Edifici e ascensori in caso d'incendio: così si proteggono occupanti e soccorritori

■ Diego Sartorello, Domenico D.M. Rossi

L'abstract

Nel panorama edilizio italiano gli edifici residenziali per oltre il 70%, risalgono agli anni 60-70' e tra questi, la maggior parte ha altezza compresa tra i 20 e 34 metri (da 6-9 piani).
Per questi edifici, nati prima dell'entrata in vigore del D.M. 16 maggio 1987, che rappresenta la norma di prevenzione incendi per gli edifici civili, la legge non prevede di fatto alcuna modifica.
La messa a norma di questi edifici, dal punto di vista della protezione dal fuoco, è dunque banale ma non corrisponde affatto alla messa in sicurezza delle persone che li abitano.
Questi edifici hanno come caratteristica comune l'avere un unico vano scala (di tipo aperto) in diretta comunicazione con il vano ascensore (o i vani ascensore).
Assodato che il fumo da incendio è la prima causa di vittime e che la legislazione vigente non prevede misure per eliminare o ridurre tale causa, viene di seguito proposto un sistema, valido soprattutto per edifici esistenti, che consente quantomeno di ridurre il pericolo derivante dalla inalazione del fumo permettendo agli occupanti condizioni migliori durante l'esodo ed ai soccorritori facilità di intervento. Per illustrare il sistema faremo riferimento ad un caso reale.

La struttura in esame è un tipico edificio di nove piani fuori terra, privo di interrati, dotato di un solo vano ascensore ed un'unica scala di tipo aperto a servizio dell'intero stabile.
La scala giunge fino al lastrico solare (tetto piano calpestabile) e permette l'accesso al locale macchine posto sopra il vano corsa dell'ascensore.
L'immobile è stato costruito negli anni '60 ha una struttura portante in cemento armato e tamponamenti in laterizio che ne conferiscono una buona resistenza al fuoco che, senza entrare in dettaglio, possiamo stimare di 120 min.
Le piante dell'edificio sono illustrate nelle *tavole n. 1, 2 e 3*. I dati principali sono elencati nella *tabella n. 1.*
Si tratta essenzialmente di utilizzare il vano ascensore, una volta portata la cabina a terra, come camino per l'evacuazione forzata dei fumi e di utilizzare l'apertura in sommità della scala per l'ingresso di aria che, muovendosi dall'alto verso il basso, sarà di ostacolo al movimento ascendente dei fumi.
Ad ulteriore inquadramento indichiamo che, ai sensi delle norme della serie UNI 81, l'ascensore è di tipo elettrico di categoria A, con una corsa di 25 metri ed una velocità (a regime) di 1,25 m/s. Il quadro di manovra originale di tipo elettromeccanico a due velocità si suppone sia stato sostituito con uno elettronico ad inverter nella seconda metà degli anni '90.
In *tabella 2* riportiamo i dati, ai nostri fini rilevanti, dell'impianto ascensore.
Le sezioni dell'impianto ascensore sono illustrate nelle *tavole 4, 5 e 6.*

Studi scientifici

Gli studi sul movimento dei fumi nei vani scala partono dal lontano 1973, a cura del canadese Tamura (si veda "Basic for the design of smoke shafts" [1]) e del suo collega statunitense Klote (si veda "Design of elevator smoke control system for fire evacuation" [2]), e costituiscono le basi scientifiche da cui partire.

Da questi e dai molti studi successivi è facile immaginare una situazione del tipo schematizzato in *figura 1*, dove un incendio sviluppatosi nell'appartamento del secondo piano rende inagibile il vano scale e l'ascensore dal secondo piano in su.

Altri studi, infatti, indicano che il tempo impiegato dal fumo a rendere inagibile il vano scale è davvero ridotto e la possibilità di salvezza è legata al fatto di essere avvisati per tempo e di possedere uno stato fisico da atleta.

Per tutti gli altri non c'è possibilità di evacuazione se non con l'aiuto delle squadre di soccorso dei VV.F. (e della loro autoscala).

Tamura, già nel 1973, indicava che in simili situazioni l'uso dei vani corsa degli ascensori come condotti di evacuazione (posto di avere una corretta sezione di uscita) era vantaggioso ai fini dello smaltimento dei fumi dell'incendio.

Egli indicava, per situazioni "naturali" ossia prive di impianti di ventilazione forzata anche una formula per il calcolo della superficie di evacuazione dei fumi da porre in sommità al vano, e ne indicava nel 80% il valore sufficiente (rispetto all'ideale calcolato con la formula) per una corretta evacuazione.

