



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



**Provincia di Ravenna**

## Settore Edilizia Scolastica e Patrimonio

Servizio Programmazione e Progettazione

LAVORI DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DEL CORPO PALESTRA DELLA SEDE DEL LICEO CLASSICO  
"DANTE ALIGHIERI" SITO IN PIAZZA ANITA GARIBALDI N. 2 RAVENNA

CUP J61B22001420006

Missione 4 - Componente 1 - Investimento. 3.3

Piano di messa in sicurezza e riqualificazione dell'edilizia scolastica

### PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Marco Conti	Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Arch. Giovanna Garzanti firmato digitalmente .....
Professionisti esterni:	
PROGETTISTA COORDINATORE:	Arch. Matteo Battistini firmato digitalmente .....
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Matteo Battistini
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Davide Agostini
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Francesco Ceccarelli
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Roberta Alessandrini
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI:	Ing. Marco Peroni
PROGETTISTA OPERE ACUSTICHE:	Per. Ind. Enrico Zattoni
COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Arch. Davide Agostini
PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI:	Per. Ind. Gianpaolo Silvagni
PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI E IDRICO-SANITARI:	Per. Ind. Mirco Bondi
PROGETTAZIONE ANTINCENDIO:	Per. Ind. Enrico Zattoni

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
0	EMISSIONE	E.Z.	E.Z.	M.B.	07-07-2023
1					
2					
3					

TITOLO ELABORATO:  
RELAZIONE TECNICA PREVENZIONE INCENDI

PROFESSIONISTA RESPONSABILE:  
Arch. Matteo Battistini (capogruppo RTP)

FIRMATO DIGITALMENTE  
.....  
Timbro e firma del Professionista

Elaborato num: PE b i_02 00	Revisione: 00	Data: 07-07-2023	Scala: -	Nome file: PE b i_02 00
--------------------------------	------------------	---------------------	-------------	----------------------------

## **PREMESSA**

La presente relazione è finalizzata a dimostrare l'ottemperanza alle vigenti norme di sicurezza antincendi dell'allegato progetto per il rifacimento della Palestra polifunzionale a servizio del Liceo Classico Dante Alighieri di Ravenna. L'edificio sarà interamente demolito e ricostruito ampliando gli spazi comuni all'interno e gli spogliatoi a servizio degli studenti e degli istruttori. Questo sarà strutturalmente indipendente, inoltre non è prevista comunicazione diretta con il plesso scolastico, fatta eccezione per una tettoia esterna ai due fabbricati, che consentirà agli alunni di non bagnarsi in caso di intemperie.

Intenzione della committenza è quella di utilizzare le strutture sportive interne anche al di fuori degli orari di chiusura dell'attività scolastica, specificatamente nelle ore serali, mettendolo a disposizione a varie attività sportive dilettantistiche ravennati.

La struttura insisterà su due piani ospitanti altrettante palestre, nello specifico saranno previste:

- Piano seminterrato posto a quota -2.55 rispetto al piano di campagna che ospiterà una palestra e i relativi servizi,
- Piano ammezzato posto a quota +2.05 rispetto al piano di campagna, questa zona è posta sopra al blocco servizi ovvero spogliatoi per alunni e istruttori, dove sono presenti spogliatoi per istruttori e il deposito attrezzi. Questa zona si affaccia sul vuoto della palestra sita al piano seminterrato.
- Piano Primo posto a quota +6.12 rispetto al piano di campagna che ospiterà una seconda palestra e i relativi servizi.

L'edificio verrà suddiviso in due compartimenti antincendio, mediante solaio e porzione di scala interna aventi caratteristiche di resistenza al fuoco pari a REI 60, ovvero i piani seminterrato e ammezzato comporranno il primo compartimento, il secondo compartimento è destinato ad ospitare la palestra e i servizi siti al piano primo.

L'edificio avrà struttura portante composta da pilastri e travi in calcestruzzo armato, i solai interpiano saranno in laterocemento ed avranno spessore minimo pari a 40 cm, il solaio di copertura sarà composto da lastre lignee di xlam a 5 strati aventi spessore pari a 12 cm, sui quali poggeranno i materiali di isolamento termico in lana minerale (pertanto incombustibili)

I pavimenti della zona adibite ad attività sportiva saranno in PVC o laminato adatti a specifiche attività sportive, quelli delle zone servizio saranno in piastrelle ceramiche.

I muri di tamponamento saranno in laterizio, i pacchetti isolanti saranno in lana minerale

Sulla copertura sarà presente un impianto fotovoltaico avente potenza pari a 40,18 kw

La superficie in pianta sarà pari a 590 mq. Nello specifico ogni piano avrà le seguenti destinazioni d'uso:

- Piano Seminterrato:
  - Attività sportiva mq 379;
  - Locali servizi e spogliatoi mq 200;
- Piano ammezzato:
  - Spogliatoi istruttori mq 45
  - Ballatoio mq 50
  - Deposito mq 35
- Piano primo
  - Attività sportiva mq 379
  - Locali servizi e spogliatoi mq 200

All'interno della struttura non sono presenti tribune, ma spazi solo per i praticanti dell'attività sportiva, ovvero, il numero massimo degli occupanti sarà inferiore a 100.

