.1.2-c Irraggiamento orario con accumulo relativo alle aule. 363
Tabella 8.1.1.2-d Irraggiamento orario con accumulo relativo all'ingresso. 364
Tabella 8.1.1.3-aFattore d'accumulo FCR2 in presenza di schermature. 365
Tabella 8.1.1.3-b Irraggiamento orario con accumulo e schermature relativo all'atrio. 366
Tabella 8.1.1.3-c Irraggiamento orario con accumulo e schermature relativo alle aule. 367
Tabella 8.1.1.3-d Irraggiamento orario con accumulo e vetri basso emissivi relativo all'ingresso. 368
Tabella 8.1.1.4-a Tabella riassuntiva con i massimi carichi. 368
Tabella 8.1.2.1-a Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi all'atrio. 371
Tabella 8.1.2.1-b Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi all'atro. 372
Tabella 8.1.2.1-c Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi alle aule. 373
Tabella 8.1.2.1-d Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi alle aule. 374
Tabella 8.1.2.1-e Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U relativi all'ingresso. 375
Tabella 8.1.2.1-f Carichi per trasmissione attraverso i vetri considerando U' relativi all'ingresso. 375
Tabella 8.1.2.1-g Confronto dei carichi per trasmissione con vetrocamera normale e basso emissivo 376
Tabella 8.1.2.3-a Differenze di temperature a latitudine 40°Nord con Te=34°C e Ti=26°C 377
Tabella 8.1.2.3-b Radiazione solare massima a Luglio a lat. 40°Nord 378
Tabella 8.1.2.3-c Differenza di temperatura nel nostro edificio 378
Tabella 8.1.2.3-d Correzioni delle differenze di Tequivalente >11°C 378
Tabella 8.1.2.3-e Correzioni delle differenze di Tequivalnte>11°C relative a coperture 379
Tabella 8.1.2.3-f Carichi dell'atrio per trasmissione attraverso superfici opache. 380
Tabella 8.1.2.3-g Carichi delle aule per trasmissione attraverso superfici opache. 381
Tabella 8.1.2.3-h Carichi dell'ingresso per trasmissione attraverso superfici opache. 382
Tabella 8.1.2.3-i Carichi dell'atrio per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche. 383
Tabella .1.2.3-l Carichi delle aule per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche. 384
Tabella 8.1.2.3-m Carichi dell'ingresso per trasmissione attraverso pareti in condizioni dinamiche. 385
Tabella 8.1.2.3-n Confronto dei carichi per trasmissione in regime stazionario e periodico. 385

Tabella 8.4.4.1-a Fabbisogni invernali ed estivi dei singoli locali 425
Tabella 8.4.4.1-b Portata d'aria necessaria per ogni locale 427
Tabella 8.4.4.1-c Valori di umidità nelle due stagioni 429
Tabella 8.4.4.2-a Temperatura di miscela e fabbisogno nelle diverse stagioni 432
Tabella 8.4.4.3-a Potenza della batteria di riscaldamento 433
Tabella 8.4.4.4-a Fabbisogno invernale 434
Tabella 8.4.4.4-b Fabbisogno estivo 435
Tabella 8.4.4.4-c Scheda tecnica delle pompe prescelte per i due impianti 436
Tabella 8.4.4.4-d Scheda tecnica della pompa prescelta per un unnico impianto 437
Tabella 8.4.4.4-e Consumi della pompa prescelta 438
Tabella 8.5.3-a Irraggiamento sul piano orizzontale 445
Tabella 8.5.3-b Fabbisogno mensile di ACS 445
Tabella 8.5.3-c Potenza prodotta 447
Tabella 8.6.1-a Produzione di energia con fotovoltaico 450
Tabella 8.6.3-a Caratteristiche dei vetri con pellicola fotovoltaica 455
Tabella 8.6.3-b Produzione di energia per le singole facciate vetrate con pellicola fotovoltaica 457
Tabella 8.6.3-c Energia totale prodotta dai vetri fotovoltaici 458
Tabella 8.6.3-d Energia necessaria per illuminazione interna 459
Tabella 8.6.3-e Energia necessaria per elettrodomestici 460
Tabella 8.6.3-f Energia necessaria per il funzionamento della pompa di calore 460
Tabella 8.6.3-g Fabbisogno totale di energia elettrica 461
Tabella 8.6.3-h Energia prodotta dalla copertura fotovoltaica 461
Tabella 8.6.3-i Percentuale coperta del fabbisogno elettrico dell'edificio 462

CAPITOLO 9

Tabella 9.2.3.2-a Stima delle durate 496
Tabella 9.2.3.2-b Durata normale 497
Tabella 9.2.3.2-c Stima della durata dei lavori con la durata normale 497
Tabella 9.2.3.2-d Durata mediana, scarto e varianza 498
Tabella 9.2.3.2-e Stima della durata dei lavori con la durata mediana 499

