

# **Contributo metodologico alla preventivazione parametrica dell'impianto antincendio per edifici industriali**

- Marcello Lando
- Maria Elena Nenni
- Massimiliano M. Schiraldi

## CONTRIBUTO METODOLOGICO ALLA PREVENTIVAZIONE PARAMETRICA DELL'IMPIANTO ANTINCENDIO PER EDIFICI INDUSTRIALI

### A CRITERION FOR THE PARAMETRIC ESTIMATION OF FIRE EXTINGUISHER SYSTEM COSTS IN INDUSTRIAL PLANTS

Marcello Lando\*, Maria Elena Nenni\*, Massimiliano M. Schiraldi\*\*

\* Dipartimento di Progettazione e Gestione Industriale – Università degli Studi di Napoli  
“Federico II”

\*\* Dottorato di Ricerca in Ingegneria Economico Gestionale - Università degli Studi di Roma  
“Tor Vergata”

*Un'analisi condotta su un campione significativo di progetti di impianto, e il riscontro della normativa specifica, hanno portato alla definizione dei fattori tecno-strutturali di incidenza determinante sul costo dell'impiantistica antincendio relativa a fabbricati industriali. In base a voci di costo opportunamente individuate, una procedura analitica ad hoc sviluppata ha quindi consentito di costruire curve parametriche da cui derivare un'unica formulazione sintetica per la preventivazione di impianti a rete di idranti e impianti a pioggia ad intervento automatico. Il criterio è stato validato confrontando i costi così valutati a preventivo con quelli industrialmente computati per la messa in opera dei progetti-tipo presi a riferimento.*

*An analysis carried out on a significant sample of industrial installation projects, on top of the support of the specific regulation, has lead the authors to the definition of those technological and structural factors which have massive influence on the cost of the fire protection equipment in industrial plants. Then, from the identification of proper cost entries, an analytic procedure has been ad-hoc developed; hence, through the analysis of fitting parametric functions, an unique synthetic formulation for the cost estimation of two typologies of fire extinguisher systems - sprinkler system and hydrant grid system – has been derived. This criterion has been validated through the comparison of the costs in such way estimated with the final costs recorded in the installation projects of the chosen sample.*

#### 1. PREMESSA

In misura crescente con la sensibilità del legislatore nei confronti della sicurezza e della salvaguardia degli ambienti di lavoro, si è notoriamente intensificata in questi anni l'attenzione degli studiosi sugli aspetti tecnico-economici dell'impiantistica antincendio. Va d'altra parte osservato che in sede di studio di fattibilità di un nuovo insediamento produttivo, la contrazione dei tempi di preventivazione delle opere in progetto ricopre un'importanza non inferiore a quella riguardante l'attendibilità delle stesse stime. In tale primaria fase progettuale, difatti, molto più che effettuare computi estimativi dettagliati, è quanto mai opportuno disporre di plausibili dimensioni della spesa da sostenere [1] atte a consentire una prevalutazione di fattibilità, e quindi anche un eventuale riorientamento dello stesso progetto di impianto.

Sulla scorta di tali rilievi, obiettivo del presente studio è stato quello di sviluppare e formalizzare una procedura per la stima preventiva rapida del costo di impiantistica antincendio per insediamenti industriali. Allo scopo si è fatto riferimento alle soluzioni specifiche più diffuse [2], ovvero gli impianti a rete di idranti e gli impianti a pioggia ad intervento automatico (*sprinkler*). Sono state al

riguardo sviluppate due congrue serie di progetti-tipo (rispettivamente n° 90 e n° 120 progetti per le due tipologie a riferimento), in accordo con i criteri prescritti dalle normative vigenti [3, 4], individuati attraverso diverse combinazioni dei tre parametri caratteristici

- area **A** della superficie coperta;
- rapporto  $\lambda$  tra i lati della pianta rettangolare del fabbricato;
- categoria di rischio d'incendio.

Con riferimento ad una casistica ricorrente, sono stati scelti per **A** valori compresi nell'intervallo  $A = 1.000 \div 10.000 \text{ m}^2$  e per  $\lambda$  nell'intervallo  $\lambda = 0.20 \div 1$ ; la *categoria di rischio* restando comunque fissata dalle citate normative, in base ai caratteri propri del fabbricato e dell'attività produttiva cui è destinato.

La correlazione tra i parametri tecnico-dimensionali e gli oneri connessi con opere impiantistiche di differente categoria ha formato oggetto di studio da parte di diversi autori [1, 5, 6]. In accordo con l'intento perseguito da questi ultimi, e per le specifiche occorrenze di impianto già precisate, il presente lavoro prospetta un contributo metodologico e procedurale atto a tradursi in una formulazione sintetica, di immediata applicabilità per entrambe le soluzioni impiantistiche prese in considerazione.