Pertanto l'attività sarà conforma all'Art. 20 del D.M. 18 marzo 1996 *“Complessi e impianti con capienza non superiore a 100 spettatori o privi di spettatori, la regola tecnica di riferimento la progettazione antincendio è il Decreto del Ministero dell'Interno 26 agosto 1992”*

#### RIFERIMENTO NORMATIVO

All'attività oggetto della presente relazione tecnica si applicano le norme tecniche di prevenzione incendi di seguito elencate.

- D.M. 18 marzo 1996: Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi
- D.P.R. 24 luglio 1996 n. 503 *“Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”*.
- D.Lgs 14/8/1996 n. 493 *“Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza sul luogo di lavoro”*.
- Decreto del Ministero dell'Interno 30/11/1983 *“Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi”*.

- D.Lgs 9 aprile 2008 , n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Decreto 22 gennaio 2008, n. 37 “Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”
- Decreto del Ministero dell’Interno 14 febbraio 2007 “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”.
- Decreto del Ministero dell’Interno 9 marzo 2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo dei Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”

#### ATTIVITÀ SPORTIVA

a) Poiché la palestra all’interno del fabbricato verrà resa fruibile anche all’esterno per attività extrascolastiche, questa dovrà rispondere ai dettami imposti dall’ art. 20 del D.M. 18/03/1996, in particolare:

- La palestra non è destinata ad ospitare nessuno spettatore, come prescritto dalla nota "DCPREV prot.n.13257 del 12/10/2011", inserita nel testo coordinato del D.M 26/08/1992 rif. comma 2.4 nota 6: “La palestra di un edificio scolastico costituisce locale pertinente allo stesso e non ricade nella disciplina di cui ai p.ti 2.4 e 6.4 del D.M. 26/8/1992. Tale considerazione vale anche nel caso di utilizzo della palestra in orari extrascolastici (attività sportive o ricreative, senza presenza di pubblico e con affollamento massimo < 100 persone “
- L'impianto sarà provvisto di tre uscite di sicurezza aventi larghezza non inferiore a due moduli (1,20 m), nello specifico si tratterà dell’ingresso principale sito sul fronte strada a quota zero (U.S.1, 4 moduli, 240 cm) e quelle sul vano scala metallico esterno (U.S.2 e U.S.3 da 120 cm)
- La lunghezza massima delle vie di uscita sarà inferiore a 40 m, nello specifico dal piano ammezzato verrà creato un filtro a prova di fumo in modo da accorciare i percorsi di esodo che risultano pertanto pari a 30 mt. Dal piano primo potranno essere utilizzati due percorsi di esodo, ovvero il vano scala centrale interno allo stabilimento e in vano scala esterno, che può essere utilizzato attraversando il campo da gioco.
- Le strutture, le finiture e gli arredi saranno conformi alle disposizioni contenute nell'art. 15, in particolare la struttura portante, avrà caratteristiche di resistenza al fuoco pari a R/EI 30, in conformità ai carichi di incendio di seguito riportati:

## CARICO D'INCENDIO.

I materiali combustibili presenti posso considerarsi di scarsa quantità e di ordinaria combustibilità; essi sono rappresentati da contenitori in carta e cartone, arredi e giochi.

La determinazione della classe antincendio è effettuata ai sensi del Decreto del Ministero dell'Interno 9 marzo 2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo dei Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco".

La valutazione analitica del carico di incendio specifico di progetto è stata condotta mediante la formula:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Il valore nominale del carico di incendio specifico è valutato in base alla seguente formula:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

Il calcolo del carico d'incendio sarà allegato alla presente relazione tecnica

Piano seminterrato+ ammezzato  $q_f = 152,83 \text{ MJ/m}^2$

Piano primo senza strutture lignee  $q_f = 111,26 \text{ MJ/m}^2$

Si è poi proceduto al calcolo del contributo al carico di incendio di strutture in legno così come illustrato

- Si è determinata la classe del compartimento prescindendo inizialmente dalla presenza degli elementi strutturali lignei; tale classe, sarà comunque considerata pari a a 15 minuti;
- Si è calcola lo spessore di carbonizzazione degli elementi strutturali di legno corrispondente alla classe determinata al punto precedente, adottando come valori di riferimento il calcolo della carbonizzazione di progetto del legno esposto, stato condotto come da formula (3.1) riportata nel paragrafo

3.4.2 (pagina 21 EC5),

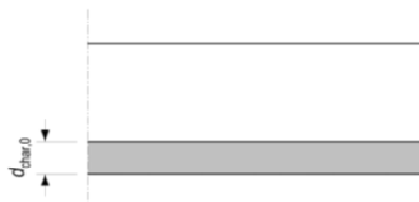
### 3.4.2 Surfaces unprotected throughout the time of fire exposure

(1) The charring rate for one-dimensional charring, see figure 3.1, should be taken as constant with time. The design charring depth should be calculated as:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t \quad (3.1)$$

where:

- $d_{\text{char},0}$  is the design charring depth for one-dimensional charring;  
 $\beta_0$  is the one-dimensional design charring rate under standard fire exposure;  
 $t$  is the time of fire exposure.



