

COMMITTENTE

IREN AMBIENTE S.p.A.



IREN AMBIENTE S.p.A.
Strada Borgoforte, 22 - 29122 Piacenza (PC)

SEDE OPERATIVA

PAI POLO AMBIENTALE INTEGRATO DI PARMA

TITOLO DEL PROGETTO

**COMPARTO C4: IMPIANTO DI STOCCAGGIO, MESSA IN RISERVA E
PRETRATTAMENTO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI E SPECIALI E AREA
LOGISTICA COMPARTO C1**



TITOLO	N. ELABORATO
FIRE SAFETY ENGINEERING Strategia S.3 Compartimentazione - livello II	REL.01

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Approvato
01	29/03/24	Prima Emissione	F.B.	G.F.



ATTIVITÀ DI CONSULENZA
Dott. Gianluca Ferretti
Alfa Solutions S.p.A.
Viale Bernardino Ramazzini 39/d - 42124, Reggio Emilia (RE)
Tel. 0522/55.09.05
E-mail (PEC): alfasolutions@pec.grupporen.it

CODICE COMMESSA
23P008968-01

PREMESSA

Il presente allegato ingegneristico si riferisce all'attività di nuovo ampliamento del PAI – Polo Ambientale Integrato per lo stoccaggio ed il trattamento rifiuti di Iren Ambiente S.p.A. in Comune di Parma. Il presente allegato è riferito alla soluzione alternativa S.3 Compartimentazione-

Per le soluzioni conformi si rimanda alla relazione tecnica principale.

Le soluzioni alternative vengono applicate per i seguenti motivi:

- **S.3 – Compartimentazione, livello di prestazione II**

I rifiuti in plastica, pur presentando una velocità di crescita prevalente dell'incendio rapida, saranno stoccati in cumuli il cui volume supererà i 450 m³, massimo valore imposto dal D.M. 26/07/2022 – Stoccaggio e trattamento rifiuti, per tale tipologia di materiali. La maggiore dimensione dei cumuli è legata ad esigenze legate alla logistica del deposito.

RIFERIMENTO NORMATIVO

In questo capitolo vengono riportati i punti della normativa applicata (DM 3 agosto 2015 e s.m.i.) con lo scopo di inquadrare la metodologia di progettazione prestazionale.

M.1.1 PREMESSA

L'applicazione dei principi dell'ingegneria della sicurezza antincendio consente, analogamente alle altre discipline ingegneristiche, di definire soluzioni idonee al raggiungimento di obiettivi progettuali mediante analisi di tipo quantitativo.

Il progettista definisce lo scopo della progettazione, quindi specifica gli obiettivi di sicurezza antincendio che intende garantire e li traduce in soglie di prestazione quantitative. Successivamente identifica gli scenari d'incendio di progetto, i più gravosi eventi che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività.

Dopodiché, grazie a strumenti di modellazione analitici o numerici, descrive o calcola gli effetti degli scenari d'incendio di progetto in relazione alla soluzione progettuale ipotizzata per l'attività. Se gli effetti così calcolati conservano un adeguato margine di sicurezza rispetto alle soglie di prestazione precedentemente stabilite, allora la soluzione progettuale analizzata è considerata accettabile.

Nel presente capitolo si descrive in dettaglio la metodologia di progettazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio (o progettazione antincendio prestazionale).

Per altri aspetti tecnici della progettazione antincendio prestazionale devono essere impiegate le indicazioni riportate nei seguenti capitoli:

capitolo 2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale;

capitolo 3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale.

Per gli aspetti della progettazione antincendio prestazionale, non esplicitamente definiti nel presente documento, si può fare riferimento alla regola dell'arte internazionale.

M.1.2 FASI DELLA METODOLOGIA

La metodologia di progettazione prestazionale si compone di due fasi:

a. prima fase, *analisi preliminare*:

Sono formalizzati i passaggi che conducono ad individuare le condizioni più rappresentative del rischio al quale l'attività è esposta e quali sono le soglie di prestazione cui riferirsi in relazione agli obiettivi di sicurezza da perseguire;

b. seconda fase, *analisi quantitativa*:

Impiegando modelli di calcolo, si esegue l'analisi quali-quantitativa degli effetti dell'incendio in relazione agli obiettivi assunti, confrontando i risultati ottenuti con le soglie di prestazione già individuate e definendo il progetto da sottoporre a definitiva approvazione.

M.1.3 PRIMA FASE: ANALISI PRELIMINARE

La fase di analisi preliminare si compone delle seguenti sotto-fasi necessarie per definire i rischi da contrastare e, di conseguenza, i criteri oggettivi di quantificazione degli stessi necessari per la successiva analisi numerica.

M.1.3.1 - DEFINIZIONE DEL PROGETTO

In questa sotto-fase viene definito lo scopo della progettazione antincendio. Il professionista antincendio identifica e documenta almeno i seguenti aspetti:

- a. destinazione d'uso dell'attività;
- b. finalità della progettazione antincendio prestazionale;
- c. eventuali vincoli progettuali derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività;
- d. pericoli di incendio connessi con la destinazione d'uso prevista;
- e. condizioni al contorno per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre;
- f. caratteristiche degli occupanti in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista.

M.1.3.2 - IDENTIFICAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI SICUREZZA ANTINCENDIO

Dopo aver stabilito lo scopo del progetto, in particolare la destinazione e le modalità di impiego dell'attività, il professionista antincendio specifica gli obiettivi di sicurezza antincendio, tra quelli previsti nel presente documento, in relazione alle specifiche esigenze dell'attività in esame ed alle finalità della progettazione.

Con gli obiettivi di sicurezza antincendio si specificano qualitativamente, ad esempio, il livello di salvaguardia dell'incolumità degli occupanti, il massimo danno tollerabile all'attività ed al suo contenuto, la continuità d'esercizio a seguito di un evento incidentale.

M.1.3.3 - DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI PRESTAZIONE

Il passo successivo consiste nella traduzione degli obiettivi antincendio in soglie di prestazione (performance criteria). Si tratta di soglie di tipo quantitativo e qualitativo rispetto alle quali si può svolgere la valutazione oggettiva di sicurezza antincendio.

Con la scelta delle soglie di prestazione si rendono quindi quantitativi gli effetti termici sulle strutture, la propagazione dell'incendio, i danni agli occupanti, ai beni ed all'ambiente.

Tali soglie di prestazione devono poter essere utilizzate nella seconda fase della progettazione per discriminare in modo oggettivo le soluzioni progettuali che soddisfano gli obiettivi antincendio da quelle che invece non raggiungono le prestazioni richieste.

Ai fini della progettazione per la salvaguardia della vita si stabiliscono le soglie di prestazione per la vita (life safety criteria). Si tratta delle soglie impiegate per definire l'incapacitazione degli occupanti esposti al fuoco ed ai suoi effetti. Nel capitolo M.3 sono riportati esempi di valori numerici utilizzabili per tali progettazioni.

Per definizione, gli occupanti raggiungono l'incapacitazione quando diventano inabili a mettersi al sicuro autonomamente. A tale condizione segue, in breve tempo, il decesso del soggetto.

Il capitolo S.2 definisce le soglie di prestazione per le progettazioni la cui finalità sia il mantenimento della capacità portante di tutta o parte di un'opera da costruzione.

M.1.3.4 - INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

Gli scenari di incendio rappresentano la schematizzazione dei più gravosi eventi che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività (credible worst-case scenarios), in relazione alle caratteristiche del focolare, dell'edificio e degli occupanti. La procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto è descritta nel capitolo M.2.

M.1.4 SECONDA FASE: ANALISI QUANTITATIVA

La fase di analisi quantitativa si compone di alcune sotto-fasi necessarie per effettuare le verifiche di sicurezza degli scenari individuati nella fase preliminare.

M.1.4.3 - SELEZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI IDONEE

Il professionista antincendio elabora una o più soluzioni progettuali per l'attività, congruenti con le finalità già definite al paragrafo M.1.3.1, da sottoporre alla successiva verifica di soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.

M.1.4.2 - VALUTAZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

In questa fase il professionista antincendio calcola gli effetti che gli scenari d'incendio di progetto determinerebbero nell'attività per ciascuna soluzione progettuale elaborata nella fase precedente.

A tal fine il professionista antincendio impiega un modello di calcolo *analitico* o *numerico*: l'applicazione del modello fornisce i risultati quantitativi che consentono di descrivere l'evoluzione dell'incendio e dei suoi effetti sulle strutture, sugli occupanti o sull'ambiente, secondo le finalità della progettazione.

La modellazione degli effetti dell'incendio consente di calcolare gli effetti dei singoli scenari per ciascuna soluzione progettuale. I risultati della modellazione sono utilizzati per la verifica del rispetto delle soglie di prestazione per le soluzioni progettuali per ciascuno scenario d'incendio di progetto. Le soluzioni progettuali che non rispettano tutte le soglie di prestazione per ogni scenario di incendio di progetto devono essere scartate.

M.1.4.3 - SELEZIONE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI IDONEE

Il professionista antincendio seleziona la soluzione progettuale finale tra quelle che sono state verificate positivamente rispetto agli scenari di incendio di progetto.

M.1.5 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

La documentazione di progetto deve essere integrata da:

- a. per la prima fase (analisi preliminare): sommario tecnico;
- b. per la seconda fase (analisi quantitativa): relazione tecnica e GSA.

M.1.6 SOMMARIO TECNICO

Il sommario tecnico deve contenere le seguenti informazioni:

- a. indicazione del responsabile dell'attività;
- b. individuazione del responsabile della progettazione antincendio generale;
- c. individuazione dei professionisti antincendio che utilizzano l'ingegneria della sicurezza antincendio e che definiscono le specifiche misure di gestione della sicurezza antincendio, qualora diversi dal responsabile della progettazione antincendio generale;
- d. finalità per le quali è applicato il metodo prestazionale (es. analisi dei campi termici, della diffusione dei fumi e verifica delle vie di esodo, valutazione dei tempi di esodo, valutazione della capacità portante delle strutture, protezione di beni o ambiente in caso d'incendio, continuità di esercizio dell'attività). Devono essere chiaramente evidenziati gli aspetti della progettazione antincendio esclusi dalla progettazione prestazionale.

Il sommario tecnico deve essere firmato dal responsabile dell'attività e da tutti i soggetti coinvolti nella progettazione.

M.1.7 RELAZIONE TECNICA

Nella relazione tecnica devono risultare le soluzioni progettuali agli scenari di incendio di progetto. L'esito dell'analisi deve essere sintetizzato con tabelle, disegni, schemi grafici, immagini, che presentino in maniera quantitativa i parametri rilevanti ai fini del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio.

Nello specifico si devono fornire le seguenti indicazioni:

- a. modelli di calcolo utilizzati: il professionista antincendio deve fornire elementi a sostegno della scelta del modello utilizzato affinché sia dimostrata la coerenza delle scelte operate con lo scenario di incendio di progetto adottato;

- b. parametri e valori associati: la scelta iniziale dei valori da assegnare ai parametri alla base dei modelli di calcolo deve essere giustificata in modo adeguato, facendo specifico riferimento a norme, letteratura tecnico-scientifica, prove sperimentali;
- c. origine e caratteristiche dei codici di calcolo: devono essere fornite indicazioni in merito all'origine ed alle caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati, con riferimento alla denominazione, all'autore o distributore, nonché sull'inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sulla sua traduzione numerica e indicazioni riguardanti la riconosciuta affidabilità dei codici. Inoltre, tramite riferimento ai manuali d'uso, deve essere indicato che il codice di calcolo è impiegato nel suo campo di applicazione e nel rispetto delle limitazioni d'impiego per applicazioni ingegneristiche, validato per applicazioni analoghe a quella oggetto di modellazione, verificato;
- d. confronto fra risultati della modellazione e soglie di prestazione: in funzione della metodologia adottata per effettuare le valutazioni relative allo scenario di incendio considerato, devono essere adeguatamente illustrati tutti gli elementi che consentono di verificare il rispetto delle soglie di prestazione indicate nell'analisi preliminare, al fine di evidenziare l'adeguatezza delle misure antincendio che si intendono adottare.

Devono essere resi disponibili i tabulati relativi al calcolo e i relativi dati di input.

ANALISI PRELIMINARE

SOMMARIO TECNICO

Responsabile dell'attività:

Eugenio Bertolini

Responsabile della progettazione antincendio:

Ing. Isabella Caiti

Responsabile dell'ingegneria antincendio:

Ing. Filippo Battistini

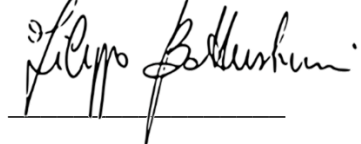
Finalità della progettazione:

- Compartimentazione – livello II: è contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio la propagazione dell'incendio verso altre attività e la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.

EUGENIO BERTOLINI

ING. ISABELLA CAITI

ING. FILIPPO BATTISTINI



PREMESSA

Iren Ambiente S.p.A. si occupa di raccolta, trattamento, recupero e smaltimento dei rifiuti urbani e speciali.

La sede legale è presso Strada Borgoforte 22, Piacenza (PC). Quella operativa coincide con il PAI POLO AMBIENTALE INTEGRATO DI PARMA

La presente relazione si propone quindi di descrivere le misure di prevenzione incendi ai fini della richiesta di valutazione del progetto antincendio ai sensi dei DM 03 agosto 2015 e s.m.i. con approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio, limitatamente alla strategia:

- **S.3 Compartimentazione, livello di prestazione II**

L'attività, con l'introduzione delle disposizioni di cui dal DPR 151/2011 viene a configurarsi come attività principale:

- 70.2.C – locali adibiti a depositi con quantitativi di merci e materiali combustibili superiori
- complessivamente a 5.000 kg, di superficie lorda superiore a 3.000 m² (attività principale);
- 34.2.C – depositi di carta e cartoni con quantitativi superiori a 50.000 kg;
- 36.2.C – depositi di legnami da costruzione e da lavorazione, di legna da ardere, di paglia, di fieno, di canne, di fascine, con quantitativi in massa > 500.000 kg;
- 43.2.C – depositi di prodotti della gomma, pneumatici e simili, con quantitativi in massa superiori a 50.000 kg;
- 44.2.C – depositi di materie plastiche con quantitativi superiori a 50.000 kg.

INQUADRAMENTO GENERALE

Il fabbricato oggetto della presente soluzione alternativa è il C4.B

DESTINAZIONE D'USO

Il nuovo fabbricato, di superficie lorda in pianta pari a 3.715 mq, sarà destinato a:

- uffici, spogliatoi e locali tecnici;
- area stoccaggio rifiuti.

Quest'ultima, nello specifico, sarà destinata a:

- stoccaggio di imballaggi in plastica, plastica e vpb (vetro-plastica-barattolame);
- area di supporto al comparto C1, con stoccaggio, a seconda della necessità di rifiuti sfusi di carta e plastica o rifiuti in balle

Il fabbricato sarà suddiviso in baie, ognuna delle quali dedicata ad una specifica tipologia di rifiuto. Ogni baia sarà individuata da adeguata cartellonistica indicante il codice EER del rifiuto ivi stoccato.

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ SVOLTA

Nel fabbricato C4.B verranno svolte unicamente operazioni di messa in riserva (R13)

TIPOLOGIA	QTY PROGETTO [t/anno]	OPERAZIONI
Imballaggi misti (vpb)	6.000	R13
Imballaggi plastica	18.000	R13

Tabella 1: Tipologia, quantitativi e operazioni di gestione eseguite nell'area C4-B

I rifiuti, provenienti da attività produttive o dalle stazioni ecologiche dislocate prioritariamente nel territorio provinciale gestito da IREN, saranno stoccati in aree di deposito dedicate e successivamente inviati ad impianti di recupero/smaltimento finali.

Su queste tipologie di rifiuti potrà essere effettuata una selezione grossolana volta ad eliminare eventuali materiali “non conformi” e a valorizzare le tipologie di materiale da inviare a recupero. All’arrivo, il mezzo che trasporta il rifiuto, dopo aver effettuato il controllo documentale e l’accertamento del peso, accederà all’impianto e scaricherà il contenuto, su indicazione dell’operatore presente, nella area dedicata preposta allo scarico, in prossimità dell’area di stoccaggio segnalata da opportuna cartellonistica.

Durante la fase di scarico, gli operatori effettueranno un controllo visivo del materiale conferito, atto a verificare la conformità al codice EER dichiarato e l’eventuale presenza di “materiale pericoloso non conforme”.

Nel caso in cui l’operatore non ravvisi nessuna anomalia i rifiuti verranno stoccati nelle baie dedicate. Per l’attività descritta è previsto l’utilizzo di automezzi per lo spostamento e la vuotatura dei contenitori/cassoni e la movimentazione dei rifiuti presso le baie poste sotto tettoia tramite pala.

Sempre in tale fabbricato è previsto lo stoccaggio di rifiuti di carta e plastica, sia sciolti che in balle, a servizio del limitrofo comparto C1.

