

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

1 Generalità

1.1 Descrizione

Le strutture oggetto della presente relazione sono relative al restauro e completamento dell'edificio di via Principe Amedeo n. 54 per l'insediamento di un nuovo nido d'infanzia.

L'intervento, sul piano prettamente strutturale, consta di una sopraelevazione delle strutture esistenti per la realizzazione di ulteriori due piani oltre la struttura di copertura.

Fondamentalmente abbiamo un unico complesso strutturale avente porzioni a differenti caratteristiche geometriche e meccaniche.

I primi due livelli (quello interrato e quello terreno) sono costituiti dalla struttura esistente, realizzata fondamentalmente in muratura di mattoni e, in alcune zone, anche da muratura e pietrame.

Geometricamente questi livelli sono composti da colonne e pareti portanti in direzione verticale, e da solai realizzati mediante volte a crociera.

Lo stato di conservazione delle muratura non presenta particolari segni di affaticamento strutturale o di danneggiamento. Non sono presenti fessure di direzione e entità tali da far presagire a problematiche di dissesto.

Tuttavia, l'intervento da eseguire, comporterà un incremento di carico di entità non trascurabile in testa alle colonne e comunque tale da rendere necessario un intervento di consolidamento delle strutture esistenti consistente sostanzialmente nella cerchiatura delle colonne e nella costruzione di tiranti al fine di assorbire l'incremento di spinta sugli archi.

I livelli di nuova realizzazione sono costituiti da una orditura strutturale a telaio con elementi di legno lamellare incollato. Sia le colonne che le travature saranno costituiti da sezioni rettangolari in legno dimensionate secondo i carichi derivanti dall'analisi statica equivalente (zona 4 categoria secondo nuova classificazione sismica). E' stato tenuto presente che la struttura deve presentare adeguato grado di resistenza al fuoco, è ciò ha comportato un conseguente aumento delle sezioni resistenti.

Gli impalcati sono realizzati mediante orditura di travetti in legno lamellare disposti a croce con sovrapposta lamiera grecata d'acciaio strutturale e getto di completamento in calcestruzzo.

La struttura presenta controventatura orizzontale e verticale realizzata mediante tondini di acciaio opportunamente ancorati ai nodi.

L'interfaccia tra la struttura nuova e la struttura esistente è realizzata mediante una orditura di profili d'acciaio a contenimento e ripartizione delle spinte orizzontali e da una serie di "plinti" che hanno il compito di riportare uniformemente il carico alle colonne in muratura dei piani inferiori.

Il vano scala e il vano ascensore, di nuova realizzazione, in un volume all'esterno del fabbricato in questione, sono realizzati interamente in cemento armato mediante struttura a guscio di cm 20 di spessore.

Il basamento sarà costituito da platea in conglomerato cementizio armato di spessore 40 cm.

2 Riferimenti normativi

La verifica è stata redatta in conformità alle seguenti normative e leggi vigenti:

- Legge 5 Novembre 1971, n. 1086

NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO
NORMALE E PRECOMPRESSO E A STRUTTURA METALLICA

- D.M. 9 Gennaio 1996.

NORME TECNICHE PER IL CALCOLO, L'ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE
STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO, NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE
STRUTTURE METALLICHE

- D.M. 16 Gennaio 1996.

NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA
DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI

- Circolare 4 Luglio 1996, n°156 AA.GG./STC.

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI
GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E
SOVRACCARICHI DI CUI AL D.M. 16/01/98

- Circolare 14 Ottobre 1996, n°252 AA.GG./STC.

ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME TECNICHE PER IL CALCOLO,
L'ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO, NORMALE E
PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE DI CUI AL D.M. 09/01/98

- CNR - UNI 10012/85

ISTRUZIONE PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

- Ordinanza P.D.C.M. 3274 del 20 marzo 2004

PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA
DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN
ZONA SISMICA

- Decreto 20 novembre 1987

NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E COLLAUDO DEGLI EDIFICI
IN MURATURA E PER IL LORO CONSOLIDAMENTO

3 I materiali

3.1 Strutture in cemento armato

- Calcestruzzo classe C20/25, $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$; $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$; $f_{cd} = 12.5 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{amm} = 85 \text{ daN/cm}^2$ in compressione, $\tau_{amm} = 6.8 \text{ kg/cm}^2$

- Acciaio Fe B 44k; $\sigma_{amm} = 2600 \text{ daN/cm}^2$; $f_{yd} = 3700 \text{ daN/cm}^2$;

3.2 Strutture in acciaio

- Profilati a caldo, Acciaio Fe360 caratterizzato da una tensione (carico unitario) di snervamento $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$, una tensione ammissibile $\sigma_{amm} = 1600 \text{ daN/cm}^2$ e una tensione (carico unitario) di rottura $f_t = 300 \text{ N/mm}^2$;

- Nella seguente relazione si conduce un'analisi di stato limite ultimo convenzionale (senza sfruttare a pieno né le caratteristiche di resistenza della sezione né quelle della struttura), utilizzando un'analisi lineare. Si considera quindi cautelativo e giustificato un coefficiente di riduzione della resistenza per l'acciaio $\gamma_m = 1.15$. Di conseguenza si ottiene: $f_{yd} = 200 \text{ N/mm}^2 = 2000 \text{ daN/cm}^2$ per l'acciaio Fe360

- Bulloneria divisa in varie classi (come da progetto esecutivo)

3.3 Strutture in legno

Si è scelto legno lamellare di prima categoria incollato omogeneo avente i seguenti valori caratteristici di resistenza e di rigidezza in N/mm^2 :

(CLASSIFICAZIONE SECONDO UNI EN 1194 – Legno tipo GL24h)

Resistenza a flessione: $f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione parallela: $f_{t,0,g,k} = 16.5 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione perpendicolare: $f_{t,90,g,k} = 0.4 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione parallela: $f_{c,0,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione perpendicolare: $f_{c,90,g,k} = 2.7 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a taglio: $f_{v,g,k} = 2.7 \text{ N/mm}^2$

Moduli elastici:

A flessione parallela alle fibre: $E_{0,g,mean} = 11600 \text{ N/mm}^2$;

Parallelo alle fibre: $E_{0,g,05} = 9400 \text{ N/mm}^2$;

A flessione perpendicolare alle fibre: $E_{90,g,mean} = 300 \text{ N/mm}^2$;

Al taglio $G_{g,mean} = 720 \text{ N/mm}^2$.

3.4 Muratura esistente

Da una indagine in sito si è constatata la solidità della muratura esistente attraverso un esame a vista e di alcuni saggi sulla muratura e confrontando con strutture simili site nella stessa zona e di uguale tipologia ed epoca costruttiva.

E' stato possibile, in maniera cautelativa, impostare i seguenti parametri meccanici per il calcolo:

- Resistenza caratteristica a compressione: $f_k = 2 \text{ N/mm}^2 = 20 \text{ daN/cm}^2$;
- Modulo di elasticità longitudinale: $E = 1000 \cdot f_k = 2000 \text{ N/mm}^2 = 20000 \text{ daN/cm}^2$;
- Modulo di elasticità tangenziale: $G = 0.4 E = 800 \text{ N/mm}^2 = 8000 \text{ daN/cm}^2$;
- Resistenza al taglio: $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4\sigma_n$ con $f_{vk0} = 0$.

Valori di calcolo:

- Resistenza di calcolo a compressione: $f_d = f_k/\gamma_m = 6,67 \text{ daN/cm}^2$;
- Resistenza di calcolo a taglio: $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m$;
- Nella seguente relazione si conduce un'analisi di stato limite. Ai sensi del D.M. 20/11/87 si è assunto un coefficiente di sicurezza per la muratura $\gamma_m = 3$.

3.5 Malte reoplastiche

- Le malte utilizzate saranno di tipo reoplastico tixotropico, a ritiro compensato (espansiva).

Si sceglierà un prodotto che garantisca una resistenza a compressione, a 7 giorni dall'applicazione, pari ad almeno 60 daN/cm².

3.6 Strutture di fondazione

- Calcestruzzo classe C20/25, $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$, consistenza S3, DCK 2b, dimensione massima inerte 30 mm;
- Acciaio Fe B 44k;
- Cemento CEM II B/L 32,5.

4 Analisi dei carichi

4.1 Carichi permanenti

Peso proprio conglomerato cementizio armato:	2500 daN/m ³
Peso proprio delle strutture in legno lamellare:	600 daN/m ³
Peso proprio di massetto avente spessore 5 cm:	100 daN/m ²
Peso proprio della muratura portante:	1800 daN/m ³

<i>Impalcato nuovo con orditura in legno e ferro (escluso carichi orditura portante)</i>	
Pavimentazione	30 daN/m ²
Massetto	100 daN/m ²
Lamiera grecata + soletta superiore 3 cm	100 daN/m ²
Pavimento radiante	20 daN/m ²
Totale:	250 daN/m²

<i>Copertura</i>	
Tegole+listelli	50 daN/m ²
Lamiera grecata + soletta superiore 3 cm	100 daN/m ²
Pacchetto termoisolante	50 daN/m ²
Totale:	200 daN/m²

4.2 Carichi variabili

(rif.G.U. 16/01/96 prospetto 5.1)

Sovraccarichi variabili:	300 daN/m ² (scuole)
	400 daN/m ² (scale e balconi)

Carico neve

Riferimento normativo: D.M.16/01/99

Carico neve al suolo

$$q_s = \mu \times q_{sk}$$

L'edificio è situato nella "Zona I" con $a_s = 250$ m, dunque $q_{sk} = 1.96$ KN/m²

Il coefficiente di carico μ viene valutato in base alle condizioni di carico, quattro nel nostro caso, ed all'inclinazione della copertura.

$$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \quad \mu_1(\alpha_2) = 0,80$$

$$\mu_2(\alpha_1) = 1,00 \quad \mu_2(\alpha_2) = 1,00$$

$$\mu_1^*(\alpha_1) = 0,53 \quad \mu_1^*(\alpha_2) = 0,53$$

Ne conseguono quattro condizioni di carico così come indicato nel DM 16.01.99.

Azione del vento

Secondo il D.M. 16/01/96 par. 7 è necessario tenere conto dell'azione del vento agente non contemporaneamente secondo due direzioni ortogonali.

- Pressione del vento:

$$p = q_{\text{ref}} \times c_e \times c_p \times c_d$$

- Pressione cinetica di riferimento:

$$q_{\text{ref}} = \frac{v_{\text{ref}}^2}{1,6}$$

L'altezza massima della nostra costruzione, ovvero a_s , è 17 m.

La provincia di Torino, in riferimento alla tabella 7.1 ricade nella zona 1, a questa corrisponde un valore di $a_0 = 1000$ m.

Per $a_s \leq a_0$, la medesima tabella fornisce $v_{\text{ref}} = 25$ m/s e quindi $q_{\text{ref}} = 39$ daN/m²

Il coefficiente dinamico c_d lo poniamo uguale all'unità in quanto tale valore rappresenta la condizione più gravosa.

- Coefficiente d'esposizione

Per la zona 1, per classe di rugosità B, la categoria corrispondente è la seconda.

Per questa categoria la tabella 7.2 fornisce:

$$k_r = 0.19; z_0 = 0.05 \text{ m}; z_{\text{min}} = 4 \text{ m}$$

Con $z > z_{\text{min}}$ si utilizza la seguente formula

$$c_e(z) = k_r^2 \times c_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \times \left[7 + c_t \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right]$$

si ottiene $c_e = 2.08$

- coefficiente di forma

esso dipende dalla tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Nel nostro caso i valori che tale coefficiente assume sono riportati di seguito, insieme ai valori che assume l'azione del vento. E' da precisare che, rispetto al sistema di riferimento assunto, la pressione risultante del vento se è positiva esercita una pressione sulla copertura dall'esterno verso l'interno. Vale il contrario se è negativa.

c_{pe}	p_e [N/m ²]
+0,8	650
-0,4	-325

4.3 Azioni sismiche secondo ordinanza P.D.C.M. 3274 del 20 marzo 2004

1. Categoria del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica possiamo assumere come piano di posa delle fondazioni un terreno appartenente alla cat. "C", "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza" caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

2. Calcolo dell'azione sismica

Il Comune di Torino è ricadente all'interno di una zona sismica di IV categoria, per cui il valore di accelerazione al suolo vale:

$$a_g = 0,05 \text{ g}$$

con g = accelerazione di gravità = $9,8 \text{ m/s}^2$

L'azione sismica può essere descritta attraverso gli spettri di risposta elastica del terreno riportati al punto 3.2.3 della norma di riferimento. Essi sono funzione dei parametri S , T_B , T_C , T_D definiti di seguito. Lo spettro è definito dalle seguenti espressioni:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right) \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad T_B \leq T < T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad T_C \leq T < T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \quad T_D \leq T$$

Per un suolo di categoria "C" si hanno i seguenti parametri di definizione dello spettro di risposta elastico lineare orizzontale:

$$S = 1,25$$

$$T_B = 0,15$$

$$T_C = 0,50$$

$$T_D = 2,00$$

Assumiamo uno smorzamento viscoso del 5% ed in conseguenza di ciò otteniamo un valore di η pari a 1.

Lo spettro di risposta elastico verticale del terreno vale:

$$S_{ve}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right) \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_{ve}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \quad T_B \leq T < T_c$$

$$S_{ve}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right) \quad T_c \leq T < T_D$$

$$S_{ve}(T) = 0,9 \cdot a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right) \quad T_D \leq T$$

dove:

$$S = 1$$

$$T_B = 0,05$$

$$T_c = 0,15$$

$$T_D = 1,00$$

lo spettro di progetto orizzontale a stato limite ultimo si ottiene dividendo lo spettro sopra riportato per il coefficiente di struttura q che viene definito successivamente.

Per lo spettro di progetto verticale si assume un coefficiente di struttura q pari a 1,5.

Per lo stato limite di danno si utilizzano gli spettri testé descritti applicando un coefficiente riduttivo pari a 2,5.

Tenuto presente che l'edificio è esistente e che si trova in zona 4, è possibile applicare le regole di progettazione non sismica considerando il solo sistema di forze orizzontali secondo la combinazione delle azioni riportate nel seguente punto. Essendo edificio costituito da orditura principale in muratura non armata si assumerà in via del tutto cautelativa $S_d(T) = 0,1$.

3. Combinazione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni attraverso la seguente combinazione:

$$\gamma_I E + G_K + P_K + \sum_i (\psi_{ji} Q_{ki})$$

con il noto significato dei termini (si veda il punto 3.3 della norma)

Gli effetti del sisma sono stati calcolati ipotizzando che sulla struttura grava la seguente combinazione di carichi:

$$G_K + \sum_i (\psi_{Ei} Q_{ki})$$

in ambito S.L.U., dove sono stati impiegati:

$$\psi_{Ei} = 0,7$$

sia per la neve che per i carichi accidentali. Il vento non è stato inserito in codesta combinazione di carichi.

4. Criteri di progettazione

1. Sistema costruttivo

La struttura in esame è una struttura a telaio che però presenta variazione di rigidità altimetrica. I primi due livelli sono infatti in muratura mentre i livelli successivi (di nuova realizzazione) sono in legno.

Nella sostanza il sistema costruttivo (visto che sono le strutture verticali a garantire la resistenza sismica) è di tipo a telaio (con struttura in acciaio e con struttura in cemento armato). Le verifiche sono condotte considerando non interagenti le due tipologie strutturali (viste le dimensioni e i periodi propri di vibrazione delle strutture)

2. Distanze e altezze

La struttura portante principale è in muratura-legno e il sito ricade in quarta categoria. Non sussistono limitazioni di altezza.

3. Caratteristiche dell'edificio

La configurazione in pianta rispetta i requisiti di regolarità strutturale, mentre in altezza la variazione di forma è comunque contenuta entro differenze del 20% e può essere considerato regolare, visto che la variazione maggiore si colloca in corrispondenza dell'ultimo livello di servizio alle centrali tecnologiche (a vantaggio di sicurezza escluso come elemento rigido di piano). Il corpo scala è in cemento armato ed ha struttura "indipendente" rispetto al resto del fabbricato.

4. Analisi

Si può applicare l'analisi statica lineare, consentita in quanto sussiste regolarità in pianta della nostra costruzione, Per il vano scala è stata adottata un'analisi dinamica modale spaziale per via della modellazione numerica del blocco.

Sono stati considerati tutti modi con massa partecipante totale pari al 90%. La combinazione delle azioni è stata effettuata attraverso la combinazione quadratica completa dal programma di calcolo impiegato (per quanto concerne il vano scala).

L'analisi statica equivalente è stata sviluppata ipotizzando che su ciascun impalcato agisca una forza orizzontale pari a:

$F_i = F_h (z_i W_i) / \sum (z_j W_j)$ dove il termine oltre F_h rappresenta il coefficiente di partecipazione i -esimo

ove $F_h = S_d(T) \times W_t$

posto: $z_1 = 4,77$ m

$z_2 = 10,27$ m

$z_3 = 14,21$ m

$z_4 = 17,21$ m

$z_5 = 17,78$ m

si sono calcolati i pesi sismici con la combinazione di carichi prima descritta:

$$W_1 = 1068 \text{ t}$$

$$W_2 = 733 \text{ t}$$

$$W_3 = 173 \text{ t}$$

$$W_4 = 32,8 \text{ t}$$

$$W_5 = 142,6 \text{ t}$$

quindi si ottiene: $W = 2150 \text{ t}$ e $F_h = 215 \text{ t}$

i coefficienti di partecipazione valgono:

$$\gamma_1 = 0,28$$

$$\gamma_2 = 0,41$$

$$\gamma_3 = 0,13$$

$$\gamma_4 = 0,03$$

$$\gamma_5 = 0,14$$

Le forze da assegnare sul baricentro di ciascun impalcato, nelle due direzioni valgono quindi:

$$F_1 = 60,2 \text{ t}$$

$$F_2 = 88,1 \text{ t}$$

$$F_3 = 28,0 \text{ t}$$

$$F_4 = 6,5 \text{ t}$$

$$F_5 = 30,1 \text{ t}$$

5. Combinazione delle componenti e fattore di importanza

Il fattore di importanza della struttura è pari a 1.2.

6. Elementi non strutturali

Gli elementi non strutturali sono progettati in maniera da essere solidali con l'orditura principale.

7. Capacità dissipativa

Per la struttura in esame, considerato che non esiste un unico modello strutturale omogeneo, in assenza di informazioni più dettagliate, si può ipotizzare una Classe di Duttilità di tipo "B" (bassa duttilità) con un fattore di struttura pari a: $q = 1,5$

5 Verifica degli elementi strutturali

5.1 Verifica delle strutture in elevazione

5.1.2 Struttura il legno lamellare

In via preliminare e quindi ai fini della verifica generale degli elementi strutturali si sono valutate le sezioni resistenti facendo riferimento alle condizioni di carico e di sollecitazione più gravose per

ciascun singolo elemento. Nella analisi che seguono si sono sviluppati i calcoli di verifica relativamente a gruppi omogenei di strutture. A parità quindi di condizioni di resistenza e di parametri geometrici, si sono verificati gli elementi maggiormente sollecitati.

5.1.2.1 Travature principali

L'elemento maggiormente sollecitato è sottoposto ad un carico complessivo pari a:

- peso proprio della travatura: 60 daN/m
- peso proprio dell'impalcato: $250 \text{ daN/m}^2 \times 4 \text{ m} = 1000 \text{ daN/m}$
- peso accidentale: $300 \text{ daN/m}^2 \times 4 \text{ m} = 1200 \text{ daN/m}$
- carico sismico verticale: $0.09 \times (60+1000+1200 \times 0.33) = 131 \text{ daN/m}$

La condizione di carico più sfavorevole è la seguente:

$$q_d = 1,4 \times (60 + 1000) + 1.5 \times (1200) + 0.7 \times 131 = 3380 \text{ daN/m}$$

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti:

$$M_d = 6760 \text{ daNm}$$

$$T_d = 6760 \text{ daN}$$

La verifica verrà condotta esclusivamente per stato limite ultimo e classe di servizio 1.