- ipotizzando
  - o  $t=15$  min
  - o adottando la costante beta zero come dà indicazioni della tabella 3.1. lettera a) (pagina 23 EC5)
  - o Legno lamellare di conifera (coperture) beta zero = 0.7 mm/min
  - o legno massiccio di conifera (pareti XLAM) beta zero= 0.8 mm/min

**Table 3.1 – Design charring rates  $\beta_0$  and  $\beta_n$  of timber, LVL, wood panelling and wood-based panels**

	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>a) Softwood and beech</b>		
Glued laminated timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Solid timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
<b>b) Hardwood</b>		
Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
<b>c) LVL</b> with a characteristic density of $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
<b>d) Panels</b>		
Wood panelling	0,9 <sup>a</sup>	—
Plywood	1,0 <sup>a</sup>	—
Wood-based panels other than plywood	0,9 <sup>a</sup>	—

<sup>a</sup> The values apply to a characteristic density of  $450 \text{ kg/m}^3$  and a panel thickness of 20 mm; see 3.4.2(9) for other thicknesses and densities.

infine si è determinata la classe del compartimento, tenendo anche conto del carico di incendio specifico relativo alle parti di elementi strutturali di legno corrispondenti allo spessore che hanno partecipato alla combustione, calcolati pari a 1200 kg di legname, pertanto il calcolo del carico d'incendio risulta pari a:

Piano primo con struttura lignea  $q_f = 152,83 \text{ MJ/m}^2$

Locale deposito  $q_f = 438,89 \text{ MJ/m}^2$

I locali, destinati a deposito di materiale combustibile, avranno superficie superiore  $35 \text{ mq}$ ; pertanto conformi all'art.16 le strutture di separazione e le porte avranno caratteristiche almeno REI 90 e saranno munite di dispositivo di autochiusura. Il carico di incendio come si evince sarà limitato a  $30 \text{ Kg/m}^2$ . La ventilazione naturale non sarà inferiore ad  $1/40$  della superficie in pianta. All'interno del deposito sarà installato un impianto di rilevazione incendi di tipo automatico conforme alla norma UNI 9795.

## SPAZIO CALMO

Lungo le vie di esodo sono stati individuati gli spazi calmi, vedere tavola di progetto; al fine di consentire agli occupanti di attendere e ricevere assistenza, lo spazio calmo sarà:

- a) essere contiguo e comunicante con una via d'esodo o in essa inserito, senza costituire intralcio all'esodo;
- b) avere dimensioni tali da poter ospitare tutti gli occupanti del piano che ne abbiano necessità, nel rispetto delle superfici minime per occupante.

E' un luogo in cui è temporaneamente trascurabile il rischio d'incendio per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano; tale rischio è riferito ad un incendio in ambiti dell'attività specificati, diversi dal luogo considerato

Le dimensioni dello spazio calmo devono essere tali da poter ospitare tutti gli occupanti con disabilità del piano nel rispetto delle superfici lorde minime indicate ovvero 0,70 m<sup>2</sup>/persona deambulante e/o 2,25 m<sup>2</sup>/persona non deambulante.

In ciascuno spazio calmo devono essere presenti:

un sistema di comunicazione bidirezionale per permettere agli occupanti di segnalare la loro presenza e richiedere assistenza;  
eventuali attrezzature da impiegare per l'assistenza (es. sedia o barella di evacuazione, ...);  
indicazioni sui comportamenti da tenere in attesa dell'arrivo dell'assistenza.  
Inoltre, lo spazio calmo deve essere contrassegnato con cartello UNI EN ISO 7010- E024 o equivalente.

## IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici del complesso scolastico sono realizzati in conformità ai disposti di cui alla legge 1° marzo 1968, n. 186.

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

- sono realizzati in modo da non costituire causa primaria di incendio o di esplosione;
- non forniscono via privilegiata di propagazione degli incendi;

- sono suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero impianto;
- dispongono di apparecchi di manovra ubicati in posizione protetta ove saranno riportate chiare indicazioni sui circuiti cui si riferiscono.
- il quadro elettrico principale è installato in posizione segnalata e sempre accessibile.

E' prevista l'installazione di interruttore generale, posto in posizione segnalata, che permetterà di togliere tensione all'impianto elettrico dell'attività; tale interruttore sarà munito di comando di sgancio a distanza, posto nelle vicinanze dell'ingresso in posizione segnalata.

#### **IMPIANTO ELETTRICO DI SICUREZZA**

La palestra sarà dotata di un impianto di sicurezza alimentato da apposita sorgente, distinta da quella ordinaria che alimenterà le seguenti utilizzazioni, strettamente connesse con la sicurezza delle persone:

- a) illuminazione di sicurezza, compresa quella indicante i passaggi, le uscite ed i percorsi delle vie di esodo che garantisca un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux;
- b) impianto di diffusione sonora e impianto di allarme.

Nessun'altra apparecchiatura sarà collegata all'impianto elettrico di sicurezza.

L'autonomia della sorgente di sicurezza non sarà inferiore ai 30'.

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

Le vie di fuga sia interne che esterne al fabbricato sono dotate di illuminazione di sicurezza in grado di assicurarne l'identificazione anche in assenza di energia elettrica di rete.

L'illuminazione di sicurezza è realizzata mediante lampade autoalimentate con autonomia 1 h, in grado di assicurare lungo le vie d'esodo un illuminamento minimo di 5 lux a 1 m di altezza.