INDICE DEI GRAFICI

CAPITOLO 2

Grafico 2.1.1.2-a Andamento della popolazione 35
Grafico 2.1.1.2-b Confronto tra popolazione spagnola ed andalusa 35
Grafico 2.1.1.4-a Immigrati divisi tra uomini e donne e per i diversi paesi di provenienza 37
Grafico 2.1.2.1-b Abitanti nel 2004 e 2007 nelle diverse zone del centro città 38
Grafico 2.1.2.1-c Rapporto tra abitanti e superficie di alcune città italiane e spagnole 39
Grafico 2.1.2.2-a Tasso di natalità e mortalità 41
Grafico 2.1.2.4-a Popolazione immigrata ed emigrata di Siviglia 43
Grafico 2.2.1-a Temperatura massima e media massima mensile 46
Grafico 2.2.1-b Temperatura minima e media minima mensile 46
Grafico 2.2.2-aConfronto dei dati delle diverse stazioni meteo 48
Grafico2.2.2-b Giorni di tormenta 49
Grafico 2.2.2-c Giorni di pioggia 49
Grafico 2.2.4-a Media e mediane dei giorni di pioggia 52

CAPITOLO 3

Grafico 3.2.6-a Utilizzo delle biciclette nel centro città 85
Grafico 3.2.6-b Persone che utilizzano la bicicletta 85
Grafico 3.3.1-a Consumo di energia 94
Grafico 3.3.1-b Differenziazione dei consumi di energia primaria 95
Grafico 3.3.1-c Confronto dei consumi di energia finale 96
Grafico 3.3.1-d Consumo per attività 97
Grafico 3.3.1-e Consumi nel 2008 97
Grafico 3.3.1-f Confronto dei consumi tra Spagna ed Andalusia 99

CAPITOLO 6

Grafico 6.1.2-a Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 1 253
Grafico 6.1.2-b Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 2 254
Grafico 6.1.2-c Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 3 255
Grafico 6.1.2-d Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 4 256
Grafico 6.1.2-e Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 5 257
Grafico 6.1.2-f Andamento temperatura pressione nella tipologia di parete 6 258
Grafico 6.1.2-f Confronto tra le differenti tipologie di pareti analizzate 260
Grafico 6.1.2-h Andamento delle temperature nelle pareti analizzate 260

Grafico 6.1.2-i Andamento della temperatura e della pressione in estate ed inverno della parete 6 264
Grafico 6.1.2-l Confronto delle temperature nelle pareti 1,6,7 265
Grafico 6.1.5.1-a Andamento delle temperature in CV1 278
Grafico 6.1.5.2-a Andamento della temperatura nella chiusura CV2 con orientamento Nord-Ovest 282
Grafico 6.1.5.2-b Andamento della temperatura nella chiusura CV2 con orientamento Sud-Est 283
Grafico 6.1.5.2-c Confronto delle temperature superficiali 285
Grafico 6.1.5.3-a Andamento della temperatura nella chiusura CV3 288
Grafico 6.1.5.3-b Confronto tra le temperature superficiali interne. 290
Grafico 6.1.5.4-a Confronto tra le temperature superficiali delle due coperture 292
Grafico 6.1.5.4-b Andamento della temperatura nella chiusura CO1 294
Grafico 6.1.5.5-a Andamento della temperatura nella chiusura CO2 298
Grafico 6.1.5.6-a Andamento della chiusura nella chiusura CO3 302
Grafico 6.1.5.7-a Andamento della temperatura nella chiusura CO4 306
Grafico 6.1.5.8-a Andamento della temperatura nella chiusura CI1 310

CAPITOLO 7

Grafico 7.1.3.a Confronto della radiazione incidente. 326
Grafico 7.1.3.b Confronto della radiazione assorbita. 326
Grafico 7.1.3.c Confronto della radiazione trasmessa 326
Grafico 7.1.4.a Confronto della radiazione incidente. 336
Grafico 7.1.4.b Confronto della radiazione assorbita. 337
Grafico 7.1.4.c Confronto della radiazione trasmessa. 337

CAPITOLO 8

Grafico 8.1.1-a Confronto dei carichi massimi in W. 368
Grafico 8.1.1-b Confronto dei carichi massimi in W/m² 369
Grafico 8.1.2.2-a Confronto dei carichi per trasmissione attraverso i vetri espressi in W 376
Grafico 8.1.2.2-b Confronto dei carichi per trasmissione attraverso i vetri espressi in W/m² 376
Grafico 8.1.2.2-c Confronto dei carichi per trasmissione in regime stazionario e periodico. 385
Grafico 8.1.4-aConfronto tra i differenti carichi presenti nell'atrio-mensa 392
Grafico 8.1.4-b Partizione dei carichi Q1 392
Grafico 8.1.4-c. Partizione dei carichi Q2 392
Grafico 8.1.4-d Confronto tra i differenti carichi presenti nelle aule 393

