



## **AZIENDA REGIONALE PER IL DIRITTO ALLO STUDIO UNIVERSITARIO DELLA TOSCANA**

**sede legale:** Viale A. Gramsci, 36 - 50132 Firenze

[www.dsu.toscana.it](http://www.dsu.toscana.it) - [info@dsu.toscana.it](mailto:info@dsu.toscana.it)

C.F. 94164020482 - P.I. 05913670484

UBICAZIONE:

**SEDE LEGALE DI VIALE GRAMSCI**  
**Viale Antonio Gramsci n° 36, 50132 Firenze**

OGGETTO:

**PROGETTO DI ADEGUAMENTO ALLE NORME DI  
PREVENZIONE INCENDI**

**OPERE EDILI**

PROGETTAZIONE:

Progetto a cura di: Sicuring s.r.l.

Direttore Tecnico: Ing. Carlo La Ferlita



DATA E REVISIONE:

**REV. 2**

TITOLO:

**CALCOLI ESECUTIVI  
RESISTENZA AL FUOCO,  
AERAZIONE, CARICO D'INCENDIO,  
VERIFICA RIBALTAMENTO SCAFFALI ARCHIVIO**

SCALA:

**-**

TAVOLA:

**OE-CE**



**AZIENDA REGIONALE PER IL DIRITTO ALLO  
STUDIO UNIVERSITARIO DELLA TOSCANA**  
Viale A.Gramsci,36 - 50132 Firenze

**PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI  
ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA  
ANTINCENDIO  
DELLA SEDE DI VIALE GRAMSCI, 36 - FIRENZE**

**CALCOLI ESECUTIVI OPERE EDILI**

<b>1 – PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2 –VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO .....</b>	<b>3</b>
2.1 – CENTRALE TERMICA.....	3
2.2 – ARCHIVIO .....	4
2.3 – CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT.....	4
2.4 – LOCALE MACCHINE ASCENSORE .....	4
<b>3 – VERIFICA DELLA SUPERFICIE D’AERAZIONE DELL’ARCHIVIO .....</b>	<b>5</b>
<b>3 – VERIFICA DEL CARICO D’INCENDIO DELL’ARCHIVIO .....</b>	<b>6</b>
<b>4 – VERIFICA RISCHIO RIBALTAMENTO ARMADI ARCHIVIO .....</b>	<b>8</b>



## 1 – PREMESSA

Il presente documento include nel dettaglio i calcoli effettuati al fine di definire le modalità costruttive delle opere edili di cui all'apposita Relazione Tecnica Specialistica, finalizzate alla realizzazione del progetto antincendio approvato dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, ove non specificatamente vincolate dal medesimo.

Tali calcoli riguardano pertanto:

- verifica della resistenza al fuoco delle pareti e dei solai di compartimentazione;
- verifica della superficie di aerazione dell'archivio;
- stima del massimo quantitativo di materiale cartaceo d'archivio al fine di mantenere il carico d'incendio al di sotto dei 60 kg di legna standard al mq;
- verifica del layout di disposizione degli armadi di archivio di progetto;
- verifica della stabilità degli armadi.

## 2 – VERIFICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO

### 2.1 – Centrale Termica

Le pareti di compartimentazione della centrale termica (cfr. tav. OE-01) sono in muratura e di spessore non inferiore a 45 cm, con la sola eccezione di un tratto di dimensioni 89x274 cm a confine con un ripostiglio, che ha spessore pari a soli 15 cm.

La resistenza al fuoco delle pareti è calcolata in base alla tabella D.4.1 del DM 16/02/2007, della quale si rappresenta di seguito un estratto relativo alle pareti in blocchi con foratura inferiore al 55% con intonaco normale su entrambe le facce.