La trattazione è stata altresì orientata ad evidenziare le analogie metodologiche della proposta illustrata, pur a fronte delle diversità di carattere progettuale per i casi di impianto *a rete di idranti* ovvero *a pioggia ad intervento automatico*

## 2. PREVENTIVAZIONE PARAMETRICA DELL'IMPIANTO A RETE DI IDRANTI

Nel caso di fabbricati industriali protetti da rete ad idranti, la normativa [3] riconosce tre diversi livelli di rischio: *lieve*, *medio* ed *elevato*. Per i 90 progetti-tipo componenti il nostro campione di riferimento, abbiamo posto le seguenti condizioni-base atte ad uniformare la casistica esplorata:

- il rapporto tra la superficie coperta dal fabbricato e l'area del suolo di relativa pertinenza è pari a  $1/3$ ;
- il lato anteriore del fabbricato è ubicato alla distanza di 15 m dal recinto perimetrale;
- l'attacco di mandata per l'autopompa VV.F. è posizionato accanto all'ingresso del complesso;
- la riserva idrica è in zona retrostante al fabbricato, a distanza di 25 m dallo stesso;
- l'attacco alla rete idrica è sul fronte stradale;
- nel caso di tubazioni interrate, la sezione di scavo è di m 0.60x0.80, e le condotte sono in polietilene alta densità (Pead);
- l'altezza s.t. del fabbricato è di 6 m e l'ampiezza massima delle campate è di 25 m;
- l'anello interno della rete è posizionato ad un'altezza di 5 m, poggiato alle pareti perimetrali quando la dimensione trasversale del fabbricato è minore di 50 m, ai pilastri interni quando è maggiore;
- per la protezione interna sono scelti idranti UNI 45, posizionati ad 1.5 m dal suolo;
- per la protezione esterna sono scelti idranti soprasuolo UNI 70 posizionati ad 1 m dal perimetro del fabbricato.

I 90 progetti-tipo componenti il campione sono stati elaborati secondo le prescrizioni riportate in Appendice B alla norma UNI 10779, dove sono definiti i criteri per il dimensionamento di un impianto a rete di idranti al variare del livello di rischio a cui è soggetto lo stabilimento. Nell'appendice C della stessa norma sono invece fornite le indicazioni per il calcolo idraulico delle tubazioni nonché delle perdite di carico (formula di Hazen-Williams).

Nella presente trattazione, a titolo esemplificativo delle modalità con cui è stato condotto lo studio, si è scelto di riportare i caratteri strutturali dei progetti relativi ai tre differenti livelli di rischio, avendo fissato per gli altri due parametri in precedenza ricordati  $A = 3000 \text{ m}^2$ ,  $\lambda = 0.5$ .

In tab.1, in seconda e terza colonna, vengono riassunti i requisiti fondamentali prescritti dalla normativa per la protezione interna ed esterna (portata richiesta per una durata minima dell'incendio, numero minimo di idranti o naspri da installare e pressione residua, rilevata al punto

di connessione dell'idrante o naspo); in quarta e quinta colonna sono inoltre riportati i risultati dei dimensionamenti relativi ad accumulo idrico e prevalenza del gruppo di spinta.

Liv. di rischio	Protezione interna	Protezione esterna	Accumulo	Prev. gruppo di spinta
<b>LIEVE</b>	120 l/min per 30 min 2 idranti o naspi 2 bar	non prevista	serb. in acciaio zinc. volume 10000 l.	34 m
<b>MEDIO</b>	120 l/min per 60 min 3 idranti o naspi 2 bar	300 l/min per 60 min 4 bocche DN 70 4 bar	vasca in cemento volume 90000 l.	64 m
<b>ELEVATO</b>	120 l/min per 120 min 4 idranti o naspi 2 bar	300 l/min per 120 min 6 bocche DN 70 4 bar	vasca in cemento volume 270000 l.	60 m

**Tab 1. Elementi caratterizzanti il progetto-tipo  $A=3000 \text{ m}^2$ ,  $\lambda=0.5$  per i tre diversi livelli di rischio**

È stato inoltre verificato che il numero di idranti o naspi fosse sufficiente a garantire la copertura di tutta la superficie da proteggere con il getto di almeno una lancia, così come previsto dalla norma.

Il costo di un impianto antincendio a rete di idranti si intende evidentemente comprensivo, oltre che della voce "materiali" (trasporto incluso), anche di "manodopera" e "spese generali". Per quanto riguarda i materiali, occorre distinguere tra *specifici* e *complementari*; rientrando nella prima categoria tutti quelli afferenti alla rete di distribuzione, il gruppo di spinta e gli erogatori; nella seconda ogni altro materiale occorrente alla posa in opera della rete. La distinzione, comunemente usata, vale a portare in conto tutti gli oneri secondari, relativi a componenti accessori (quali staffe, selle per tubazioni, materiali edili in genere) nonché gli inevitabili sfridi. Quindi per i materiali complementari e per il gruppo di pressurizzazione – in commercio, in genere, già completamente accessorizzato – si è applicato un incremento del 2% alla quantità propria di progetto; agli stessi fini, per gli altri materiali specifici si è applicato un incremento del 20%.