Si assumono i seguenti coefficienti:

$$\gamma_M = 1,35 \text{ (coefficiente parziale di sicurezza)}$$

$$\gamma_{R,d} = 1,4 \text{ (coefficiente di modello, per classe 1)}$$

e una conseguente resistenza flessionale del legno pari a:

$$f_{m,g,d} = 24 / (1,35 \times 1,4) = 12.7 \text{ N/mm}^2$$

e una resistenza di taglio del legno pari a:

$$f_{v,g,d} = 2.7 / (1,35 \times 1,4) = 1.42 \text{ N/mm}^2$$

Le sezioni resistenti hanno una sezione pari a 2x20x42 cm, e quindi i seguenti valori geometrici (per ciascuna trave)

$$W = 5880 \text{ cm}^3 = 5880000 \text{ mm}^3$$

$$A = 84000 \text{ mm}^2$$

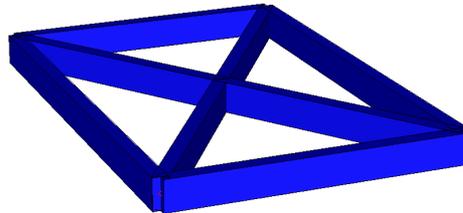
che comportano i seguenti valori di sollecitazione (su ciascuna trave):

$$\sigma_f = 0,5 \times M_d / W = 5.74 \text{ N/mm}^2 < f_{m,g,d}$$

$$\tau = 0,5 \times 1,5 \times T_d / A = 0.60 \text{ N/mm}^2 < f_{v,g,d}$$

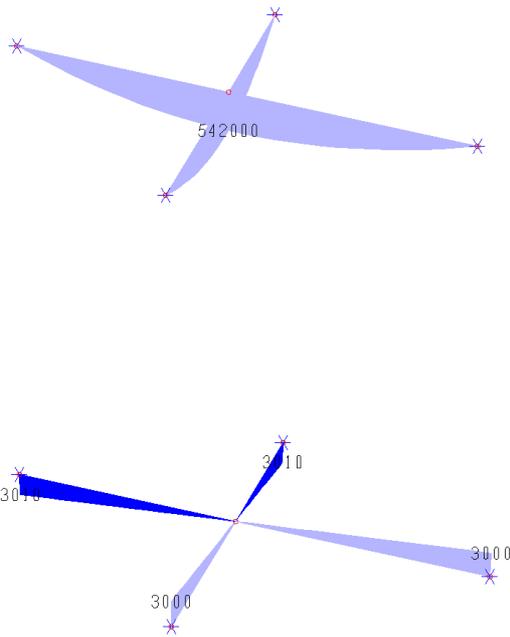
5.1.2.2 Travature secondarie

Le travature secondarie sono disposte a formare una "X" all'interno di ogni singolo campo di solaio. Tali travature hanno le stesse dimensioni delle travature principali e su di esse agiscono i seguenti carichi:



- peso proprio della travatura: 60 daN/m
- peso proprio dell'impalcato: 250 daN/m²
- peso accidentale: 300 daN/m²
- carico sismico verticale: $0.09 \times (60+250+300 \cdot 0.33) = 37 \text{ daN/m}^2$

Le sollecitazioni di progetto sono le seguenti (i diagrammi che seguono rappresentano rispettivamente il momento flettente e il taglio):



$$M_d = 5420 \text{ daNm}$$

$$T_d = 3000 \text{ daN}$$

La verifica verrà condotta esclusivamente per stato limite ultimo e classe di servizio 1.

Si assumono i seguenti coefficienti:

$$\gamma_M = 1,35 \text{ (coefficiente parziale di sicurezza)}$$

$$\gamma_{R,d} = 1,4 \text{ (coefficiente di modello, per classe 1)}$$

e una conseguente resistenza flessionale del legno pari a:

$$f_{m,g,d} = 24 / (1,35 \times 1,4) = 12,7 \text{ N/mm}^2$$

e una resistenza di taglio del legno pari a:

$$f_{v,g,d} = 2,7 / (1,35 \times 1,4) = 1,42 \text{ N/mm}^2$$

Le sezioni resistenti hanno una sezione pari a 20x42 cm e quindi i seguenti valori geometrici:

$$W = 5880 \text{ cm}^3 = 5880000 \text{ mm}^3$$

$$A = 84000 \text{ mm}^2$$

che comportano i seguenti valori di sollecitazione:

$$\sigma_f = M_d / W = 9,21 \text{ N/mm}^2 < f_{m,g,d}$$

$$\tau = 1,5 T_d / A = 0,53 \text{ N/mm}^2 < f_{v,g,d}$$

5.1.2.3 Pilastri alla base

La sezione dei pilastri alla base è di 2x32x36 cm. Le sollecitazioni ivi agenti, nella condizione di carico più sfavorevole e considerando gli effetti sismici di tutti gli impalcati valgono (spettro di progetto $S_d(T) = 0.1$) sul pilastro più sollecitato:

$$P_d = 10860 \text{ daN}$$

$$M_d = 6516 \text{ daNm}$$

Equivalente ad avere, su ciascuna colonna:

$$P_d = 5430 \text{ daN}$$

$$M_d = 3258 \text{ daNm}$$

Le caratteristiche geometriche della sezione sono le seguenti:

$$A = 115200 \text{ mm}^2$$

$$I_{\min} = 983 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$r_{\min} = 92.3 \text{ mm}$$

$$W_{\min} = 6143750 \text{ mm}^3$$

$$\lambda = 122,81$$

$$\omega = 4,54$$

La tensione massima vale:

$$\sigma_f = 1.45 \frac{4.54 \cdot 54300}{115200} + \frac{32580000}{0.80 \cdot 6143750} = 9.72 \text{ N/mm}^2 < f_{m,g,d}$$

La sezione suddetta si mantiene costante per tutto lo sviluppo verticale dell'edificio.

5.1.2.4 Solai

La lamiera grecata impiegata presenta caratteristiche statiche fornite dal produttore che ne consentono l'applicazione alle condizioni di carico degli impalcati in progetto.

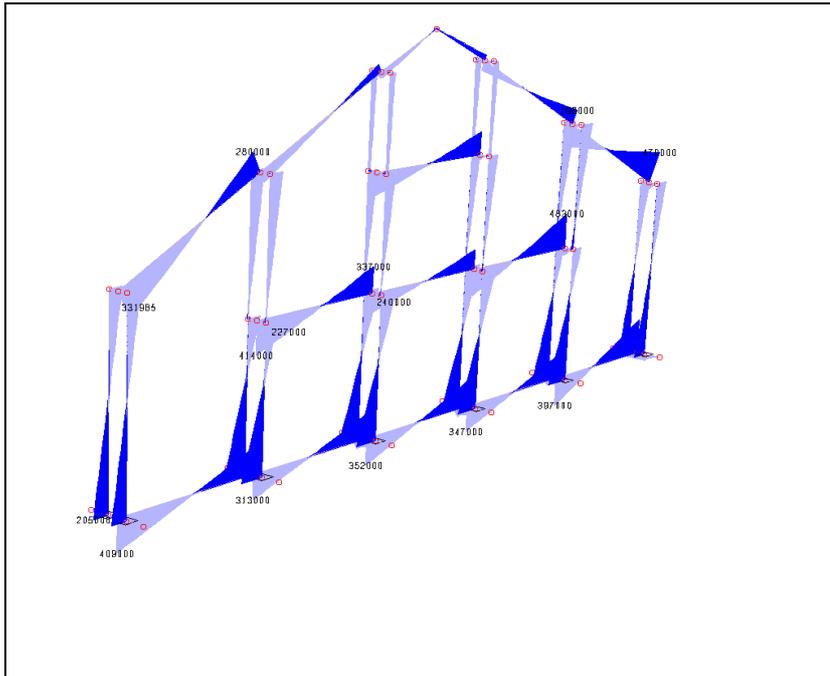
Analisi statica equivalente dei telai in legno lamellare

Nel paragrafo 4.3 si sono determinati i valori di carico orizzontale equivalente cui è sottoposta la struttura in caso di sisma.

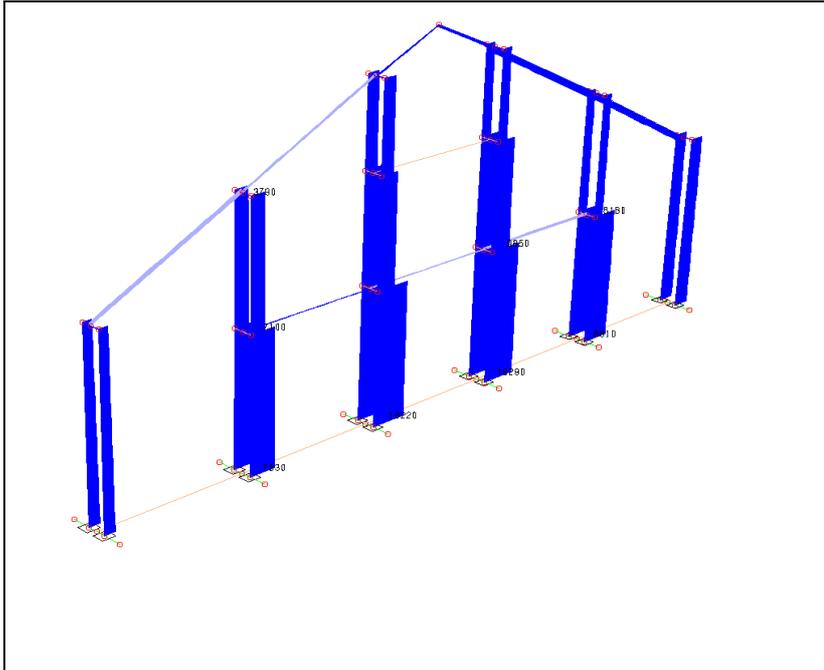
L'analisi è stata condotta per i telai maggiormente sollecitati in direzione x e in direzione y, eseguendo quindi due analisi statiche separate.

In direzione x, l'applicazione degli sforzi sismici produce le seguenti sollecitazioni:

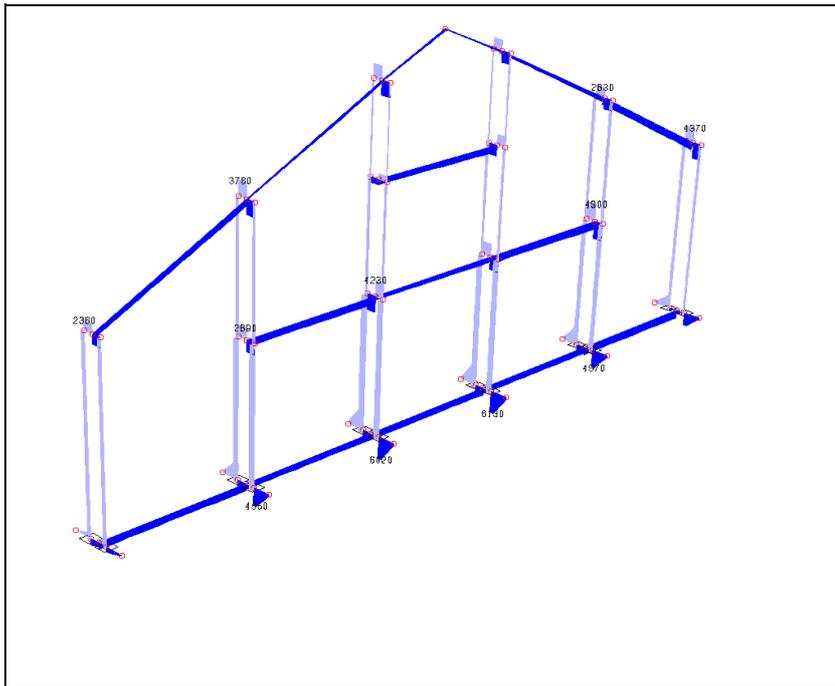
- momento flettente (valori in daNcm)



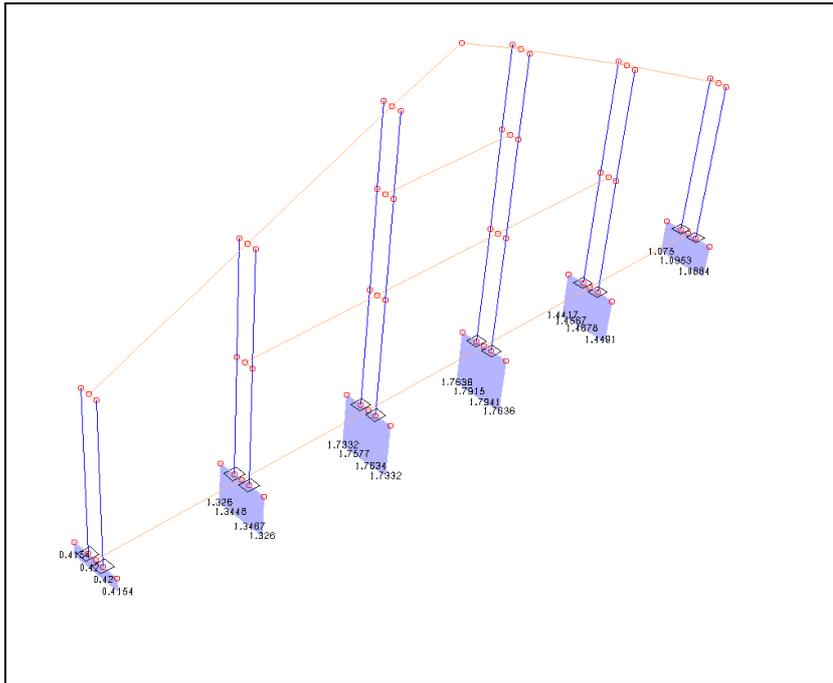
- sforzo normale (daN)



- taglio (daN)

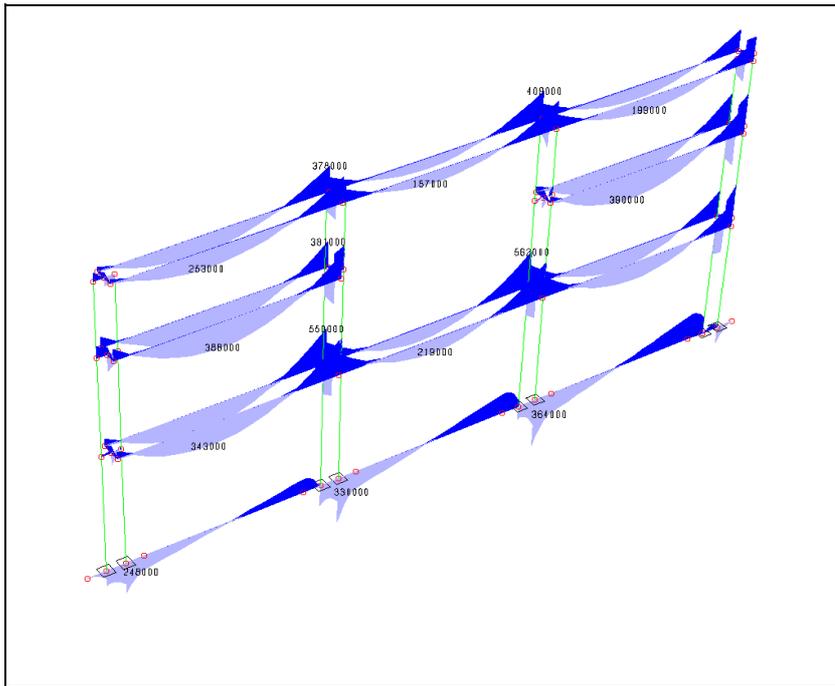


- pressioni sui basamenti di calcestruzzo (daN/cm²):

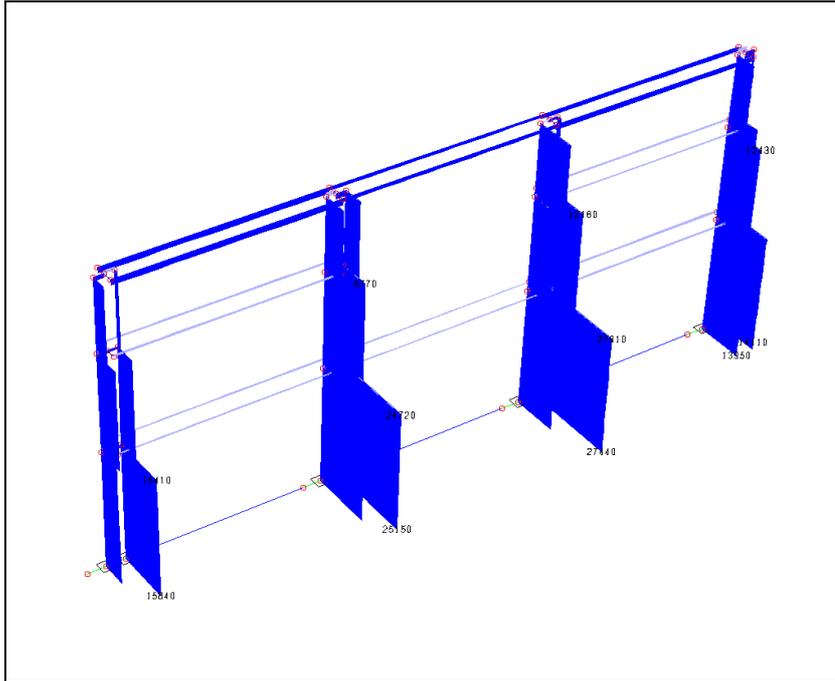


In direzione y, l'applicazione degli sforzi sismici produce le seguenti sollecitazioni (in questo telaio insistono anche i carichi variabili):

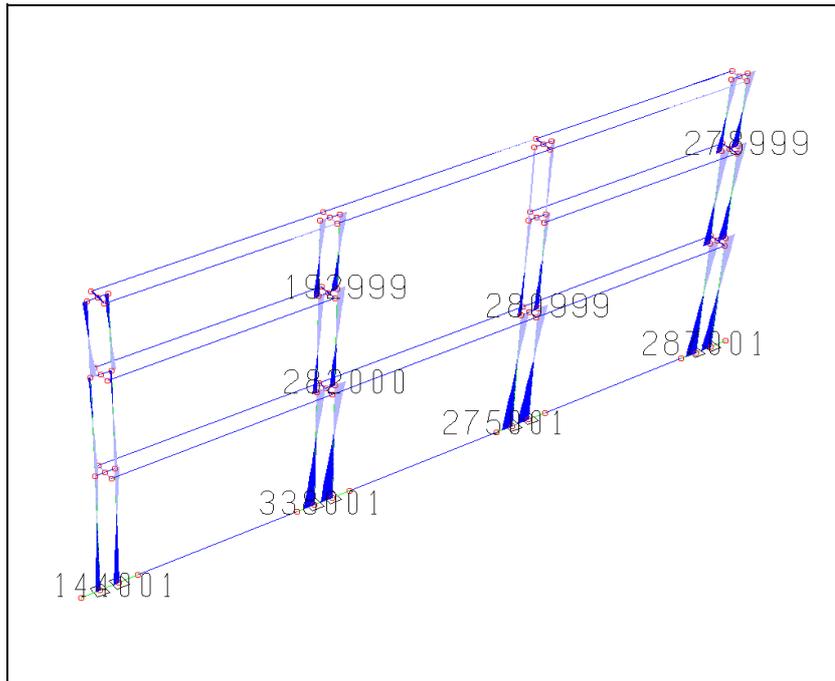
- momento flettente (daNcm):



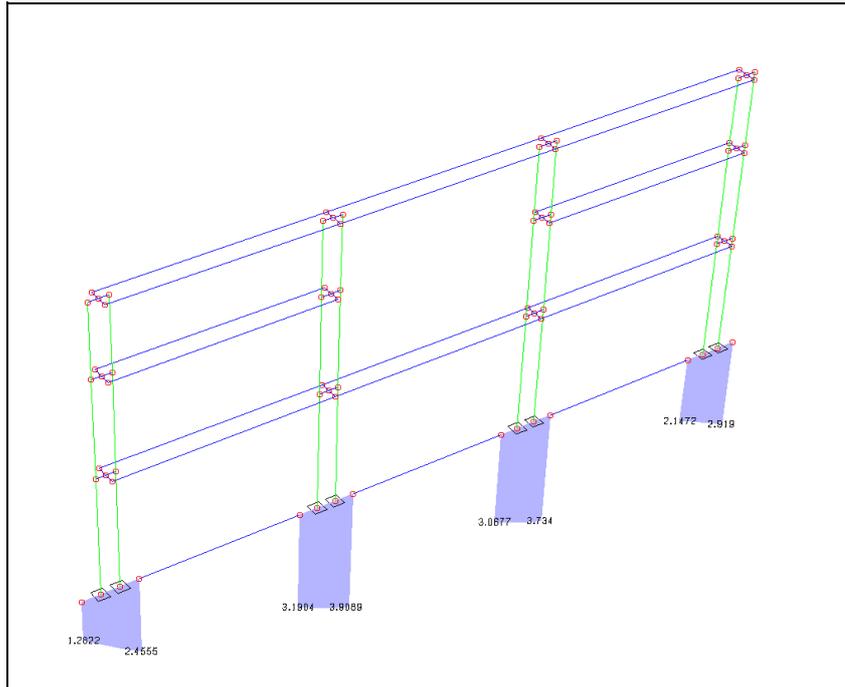
- sforzo normale (daN)



- taglio (daN)



- pressioni sui basamenti di calcestruzzo (daN/cm²):



Entità e verifiche sono già state condotte nei punti precedenti.