Classe	Spessore parete al netto di intonaco (mm)
30	100
60	120
90	150
120	180

Ne consegue che le pareti di spessore pari o superiore a 45 cm hanno classificazione di resistenza al fuoco superiore a 120' e pertanto non necessitano di interventi, fatti salvi quelli finalizzati al mantenimento della resistenza al fuoco in corrispondenza delle forometrie (cfr. tav. OE-03) che devono essere certificati sperimentalmente.

Al tratto di parete di spessore pari a 15 cm può essere invece attribuita la classe 60, e deve essere riqualificata mediante placcaggio certificato sperimentalmente.

Per il solaio a botte in muratura vale la certificazione di resistenza al fuoco redatta a suo tempo dall'Arch. Mauro Grotta e depositata presso il Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, per cui anche per esso sono necessari solo gli interventi finalizzati al mantenimento della resistenza al fuoco in corrispondenza delle forometrie (cfr. tav. OE-03).

## **2.2 – Archivio**

Le pareti di compartimentazione dell'archivio (cfr. tav. OE-01) sono in muratura e di spessore non inferiore a 70 cm. Tali pareti, considerando quanto indicato nella succitata tabella D.4.1 del DM 16/02/2007 hanno classificazione di resistenza al fuoco superiore a 90' e pertanto non necessitano di interventi.

Per il solaio a botte in muratura, esso è di caratteristiche analoghe a quello della centrale termica e vale pertanto la certificazione di resistenza al fuoco redatta a suo tempo dall'Arch. Mauro Grotta e depositata presso il Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco.

## **2.3 – Cabina di trasformazione MT/BT**

La parete di compartimentazione della centrale termica verso il corridoio (cfr. tav. OE-01) sono in muratura e di spessore non inferiore a 60 cm, con la sola eccezione di un tratto di dimensioni 205x210 cm, che ha spessore pari a soli 15 cm.

In analogia a quanto verificato nel caso della centrale termica, si attesta una resistenza al fuoco non inferiore a REI 120 a tutta la parete di compartimentazione, con eccezione del tratto di spessore 15 cm (nel quale è inclusa anche la porta di accesso), al quale si attribuisce la classe 60 e che deve quindi essere riqualificata mediante placcaggio certificato sperimentalmente.

## **2.4 – Locale macchine ascensore**

La parete di compartimentazione tra corridoio e locale macchine dell'ascensore, di dimensioni 145 cm x 240 cm, ha spessore pari a 10 cm.

Ad essa si attribuisce la classe 30 in base alla succitata tabella D.4.1 del DM 16/02/2007, e che deve quindi essere riqualificata mediante placcaggio certificato sperimentalmente.

### 3 – VERIFICA DELLA SUPERFICIE D'AERAZIONE DELL'ARCHIVIO

Secondo il punto 8.3 del DM 22/02/2006 i locali adibiti a deposito di materiale combustibile devono avere un'areazione pari a 1/40 della superficie netta in pianta del locale.

Poiché è prevista la compartimentazione e la destinazione a stoccaggio di soli materiali incombustibili dell'adiacente ex-caveau, tale superficie risulta pari alla somma delle superfici dei due locali costituenti l'archivio:

Superficie locale con accesso dal corridoio:	29,43 mq
Superficie locale con accesso dal corridoio:	36,89 mq
Superficie totale del compartimento archivio:	66,32 mq