Le attrezzature utilizzate all’interno del fabbricato per la movimentazione dei rifiuti saranno:

- escavatore, attrezzato con benna a polipo, per le operazioni di cernita dei rifiuti e per il caricamento dei mezzi in uscita;
- pala meccanica per la movimentazione e lo stoccaggio dei rifiuti all’interno delle aree

MATERIALE PRESENTE

I materiali combustibili presenti all’interno dell’area produttiva saranno costituiti da:

- vpb (vetro-plastica-barattolame), costituito da 1/3 vetro, 1/3 plastica e 1/3 barattolame;
- imballaggi misti e plastica per i quali si considera, a favore di sicurezza, un potere calorifico pari a quello della plastica;
- rifiuti di carta e plastica del comparto C1.

Non saranno presenti materiali infiammabili.

La tipologia e il quantitativo dei materiali stoccati è indicato nella sottostante tabella

La tipologia e il quantitativo dei materiali stoccati è indicato nella sottostante tabella.

Area	Tipologia rifiuto*	m2	hmedia	hmax	mc	t/mc	t ist
B1	imballaggi misti/vpb/plastica** mono/multi	150	3,5	4	525	0,3	158
B2		173	3,5	4	606	0,3	182
B3		173	3,5	4	605	0,3	181
B4		173	3,5	4	605	0,3	181
C1a	plastica	138	3,5	4	484	0,5	242
C1b		138	3,5	4	484	0,5	242
C1c		138	3,5	4	484	0,5	242
C1d	carta	138	3,5	4	484	0,7	339
C1e		138	3,5	4	484	0,7	339

Tabella 2: Tipologia e quantitativi dei rifiuti presenti nel fabbricato C4-B

DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Il fabbricato oggetto della presente soluzione alternativa è il C4.B

Questo fabbricato, con dimensione planimetrica di circa 31x118 metri, superficie coperta pari a 3.715 mq e altezza utile interna di 12 metri sottotrave, sarà costituito da un'unica campata di tegoli con pendenza circa 1% verso ovest.

Il capannone avrà uso promiscuo: la parte nord sarà legata funzionalmente al comparto C4 e destinata alla sola messa in riserva di rifiuti plastici (imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi) provenienti sia da altri impianti del gruppo che dalla raccolta differenziata. La parte sud sarà invece a servizio dello stoccaggio dei rifiuti in ingresso e prodotti/rifiuti in uscita del comparto C1 esistente, che potranno presentarsi in balle o sfusi.

In entrambi i casi lo spazio verrà organizzato in baie di stoccaggio rifiuti di varie dimensioni, realizzate con divisori mobili in blocchi di cemento tipo megabloc.

All'interno dell'edificio principale, nella parte nord, verrà realizzato un corpo di fabbrica di profondità di circa 8 metri, con struttura indipendente su due livelli, destinato a spogliatoi e locali tecnici a piano terra e uffici al primo piano.

Il capannone si configura dal punto di vista funzionale come una tettoia coperta non riscaldata, con l'eccezione del corpo spogliatoi/uffici, posto sul lato nord. Questo sarà compartimento dal punto di vista antincendio rispetto all'edificio principale e coibentato con isolamento e contropareti sul lato interno. Il lato est del capannone, che affaccia sul piazzale di movimentazione, sarà completamente aperto per la manovra dei mezzi.

Si rimanda alla relazione tecnica di valutazione progetto e alle relative tavole allegate per una valutazione del rischio più approfondita.

COMPARTIMENTI

L'ampliamento C4 risulterà suddiviso nei seguenti compartimenti:

Compartimenti	Superficie	Classe di resistenza al fuoco	Rvita	Soluzioni alternative
C4.A	5.715 m ²	120	A3	nessuna
C4.B	3.398 m²	120	A3	S3 liv. II
Uffici – C4.B	220 m ²	120	A3	nessuna
Spogliatoi (2) – C4.B	73 m ²	120	A3	nessuna

Tabella 3: Elenco dei compartimenti dell'ampliamento

AFFOLLAMENTO

Il sistema di vie di fuga del deposito viene realizzato nel rispetto delle prescrizioni dettate dal DM 3 agosto 2015 e s.m.i., in funzione del numero delle persone presenti, della loro conoscenza dei luoghi di lavoro, dei pericoli di incendio presenti e della disponibilità di vie di uscita alternative.

Il massimo affollamento è composto dalle seguenti presenze, così suddivise:

Compartimento	affollamento n _o
C4.A	20
C4.B	20
C4.B – Uffici	20
C4.B – Spogliatoi	20

Tabella 4: Affollamento nei vari compartimenti dell'ampliamento

IMPIANTI ANTINCENDIO

Sono presenti i seguenti impianti antincendio, di seguito descritti in modo dettagliato:

- illuminazione di sicurezza;
- smaltimento fumo e calore;
- rete idranti;
- impianto sprinkler a diluvio;
- impianto di rivelazione automatica: termocamere e campionamento

SMALTIMENTO FUMI E CALORE

Il compartimento C4.B è protetto da un sistema di smaltimento di fumo e calore capace di agevolare le operazioni delle squadre di soccorso e/o l'esodo degli occupanti.

Il sistema di smaltimento presente nel compartimento 1 è di tipo naturale. Si riassumono di seguito tipologia, numero, dimensioni e superficie utile totale delle aperture presenti:

- il lato est è completamente aperto (SEa) per una superficie pari a 1.080 m²;
- i lucernari in copertura saranno realizzati con elementi in polycarbonato bassofondenti (SEe), di questi una quota parte pari a 69,3 m², corrispondenti a n°21 lucernari con superficie aerante pari a 1,65 m², saranno asserviti ad IRAI (SEb).

Le superfici di smaltimento di tipo SEb e SEe non sono state considerate all'interno della simulazione, in quanto tali sistemi non sono a disponibilità superiore

IMPIANTO ANTINCENDIO A IDRANTI

L'impianto ad idranti comprende tutte le apparecchiature, tubazioni ed accessori, per mettere a disposizione l'acqua necessaria ad un efficace intervento manuale sull'incendio, al fine di estinguerlo, se possibile, o di controllarlo fino all'arrivo delle squadre d'emergenza.

L'impianto è essenzialmente costituito da:

- Alimentazione idrica;
- Rete di tubazioni fisse permanentemente in pressione, installate sottotraccia o esterne (ma comunque protette, dove necessario, dal pericolo di gelo);
- Valvole d'intercettazione;
- Idranti interni UNI45 in cassette a parete, correttamente corredate di manichetta su sella d'appoggio e lancia a getto regolabile da pieno a frazionato;
- Attacco di mandata per autopompa VV.F. UNI70.

IMPIANTO SCHIUMA A DILUVIO

All'interno delle aree di stoccaggio verranno realizzati impianti automatici di estinzione dell'incendio a diluvio a schiuma, a disponibilità superiore.

Gli impianti in questione sono stati progettati in ottemperanza alle vigenti norme nazionali:

- UNI EN 13565-2 – “Sistemi fissi di lotta contro l'incendio - Sistemi a Schiuma - Parte 2”,
- UNI CEN/TS 14816 – “Sistemi spray ad acqua”,
- UNI EN 12845 – “Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione”.

Ciascun impianto coprirà tutta l'area adibita a stoccaggio del fabbricato servito.

La rivelazione incendi sarà effettuata mediante doppio sistema alimentato elettricamente. Tale sistema azionerà, tramite segnale, le valvole a diluvio e lascerà passare l'acqua con all'interno l'adeguata concentrazione di schiumogeno. La miscelazione tra i due fluidi avverrà nel locale adibito sia alle valvole di controllo che al serbatoio contenente schiuma e sarà interamente meccanica.

Si installeranno terminali omologati per una densità di scarica minima pari a 6,5 l/min/m²

TERMOCAMERE E TUBAZIONI DI CAMPIONAMENTO

In conformità alla regola tecnica verticale per gli stabilimenti ed impianti di stoccaggio e trattamento rifiuti sarà prevista l'installazione di un sistema di rivelazione di calore con termocamere e telecamere nel visibile interfacciato mediante moduli di ingresso dedicati con le centraline dell'impianto rivelazione incendi.

Ogni zona dell'impianto di spegnimento automatico a diluvio con schiuma sarà sorvegliata da una termocamera dedicata.

Il sistema di rivelazione di calore con termocamere e telecamere nel visibile sarà alimentato da rete elettrica di continuità mediante cavi elettrici tipo FTG18OM16, resistenti al fuoco per 120min (PH120).

Ogni zona dell'impianto di spegnimento automatico a diluvio con schiuma sarà sorvegliata da una centralina di analisi dedicata con relative tubazioni di campionamento. I sistemi di aspirazione sono caratterizzati da tubo di campionamento in classe A.

Il comando di apertura di ogni elettrovalvola associata ad una singola zona dell'impianto di spegnimento sarà condizionato dal rilevamento di un incendio secondo logica AND dalla centralina di analisi e dalla termocamera per evitare l'azionamento intempestivo dell'impianto di spegnimento.

ANALISI PRELIMINARE

M.1.3.1 DEFINIZIONE DEL PROGETTO

Allo scopo della progettazione antincendio identifichiamo e documentiamo i seguenti aspetti:

- *destinazione d'uso dell'attività*: l'attività svolta all'interno del fabbricato è quella tipica di area per stoccaggio rifiuti; Saranno inoltre presenti uffici, spogliatoi e locali tecnici. Si prevede lo stoccaggio di imballaggi in plastica, plastica e vpb (vetro-plastica-barattolame) oltre ad un'area di supporto al comparto C1, con stoccaggio, a seconda della necessità di rifiuti sfusi di carta e plastica o rifiuti in balle. Il fabbricato sarà suddiviso in baie, ognuna delle quali dedicata ad una specifica tipologia di rifiuto. Ogni baia sarà individuata da adeguata cartellonistica indicante il codice EER del rifiuto ivi stoccato.
- *finalità della progettazione antincendio*: è contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio la propagazione dell'incendio verso altre attività e la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.
- *eventuali vincoli progettuali derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività*: è di difficile realizzazione la limitazione dei quantitativi di materiale stoccato.
- *pericoli di incendio connessi con la destinazione d'uso prevista*: i pericoli principali derivano dal quantitativo di materiale stoccato all'interno dell'attività, sottoposto a potenziale innesco derivante da: rifiuti "caldi" o pericolosi, autocombustione, presenza di superfici con elevata temperatura, guasti elettrici, lavorazioni a caldo, attrito e sfregamento.
- *condizioni al contorno per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre*: i presidi antincendio specifici per quest'attività sono costituiti da una rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto a schiuma a diluvio (sistema automatico di completa estinzione dell'incendio), impianto di rivelazione ed allarme, aperture SEa-SEb- SEe
- *caratteristiche degli occupanti in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista*: Gli occupanti presenti sono in stato di veglia e familiari con l'attività (Rvita A3), non è prevista la presenza di occupanti che utilizzano ausili per il movimento.
- *caratteristiche costruttive*:
 - le strutture saranno in c.a. e in c.a.p.,
 - le pareti perimetrali di tamponamento saranno in calcestruzzo alleggerito,
 - le pareti di delimitazione delle baie saranno in blocchi di cemento tipo Megabloc,
 - la copertura presenterà struttura in c.a. e c.a.p. e con isolante in lana di roccia/vetro;
 - le pavimentazioni interne saranno realizzate in massetto di cemento armato, con spolvero al quarzo e finitura protettiva antipolvere, ad eccezione del blocco spogliatoi ed uffici che sarà piastrellato;
 - le pavimentazioni esterne saranno asfaltate.

M.1.3.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI OBIETTIVI DELLA PROGETTAZIONE

Dopo aver stabilito lo scopo del progetto, in particolare la destinazione e le modalità di svolgimento dell'attività, si specificano gli obiettivi di sicurezza antincendio, tra quelli previsti nel presente documento, in relazione alle specifiche esigenze dell'attività in esame ed alle finalità della progettazione.

- Compartimentazione: livello di prestazione II

È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio la propagazione dell'incendio verso altre attività e la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.

M.1.3.3 DEFINIZIONE DELLE SOGLIE DI PRESTAZIONE

Il passo successivo consiste nella traduzione degli obiettivi antincendio in soglie di prestazione (performance criteria). Si tratta di soglie di tipo quantitativo e qualitativo rispetto alle quali si può svolgere la valutazione oggettiva di sicurezza antincendio.

DISTANZA DI SEPARAZIONE

Al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'esterno dell'attività, si fissano valori di soglia relativamente alle grandezze di irraggiamento e temperatura dei fumi. Tali grandezze vengono valutate in corrispondenza delle confine dell'attività.

A scopo cautelativo, si considerano i seguenti valori soglia:

- Irraggiamento termico incidente sul bersaglio: come valore massimo di energia radiativa si considera un valore $E_{soglia} = 12,6 \text{ kW/m}^2$ in accordo al paragrafo S.3.8 comma 2 del Codice di Prevenzione Incendi;
- Temperatura sul bersaglio: come valore massimo di temperatura pari si considera un valore pari a 230°C .

Irraggiamento	<12,6	kW/m^2
Calore	230	$^\circ\text{C}$

Tabella 5: Soglie di prestazione per la verifica della distanza di separazione

La soglia di irraggiamento è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innesco di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene l'innesco del legno in aria stazionaria.

Anche la soglia di temperatura, pari a 230°C , è considerata conservativa, in quanto risulta essere il valore di propagazione dell'incendio a carta e legna in area stazionaria.

PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO

La propagazione dell'incendio dal primo oggetto acceso ad altri oggetti vicini dovrebbe essere considerata e, se del caso, inclusa nella descrizione dell'incendio di progetto. La possibilità di accensione dipende principalmente dal flusso di calore incidente ricevuto e dalle caratteristiche di infiammabilità del bersaglio.

È possibile calcolare il flusso di calore radiante incidente ricevuto da un oggetto vicino a causa delle fiamme di un oggetto in fiamme. La frazione radiativa può variare da circa 0,15 per combustibili a basso contenuto di

fuliggine come il metano fino a circa 0,6 per fiamme ad alto contenuto di fuliggine come il polistirene. Dipende anche dal diametro della fiamma e generalmente si riduce all'aumentare del diametro. Ciò è dovuto alla fuliggine che blocca la radiazione.

Il flusso di calore minimo richiesto per l'accensione di molti oggetti combustibili è tipicamente compreso tra 10 e 20 kW/m².

La temperatura superficiale che deve essere raggiunta dai combustibili solidi per l'accensione pilotata è tipicamente compresa tra 250 e 450 °C con temperature di autoaccensione superiori a 500 °C. Il tempo necessario per l'accensione dipende dal raggiungimento di queste temperature, che è influenzato dalle caratteristiche di riscaldamento e dalle proprietà dei materiali e se sono termicamente "sottili" o "spessi". Alcuni esempi in tabella:

Heat flux (kW/m ²)	Time (s)	Material
10	300	Plexiglass, schiuma poliuretanica, moquette in acrilico
20	70	Tappeto di lana
20	150	Cartongesso
20	250	Truciolare di legno
30	5	PIR
30	70	Tappeto in lana/nylon
30	150	Pannello rigido (cellulosa)
<i>Dati in accordo alla norma ISO 16733-1:2020</i>		

Tabella 6: Soglie di propagazione per diverse tipologie di materiale

Al fine di limitare la propagazione dell'incendio, si fissano valori di soglia relativamente alle grandezze di irraggiamento e temperatura dei fumi.

Poiché il materiale presente nell'attività è composto da imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi, a scopo cautelativo, si considera come valore massimo di Energia radiativa $E_{soglia} = 12,6 \text{ kW/m}^2$ in accordo al paragrafo S.3.8 comma 2 e di temperatura pari a 230°C.

Irraggiamento	12,6	kW/m ²
Calore	230	°C

Tabella 7: Soglie di prestazione per la verifica di propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività

La soglia di irraggiamento è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innesco di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene l'innesco del legno in aria stazionaria, mentre 230 °C è la temperatura di propagazione della carta e legna in area stazionaria.

M.1.3.4 INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI DI INCENDIO DI PROGETTO

Gli scenari di incendio rappresentano la schematizzazione dei più gravosi eventi che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività (credible worst-case scenarios), in relazione alle caratteristiche del focolare, dell'edificio e degli occupanti. La procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto è descritto nel capitolo M.2.

M.1.3.4 IDENTIFICAZIONE DEI POSSIBILI SCENARI D'INCENDIO

Il primo passo della procedura consiste nell'identificare di tutti i possibili scenari di incendio che possono svilupparsi durante la vita utile dell'attività. In relazione a ciò, si considerano tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente prevedibili.

Si identificano nel seguito gli scenari di incendio prevedibili.

Per tale scopo, si redige uno specifico *albero degli eventi* a partire da ogni evento iniziatore pertinente e credibile. Il processo può essere svolto in maniera *qualitativa*, oppure in maniera *quantitativa* se sono disponibili dati statistici desunti da fonti autorevoli e condivise.

ALBERO DEGLI EVENTI QUANTITATIVO

Al fine di individuare correttamente gli scenari d'incendio, viene di seguito riportato l'albero degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi all'interno dell'attività. Esso è stato impostato sulla base della documentazione internazionalmente riconosciuta ISO 16732-1 "Fire safety engineering – Fire risk assessment".