5.1.2.5 Appoggi alla struttura di muratura esistente

I "plinti" di appoggio sono strutturati in maniera da uniformare il più possibile i carichi derivanti dalla sovrastruttura. In condizioni di maggiore sollecitazione si ottengono i seguenti valori di compressione trasferiti dalla sovrastruttura:

$$\sigma = 3,7 \text{ daN/cm}^2$$

Il basamento ha larghezza pari a 80 cm e lunghezza di circa 150 cm sopra la colonna.

Il che vuol dire che il "plinto" trasferirà, in condizioni di servizio, un carico di compressione pari a:

$$\sigma_m = 3,7 \text{ daN/cm}^2 < f_d = f_k/\gamma_m = 6,67 \text{ daN/cm}^2$$

In condizioni di sollecitazione dinamica, gli sforzi orizzontali e i momenti verranno trasferiti mediante ripartizione operata da un graticcio di profili di acciaio HEA200.

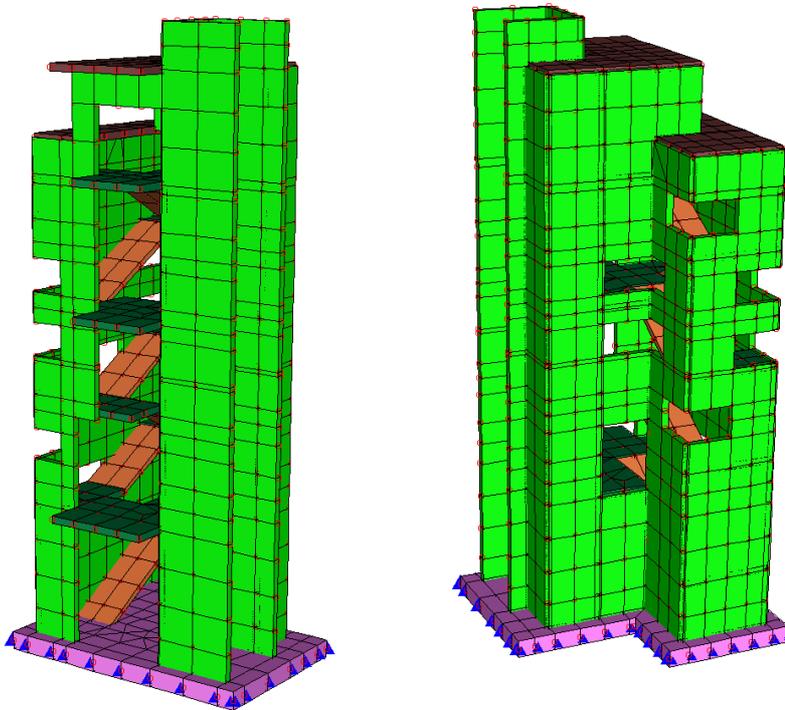
5.1.2.6 Verifica dei collegamenti

La verifica di tutti gli elementi è stata condotta secondo le norme DIN1052, su ogni bullone agisce uno sforzo di taglio sempre inferiore a 485 daN (diametro 16 mm, utilizzato in tutti i collegamenti).

5.1.3 Vano scala in cemento armato

La struttura del vano scala e del vano ascensore è stata modellata attraverso programma di calcolo in maniera da poterne cogliere tutti gli aspetti del funzionamento sia statico che dinamico.

Il modello utilizzato è visibile schematicamente nelle seguenti figure:



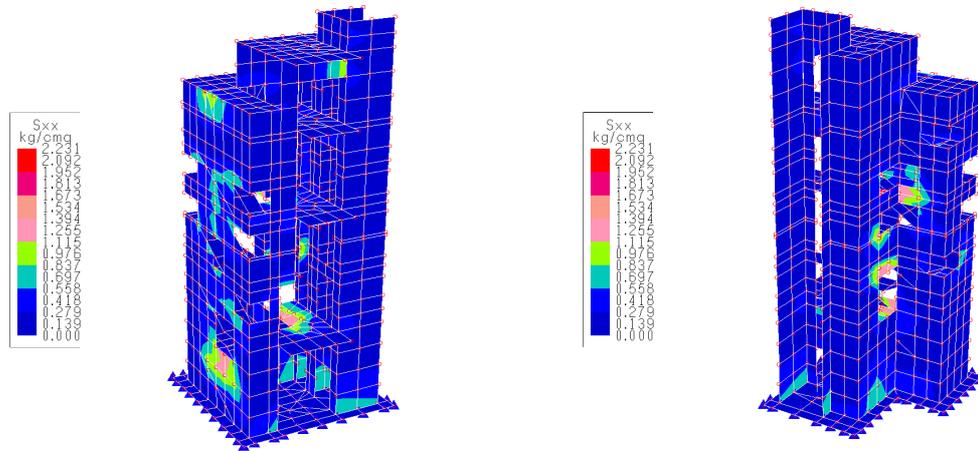
Il modello è completo e include quindi anche la parte interrata. Gli elementi utilizzati sono del tipo a guscio e hanno quindi rigidità flessionale e torsionale nel loro piano.

I carichi ipotizzati per il vano scala in questione, sono quelli definiti dal D.M. 16.01.1996 e contemplano, oltre alle azioni statiche, anche le azioni dinamiche.

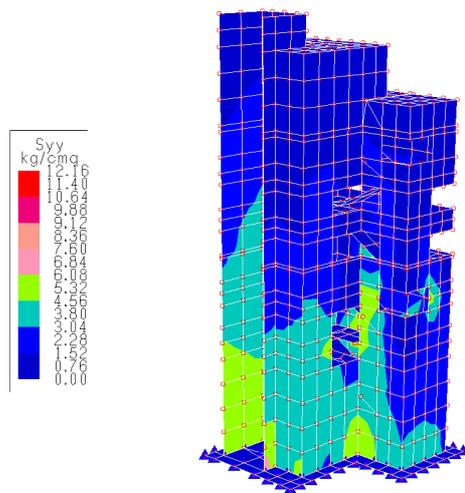
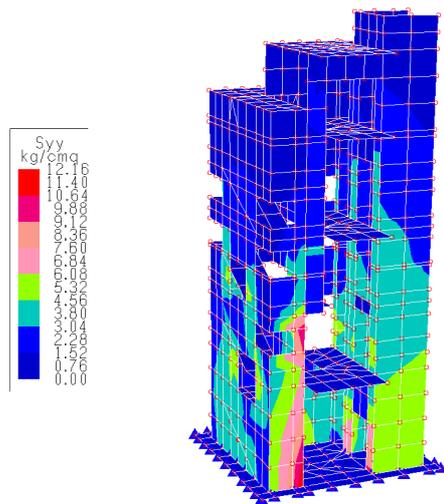
Nel caso in esame, vista la modellazione adottata, è stata fatta una analisi spaziale multimodale e una combinazione dei carichi secondo l'Eurocodice 8.

Inviluppando le varie condizioni di carico, si sono potute stimare le seguenti sollecitazioni:

- tensioni di membrana in direzione x locale (sollecitazioni "taglianti" in direzione x):



- tensioni di membrana in direzione y locale (sollecitazioni di "compressione", in direzione y):



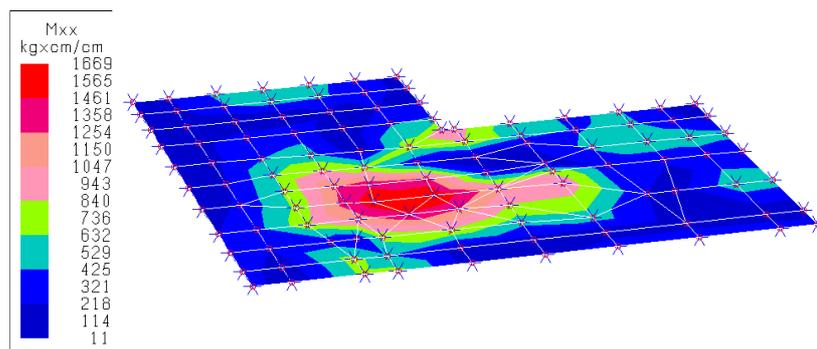
- i momenti flessionali delle pareti hanno entità trascurabile, sia in direzione x-x che in direzione y-y.

Come si osserva dai grafici le massime tensioni di compressione nel calcestruzzo non superano il valore di 12 daN/cm² e di 2 daN/cm² per quanto riguarda gli scorrimenti. I valori suddetti sono compatibili con le resistenze del calcestruzzo, anche considerando una potenziale oscillazione dei valori calcolati di $\pm 20\%$ (valore compatibile con le incertezze della modellazione agli elementi finiti per quanto riguarda la tipologia strutturale studiata).

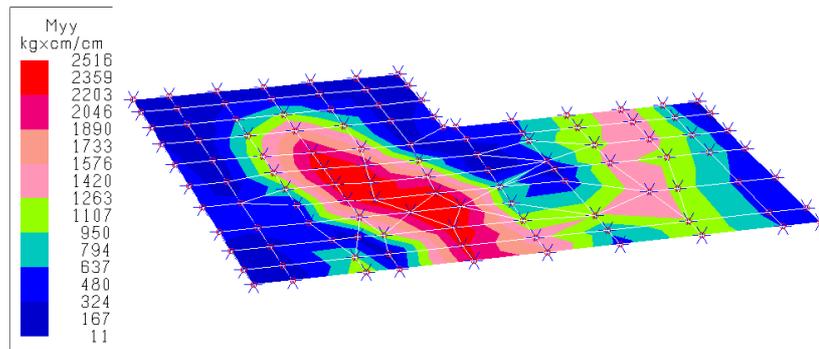
Si osservi come i picchi di tensione riguardino essenzialmente le zone di nodo o di vuoto. Le armature adottate (doppio strato di rete 1020 e rinforzo nodale con barre da 14 mm e staffature aggiuntive) sono sufficienti a garantire le condizioni di sicurezza strutturale richieste.

La platea di fondazione è sottoposta al seguente regime di sforzi:

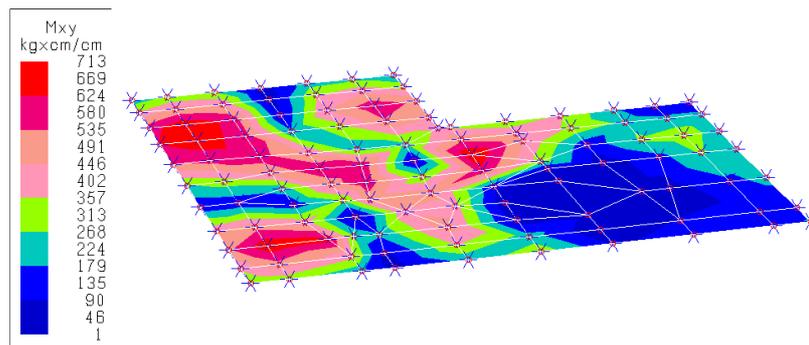
- momento flessionale lungo x-x



- momento flessionale lungo y-y



- momento di torsione



Il massimo momento flessionale è pari a:

$$M_d = 1.5 \times 25160000 = 37740000 \text{ Nmm/m}$$

e ad esso corrisponde un valore di momento ridotto pari a:

$$\mu = \frac{M_{Sd}}{bd^2f_{cd}} = 0.0149$$

che risulta inferiore al limite minimo di 0,020 corrispondente al campo "2" di sollecitazione.

L'armatura da disporre è quindi l'armatura minima di flessione pari a:

$$A_s = 0,0015 b_t d = 675 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ corrispondente a } \varnothing 14/20 \text{ disposta su entrambi i lati.}$$

5.1.4 Muratura esistente

Cerchiatura delle colonne

Al fine di assicurare una maggiore resistenza a compressione delle colonne, visto anche l'incremento di carico che si produce per effetto della realizzazione dei nuovi piani, si porrà in opera una cerchiatura a freddo, così come indicato nei disegni allegati. La figura che segue, riporta schematicamente la disposizione degli angolari verticali, delle cerchiature e dei tirantini antiespulsivi e la rispettiva numerazione.

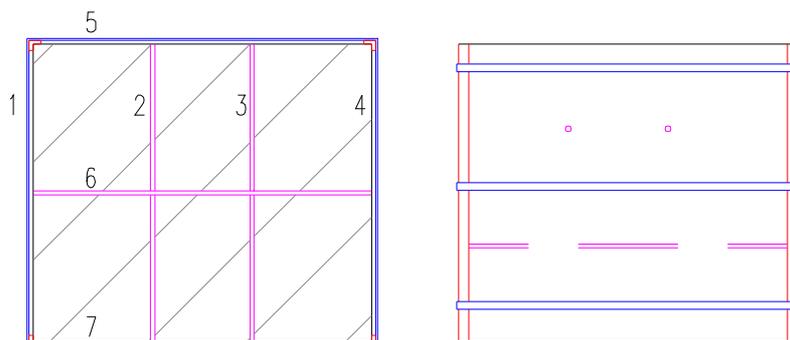


Figura 12

Assumendo:

$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$ (modulo elastico dell'acciaio);

$\alpha_t = 0,000012$ (coefficiente di dilatazione termica dell'acciaio);

$T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura alla quale verrà posta in opera la cerchiatura);

$m = 4$ (coefficiente di Poisson della muratura);

Si può costruire la seguente tabella

Elemento	lunghezza	Dp necessaria	b	h	ara elemento cerchiatura	sigma f	l primo	DT	T
1	80	0,5	30	50	1	750,0	79,970	31,25	51,25
2	80	0,5	60	50	1,13	1327,4	79,947	55,31	75,31
3	80	0,5	60	50	1,13	1327,4	79,947	55,31	75,31
4	80	0,5	30	50	1	750,0	79,970	31,25	51,25
5	180	0,5	20	50	1	500,0	179,955	20,83	40,83
6	180	0,5	40	30	1,13	531,0	179,952	22,12	42,12
7	180	0,5	20	30	1	300,0	179,973	12,50	32,50

In rosso sono riportati i dati relativi ai tirantini antiespulsivi

dove:

l = lunghezza dell'elemento di cerchiatura;

$\Delta\sigma$ = valore di incremento di tensione trasversale necessario a sviluppare un incremento di portanza pari a circa 2 kg/cm² in direzione longitudinale;

b, h = dimensioni dell'area di impronta degli elementi di cerchiatura;

σ_f = tensione di trazione negli elementi;

l' = lunghezza degli elementi alla temperatura T₀

T = temperatura alla quale portare gli elementi di cerchiatura prima della loro posa in opera sulla colonna (qualora si volesse eseguire la cerchiatura a caldo).

La portanza della colonna, in servizio, a seguito dell'intervento di cerchiatura, vale:

$$p = f_{d,s} + 2 = 6 \text{ kg/cm}^2;$$

Si tenga presente che le aliquote di sforzo normale vengono trasferite dalla muratura agli elementi di cerchiatura.

La colonna è così verificata visto che l'incremento verticale è comunque contenuto entro 2 daN/cm².

Tiranti

Al fine di contenere le spinte orizzontali sulle spalle terminali, si sono previsti in progetto dei tiranti d'acciaio di diametro 20 mm. Lo sforzo massimo è sempre inferiore a 4250 daN in una direzione e di 3500 daN nell'altra direzione. Gli innesti nella muratura esistente dovranno realizzarsi come da disegno allegato al fine di garantire l'assorbimento dello sforzo. La malta da utilizzare dovrà essere di tipo espansivo ad alta resistenza. Sono sufficienti quattro innesti per piastra mediante carote eseguite prima dell'installazione dei tiranti. Particolare cura andrà adottata in termini di pulizia ed esecuzione dei fori.

La struttura sovrastante è realizzata in maniera da non incidere sulle spinte. Il suo contributo tende oltretutto a abbassare l'entità della spinta stessa.

VERIFICHE termotecniche

RELAZIONE TECNICA COME DISPOSTO DALL'ART. 28 DELLA LEGGE N° 10 / 1991

del 9 Gennaio 1991 - Gazzetta Ufficiale n° 13 del 16 Gennaio 1991
REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE - DPR 26/08/93 n° 412 - Gazzetta Ufficiale n° 242 del
14 Ottobre 1993
(NORME PER L'ATTUAZIONE DEL PIANO ENERGETICO
NAZIONALE)

Modello tipo come previsto dall'Art. 1 D.M. 13 Dicembre 1993 - G.U. n° 297 del 20/12/93

OPERE RELATIVE AD EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE O A RISTRUTTURAZIONE DI EDIFICI

Comune di : *TORINO*

Progetto : *Restauro e completamento dell'edificio di via
Principe Amedeo 54 per insediamento di un nuovo
nido d'infanzia*

Committente : *Comune di Torino*

Progettista impianti termici : *ing. Emilo Barberis*

ATTESTAZIONE DI DEPOSITO

Si attesta che la presente relazione tecnica, è stata depositata presso il Comune di **TORINO** in
data odierna al n° _____

Timbro

Data

Firma del funzionario

a) INFORMAZIONI GENERALI

Comune di : **TORINO** Provincia: : **TO**

Progetto per la realizzazione di:

Impianto di riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria di Edifici adibiti ad

Ubicazione dell'edificio : *via Principe Amedeo 54*

Concessione edilizia n° : del

Classificazione dell'edificio : **SCUOLA**

Numero delle unità abitative : **1**

Committente : **Comune di Torino**

Progettista degli impianti termici : **ing. Emilio Barberis**

Progettista dell'isolamento termico : **ing. Emilio Barberis**

Direttore dei lavori dell'impianto termico : **ing. Emilio Barberis**

Direttore dei lavori dell'isolamento termico : **ing. Emilio Barberis**

Destinazione dell'edificio : **scuola materna**

Consistenza demografica del comune : **3**

L'edificio (o complesso di edifici) rientra nella disciplina art. 4 comma 1 (edilizia sovvenzionata e convenzionata, edilizia pubblica e privata) della legge

S N
i o

L'edificio (o complesso di edifici) rientra tra quelli di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico ai fini dell'art. 5 comma 15 del regolamento (utilizzo delle fonti rinnovabili di energia)

S N
i o

L'edificio rientra nella disciplina art. 4 comma 2 (autorizzazioni, concessioni e contributi per la realizzazione di opere pubbliche) della legge

S N
i o

b) FATTORI TIPOLOGICI DI EDIFICIO (O COMPLESSO DI EDIFICI)

Gli elementi tipologici forniti, al solo scopo di supportare la presente relazione tecnica, sono i seguenti:

Piante di ciascun piano degli edifici con orientamento e indicazione d'uso prevalente

dei singoli locali

Prospetti e sezioni degli edifici con evidenziazione di eventuali sistemi di protezione solare

Elaborati grafici relativi ad eventuali sistemi solari passivi specificatamente progettati per favorire lo sfruttamento degli apporti solari

Al fine di supportare la presente relazione tecnica sono forniti gli elaborati illustrati in dettaglio alla voce i)

c) PARAMETRI CLIMATICI DELLA LOCALITA'

Gradi giorno : **2617**
Zona climatica : **E**
Temperatura minima di progetto dell'aria : **-8.0** [°C]
esterna

d) DATI TECNICO-COSTRUTTIVI DELL'EDIFICIO

Volume (V) degli ambienti climatizzati al lordo delle strutture che li delimitano : **7418.75** [m³]
Superficie esterna (S) che delimita il volume V : **4300.65** [m²]
Rapporto S/V : **0.58**
Massa efficace dell'involucro edilizio : **1919.22** [kg/m²]
Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni :

Valori di progetto:

- temperatura interna dell'aria : **20.00** [°C]
- umidità interna : **50.00** [%]

e) DATI RELATIVI AGLI IMPIANTI TERMICI

VEDERE ELABORATI COSTITUENTI IL PROGETTO ESECUTIVO DELL'OPERA DI CUI LA PRESENTE COSTITUISCE PARTE INTEGRANTE.

f) PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti opachi dell'involucro edilizio

Tipo struttura: doppio vetro stratificato

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
Vetro da finestre	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
Aria in quiete a 293 K	0.010	0.026		1.000	193.00	212.30	0.385
Vetro da finestre	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s Spessore strato
 λ Conduttività termica del materiale
 C Conduttanza unitaria
 ρ Massa volumica
 $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
 $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
 R Resistenza termica dei singoli strati
 (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
 (**) Inverso della resistenza termica totale
 (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	217
Estiva	26.0	1681	32.0	2320

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:

* La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a **0.00000** [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.