L'importo di ogni voce relativa a materiali è stato chiaramente valutato come prodotto tra un parametro caratterizzante (i.e. *kg* per i tubi in acciaio, *unità* per i raccordi, *metri lineari* per i tubi in Pead, ecc.) e il costo unitario di riferimento; quest'ultimo incrementato di un 5% per tenere in conto il trasporto.

Il costo complessivo di manodopera è stato riferito al tempo stimato per una squadra standard di tre operai, considerando nei vari casi il costo di messa in opera dell'unità di materiale (€/m, €/m<sup>3</sup>, €/kg, ecc).

Per quanto attiene ai *costi generali*, si è inoltre assunto

- un'incidenza del 2% per gestione cantiere;
- un'incidenza del 15% per progettazione, disegnazione, computo estimativo, documentazioni accessorie, ecc.;

Per la quotazione finale di offerta si è infine considerato un *utile d'impresa* del 10%.

La struttura di costo come sopra articolata è stata applicata a ciascuno degli impianti a rete di idranti costituenti il campione in esame. I risultati sono riportati nelle tabb. 2a ÷ 2c.

Dai dati riportati in dette tabelle emerge la misura dell'incremento del costo impiantistico al crescere del rischio d'incendio; appare chiaro come risulti direttamente proporzionale alla superficie da proteggere ed inversamente proporzionale a  $\lambda$ .

$\lambda \backslash A$	1000	3000	5000	7000	10000
<b>0.20</b>	30780	41269	44718	58965	72746
<b>0.25</b>	29710	37194	42716	56636	60578
<b>0.35</b>	28154	36903	41241	49885	54076
<b>0.50</b>	27197	35484	36501	45363	53530
<b>0.75</b>	26451	34506	36002	46151	53166
<b>1.00</b>	26276	33872	34947	45475	52570

**Tab. 2a - Costo complessivo (€) dell'impianto - Rischio Lieve**

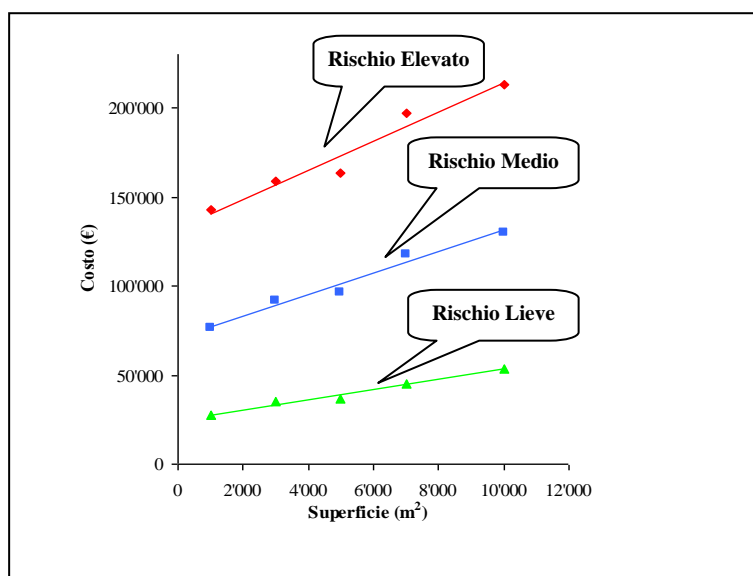
$\lambda$ \ A	1000	3000	5000	7000	10000
0.20	83110	100174	128881	157176	179573
0.25	81486	95587	125756	142815	161483
0.35	79196	95046	123653	132824	142458
0.50	76682	91762	106848	128207	140882
0.75	75624	91527	105752	128171	140180
1.00	75450	88183	102562	127992	139913

**Tab. 2b - Costo complessivo (€) dell'impianto - Rischio Medio**

$\lambda$ \ A	1000	3000	5000	7000	10000
0.20	148415	169341	198006	233985	257394
0.25	146235	162721	194653	215355	239545
0.35	143379	161673	192060	203065	215164
0.50	142711	158719	163329	197363	213195
0.75	141332	158393	162374	197567	212461
1.00	141158	149383	160758	197410	211867

**Tab. 2c - Costo complessivo (€) dell'impianto - Rischio Elevato**

Ai fini della formulazione sintetico-parametrica del costo dell'impianto a rete di idranti si è proceduto ad interpolare linearmente i risultati ottenuti, riportati sul grafico costo-superficie per differenti valori di  $\lambda$ .