Androne (lobby)	
Superficie	28 m^2
Altezza	3,5 m
Volume	98 m^3
Vano Scale	
Dimensioni (Lunghezza x Larghezza)	7 x 2,5 m
Superficie	17,55 m^2
Volume	441,56 m^3
Pianerottoli	
Superficie	3 m^2
Volume	7,2 m^3

N.B. La superficie del vano scale comprende anche quella del pianerottolo

Tabella 1 - Dati principali delle piante dell'edificio

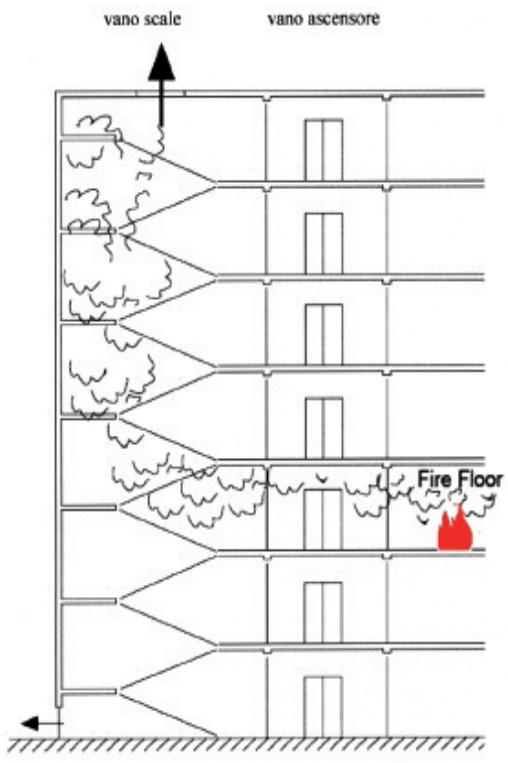

Fig. 1 - Incendio sviluppatosi nell'appartamento del secondo piano che rende inagibile il vano scale e l'ascensore dal secondo piano in su

Tamura indicava che per un vano ascensore di 25 ft^2 (ossia 1,5 m x 1,5 m = 2,25 m^2) in un edificio di altezza di circa 120 ft (circa 36,5 m) la superficie ideale era di 15 ft^2 ossia 1,4 m^2 che ridotta dell'80% diventa 1,12 m^2 (grosso modo la metà della superficie del vano corsa, ossia il 50% della superficie in pianta).
Non entriamo nel merito di quella formula (a cui rimandiamo) ma evidenziamo come tale apertura nel "caso italiano" non sia minimamente presente.
Sono spesso presenti invece aperture di almeno 1 m^2 in sommità al vano scale, spesso anche più grandi, per permettere l'evacuazione del calore nelle giornate di sole estivo.

L'ipotesi

La nostra trattazione parte da alcune supposizioni di base che ci consentono di elaborare dei dati che a loro volta ci permettano di validare l'ipotesi descritta. Se si volesse estendere questo caso ad altri similari occorre tenere presente che:

- il calcolo effettuato è approssimativo. Per un valutazione più accurata occorre co-

Vano corsa	
Dimensione in pianta [L x P]	1,5 x 1,5 m
Altezza	31 m
Altezza del piede (ossia la distanza tra il piano di calpestio della fermata estrema inferiore e il fondo del vano)	2 m
Altezza della testata (ossia la distanza tra il piano di calpestio della fermata estrema superiore e il soffitto del vano)	4 m
Cabina	
(Misure interne) altezza, larghezza e profondità	2,25 x 1,1 x 1,1 m
(Ingombro) altezza, larghezza e profondità	2,56 x 1,14 x 1,23
Misura del grembiule	0,75 m
Porte (di piano e di cabina)	
Altezza	2 m
Larghezza	0,7 m
Tipo	automatiche
Contrappeso	
Dimensioni della sezione in pianta	0,6 x 0,135 m
Distanza dalla cabina	55 mm
Distanza dal vano	60 mm

Tabella 2 - I dati dell'impianto ascensore

noscere gli spessori effettivi del "gap" tra porte e telaio (e pavimento) nonché gli spessori delle porte. Inoltre occorre conoscere la perdita di carico nel vano scala, non facilmente determinabile

- si è presunto che il piano neutro, prima dell'incendio, sia collocato a metà dell'altezza del fabbricato
- si è supposto che il fumo generato nell'incendio, nel caso più sfavorevole, possa salire naturalmente fino a metà dell'altezza del fabbricato e da li essere convo-