Tra i possibili scenari di incendio, in generale molti, il progettista antincendio seleziona i più gravosi tra gli scenari di incendio credibili, ottenendo così gli scenari di incendio di progetto. La selezione degli scenari di incendio di progetto è effettuata facendo riferimento all'albero degli eventi sviluppato. Essa deve essere tale che gli scenari di incendio di progetto rappresentino per l'attività un livello di rischio di incendio non inferiore a quello compitamente descritto dall'insieme di tutti gli scenari di incendio. In tal modo le soluzioni progettuali garantiscono i prefissati gradi di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri scenari di incendio.

Viene adottato il criterio del Fire Risk Assessment (F.R.A.): la valutazione del rischio R connesso a ciascuno scenario di incendio è data dal prodotto della probabilità P di accadimento dello scenario per le conseguenze C che lo stesso può provocare:

$$R = P \cdot C$$

La costruzione dell'albero degli eventi parte dalla definizione dell'evento iniziale seguito da una serie di rami, ognuno dei quali indica un possibile risultato di una catena di eventi. Ognuno di questi risultati rappresenta uno scenario che si può verificare, caratterizzato da una probabilità di accadimento che varia da molto bassa a molto alta. Per rendere possibile un confronto tra gli scenari, si classificano tali probabilità in base al loro ordine di grandezza, metodo utilizzato nello studio "*Availability analysis for a fixed wet sprinkler system*" di U. Hauptmanns, M. Marx, S. Grunbeck.

Probabilità	Ordine di grandezza	Intervallo di probabilità
Altamente probabile	10^1	$10\% \leq p < 100\%$
Probabile	10^0	$1\% \leq p < 10\%$
Poco probabile	10^{-1}	$0,1\% \leq p < 1\%$
Improbabile	10^{-2}	$p < 0,1\%$

Tabella 8: Soglie di prestazione per la verifica della distanza di separazione

Gli inneschi considerati sono quelli più frequenti negli stoccaggi rifiuti:

- rifiuti “caldi” o pericolosi
- autocombustione

In accordo alla ISO/TS 16733, si riportano le probabilità caratteristiche di ogni singolo evento di guasto.

La probabilità dell’evento innesco (P1):

P_{1,1}: probabilità di successo

P_{1,2}: probabilità di insuccesso

$$P_1 = P_{1,1} + P_{1,2} = 1$$

La probabilità dell’evento intervento addetto antincendio (P2):

P_{2,1}: probabilità di successo

P_{2,2}: probabilità di insuccesso

$$P_2 = P_{2,1} + P_{2,2} = 1$$

La probabilità dell’evento attivazione impianto a diluvio (P3):

P_{3,1}: probabilità di successo

P_{3,2}: probabilità di insuccesso

$$P_3 = P_{3,1} + P_{3,2} = 1$$

La probabilità dell’evento attivazione delle aperture Seb (P4):

P_{4,1}: probabilità di successo

P_{4,2}: probabilità di insuccesso

$$P_4 = P_{4,1} + P_{4,2} = 1$$

Si riportano di seguito le probabilità caratteristiche dei vari compartimenti in base agli impianti e ai sistemi di protezione presenti.

EVENTO	CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO	Probabilità	
		Successo	Insuccesso
Addetto	Occupanti prevalenti di tipo A con addetti rischio elevato	0,85	0,15
Impianto a diluvio	Ordinario	0,7	0,3
EFC	Smaltitori di fumo SEb	0,7	0,3

Innesco		Addetto		Impianto a diluvio		EFC		Scenario	Risultato	Probabilità		
1,00	0,00	0,85	0,15	0,70	0,30	0,70	0,30					
Si	1,000	Si 0,850						S1	Obiettivo garantito	85,000%	Altamente probabile	1
						Si 0,700		S2	Obiettivo garantito	7,350%	Probabile	2
						No 0,300		S3	Obiettivo condizionato	3,150%	Probabile	3
		No 0,150				Si 0,700		S4	Obiettivo condizionato	3,150%	Probabile	4
				No 0,300		No 0,300		S5	Obiettivo non garantito	1,350%	Probabile	5
No	0,000											

Alle probabilità ottenute per ciascuno scenario di incendio devono essere associate le conseguenze; in questo caso, sono quantificate in termini di danni alla costruzione in base agli eventi che possono verificarsi.

Viene effettuata un'analisi quantitativa semplificata, basata sull'estensione prevista del danno, verificato tramite giudizio ingegneristico esperto, considerando il successo o il fallimento delle diverse strategie di prevenzione. Il metodo è applicabile in quando l'edificio prevede la sola destinazione d'uso di stoccaggio rifiuti.

Scenario	Descrizione	Calcolo del danno	[%]
S1	Limitato alla zona di primo innesco (1 mq coinvolti)	0,000735835	0,074%
S2	Limitato alla zona dell'incendio (40 mq coinvolti)	0,029433407	2,943%
S3	Limitato all'intera baia (173 mq coinvolti)	0,127299485	12,730%
S4	Incendio di metà compartimento (679,5 mq coinvolti)	0,5	50,000%
S5	Incendio di tutto il compartimento (1359 mq coinvolti)	1	100,000%

È ora possibile applicare il Fire Risk Assessment, combinando le probabilità e le conseguenze valutate, in modo da poter selezionare gli scenari di incendio più gravosi.

Gli scenari selezionati rientrano nella soglia di credibilità, fissata al 2%, che rappresenta l'entità di rischio accettabile per l'attività in termini di danni strutturali. Il valore di soglia deriva dal tipo di analisi effettuata nel presente studio, che riguarda danno alle strutture, e considera il valore indicato nel documento *"Impiego di un impianto a disponibilità superiore nel progetto delle prestazioni di resistenza al fuoco di strutture in acciaio"* redatto da P. Cancelliere, D. de Silva, A. Marino, E. Nigro, L. Possidente, P. Princi, S. Pustorino, N. Tondini.

<u>Scenario</u>	<u>Probabilità</u>	<u>Danno</u>	<u>Rischio</u>		
			<u>Valore</u>	<u>Classifica</u>	<u>Percentuale</u>
S1	0,8500	0,0007	0,0006	5	1,74%
S2	0,0735	0,0294	0,0022	4	6,00%
S3	0,0315	0,1273	0,0040	3	11,12%
S4	0,0315	0,5000	0,0158	1	43,69%
S5	0,0135	1,0000	0,0135	2	37,45%

Gli scenari S4 e S5 sono caratterizzati dal non funzionamento dell'impianto a diluvio e risultano essere ragionevolmente credibili, questo perché sebbene abbiano una probabilità più bassa di accadimento, producono conseguenze più gravose rispetto agli altri scenari di incendio.

A questo punto, si considera l'impianto di rilevazione automatica a maggiore affidabilità, adottando i seguenti correttivi tecnici e gestionali, in accordo al paragrafo G.2.10.2:

- componenti con minor rateo di guasto: in fase di progettazione di dettaglio dell'impianto sono utilizzati, i componenti con minor rateo di guasto, se disponibili sul mercato;
- ridondanza delle fonti di alimentazione elettrica: l'impianto viene asservito da fonti di alimentazione ridondanti;
- riduzione dei tempi di ripristino dei guasti: potenziando le squadre manutentive;
- programmazione delle manutenzioni per settori dell'impianto: programmazione mirata correlata al rischio incendio dei settori dell'attività, della stagionalità, dei picchi di produzione e dell'orario lavorativo;
- controlli e prove periodiche: aumentate le frequenze iniziali di ispezione e controllo dei componenti dell'impianto.

A seguito di tali considerazioni sugli impianti, si rivedono le probabilità precedentemente riportate, considerando una probabilità di successo dei sistemi a maggiore affidabilità pari al **99,761% ottenuta tramite FTA (Fault Tree Analysis)** effettuata su specifico documento dedicato.

EVENTO	CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO	Probabilità	
		Successo	Insuccesso
Addetto	Occupanti prevalenti di tipo A con addetti rischio elevato	0,85	0,15
Impianto a diluvio	Disponibilità superiore	0,99761	0,00239
EFC	Smaltitori di fumo SEb	0,7	0,3

Innesco	Addetto	Impianto a diluvio	EFC	Scenario	Risultato	Probabilità		
1,00	0,00	0,85	0,15	1,00	0,00	0,70	0,30	
Si 0,850				S1	Obiettivo garantito	85,000%	Altamente probabile	1
Si 1,000				S2	Obiettivo garantito	10,475%	Altamente probabile	2
Si 0,998				S3	Obiettivo condizionato	4,489%	Probabile	3
No 0,150				S4	Obiettivo condizionato	0,025%	Improbabile	4
No 0,002				S5	Obiettivo non garantito	0,011%	Improbabile	5
No 0,000								

Dalla variazione delle probabilità dei vari scenari di incendio, si effettua nuovamente il calcolo del rischio, considerando sempre le conseguenze precedentemente riportate.

Scenario	Probabilità	Danno	Rischio		
			Valore	Classifica	Percentuale
S1	0,8500	0,0007	0,0006	3	6,48%
S2	0,1047	0,0294	0,0031	2	31,93%
S3	0,0449	0,1273	0,0057	1	59,18%
S4	0,0003	0,5000	0,0001	4	1,30%
S5	0,0001	1,0000	0,0001	5	1,11%

Gli scenari selezionati, che rientrano nella soglia di credibilità pari al 2%, sono esclusivamente quelli che prevedono la corretta attivazione dell'impianto a diluvio. Pertanto, è possibile affermare che è un sistema a **disponibilità superiore**.

In questo caso specifico, non sono stati progettati gli impianti EFC a maggiore affidabilità in quanto negli scenari di incendio di progetto, a favore di sicurezza, non verrà valutata l'attivazione di tali impianti.

ANALISI STORICA

In questa fase si tiene conto degli incendi che hanno interessato edifici o attività simili a quella in esame mediante analisi storica e si descrivono, ove le informazioni sono disponibili:

- evento iniziatore caratterizzato da un focolaio di incendio e dalle condizioni dell'ambiente circostante;
- propagazione dell'incendio e dei prodotti della combustione;
- azione degli impianti tecnologici e di protezione attiva contro l'incendio;
- azioni eseguite dai componenti della squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente;
- distribuzione e comportamento degli occupanti.

Il documento emanato da WISH (Waste Industry Safety and Health Forum), "Reducing fire risk at waste management sites", issue 3, March 2020; riporta i dati di una delle principali aziende di gestione dei rifiuti che ha analizzato svariati rapporti sugli incendi, riferiti a un periodo di cinque anni, coprenti più di 120 siti e più di 300 segnalazioni di incendi/fumanti. Le attività analizzate riguardano impianti di riciclaggio e recupero dei rifiuti. Per quanto riguarda la causa più probabile degli incendi, l'analisi fornisce alcuni dati interessanti:

- Il 38% degli incendi è probabilmente causato da materiali caldi o pericolosi e oggetti presenti nei rifiuti accettati nei siti, come ceneri calde, litio, batterie per veicoli e altri accumulatori, bombole di gas, liquidi infiammabili, aerosol, ecc.
- Il 25% degli incendi è probabilmente causato dall'autocombustione, sia in fase di ricezione che di stoccaggio dei rifiuti.
- Il 5% è probabilmente causato da superfici calde, l'8% da difetti elettrici, il 7% da lavori a caldo come saldatura e smerigliatura e il 10% da attrito.
- Gli incendi rimanenti sono stati causati da una varietà di altre cause probabilmente minori.

A completamento di quanto descritto, si riporta di seguito una serie incendi analizzati che non si sono verificati presso il gestore dell'attività in oggetto, ma presso attività simili con diverso gestore e analoghe caratteristiche.

BELLOLAMPO – incendio di luglio 2023 – impianto di trattamento biomeccanico

- evento iniziatore: autocombustione del contenuto di una vasca di raccolta dovuta alle alte temperature stagionali e alla decomposizione organica dei rifiuti non smistati;
- propagazione dell'incendio e dei prodotti della combustione: la combustione è durata diversi giorni, il rogo ha sprigionato una colonna di fumo e diossine che hanno minacciato l'incolumità della cittadinanza;

CODROIPO – incendio del 26 dicembre 2023 – azienda servizi trattamento rifiuti

- evento iniziatore: autocombustione di deposito di materiale organico misto a scarti di legno;
- propagazione dell'incendio e dei prodotti della combustione: il rogo ha sprigionato una colonna di fumo non tossica e i vigili del fuoco hanno effettuato l'estinzione dell'incendio in meno di un giorno;

- distribuzione e comportamento degli occupanti: nessun ferito e/o intossicato, si deduce quindi che l'esodo sia avvenuto sufficientemente in modo corretto.

CALCINATO – incendio del 10 novembre 2021 – Area Specialrifiuti di Calcinato

- evento iniziatore: le telecamere di videosorveglianza hanno ripreso dapprima una piccola colonna di fumo e poi l'avvenire di una piccola fiamma, fenomeno tipico dell'autocombustione;
- propagazione dell'incendio e dei prodotti della combustione: l'incendio ha coinvolto circa 160 metri cubi di rifiuti indifferenziati;

Dall'analisi è possibile individuare che la principale fonte di innesco risulti essere l'autocombustione del materiale o la presenza di materiali pericolosi, vedi batterie e altri accumulatori, non adeguatamente smistati.

SCENARI DI INCENDIO

In seguito alle considerazioni derivanti dall'albero degli eventi e dall'analisi storica, si ritengono ragionevolmente prevedibili, accordo alla ISO/TR 16733 ed al paragrafo M.2.2, i seguenti scenari di incendio:

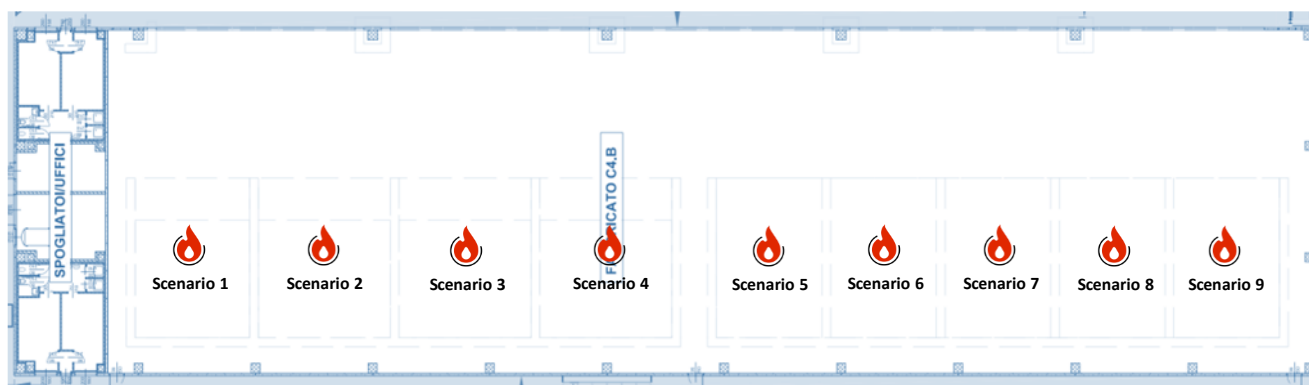


Figura 1: Possibili scenari di incendio all'interno del compartimento in esame

Come indicato nel paragrafo M.2.2 del Codice di Prevenzione Incendi, comma 3 e 4, ciascuno scenario di incendio viene compiutamente ed univocamente descritto in relazione ai suoi tre aspetti fondamentali:

- le caratteristiche dell'incendio;
- le caratteristiche dell'attività;
- le caratteristiche degli occupanti.

Si specifica inoltre se lo scenario di incendio è relativo ad una condizione di pre-flashover o ad una condizione di post-flashover, a seconda dell'obiettivo da raggiungere.

Scenario di incendio 1

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – baia B1

L'incendio avviene in un'area di 150 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 525 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare.

L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze.

Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

Scenario di incendio 2

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – baia B2

L'incendio avviene in un'area di 173 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 606 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare.

L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze.

Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

Scenario di incendio 3, 4

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – rispettivamente baie B3, B4

L'incendio avviene in un'area di 173 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 605 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare.

L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze.

Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

Scenario di incendio 5, 6, 7

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – rispettivamente baie C1a, C1b, C1c

L'incendio avviene in un'area di 138 mq adibita a stoccaggio in baia di plastica per un totale di 484 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare.

L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze.

Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è

completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

Scenario di incendio 8, 9

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – rispettivamente baie C1d, C1e

L'incendio avviene in un'area di 138 mq adibita a stoccaggio in baia di carta per un totale di 484 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare.

L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze.

Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

M.2.3 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Nel primo passo della procedura sono stati identificati un elevato numero di scenari d'incendio possibili nell'attività. Lo scopo di questo secondo passo della procedura consiste nell'analizzare i diversi scenari individuati al fine di concentrare il successivo lavoro di verifica delle diverse soluzioni progettuali.

Dall'insieme degli *scenari di incendio* è stato estratto il sottoinsieme degli *scenari d'incendio di progetto*, esplicitandone i motivi che hanno portato ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa.