## MEZZI E IMPIANTI FISSI DI PROTEZIONE ED ESTINZIONE DEGLI INCENDI

### RETE IDRANTI

La rete antincendio esistente è a servizio dell'intero fabbricato scuola, l'alimentazione sarà garantita da un gruppo di pressurizzazione esistente, avente pressioni e portata tali da soddisfare i requisiti richiesti dalle normative di prevenzione incendi norma UNI 10779 AREA DI LIVELLO 1 ovvero l'erogazione a 4 naspi UNI 25, di 35 l/min cad., con una pressione residua al bocchello di 2 bar per un tempo di almeno 30 min.

La distribuzione esterna avviene mediante rete interrata in polietilene esistente, mentre all'interno della scuola due colonne montanti in acciaio assicurano la distribuzione a tutti gli idranti installati all'interno dell'edificio. Esternamente ad una di esse è prevista l'installazione di un idoneo attacco di mandata per autopompa.

A servizio dell'attività saranno installati 5 NASPI UNI25 così suddivisi

Piano interrato 2 NASPI

Piano ammezzato 1 NASPI

Piano primo 2NASPI

In prossimità dell'accesso al plesso scolastico verrà installato un attacco di mandata UNI 70 per autopompa VV.F

L'impianto esistente della scuola e palestra è dotato di idoneo certificato di collaudo pertanto si andrà ad integrare/modificare l'impianto esistente e a fine lavori verrà eseguito un nuovo collaudo.

### ESTINTORI

Sono installati estintori portatili di capacità estinguenta non inferiore 34 A, 233 BC di tipo approvato dal Ministero dell'interno in ragione di almeno un estintore per ogni 200 mq di pavimento o frazione di detta superficie, con un minimo di due estintori per piano.

## SEGNALETICA DI SICUREZZA

E' prevista l'installazione di apposita segnaletica di sicurezza, espressamente finalizzata alla sicurezza antincendi, in conformità alle vigenti norme.

## GESTIONE DELL'EMERGENZA

Di seguito sono indicati, in via generale, gli elementi strategici della pianificazione dell'emergenza che dimostrino la perseguibilità dell'obiettivo della mitigazione del rischio residuo attraverso una efficiente organizzazione e gestione aziendale.

Saranno adottate le misure di gestione della sicurezza previste dalle vigenti disposizioni, svolgendo tutti gli adempimenti (valutazione del rischio, informazione e formazione dei lavoratori, designazione del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione e degli addetti allo lotta antincendio ed all'evacuazione, tenuta del registro dei controlli periodici, redazione del piano di emergenza) richiesti dal D.M. 03/09/2022 e dal D.P.R. 37/98 e dal D.Lgs. 81/08 e successive integrazioni.

A livello preventivo il sistema di gestione della sicurezza individuerà le precauzioni necessarie affinché non vengano alterate le condizioni di sicurezza previste ed in particolare che:

- siano mantenuti costantemente in efficienza le attrezzature e gli impianti in conformità a quanto previsto dalle vigenti norme;
- nei percorsi di fuga non siano collocati materiali od ostacoli di alcun genere;
- siano mantenuti efficienti i mezzi e gli impianti antincendio, siano eseguite tempestivamente le eventuali manutenzioni o sostituzioni e siano condotte periodicamente prove sugli stessi, con cadenze non superiori a sei mesi;
- sia osservato il divieto di fumare;
- siano rispettate le limitazioni relative al carico d'incendio.

Le precauzioni di cui sopra saranno trasmesse in forma scritta al Personale interessato.

Per quanto riguarda l'intervento in emergenza, sarà predisposto il piano di emergenza che contemplerà le procedure che gli addetti debbono mettere in atto. Esse riguarderanno l'utilizzazione dei presidi antincendio, l'attivazione del sistema di segnalazione incendio, le modalità di evacuazione degli ambienti, le modalità per chiedere l'intervento dei vigili del fuoco e per fornire le necessarie informazioni al loro arrivo.

#### CHIAMATA AI SERVIZI DI SOCCORSO

I servizi di soccorso devono saranno avvertiti in caso di necessità con rete telefonica. Durante la chiamata saranno chiaramente indicate le istruzioni a fianco di ciascun apparecchio telefonico, di riferimento

#### INFORMAZIONE E FORMAZIONE DEL PERSONALE

Il personale che usufruirà dell'aula in orario extrascolastico sarà adeguatamente informato sui rischi prevedibili, sulle misure da osservare per prevenire gli incendi e sul comportamento da adottare in caso di incendio. Il responsabile dovrà inoltre curare che alcuni, addetti, siano in grado di portare il più pronto ed efficace ausilio in caso di incendio o altro pericolo.

#### ISTRUZIONI DI SICUREZZA

Nell'area riservata al pubblico saranno collocate in vista le planimetrie dei locali, recanti la disposizione dei posti, l'ubicazione dei servizi ad uso degli spettatori e le indicazioni dei percorsi da seguire per raggiungere le uscite. All'ingresso del locale sarà disponibile una planimetria generale, per le squadre di soccorso, riportante la ubicazione:

- delle vie di uscita (corridoi, scale, uscite);
- dei mezzi e degli impianti di estinzione;
- dei dispositivi di arresto dell'impianto di ventilazione;
- dei dispositivi di arresto degli impianti elettrici e

#### PIANO DI SICUREZZA ANTINCENDIO

Tutti gli adempimenti necessari per una corretta gestione della sicurezza antincendio saranno pianificati in un apposito documento, adeguato alle dimensioni e caratteristiche del locale, che specifichi in particolare:

- i controlli;
- gli accorgimenti per prevenire gli incendi;
- gli interventi manutentivi;

- l'informazione e l'addestramento al personale;
- le istruzioni per il pubblico;
- le procedure da attuare in caso di incendio.