Nel 2014 sono apparsi diversi articoli che hanno analizzato (non intenzionalmente) il modello di comportamento all'incendio dello "edificio tipo italiano" (vedi [7] e [8]).
Nel primo articolo ("Simulation on spread of fire smoke in the elevator shaft for a high-rise building", [7]) si analizza l'incendio con un HRR (Heat Release Rate, cioè velocità di rilascio del calore, ossia la potenza termica dell'incendio) di 4 MW su un edificio di 12 piani.
Senza entrare in dettagli (per i quali rimando all'articolo) le informazioni che se ne deducono sono che in caso d'incendio dopo soli 100 secondi la temperatura nel vano ascensore al piano dell'incendio è di 88 °C cioè sufficiente a ucciderci.
Ma non basta, sul pianerottolo delle scale la temperatura arriva a 155 °C dopo soli 30 secondi! E ancora più impressionante la velocità dei fumi nel vano ascensore (non pressurizzato) che raggiunge i 2,1 m/s dopo 100 s dall'inizio dell'incendio.
Insomma con la sola ventilazione naturale ascensore e vano scale diventano impraticabili dopo soli 30 secondi. Troppo pochi perché gli occupanti del palazzo possano evacuare.

gliato meccanicamente attraverso il vano ascensore fino all'esterno
- l'elettroventilatore di estrazione sia alimentato tramite inverter per consentire la modifica del punto di lavoro
- il quadro di manovra dell'ascensore sia dotato di inverter e alimentazione di emergenza.

Nel seguito considereremo il caso che, nell'edificio appena descritto, si inneschi un incendio in uno degli appartamenti del secondo piano.

La soluzione

Il nostro scopo, facile da comprendere, è di evitare o quanto meno di limitare la propagazione dei fumi ai piani superiori di quello in cui ha avuto inizio l'incendio garantendo al tempo stesso una via d'esodo sicura.

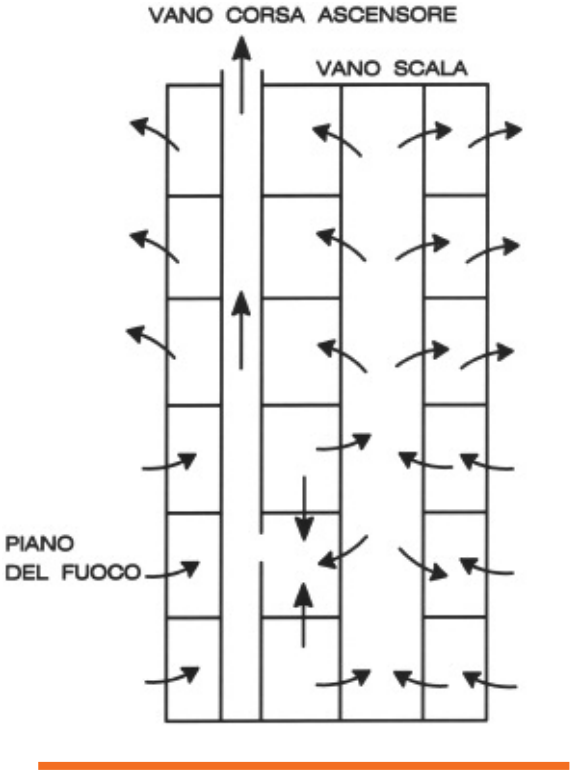

Figura 2

Per questo motivo vogliamo usare il vano ascensore come camino di evacuazione dei fumi prodotti dall'incendio e al tempo stesso cercare di far convogliare i fumi che si propagano lungo il vano scale verso il vano corsa ascensore.
Poiché la messa in pressione del vano scale è una via impercorribile per molti motivi (non ultimo la presenza di quella apertura in sommità) abbiamo risolto il problema di convogliare i fumi verso il vano corsa ascensore ponendo lo stesso in depressione.
La depressione è creata mediante l'uso di due semplici ventilatori dal diametro di soli 45 cm posti in sommità del vano corsa ascensore ed usati come estrattori di fumo.
La presenza di questi estrattori comporta però che sia presente un sistema di rivelazione e allarme in caso d'incendio nell'edificio.
Nella stragrande maggioranza dei casi, per avere una corretta rivelazione, basta installare un solo rilevatore di fumo per pianerottolo: quindi nel nostro edificio preso ad esempio saranno otto.
A cui aggiungeremo nove pulsanti manuali di allarme (uno anche al piano terra) e almeno due sirene (una al secondo piano ed una al sesto), oltre ovviamente alla centrale del sistema.
A tutto ciò aggiungiamo un sistema di apertura per la finestra dell'ultimo piano.
L'apertura è comandata dalla centrale di cui sopra.
La finestra ha dimensioni nette di 1 x 2 metri, e si apre a ribalta con un angolo di 30°. Tale angolo fa sì che l'apertura netta da conteggiare nei calcoli sia pari a 1 m^2 *(vedi figura 3).*
Centrale che deve svolgere anche un'altra funzione: sganciare la forza motrice che alimenta l'impianto ascensore.
Tale evento viene interpretato dalla centralina dell'ascensore come condizione di emergenza e fa automaticamente riportare la cabina al piano terra. Con un particolare: per svolgere questa funzione l'inverter deve avere un'alimentazione di sicurezza rappresen-