* La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **399.00**

Legenda

- Ti Temperatura interna
 Te Temperatura esterna
 Pi Pressione parziale interna
 Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: DIVISORIO INTERNO

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Malta di gesso per intonaci	0.002	0.350		750.00	24.125	26.538	0.006
cartongesso	0.010	0.210		900.00			0.048
Intercapedine aria PAR.	0.080	0.525		1.000	193.00	212.30	0.152
cartongesso	0.010	0.210		900.00			0.048
Malta di gesso per intonaci	0.002	0.350		750.00	24.125	26.538	0.006

CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
SPESSORE TOTALE:	<input type="text" value="0.104"/>	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="1.93"/>
		RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="0.52"/>
		TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="1.93"/>
		RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="0.52"/>

Legenda

- s* Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C* Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R* Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	20.0	1169
Estiva	26.0	1681	26.0	1681

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

Legenda

- Ti* Temperatura interna
- Te* Temperatura esterna
- Pi* Pressione parziale interna
- Pe* Pressione parziale esterna

Tipo struttura: TETTO1

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Malta di gesso per intonaci	0.002	0.350		750.00	24.125	26.538	0.006
cartongesso	0.010	0.210		900.00			0.048
Polietilene esp. estr. retic.	0.100	0.048		33.000	0.965	1.061	2.083
Acciaio	0.002	52.000		7800.0	0.000	0.000	0.000
Granito	0.030	3.200		2500.0	0.019	0.021	0.009

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s* Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C* Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R* Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	217
Estiva	26.0	1681	32.0	2320

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:
- * La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a **0.08793** [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **947.00**

Legenda

- Ti* Temperatura interna
- Te* Temperatura esterna
- Pi* Pressione parziale interna
- Pe* Pressione parziale esterna

Tipo struttura: MURO MATTONI PIENI

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Intonaco di calce e gesso	0.040	0.700		1400.0	19.300	21.230	0.057
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Malta di cemento	0.040	1.400		2000.0	6.433	7.077	0.029

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZION E	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	186
Estiva				

* La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **51.964**

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.

* La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **768.00**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: Pavimento su terreno

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Sabbia secca (um. inf. 1%)	0.300	0.600		1700.0	12.867	14.153	0.500

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="25.000"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.040"/>
SPESSORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="1.49"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="0.67"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="1.49"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="0.67"/>

Legenda

- s Spessore strato
 λ Conduttività termica del materiale
 C Conduttanza unitaria
 ρ Massa volumica
 $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
 $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
 R Resistenza termica dei singoli strati
 (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
 (**) Inverso della resistenza termica totale
 (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	12.0	1262
Estiva	20.0	1870	15.0	1194

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **187.20**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **280.00**

Legenda

- Ti Temperatura interna
 Te Temperatura esterna
 Pi Pressione parziale interna
 Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PAVIMENTO PT

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Piastrelle in ceramica	0.010	1.000		2300.0	0.965	1.061	0.010
Sottofondo in cls magro	0.040	0.930		2200.0	2.757	3.033	0.043
Polietilene esp. non retic. 30	0.025	0.050		30.000	0.965	1.061	0.500
Calcestruzzo ordinario	0.045	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.035
Volta in mattoni	0.450	0.900		2000.0	19.300	21.230	0.500
Malta di calce o calce cemento	0.030	0.900		1800.0	9.650	10.615	0.033

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
SPESSORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="0.600"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="1.38"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="0.72"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="1.38"/>

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	20.0	1169
Estiva	26.0	1681	26.0	1681

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: SOFFITTO PT

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Malta di calce o calce cemento	0.030	0.900		1800.0	9.650	10.615	0.033
Volta in mattoni	0.300	0.900		2000.0	19.300	21.230	0.333
Intercapedine aria PAV.	0.230	0.520		1.000	193.00	212.30	0.442
Acciaio	0.005	52.000		7800.0	0.000	0.000	0.000
Calcestruzzo ordinario	0.060	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.047
Polietilene esp. non retic. 30	0.025	0.050		30.000	0.965	1.061	0.500
Sottofondo in cls magro	0.040	0.930		2200.0	2.757	3.033	0.043
Piastrelle in ceramica	0.010	1.000		2300.0	0.965	1.061	0.010

CONDUTTANZA UNITARIA

SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA

SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA

SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA

SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	20.0	1169
Estiva	26.0	1681	26.0	1681

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PAVIMENTO NUOVO

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Piastrelle in ceramica	0.010	1.000		2300.0	0.965	1.061	0.010
Sottofondo in cls magro	0.040	0.930		2200.0	2.757	3.033	0.043
Polietilene esp. non retic. 30	0.025	0.050		30.000	0.965	1.061	0.500
Calcestruzzo ordinario	0.060	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.047
Acciaio	0.005	52.000		7800.0	0.000	0.000	0.000
Intercapedine aria PAR. 140mm	0.150	0.896		1.000	193.00	212.30	0.167
cartongesso	0.010	0.210		900.00			0.048
Malta di gesso per intonaci	0.002	0.350		750.00	24.125	26.538	0.006

CONDUTTANZA UNITARIA

SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA

SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA

SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA

SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

s Spessore strato

λ Conduttività termica del materiale

C Conduttanza unitaria

ρ Massa volumica

$\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%

$\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%

R Resistenza termica dei singoli strati

(*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali

(**) Inverso della resistenza termica totale

(***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	20.0	1169
Estiva	26.0	1681	26.0	1681

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

Legenda

Ti Temperatura interna

Te Temperatura esterna

Pi Pressione parziale interna

Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PARETE CA

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Calcestruzzo ordinario	0.200	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.156
Intercapedine aria PAR. 30mm	0.030	0.225		1.000	193.00	212.30	0.133
Acciaio	0.002	52.000		7800.0	0.000	0.000	0.000

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
SPESORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="0.232"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="0.55"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="1.82"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="0.55"/>

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	220
Estiva	26.0	1681	30.5	2111

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:
- * La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a **0.08221** [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **-272.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PARETE CA CONTROTERRA
struttura:

Codice

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Calcestruzzo ordinario	0.200	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.156

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (**):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZION E	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	220
Estiva	26.0	1681	30.5	2111

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **417.47**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **-532.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PARETE MAT. CONTROTERRA
struttura:

Codice

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Malta di calce o calce cemento	0.040	0.900		1800.0	9.650	10.615	0.044
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140		5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Malta di calce o calce cemento	0.040	0.900		1800.0	9.650	10.615	0.044

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>	
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="25.000"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.040"/>	
SPESORE TOTALE:	<input type="text" value="1.200"/>	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="0.59"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="1.70"/>
		TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="0.59"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="1.70"/>

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	186
Estiva				

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **92.628**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **793.00**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: TETTO CA

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Calcestruzzo ordinario	0.200	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.156
Intercapedine aria PAR. 30mm	0.030	0.225		1.000	193.00	212.30	0.133
Acciaio	0.002	52.000		7800.0	0.000	0.000	0.000

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="25.000"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.040"/>
SPESORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="0.232"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="0.46"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="2.18"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="0.46"/>

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	220
Estiva	26.0	1681	30.5	2111

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:
- * La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a **0.11204** [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **-400.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PAVIMENTO SCALA

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Piastrelle in ceramica	0.010	1.000		2300.0	0.965	1.061	0.010
Sottofondo in cls magro	0.040	0.930		2200.0	2.757	3.033	0.043
Polietilene esp. non retic. 30	0.025	0.050		30.000	0.965	1.061	0.500
Calcestruzzo ordinario	0.100	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.078
Intercapedine aria PAR.	0.300	0.896		1.000	193.00	212.30	0.335
Calcestruzzo ordinario	0.400	1.280		2200.0	2.757	3.033	0.312

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (***):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s Spessore strato
- λ Conduttività termica del materiale
- C Conduttanza unitaria
- ρ Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	20.0	1169
Estiva	26.0	1681	26.0	1681

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **1169.0**

Legenda

- Ti Temperatura interna
- Te Temperatura esterna
- Pi Pressione parziale interna
- Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: SOFFITTO INTERNO

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
cartongesso	0.010	0.210		900.00			0.048

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
SPESSORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="3.25"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="0.31"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="1.58"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="0.63"/>

Legenda

- s Spessore strato
 λ Conduttività termica del materiale
 C Conduttanza unitaria
 ρ Massa volumica
 $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
 $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
 R Resistenza termica dei singoli strati
 (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
 (**) Inverso della resistenza termica totale
 (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	220
Estiva	26.0	1681	30.5	2111

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **-1169**.

Legenda

- Ti Temperatura interna
 Te Temperatura esterna
 Pi Pressione parziale interna
 Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: PARETE ESTERNA NUOVA
struttura:

Codice

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
Intonaco di calce e gesso	0.040	0.700		1400.0	19.300	21.230	0.057
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Polietilene esp. estr. retic.	0.050	0.048		33.000	0.965	1.061	1.042
Mattone pieno 1.1.01 (a) 140	0.140	0.777	5.550	1800.0	21.444	23.589	0.180
Malta di cemento	0.040	1.400		2000.0	6.433	7.077	0.029

	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA:	<input type="text" value="7.700"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA (*):	<input type="text" value="0.130"/>
	CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA:	<input type="text" value="25.000"/>	RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA (*):	<input type="text" value="0.040"/>
SPESSORE TOTALE:	TRASMITTANZA TOTALE (**):	<input type="text" value="0.410"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE:	<input type="text" value="1.66"/>
	TRASMITTANZA TOTALE ADOTTATA (***):	<input type="text" value="0.60"/>	RESISTENZA TERMICA TOTALE ADOTTATA:	<input type="text" value="1.66"/>

Legenda

- s Spessore strato
 λ Conduttività termica del materiale
 C Conduttanza unitaria
 ρ Massa volumica
 $\delta_{ax}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
 $\delta_{ux}10^{12}$ Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
 R Resistenza termica dei singoli strati
 (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
 (**) Inverso della resistenza termica totale
 (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZION E	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	186
Estiva				

- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **74.459**
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.
- * La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **768.00**

Legenda

- Ti Temperatura interna
 Te Temperatura esterna
 Pi Pressione parziale interna
 Pe Pressione parziale esterna

Tipo struttura: TETTO2

Codice struttura:

DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/m°C]	C [W/m²°C]	ρ [kg/m³]	$\delta_{ax}10^{12}$ [kg/msPa]	$\delta_{ux}10^{12}$ [kg/msPa]	R [m²°C/W]
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
Intercap. aria oriz.asc.	0.010	0.076		1.000	193.00	212.30	0.132
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004
vetro da finestra	0.004	1.000		2500.0	0.000	0.000	0.004

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA (*):

SPESSORE
TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE (**):

RESISTENZA
TERMICA TOTALE:

TRASMITTANZA
TOTALE ADOTTATA (**):

RESISTENZA TERMICA
TOTALE ADOTTATA:

Legenda

- s* Spessore strato
- λ* Conduttività termica del materiale
- C* Conduttanza unitaria
- ρ* Massa volumica
- $\delta_{ax}10^{12}$* Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50%
- $\delta_{ux}10^{12}$* Permeabilità al vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95%
- R* Resistenza termica dei singoli strati
- (*) Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**) Inverso della resistenza termica totale
- (***) Tenendo conto di eventuali incrementi di sicurezza o di strutture speciali (UNI 7357-74)

VERIFICA IGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale	20.0	1169	-8.0	217
Estiva	26.0	1681	32.0	2320

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]:

* La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a **0.00000** [kg/m²], tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.

* La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a DP [Pa]: **18.000**

Legenda

- Ti* Temperatura interna
- Te* Temperatura esterna
- Pi* Pressione parziale interna
- Pe* Pressione parziale esterna

Caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio

Tipo componente: x320

Codice componente:

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m°°C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	4.51	1.17	9.67	1.768	3.300		2.084

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

- Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: x250

Codice componente:

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m°°C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	3.65	0.92	7.85	1.768	3.300		2.078

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

- Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: vetrata sud
componente:

Codice

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m ² °C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	7.98	2.02	32.48	1.768	3.300		2.077

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: vetrata nord 1
componente:

Codice

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m ² °C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	18.10	3.10	48.28	1.768	3.300		1.992

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: vetrata nord 2
componente:

Codice

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m ² °C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	13.07	2.13	30.08	1.768	3.300		1.982

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: vetrata impluvio lun
componente:

Codice

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m ² °C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	20.30	3.20	45.68	1.768	3.300		1.976

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

Ag Area del vetro
Af Area del telaio
Lg Lunghezza della superficie vetrata
Kg Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
Kf Trasmittanza termica del telaio
Kl Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
Kw Trasmittanza termica totale del serramento
(* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
(**) Inverso della resistenza termica totale

Tipo componente: vetrata impluvio corta
componente:

Codice

DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Kg [W/m ² °C]	Kf [W/m ² °C]	Kl [W/m°°C]	Kw [W/m ² °C]
SERRAMENTO SINGOLO	6.99	1.41	19.88	1.768	3.300		2.025

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA (*):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE INTERNA:

RESISTENZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA(**):

CONDUTTANZA UNITARIA
SUPERFICIALE ESTERNA:

RESISTENZA TERMICA
TOTALE (**):

TRASMITTANZA
TOTALE:

Legenda

- Ag* Area del vetro
- Af* Area del telaio
- Lg* Lunghezza della superficie vetrata
- Kg* Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
- Kf* Trasmittanza termica del telaio
- Kl* Trasmittanza lineica (nulla in caso di vetro singolo)
- Kw* Trasmittanza termica totale del serramento
- (*)* Inverso delle conduttanze unitarie superficiali
- (**)* Inverso della resistenza termica totale

DATI CLIMATICI DELLA LOCALITA'

		Alt. [m.s.l.]	Lat. [Deg]	Grad Vert.	Rg vent	Zona vent	Mare [km]	V.vent [m/s]
Comune	TORINO	239	45.07	0.006	A	1		0.800
Provincia di riferimento	TORINO	239	45.07			1		0.800
2° Prov. per la radiazione solare	TORINO		45.07			0		

Andamento annuale delle temperature [°C] e delle irradiazioni solari [MJ/m²]

DESCRIZIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIUG	LUGL	AGOS	SETT	OTT	NOV	DIC
Temperatura	0.4	3.2	8.2	12.7	16.7	21.1	23.3	22.6	18.8	12.6	6.8	2.0
Irradiazione sul piano orizzontale	5.0	7.8	12.2	17.0	19.6	21.5	23.5	18.5	13.5	9.3	5.5	4.7
Irradiazione sul piano verticale Nord	1.8	2.5	3.7	5.5	7.6	9.1	9.1	6.3	4.2	2.9	1.9	1.5
Irradiazione sul piano verticale NE-NO	1.9	3.2	5.5	8.4	10.5	11.8	12.6	9.4	6.3	3.9	2.2	1.7
Irradiazione sul piano verticale Sud	9.0	10.8	11.9	11.2	9.8	9.5	10.6	10.7	11.2	11.6	9.2	9.6
Irradiazione sul piano verticale SE-SO	7.1	9.1	11.3	12.4	12.0	12.1	13.7	12.5	11.3	10.0	7.3	7.4
Irradiazione sul piano verticale E-O	4.1	6.1	8.9	11.7	12.9	13.9	15.4	12.5	9.6	7.1	4.4	4.0

DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Superfici esterne e volumi lordi

Piano	Lateral e [m ²]	Paviment o [m ²]	Tetto [m ²]	Volume [m ³]
PIANO IN	1765.5	125.5	121.1	2327
PIANO RI	501.4	397.3	19.2	2284
PIANO PR	536.5	15.0	161.4	1828
PIANO SE	386.7	6.5	264.7	979
SOTTOTET				

Superficie disperdente : **4300.6** [m²]
Volume edificio : **7418.7** [m³]
S/V : **0.58**

Esposizione dell'edificio

*Orientamento: 0= Nord , 90= Est , 180= Sud , 270= Ovest ;
Inclinazione: 0= tetti o soffitti , 90= pareti verticali , 180= porticati*

Unità di misura: [m]

Cod. :	Sud	Orientamen to:	18 0	Inclinazion e:	90 90
Cod. :	Ovest	Orientamen to:	27 0	Inclinazion e:	90 90
Cod. :	Nord	Orientamen to:		Inclinazion e:	90 90
Cod. :	Est	Orientamen to:	90	Inclinazion e:	90 90
Cod. :	Tetto piano esterno	Orientamen to:		Inclinazion e:	
Cod. :	Pavimento esterno	Orientamen to:		Inclinazion e:	180
Cod. :	N-NE	Orientamen to:	23	Inclinazion e:	90 90
Cod. :	S-SO	Orientamen to:	20 3	Inclinazion e:	90 90
Cod. :	Tetto Falda Sud	Orientamen to:	18 0	Inclinazion e:	20 20
Cod. :	Tetto Falda Nord	Orientamen to:		Inclinazion e:	20 20

TIPOLOGIE EDILIZIE PRESENTI NELL'EDIFICIO

Finestre: schermi solari

Descrizione	Rif	Descrizione schermo	Fc	Descrizione vetro	g
180x320	0		0.8 0		0.7 0
200x250	0		0.8 0		0.7 0
vetrata sud	0		0.8 0		0.7 0
vetrata nord 1	0		0.8 0		0.7 0
vetrata nord 2	0		0.8 0		0.7 0
vetrata impluvio lun	0		0.8 0		0.7 0
vetra impluvio corta	0		0.8 0		0.7 0

Finestre (seguito): permeabilità all'aria e oggetti

Descrizione	Serramento [m ³ /hm ²]	Cassonetto [m ³ /hm]	L.Cas. [m]	Orizzon. Prof. [m]	Orizzon. Dist. [m]	Vert. Dx Prof. [m]	Vert. Dx Dist. [m]	Vert. Sx Prof. [m]	Vert. Sx Dist. [m]
180x320									
200x250									
vetrata sud									
vetrata nord 1									
vetrata nord 2									
vetrata impluvio lun									
vetra impluvio corta									

Scambio termico con il terreno (UNI 10346)

Pavimento controterr	
Tipo: PAVIMENTO INTERRATO	
Codice di 1	
input:	
Codice della struttura pavimento	: PAVIMENTO PT
Codice della struttura muraria perimetrale	: DIVISORIO
	INTERNO
Area	: 110.0 [m ²]
Perimetro scambiante	: 72.04 [m]
Lambda del terreno	: 2.000 [W/m°C]
Profondità pavimento al di sotto del livello del terreno	: -3.00 [m]
Coefficiente di accoppiamento termico in regime	: [W/°C]

stazionario

Coefficiente volumico di dispersione termica per trasmissione CD

Valore di progetto : [W/m³°C
0.39]
Valore massimo consentito dalle norme : [W/m³°C
vigenti **0.42**]

Numero di volumi d'aria ricambiati in un'ora

Zona : **SCUOLA**

Valore di progetto calcolato secondo UNI 10344 : **0.60** [Vol
/h]

Valore minimo imposto da norme specifiche se esistenti : [Vol
/h]

Ventilazione meccanica

Portata d'aria di ricambio : [Vol/h]

Portata d'aria circolante attraverso apparecchiature di recupero di calore : [Vol
/h]

Rendimento termico delle apparecchiature di recupero di calore : [%]

Valore dei rendimenti medi stagionali di progetto

Rendimento di produzione	: 118.01 [%]
Rendimento di regolazione	: 89.05 [%]
Rendimento di distribuzione	: 95.00 [%]
Rendimento di emissione	: 97.00 [%]

Valore del rendimento globale medio stagionale

Valore di progetto	: 96.68 [%]
Valore minimo imposto dal regolamento	: 70.50 [%]

Fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale

Valore di progetto	: 33.09 [kJ/m ³ g °C] calcolato secondo UNI 10344
Valore limite	: 81.01 [kJ/m ³ g °C] art. 8 c.7 del regolamento.

g) ELEMENTI CHE MOTIVANO DEROGHE A NORME FISSATE DAL REGOLAMENTO

h) VALUTAZIONI PER L'UTILIZZO DELLE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

i) DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

VEDERE ELABORATI COSTITUENTI IL PROGETTO ESECUTIVO DELL'OPERA DI CUI LA PRESENTE COSTITUISCE PARTE INTEGRANTE

l) DICHIARAZIONE DI RISPONDEZZA

Il sottoscritto EMILIO BARBERIS iscritto all'albo dell'ordine degli ingegneri della provincia di SAVONA, iscrizione n. 1220

a conoscenza delle sanzioni previste dall'art. 34 comma 3 della legge 9 gennaio 1991 n. 10, dichiara sotto la propria personale responsabilit  che:

a) il progetto relativo alle opere di cui sopra e` rispondente alle prescrizioni contenute nella legge 9 gennaio 1991 n. 10 e nei suoi regolamenti attuativi, in particolare al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, relativo alla progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici.

b) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

Data:25/01/2006

Il progettista

ALLEGATO

RELAZIONE SUL CALCOLO

NORME UNI UTILIZZATE

CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA	UNI 10344
TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI FINESTRATI	UNI 10345
SCAMBI DI ENERGIA TRA TERRENO ED EDIFICIO	UNI 10346
ENERGIA TERMICA SCAMBIATA DALLE TUBAZIONI	UNI 10347
RENDIMENTO DEI SISTEMI DI RISCALDAMENTO	UNI 10348
DATI CLIMATICI	UNI 10349
CONDUTTIVITA' TERMICA E PERMEABILITA' AL VAPORE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE MURATURE E SOLAI	UNI 10351
VALORI DELLA RESISTENZA TERMICA E METODO DI CALCOLO	UNI 10355
ISOLAMENTO DEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO DEGLI EDIFICI	UNI 10376
FABBISOGNO ENERGETICO CONVENZIONALE NORMALIZZATO	UNI 10379

CALCOLO DEL FABBISOGNO

DELLA ZONA: SCUOLA

Superficie calpestabile: **883.89** [m²] Superficie netta disperdente: **2405.20** [m²] Volume netto riscaldato: **4130.79** [m³]

COMPONENTI EDILIZI CHE DELIMITANO LA ZONA

Componenti opachi confinanti con l'esterno

Cod.	Descrizione	Esposizione	S.Lorda [m ²]	S.Netta [m ²]	K W/m ² °C	Ht [W/°C]	Fer	Fo	Fa	Ae [m ²]
	DIVISORIO INTERNO	Sud	9.75	9.75	1.928	18.79	1.00	1.00	1.00	1.46
	DIVISORIO INTERNO	Sud	58.56	58.56	1.928	112.8	1.00	1.00	1.00	8.80
	DIVISORIO INTERNO	Sud	87.24	87.24	1.928	168.1	1.00	1.00	1.00	13.10
	MURO MATTONI PIENI	Sud	69.95	69.95	0.589	41.22	1.00	1.00	1.00	0.99
	PARETE CA	Sud	46.31	46.31	1.820	84.30	1.00	1.00	1.00	6.57
	PARETE CA CONTROTERR	Sud	153.47	153.47	2.404	368.9	1.00	1.00	1.00	28.75
	PARETE ESTERNA NUOVA	Sud	1.15	1.15	0.603	0.69	1.00	1.00	1.00	0.02
	PARETE ESTERNA NUOVA	Sud	0.91	0.91	0.603	0.55	1.00	1.00	1.00	0.01
	DIVISORIO INTERNO	Ovest	4.94	4.94	1.928	9.52	1.00	1.00	1.00	0.74
	DIVISORIO INTERNO	Ovest	11.38	11.38	1.928	21.94	1.00	1.00	1.00	1.71
	DIVISORIO INTERNO	Ovest	12.76	12.76	1.928	24.60	1.00	1.00	1.00	1.92
	MURO MATTONI PIENI	Ovest	90.35	90.35	0.589	53.24	1.00	1.00	1.00	1.28
	MURO MATTONI PIENI	Ovest	45.14	45.14	0.589	26.60	1.00	1.00	1.00	0.64
	MURO MATTONI PIENI	Ovest	27.84	27.84	0.589	16.40	1.00	1.00	1.00	0.39
	PARETE CA	Ovest	19.54	19.54	1.820	35.57	1.00	1.00	1.00	2.77
	PARETE CA CONTROTERR	Ovest	87.22	87.22	2.404	209.6	1.00	1.00	1.00	16.34
	PARETE ESTERNA NUOVA	Ovest	38.04	38.04	0.603	22.95	1.00	1.00	1.00	0.55
	PARETE ESTERNA NUOVA	Ovest	17.96	17.96	0.603	10.84	1.00	1.00	1.00	0.26
	DIVISORIO INTERNO	Nord	30.28	30.28	1.928	58.36	1.00	1.00	1.00	4.55
	DIVISORIO INTERNO	Nord	9.60	9.60	1.928	18.51	1.00	1.00	1.00	1.44
	DIVISORIO INTERNO	Nord	40.81	40.81	1.928	78.67	1.00	1.00	1.00	6.13
	DIVISORIO INTERNO	Nord	81.11	81.11	1.928	156.3	1.00	1.00	1.00	12.18
	MURO MATTONI PIENI	Nord	0.85	0.85	0.589	0.50	1.00	1.00	1.00	0.01
	MURO MATTONI PIENI	Nord	68.71	68.71	0.589	40.49	1.00	1.00	1.00	0.97
	MURO MATTONI PIENI	Nord	57.80	57.80	0.589	34.06	1.00	1.00	1.00	0.82
	PARETE CA	Nord	27.64	27.64	1.820	50.32	1.00	1.00	1.00	3.92
	PARETE CA CONTROTERR	Nord	33.01	33.01	2.404	79.35	1.00	1.00	1.00	6.18
	DIVISORIO INTERNO	Est	11.38	11.38	1.928	21.93	1.00	1.00	1.00	1.71
	DIVISORIO INTERNO	Est	17.19	17.19	1.928	33.13	1.00	1.00	1.00	2.58
	MURO MATTONI PIENI	Est	92.14	92.14	0.589	54.29	1.00	1.00	1.00	1.30
	MURO MATTONI PIENI	Est	57.22	57.22	0.589	33.72	1.00	1.00	1.00	0.81
	MURO MATTONI PIENI	Est	27.32	27.32	0.589	16.10	1.00	1.00	1.00	0.39
	PARETE CA	Est	35.31	35.31	1.820	64.28	1.00	1.00	1.00	5.01
	PARETE CA CONTROTERR	Est	85.80	85.80	2.404	206.2	1.00	1.00	1.00	16.07
	PARETE ESTERNA NUOVA	Est	24.50	24.50	0.603	14.78	1.00	1.00	1.00	0.35
	PARETE ESTERNA NUOVA	Est	12.92	12.92	0.603	7.79	1.00	1.00	1.00	0.19
	TETTO1	Tetto piano esterno	30.39	30.39	0.432	13.12	0.80	1.00	1.00	0.25
	TETTO CA	Tetto piano esterno	29.40	29.40	2.176	63.99	0.80	1.00	1.00	1.23
	TETTO CA	Tetto piano esterno	22.64	22.64	2.176	49.28	0.80	1.00	1.00	0.95
	PAVIMENTO PT	Pavimento esterno	295.72	295.72	0.724	214.0				
	SOFFITTO PT	Pavimento esterno	2.29	2.29	0.599	1.37				
	MURO MATTONI PIENI	N-NE	9.62	9.62	0.589	5.67	1.00	1.00	1.00	0.14
	MURO MATTONI PIENI	N-NE	6.77	6.77	0.589	3.99	1.00	1.00	1.00	0.10
	MURO MATTONI PIENI	N-NE	3.74	3.74	0.589	2.20	1.00	1.00	1.00	0.05
	TETTO1	Tetto Falda Sud	46.01	46.01	0.432	19.87	0.90	1.00	1.00	0.43
	TETTO1	Tetto Falda Sud	76.13	76.13	0.432	32.87	0.90	1.00	1.00	0.71
	TETTO2	Tetto Falda Sud	10.53	10.53	3.199	33.69	0.90	1.00	1.00	0.73
	TETTO1	Tetto Falda Nord	51.91	51.91	0.432	22.41	0.90	1.00	1.00	0.48
	TETTO1	Tetto Falda Nord	74.59	74.59	0.432	32.21	0.90	1.00	1.00	0.70
	TETTO2	Tetto Falda Nord	10.54	10.54	3.199	33.71	0.90	1.00	1.00	0.73

Totale Ht: **2724.17**

Superfici trasparenti

Cod.	Descrizione	Esposizione	Pi	N°	S [m²]	K W/m²°C	Ht [W/°C]	Alt. [m]	X [De g]	Fo	Fa	Ae [m²]
	200x250	Sud	0	3	13.68	2.08	28.43	2.50		1.00	1.00	6.13
	vetrata sud	Sud	0	3	74.94	2.08	155.63	5.00		1.00	1.00	33.57
	vetrata impluvio lun	Sud	0	1	12.00	1.98	23.72	4.70		1.00	1.00	5.78
	vetra impluvio corta	Ovest	0	1	8.40	2.03	17.01	2.40		1.00	1.00	3.90
	180x320	Nord	0	2	11.36	2.08	23.68	3.20		1.00	1.00	5.03
	vetrata nord 1	Nord	0	1	21.20	1.99	42.23	4.00		1.00	1.00	10.09
	vetrata nord 2	Nord	0	1	15.20	1.98	30.13	4.00		1.00	1.00	7.32
	vetrata impluvio lun	Nord	0	1	12.00	1.98	23.72	4.70		1.00	1.00	5.78
	vetra impluvio corta	Est	0	1	8.40	2.03	17.01	2.40		1.00	1.00	3.90

Totale Ht: **361.57**

Locali non riscaldati

Descrizione: CANTINA

Confine	Tipo	Cod	Descrizione	K - K lin	N°	Sup. L [m²]	Sup. N [m²]	L [m]	φ [m³/s]	Hiu W/°C	Hue W/°C
Zona risca	Parete	2	DIVISORIO INTERNO	1.93	0	6.49	6.49			12.51	
Esterno	Parete	4	MURO MATTONI PIENI	0.59	0	37.13	37.13				21.88
Esterno	Parete	11	PARETE MAT. CONTROTERRA	0.59	0	199.65	199.65				117.4
Esterno	Ventilazione				0				521.3		173.7

Totale	12.51	313.0
HIE-Zona	12.03 [W/°C]	
HIE	12.03 [W/°C]	

Locali non riscaldati

Descrizione: sottotetto

Confine	Tipo	Cod	Descrizione	K - K lin	N°	Sup. L [m²]	Sup. N [m²]	L [m]	φ [m³/s]	Hiu W/°C	Hue W/°C
Esterno	Parete	2	DIVISORIO INTERNO	1.93	0	28.04	28.04				54.04
Zona risca	Parete	2	DIVISORIO INTERNO	1.93	0	32.92	32.92			63.46	
Esterno	Parete	3	TETTO1	0.43	0	24.81	24.81				10.71
Zona risca	Parete	3	TETTO1	0.43	0	22.23	22.23			9.60	
Esterno	Parete	4	MURO MATTONI PIENI	0.59	0	9.94	9.94				5.85
Esterno	Finestra	7	vetra impluvio corta	2.03	1	8.37	8.37				16.96
Esterno	Ventilazione				0				29.48		9.83

Totale	73.06	97.40
HIE-Zona	41.74 [W/°C]	

HIE 41.74 [W/°C]

VENTILAZIONE ED INFILTRAZIONI

Valore convenzionale (UNI 10344 prospetto II)

Tipo schermatura : PARZIALMENTE SCHERMATO
Permeabilita' dei serramenti : MEDIA
Ricambi d'aria : 0.60[Vol/h]

Riepilogo

Ricambio d'aria totale (valore medio nelle 24 ore)	0.60	[Vol/h]
Coefficiente di dispersione per ventilazione (Hv)	826.16	[W/°C]

RIEPILOGO GENERALE DEI FATTORI DI DISPERSIONE VERSO L'ESTERNO (esclusi pavimenti su terreno e locali a temperatura fissata)

$\delta T = T \text{ interna operante} - T \text{ esterna}$	[W/°C]
Superfici opache esterne e porte	2724.2
Finestre e superfici trasparenti esterne	361.6
Ponti termici esterni	
Attraverso locali non riscaldati	53.8
Ventilazione ed infiltrazioni	826.2
TOTALE Hest.:	3965.7

RIEPILOGO DELL'IRRAGGIAMENTO [MJ]

Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE ORIZZ. Aei = 2.43 [m²]												
700	400	354	376	530	918	1238						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE Sud Aei = 61.56 [m²]												
22138	16992	18321	17176	18617	22711	20685						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE E-O Aei = 55.01 [m²]												
12107	7261	6821	6992	9395	15177	19308						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE NO-NE Aei = 0.28 [m²]												
34	19	15	17	26	49	72						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE Nord Aei = 38.12 [m²]												
3427	2173	1772	2127	2668	4372	6289						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Qse] TOTALE IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI OPACHE												

38406	26845	27283	26688	31236	43226	47592					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI TRASPARENTI Sud Aei = 45.48 [m²]											
16355	12553	13535	12689	13753	16778	15282					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI TRASPARENTI E-O Aei = 7.81 [m²]											
1719	1031	968	992	1334	2154	2741					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI TRASPARENTI Nord Aei = 28.22 [m²]											
2537	1608	1312	1575	1975	3237	4656					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qsi] TOTALE IRRAGGIAMENTO SULLE SUPERFICI TRASPARENTI											
20610	15192	15815	15256	17062	22169	22678					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
TOTALE IRRAGGIAMENTO Qs											
59017	42036	43099	41944	48298	65395	70270					

CARICHI INTERNI

TIPO DI CARICO	[MJ/m ²]	Totale [MJ]
----------------	----------------------	-------------

TOTALE [MJ]

CAPACITÀ TERMICA

Codice Strutt.	Descrizione Struttura	Tipo	Sup. [m²]	Cp [kJ/°Cm²]	C.Tot. [kJ/°C]
2	DIVISORIO INTERNO	Parete Esterna non isolata	414.40	17.7	7337.87
3	TETTO1	Parete Esterna isolata	301.26	11.6	3492.22
4	MURO MATTONI PIENI	Parete Esterna non isolata	557.45	110.8	61761.1
6	PAVIMENTO PT	Parete Esterna non isolata	295.72	142.2	42064.1
7	SOFFITTO PT	Parete Esterna non isolata	2.29	128.9	295.17
9	PARETE CA	Parete Esterna non isolata	128.80	173.2	22314.8
10	PARETE CA CONTROTERRA	Parete Esterna non isolata	359.49	173.2	62282.1
12	TETTO CA	Parete Esterna non isolata	52.04	173.2	9016.50
13	PAVIMENTO SCALA	Parete Esterna non isolata	33.20	142.2	4723.22
15	PARETE ESTERNA NUOVA	Parete Esterna isolata	95.49	110.8	10579.8
16	TETTO2	Parete Esterna non isolata	21.07	33.6	708.03
2	DIVISORIO INTERNO	Parete Interna o solaio non isolato	944.05	8.9	8358.26
3	TETTO1	Parete Interna o solaio isolato	104.86	11.6	1215.57
7	SOFFITTO PT	Parete Interna o solaio non isolato	306.61	128.9	39525.4
8	PAVIMENTO NUOVO	Parete Interna o solaio non isolato	106.65	123.2	13141.7
9	PARETE CA	Parete Interna o solaio non isolato	114.36	173.2	19812.6

Capacità termica totale	306629 [kJ/°C]
Coefficiente dispersione termica globale (Hk)	[W/°C]
Costante di tempo (tc)	21.0 [h]

RIEPILOGO DELLA ZONA

Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[dTe] DELTA T CON L'ESTERNO T - TEM [°C]											
7.40	13.20	18.00	19.60	16.80	11.80	7.30					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[N] NUMERO GIORNI DEL MESE											
31	30	31	31	28	31	30					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qest] SCAMBIO CON L'ESTERNO 86400 x N x dTe x Hest [MJ]											
78600	135683	191190	208184	161175	125335	75037					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[QL] TOTALE DISPERSIONI Qest + Qg + Qa [MJ]											
78600	135683	191190	208184	161175	125335	75037					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
TOTALE IRRAGGIAMENTO Qs [MJ]											
59017	42036	43099	41944	48298	65395	70270					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
TOTALE APPORTI GRATUITI (Sorgenti Interne [Qi] 0.0) [MJ]											
59017	42036	43099	41944	48298	65395	70270					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
GAMMA											
0.51	0.14	0.10	0.08	0.13	0.27	0.83					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Eu] FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEGLI APPORTI GRATUITI											
0.88	0.99	1.00	1.00	0.99	0.96	0.76					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Fig] FATTORE DI RIDUZIONE DELL'APPORTO DELLE SORGENTI INTERNE E SOLARI t' = 9.90 t'' = 8.40											
0.96	0.97	0.98	0.99	0.98	0.97	0.96					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Fil] FATTORE DI RIDUZIONE DELL'ENERGIA DISPERSA PER TRASMISSIONE E VENTILAZIONE N'ag = 6 N'dg = 4											
0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qh] FABBISOGNO IN REGIME CONTINUO = (QL-Qse)-Eu·(Qi+Qsi) [MJ]											
21990	93784	148155	166286	113012	60735	10176					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qhvs] FABBISOGNO IN CONDIZIONI REALI (Intermittenza) = k·[Fil·(QL-Qse)-Eu·Fig·(Qsi+Qi)] [MJ] k = 1.01											
18367	83285	132883	149612	100831	52974	7871					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qhr] FABBISOGNO (Intermittenza) = Qhvs/(Ee·Ec) + Qh2o [MJ] Ee = 0.97 Ec = 0.71 Qh2o = 2018.9											
28754	97738	150546	167919	117283	68312	15487					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qhr-24] FABBISOGNO (24 ore) = Qh/(Ee·Ec) + Qh2o [MJ] Ee = 0.97 Ec = 0.71 Qh2o = 2018.9											

34027	109805	167616	186407	131208	78023	19431						
-------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	--	--	--	--	--	--

CALCOLO DEL FABBISOGNO GLOBALE DELL'EDIFICIO

SISTEMA DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA

Generatore a pompa di calore

POMPA DI CALORE AD : **Chimica**
ENERGIA
Modello **Pompa di calore 68 KW** Numero di generatori: **0**
:
Fluido **Acqua** Combustibil **METANO**
vettore: e:
Potenza nominale utile del sistema di produzione : **68000.0** [W]
La temperatura della sorgente esterna e' : **Variabile** [°C]
Coefficiente di effetto utile : **1.40**
Temperatura nominale di misura : **10.00** [°C]

RIEPILOGO GENERALE (Funzionamento continuo)

Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[TotQhr-24] FABBISOGNO TOTALE ZONE = Somma Qhr-24 [MJ]												
34027	109805	167616	186407	131208	78023	19431						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Ed] RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE UNI 10348 PROSPETTO IV - TIPO EDIFICIO A												
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Qp] ENERGIA TERMICA FORNITA DAL SISTEMA DI PRODUZIONE = TotQhr/Ed [MJ]												
35818	115584	176438	196218	138113	82130	20454						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Cp] FATTORE DI CARICO UTILE [%]												
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Etu] RENDIMENTO TERMICO UTILE MEDIO MENSILE [%]												
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Ep] RENDIMENTO DI PRODUZIONE MEDIO MENSILE [%]												
147.86	129.68	112.68	106.57	117.12	134.29	148.16						
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr						
[Q] FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA = Qp/Ep [MJ]												
24224	89132	156579	184126	117929	61161	13806						

I valori sono riferiti all'impianto funzionante in regime continuo (UNI 10379)

RISULTATI FINALI E VERIFICA DI LEGGE

Fabbisogno totale stagionale :	: 646957	[MJ]
Volume riscaldato	: 7418.7	[m ³]
Numero di giorni del periodo di riscaldamento	: 183	[g]
Differenza di temperatura media stagionale	: 14.4	[°C]
Fabbisogno energetico normalizzato (FEN)	: 33.093	[kJ/m³ g°C]
Calcolo del FEN Limite		
Coefficiente di dispersione volumica limite (CD _{limite})	: 0.421	[W/m ³ °C]
Numero di ricambi d'aria (valore medio nelle 24 h)	: 1.03	[Vol/h]
Irradianza solare media sul piano orizzontale	: 81.40	[W/m ²]
Apporti gratuiti interni	: 0.86	[W/m ³]
Coefficiente di utilizzazione apporti gratuiti	: 0.941	
Rendimento globale, valore minimo richiesto	: 70.50	[%]
FEN_{limite} (valore massimo ammesso)	: 81.008	[kJ/m³ g°C]

VERIFICA DELL' ARTICOLO 7 COMMA 7 DEL DPR 412

Installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente

Mese di maggiore insolazione	: Marzo	
Radiazione solare	: 65394.75	[MJ]
Carichi interni	:	[MJ]
Fabbisogno di energia primaria	: 61160.55	[MJ]

$$\frac{Q_s + Q_i}{Q} = 1.07 > 0.2$$

Pertanto e' richiesta l'installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura.