#### REGISTRO DELLA SICUREZZA

Il responsabile dell'attività scolastica, o personale da lui incaricato, registrerà i controlli e gli interventi di manutenzione sui seguenti impianti ed attrezzature, finalizzate alla sicurezza antincendio. Tale registro deve essere tenuto aggiornato e reso disponibile in occasione dei controlli dell'autorità

#### DOCUMENTO DI VALUTAZIONE RISCHI INCENDI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

##### PREMESSA

La committenza installerà sulla copertura un impianto fotovoltaico, nell'ottica di una mirata politica di ottimizzazione dei consumi

Questo documento di valutazione del rischio di incendio, è frutto di un'analisi delle condizioni di rischio dell'attività, dovuta all'installazione di un impianto fotovoltaico da 40,18 kW di picco, montato sulla copertura del fabbricato in oggetto.

Il presente documento ha quindi lo scopo di raggiungere gli obiettivi indicati dal suddetto decreto :

- 1) Prevenzione dei rischi
- 2) Misure tecnico organizzative, destinate a mettere in atto i provvedimenti necessari.

Il raggiungimento degli obiettivi sopra citati, permetterà di gestire le varie attività in modo da salvaguardare l'incolumità del personale e la tutela dei beni.

##### GENERALITA'

La relazione ha lo scopo di descrivere le condizioni di esercizio e di sicurezza relativa all'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura del fabbricato in oggetto.; La progettazione, l'installazione e la messa a

regime dell'impianto sono state eseguite seguendo i parametri della Lettera circolare 07/02/2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici- Edizione Anno 2012"

## DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Un impianto fotovoltaico trasforma direttamente l'energia solare in energia elettrica.

Esso è composto essenzialmente da:

- moduli o pannelli fotovoltaici;
- inverter, che trasforma la corrente continua generata dai moduli in corrente alternata;
- quadri elettrici e cavi di collegamento.

I moduli sono costituiti da celle in materiale semiconduttore, il più utilizzato dei quali è il silicio cristallino. Essi rappresentano la parte attiva del sistema perché convertono la radiazione solare in energia elettrica. Come si evince dalle planimetrie allegate il posizionamento dei pannelli e di tutti i componenti dell'impianto è tale da non ostruire le aperture per la ventilazione dei locali. I pannelli, in classe 1 di reazione al fuoco, sono installati direttamente sulla copertura dove è posato lo strato impermeabilizzante su solaio incombustibile

In particolare, tutti i componenti dell'impianto, sono posizionati all'esterno del fabbricato, installati a distanza maggiore di un metro da qualsiasi infisso o apertura che assicuri ventilazione ai locali interni.

## DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Durante l'elaborazione del progetto dell'impianto fotovoltaico, gli studi di progettazione che hanno cercato di rendere il più performante possibile il progetto, hanno seguito le imposizioni impartite dalle normative vigenti.

La copertura sulla quale verranno installati i pannelli sarà del tipo piano, i pannelli verranno posati su apposite zavorre in acciaio. La tipologia di installazione si può notare nel particolare inserito nell'elaborato grafico, ove si evincono le distanze e le tipologie di prodotti utilizzati.

In particolare sui copponi in calcestruzzo armato che compongono la copertura, verranno applicate lastre di isolante termico in poliuretano espanso ad alta densità per favorire l'isolamento termico, sopra le lastre di materiale isolante verrà stesa la guaina bituminosa del tipo impermeabile.

## COMPENSAZIONE DEL RISCHIO

### Tipologia di installazione

Installazione di pannelli fotovoltaici aventi classe di reazione al fuoco pari a 1 in conformità alla norma UNI 9177, come richiesto nel paragrafo “requisiti tecnici” della “GUIDA PER L'INSTALLAZIONE DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI - Edizione Anno 2012.”

Il fabbricato risulta avere appropriate strutture portanti principali. La struttura portante ha caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori a R 60, la copertura sulla quale poggia l'impianto avrà una resistenza al fuoco non inferiore a EI/30.

Tutti i componenti principali dell'impianto, sono installati all'esterno e sono tutti distante almeno 1 metri da aperture o infissi.

In occasione di proiezioni di compartimentazioni e delle aperture presenti, sono state considerate le fasce di rispetto pari a 1 mt per lato, pertanto non sono stati posati pannelli né cavi elettrici in prossimità di aperture che mettono in comunicazione la copertura con i locali sottostanti o proiezioni di compartimentazione.

Pertanto alla luce di quanto sopra descritto e considerando la classe di reazione al fuoco con la quale sono costruiti i pannelli, risulta improbabile l'innescò di un incendio legato all'impianto fotovoltaico, risulta inoltre improbabile la propagazione dell'incendio verso i locali interni al fabbricato, viste le caratteristiche del pacchetto di copertura e dalle fasce di rispetto relative alla posa dei moduli fotovoltaici verso aperture e proiezioni di compartimentazioni.