tata da una batteria correttamente dimensionata (di solito sono due normali batterie slim al litio da 12 V ha 10 Ah poste in serie).
Una volta riportata la cabina al piano l'ascensore apre le porte e le lascia aperte.
Lo scopo è di evidenziare che non vi è nessuno intrappolato nella cabina e inoltre le porte aperte rappresentano una maggiore quantità d'aria pulita in ingresso al vano corsa che fa aumentare (per differenza di temperatura) il "tiraggio del camino" rappresentato dal vano corsa *(vedi fig. 4).*
La procedura appena descritta è quella standard in quasi tutto il mondo (Italia esclusa) per gli ascensori in caso d'incendio.
Purtroppo il patrimonio immobiliare italiano, a meno di rifacimenti del quadro di manovra dell'ascensore, è ancora dotato dei suoi impianti originari degli anni '60 e '70. Impianti che sono privi della funzione di riporto al piano di evacuazione della cabina.
Cosa cambia con la cabina (supposta vuota) ferma ad un piano qualsiasi al di sopra del piano d'incendio?
Con la porta di piano aperta, il vano ascensore non è più un camino.
Ecco perché è necessario che l'ascensore sia dotato del sistema di emergenza per il riporto al piano terra della cabina.
Negli edifici di grande altezza, dopo l'attentato dell'undici settembre 2001 alle Torri Gemelle di New York i tecnici statunitensi hanno evidenziato come l'arresto degli elevatori impedisca l'evacuazione delle persone presenti nell'edificio.
Per questo motivo Klote (sempre lui) ha analizzato in dettaglio la possibilità d'uso degli ascensori e Tom Allen ha redatto una procedura che divide il tempo dall'allarme incendio in poi in due fasi: nella prima gli ascen-

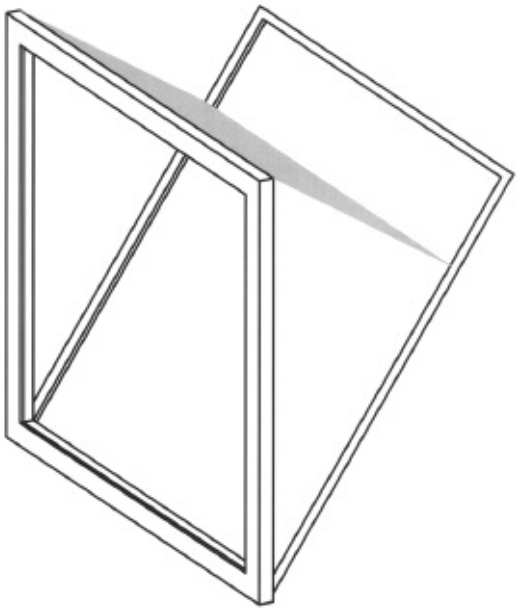

Figura 3 - La finestra ha dimensioni nette di 1 x 2 metri, e si apre a ribalta con un angolo di 30° L'area in grigio è l'area geometrica utile da conteggiare per la ventilazione

sori vengono utilizzati per una evacuazione schedulata (E3 operation); nella seconda si attiva la procedura di riporto al piano ed arresto dell'impianto.

Per maggiori particolari si veda [10] e [11].

Nel nostro panorama questa procedura non serve e comunque non è applicabile. Non serve perché i nostri edifici possono essere evacuati in pochi minuti. Non è applicabile perché richiede l'installazione di un sistema di monitoraggio con personale sempre presente che ha dei costi improponibili per le nostre situazioni abitative.