Sono stati selezionati i *più gravosi* tra gli scenari di incendio *possibili*.

Gli *scenari d'incendio di progetto* così selezionati rappresentano per l'attività un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello compiutamente descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*.

Le soluzioni progettuali, rispettose delle *soglie di prestazione* richieste nell'ambito degli *scenari d'incendio di progetto*, garantiscono quindi lo stesso grado di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri *scenari d'incendio*.

La selezione degli scenari d'incendio è fortemente influenzata dall'obiettivo che si intende raggiungere.

- un incendio di breve durata e con crescita veloce, che è accompagnato da elevata produzione di fumo e gas di combustione capaci di sviluppare diossine (ad esempio, materiale plastico o rifiuti pericolosi), risulta più critico di uno che rilascia maggiore potenza termica, ma che ha una crescita lenta e dura più a lungo, anche se quest'ultimo sollecita termicamente in modo più severo gli elementi costruttivi presenti;
- un incendio coinvolgente una quantità di materiale maggiore svilupperà una HRR più gravosa rispetto al coinvolgimento di materiale in quantità minore.

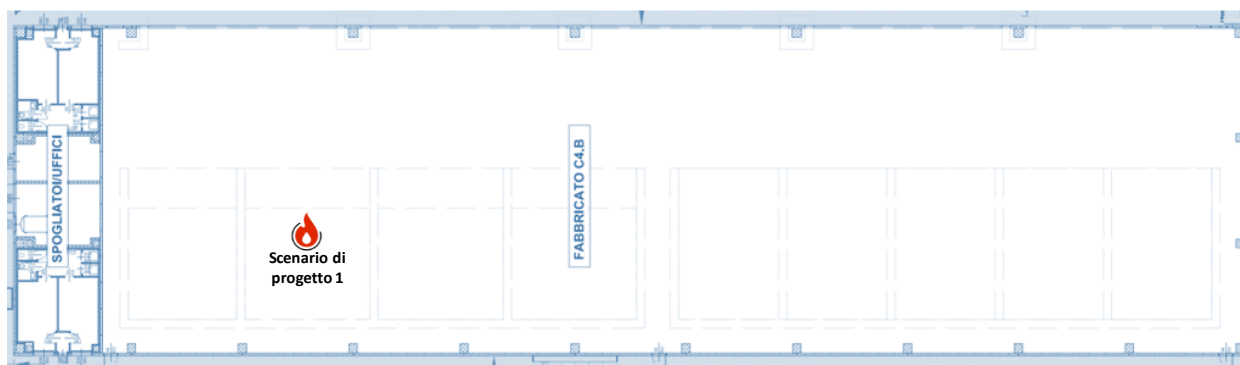


Figura 2: Scenario di incendio di progetto individuato

SCENARI DI INCENDIO SCARTATI

- Scenari di incendio 1, 3, 4, 5, 6, 7

Scartati in quanto meno gravosi dello scenario di incendio 2, selezionato per la verifica di compartimentazione; infatti, tali scenari coinvolgono un quantitativo minore di materiale.

- Scenari di incendio 8, 9

Scartati in quanto meno gravosi dello scenario di incendio 2, selezionato per la verifica di compartimentazione; infatti, tali scenari, coinvolgono della carta, caratterizzata da un profilo HRR meno gravoso rispetto al materiale plastica. Inoltre, le quantità di materiale coinvolte sono meno elevate rispetto allo scenario di incendio 2

SCENARIO DI INCENDIO DI PROGETTO 1

Questo scenario di incendio è stato scelto come il più gravoso in quanto, al fine di verificare la compartimentazione, ha possibilità di propagare l'incendio a più baie limitrofe ed è caratterizzato dalla natura del materiale più pericolosa insieme ai quantitativi maggiori di materiale coinvolto.

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – baia B2

L'incendio avviene in un'area di 173 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 606 mc.

L'incendio analizzato parte da una condizione di pre-flashover. Le caratteristiche del materiale, del suo quantitativo, e della geometria dei locali, potrebbero permettere lo sviluppo del flash-over, ma questo è scongiurato dalla presenza di impianto a schiuma a diluvio a soppressione a disponibilità superiore, la cui attivazione dovrebbe evitare la propagazione dell'incendio alle baie limitrofe ed estinguere il focolare. L'innesco è riconducibile ad autocombustione. Il quantitativo di materiale è caratteristico della destinazione d'uso, movimentato a seconda delle esigenze. Sono presenti: protezione di base, rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a schiuma a diluvio a disponibilità, impianto di rivelazione ed allarme con termocamere e campionamento a disponibilità superiore, aperture SEa-SEb -SEe.

I locali non sono permanentemente presidiati (chiusura dell'attività negli orari notturni). Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio, trattandosi di attività lavorativa. Un lato del locale è completamente aperto verso il cortile per agevolare le manovre dei mezzi, questo rende il sistema d'esodo molto efficace.

Le strutture portanti sono in c.a. e in c.a.p.

Si sottolinea pertanto che nella successiva fase di quantificazione degli effetti dello scenario d'incendio di progetto selezionato verrà adottata la seguente numerazione:

Area	Scenario di incendio	Scenario di progetto
<i>Fabbricato C4B – baia B2</i>	2	1

Tabella 9: Denominazione scenario di incendio di progetto nell'analisi quantitativa

IMPIANTI A DISPONIBILITÀ SUPERIORE (DILUVIO, IRAI)

In accordo al paragrafo G.2.10.2 si adottano le seguenti soluzioni:

a. migliore affidabilità

- i. in fase di progettazione definitiva dell'impianto verranno utilizzati, i componenti con minor rateo di guasto disponibili sul mercato;
- ii. l'impianto viene asservito da fonti di alimentazione ridondanti;
- iii. vengono raddoppiate le fonti di estinguente in numero, non in volume;
- iv. vengono riportate in SGSA specifiche indicazioni per la riduzione degli errori umani (*si rimanda al capitolo SGSA allegato ingegneristico*).

b. maggiore manutenibilità e supporto logistico della manutenzione:

- i. vengono potenziate le squadre manutentive al fine di ridurre i tempi di ripristino dei guasti;
- ii. la programmazione delle manutenzioni per settori dell'impianto avviene in modo mirato e correlato al rischio incendio dei settori dell'attività, della stagionalità, dei picchi di produzione e dell'orario lavorativo;
- iii. vengono aumentate le frequenze iniziali di ispezione e controllo dei componenti dell'impianto (*appendice 1*).

Al fine di mantenere il livello di sicurezza assicurato all'attività, è prevista la gestione degli stati degradati tramite la ri-calibrazione delle frequenze delle ispezioni (*appendice 2*).

Un impianto a disponibilità superiore, per sua definizione ha una probabilità di non funzionamento talmente bassa da poter essere considerato sempre funzionante.

Nell'assai remoto caso di indisponibilità totale o parziale degli impianti a disponibilità superiore, vengono applicate le seguenti misure gestionali compensative:

- chiamata delle squadre manutentive, per risolvere il guasto nel minor tempo possibile; come da punto b. comma i. del paragrafo precedente
- maggiore attenzione nel rispettare le limitazioni per ridurre il rischio di un possibile innesco:
 - pulizia dei locali;
 - non lasciare incustoditi muletti ma riporli nel punto ricarica una volta terminato l'utilizzo;
 - spegnere e staccare dalla corrente eventuali apparecchiature o attrezzi elettrici una volta terminato l'utilizzo;
- in caso di malfunzionamento degli impianti in una zona dell'attività, limitare lo stoccaggio di materiale in quella zona a 200 MJ/m² fino a ripristino del corretto funzionamento degli impianti;
- allertamento di tutto il personale presente della condizione straordinaria;
- divieto di effettuare qualsiasi operazione di manutenzione ordinaria o straordinaria che non sia relativa agli impianti antincendio guasti, fino a loro totale ripristino;

- divieto assoluto di effettuare lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio (uso di fiamme libere, tagli, saldature).

APPENDICE 1

CONTROLLI E PROVE PERIODICHE PER IMPIANTI A DISPONIBILITÀ SUPERIORE

Si riportano di seguito le periodicità dei controlli dei sistemi automatici, i presidi manuali e/o di base invece mantengono le frequenze ordinarie di norma in quanto non definibili a disponibilità superiore.

IRAI

Controllo periodico: almeno **ogni 4 mesi**, comprendente termocamere (anziché 6 mesi)

Verifica Generale del sistema: ogni 12 anni

Dal **1° al 6° anno: semestralmente** (anziché annualmente) controllo funzionale di almeno il 50 % dei dispositivi e l'anno successivo del restante 50%

Dal **7° al 12° anno: semestralmente** (anziché annualmente) controllo funzionale del 100 %

Oltre il 12° anno: il sistema deve essere sottoposto "verifica Generale"

SISTEMI A SCHIUMA

Sorveglianza giornaliera da parte dell'utilizzatore:

- Controllo livelli nei serbatoi
- Verifica stato dispositivi di avviamento automatico/manuale

Controlli trimestrali da parte di personale qualificato:

- Rete di tubazioni di distribuzione
- Stazione valvole di controllo
- Serbatoio schiuma + premescolatore

Controlli semestrali da parte di personale qualificato:

- Serbatoio
- Gruppo spinta sprinkler motopompa
- Gruppo spinta sprinkler elettropompa

APPENDICE 2

GESTIONE DEGLI STATI DEGRADATI DELL'IMPIANTO

PREMESSA

Al fine di mantenere il livello di sicurezza assicurato all'attività, è prevista la gestione degli stati degradati tramite la ri-calibrazione delle frequenze delle ispezioni. Questa procedura serve per costruire una cronistoria dell'impianto ed un database statistico sui ratei di guasto specifici. Un impianto generalmente è esposto ad una curva di distribuzione normale in termini di indisponibilità. Le probabilità più alte di insorgere in un guasto sono maggiori all'inizio (periodo di rodaggio) oppure dopo anni (periodo di usura).

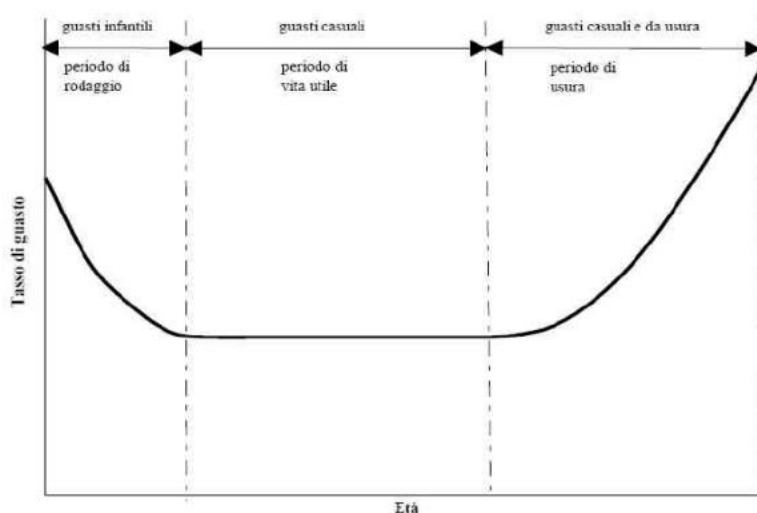


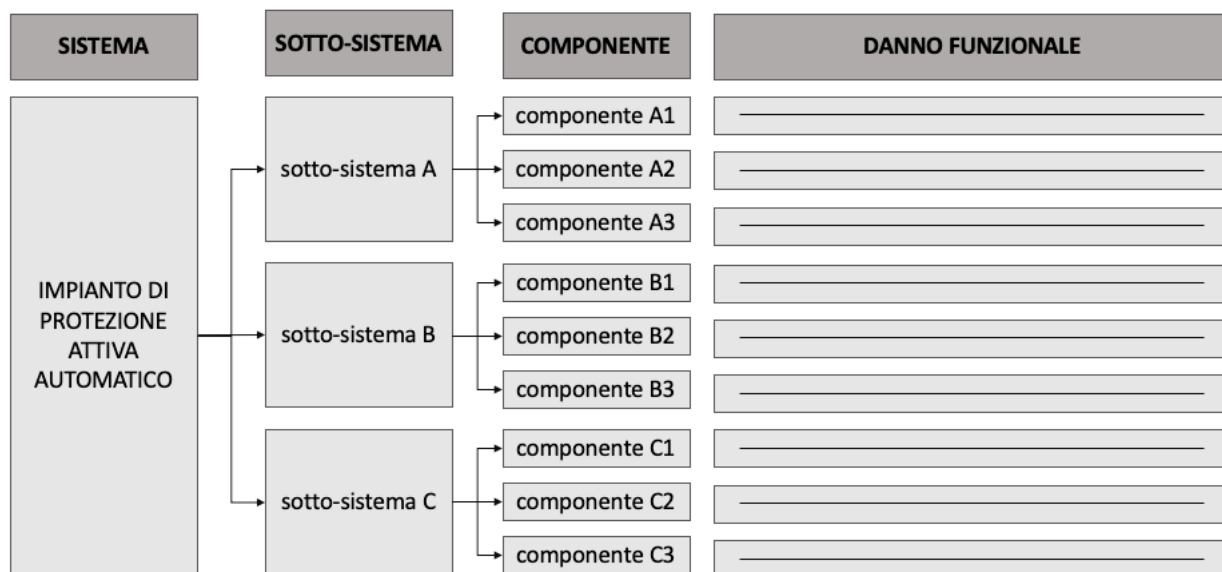
Figura 3: Andamento tasso di guasto di un impianto nel tempo

Alla luce di ciò quindi, si dispongono delle frequenze maggiormente fitte all'inizio per gli impianti a disponibilità superiore che possono subire variazioni (positive e negative) nel tempo in accordo al presente metodo.

MODALITÀ

STEP 1: descrizione dell'impianto

Per il sistema di protezione antincendio selezionato, si valuta la modalità di guasto e si esegue un'analisi degli effetti, descrivendo chiaramente la funzione del sistema e suddividendo lo stesso nei principali sottosistemi funzionali. Per ciascuno di questi sottosistemi, vengono elencati tutti gli elementi (unità o componenti) e vengono descritte le loro modalità di guasto potenziale (guasti funzionali).



STEP 2: Stati degradati e matrice di regolazione delle frequenze

È necessario classificare il livello di degrado dei componenti dopo un'ispezione o una prova.

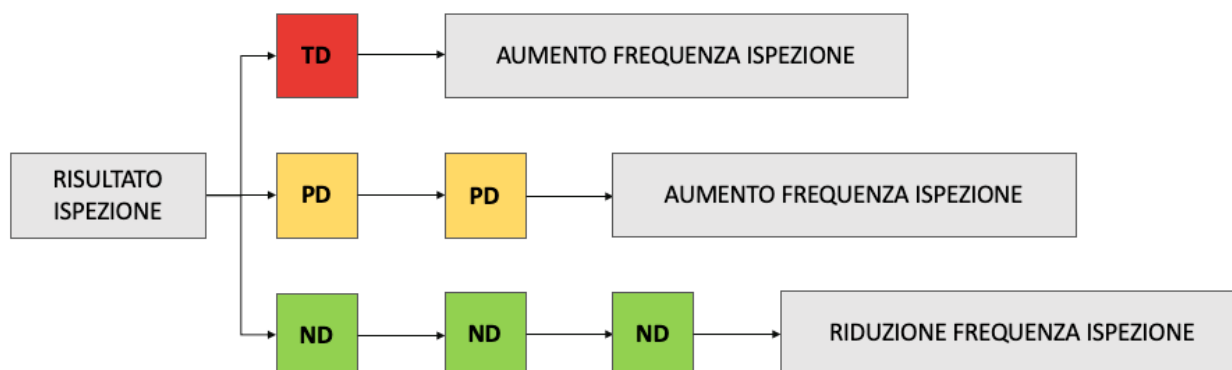
Può essere identificato da tre categorie:

degradazione totale (TD): il componente non funzionerebbe in caso di necessità, compromettendo l'intero impianto;

degradazione parziale (PD): il componente funzionerebbe male in caso di necessità, riducendo l'efficacia dell'intero impianto;

nessuna degradazione (ND): il componente funzionerebbe bene in caso di necessità.

Può essere fatto attraverso i controlli degli operatori, nonché dai dati storici o l'esperienza dei produttori. Questi dati servono per stabilire la matrice di regolazione delle frequenze da utilizzare per regolare le nuove frequenze di test/ispezione. Questa matrice si basa sullo stato degradato e sulla frequenza effettiva per i test/ispezioni di ciascun componente. Nella metodologia proposta, la matrice di regolazione è presentata nella figura successiva.