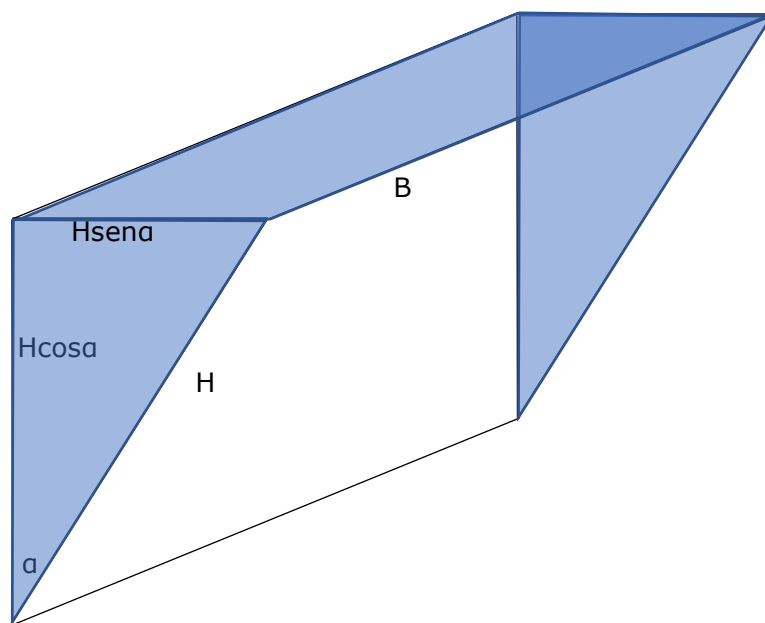
La superficie d'aerazione minima risultante è pertanto pari a  $S_{\min}=66,32/40=1,66$  mq.

I locali archivio sono dotati di 4 finestre con apertura a vasistas:

Base (m)	Altezza (m)
$b_1=1,11$	$h=0,5$
$b_1=1,11$	$h=0,5$
$b_2=1,25$	$h=0,5$
$b_2=1,25$	$h=0,5$

L'aerazione fornita dalle finestre con apertura a vasistas è data dal valore minimo tra la superficie totale degli infissi e la superficie utile determinata dall'apertura del sistema vasistas; se quindi B, H sono le dimensioni di base ed altezza del singolo infisso ed  $\alpha$  è l'angolo di apertura rispetto alla verticale, si ha che la superficie utile è pari a:

$$S_u = 2 \frac{H \sin \alpha \cdot H \cos \alpha}{2} + B \cdot H \sin \alpha = (B + H \cos \alpha) H \sin \alpha$$



Se le finestre a vasistas sono tutte aperte con il medesimo angolo di apertura, si può verificare se esiste un angolo minimo di apertura che consente di soddisfare il requisito di aerazione. Si ha che :

$$S_{u,tot} = 2(b_1 + h \cos \alpha) h \sin \alpha + 2(b_2 + h \cos \alpha) h \sin \alpha = 2(b_1 + b_2 + 2h \cos \alpha) h \sin \alpha$$

Imponendo  $S_{u,tot} = S_{min}$  si ha che l'angolo minimo è pari a  $\alpha_{min} = 31,1^\circ$ .

### 3 – VERIFICA DEL CARICO D'INCENDIO DELL'ARCHIVIO

Il progetto antincendio impone per l'archivio la limitazione del carico d'incendio sotto i 60 kg di legna standard al mq al fine di evitare l'installazione di un impianto di spegnimento automatico, in base alla prescrizione del punto 8.3 del DM 22/02/2006.

Il carico d'incendio deve inoltre essere coerente con la classe attribuita al comparto (R/REI 60) in base alla tabella del DM 09/03/2007.

Considerando che:

- la superficie lorda (valutata cioè al netto delle pareti di comparto ma al lordo delle pareti interne) dell'archivio così come definito è pari a circa 70 mq;
- il potere calorifico della carta è pari a 17 MJ/kg, mentre quello della legna standard è pari a 18,48 MJ/kg;

il peso massimo del materiale cartaceo che è possibile stoccare nel comparto archivio rispettando il massimo carico d'incendio di 60 kg di legna standard al mq è pari a:

$$(60 \text{ kg legna std/mq}) \times (70 \text{ mq}) \times (18,48 \text{ MJ/mq}) / 17 (\text{MJ/mq}) = 4565 \text{ kg}$$

Considerando che la stima più attendibile del carico d'incendio è quella basata sul peso del materiale combustibile e stimando pari a 50 kg/m il peso del materiale cartaceo in deposito che può essere alloggiato su un ripiano di profondità atta a contenere fascicoli, si ha che i 4565 kg di peso massimo di carta corrispondenti a 60 kg di legna standard al mq si ottengono riempiendo 91 m di ripiani.