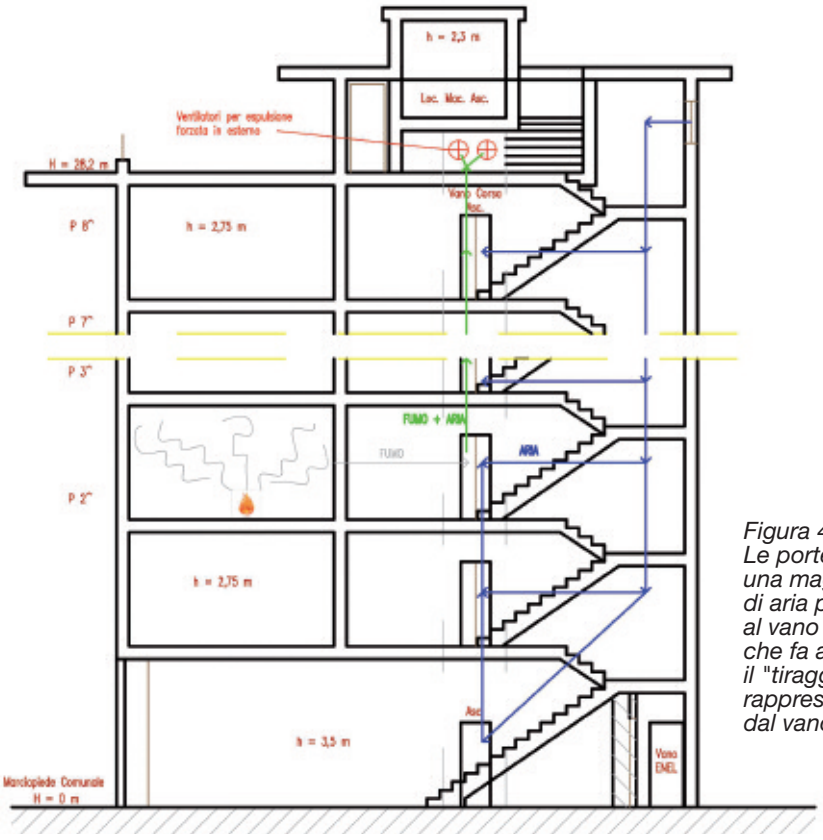

Figura 4
Le porte aperte creano una maggiore quantità di aria pulita in ingresso al vano corsa che fa aumentare il "tiraggio del camino" rappresentato dal vano corsa

Applicazione alledificio in esame

È stata stabilita una portata di 11'200 m^3/h: per il dimensionamento dei ventilatori estrattori possiamo tener presente che le perdite di carico in un condotto (vano scala compreso) possono essere determinate con la formula di Darcy-Weisbach (come indicato da Tamura e Shaw in [1]),

$$\Delta p = K \frac{L}{D_e} \cdot \frac{1}{2} \rho \frac{Q^2}{A^2}$$

dove

- K è un valore sperimentale (Tamura-Klote-Achaji [12]) che varia, in base alla presenza o meno di persone lungo il vano scale, da un minimo di 70 (scala non occupata) ad un massimo di 170 (scala occupata con densità 2 p/m^2) e che noi prenderemo pari a 120;
- L = 30 m è la l'altezza del vano corsa fino all'asse dei ventilatori;
- De = 4 A / perimetro vano scale [m];
- A = superficie vano scale (17,5 m^2);
- r è la densità dei fumi (1,2 kg/m^3);
- Q la portata del ventilatore [m^3/s].

Essendo il perimetro del vano scale pari a 2 (7 + 2,5) = 19 m, si ha che:

$$D_e = \frac{4 \cdot 17{,}5}{19} = 3{,}68\ m$$

e posto Q = 11'200 m^3/h = 3,1 m^3/s, si ottiene

$$\Delta p = 120 \frac{30}{3{,}68} \cdot \frac{1}{2} 1{,}2 \frac{(3{,}1)^2}{(17{,}5)^2} = 18{,}4\ \text{Pa}$$

Calcoliamo ora le perdite di imbocco (Dp_i) per l'apertura di sommità del vano scale, supposta essere di superficie netta pari a 1 m^2:

$$\Delta p_i = 0{,}9 \cdot \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q}{A} \right)^2 = 5{,}2\ \text{Pa}$$

con v = 3,1 m/s.

Le perdite attraverso le porte dell'ascensore (Dp_p) sono:

calcolabili con la

$$\Delta p_p = \frac{1}{2} \rho \frac{Q^2}{C_d^2 \cdot A_p^2}$$

posta l'area di flusso A_p = 0,06 m^2
la portata al piano =
Q/ 8 = 1'400 m^3/h = 0,39 m^3/s

supposto C_d = 0,65, per cui
si ottiene

$$\Delta p_p = \frac{1}{2} 1{,}2 \frac{0{,}39^2}{0{,}65^2 \Diamond 0{,}06^2} = 60\ \text{Pa}$$

Per il vano ascensore:

- A = superficie vano corsa (1,5 x 1,5 = 2,25 m^2)

- Perimetro vano corsa = 6 m

applicando ancora l'espressione di Darcy-Weisbach si ottiene
con

K= 0,5
Δpp = 11,4 Pa

Sommando, ora, tutte le perdite di carico trovate, ottengo:

$$Dp_{TOT} = 18,4 + 5,2 + 60 + 11,4 = 95 \text{ Pa}$$

La portata di 11'200 m^3/h alla pressione di 95 Pa è facilmente ottenibile con una coppia di estrattori con diametro di 45 cm dotati di motore trifase a due poli. È opportuno che l'alimentazione dei motori avvenga tramite inverter al fine di stabilire in modo appropriato il punto di lavoro degli estrattori.