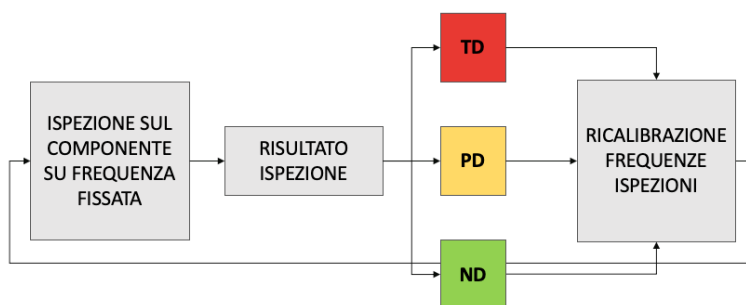
Un'analisi più approfondita sulla matrice rivela che se non viene registrato alcun degrado la frequenza di test/ispezione rimane invariata o addirittura diminuisce dopo 3 eventi positivi consecutivi, rappresentando una ricompensa per le buone condizioni dimostrate dal componente ma che mai potrà scendere al di sotto del minimo normativo. D'altra parte, se viene rilevato un degrado parziale 2 volte successivamente o un degrado totale una singola volta, ciò significa che la frequenza precedentemente stabilita potrebbe non essere corretta e necessita di una regolazione, aumentandola.

STEP 3: processo decisionale

Questo passaggio si riferisce alle attività di manutenzione (test / ispezione) che seguono le frequenze stabilite in precedenza. Sulla base dei risultati di tali attività, viene assegnato un livello di degrado a ciascun guasto funzionale.

Quindi, la matrice verrà utilizzata per rettificare le frequenze precedenti e stabilire così un nuovo programma di test / ispezione per il sistema di protezione antincendio in esame.

La successiva illustra il processo decisionale:



La logica di questa metodologia si basa sullo stato dei componenti, nel senso che una frequenza di ispezione predeterminata, un test o un'attività di manutenzione preventiva devono essere adeguati alle sue condizioni, che possono essere diverse per lo stesso tipo di articolo che lavora in condizioni ambientali, manutentive e funzionali diverse.

Conclusioni

Trattandosi di una valutazione specifica del singolo componente, il documento verrà realizzato ed allegato in fase di SCIA, solo a seguito della realizzazione dell'impianto. Copia verrà consegnata al responsabile dell'attività che si impegnerà a riportare gli esiti delle ispezioni e ricalibrare le frequenze.

FIRE TEST

In questa fase è necessario reperire in letteratura documenti tecnici in grado di indicarci quali possono essere le caratteristiche del bruciatore da modellare più idoneo.

Il dato di RHR massimo correlato alla tipologia di materiale che brucia (nella sua configurazione e non del singolo materiale) è importante negli incendi governati dal combustibile, mentre in quelli governati dalla ventilazione o dall'impianto di protezione attiva lo sono molto meno.

Altra grandezza non trascurabile è il rateo di crescita dell'incendio, che governa le prime fasi, quelle critiche per l'esodo degli occupanti ma non per i parametri di resistenza al fuoco.

Per il caso in analisi, la tipologia di materiali combustibili presenti per lo scenario di incendio di progetto è riconducibile alla seguente tipologia principale:

- Materiale plastico da imballaggio, accatastato in baia.

Si procede con una descrizione dettagliata della relativa curva HRR.

SCENARIO DI PROGETTO 1 – MATERIALE MISTO PLASTICO

Ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolare, considerando l'estensione del materiale coinvolto e la sua eterogeneità, si ricorre all'impiego del focolare predefinito fornito dal Codice, nell'ambito delle limitazioni descritte nella tabella seguente. L'impiego del focolare predefinito previsto dal Codice, così caratterizzato, permette di analizzare il fenomeno in favore di sicurezza rispetto ad una analisi sulla combustione dei singoli materiali.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_a	150 s (<i>fast</i>)	75 s (<i>ultra-fast</i>)
RHR _{max} totale RHR _{max} per m ² di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m ² [1]	50 MW 500 -1000 kW/m ² [1]
Resa in particolato Y _{soot}	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio Y _{CO}	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo ΔH _C	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y _{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y _{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (<i>Radiative fraction</i>)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al comparto antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 “Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies”, BRANZ, 2008

[3] “C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design”, New Zealand Building Code

[4] “SFPE handbook of fire protection engineering”, NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da *polyurethane flexible foams*.

[5] Stec A A, Hull T R, “Fire Toxicity”, Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con Φ = 1,25 (*underventilated fire*)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico CH₂O_{0,5}.

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

L'impiego del focolare predefinito, come descritto nel Codice di Prevenzione Incendi, è giustificato dalla presenza di impianto a diluvio a protezione dell'intera attività.

Di fatti, tramite delle pre-simulazioni di seguito riportate si valuta il tempo di attivazione dell'impianto a diluvio a completa estinzione. Si può notare come l'attivazione avviene durante la fase di crescita della curva RHR; pertanto, non avendo raggiunto il plateau della potenza termica sviluppata, risulta ragionevole considerare un picco RHR per unità di superficie pari a 1.000 kW/m².

ATTIVAZIONE IMPIANTO A DILUVIO

Trattandosi di locale protetto da impianto di spegnimento attivato in modo automatico dall'impianto di rivelazione, si procede con la modellazione con FDS dell'incendio localizzato per valutare il tempo di attivazione dell'impianto.

Le pre-simulazioni vengono effettuate su una porzione del modello; i confini della mesh verso le altre zone non considerate nella simulazione si mantengono aperti, in modo che i prodotti della combustione vi si possano propagare.

L'impianto a diluvio viene attivato con logica AND dalla centralina di analisi e dalla termocamera. Per tale motivo si considera come tempo di attivazione il tempo massimo di rivelazione tra i due sistemi presenti.

SISTEMA DI RIVELAZIONE AD ASPIRAZIONE

Tale sistema di rivelazione è costituito da:

- una rete di tubazioni in cui sono praticati dei fori che prelevano costantemente l'aria dall'ambiente ed
- un'unità di analisi della presenza di fumo nell'aria campionata (camera laser). Il rivelatore si definisce multi-puntuale.

La classe di sensibilità ai sensi della UNI/TR 11694 sarà di tipo A (alta sensibilità), ciò significa che conservativamente, i punti di aspirazione possono essere assimilati a sensori tradizionali.

Sono state inserite pertanto delle sonde "Smoke Detector" con maglia 11x11 metri sull'area sovrastante le baie, ad un'altezza di 12 metri dal piano di calpestio del locale. Sono state lasciate attive solo le aperture SEa.

Il sistema di rivelazione si considererà attivato nell'istante in cui almeno due sonde registreranno valori sopra soglia.

TERMOCAMERE

Il sistema di rivelazione di calore con termocamere e telecamere nel visibile è in grado di mandare segnali alla centralina, individuando pericolosi aumenti della temperatura superficiale, mediante le seguenti logiche di funzionamento:

- modalità c.d. "soglia" o assoluta: allarme al raggiungimento di una determinata temperatura
- modalità c.d. "delta", o relativa: allarme in caso di eccessiva rapidità nell'aumento della temperatura

All'interno della simulazione sono stati pertanto inseriti:

- output relativi alle boundary quantities delle superfici presenti, in particolari in termini di temperatura raggiunta
- sonde puntiformi di temperatura nei pressi dello strato superiore della baia

Il sistema di rivelazione si considererà attivato nell'istante maggiore tra i due seguenti:

- superamento di almeno 30 gradi della temperatura naturale dell'oggetto monitorato dalla lettura delle boundary quantities
- superamento di almeno 30 gradi della temperatura naturale dell'oggetto monitorato dalla lettura di almeno due sonde puntiformi di temperatura

BURNER E HRR

La baia soggetta a innesco è stata discretizzata in ingombri di volume pari a 2x2,5x1 m.

L'incendio parte da un singolo blocco, che può propagare ai blocchi immediatamente adiacenti. La propagazione avviene una volta superati i valori di soglia in corrispondenza dei bersagli.

A scopo cautelativo, si considerano i seguenti valori soglia:

- Irraggiamento termico incidente sul bersaglio: come valore massimo di energia radiativa si considera un valore $E_{\text{soglia}} = 12,6 \text{ kW/m}^2$ in accordo al paragrafo S.3.8 comma 2 del Codice di Prevenzione Incendi;
- Temperatura sul bersaglio: come valore massimo di temperatura pari si considera un valore pari a 230°C.

La soglia di irraggiamento è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innesco di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene l'innesco del legno in aria stazionaria.

Anche la soglia di temperatura, pari a 230 °C, è considerata conservativa, in quanto risulta essere il valore di propagazione dell'incendio a carta e legna in area stazionaria.

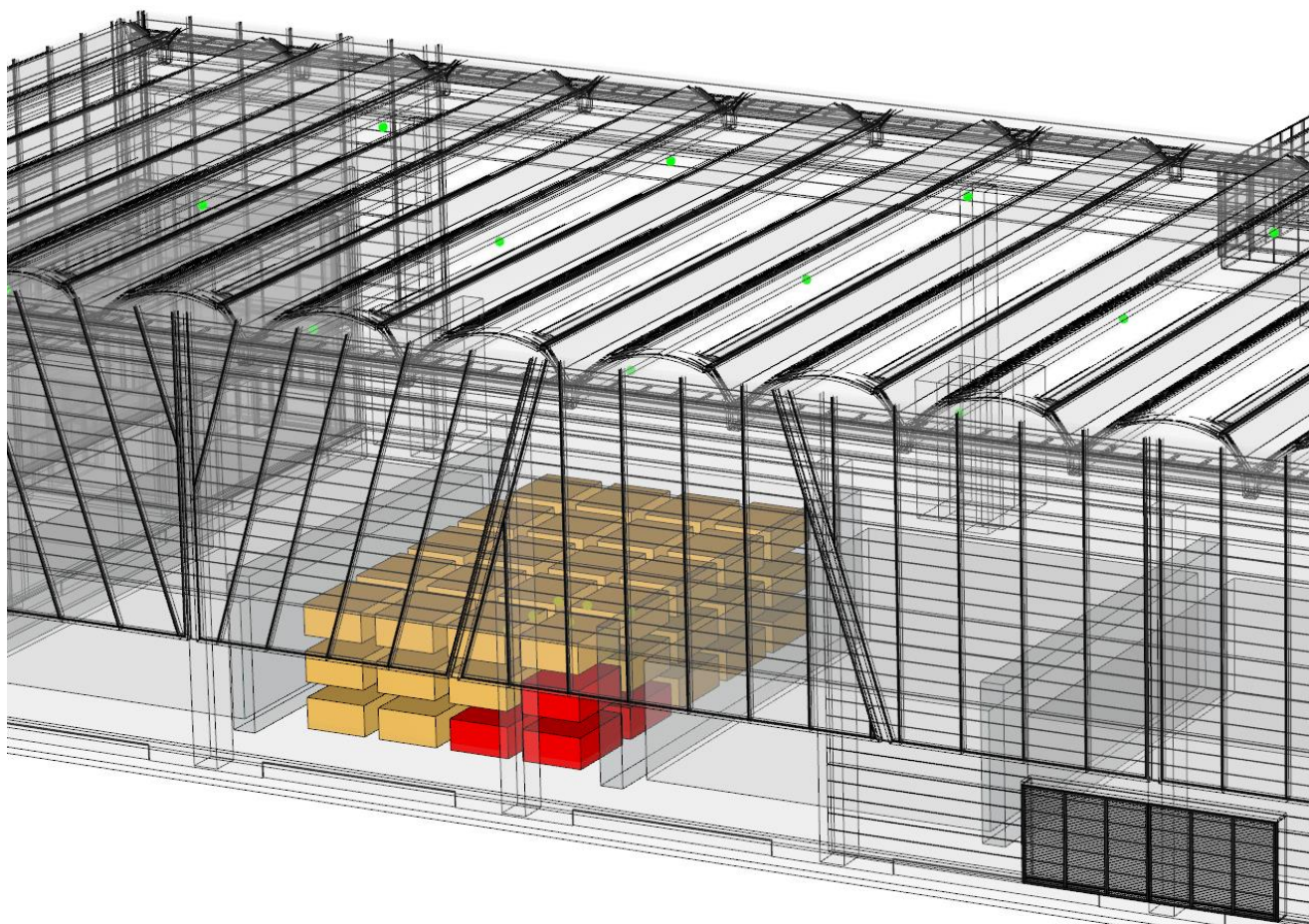
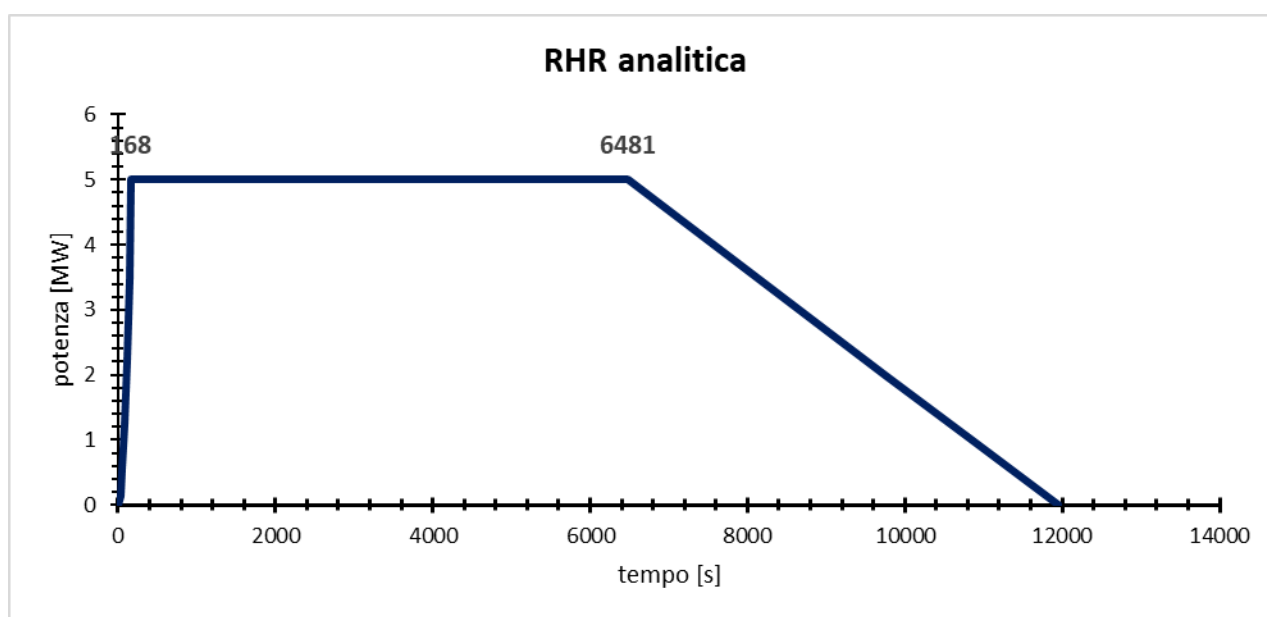


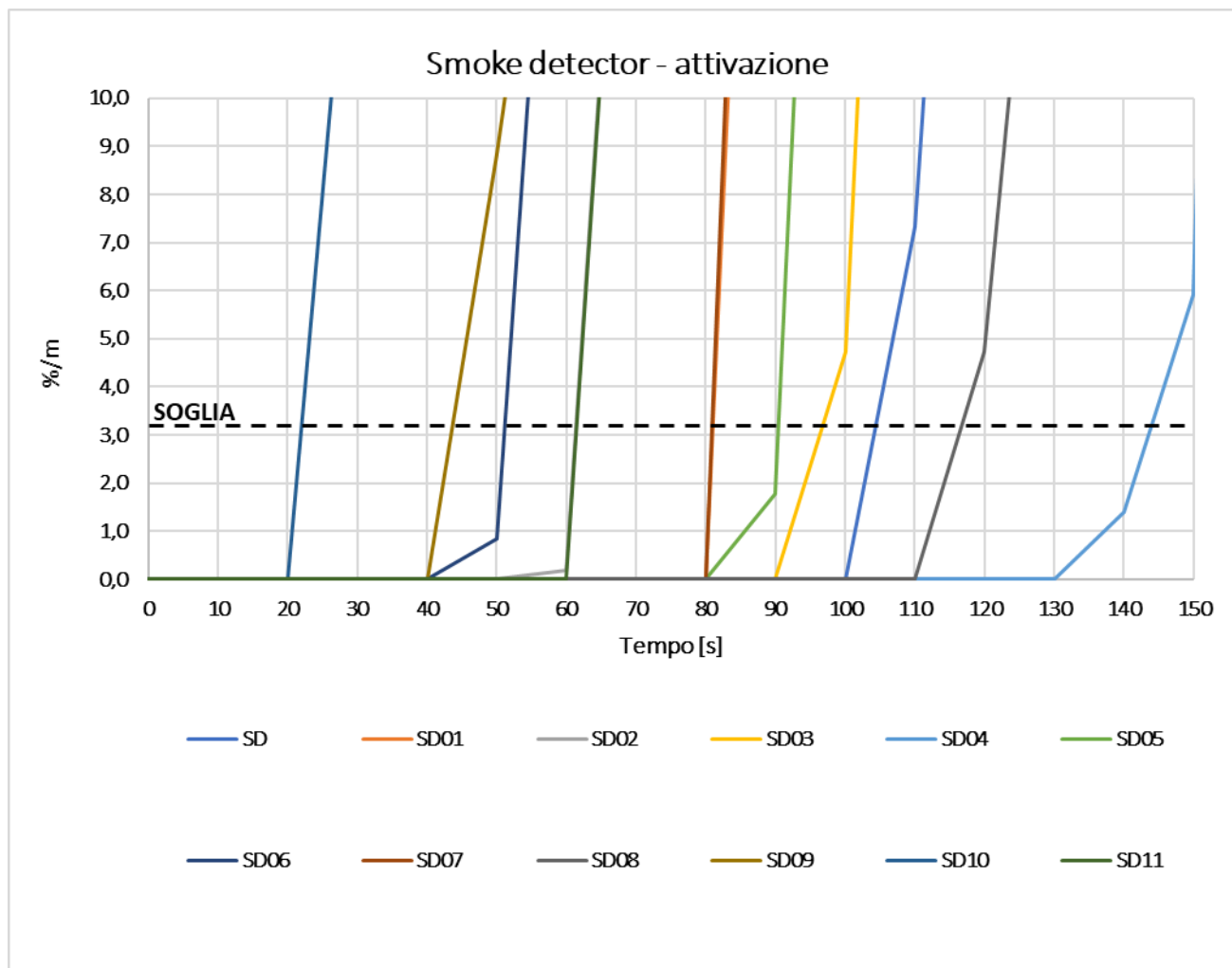
Figura 4: posizione sonde e focolare pre-simulazione per attivazione impianto a diluvio

Ogni blocco è caratterizzato da un'energia del materiale incendiato pari a 45496 MJ. Pertanto, ogni blocco è rappresentato molto conservativamente da un focolare di velocità di crescita ultra rapida ($t_{\alpha}=75$ s), con RHR_{PUA} pari a 1000 kW/m^2 , ottenendo così la seguente curva HRR.



RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

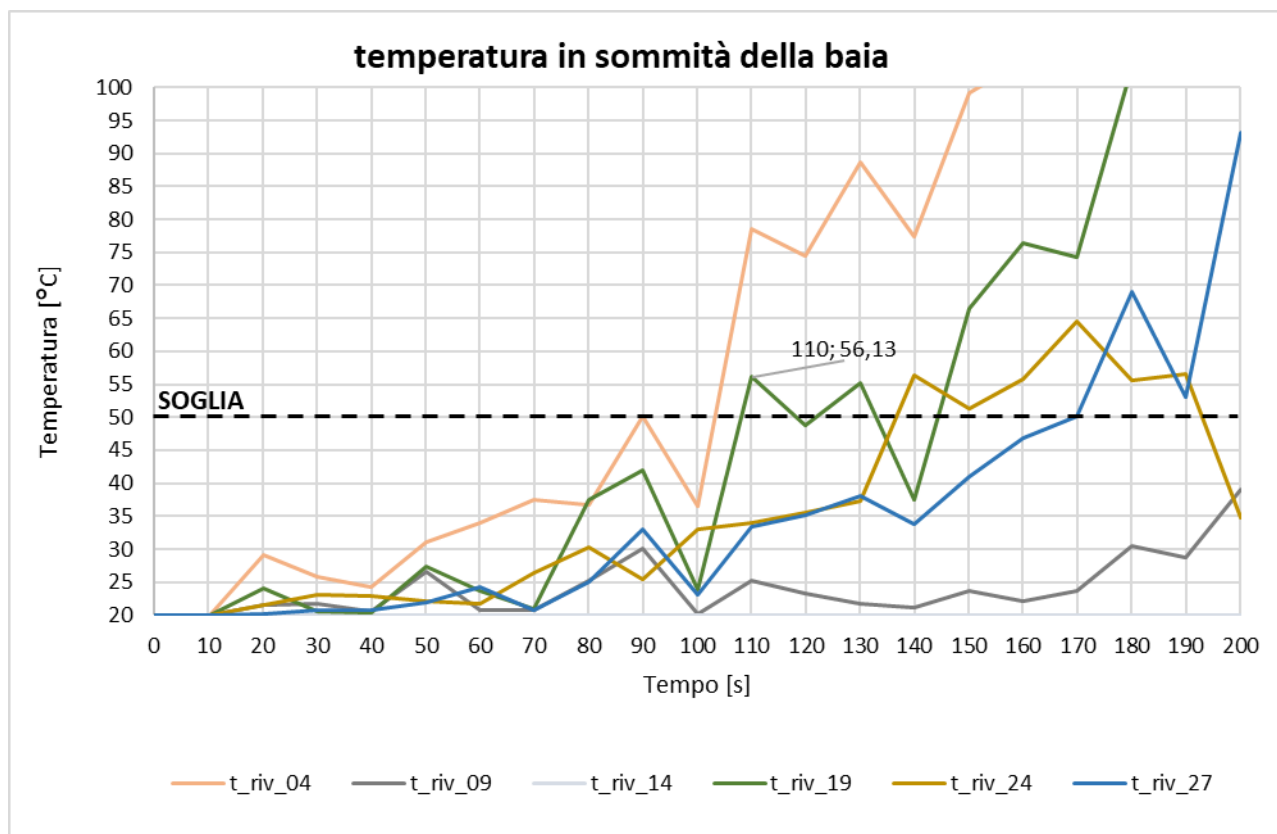
Di seguito si riportano i risultati dell'attivazione del **sistema di aspirazione**



Dal grafico sopra riportato si stabilisce che il tempo di attivazione del sistema automatico di aspirazione è pari a 50 secondi.

Di seguito si riportano i risultati dell'attivazione del **sistema di termocamere**.

In particolare, per quanto riguarda le sonde di temperatura posizionate in sommità della baia:



Per quanto riguarda l'analisi delle boundary quantities:

Intorno ai 60 secondi di simulazione, il muro della baia comincia a presentare una temperatura superficiale che rientra nella soglia di allarme (banda di colore nero con valori compresi tra i 50 e i 60 °C).

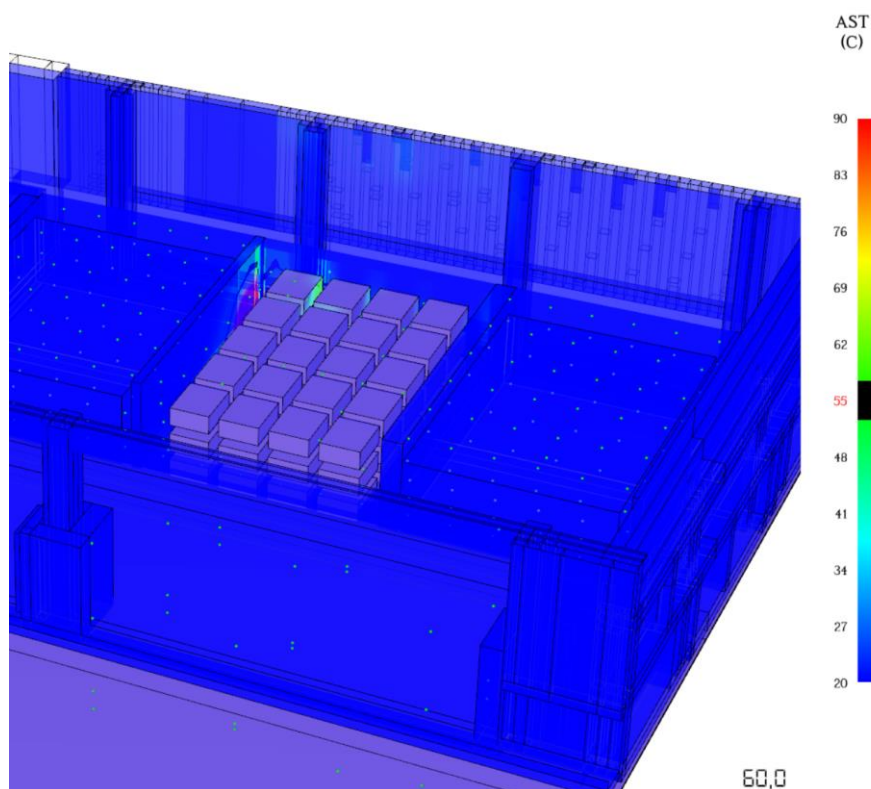


Figura 5: Screenshot con boundary quantities in scala cromatica al secondo 60 di simulazione

Intorno ai 90 secondi di simulazione, la superficie superiore dello stoccaggio presenta una temperatura superficiale che rientra nella soglia di allarme (banda di colore nero con valori compresi tra i 50 e i 60 °C).

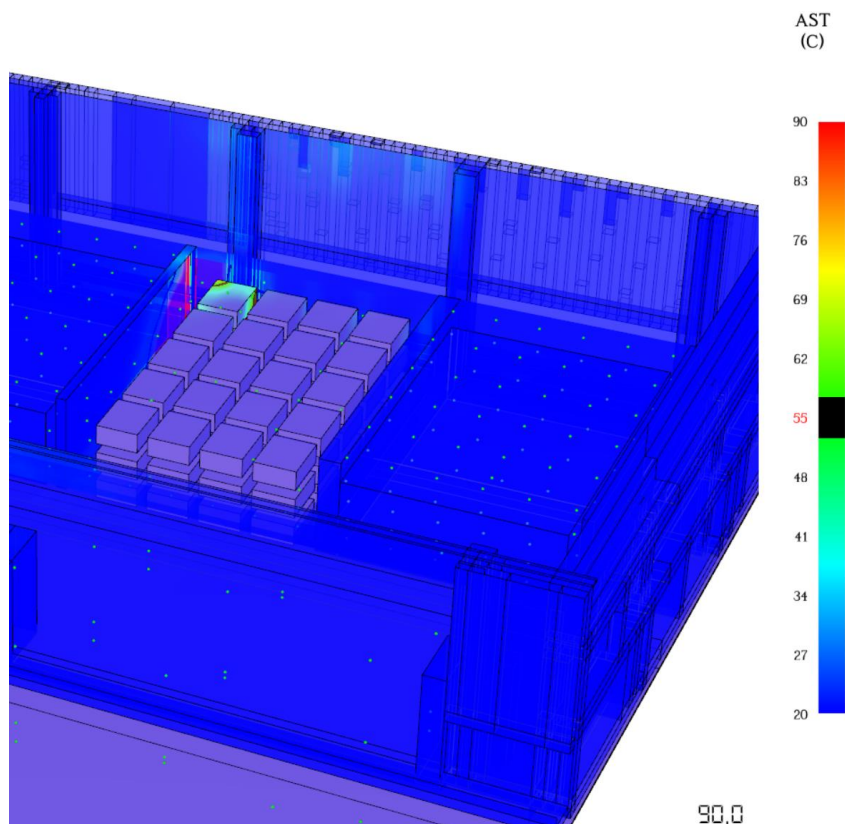


Figura 6: Screenshot con boundary quantities al secondo 90 di simulazione

Riassuntivamente si confrontano i seguenti risultati ottenuti:

- Attivazione del sistema di aspirazione: 50 secondi
- Attivazione del sistema termocamere attraverso analisi delle sonde puntiformi: 110 secondi
- Attivazione del sistema termocamere attraverso analisi delle boundary quantities: 90 secondi

A favore di sicurezza, come tempo di attivazione del sistema automatico di spegnimento a diluvio, si considera il tempo registrato pari a $t_x = 110$ secondi.

È ora possibile costruire la curva RHR a estinzione; la fase di propagazione segue la curva con velocità di crescita ultrarapida fino a $t_x = 110$ sec.

Da t_x in poi la curva ha potenza decrescente fino a completa l'estinzione, vista la presenza di impianto a diluvio; l'andamento di tale tratto di curva è descritto nella norma BS PD 7974-4 e come di seguito riportato.

M.2.4 DESCRIZIONE QUANTITATIVA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

SCENARIO DI INCENDIO DI PROGETTO 1

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – baia B2

L'incendio avviene in un'area di 173 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 606 mc.

Focolare: L'incendio coinvolge un'intera baia di stoccaggio avente energia di 5514087 MJ. È rappresentato molto conservativamente da un focolare predefinito per attività non civile con HRR pari a 1.000 kW a 75s dall'innesco.

L'incendio è schematizzato come una sorgente di tipo volumetrico, ossia come un bruciatore che rilascia calore (Heat Release Rate – HRR/RHR) e determinate quantità di particolato (soot), sulla base di indicazioni date.

La reazione chimica di combustione considerata, coinvolgendo un'intera baia di stoccaggio rifiuti, a seguito di valutazioni sulla tipologia di materiale prevalente, viene ricondotta a quella per il focolare predefinito per attività non civile con scenario di post-flashover:

Combustione	CO Yield	Soot Yield
Focolare predefinito attività non civile	0,4	0,36

Tabella 10: definizione prodotti della combustione come input di simulazione

Edificio: configurazione geometrica reale. Il locale/compartimento è munito di protezione di base, una rete idrica antincendio di protezione interna ed esterna, impianto di spegnimento automatico a diluvio, impianto di rivelazione ed allarme, aperture SEa.

Vengono modellati solo l'area cortiva con il bersaglio prospiciente e il compartimento delle baie in oggetto, in quanto gli altri piani risultano compartimentati e quindi non coinvolti dai prodotti della combustione.

Definizione RHR:

La baia è rappresentata molto conservativamente da un focolare predefinito per attività non civile con velocità di crescita ultra-fast e picco massimo pari a 163875 kW a 190 secondi. Tuttavia, la potenza massima non ha modo di svilupparsi essendovi la presenza di impianto a diluvio a completa estinzione, che si attiva a 110 s dall'innesco. Fino a tale istante di tempo, l'andamento della potenza termica ha velocità di crescita ultra-rapida.

A seguito dell'attivazione dell'impianto di spegnimento automatico a diluvio, la curva decresce nel tempo seguendo la seguente espressione, come indicato nella norma BS PD 7974-4:

$$RHR(t - t_x) = RHR(t_x) \cdot e^{\frac{-(t-t_x)}{3 \cdot (\omega'')^{-1,85}}}$$

dove:

- $RHR [kW]$ è la potenza sviluppata dall'incendio
- $t_x [s]$ è il tempo di attivazione dello sprinkler
- $t [s]$ è qualunque valore di tempo che segue t_x
- $\omega'' [mm/s]$ è la densità di scarica dell'erogatore sprinkler

La densità di scarica è il rapporto tra la portata dell'ugello e l'area su cui è distribuita, e nel presente caso è pari a:

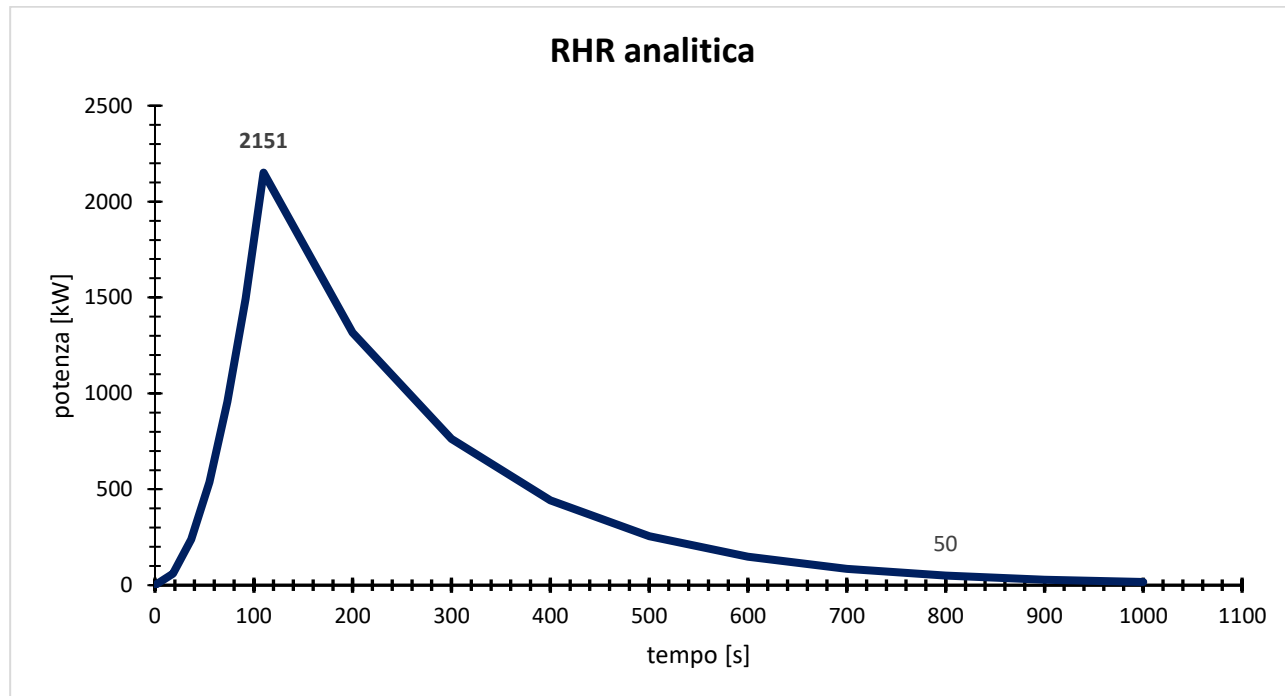
$$\omega'' = 0,1083 \text{ mm/s}$$

Inserendo quindi il valore di densità di scarica nella prima formula sopra riportata, si ottiene l'andamento di decrescita della curva RHR, data dall'efficienza dell'impianto sprinkler nel ridurre la potenza termica sviluppata dall'incendio. L'incendio risulta completamente soppresso dopo 1000 s dall'innesco, cioè dopo 890 s dall'attivazione dell'impianto sprinkler ESFR.