**Fig. 1. Interpolazione lineare dei valori costo-superficie ( $\lambda=0.5$ ) per i diversi livelli di rischio.**

Per il caso  $\lambda=0.5$ , richiamato in fig. 1, l'interpolazione conduce alle relazioni lineari

$$\begin{aligned}
 Y &= 24.80 + 2.85 X && \text{(rischio lieve)} \\
 Y &= 71.21 + 6.01 X && \text{(rischio medio)} \\
 Y &= 132.72 + 8.14 X && \text{(rischio elevato)}
 \end{aligned}$$

Operando su queste ultime, per via iterativa, con soddisfazione siamo riusciti a pervenire alla formulazione di una unica relazione logaritmica

$$C_{0,5} = 2.85 (1 + \ln \Omega) A + 7665 (1 + 2.58 \Omega) \quad (1)$$

in cui per  $\Omega$  valgono i valori, riportati in tab. 3 al variare del livello di rischio.

Livello di rischio	$\Omega$
rischio lieve	1
rischio medio	3.2
rischio elevato	6.4

**Tab. 3 - Valori di  $\Omega$  da inserire nella (1) per la preventivazione dell'impianto a rete di idranti**

Ci sembra qui opportuno sottolineare che il vantaggio e l'originalità della nostra (1) risiedono nel fatto che, con tale formulazione, il contributo del livello di rischio alla determinazione del costo risulta sintetizzato nel solo parametro  $\Omega$ , ciò che consente – come già detto – di valersi in qualsiasi caso di una unica relazione, contenente tutti i parametri significativi (superficie, rapporto di forma e livello di rischio).

In tab. 4 abbiamo infine riportato, al variare di  $\lambda$ , i valori del coefficiente  $\kappa$  da utilizzare nella

$$C(\lambda) = \kappa(\lambda) \cdot C_{0,5} \quad (2)$$

come moltiplicatore correttivo del costo  $C_{0,5}$ , fornito dalla relazione (1) che corrisponde, come detto, al valore *centrale*  $\lambda=0.5$ .

Rischio Lieve		Rischio Medio		Rischio Elevato	
A = 1000 m <sup>2</sup>					
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.13	0.20	1.08	0.20	1.04
0.25	1.09	0.25	1.06	0.25	1.02
0.35	1.04	0.35	1.03	0.35	1.00
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	0.97	0.75	0.99	0.75	0.99
1.00	0.97	1.00	0.98	1.00	0.99
A = 3000 m <sup>2</sup>					
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.16	0.20	1.09	0.20	1.07
0.25	1.05	0.25	1.04	0.25	1.03
0.35	1.04	0.35	1.04	0.35	1.02
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	0.97	0.75	1.00	0.75	1.00
1.00	0.95	1.00	0.96	1.00	0.94
A = 5000 m <sup>2</sup>					
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.23	0.20	1.21	0.20	1.21
0.25	1.17	0.25	1.18	0.25	1.19
0.35	1.13	0.35	1.16	0.35	1.18
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	0.99	0.75	0.99	0.75	0.99
1.00	0.96	1.00	0.96	1.00	0.98
A = 7000 m <sup>2</sup>					
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$

0.20	1.30	0.20	1.23	0.20	1.19
0.25	1.25	0.25	1.11	0.25	1.09
0.35	1.10	0.35	1.04	0.35	1.03
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	1.02	0.75	1.00	0.75	1.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>A = 10000 m<sup>2</sup></b>					
<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>\kappa</math></b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>\kappa</math></b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>\kappa</math></b>
0.20	1.36	0.20	1.27	0.20	1.21
0.25	1.13	0.25	1.15	0.25	1.12
0.35	1.01	0.35	1.01	0.35	1.01
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	0.99	0.75	1.00	0.75	1.00
1.00	0.98	1.00	0.99	1.00	0.99

**Tab. 4 - Coefficienti moltiplicativi  $\kappa$  per il calcolo del costo onnicomprensivo di impianti a reti di idranti attraverso la (2).**

È immediato riscontrare (ciò che peraltro è intuitivamente comprensibile) come il costo complessivo dell'impianto *a rete di idranti* sia nell'insieme poco sensibile alle variazioni del rapporto di forma nel campo dei valori  $\lambda > 1/3$ , e cioè quando la pianta del fabbricato assume forme rettangolari meno allungate. In quest'ultimo intervallo di valori infine, la relazione logaritmica (1) da noi proposta consente di effettuare una rapida preventivazione del costo di impianto, senza neanche dover ricorrere ai coefficienti correttivi  $\kappa$ .