Le conclusioni

La soluzione illustrata è un contributo alla soluzione dei problemi legati (per occupanti e soccorritori) alla evacuazione del fumo da incendio di un edificio italiano con un impatto economico di portata ridotta dovuto all'installazione del sistema di rivelazione e dei due estrattori (con relativi inverter).
Nel caso in cui l'ascensore abbia ancora il quadro di manovra originale degli anni '60 la sostituzione dello steso con altro dotato di inverter è soluzione nota a qualsiasi ditta del settore.
Nel caso di ascensori idraulici la funzione di riporto al piano più basso in caso d'interruzione dell'alimentazione è solitamente già prevista e comunque di banale implementazione (basta aprire la valvola di deflusso dell'olio).
Al tempo stesso a fronte di un modesto investimento si garantisce un percorso d'esodo a bassa concentrazione di fumo: fattore fondamentale per la salvaguardia delle vite umane.

Nelle pagine successive seguono Tavole grafiche **>>>**

Bibliografia

1 Tamura G.T., Shaw C.Y., "Basic for the design of smoke shafts", Fire Technology Vol. 9 No.3 agosto 1973.
Reperibile in Internet all'indirizzo: http://www.researchgate.net/publication/44076903_Basis_for_the_design_of_smoke_shafts/links/0fe266fd0cf24cd07c98bf5d.pdf.

2 Klote J.H., Tamura G.T., "Design of elevator smoke control sistema for fire evacuazion" ASHRAE Annual Meeting del giugno 1991.
Reperibile in Internet all'indirizzo:
http://nparc.cisti-icist.nrc cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdoc&an=20375223&article=0&fd=pdf.

3 Tamura G.T., "Assessment of stair pressurization systems for smoke control", ASHRAE Transactions n. 98 del 1992.

4 Klote J.H., Ferreira M.J., Milke J.A., "Elevator Pressurization", Fire Protection Engineering 2013-04-01.
Reperibile in Internet all'indirizzo: http://magazine.sfpe.org/contente/elevator-pressurization.

5 Gatfield A.J., "Elevators and fire: designing for safety", Elevators and Fire 1991.

6 Tamura G.T., Klote J.H., "Smoke control systems for elevator fire evacuation", 1991, http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=909294.

7 Yunchun Xia, "Simulation on spread of fire smoke in the elevator shaft for a high-rise building", della School of Civil Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China.

8 Xutao Zhang, Songling Wang, Jiangjiang Wang e Reina Giacomo, "A Simplified Model to Predict Smoke Movement in Vertical Shafts During a High-Rise Structural Fire", pubblicato su Jestr [Journal of Engineering Science and Technology Review] (vedi www.jestr.org).

9 Klote J.H., "Hazards Due to Smoke Migration Through Elevator Shafts – Volume I: Analysis and Discussion. Final Report", NIST GCR 04-864-I Giugno 2004.

10 Klote J.H., "Analysis of the Life Safety Consequences of Smoke Migration Elevator Shafts", ASME International 2003.

11 Tom Allen, "Early Evacuation Elevator Operation", ASME International 2003.

12 Klote J.H., Milke J.A., Turnbull P.G., Kashef A., Ferreira M., "Handbook of smoke control engineering", ASHRAE, Atlanta 2012.