L'impianto FV è inoltre provvisto di un dispositivo di comando di emergenza, ubicato in posizione segnalata ed accessibile che determini il sezionamento dell'impianto elettrico, all'interno del fabbricato nei confronti delle sorgenti di alimentazione.

L'area in cui è ubicato il generatore ed i suoi accessori, sarà segnalata con apposita cartellonistica conforme al D. Lgs. 81/2008. La predetta cartellonistica dovrà riportare la seguente dicitura:

ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE.

La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, dovrà essere installata ogni 10 m per i tratti di condotta.

- L'impianto avrà tutti i componenti conformi alle disposizioni comunitarie o nazionali applicabili, in particolare, il modulo fotovoltaico è conforme alle Norme CEI EN 61730-1 e CEI EN 61730-2

La predetta segnaletica, resistente ai raggi ultravioletti, dovrà essere installata ogni 10 m per i tratti di condotta.

- L'impianto avrà tutti i componenti conformi alle disposizioni comunitarie o nazionali applicabili, in particolare, il modulo fotovoltaico è conforme alle Norme CEI EN 61730-1 e CEI EN 61730-2

## CLASSIFICAZIONE DEL LIVELLO DI RISCHIO

In base ai criteri indicati nell'Allegato I del D.M. 10/3/98, e dalle valutazioni contenute nel presente documento,

L'INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO A SERVIZIO DELL'ATTIVITA' NON COMPORTA IN NESSUN MODO UN AGGRAVIO DEL RISCHIO INCENDI NE DI PROPAGAZIONE DI QUAST'ULTIMO AD ATTIVITA' LIMITROFE.

Difatti, in presenza di ridotte probabilità d'innesco all'interno dell'attività, sono state adottate ulteriori misure di sicurezza in grado di limitarne la probabilità e di ridurre la possibilità di propagazione dell'incendio. Per tali motivi perseguono i seguenti obiettivi di sicurezza:

- 1) adozione di misure organizzative e gestionali riguardanti tanto gli aspetti prevenzionistici (utilizzo appropriato degli spazi e delle attrezzature, verifica periodica delle misure di sicurezza) quanto quelli legati alla gestione dell'emergenza (formazione antincendio, piano di emergenza) in modo da ridurre la probabilità di insorgenza dell'incendio e comunque di contrastare la sua propagazione;
- 2) possibilità di allontanamento rapido ed agevole delle maestranze e delle persone esterne eventualmente presenti in caso di emergenza;
- 3) possibilità di intervento rapido e sicuro in caso di incendio da parte dei lavoratori e degli operatori esterni, anche attraverso dotazioni impiantistiche (presidi antincendio), assetto planivolumetrico (accessibilità, resistenza al fuoco, ecc.) e misure organizzativo-gestionali.

## SEGNALETICA DI SICUREZZA

Gli ambienti sono dotati di segnaletica di sicurezza conforme al D.Lgs 493/96 e più precisamente :

segnaletica indicante il divieto di fumare in tutti gli ambienti di deposito e di lavorazione

- segnaletica indicante il divieto di fumare e usare fiamme libere nelle dispense, nei luoghi di lavoro e di consumazione dei pasti;
- segnaletica indicante le uscite e i percorsi d'esodo;
- segnaletica indicante l'ubicazione dell'interruttore elettrico generale;
- segnaletica indicante l'ubicazione degli idranti e degli estintori portatili.



**RELAZIONE CALCOLO CARICO INCENDIO  
VERIFICA TABELLARE RESISTENZA AL FUOCO**

**\*\*\*\***

**\*\*\*\***

**\*\*\*\***

**D.M. Interno 09 Marzo 2007**

**D.M. 16 Febbraio 2007**

**L.C. 15/02/2008**

**L.C. 28/03/2008**

**Il Titolare**

\_\_\_\_\_

**Il Tecnico**

\_\_\_\_\_

## GENERALITA' COMPARTIMENTI

La presente relazione di calcolo del carico di incendio è relativa a n° 3 compartimenti dei quali si dà un sintetico elenco:

Nome Compartimento	Area [mq]
Palestra 1	590
Palestra 2	590
Deposito	34

## **RIFERIMENTO NORMATIVO**

Per il calcolo del carico di incendio si applicano le presenti norme tecniche di prevenzione incendi:

- Decreto del Ministero dell'Interno del 09 Marzo 2007 ***“Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco”***.
- Decreto del Ministro dell'interno 16 Febbraio 2007 ***“Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”***;
- Lettera Circolare del Ministero dell'Interno prot. 1968 del 15 febbraio 2008 ***“Pareti di muratura portanti resistenti al fuoco”***;
- Lettera Circolare del Ministero dell'Interno prot. 414/4122 sott.55 recante il titolo ***“DM 9 marzo 2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del CNVVF. Chiarimenti ed indirizzi applicativi”***.

## CALCOLO DEL CARICO DI INCENDIO

Con il termine Carico di Incendio si intende, ai sensi delle definizioni di cui al punto 1.c del D.M. 09 marzo 2007, il potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti all'interno di un compartimento. Tale valore è inoltre corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli elementi. Il calcolo del carico di incendio, viene effettuato con il metodo previsto dal suddetto decreto.