### 3. PREVENTIVAZIONE PARAMETRICA DELL'IMPIANTO AUTOMATICO A PIOGGIA

“Gli impianti automatici a pioggia sono installati allo scopo di rilevare e spegnere l'incendio nel suo stadio iniziale, ovvero di mantenerne sotto controllo lo sviluppo in modo da permetterne lo spegnimento con altri mezzi” (UNI 9489, 5.1). La struttura della norma UNI 9489 è simile a quella della norma UNI 10779 richiamata per gli impianti a rete di idranti. Rispetto a quest'ultima, al punto 13.1.1.2 le superfici da proteggere sono invece classificate in tre macro-categorie (A, B, C), a ciascuna delle quali vengono associati più livelli di rischio sulla base delle indicazioni del prospetto IX della stessa norma.

Nel presente lavoro si è scelto di concentrare l'attenzione sulle superfici che ricadono nella classe B, dal momento che

- in essa ricadono la maggior parte delle attività industriali che non riguardano materiali il cui processo è soggetto a vincoli legislativi, o per cui è comunque specificato un rischio di incendio particolarmente elevato;
- ad essa possono ricondursi sia le superfici di classe A (sempre che la relativa area, superiore ai 120 m<sup>2</sup>, non risulti suddivisa in locali con divisori in materiali non combustibili, in base al punto normativo 13.4.1.1, che prescrive il dimensionamento secondo le specifiche relative alla classe B1) sia i depositi normali di classe D0 (in base al punto normativo 13.2.2.5 che ne prescrive il dimensionamento secondo le specifiche di classe B3).

La classe B è suddivisa in quattro livelli di rischio (B1 ÷ B4), sicché – considerando gli altri parametri di interesse (superficie A e rapporto di forma  $\lambda$ ) – il nostro campione è stato esteso alla considerazione di 120 progetti-tipo.

La tipologia presa a riferimento è stata soltanto quella *ad umido*, più diffusa negli usi industriali.

Sono state qui poste da noi le seguenti condizioni-base, atte ad uniformare la casistica esplorata:

- per il posizionamento della riserva idrica, l'allacciamento alla rete ed il posizionamento dell'attacco VV.F. valgono le stesse ipotesi utilizzate per il dimensionamento dell'impianto a rete di idranti;
- la rete di distribuzione è fissata ad un'altezza di 6 m ;
- gli ugelli erogatori (*sprinkler*) sono disposti a spina, in maniera regolare;

- la distanza tra le estremità di ciascuna diramazione della rete è pari alla semidistanza esistente tra gli erogatori intermedi (punto 10.4.5 della norma).

Per il posizionamento degli ugelli erogatori è possibile fare riferimento alle prescrizioni del punto 13.5.1.9 della norma UNI 9489; in base alla quale gli ugelli sono stati posizionati lasciando una distanza di 3 m tra due successivi sulla stessa diramazione, e di 4 m su diramazioni consecutive. In questo modo la superficie (di 12 m<sup>2</sup>) da assegnare ad ogni testina risulta di forma rettangolare (m 3x4). Una volta posizionate le testine occorre determinare i diametri dei tubi secondo le specifiche riportate nel prospetto XXIX, in cui sono indicati tutti i diametri da assegnare in base alla collocazione ed alla posizione rispetto alla stazione di controllo delle diramazioni. I tubi sono stati scelti conformemente a quanto indicato [7] nella UNI 8863 (serie media), considerando le perdite di carico unitarie riportate nel prospetto XXXII.

Per la riserva idrica vale il prospetto XXV della norma; le dimensioni previste per le vasche di accumulo hanno suggerito la scelta del tipo interrato, simile a quello già considerato nel caso di impianto a rete di idranti, per livelli di rischio *medio* ed *elevato*. Per quanto riguarda il gruppo di spinta, affiancato alla vasca, tenendo in conto anche la pressione da assicurare alla stazione di controllo e rifacendosi al prospetto XXVI, è possibile estrarre i valori di pressione e portata di interesse, a cui sommare le perdite di carico (formula di Hazen Williams). I risultati sono quelli riportati in tab. 5.

Livello di rischio	Pressione (m <sub>H2O</sub> )	Portata (l/min)
B1	24	540
B2	28	1000
B3	34	1350
B4	40	2100

Tab. 5 – Prestazioni del gruppo di spinta riferite alla stazione di controllo.

Per valutare il costo onnicomprensivo dell'impianto automatico a pioggia si è proceduto in base alle stesse fasi (progetto tecnico, valutazione economica, formulazione sintetico-parametrica), già seguite per l'impianto a rete di idranti.

Nei materiali *specifici* rientrano gli ugelli erogatori, la stazione di controllo, il gruppo di spinta e le tubazioni per la rete. La differenza di livello di rischio non comporta scelte differenti per la realizzazione della rete di alimentazione, il cui costo è stato quindi determinato come prodotto tra i rispettivi costi unitari e i kg di acciaio o i metri di tubazioni in Pead utilizzati per i tratti interrati.