Tavole Grafiche

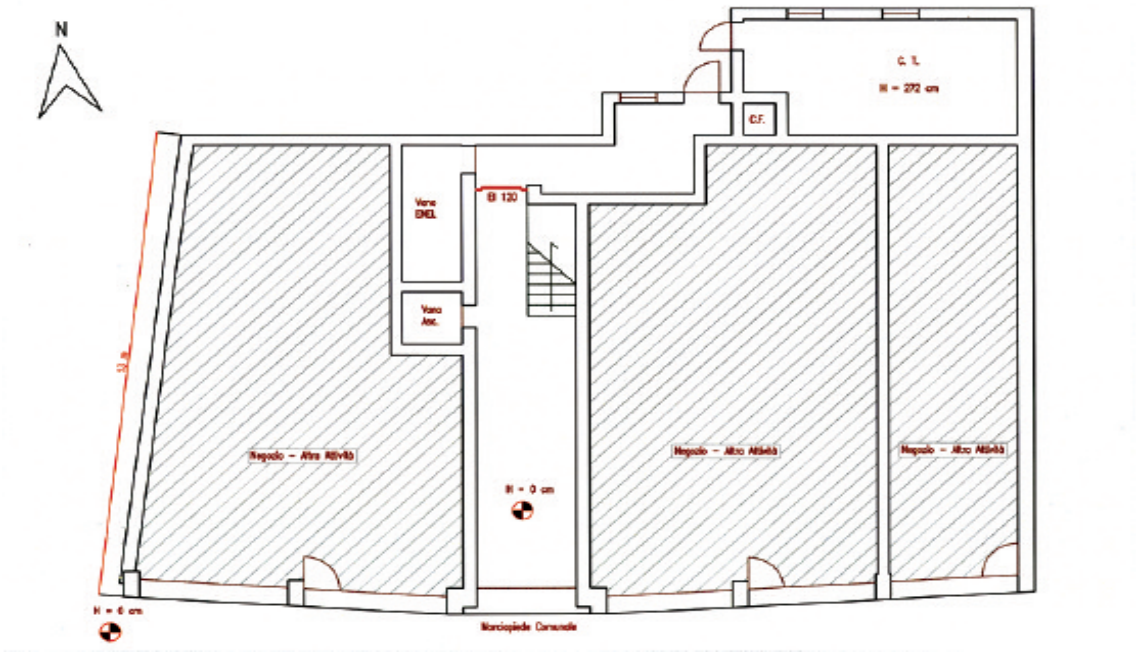

Tavola 1 – Planimetria in scala 1:100 del piano terra dell'edificio

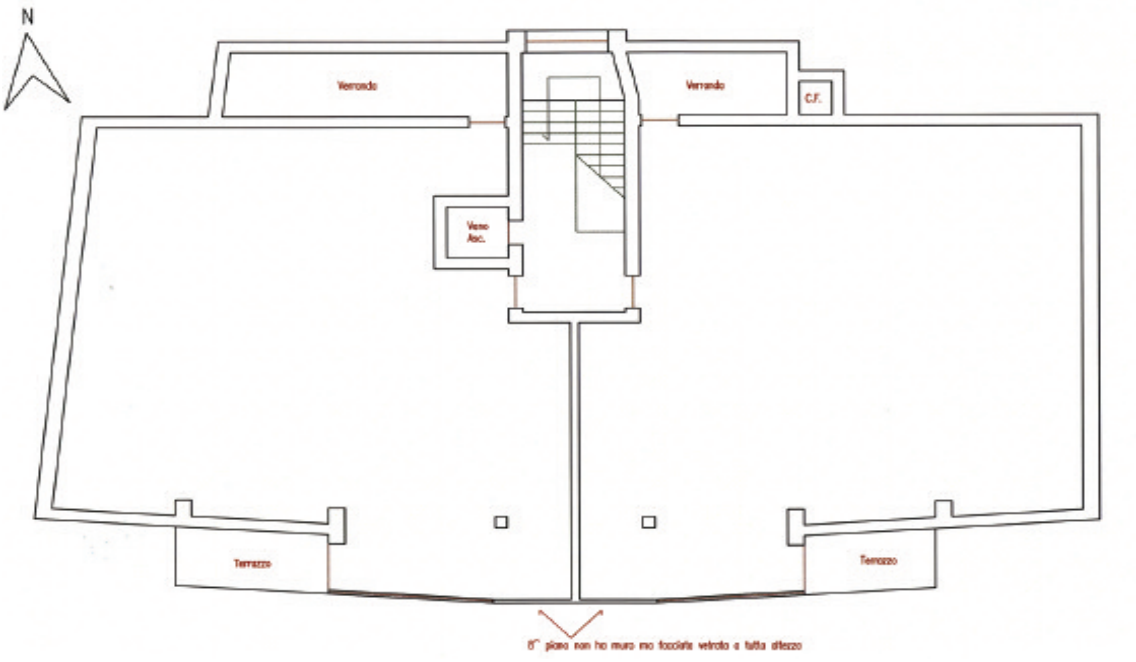

Tavola 2 – Planimetria in scala 1:100 del piano tipo dell'edificio

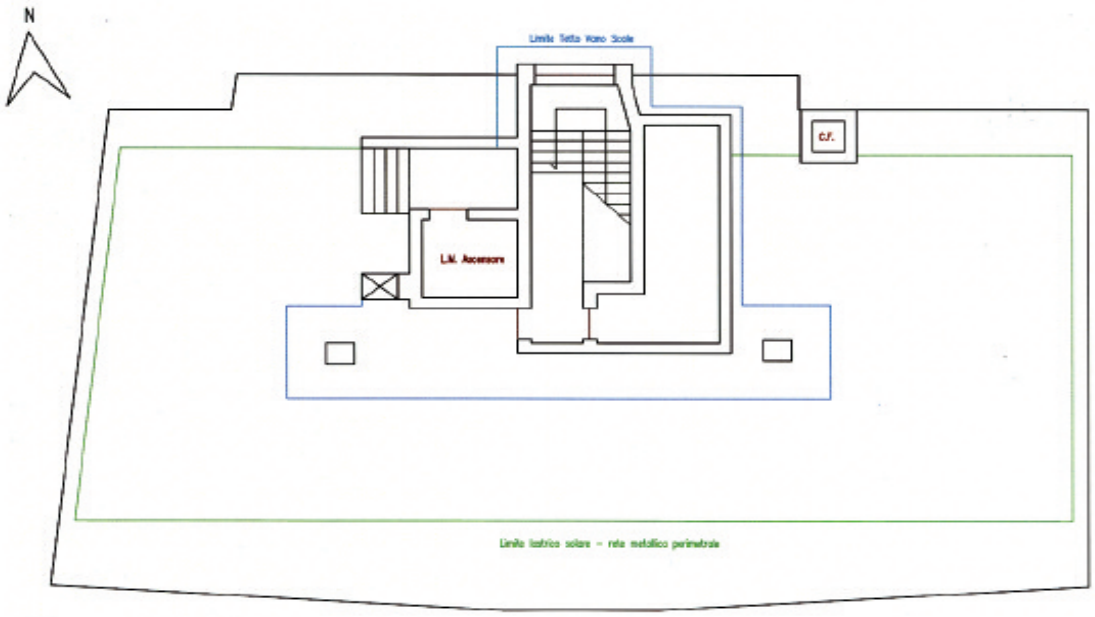