RIEPILOGO GENERALE (Funzionamento intermittente)

Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[TotQhr] FABBISOGNO TOTALE ZONE = Somma Qhr [MJ]											
28754	97738	150546	167919	117283	68312	15487					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Ed] RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE UNI 10348 PROSPETTO IV - TIPO EDIFICIO A											
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Qp] ENERGIA TERMICA FORNITA DAL SISTEMA DI PRODUZIONE = TotQhr/Ed [MJ]											
30267	102882	158470	176757	123455	71907	16302					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Cp] FATTORE DI CARICO UTILE [%]											
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Etu] RENDIMENTO TERMICO UTILE MEDIO MENSILE [%]											
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Ep] RENDIMENTO DI PRODUZIONE MEDIO MENSILE [%]											
147.86	129.68	112.68	106.57	117.12	134.29	148.16					
Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr					
[Q] FABBISOGNO ENERGIA PRIMARIA = Qp/Ep [MJ]											
20470	79337	140633	165864	105413	53548	11003					

I valori sono riferiti all'impianto funzionante in regime intermittente o attenuato

Valore dei rendimenti medi stagionali di progetto

- rendimento di regolazione	[%]	: 89.05
- rendimento di distribuzione	[%]	: 95.00
- rendimento di emissione	[%]	: 97.00
- rendimento di produzione	[%]	: 118.01

Valore del rendimento globale medio stagionale

- valore di progetto	[%]	: 96.68
- valore minimo imposto dal regolamento	[%]	: 70.50

VERIFICHE IDRAULICHE

PREMESSA

Le verifiche idrauliche delle reti di distribuzione dei fluidi termovettori (acqua) sono eseguite con il metodo di seguito illustrato.

Tale metodologia di calcolo, sebbene non raffinatissima, consente un corretto dimensionamento delle condotte, con approssimazioni in favore della sicurezza.

Perdite di carico distribuite:

Le perdite di carico per attrito nelle tubazioni devono essere calcolate mediante la formula di Hazen Williams:

$$p = \frac{6,05 \times Q^{1,85} \times 10^3}{C^{1,85} \times d^{4,87}}$$

dove:

p è la perdita di carico unitaria, in millimetri di colonna d'acqua al metro di tubazione;

Q è la portata, in litri al minuto;

C è la costante dipendente dalla natura del tubo che deve essere assunta uguale a:

- 100 per tubi di ghisa;
 - 120 per tubi di acciaio;
 - 140 per tubi di acciaio inossidabile, in rame e ghisa rivestita;
 - 150 per tubi di plastica, fibra di vetro e materiali analoghi;
- d è il diametro interno medio della tubazione, in millimetri.

Perdite di carico localizzate:

Le perdite di carico localizzate dovute ai raccordi, curve, pezzi a T e raccordi a croce, attraverso i quali la direzione di flusso subisce una variazione di 45° o maggiore e alle valvole di intercettazione e di non-ritorno, devono essere trasformate in "lunghezza di tubazione equivalente" come specificato nel prospetto seguente ed aggiunte alla lunghezza reale della tubazione di uguale diametro e natura.

Tipo di accessorio	DN											
	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
	lunghezza di tubazione equivalente m											
Curva a 45°	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	0,9	1,2	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9
Curva a 90°	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	3,0	3,6	4,2	5,4	6,6	8,1
Curva a 90° a largo raggio	0,6	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	2,7	3,9	4,8	5,4
Pezzo a T o raccordo a croce	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	15,0	18,0
Saracinesca	-	-	-	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
Valvola di non ritorno	1,5	2,1	2,7	3,3	4,2	4,8	6,6	8,3	10,4	13,5	16,5	19,5
Nota - Il prospetto è valido per coefficiente di Hazen Williams C = 120 (accessori di acciaio); per accessori di ghisa (C = 100) i valori ivi specificati devono essere moltiplicati per 0,713; per accessori di acciaio inossidabile, di rame e di ghisa rivestita (C = 140) per 1,32; per accessori di plastica e analoghi (C = 150) per 1,51.												

Nella determinazione delle perdite di carico localizzate si deve inoltre tener presente che:

- quando il flusso attraversa un pezzo a T o un raccordo a croce senza cambio di direzione, le relative perdite di carico possono essere trascurate;
- quando il flusso attraversa un pezzo a T o un raccordo a croce in cui, senza cambio di direzione, si ha una riduzione della sezione di passaggio, deve essere presa in considerazione la "lunghezza equivalente" relativa alla sezione di uscita (la minore) del raccordo medesimo;
- quando il flusso subisce un cambio di direzione (curva, pezzo a T o raccordo a croce), deve essere presa in conto la "lunghezza equivalente" relativa alla sezione di uscita.

A seguire sono riportate le tabelle di verifica delle varie reti.

IMPIANTO ANTINCENDIO

Verifica circuito in progetto

Installati: n° 4 naspi UNI 25
Portata richiesta: 25 l/min cad
Pressione residua richiesta: 1,5 [kg/cm²]
Contemporaneità: 100%
Pressione disponibile: 4 [kg/cm²]
Alimentazione: allaccio diretto all'acquedotto comunale

CALCOLO PERDITE DI CARICO RETI IDRANTI

(ai sensi della norma UNI 10779/98 - APPENDICE "C")

PERDITE DI CARICO SULLA RETE

TRATTO	DN	Mat. tub.	COEFF C	PORTATA "Q"		VEL. [m/s]	PERD. DI CARICO [mm c.a./m]	LUNGH. REALE [m]	LUNGH. EQUIVAL. [m]	COLON. D'ACQUA [m]	PERDITE DI CARICO TOTALI	
	TUBAZ. [mm]			[l/min.]	[m ³ /h]						[m c.a.]	[kg/cm ²]
1	40	Acciaio	120	140	8,4	1,857	126,93	8	15	-3	-0,081	-0,0081
2	40	Pead	150	140	8,4	1,857	84,00	30	3	0	2,772	0,2772
3	40	Acciaio	119	140	8,4	1,857	128,91	2	3	2	2,645	0,2645
4	40	Acciaio	120	105	6,3	1,393	74,55	4	1	4	4,373	0,4373
5	40	Acciaio	120	70	4,2	0,928	35,21	6	1	6	6,246	0,6246
6	40	Acciaio	120	35	2,1	0,464	9,77	3,5	1	3	3,044	0,3044
7	25	Acciaio	120	35	2,1	1,188	96,34	1	5	0	0,578	0,0578
TOT.											19,577	1,9577

IMPIANTO DISTRIBUZIONE RISCALDAMENTO

	N° COLLETTORE	Diam. TUBAZIONE mm	MATERIALE TUBAZIONE		PORTATA "Q"		VELOCITA' DI FLUSSO m/sec	PERDITE DI CARICO mm.c.a./m	LUNGH. REALE m	LUNGH. EQUIVAL. m	TOTALE PERDITE DI CARICO m.c.a.			
			TUBAZIONE	COEFF. "C"	(PEAD/ACCIAIO)	COEFF. "C"							lt/h	mc/h
scala	20	20	acciaio	120	383,16	0,38	0,34	12,27	26	7,8	0,41	0,041		
	20	20	acciaio	120	287,37	0,29	0,25	7,21	9	2,7	0,08	0,008		
	20	20	acciaio	120	191,58	0,19	0,17	3,40	12	3,6	0,05	0,005		
	20	20	acciaio	120	95,79	0,10	0,08	0,94	8	2,4	0,01	0,001		
		pannello										2,00	0,200	
											0,256			

	N° COLLETTORE	Diam. TUBAZIONE mm	MATERIALE TUBAZIONE		PORTATA "Q"		VELOCITA' DI FLUSSO m/sec	PERDITE DI CARICO mm.c.a./m	LUNGH. REALE m	LUNGH. EQUIVAL. m	TOTALE PERDITE DI CARICO m.c.a.			
			TUBAZIONE	COEFF. "C"	(PEAD/ACCIAIO)	COEFF. "C"							lt/h	mc/h
colonna1	40	40	acciaio	120	7239,47	7,24	1,60	96,41	12	14	2,51	0,251		
	40	40	acciaio	120	6344,21	6,34	1,40	75,52	8	2,4	0,79	0,079		
	40	40	acciaio	120	5426,84	5,43	1,20	56,57	12	3,6	0,88	0,088		
	40	40	acciaio	120	4476,32	4,48	0,99	39,62	9	2,7	0,46	0,046		
	40	40	acciaio	120	3525,79	3,53	0,78	25,47	14	4,2	0,46	0,046		
colonna 2	40	40	acciaio	120	3142,63	3,14	0,70	20,59	24	7,2	0,64	0,064		
	40	40	acciaio	120	2254,74	2,25	0,50	11,14	9	2,7	0,13	0,013		
	40	40	acciaio	120	1366,84	1,37	0,30	4,41	12	3,6	0,07	0,007		
	25	25	acciaio	120	320,53	0,32	0,18	2,98	8	2,4	0,03	0,003		
		pannello										2,00	0,200	
											0,797			

PRIMARIO ACS dT10

TRATTO N°	Diam. TUBAZIONE mm	MATERIALE TUBAZIONE		PORTATA "Q"		VELOCITA' DI FLUSSO m/sec	PERDITE DI CARICO mm.c.a./m	LUNGH. REALE m	LUNGH. EQUIVAL. m	TOTALE PERDITE DI CARICO m.c.a.		
		TUBAZIONE	COEFF. "C"	(PEAD/ACCIAIO)	COEFF. "C"	lt/min	mc/h				kg/cmq	
	25	acciaio	120			35,00	2,10	1,19	96,34	10	1,93	0,193
SCAMB.											2,00	0,200
											0,393	

IMPIANTO RICIRCOLO ACQUA SANITARIA

dT10

TRATTO N°	Diam. TUBAZIONE mm	MATERIALE TUBAZIONE		PORTATA "Q"		VELOCITA' DI FLUSSO m/sec	PERDITE DI CARICO mm.c.a./m	LUNGH. REALE m	LUNGH. EQUIVAL. m	TOTALE PERDITE DI CARICO m.c.a.			
		TUBAZIONE	COEFF. "C"	(PEAD/ACCIAIO)	COEFF. "C"	lt/min	mc/h				kg/cmq		
RICIRCOLO	15	PEX	150			8,00	0,48	0,75	50,02	40	15	2,75	0,275

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO GAS

Calcolo delle perdite di carico gas

metano

Rete di bassa pressione

Espressione di calcolo:

$\Delta P = (\lambda \cdot V^2 \cdot \gamma / 200 \cdot D_i) \cdot L$
essendo

$\lambda = \lambda_1 + (b/D_i)$

$\lambda_1 = 0,0072 + (0,612/Re^{0,35})$

$b = 2,9E-$

$\cdot Re^{0,109}$

dove:

λ = coeff. d'attrito

γ = massa specifica alla P_n [kg/mc] = 0,775

L = lunghezza virtuale di tubazione [m]

Q = portata alla pressione normale [Nmc/h]

D_i = diametro della tubazione [mm]

z = viscosità cinematica gas [mq/sec] = 1,63E-05

Re = numero di Reynolds

V = velocità del gas [m/sec]

TRATTO	L	Q	D _i	V	Re	b	λ _{a1}	λ _a	ΔP
N°	[m]	[Nmc/h]	[mm]	[m/sec]					[mbar]
1	30	4,800	50	0,679	2085	0,00007	0,0494	0,0507	0,054
2	22	4,800	55	0,561	1895	0,00007	0,0508	0,0520	0,025
3	5	4,800	50	0,679	2085	0,00007	0,0494	0,0507	0,009
4	30	0,800	16	1,105	1086	0,00006	0,0602	0,0641	0,569
5	20	4,800	40	1,061	2606	0,00007	0,0462	0,0479	0,105
								TOT.	0,762

VERIFICHE AERAILICHE
CALCOLO PORTATE ARIA

PIANO RIALZATO

V.M.VITTORIA									V. P. AMEDEO								
	m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SE Z	m/s		m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SEZ	m/s
AB	3,20	3,00	9,60	4,00	38,40	38,40	10	2,00	AB	3,20	3,00	9,60	4,00	38,40	38,40	10	2,00
B	2,60	3,00	7,80	8,00	62,40	100,80	10	5,50	B	2,20	3,00	6,60	8,00	52,80	91,20	10	5,00
B	2,60	3,00	7,80	8,00	62,40	163,20	10	8,00	B	3,00	3,00	9,00	8,00	72,00	163,20	10	8,00
					200,40		10	11,00	DEP	3,00	3,00	9,00	4,00	36,00	199,20	10	
AB	3,10	3,00	9,30	4,00	37,20	37,20	10	2,00						199,20		10	8,00
					200,40		10x20	5,00						199,20		10x20	4,00

PIANO PRIMO

V.M.VITTORIA									V. P. AMEDEO								
	m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SE Z	m/s		m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SEZ	m/s
AB			30,50	4,00	122,00	122,00	20	1,00	AB			30,50	4,00	122,00	122,00	20	1,00
B	10,5	3,40	35,70	8,00	285,60	407,60	20	3,50	B	10,50	3,40	35,70	8,00	285,60	407,60	20	3,50
					407,60		20	3,50						407,60		20	3,50
					608,00		20x20	6,00						606,80		20x20	5,50

PIANO SECONDO

V.M.VITTORIA									V. P. AMEDEO								
	m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SE Z	m/s		m ^q	h	mc	vol/h	tot	prog	SEZ	m/s
AB	2,50	2,60	6,50	4,00	26,00	26,00	10	0,50	AB	13,50	2,60	35,10	4,00	140,40	140,40	20	1,00
B	2,40	2,60	6,24	8,00	49,92	75,92	10	2,70	B	11,50	2,60	29,90	8,00	239,20	379,60	20	3,50
					75,92		10	2,70						379,60		20	3,50
TOTALI COLONNE					683,92		20x20	6,50						986,40		20x20	6,00

IMPIANTO ESTRAZIONE SERVIZI LATO V. M.VITTORIA

V. M.VITTORIA																									
bocch	mc/h	diam	reg.	pa	tratt	mc/h	diam	m/s	pa/m	m	dpa	tot	bocch	mc/h	diam	reg.	pa	tratt	mc/h	diam	m/s	pa/m	m	dpa	
boc 1	40	10	-6,5	50							0,0	50,0												0,0	
						40	10	1,5	0,35	1,4	0,5	0,5												0,0	
boc 2	63	10	0,0	50							0,0	50,0												0,0	
						103	10	3,5	2,00	1,6	3,2	3,2												0,0	
boc 3	63	10	-1,0	54							0,0	54,0												0,0	
						166	10	6,5	5,00	0,6	3,0	3,0												0,0	
											0,0	56,0	boc 4	38	10	1,0	56								0,0
											0,0	0,7							38	10	2,0	0,55	1,2	0,7	
					P0	204	10	7,0	8,00	0,9	7,2	7,2												0,0	
						204	10X2 0	3,5	1,20	7,0	8,4	8,4												0,0	
											0,0	0,0												0,0	
boc 5	143	20	3,0	62							0,0	62,0												0,0	
						143	20	1,5	0,15	1,9	0,3	0,3												0,0	
boc 6	143	20	3,0	62							0,0	62,0												0,0	
						286	20	2,5	0,50	10, 4	5,2	5,2												0,0	
											0,0	64,0	boc 7	122	20	3,2	64								0,0
											0,0	3,4							122	20	0,1	1,00	3,4	3,4	
					P1	408	20	4,5	1,40	3,6	5,0	5,0												0,0	
						612	20X2 0	5,0	1,60	3,0	4,8	4,8												0,0	
											0,0	0,0												0,0	
boc 8	26	10	-5,0	70							0,0	70,0												0,0	
						26	10	1,0	0,10	3,2	0,3	0,3												0,0	
boc 9	50	10	-5,0	70							0,0	70,0												0,0	
					P2	76	10	2,5	1,60	5,2	8,3	8,3												0,0	
						688	20X2 0	6,5	2,00	6,5	13,0	13,0												0,0	

IMPIANTO ESTRAZIONE SERVIZI LATO V. P.AMEDEO

												V.P.AMEDEO												
bocch	mc/h	diam	reg.	pa	tratt	mc/h	diam	m/s	pa/m	m	dpa	tot	bocch	mc/h	diam	reg.	pa	tratt	mc/h	diam	m/s	pa/m	m	dpa
boc 10	40	10	-10,0	100							0,0	100,0												0,0
						40	10	1,5	0,35	1,4	0,5	0,5												0,0
boc 11	53	10	-7,0	100							0,0	100,0												0,0
						93	10	3,2	1,80	1,6	2,9	2,9												0,0
boc 12	72	10	0,0	80							0,0	80,0												0,0
						165	10	6,5	5,00	2,7	13,5	13,5												0,0
boc 13	36	10	-11,0	95							0,0	95,0												0,0
						201	10	6,5	8,00	2,7	21,6	21,6												0,0
					P1	201	10X20	3,2	1,20	7,0	8,4	8,4												0,0
											0,0	0,0												0,0
boc 14	143	20	3,0	115							0,0	115,0												0,0
						143	20	1,5	0,15	1,9	0,3	0,3												0,0
boc 15	143	20	3,0	115							0,0	115,0												0,0
						286	20	2,5	0,50	10,4	5,2	5,2												0,0
											0,0	115,0	boc 16	122	20	1,0	115							0,0
											0,0	3,4							122	20	0,1	1,00	3,4	3,4
					P1	408	20	4,5	1,40	3,6	5,0	5,0												0,0
						609	20X20	6,0	2,40	3,0	7,2	7,2												0,0
											0,0	0,0												0,0
boc 17	120	20	0,0	130							0,0	130,0												0,0
						120	20	1,0	0,10	1,7	0,2	0,2												0,0
boc 18	120	20	0,0	130							0,0	130,0												0,0
						240	20	2,3	0,40	2,2	0,9	0,9												0,0
boc19	140	20	4,0	130							0,0	130,0												0,0
					P2	380	20	3,5	0,90	1,7	1,5	1,5												0,0
						989	20X20	7,5	3,50	6,5	22,8	22,8												0,0

TARATURE DI BILANCIAMENTO

V. M. VITTORIA		
	pa	dpa
boc 1	90,1	
boc 2	89,6	0,49
boc 3	90,4	-0,31
boc 4	90,1	0,03
boc 5	90,3	-0,23
boc 6	0,0	90,09
boc 7	0,0	90,09
boc 8	0,0	90,09
boc 9	0,0	90,09

V. P.AMEDEO		
	pa	dpa
boc 10	155,2	
boc 11	154,7	0,49
boc 12	153,5	1,77
boc 13	155,0	0,27
boc 14	155,5	-0,25
boc 15	0,0	155,22
boc 16	0,0	155,22
boc 17	0,0	155,22
boc 18	0,0	155,22
boc 19	0,0	155,22

Relazione specialistica e di calcolo impianti elettrici

1. GENERALITA'

1.1 Premessa

La presente relazione tecnica specialistica descrive i principali criteri adottati per i calcoli esecutivi ai fini della stesura del progetto inerente le opere di carattere elettrotecnico e speciale nell'ambito dell'intervento di ristrutturazione dell'edificio di Via Principe Amedeo, 54 a Torino, da adibirsi a "Nuovo Asilo d'Infanzia" (Asilo Nido per 60 bambini in età di divezzi).