In definitiva:

RHR_{max}	2151 kW
Velocità di crescita	Ultrarapida: 75 s
Tempo attivazione impianto a diluvio	110 s
Tempo estinzione	890 s

Tabella 11: Proprietà della curva HRR considerata nella simulazione dello scenario di incendio di progetto



ANALISI QUANTITATIVA

In questo capitolo viene descritta l'analisi quantitativa effettuata ai sensi del DM 3 agosto 2015 e s.m.i. .

IPOTESI ASSUNTE NELLA MODELLAZIONE

MODELLAZIONI AVANZATE DI INCENDIO

La simulazione di incendio è condotta con metodologia avanzata mediante l'utilizzo di modelli di campo con software FDS 6.7.9. A seguire si riportano delle viste prospettiche del modello 3D realizzato:

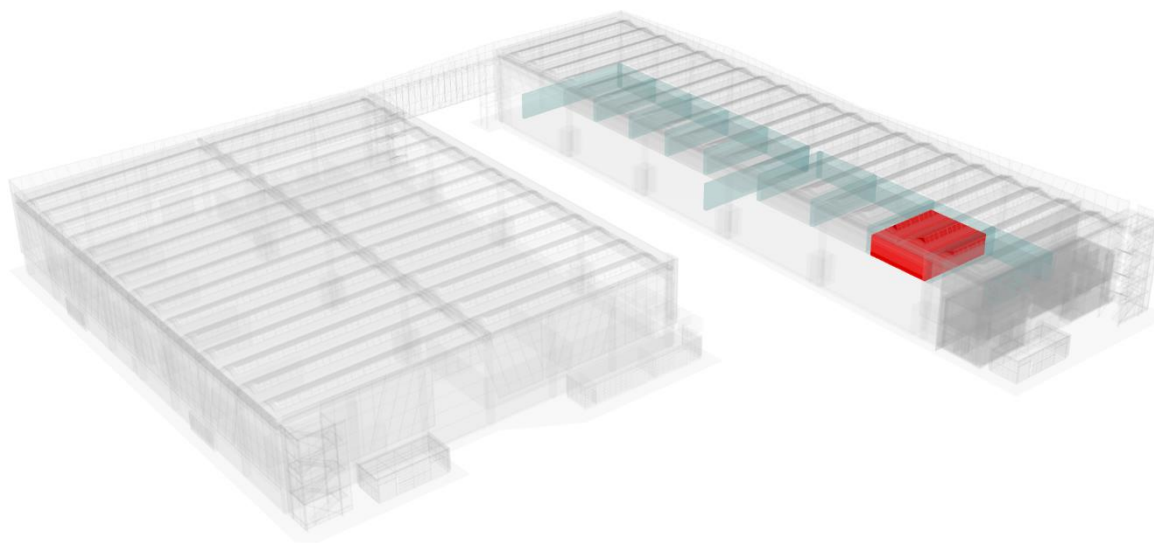


Figura 7: Vista 3D del modello

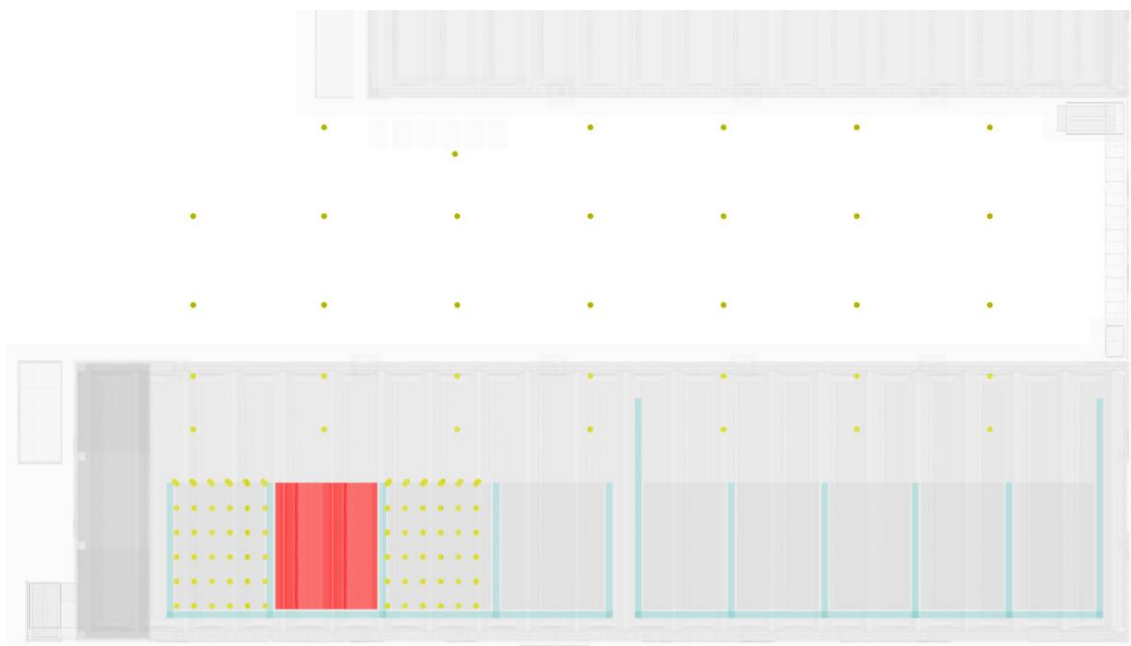


Figura 8: vista 2d dall'alto del modello, posizionamento planimetrico delle sonde di irraggiamento e temperatura

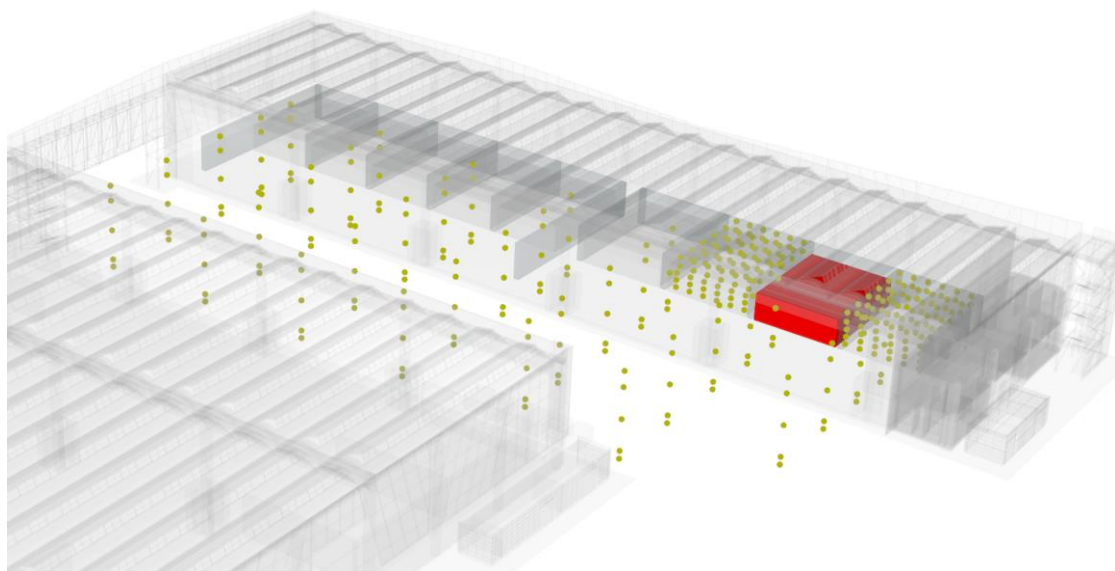


Figura 9: vista 3D del modello, posizionamento delle sonde di irraggiamento e temperatura

VALIDAZIONE FDS

Il codice ASTM E 1355 “Standard Guide for Evaluating the Predictive Capability of Deterministic Fire Models” definisce la validazione di un modello di simulazione di incendio come: “il processo relativo alla determinazione della precisione dei risultati ottenuti da un modello quando applicato per un uso specifico”. Il processo di validazione del modello è costituito da due procedure fondamentali: la verifica e la convalida. La verifica è un processo utilizzato per valutare la correttezza della soluzione delle equazioni che governano il modello. Al fini della verifica non importa che le equazioni che governano il modello siano appropriate, ma solo che le equazioni siano risolte correttamente. La convalida è un processo per determinare l’adeguatezza delle equazioni che governano il modello matematico relativo ai fenomeni fisici trattati. In genere, la convalida si ottiene confrontando i risultati del modello con i dati sperimentali misurati durante gli esperimenti. Piccole differenze che non possono essere spiegate in termini di errori numerici nel modello o di incertezza nelle misure sperimentali sono attribuiti alle ipotesi di base e alle semplificazioni introdotte nel modello fisico. La validazione è fondamentale per stabilire il campo di utilizzo e le limitazioni di un modello definito accettabile. Durante le fasi dello sviluppo di FDS sono state eseguite varie forme di validazione, sia dal NIST che da altri enti e laboratori.

Il processo di validazione può essere riassunto in 3 passi:

1. confrontare le risultanze della modellazione con i risultati della sperimentazione;
2. quantificare le differenze in funzione delle incertezze sia delle misurazioni che nei dati di input del modello;
3. decidere se il modello è appropriato per la specifica analisi.

Il manuale di FDS relativo alla validazione “Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 3: Validation” tratta esclusivamente i punti 1 e 2. La decisione di cui al punto 3 è responsabilità dell’utente finale.

È possibile affermare che FDS è “Validato” in quanto è stata quantificata l’incertezza del modello per questa applicazione e lo si ritiene appropriato.

FDS può essere utilizzato per modellare la maggior parte degli scenari d’incendio e determinare quasi qualsiasi quantità di interesse (prodotti della combustione, trasmissione del calore, ecc.).

**NIST Special Publication 1018-3
Sixth Edition**

**Fire Dynamics Simulator
Technical Reference Guide
Volume 3: Validation**

L’edificio è caratterizzato da diversi compartimenti antincendio separati tramite elementi REI; l’analisi si concentra sul fabbricato C4B, l’intero modello presenta geometria reale.

Nei compartimenti analizzati, oltre alle pareti e ai solai, sono stati modellati gli elementi strutturali principali (travi e pilastri) e le scaffalature di stoccaggio della merce. Per quanto riguarda le aperture, sono state modellate solo le porte di uscita di emergenza verso l’esterno come aperte, mentre le porte interne e i portoni di compartimentazione non sono stati modellati, ipotizzandoli quindi chiusi. Lo stesso vale per le baie di carico verso l’esterno, ipotizzate chiuse a favore di sicurezza. Per quanto riguarda le aperture di smaltimento fumo e calore sono state modellate esclusivamente le aperture SEa.

I compartimenti sono serviti da impianto di rivelazione ed allarme incendio. Per quanto riguarda gli impianti di estinzione dell’incendio presenti, ovvero l’impianto a diluvio a completa estinzione.

Viene posta particolare attenzione alle grandezze caratteristiche che influenzano la resistenza delle strutture (temperatura) e che influenzano la salvaguardia della vita (visibilità, temperatura, irraggiamento, FED) al fine di dimostrare il raggiungimento delle soglie di prestazione precedentemente fissate.

ANALISI DI SENSIBILITÀ

L’analisi condotta consiste nella realizzazione di più modelli di calcolo con medesime caratteristiche geometriche, aperture di ventilazione, potenze e superfici dei bruciatori nonché posizionamento delle sonde. L’unica variabile risulta invece essere il passo della mesh.

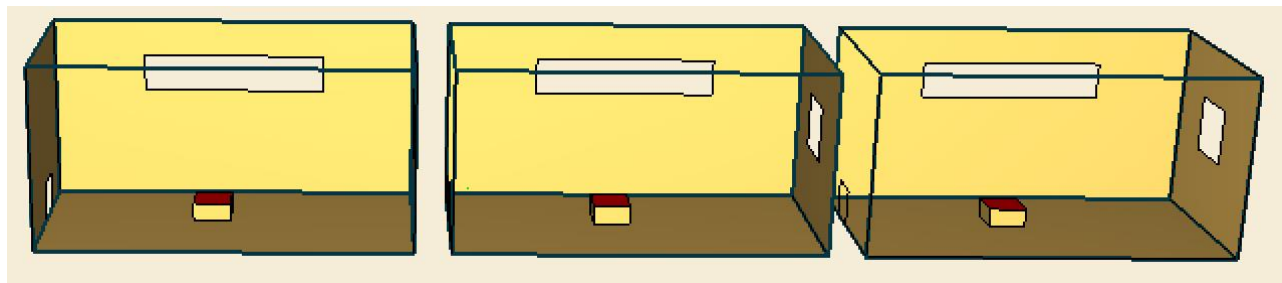
Come lo stesso manuale FDS recita, deve essere adeguatamente dimensionata la mesh di calcolo in funzione delle potenze dell’incendio (la dimensione è correlata all’altezza della fiamma) e della geometria dei locali. Questo corretto dimensionamento serve per ottenere dei risultati coerenti e convergenti ad un valore più accurato possibile.

Seppur vero da un lato che raffinando in modo significativo si hanno valori sempre più accurati, è altrettanto vero che l’onere di calcolo e quindi i tempi computazionali ne risentono significativamente. Stiamo parlando di un rallentamento nell’ordine di n^4 per ogni grado di raffinamento.

È pertanto necessario definire un passo sufficientemente fine oltre il quale, pur raffinando ulteriormente, non si ottengono valori sensibilmente più accurati.

CALIBRAZIONE MESH

Sono stati realizzati 3 modelli con passo mesh rispettivamente 50cmx50cm, 25cmx25cm, 12,5cmx12,5cm. Dimensioni del dominio 20mx10x10m e potenza 7MW.



In accordo alla formula che segue:

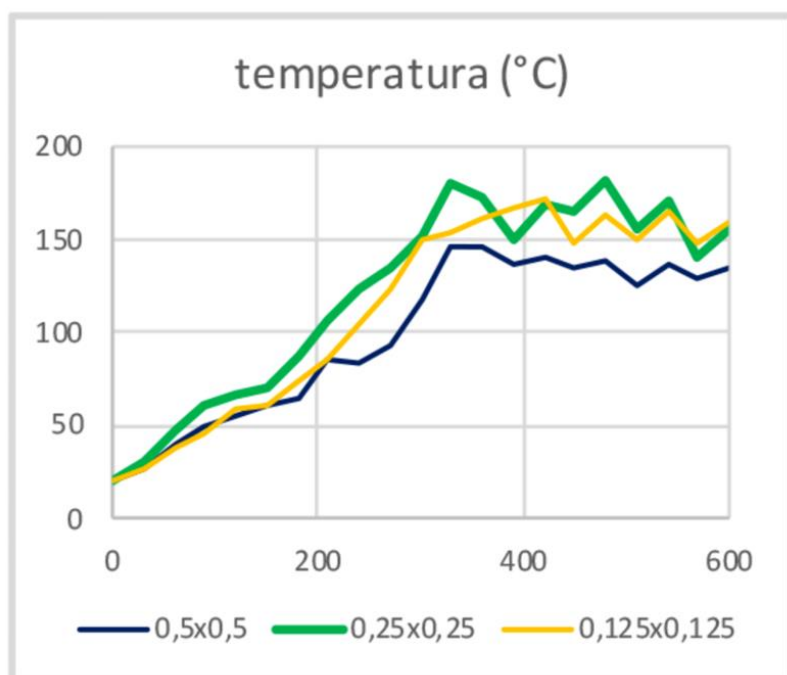
$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Per il caso specifico viene suggerita una mesh 25cmx25cmx25cm e pertanto i valori verranno correlati a questa.

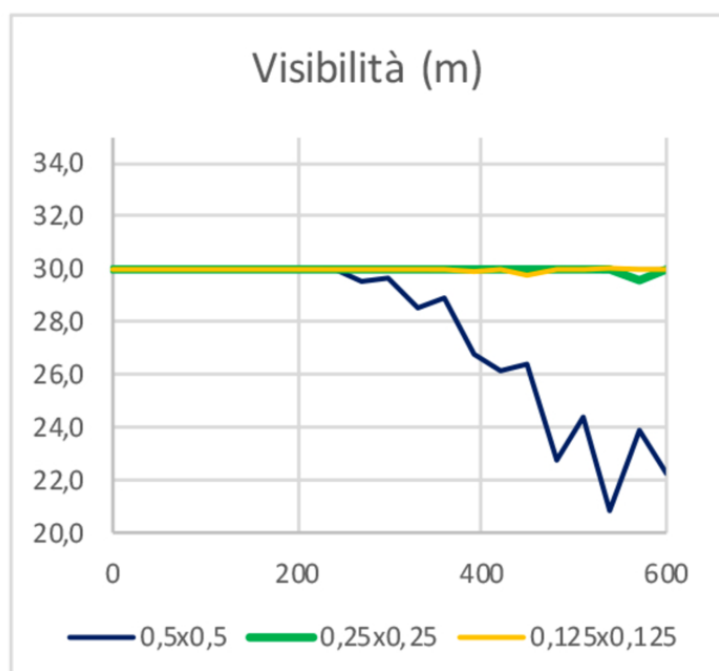
Parametri ottenuti

Si riportano di seguito, per le grandezze significative, i parametri ottenuti al variare del tempo nei 3 modelli.