Tavola 3 – Planimetria in scala 1:100 del tetto dell'edificio

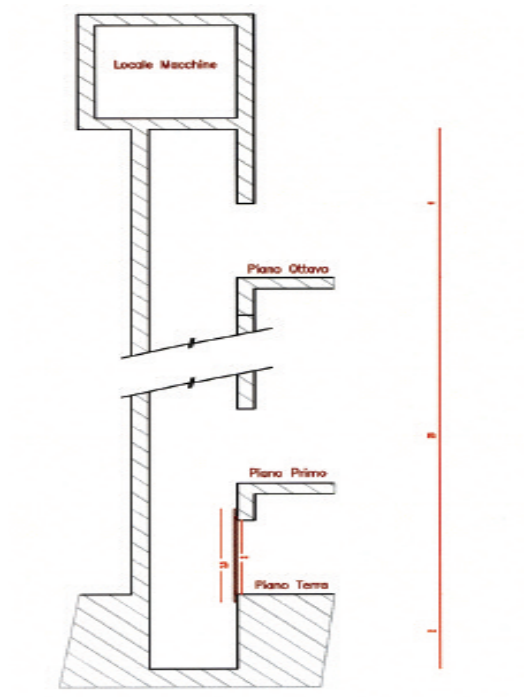

Tavola 4 – Sezione in scala 1:100 del vano corsa dell'ascensore

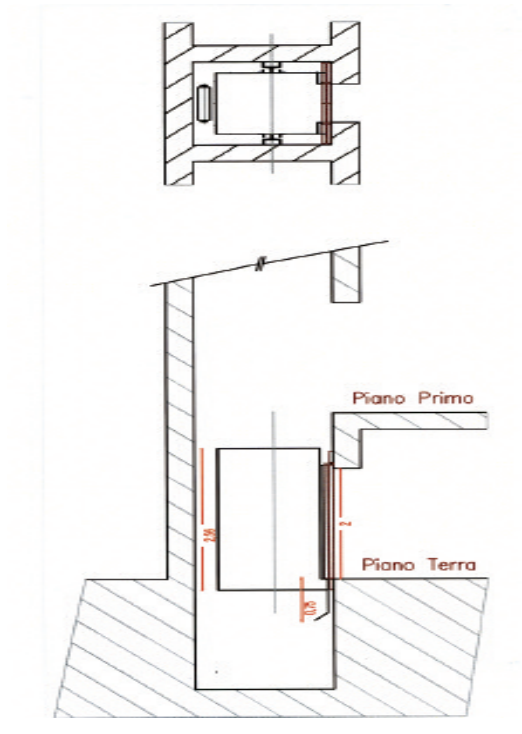

Tavola 5 – Sezione in scala 1:50 della cabina dell'ascensore