Un capitolo di spesa importante è qui invece costituito dai raccordi necessari per unire i tratti di tubazione delle diramazioni (a diametro decrescente) e per spillare dagli attacchi degli ugelli. Questi possono trovarsi tra due tratti di pari diametro, o con diametro diverso; in ogni caso hanno un ingresso DN 25, sicché occorre adattare le giunzioni attraverso giunti a T di riduzione e riduzioni concentriche per arrivare ad avere i diametri progettati.

Per gli ugelli, sono stati scelti erogatori *spray pendent* a bulbo di vetro (disposti verso il basso, in grado di assicurare una quantità d'acqua scaricata verso il pavimento compresa tra l'80% e il 100% della portata totale). Per la stazione di controllo si è optato per un kit munito di tutti i componenti richiesti dalla normativa, di costo standard per ogni progetto-tipo in esame.

Il costo del gruppo di spinta è invece commisurato alla prevalenza e alla portata richiesti (tab. 5).

Le voci relative a *materiali complementari*, *manodopera* e *costi generali* sono state trattate in maniera del tutto analoga a quanto fatto in precedenza per gli impianti a rete di idranti.

Il costo complessivo calcolato per ogni progetto-tipo è riportato nelle tabb. 6a ÷ 6d.

$\lambda$ \ A	1000	3000	5000	7000	10000
0.20	55661	85734	114137	144695	178164



<b>0.25</b>	53731	82207	118426	140323	178110
<b>0.35</b>	56071	86091	115439	138462	174059
<b>0.50</b>	54757	80767	113034	139290	178274
<b>0.75</b>	56877	83531	116311	136220	178098
<b>1.00</b>	56383	81562	113489	136821	173613

**Tab. 6a - Costo complessivo di impianto (€) per rischio B1.**

$\lambda \backslash A$	<b>1000</b>	<b>3000</b>	<b>5000</b>	<b>7000</b>	<b>10000</b>
<b>0.20</b>	65031	95103	123506	154065	187534
<b>0.25</b>	63101	91576	127795	149692	187479
<b>0.35</b>	65440	95460	124808	147831	183428
<b>0.50</b>	64127	90136	122403	148660	187644
<b>0.75</b>	66246	92900	125681	145589	187467
<b>1.00</b>	65752	90931	122858	146190	182982

**Tab. 6b - Costo complessivo di impianto (€) per rischio B2.**

$\lambda \backslash A$	<b>1000</b>	<b>3000</b>	<b>5000</b>	<b>7000</b>	<b>10000</b>
<b>0.20</b>	73517	105904	131992	167593	196020
<b>0.25</b>	71587	100062	125699	158178	170618
<b>0.35</b>	73926	108507	133294	156317	191914
<b>0.50</b>	72612	96771	130889	157145	200318
<b>0.75</b>	74732	101386	137018	154075	195953
<b>1.00</b>	74238	99417	131344	154676	188493

**Tab. 6c - Costo complessivo di impianto (€) per rischio B3.**

$\lambda \backslash A$	<b>1000</b>	<b>3000</b>	<b>5000</b>	<b>7000</b>	<b>10000</b>
<b>0.20</b>	87602	117674	146077	176635	210104
<b>0.25</b>	85672	114147	150366	172263	210050
<b>0.35</b>	88011	118031	147379	170402	205999
<b>0.50</b>	86697	112707	144974	171230	210214
<b>0.75</b>	88817	115471	148251	168160	210038
<b>1.00</b>	88323	113502	145429	168761	205553

**Tab. 6d - Costo complessivo di impianto (€) per rischio B4.**

Si nota chiaramente come la funzione costo abbia andamento alquanto simile a quello relativo al caso dell'impianto a rete di idranti. Il costo d'impianto, infatti, aumenta con la classe di rischio e l'estensione della superficie protetta; il fattore geometrico  $\lambda$  ha tuttavia qui un impatto minore. Ciò appare logico considerando che la rete di alimentazione degli impianti automatici a pioggia, grazie al posizionamento degli ugelli, è poco sensibile alla forma dell'area più o meno allungata della pianta rettangolare dell'edificio.

Ai fini della formulazione sintetico-parametrica del costo onnicomprensivo, si è ancora una volta proceduto ad interpolare linearmente i risultati ottenuti, riportati sul grafico costo-superficie per differenti valori di  $\lambda$ .