In alternativa alla formula espressa dal D.M. 9 marzo 2007, si è pervenuti alla determinazione di  $q_f$  attraverso una valutazione statistica del carico di incendio per la specifica attività, facendo riferimento a valori con probabilità di superamento inferiori al 20%.

In seguito a tale calcolo viene determinato il **carico di incendio specifico di progetto**, indicato più brevemente con  $q_{f,d}$ , mediante l'introduzione di fattori moltiplicativi e riduttivi riferiti a:

- Determinazione del rischio incendio in relazione alle dimensioni dei compartimenti;
- Determinazione del rischio incendio in relazione all'attività svolta nel compartimento;
- Misure di protezione attiva e passiva adottate.

dai quali sarà possibile determinare la classe del compartimento.

### Determinazione del carico di incendio specifico di progetto

Il valore del carico d'incendio specifico di progetto ( $q_{f,d}$ ) è determinato secondo la seguente relazione:

$$[1] \quad q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f \quad [\text{MJ/m}^2]$$

dove:

$\delta_{q1}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i quali valori sono definiti in tabella 1

**Tabella 1**

Superficie A in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$	Superficie A in pianta lorda del compartimento (m <sup>2</sup> )	$\delta_{q1}$
A < 500	1,00	2.500 ≤ A < 5.000	1,60
500 ≤ A < 1.000	1,20	5.000 ≤ A < 10.000	1,80
1.000 ≤ A < 2.500	1,40	A ≥ 10.000	2,00

$\delta_{q2}$  è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i quali valori sono definiti in tabella 2

**Tabella 2**

Classi di rischio	Descrizione	$\delta_{q2}$
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio come probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$  è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione e i quali valori sono definiti in tabella 3

Tabella 3

$d_{ni}$ , Funzione delle misure di protezione								
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro				interna	Interna ed esterna		
$\delta_{n1}$	$\delta_{n2}$				$\delta_{n6}$	$\delta_{n7}$		
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

$q_f$  è il valore nominale della carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la formula:

$$[2] \quad q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * H_i * m_i * \psi_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

dove:

$g_i$	massa dell'i-esimo materiale combustibile	[kg]
$H_i$	potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile	[MJ/kg]
$m_i$	fattore di partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili	
$\psi_i$	fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1 in tutti gli altri casi	
$A$	superficie in pianta netta del compartimento	[m <sup>2</sup> ]

## Richieste di prestazione

Il D.M. 9 Marzo 2007 al punto 3 prevede diverse richieste di prestazione alle costruzioni, in funzione degli obiettivi di sicurezza prefissati, così come individuate nei livelli del seguente schema:

Livello I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile
Livello II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione
Livello III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza

Livello IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione
Livello V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa

## **RICHIESTA LIVELLO DI PRESTAZIONE**

**Per questa struttura è stato richiesto un livello di prestazione III**

## **Determinazione della CLASSE**

Per garantire il livello III, il D.M. 9 marzo 2007, al punto 3.3.2, prevede le classi di resistenza al fuoco riportate nella tabella seguente, in funzione del carico d'incendio specifico di progetto ( $q_{f,d}$ ) così come prima definito.

<b>Carichi d'incendio specifici di progetto (<math>q_{f,d}</math>)</b>	<b>Classe</b>
Non superiore a 100 MJ/m <sup>2</sup>	0
Non superiore a 200 MJ/m <sup>2</sup>	15
Non superiore a 300 MJ/m <sup>2</sup>	20
Non superiore a 450 MJ/m <sup>2</sup>	30
Non superiore a 600 MJ/m <sup>2</sup>	45
Non superiore a 900 MJ/m <sup>2</sup>	60
Non superiore a 1200 MJ/m <sup>2</sup>	90
Non superiore a 1800 MJ/m <sup>2</sup>	120
Non superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	180
Superiore a 2400 MJ/m <sup>2</sup>	240

## RESISTENZA COMPARTIMENTO

Le caratteristiche di resistenza al fuoco degli elementi portanti orizzontali e verticali nonché di separazione tra i compartimenti antincendio sono rispondenti ai criteri e alle modalità specificate dal DM del 16/02/2007.

**Nota:** Per quanto indicato al punto D. 5.1 i valori della copertura delle armature non devono essere inferiore ai minimi di regolamento per le opere in c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa i valori indicati nelle tabelle dell'allegato D devono essere aumentati di 15mm. In presenza di intonaco lo spessore della struttura (e di conseguenza il valore della copertura delle armature) viene modificato nella seguente maniera:

10 mm di intonaco normale = 10 mm di calcestruzzo

10 mm di intonaco protettivo antincendio = 20 mm di calcestruzzo

## ELENCO MATERIALI COMPARTIMENTO: Palestra 1

Materiale	Quantità	Pot. Calorifico	m	Psi	Totale
Pavimento PVC o laminato	2000	20,92 MJ/Kg	1	1	41.851,26 MJ
Legno	1000	18,42 MJ/Kg	1	1	18.421,92 MJ
Materiali plastici	1000	29,89 MJ/Kg	1	1	29.893,75 MJ

La somma in MJ degli elementi inseriti nel compartimento è pari a **90.166,93 MJ**. Ne discende

che applicando la [2]  $q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * H_i * m_i * \psi_i}{A}$  dove A è l'estensione del compartimento, si

determina il carico di incendio nominale riferito al m<sup>2</sup> **q<sub>f</sub> = 152,83 MJ/m<sup>2</sup>**