Con riferimento alla tav. OE-02, si ha che utilizzando solo parte degli armadi attualmente presenti nei locali, si può ottenere la limitazione del carico d'incendio impostando un numero di ripiani per armadio ricompreso tra 3 e 4:

	Tipo	n°	Profondità (m)	Lunghezza (m)	Altezza (m)	N. ripiani	Capienza (m)
Stanza 1	Armadio A	1	0,45	1,8	1,95	3	5,4
	Armadio A1	2	0,45	2	1,95	3	12
	Armadio A3	1	0,45	1,8	2	3	5,4
Stanza 2	Armadio H	2	0,47	2,46	3,27	4	19,68
	Armadio H3	4	0,47	0,99	3,27	3	11,88
	Armadio H1	1	0,47	4,19	3,27	4	16,76
	Armadio H2	1	0,47	4,9	3,27	4	19,6
Totale capienza (ml)							90,72

Si verifica inoltre che la suddetta distribuzione garantisce inoltre la coerenza tra la classe di compartimentazione dell'archivio ed il carico d'incendio specifico di progetto. Questo è infatti pari a  $q_{f,d} = q_f \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n$ , dove:

1)  $q_f = g \times H \times m \times \psi / A$ , essendo

- $g = (90,72 \text{ m} \times 50 \text{ kg/m}) = 4536 \text{ kg}$  il peso del materiale combustibile;
- $H = 17 \text{ MJ/kg}$  il potere calorifico del materiale combustibile;
- $m = 0,8$  il fattore di partecipazione alla combustione della carta.
- $\psi = 0,85$  il fattore di limitazione di partecipazione alla combustione del combustibile in quanto stoccato in contenitori incombustibili non progettati per la resistenza al fuoco.

Si ha quindi  $q_f = (4536 \text{ kg}) \times (17 \text{ MJ/kg}) \times 0,8 \times 0,85 / (70 \text{ mq}) = 749 \text{ MJ/mq}$



- 2)  $\delta_{q1}=1,00$  è il fattore di rischio dovuto al fatto che la superficie del comparto è inferiore a 500 mq.
- 3)  $\delta_{q2}=1,00$  è il fattore di rischio associato alla classe di rischio: si attribuisce agli archivi una classe di rischio II (rischio moderato in termini di probabilità d'innescio, velocità di propagazione di incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza)
- 4)  $\delta_n=\delta_{n1}\cdot\delta_{n2}\cdot\delta_{n3}\cdot\delta_{n4}\cdot\delta_{n5}\cdot\delta_{n6}\cdot\delta_{n7}\cdot\delta_{n8}\cdot\delta_{n9}=0,765$  è il fattore di rischio legato alla protezione dal fuoco, dove:
  - a. Assenza di sistema automatico di estinzione  $\Rightarrow \delta_{n1}=\delta_{n2}=1,00$
  - b. Assenza di sistema di evacuazione automatica di fumo e calore  $\Rightarrow \delta_{n3} =1,00$
  - c. Presenza di sistema IRAI  $\Rightarrow \delta_{n4}= 0,85$
  - d. Assenza di squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio con attestato di idoneità tecnica rischio elevato presente H24  $\Rightarrow \delta_{n5}= 1,00$
  - e. Assenza di rete idrica antincendio interna e esterna  $\Rightarrow \delta_{n6}= \delta_{n7}= 1,00$
  - f. Assenza di percorsi protetti di accesso:  $\delta_{n8}=1,00$
  - g. L'edificio è accessibile ai mezzi di soccorso VV.F.:  $\delta_{n10}=0,90$

Si ha quindi  $q_f=(749 \text{ MJ/mq}) \times 1,00 \times 1,00 \times 0,765 =573 \text{ MJ/mq}$ , che in base alla tabella 4 del DM 09/03/2007 corrisponde ad una classe di resistenza al fuoco del comparto pari a 45, compatibile con la classe definita dal progetto antincendio.