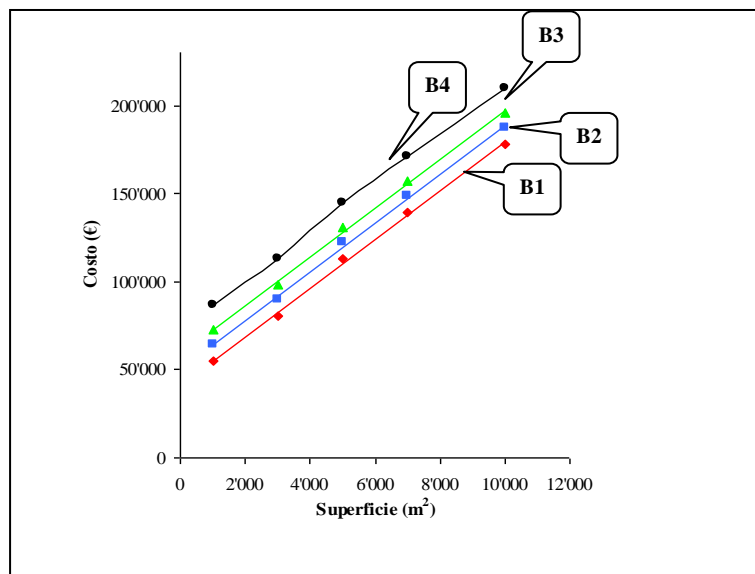


Fig. 2. Interpolazione lineare dei valori costo-superficie ( $\lambda=0.5$ ) per i diversi livelli di rischio.

Per il caso  $\lambda=0.5$ , richiamato in fig. 2, l'interpolazione conduce alle relazioni lineari

$$\begin{aligned}
 Y &= 41175 + 13.85 X && \text{(classe B1)} \\
 Y &= 50544 + 13.85 X && \text{(classe B2)} \\
 Y &= 59030 + 13.85 X && \text{(classe B3)} \\
 Y &= 73115 + 13.85 X && \text{(classe B4)}
 \end{aligned}$$

È chiaramente visibile che, a differenza del caso di impianto a rete di idranti, per gli impianti automatici a pioggia le curve parametriche sono in perfetto mutuo parallelismo; sicché il passaggio ad una classe di rischio più elevata fa traslare la curva di costo verso l'alto senza alterarne la pendenza, rendendo in questo caso agevole la ricerca di una unica formula sintetico-parametrica, che assume qui la forma

$$C_{0.5} = 13.85 A + 27788 \exp(0.21 \Omega) \quad (3)$$

in cui per  $\Omega$  valgono i valori di tab. 7, da noi rintracciati con procedura iterativa per i diversi livelli di rischio.

Livello di rischio	$\Omega$
Rischio B1	1.9
Rischio B2	2.8
Rischio B3	3.7
Rischio B4	4.6

Tab. 7 - Valori di  $\Omega$  da inserire nella (3) per la preventivazione dell'impianto automatico a pioggia

In tab. 8 abbiamo infine riportato i valori del coefficiente  $\kappa$  da introdurre ora nella (2) con il valore di costo  $C_{0.5}$  fornito dalla relazione (3) per il valore *centrale*  $\lambda=0.5$  del rapporto di forma.

B1		B2		B3		B4	
<b>A = 1000</b>							
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.02	0.20	1.01	0.20	1.01	0.20	1.01
0.25	0.98	0.25	0.98	0.25	0.99	0.25	0.99
0.35	1.02	0.35	1.02	0.35	1.02	0.35	1.02
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	1.04	0.75	1.03	0.75	1.03	0.75	1.02
1.00	1.03	1.00	1.03	1.00	1.02	1.00	1.02
<b>A = 3000</b>							
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.06	0.20	1.06	0.20	1.09	0.20	1.04
0.25	1.02	0.25	1.02	0.25	1.03	0.25	1.01
0.35	1.07	0.35	1.06	0.35	1.12	0.35	1.05
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	1.03	0.75	1.03	0.75	1.05	0.75	1.02
1.00	1.01	1.00	1.01	1.00	1.03	1.00	1.01
<b>A = 5000</b>							
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.01	0.20	1.01	0.20	1.01	0.20	1.01
0.25	1.05	0.25	1.04	0.25	0.96	0.25	1.04
0.35	1.02	0.35	1.02	0.35	1.02	0.35	1.02
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	1.03	0.75	1.03	0.75	1.05	0.75	1.02
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>A = 7000</b>							
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.04	0.20	1.04	0.20	1.07	0.20	1.03
0.25	1.01	0.25	1.01	0.25	1.01	0.25	1.01
0.35	0.99	0.35	0.99	0.35	0.99	0.35	1.00
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	0.98	0.75	0.98	0.75	0.98	0.75	0.98
1.00	0.98	1.00	0.98	1.00	0.98	1.00	0.99
<b>A = 10'000</b>							
$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$	$\lambda$	$\kappa$
0.20	1.00	0.20	1.00	0.20	0.98	0.20	1.00
0.25	1.00	0.25	1.00	0.25	0.85	0.25	1.00
0.35	0.98	0.35	0.98	0.35	0.96	0.35	0.98
0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00
0.75	1.00	0.75	1.00	0.75	0.98	0.75	1.00
1.00	0.97	1.00	0.98	1.00	0.94	1.00	0.98

**Tab. 8 - Coefficienti moltiplicativi  $\kappa$  per il calcolo del costo onnicomprensivo di impianti automatici a pioggia attraverso la (2).**

È immediato riscontrare come il costo di impianto automatico a pioggia, più che per il caso a rete di idranti, sia nell'insieme poco sensibile al fattore di forma  $\lambda$ ; ciò che rende la nostra (3) di per sé adatta allo scopo di una preventivazione rapida dell'impianto, per un edificio di assegnata area coperta, quale che sia la proporzione tra i lati della pianta rettangolare.