**ELENCO MATERIALI COMPARTIMENTO: Palestra 2**

<b>Materiale</b>	<b>Quantità</b>	<b>Pot. Calorifico</b>	<b>m</b>	<b>Psi</b>	<b>Totale</b>
Pavimento PVC o laminato	2000	20,92 MJ/Kg	1	1	41.851,26 MJ
Legno	600	18,42 MJ/Kg	0.80	1	8.842,52 MJ
Materiali plastici	500	29,89 MJ/Kg	1	1	14.946,88 MJ
Strutture Lignee	1200	18,42 MJ/Kg	0.80	1	17.685,04 MJ

La somma in MJ degli elementi inseriti nel compartimento è pari a **83.325,70 MJ**. Ne discende

che applicando la [2]  $q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * H_i * m_i * \psi_i}{A}$  dove A è l'estensione del compartimento, si

determina il carico di incendio nominale riferito al m<sup>2</sup> **q<sub>f</sub> = 141,23 MJ/m<sup>2</sup>**

**ELENCO MATERIALI COMPARTIMENTO: Deposito**

<b>Materiale</b>	<b>Quantità</b>	<b>Pot. Calorifico</b>	<b>m</b>	<b>Psi</b>	<b>Totale</b>
Materassi imbottiti o similari	3.5	420 MJ/m <sup>3</sup>	1	1	1.470,00 MJ
Materiali Plastici	450	29,89 MJ/Kg	1	1	13.452,19 MJ

La somma in MJ degli elementi inseriti nel compartimento è pari a **14.922,19 MJ**. Ne discende

che applicando la [2]  $q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i * H_i * m_i * \psi_i}{A}$  dove A è l'estensione del compartimento, si

determina il carico di incendio nominale riferito al m<sup>2</sup> **q<sub>f</sub> = 438,89 MJ/m<sup>2</sup>**

#### CALCOLO DELLA CLASSE DEL COMPARTIMENTO: Palestra 1

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla [1]  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f$  [MJ/m<sup>2</sup>].

Si ha pertanto

$\delta_{q1} = 1.2$  essendo la superficie A pari a 590 m<sup>2</sup> (vedi tabella 1)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 2)

Per le misure di protezione si ha

$\delta_{n1} = -$	(presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)
$\delta_{n2} = -$	(presenza di altro sistema automatico di estinzione)
$\delta_{n3} = -$	(presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)
$\delta_{n4} = -$	(presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)
$\delta_{n5} = -$	(presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)
$\delta_{n6} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna)
$\delta_{n7} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)
$\delta_{n8} = -$	(presenza di percorsi interni protetti di accesso)
$\delta_{n9} = 0.90$	(presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo la [1] si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 165,05$  MJ/m<sup>2</sup> da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 4 è **REI 15**

## CALCOLO DELLA CLASSE DEL COMPARTIMENTO: Palestra 2

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla [1]  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f$  [MJ/m<sup>2</sup>].

Si ha pertanto

$\delta_{q1} = 1.2$  essendo la superficie A pari a 590 m<sup>2</sup> (vedi tabella 1)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 2)

Per le misure di protezione si ha

$\delta_{n1} = -$	(presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)
$\delta_{n2} = -$	(presenza di altro sistema automatico di estinzione)
$\delta_{n3} = -$	(presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)
$\delta_{n4} = -$	(presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)
$\delta_{n5} = -$	(presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)
$\delta_{n6} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna)
$\delta_{n7} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)
$\delta_{n8} = -$	(presenza di percorsi interni protetti di accesso)
$\delta_{n9} = 0.90$	(presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo la [1] si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 152,53$  MJ/m<sup>2</sup> da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 4 è **REI 15**

## CALCOLO DELLA CLASSE DEL COMPARTIMENTO: Deposito

Per quanto indicato al punto 2 del D.M. 09/03/2007 si ha che il carico di incendio specifico di progetto è determinato dalla [1]  $q_{f,d} = \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times q_f$  [MJ/m<sup>2</sup>].

Si ha pertanto

$\delta_{q1} = 1$  essendo la superficie A pari a 34 m<sup>2</sup> (vedi tabella 1)

$\delta_{q2} = 1$  essendo la classe di rischio uguale a II (vedi tabella 2)

Per le misure di protezione si ha

$\delta_{n1} = -$	(presenza di sistema automatico di estinzione ad acqua)
$\delta_{n2} = -$	(presenza di altro sistema automatico di estinzione)
$\delta_{n3} = -$	(presenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore)
$\delta_{n4} = -$	(presenza di sistema automatico di rivelazione, segnalazione ed allarme di incendio)
$\delta_{n5} = -$	(presenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio)
$\delta_{n6} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna)
$\delta_{n7} = -$	(presenza di rete idrica antincendio interna ed esterna)
$\delta_{n8} = -$	(presenza di percorsi interni protetti di accesso)
$\delta_{n9} = 0.90$	(presenza di accessibilità ai mezzi di soccorso VVF)

Eseguendo la [1] si ha che il carico di incendio specifico di progetto è  $q_{f,d} = 395,00$  MJ/m<sup>2</sup> da cui ne discende che la classe del compartimento per la tabella 4 è **REI 30**