L'edificio è localizzato in Torino nella Circostrizione 1 Centro.

1.2 Descizione sommaria delle opere

Il presente documento riguarda i calcoli esecutivi relativi alle opere impiantistiche elettrotecniche ed infrastrutturali previste nel progetto dell'edificio sopra descritto.

Il progetto esecutivo qui illustrato sotto l'aspetto tecnico, riguarda le opere elettriche e di carattere speciale; sono compresi nei lavori oggetto del presente documento le seguenti opere:

- tutti i quadri elettrici per il perfetto funzionamento dell'impianto (arrivo energia – distribuzione – quadri di piano o zona);
- tutte le opere murarie necessarie per l'installazione degli impianti oggetto del presente appalto;
- le vie cavi e le tubazioni per il passaggio delle linee e delle circuitazioni di energia e di correnti deboli (tubazioni interrato – incassate – esterne);
- le linee di potenza ed ausiliarie a correnti deboli in cavi non propaganti l'incendio;
- gli apparecchi illuminanti di illuminazione artificiale interna e di arredo;
- i comandi funzionali, le apparecchiature di controllo, le prese;
- gli apparecchi autonomi per l'illuminazione di sicurezza;
- gli apparati ed i sistemi a correnti deboli (antintrusione – citofonia – telefonia – predisposizione rete cablata – rilevazione fumi – diffusione sonora).

In particolare:

Quadri elettrici:

- il quadro di protezione di arrivo sarà collocato immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia, in modo che la lunghezza del cavo compreso tra l'uscita dei contatori e l'ingresso del quadro sia la più breve possibile; tale quadro sarà del tipo applicabile a parete, munito di portella. L'interruttore generale sarà equipaggiato di bobina di sgancio.
- il quadro generale smistamento, verrà posizionato all'interno del locale personale al piano terra; tale apparecchiatura sarà realizzata con struttura in lamiera di tipo componibile con segregazione in forma I; il quadro deve essere previsto per essere posato a pavimento pertanto, tutte le operazioni di allacciamento e manutenzione devono essere realizzabili dal fronte del quadro stesso.
- i quadri di piano primo e primo/secondo sottotetto, saranno realizzati con struttura in materiale metallico da parete (soggiorno – pranzo sezione 1 e vano tecnico scala al piano secondo sottotetto).

Distribuzione primaria- secondaria:

La rete di distribuzione prevederà la fornitura e posa in opera dei cavidotti di adduzione delle linee esterne entranti nell'edificio (Telecom od altro gestore fonia ed AEM), idoneamente interrotti da pozzetti di infilaggio e di tiro, afferenti alla colonna montante elettrica.

La rete distributiva interna, si comporrà viceversa delle tubazioni (tutte sottogettate od incassate a pavimento) e parzialmente a vista nelle parti di soffitto doppio, predisposte per l'infilaggio delle linee di illuminazione – f.m. e correnti deboli.

Impianto di terra:

Il sistema di dispersori sarà costituito da spandenti non ispezionabili (previsti al piano cantinato ed al piano terra), connessi tra loro da una corda di rame nudo di sezione non inferiore a 50 mmq, interrata ad una profondità non inferiore a 40cm; la rete prevista deve corrispondere alle norme CEI 11-8, 11-1 ed al D.P.R. n.° 547 del 27/04/55.

Impianto di illuminazione normale – notturna – sicurezza:

L'impianto di illuminazione artificiale interna, è dimensionato in ragione dei dettami delle Norme EN12464 per assicurare il maggior confort visivo dei fruitori con l'impiego di apparecchi con ottiche adatte all'attività di ogni ambiente (aree attività libere – speciali e di quiete, zone uffici, corridoi, servizi, disimpegni, cucina, ecc...), con l'impiego di apparecchi equipaggiati di tubi a luce fluorescente (lineari o compatti) e reattore elettronico.

Impianto di illuminazione esterna:

Per l'illuminazione esterna, si prevede l'installazione (copertura edificio), di n.° 2 proiettori equipaggiati di lampada a scarica 150W J.M. con emissione a fascio asimmetrico spinto. Nella zona (sotto griglie piano cantinato), si prevede l'installazione di apparecchi 1x36W fluorescenti con corpo, riflettore e diffusore in policarbonato autoestinguente, grado di protezione IP66, equipaggiati di tubi fluorescenti e reattore elettronico.

Nelle aree esterne è prevista l'installazione di n.° 2 pali da arredo urbano.

Impianto di forza motrice:

E' prevista la realizzazione di un impianto per prese forza motrice nei vari ambienti, essenzialmente composto da gruppi entro cassetta da incasso ed equipaggiati di massima con:

- n.° 1 o più prese 2P+T 10/16A- 230V Unel e n.° 1 o più prese 2P+T 10/16A - 230V, con equipaggiamento come rappresentato sulle allegate tavole progettuali (prese di servizio, prese per le varie attività di dattiche).

Nella zona lavaggio, così come all'interno dei locali tecnici, sarà prevista l'installazione di prese 2P+T 16A - 230V e 3P+N+T 16A IEC309 con interruttore di blocco e fusibili di protezione, in esecuzione da semincasso a parete; la posizione definitiva degli allacciamenti sarà stabilita in fase di esecuzione lavori in accordo con la D.L. architettonica, in funzione dell'esatto posizionamento degli arredi.

Impianti a correnti deboli (diffusione sonora)

Il sistema sarà atto a diffondere, oltre che musica e canali radio, mediante altoparlanti ad incasso o da esterno, comunicazioni collettive al fine di consentire un miglior coordinamento delle operazioni in caso di allarmi incendio o evacuazioni di massa.

Impianti a correnti deboli (rivelazione fumi – allarme incendio)

Sarà prevista la realizzazione di un sistema analogico di tipo ad indirizzo corredato di centrale a loop (1 loop), rivelatori ottici di fumo analogici a microprocessore con moduli d'ingresso e uscita e barriere lineari ai piani, locali tecnologici, attività didattiche, ecc..., e più in generale all'interno di tutti i locali con alto carico d'incendio, pulsanti analogici a rottura vetro completi di moduli d'indirizzamento, pannelli ottici/acustici e sirene elettroniche (nei corridoi e sulle vie di esodo principali).

Impianti a correnti deboli (antintrusione)

L'impianto di antintrusione si comporrà essenzialmente di una centrale (ubicata in locale da garantire la massima sicurezza del funzionamento del sistema stesso – locale personale), seguendo le indicazioni della D.L.; tale centrale dovrà essere conforme ai requisiti indicati nelle norme CEI specifiche.

I sensori antintrusione, dovranno risultare:

- a doppia tecnologia con sensore infrarosso a lente di Fresnel protetto dall'accesso di insetti e microonda planare, autocompensazione della temperatura, protezione dalle radiofrequenze e dalla luce bianca; saranno

dotati di dispositivo antistrisciamento, tarabili, con LED escludibili, portata minima di 12 m su almeno tre piani e con apertura minima del campo di copertura orizzontale pari a 90° minimi;

- di tipo magnetico a triplo bilanciamento sugli infissi e porte.

Impianti a correnti deboli (antenna TV)

Dovrà essere installata una antenna centralizzata con centralina modulare posizionata nel sottotetto, completa di tutte le necessarie protezioni, predisposta per i tre canali nazionali e con una quinta banda per l'emittenza privata. I sostegni delle antenne devono essere convenientemente staffati e controventati; devono essere usati pali in acciaio zincato di tipo telescopico; le prese di antenna saranno installate all'interno di cassetta portafrutti da incasso dedicata.

Impianti a correnti deboli (telefonico – dati)

Il sistema telefonico e dati prevede:

- la predisposizione dei punti telefonici mediante connettore a morsetto RJ45 / RJ11 all'interno di cassetta da incasso;
- la fornitura e posa in opera dei cavi telefonici alle singole prese terminali;
- la predisposizione dei punti dati mediante connettore a morsetto RJ45 all'interno di cassetta da incasso;
- la fornitura e posa in opera dei cavi per rete dati UTP cat 5E dalla postazione del centro stella alle singole prese terminali.

Impianti a correnti deboli (impianto citofonico)

Si prevede la realizzazione di un impianto citofonico con chiamata – conversazione, tra l'ingresso ed il posto interno di presidio del personale parascuolastico (zona accettazione al piano terra ed ai piani); tale impianto prevederà pertanto la fornitura in opera di posto esterno a min. n°. 3 pulsanti di chiamata, ed alimentatore su guida DIN entro quadro (opportunitamente segregato). I citofoni derivati dovranno risultare di tipo unificato sia per installazione a parete che da tavolo, e dovranno essere provvisti di pulsante aggiuntivo di apertura.

1.3 Norme tecniche di riferimento

A titolo indicativo e non esaustivo, si richiamano le seguenti norme tecniche di settore di riferimento alla stesura del presente documento:

- Legge n° 186 dell'1/03/68: Disposizioni concernenti la produzione di materiale, apparecchiature, macchinari, installazione ed impianti elettrici ed elettronici;
- Legge n° 46 del 5 marzo 1990: Norme di sicurezza sugli impianti e relativo Regolamento di attuazione al D.P.R. n. 447 del 6 dicembre;
- D.P.R. n° 547 del 27 aprile 1955: Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.Lgs. n° 626 del 19 settembre 1994: Miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;
- D.L. n° 10 del 2 gennaio 1997: Attuazione delle direttive 93/68/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CEE relative ai dispositivi di protezione individuale;
- prescrizioni delle autorità locali;
- norme CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata;
- norme CEI 11-15: Esecuzione di lavori sotto tensione;
- norme CEI 17-13/1/2: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT);
- norme CEI 20-14: Cavi con isolamento in polivinilcloruro per tensioni nominali da 1kV a 3kV;
- norme CEI 20-20: Cavi con isolamento in polivinilcloruro per tensioni nominali non superiori a 450/700V;
- norme CEI 20-22 II: Cavi con isolamento in polivinilcloruro non propaganti l'incendio;
- norme CEI 23-3: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- norme CEI 23-12 e CEI 23-13: Prese a spina;
- norme CEI 23-9: Apparecchi di comando non automatici per uso domestico e similare;
- norme CEI 23-45: Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente;
- norme CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

- CEI 79: Componentistica ed impianti antintrusione;
- CEI 96: Trasformatori di sicurezza;
- Norma UNI 12464-1;
- Pubblicazioni CIE n. 29.2, n. 52 e n. 60;
- D.P.R. 462/2001.

2. OPERE ELETTROTECNICHE IN PROGETTO

2.1 Reti distributive – dati di progetto

2.1.1 Caratteristiche del sistema di esercizio

- Tensione nominale B.T. : 400V+N
- Sistema : TT
- Assorbimento circuiti : (vedere schemi unifilari allegati - tabella carichi elettrici)

2.1.2 Elenco dei carichi elettrici

<i>Quadro Generale Smistamento (rif. tav. 9E)</i>	
Potenza totale	30,00kW;
<i>Quadro Piano Primo Q.P.I. (rif. tav. 10E)</i>	
Potenza totale	8,50kW;
<i>Quadro Piano Primo / Secondo Sottotetto (rif. tav. 11E)</i>	
Potenza totale	7,10kW.

2.2 Reti distributive – criteri dimensionali di progetto – calcoli esecutivi

2.2.1 Protezione delle linee dal corto circuito

Il calcolo delle correnti di c.to c.to i.l. (inizio linea) e f.l. (fondo linea) è stato eseguito con programma automatico, avendo come dati di ingresso oltre che il presunto valore di Icc lato Gestore, anche le tipologie di cavo, le sezioni e le lunghezze, ricavandone pertanto dalle relative resistenze e reattanze i valori di impedenza del circuito di guasto e da questi i valori simmetrici di corrente di guasto.

I calcoli dei valori delle correnti di c.to c.to sono stati elaborati con un software applicativo della Siemens che consente:

- verifica della portata del cavo (I_z);
- calcolo delle correnti di corto circuito trifasi (I_{cc} i.l. – f.l.);
- verifica della protezione contro il sovraccarico ed il corto circuito del cavo;
- verifica della protezione contro i contatti indiretti;
- determinazione del valore di c.d.t.

Detto programma non ha vincoli con specifiche caratteristiche delle apparecchiature pertanto i suoi risultati hanno validità assolutamente generale.

A vantaggio della sicurezza nel dimensionamento delle linee elettriche in cavo, nelle procedure di calcolo suindicati si è ipotizzato il prelievo della piena potenza al fondo delle linee di distribuzione dell'energia.

Le verifiche effettuate con il suddetto software rispettano le nuove tabelle per la portata dei cavi BT in rame CEI-UNEL 35024/1 in quanto il valore della corrente I_b è notevolmente inferiore alla I_z dei cavi utilizzati.

Tutti gli interruttori previsti possiedono un potere di interruzione superiore al valore della corrente di corto circuito simmetrica trifase presunta nel punto in cui essi sono installati (vedere schemi unifilari allegati – rif. I_{cc} max barratura).

La protezione contro i corto circuiti risulta sempre assicurata in quanto vengono verificate entrambe le seguenti condizioni:

- a. i dispositivi di protezione installati nell'impianto hanno potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito simmetrica presunta nel punto di installazione;
- b. è sempre verificata la relazione: $I^2t \leq K^2S^2$ Norma CEI 64-8 art. 434.3.2.
dove:
 - I^2t è l'integrale di Joule per la durata del corto circuito (in A^2s);
 - S è la sezione dei conduttori (in mm^2);
 - K è uguale a 115 per i cavi in rame isolati in pvc;
 - K è uguale a 143 per i cavi in rame isolati in gomma etilenpropilenica e propilene reticolato.

2.2.2 Caduta di tensione

Tutte le linee sono dimensionate di sezione tale da non superare mai una caduta di tensione superiore al valore del 4% rispetto alla tensione di rete (rif. valori $dV\%$ con $I_b \max$ f.l.).

Sebbene il carico risulti distribuito con linee a sezione costante, in via del tutto cautelativa i calcoli sono stati condotti applicando la formula:

$$\Delta V = K I_b L (R \cos \Phi + X \sin \Phi) / 1000$$

dove:

$K = 1,73 (R \cos \Phi + X \sin \Phi)$ per cavi tripolari

$K = 2 (R \cos \Phi + X \sin \Phi)$ per cavi bipolari

2.2.3 Sezioni minime dei conduttori

Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensioni non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

- a) le sezioni minime ammesse per i conduttori di rame sono:
 - 0,75 mmq per i circuiti di segnalazione e telecomando;
 - 1,5 mmq per illuminazione di base;
 - 2,5 mmq per derivazione prese a spina di tipo 10/16 A;
 - sezione variabile per le altre circuitazioni di potenza.
- b) sezione minima dei conduttori neutri:
 - la sezione dei conduttori neutri non è inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase;
 - per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mmq, la sezione dei conduttori neutri è ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, con il minimo tuttavia di 16 mmq (per conduttori in rame).

Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensioni non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) sono state scelte tra quelle unificate.

2.2.4 Sistema di protezione

Il sistema delle protezioni progettate soddisfa le prescrizioni delle norme CEI 64-8 e fornisce, garanzie di selettività per tutti i casi di guasto (corto circuito e guasto verso terra).

2.2.5 Selettività delle protezioni

Le protezioni sono previste per fornire, ai vari livelli, una selettività in caso di corto circuito ed una selettività in caso di guasto a terra come di seguito specificato.

Selettività sul corto circuito

Il calcolo delle correnti di corto circuito sui singoli quadri è stato eseguito con l'ausilio di un programma di calcolo automatico su P.C. avendo considerato una corrente di c.to c.to alla consegna di energia (su Q.A.) pari a 10kA – rif. tabelle quadri.

I risultati delle calcolazioni sono di seguito riportati:

Icc simm. trifase su Q.A.	=	<10kA
Icc simm. trifase su Q.G.S.	=	<6kA
Icc simm. trifase su Q.P.1.	=	<3A
Icc simm. trifase su Q.P.1.2.	=	<2A

Selettività sul guasto di terra – coordinamento intervento protezioni

La selettività è ottenuta rispettando le due seguenti condizioni:

- a) la caratteristica di non funzionamento tempo-corrente del dispositivo posto a monte si deve trovare al di sopra o per regolazione (interruttore generale) o per costruzione (interruttori del quadro secondario) alla caratteristica tempo-corrente di sicuro funzionamento del dispositivo posto a valle;
- b) la corrente differenziale nominale del dispositivo posto a monte deve essere almeno 3 volte maggiore a quella del dispositivo posto a valle.

Si schematizza per semplicità la sequenza degli interruttori differenziali previsti sui vari quadri e le relative soglie di intervento tempo - corrente:

Q.A. – IG (generale) - $I_{dn}=3A$ selettivo $t=1000msec.$
--

Dispositivi a valle:

Q.G.S. – I1 - I_{dn}=300mA t= ist.
Q.G.S. – I2 / I5 / I6 / I7 / I8-I10 - I_{dn}=30mA t= ist.
Q.G.S. – I2 / I5 / I6 / I7 / I8-I10 / I12-I15 - I_{dn}=30mA t= ist.
Q.G.S. – I16-I17 - I_{dn}=300mA t= ist.
Q.G.S. – I18 / I25 - I_{dn}=30mA t= ist.
Q.G.S. – I26 - I_{dn}=30mA t= ist.

Q.P.1. – I1-I9 - I_{dn}=30mA t= ist.

Q.P.1.2. – I1-I10 - I_{dn}=30mA t= ist.

Protezioni dalle sovracorrenti – coordinamento delle protezioni

I conduttori che costituiscono gli impianti saranno protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8.

In particolare, i conduttori sono stati scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente).

I valori di I_b / I_n / I_z , sono stati inseriti nelle tavole

Gli interruttori automatici magnetotermici previsti a loro protezione presentano una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) e una corrente convenzionale di intervento (I_f) minore o uguale a 1,45 volte la portata (I_z).

In tutti i casi è soddisfatta la seguente relazione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1,45 I_z$$

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.

Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto per garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione $I^2t \leq K^2S^2$ (vedi norme CEI 64-8).

Protezioni contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti di tutte le installazioni è prevista, come prescritto dalla norma CEI 64-8/4 con le seguenti modalità:

a) Isolamento delle parti attive

Le parti attive devono essere completamente ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo mediante distruzione. L'isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica deve soddisfare alle relative norme. Per gli altri componenti elettrici la protezione deve essere assicurata da un isolamento tale da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio. Vernici, lacche, smalti e prodotti similari da soli non sono in genere considerati idonei per assicurare un adeguato isolamento per la protezione contro i contatti diretti.

b) Involucri o barriere

Le parti attive devono essere poste entro involucri o dietro barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IP XXB. Le superfici superiori di involucri o barriere orizzontali, se a portata di mano, devono corrispondere ad un grado di protezione non inferiore a IP XXD.

Gli involucri e le barriere devono essere saldamente fissati, avere sufficiente stabilità e durata nel tempo in modo da conservare il richiesto grado di protezione ed una conveniente separazione delle parti attive, nelle condizioni di servizio prevedibili, tenuto conto delle condizioni ambientali.

Quando sia necessario togliere barriere, aprire involucri o togliere parti di involucri, questo deve essere possibile solo con le seguenti modalità: uso di una chiave o di un attrezzo, oppure solo dopo l'interruzione dell'alimentazione alle parti attive nei confronti delle quali le barriere o gli involucri offrono protezione; il ripristino dell'alimentazione deve risultare possibile solo dopo la sostituzione o la richiusura delle barriere o degli involucri.

2.2.6 Protezione contro le scariche atmosferiche

Per quanto riguarda la fulminazione diretta, in relazione alle ipotesi assunte l'edificio risulta autoprotetto. Il calcolo è stato effettuato ai sensi delle norme CEI 81-1, CEI 81-4 e successive varianti.