#### 4 – VERIFICA RISCHIO RIBALTAMENTO ARMADI ARCHIVIO

Per quanto riguarda la messa in sicurezza degli armadi nei confronti del rischio ribaltamento, va considerato quanto segue.

Il rischio ribaltamento è legato all'eventuale azione orizzontale che si può creare nel caso di un evento sismico.

Tale azione orizzontale  $F_A$ , che è funzione di  $P_{tot}$  (peso dell'armadio compreso il contenuto) andrà infatti a generare un momento ribaltante pari a  $F_0 \cdot Z$ , dove  $Z$  è la quota del baricentro di  $P_{tot}$ .

Il momento ribaltante sarà contrastato dal momento stabilizzante  $P_{tot} \cdot p/2$ , essendo  $p$  la profondità dell'armadio, oltre che dalla presenza di eventuali staffaggi a parete o a soffitto,

che occorre dimensionare e porre in opera qualora il momento stabilizzante risulti inferiore di quello ribaltante.

Al fine di verificare la stabilità degli armadi sopra elencati, occorre quindi innanzitutto stimarne il peso a vuoto, in mancanza di schede tecniche dei medesimi che ne specifichino le caratteristiche.

Si assume a questo scopo che i lati di ogni armadio siano composti da elementi di lamiera di acciaio da 1 mm di spessore, ripiegati sui bordi per una lunghezza pari a  $s=0,3$  cm in modo da costituire dei parallelepipedi aperti su un lato.

Indicando con  $p$  la profondità,  $l$  la larghezza e  $h$  l'altezza, Ciascun armadio sarà quindi costituito:

- 1) Da due elementi laterali di superficie pari a  $p \cdot h + 2s(p+h)$
- 2) Da due elementi fronte/retro di superficie pari a  $l \cdot h + 2s(l+h)$
- 3) Da  $n$  elementi orizzontali di superficie pari a  $p \cdot l + 2s(p+l)$ , essendo  $n$  il numero di ripiani in cui è suddiviso l'armadio incrementato di 1 per tener conto del piano superiore.

Considerato che la lamiera d'acciaio di spessore 1 mm ha un peso pari a 7,85 kg/mq, si ha quindi:

Armadio	$l(m)$	$p(m)$	$h(m)$	$n$	$P_a(kg)$	$N_p$ (n° ripiani pieni)	$P_r(kg)$	$P_{tot}$
A	1,8	0,45	1,95	5	109,12	3	270	379,12
A1	2	0,45	1,95	5	119,20	3	300	419,20
A3	1,8	0,45	2	5	110,98	3	270	380,98
H	2,46	0,47	3,27	7	227,71	4	492	719,71
H3	0,99	0,47	3,27	7	110,47	3	148,5	258,97
H1	4,19	0,47	3,27	7	365,69	4	838	1203,69
H2	4,9	0,47	3,27	7	422,31	4	980	1402,31

essendo  $P_r = 50 \cdot N_p \cdot l$  il peso del materiale d'archivio calcolato sulla base del peso medio al metro lineare utilizzato per il calcolo del carico d'incendio.