Grafico 8.1.4-e Partizione dei carichi Q1 394
Grafico 8.1.4-f Partizione dei carichi Q2 394
Grafico 8.1.4-g Confronto tra i differenti carichi presenti nell'ingresso 395
Grafico 8.1.4-h Partizione dei carichi Q1 395
Grafico 8.1.4-i Partizione dei carichi Q2 395
Grafico 8.2 Dispersioni nei diversi ambienti 399
Grafico 8.5.3-a Percentuale coperta del fabbisogno dell'edificio per ACS 448
Grafico 8.5.3-b Grafico potenza/portata delle pompe 449
Grafico 8.6.1-a Incremento di energia prodotta tramite fotovoltaico 451
Grafico 8.7.2-a Fabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio ottimizzato 466
Grafico 8.7.2-b Fabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio con vetri doppi 468
Grafico 8.7.2-cFabbisogno, Consumo e emissione di CO2 per l'edificio con chiusure meno isolate 470

INDICE DELLE TAVOLE

1. Planivolumetrico generale Tav. 1
2. Prospetti e sezioni generali Tav. 2
3. Planivolumetrico Tav. 3
4. Pianta piano terra Tav. 4
5. Pianta piano primo Tav. 5
6. Prospetti Tav. 6
7. Sezioni Tav. 7
8. Antincendio Tav. 8
9. Vista del cortile interno Tav. 9
10. Vista dall'esterno Tav. 10
11. Vista dall'atrio Tav. 11
12. Pianta delle fondazioni Tav. 12
13. Pianta strutturale, livello 17,40m Tav. 13
14. Pianta strutturale, livello 22,30m Tav. 14
15. Pianta strutturale di copertura Tav. 15
16. Scheme design: stagioni intermedie Tav. 16
17. Scheme design: estate Tav. 17
18. Layout di cantiere Tav. 18
19. Sezione al 50 Tav. 19
20. Nodo 1 Tav. 20
21. Nodo 2 Tav. 21
22. Nodo 3 Tav. 22
23. Nodo 4 Tav. 23
24. Distribuzione temporale delle lavorazioni Tav. 24
25. Pert Tav. 25

RINGRAZIAMENTI

Un grazie sincero alla mia famiglia che mi ha permesso di raggiungere questa meta con il loro sostegno economico e soprattutto morale, grazie a mio fratello che ha sopportato le nottate con il PC accesso vicino al suo letto, a mia mamma e a mio papà, che mi hanno sostenuto e incoraggiata fino all'ultimo.

Grazie a Stefano che mi ha dato forza, ha creduto in me sin dall'inizio, che mi è stato vicino anche quando ero lontana, che per me e per il mio studio ha rinunciato a molto. Grazie perché in questo lungo cammino non mi ha mai abbandonata, grazie perché in ogni momento di sconforto lui c'era, perché ha saputo farmi ridere e mi ha reso serena anche nei momenti difficili; mi ha sopportata e consolata tenendomi sempre per mano.

Un ringraziamento alle amiche sincere, a Veronica e ad Anna, che mi sono state vicine, mi hanno dato il loro aiuto, che tra i loro mille impegni hanno sempre trovato tempo da condividere insieme, di studio e di svago.

Grazie ai compagni universitari, quelli incrociati e quelli con cui ho affrontato molti lavori; grazie a Narghes, Francesca, Isabella, Claudia, Maurizio, Umberto e Giorgio che mi hanno insegnato la costanza e l'impegno e soprattutto mi hanno insegnato a non arrendermi mai.

Un grazie di cuore a Marta e Cristina, con le quali oltre ad un percorso universitario abbiamo affrontato una crescita personale, abbiamo imparato a capirci ed a lavorare insieme, compagne ed amiche con le quali l'andare in università è stato piacevole e divertente.

Grazie alla Izzi che ha condiviso con me un'esperienza unica, perché conosciute per caso abbiamo affrontato un anno che non dimenticheremo, un anno del quale, un ricordo concreto è un'amicizia che dura, un rapporto sincero.

Il più grande e sentito ringraziamento va alla mia nonna. Grazie nonna! Grazie per condividere con me quest'immensa gioia, grazie perché con la tua forza ci sei; grazie per le preghiere, per i caffè, per i pranzetti. Nonna grazie perché sei un esempio di vita, perché hai superato tutto ed ora sei qui, come sempre vicino a tutta la famiglia, perché ti posso vedere orgogliosa di me, così come lo sarà il nonno, contento e felice di condividere con noi questo momento dall'alto.