Protezione contro i fulmini - valutazione del rischio e scelta delle misure di protezione

La parte di relazione allegata contempla:

- La relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- Il progetto di massima delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

Norme di riferimento:

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme CEI:

- CEI 81-1 : "Protezione delle strutture contro i fulmini" - Novembre 1995;
- CEI 81-1 : "Protezione delle strutture contro i fulmini" - Variante. Dicembre 1996;
- CEI 81-2 : "Guida alla verifica degli impianti di protezione contro i fulmini" - Gennaio 1994;
- CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico - elenco dei Comuni" - Novembre 1994;
- CEI 81-4: "Valutazione del rischio dovuto al fulmine" - Dicembre 1996;

Sono state altresì considerate anche le seguenti Norme IEC:

- IEC 1024-1 : "Protection of structures against lightning. Part 1: General Principles" - Prima edizione - Marzo 1990;
- IEC 1024-1-1: "Protection of structures against lightning. Part 1: General Principles Section 1: Guide A. Selection of protection levels for LPS" - Prima edizione - Agosto 1993;
- IEC 1662 : "Assessment of the risk of damage due to lightning" - Prima edizione - Aprile 1994;
- IEC 1662 : "Assessment of the risk of damage due to lightning" - "Amendment 1". Maggio 1996;

e la seguente Norma CENELEC:

- CENELEC ENV 61024-1 : "Protection of structures against lightning - Parte 1: General principles." Prima edizione - Gennaio 1995.

PROCEDURA ADOTTATA:

Per la valutazione del rischio è stata seguita la procedura indicata nella Norma CEI 81-4.

L'uso di questa procedura è giustificato dai seguenti motivi:

- l'importanza della struttura ed il costo presunto del prevedibile LPS da adottare richiedono l'analisi dettagliata dei rischi che la struttura corre al fine di individuare le misure di protezione più idonee e meno costose.

I risultati ottenuti con la procedura di cui alla Norma CEI 81-4 sono comunque più completi e precisi di quelli ricavabili con la procedura semplificata indicata all'Appendice G della Norma CEI 81-1.

INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con una intera costruzione a sè stante, fisicamente separata da altre costruzioni mediante le muratura perimetrali che ne assicurano la completa compartimentazione e separazione.

Ai sensi dell'art. 2.5.1 della Norma CEI 81-4, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle della costruzione stessa.

DATI INIZIALI

Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dalla Norma CEI 81-3, la densità annua di fulmini a terra per chilometro quadrato nel comune di TORINO in cui è ubicata la struttura vale :

$$N_t = 2,5 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

Dati relativi alla struttura

- Le dimensioni della struttura sono rilevabili dal disegno (allegato A).
- La struttura è adibita ad Asilo Nido.

Ai sensi della Norma CEI 81-1, appendice F, essa è classificabile come struttura ordinaria di caratteristiche tipiche (tipo C)

- La struttura è realizzata in pilastri in legno - c.a e metallici $6 > d \geq 3$ m.
 - Gli impianti elettrici di energia interni alla struttura hanno, in tutto o in parte, condutture non schermate.
 - Le apparecchiature elettriche nella struttura non sono tutte protette contro le sovratensioni.
 - Gli impianti di segnale interni alla struttura hanno, in tutto o in parte, condutture non schermate.
 - Le apparecchiature di segnale nella struttura non sono tutte protette contro le sovratensioni.
 - La struttura ha un carico specifico d'incendio compreso tra 20 e 45 kg/m² (stimato).
- Con riferimento all'art. F2 della Norma CEI 81-1, la struttura è pertanto classificabile come struttura con rischio d'incendio ordinario
- Non sono stati adottati provvedimenti per ridurre le conseguenze dell'incendio.
- Il suolo a meno di 5 m dalla struttura ha resistività superf. > 50 kohm m (asfalto)
 - La struttura è in area con strutture di altezza uguale o maggiore; il suo coefficiente ambientale vale pertanto:

$$C = 0,25$$

La posizione ambientale della struttura è stata stimata.

Dati relativi alle linee esterne

La struttura è servita da linee con le seguenti caratteristiche

L 1 - Linea BT in cavo interrato:

cavo non schermato di lunghezza indicativa pari a 3 m
resistività terreno: 500 ohm/m.
linea in area urbana
SPD all'arrivo linea

L 2 - Linea di segnale in cavo interrato:

non schermata
lunghezza indicativa pari a 3 m
resistività terreno: 500 ohm/m.
linea in area urbana
SPD all'arrivo linea

CALCOLI

Aree di raccolta della struttura

Area A

L'area di raccolta A dei fulmini diretti sulla struttura, supposta isolata ed in pianura, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI 81-1, art.G3.1, ed è riportata nel disegno (allegato B). Il suo valore è:

$$A = 1,31E-2 \text{ km}^2$$

Area Am

L'area di raccolta Am dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, non è stata valutata perché nella struttura non sono presenti impianti sensibili.

Aree di raccolta delle linee esterne

L'area di raccolta Ac di ciascuna linea esterna di energia è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI 81-4, art.2.5.4

$$Ac = 0 \text{ km}^2 \text{ per la linea L1}$$

L'area di raccolta è stata assunta uguale a zero perché il percorso della linea si svolge tutto all'interno di area urbana.

L'area di raccolta Ac delle linee di segnale non è stata valutata perché la Norma CEI 81-4 assume che il rischio relativo all'incendio, innescato da sovratensioni trasmesse alla struttura dalle linee di segnali entranti, sia trascurabile (componente $C = 0$).

L'area di raccolta Ag di ciascuna linea esterna è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI 81-4, art. 2.5.5

$$Ag = 0 \text{ km}^2 \text{ per la linea L1}$$

L'area di raccolta è stata assunta uguale a zero perché il percorso della linea si svolge tutto all'interno di area urbana.

$A_g = 0 \text{ km}^2$ per la linea L2

L'area di raccolta è stata assunta uguale a zero perché il percorso della linea si svolge tutto all'interno di area urbana.

Frequenza di fulminazione della struttura

La frequenza di fulminazione (diretta) della struttura è stata valutata in conformità alla Norma CEI 81-4 art.2.5. Essa è:

$$N_d = N_t C A = 8,21E-3 \text{ fulmini/anno}$$

Frequenza di fulminazione delle linee

La frequenza di fulminazione di ogni linea è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI 81-4, art.2.5

Fulminazione diretta.

$$N_c = N_t A_c = 0 \text{ fulmini/anno per la linea L1}$$

Fulminazione indiretta

$$N_g = N_t A_g = 0 \text{ fulmini/anno per la linea L1}$$

$$N_g = N_t A_g = 0 \text{ fulmini/anno per la linea L2}$$

Probabilità di danno

Sono stati assunti i seguenti valori di probabilità che un fulmine provochi danno alla struttura:

- danno da tensioni di contatto e di passo (CEI 81-4, tab.3):

$$P_t = 0,00001 \text{ (resistività superf. } >50 \text{ kohm/m (asfalto));}$$

- scarica pericolosa per innesco incendio da fulmini diretti sulla struttura (CEI 81-4, tab.4):

$$P_a = 0,0576$$

$$k_5 P_e = 0,008 \text{ (prodotto } k_5 P_e \text{ più elevato)}$$

- danno alle apparecchiature interne da sovratensione per fulminazione diretta della struttura:

$$P_d = 0,0576$$

$$k_4 k_5 P_e = 0,008 \text{ (prodotto } k_4 k_5 P_e \text{ più elevato)}$$

- innesco incendio:

$$P_f = 0,001 \text{ (struttura con rischio d'incendio ordinario, CEI 81-4, tab.9);}$$

- danno alle apparecchiature interne da sovratensione per fulminazione indiretta della struttura:

$$P_m = 0,05$$

$$k_2 k_3 P_i = 1,0 \text{ (prodotto } k_2 k_3 P_i \text{ più elevato);}$$

- scarica pericolosa per innesco incendio da fulminazione diretta di linee esterne:

$$P_c = 0,004 \quad \text{per la linea L1}$$

$$P_c = 0,008 \quad \text{per la linea L2}$$

- danno alle apparecchiature interne da sovratensioni trasmesse alla struttura per fulminazione indiretta di linee esterne:

$$P_g = 0,004 \quad \text{per la linea L1}$$

$$P_g = 0,008 \quad \text{per la linea L2}$$

$$k_2 k_3 = 1,0 \text{ (prodotto } k_2 k_3 \text{ imp. elettrici)}$$

$$k_2 k_3 = 1,0 \text{ (prodotto } k_2 k_3 \text{ imp. segnale)}$$

avendo assunto:

$P_s = 0,05$ (pilastri in legno - c.a o metallici $6 > d \geq 3$ m ,CEI 81-4, tab.5)
 $P_i = 1,0$ (condutture impianti interni energia: non schermate, CEI 81-4, tab.6)
 $P_i = 1,0$ (condutture impianti interni segnale: non schermate, CEI 81-4, tab.6)
 $k_1 = 1$ (non è installato alcun LPS)
 $k_2 = 1$ (apparecchiature elettriche non protette con transf. isolamento, CEI 81-4, tab.8)
 $k_2 = 1$ (apparecchiature di segnale non protette con disp.optoelettronici, CEI 81-4, tab.8)
 $k_3 = 1$ (apparecchiature elettriche non protette con SPD, CEI 81-4, tab.8)
 $k_3 = 1$ (apparecchiature di segnale non protette con SPD, CEI 81-4, tab.8)
per la linea L1
 $k_4 = 1,0$
 $k_5 = 0,01$
per la linea L2
 $k_4 = 1,0$
 $k_5 = 0,01$

Danno medio

Il danno medio varia in relazione al tipo di rischio considerato e, per ogni tipo di rischio, in dipendenza dalla causa che lo ha provocato.

I valori assegnati al danno medio sono:

perdita di vite umane (rischio di tipo 1)

- per tensioni di contatto e di passo $dt = 0,01$
- per incendio $df = 0,03$
- per sovratensioni $do = 0$

perdita economica (rischio di tipo 4)

- per tensioni di contatto e di passo $dt = 0$
- per incendio $df = 0,3$
- per sovratensioni $do = 0,001$

I valori del danno medio sono quelli indicati dalla Norma CEI 81-4 nelle rispettive tabelle.

Tipi di rischio

Considerate le caratteristiche e la destinazione d'uso della struttura sono stati considerati solo i seguenti tipi di rischio:

- rischio di tipo 1: perdita di vite umane
- rischio di tipo 4: perdita economica

Componenti di rischio

In accordo con la Norma CEI 81-4 sono state considerate le componenti di rischio di seguito indicate.

Per la perdita di vite umane:

componente H: tensioni di contatto e di passo in prossimità della struttura quando è colpita da un fulmine;
componente A: incendio della struttura provocato dai fulmini che la colpiscono.

Le componenti D e G non sono state considerate perché la Norma CEI 81-4 le prevede solo nel caso di strutture ospedaliere o con rischio di esplosione.

Per la perdita economica:

componente A: incendio della struttura provocato dai fulmini che la colpiscono;

componente D: danni ad apparecchiature, provocati dalle sovratensioni dovute ai fulmini che colpiscono la struttura.

La componente H non è stata considerata perché è da escludere la presenza abituale di animali a meno di 5 m all'esterno della struttura.

La componente C non è stata considerata perché la struttura è alimentata da linee esterne d'energia il cui percorso si svolge in area urbana.

La componente M non è stata considerata perché nella struttura non è presente una notevole quantità di apparecchiature sensibili alle sovratensioni, ed i relativi circuiti hanno una estensione modesta.

I valori delle componenti di rischio, calcolati secondo le formule indicate dalla Norma CEI 81-4, sono di seguito indicati.

Per la perdita di vite umane:

$$H = 8,21E-10$$

$$A = 2,84E-8$$

Per la perdita economica:

$$A = 1,42E-7$$

$$D = 4,73E-7$$

Valutazione dei rischi

I rischi sono stati valutati in relazione sia alle cause di danno sia al tipo di fulminazione, a partire dai valori calcolati per le varie componenti di rischio.

Rischi per tensioni di contatto e di passo:

$$R_{t1} = 8,21E-10$$

$$R_{t4} = \text{Nullo}$$

Rischi per incendio:

$$R_{f1} = 2,84E-8$$

$$R_{f2} = \text{Nullo}$$

$$R_{f3} = \text{Nullo}$$

$$R_{f4} = 1,42E-7$$

Rischi per sovratensione:

$$R_{o1} = \text{Nullo}$$

$$R_{o2} = \text{Nullo}$$

$$R_{o3} = \text{Nullo}$$

$$R_{o4} = 4,73E-7$$

Rischi per fulminazione diretta:

$$R_{d1} = 2,92E-8$$

$$R_{d2} = \text{Nullo}$$

$$R_{d3} = \text{Nullo}$$

$$R_{d4} = 6,15E-7$$

Rischi complessivi:

$$R1 = 2,92E-8$$

$$R2 = \text{Nullo}$$

$$R3 = \text{Nullo}$$

$$R4 = 6,15E-7$$

Rischio tollerato

Tenuto conto della destinazione d'uso della struttura è presente il rischio di:

- perdita di vite umane (rischio di tipo 1).

Il valore tollerabile Ra è:

$$Ra1 = 0,00001 \text{ per il rischio di tipo 1}$$

Poichè si intende valutare anche il rischio relativo alle perdite puramente economiche sono stati fissati i seguenti valori:

$$\text{per il rischio tollerabile Ra4 : } 0,0001$$

Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi presenti nella struttura condotta in base al valore delle relative componenti di rischio ha evidenziato quanto di seguito indicato.

Per la perdita di vite umane.

Il rischio complessivo R1 non è maggiore di quello tollerato Ra1; adottare idonee misure di protezione per ridurre questo rischio non è quindi necessario.

Per la perdita economica.

Il rischio complessivo R4 non è maggiore di quello tollerato Ra4; adottare idonee misure di protezione per ridurre questo rischio non è quindi necessario.

MISURE DI PROTEZIONE.

Poichè per ogni tipo di rischio presente nella struttura il suo valore complessivo R non supera quello tollerato Ra, ai sensi dell'art. F 3 della Norma CEI 81-1, l'adozione di misure di protezione non è necessaria, pertanto secondo la Norma CEI 81-1 la struttura in esame è autoprotetta contro le fulminazioni; in forza della legge 1/3/1968 n.186 che individua nelle Norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

2.2.7 Protezione contro le sovratensioni

La protezione dell'arrivo linea dovrà essere effettuata tramite scaricatori (SPD) di classe II installati direttamente nel quadro generale, secondo le prescrizioni del costruttore. Per la protezione, l'installazione ed il cablaggio dovranno essere seguiti strettamente le specifiche tecniche fornite dal costruttore.

2.2.8 Dimensionamento dell'impianto di terra

Per il criterio di dimensionamento dell'impianto di messa a terra nei sistemi TT, si sono seguite le prescrizioni delle vigenti norme CEI 64-8.

La rete di terra è infatti dimensionata allo scopo di garantire:

- la sicurezza delle persone;
- la protezione degli equipaggiamenti dei sistemi in classe I.

Per tutti i sistemi la modalità di esercizio è in sistema TT ; si accerta la condizione:

$$RE \leq UL / I_{rif}$$

dove:

UL = valore della tensione di contatto limite ammessa (considerato pari a 50V)

I rif = valore della corrente di intervento in 5s dei dispositivi a massima corrente ovvero la corrente di soglia differenziale del dispositivo a monte dell'impianto esaminato (cautelativamente assunto pari a $I_{dn} = 3000\text{mA}$), pertanto:

$$RE_{max} \leq 50 / I = 50\Omega$$

2.2.8.1 Tipologia dei materiali e criteri di scelta

Dispersore costituito da elementi intenzionali:

Il dispersore orizzontale previsto in corda Cu 50mmq, ha configurazione in maglia quadrata con picchetti ai vertici e distribuzione cilindrica in terreno omogeneo.

I materiali previsti per il dispersore sono omogenei per limitare i problemi di corrosione.

Giunzioni e connessioni:

Le giunzioni fra i vari elementi sono previste per assicurare le seguenti proprietà:

- bassa resistenza di contatto;
- resistenza alla corrosione;
- resistenza meccanica.

Le giunzioni soggette a corrosione, specialmente se posate a contatto con il terreno, richiedono una protezione contro la corrosione, ad esempio mediante verniciatura o catramatura o nastratura.

Si prescrive che i vari componenti siano, dello stesso materiale dei dispersori o con questi compatibili (es. cadmiati, passivati o zincati elettroliticamente).

I morsetti dovranno essere del tipo che non impongano il taglio del conduttore principale e che permettano di collegare conduttori di sezioni diverse.

Le tipologie previste sono:

- giunzioni con morsetti a compressione per corde;
- giunzioni con morsetti a vite per connessione di due ovvero creazione di nodi.

Sezione dei conduttori di terra

Per il dimensionamento del dispersore intenzionale ci si è riferiti alle indicazioni della norma CEI 64-8 (art. 542 e successivi), tenendo conto della natura del terreno.

Condizioni posa elettrodo	mat.	sezione min. mmq
Interrato	conduttore cordato	Rame S > 35 (filo elementare 1,8mm D)

2.2.8.2 Calcolo di dimensionamento

La resistenza di terra teorica del dispersore cilindrico in un terreno omogeneo, deriva dall'applicazione della relazione:

$$RE = (\rho / 2\pi L) \ln (L / r_0)$$

dove

- ρ = resistività del terreno omogeneo (assunta pari a $50 \Omega\text{m}$)
- L = lunghezza interrata orizzontalmente alla profondità h (assunta pari a 0,40m) – 140mt
- r_0 = raggio del dispersore (corda o tondino Cu)

La resistività media dei più comuni tipi di terreno presenti nell'intervento in oggetto, peraltro considerati omogenei, è valutata pari a:

- vegetale mista a pietre $50 \Omega\text{m}$

2.2.9 Verifiche illuminotecniche

Di seguito vengono descritti i criteri di verifica illuminotecnica adottati per l'impianto di illuminazione dell'intervento in oggetto.

Criteri di verifica:

Si sono presi in esame gli ambienti più significativi ai fini del calcolo e più precisamente:

- verifica illuminotecnica l "atrio" assunto ai fini della verifica di larghezza e lunghezza pari a circa 5,50 mt x 18,00 mt, h installazione +3,50mt da p.p.f. (valore richiesto progettualmente >150 lx) – valore ottenuto da verifica di calcolo 201 lx (calcolo Artemide);

- b) - verifica illuminotecnica 2 “area a doppia altezza sezioni 1-2 soggiorno pranzo (n°. 2 ambienti) piano primo” assunti ai fini della verifica di larghezza e lunghezza pari a circa 3,50 mt x 5,50 mt, h installazione +2,50mt da p.p.f. (valore richiesto progettualmente compreso tra 150 lx e 200 lx) – valore ottenuto da verifica di calcolo 202 lx (calcolo ILTI LUCE);
- c) - verifica illuminotecnica 3 “area a doppia altezza sezioni 1-2 riposo piano primo” assunto ai fini della verifica di larghezza e lunghezza pari a circa 6,50 mt x 21,00 mt, h installazione +2,50mt da p.p.f. (valore richiesto progettualmente 150 lx) – valore ottenuto da verifica di calcolo 146 lx (calcolo ILTI LUCE);
- d) - verifica illuminotecnica 4 “area a doppia altezza sezione 3 soggiorno – pranzo piano primo sottotetto” assunto ai fini della verifica di larghezza e lunghezza pari a circa 3,00 mt x 17,00 mt, h installazione +2,50mt da p.p.f. (valore richiesto progettualmente compreso tra 150 lx e 200 lx) – valore ottenuto da verifica di calcolo 251 lx (calcolo ILTI LUCE);
- e) - verifica illuminotecnica 5 “area a doppia altezza sezione 3 riposo piano primo sottotetto” assunto ai fini della verifica di larghezza e lunghezza pari a circa 3,00 mt x 12,00 mt, h installazione +2,50mt da p.p.f. (valore richiesto progettualmente 200 lx) – valore ottenuto da verifica di calcolo 315 lx (calcolo ILTI LUCE).
Le dimensioni di progetto, le altezze di installazione, le interdistanze e le relative caratteristiche sono dettagliati nelle schede di progetto.

Calcoli

I calcoli sono stati eseguiti sulla scorta dei requisiti illuminotecnici caratterizzanti la Norma EN 12464.

I programmi impiegati per le simulazioni sono:

- la versione LUXART 5.0 della società Artemide Italia;
- il programma della società ILTI LUCE.

Architettura dei programmi:

- 1) dati in formato dxf, catalogo elettronico prodotti con immagini e foto.
- 2) documento cartaceo in formato A4 - dati in formato pdf - dati in linguaggio del programma; risultati calcolo diretto, indiretto, calcolo di potenza, 3d, rendering, rappresentazione isometriche e prospettiche.