Ipotizzando che, sia per comodità di uso che per garantire la massima stabilità siano utilizzabili solo i ripiani più bassi di ciascun armadio, e che la distanza tra due ripiani sia pari a 40 cm, si calcola quindi la quota baricentrica degli armadi come:

$$Z = (P_r \cdot 0,4N_p/2 + P_a \cdot h/2) / (P_r + P_a)$$

La forza orizzontale  $F_A$  ingenerata dall'evento sismico è definita nel cap. 7.2.3 della NTC 2018 come  $F_A = (S_a \cdot P_{tot}) / q_a$ , essendo:

- $S_a$  l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma, che in base a quanto specificato nel § 7.8.1.5.2 delle NTC 2018 può essere assunto pari a  $S_a = \max[\alpha S(1,5(1+Z/H)-0,5); \alpha S]$ , dove:
  - $\alpha$  è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno  $a_g$  sul sottosuolo caratteristico dell'area, che si assume di tipo "B" ("rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s), per cui  $\alpha=0,183$ .
  - $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria del sottosuolo, che come sopra indicato è assunta di tipo "B" e delle condizioni topografiche. Per il sito in cui è posta la sede ARDSU,  $S=1,2$ .
- $P_{tot}$  il peso dell'armadio compreso il contenuto;
- $q_a$  il fattore di comportamento dell'elemento, che in base alla tab. 7.2.I della NTC 2008 si pone pari a 2, non essendo gli armadi ancorati al pavimento.

Si ottiene quindi:

	$P_{tot}$ (kg)	$Z$ (m)	$S_a$	$F_a$ (kg)	$M_{rib}$ (kgm)	$M_{stab}$ (kgm)	$M_{stab} > M_{rib}$
Armadio A	379,12	0,708	0,339	64,3	45,5	85,3	Sì
Armadio A1	419,20	0,707	0,339	71,0	50,2	94,3	Sì
Armadio A3	380,98	0,717	0,338	64,3	46,1	85,7	Sì
Armadio H	719,71	1,064	0,327	117,6	125,1	169,1	Sì
Armadio H3	258,97	1,041	0,325	42,0	43,8	60,9	Sì
Armadio H1	1203,69	1,054	0,326	196,0	206,6	282,9	Sì
Armadio H2	1402,31	1,051	0,326	228,2	240,0	329,5	Sì

Si ha quindi che tutti gli armadi risultano in sicurezza rispetto al rischio ribaltamento e che quindi non sono necessarie opere di messa in sicurezza.

Occorre notare che la verifica sopra effettuata è relativa alla condizione in cui tutti gli scaffali contengano materiale d'archivio al massimo della capienza consentita al fine di limitare il carico d'incendio sotto i 60 kg di legna standard al mq (cfr. cap. 3) , così come previsto dal progetto antincendio.

Al decrescere del contenuto degli armadi, il momento stabilizzante decresce più rapidamente del momento ribaltante, e si può quindi avere una condizione in cui il peso del materiale d'archivio non è più sufficiente a stabilizzare gli armadi.

A tal fine, almeno uno dei ripiani utilizzabili di ciascun armadio dovrà restare pieno di materiale d'archivio. Qualora per necessità l'intero armadio debba essere vuotato, potrà in alternativa essere posizionata sul primo ripiano della zavorra non combustibile di peso almeno pari a 30 kg/m.

Si riporta di seguito la valutazione del peso e dell'ingombro degli armadi da smontare.

	Lunghezza (m)	Profondità (m)	Altezza (m)	Volume armadio smontato (m <sup>3</sup> )	Peso totale (kg)
Armadio I	2,54	0,47	2,78	0,789	220
Armadio I1	1,32	0,47	2,79	0,411	117
Cassettiera E1	2,5	0,7	0,75	0,302	171
Armadietto A2	1,8	0,45	0,9	0,194	56
Armadietto A4	1,8	0,45	0,85	0,188	54
Armadietto A6	1,8	0,45	0,9	0,194	113
Armadio A5	1,8	0,45	1,95	0,385	218
Armadio B	1,01	0,45	1,95	0,239	69
Cassettiera C	0,94	0,48	0,97	0,123	36
Cassettiera D	1,6	0,47	0,67	0,151	44

Ammettendo che sia recuperato il 50% dei mobili, si ha quindi che il volume del materiale da conferire a centro di smaltimento risulta pari a circa 2 m<sup>3</sup>.