#### 4. CONSIDERAZIONI FINALI

A convalida dell'efficacia della proposta scaturita dal presente studio, ci sembra infine opportuno porre in rilievo l'esiguità dello scostamento percentuale del costo da noi calcolato nei vari casi attraverso le (1), (2) e (3) rispetto a quello "finale" (al committente) reso a noi disponibile, per

ciascuno dei progetti-tipo, da una qualificata impresa operante nel settore specifico dell'impiantistica antincendio<sup>1</sup>.

<b>RISCHIO LIEVE</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	27197	29290	-7%
3000	35484	35990	-1%
5000	36501	38690	-4%
7000	45363	47390	-4%
10000	53530	55940	-5%
<b>RISCHIO MEDIO</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	76682	77112	-1%
3000	91762	89442	3%
5000	96149	101772	-6%
7000	117508	114102	3%
10000	130182	132597	-2%
<b>RISCHIO ELEVATO</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	142711	142369	0%
3000	158719	158650	0%
5000	163329	174931	-7%
7000	197363	191212	3%
10000	213195	215633	-1%

Tab 9a - Scostamento (%) tra costo finale e costo da noi preventivato per impianti a reti di idranti.

<b>LIVELLO B1</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	54757	55263	-1%
3000	80767	82963	-3%
5000	113034	110663	2%
7000	139290	138363	1%
10000	178274	179913	-1%
<b>LIVELLO B2</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	64127	63879	0%
3000	90136	91579	-2%
5000	122403	119279	3%
7000	148660	146979	1%
10000	187644	188529	0%
<b>LIVELLO B3</b>			
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo finale (€)</b>	<b>Costo preventivato (€)</b>	<b>Δ (%)</b>
1000	72612	74287	-2%
3000	98622	101987	-3%
5000	130889	129687	1%
7000	157145	157387	0%
10000	196129	198937	-1%

<sup>1</sup> Gli autori desiderano esprimere vivo ringraziamento all'ing. M. Giustino, Amministratore Delegato della *Stopfire SpA* – Compagnia Italiana Impianti Antincendio, per la preziosa collaborazione assicurata ai fini del presente lavoro.

LIVELLO B4			
A (m <sup>2</sup> )	Costo finale (€)	Costo preventivato (€)	Δ (%)
1000	86697	86860	0%
3000	112707	114560	-2%
5000	144974	142260	2%
7000	171230	169960	1%
10000	210214	211510	-1%

**Tab. 9b - Scostamento tra costo finale e costo da noi preventivato per impianti automatici a pioggia.**

Lo scostamento medio assoluto, in percentuale, tra il costo da noi preventivato e quello segnalato dall'impresa anzidetta è infatti dell'ordine del 2.5%, ciò che induce a prospettare con fiducia l'applicazione della presente proposta, forse anche al di là degli stessi scopi di preventivazione "rapida" cui è stato ispirato l'intero studio sviluppato.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] E. Cosenza, G. Fabbrocino, I. Iervolino, M. Lando, "Preventivazione sintetica del costo di edifici industriali prefabbricati", *Impiantistica Italiana* – n°1, gennaio-febbraio 2002.
- [2] A. Monte, "Elementi di Impianti Industriali", Edizioni Libreria Cortina, Torino, 1998.
- [3] "UNI 10779, Milano 1998, "Impianti di estinzione incendi, Reti di idranti, Progettazione, installazione ed esercizio".
- [4] "UNI 9489, Milano 1989, "Apparecchiature per estinzione incendi, Impianti fissi di estinzione automatici a pioggia (sprinkler)".
- [5] A. Lambiase, P. Mancino, "Studio del costo parametrico di impianti antincendio per fabbricati industriali", *Impiantistica Italiana* – n°11, novembre 1993.
- [6] Lambiase, P. Mancino, G. Tocchetti, "Costo parametrico per impianti di produzione e distribuzione dell'aria compressa", *Impiantistica Italiana* – n°4, aprile 1992.
- [7] "UNI 8863, Milano 1987, "Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7/1".
- [8] Decreto ministeriale del 10 marzo 1998, "Sicurezza antincendio e gestione dell'emergenza".