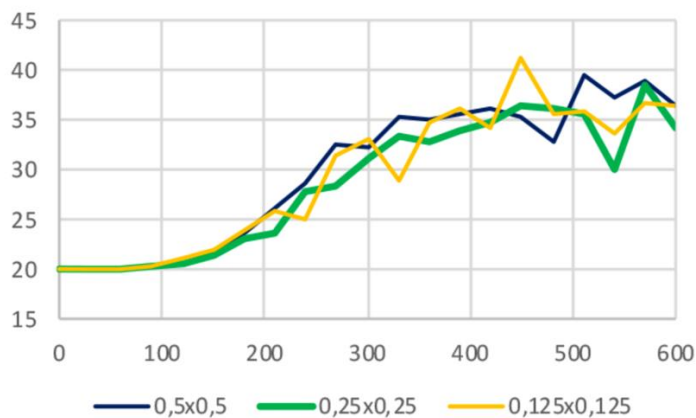
Lettura necessaria al calcolo della sollecitazione termica strutturale:



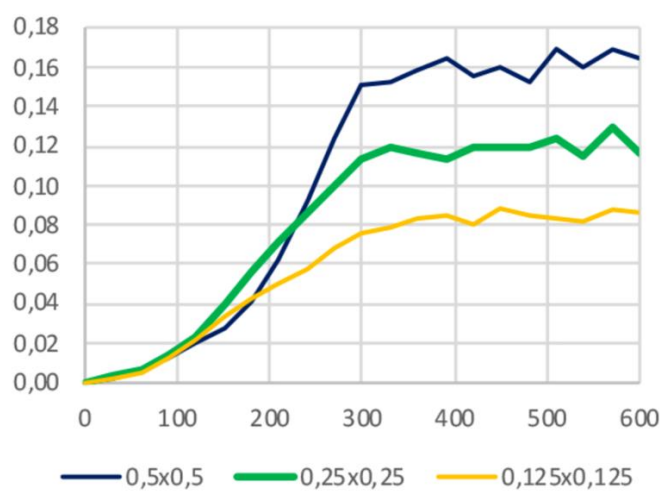
Lecture necessarie per la correlazione con le soglie di prestazione relative all'esodo con metodi di calcolo avanzati:



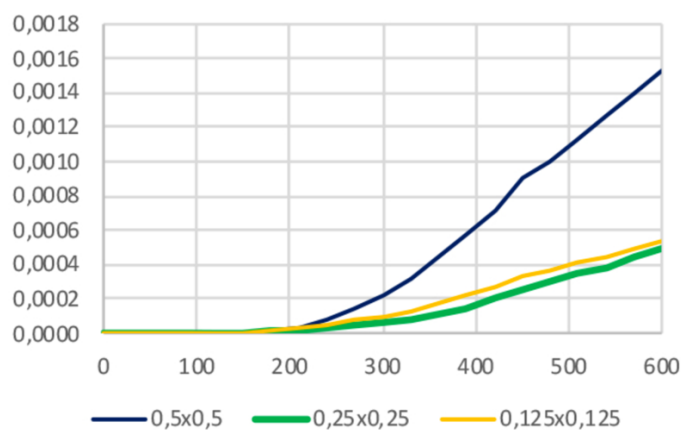
Temperatura esodo



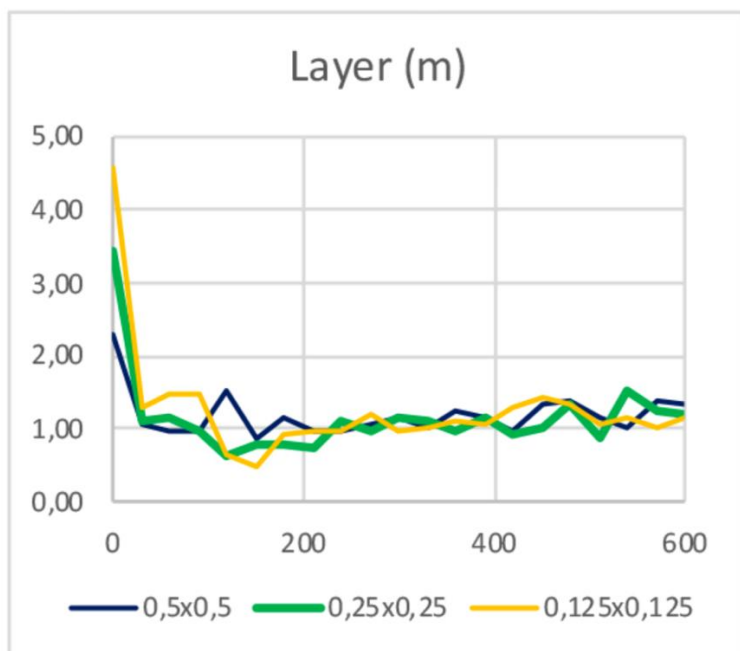
irraggiamento (kW/m²)



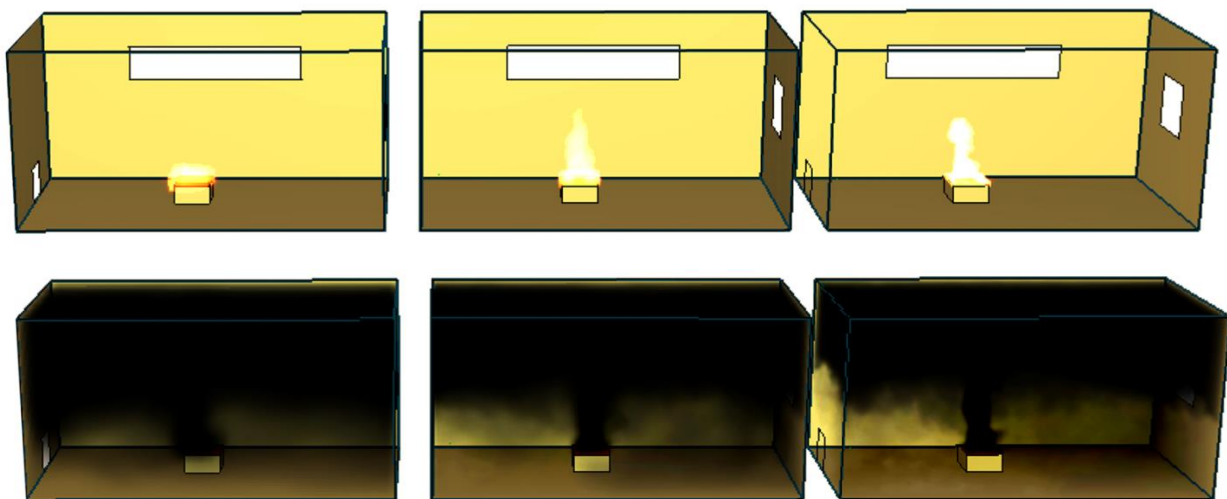
FED



Lecture necessarie per la correlazione con le soglie di prestazione relative all'esodo con metodi di calcolo semplificati:



Output grafici discretizzazione fiamma e stratificazione fumi:



CONCLUSIONI

Per i parametri di output del modello più rilevanti è stata svolta l'analisi di sensibilità dei risultati alla variazione dei parametri di input. Rispettando i criteri di dimensionamento della mesh così come suggeriti dal manuale di FDS, questi non sono significativamente dipendenti dalle dimensioni della griglia di calcolo se adeguatamente dimensionata in accordo alla formula individuata.

In sostanza, anche raffinando ulteriormente la mesh non si otterrebbero valori sensibilmente più corretti.

MESH DI CALCOLO

Al fine di dimensionare adeguatamente la mesh di calcolo in FDS, è stato eseguito il calcolo proposto dal manuale di FDS, al capitolo 6.3.6.

6.3.6 Mesh Resolution

A common question asked by new FDS users is, “What should my grid spacing be?” The answer is not easy because it depends considerably on what you are trying to accomplish. In general, you should build an FDS input file using a relatively coarse mesh, and then gradually refine the mesh until you do not see appreciable differences in your results. This is referred to as a mesh sensitivity study.

For simulations involving buoyant plumes, a measure of how well the flow field is resolved is given by the non-dimensional expression $D^*/\delta x$, where D^* is a characteristic fire diameter

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad (6.1)$$

and δx is the nominal size of a mesh cell¹. The quantity, \dot{Q} , is the total heat release rate of the fire. If it changes over time, you should consider the corresponding change in resolution. The quantity $D^*/\delta x$ can be thought of as the number of computational cells spanning the characteristic (not necessarily the physical) diameter of the fire. The more cells spanning the fire, the better the resolution of the calculation. It is better to assess the quality of the mesh in terms of this non-dimensional parameter, rather than an absolute mesh cell size. For example, a cell size of 10 cm may be “adequate,” in some sense, for evaluating the spread of smoke and heat through a building from a sizable fire, but may not be appropriate to study a very small, smoldering source.

The FDS Validation Guide [4] contains a table of the values of $D^*/\delta x$ used in the simulation of the validation experiments. The table is near the end of the chapter that describes all the experiments. These values range over two orders of magnitude and were chosen based on a grid resolution study and the particular attributes of the given fire scenario. It would be inappropriate to take any of these values as an “acceptable” minimum.

There are a number of special output quantities that provide local measures of grid resolution. See Section 16.10.21 for details.

L'accuratezza del modello di calcolo utilizzato è stata analizzata in conformità con la norma ISO 23932 e la guida ASTM E 1355-97 "Guida standard per valutare la capacità predittiva dei modelli deterministici di incendio" alla quale si fa riferimento.

L'analisi del grado in cui il modello FDS riflette il comportamento reale dello scenario di incendio oggetto di studio è stata condotta attraverso una verifica dell'accuratezza e una validazione dell'affidabilità dell'analisi numerica. La rappresentatività del modello fisico rispetto al fenomeno reale è stata valutata seguendo le procedure menzionate, basate su un confronto tra le previsioni ottenute dalle simulazioni dei modelli e i dati sperimentali disponibili in letteratura.

Le dimensioni delle celle utilizzate per discretizzare il volume di interesse nell'ambito dell'analisi dell'attività oggetto di studio sono state stabilite seguendo le linee guida fornite nella User Guide del software FDS.

A tale proposito si precisa che la dimensione della mesh per un dato fuoco può essere relazionato al diametro caratteristico dello stesso D^* , dato dalla seguente relazione:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

dove:

- \dot{Q} è la massima potenza termica potenzialmente sviluppabile dal fuoco, in assenza di sistemi di protezione attiva;
- c_p è il calore specifico dell'aria, pari a 1.005 kJ/kg-K;
- ρ_{∞} è la densità dell'aria, pari a 1.204 kg/m³;
- T_{∞} è la temperatura ambientale, pari a 293 K;
- g è la costante di gravità, pari a 9,81 m/s².

Sulla base delle indicazioni fornite dalla guida del Software FDS, adottare un coefficiente D/dx compreso tra 4 e 16, consente di risolvere con un adeguato livello di dettaglio la maggior parte degli scenari di incendio.

Alla luce di queste considerazioni e al fine di tener conto oltre che degli obiettivi della presente analisi anche degli oneri computazionali legati all'attività di simulazione, le modellazioni sono sviluppate con un livello di accuratezza che prevede l'adozione dei seguenti valori per i vari scenari di progetto.

SCENARIO DI PROGETTO 1

Potenza termica	Q	2151 kW
Mesh coarse	D/dx = 4	32,57 cm
Mesh moderate	D/dx = 10	13,03 cm
Mesh fine	D/dx = 16	8,14 cm

Tabella 12: Dimensionamento della mesh

- una mesh di tipo "fine" 0,125 m x 0,125 m x 0,125 m, lungo tutto lo sviluppo dell'incendio, ossia nell'intorno dell'innesco termico, in maniera da poter apprezzare in modo più accurato le dinamiche di rilascio della potenza termica, gli effetti diretti del fuoco e le dinamiche di stratificazione dei prodotti della combustione;
- una mesh di tipo "moderate" 0,250 m x 0,250 m x 0,250 m a maggiore distanza dal fuoco, nella porzione del volume d'indagine non direttamente coinvolto dal plume;
- una mesh di tipo "coarse" 0,500 m x 0,500 m x 0,500 m e 1 x 1 x 1 m nelle aree non significativamente interessate né dallo sviluppo del fuoco né dalla propagazione dei prodotti della combustione.

RELAZIONE TECNICA

Nella relazione risultano le soluzioni progettuali agli scenari di incendio di progetto.

Scenario di incendio	Scenario di progetto	Livello di prestazione verificato
2	1	S.3 livello II

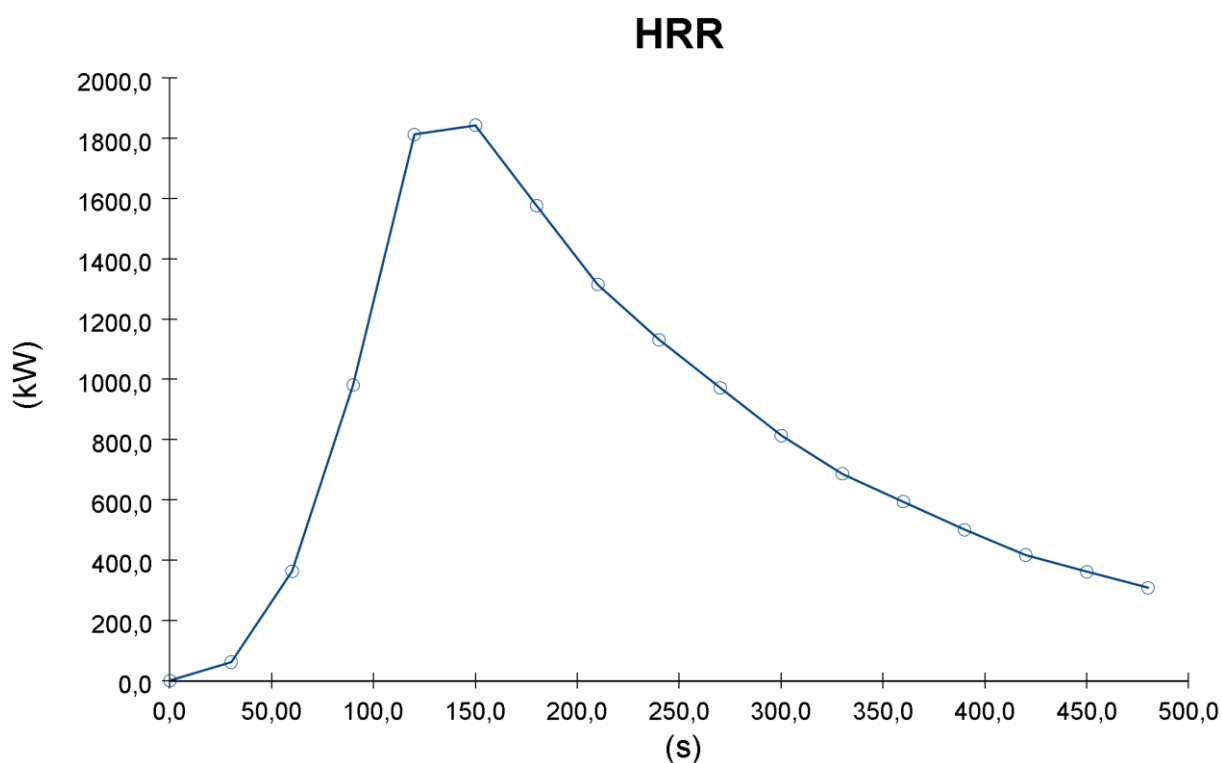
SCENARIO DI PROGETTO 1

Livello di prestazione: Compartimentazione liv. II

Locale: Fabbricato C4B – baia B2

L'incendio avviene in un'area di 173 mq adibita a stoccaggio in baia di imballaggi misti/vpb/plastica mono/multi per un totale di 606 mc.

Sono stati inseriti i dati di input precedentemente descritti, che hanno generato la seguente curva di rilascio termico:



La curva RHR si sviluppa correttamente, seguendo l'andamento della curva di input precedentemente descritta.

A favore di sicurezza, sono state considerate:

- Aperture di smaltimento fumi e calore esclusivamente di tipo SEa
- Chiuse tutte le porte di comunicazione con altri ambiti dell'attività

Sono state posizionate in punti sensibili delle sonde che leggono le grandezze oggetto di studio in modo puntuale, mentre dalle “slice” è possibile, tramite una scala cromatica, studiare l’andamento qualitativo delle predette grandezze. A seguire si riportano delle slice 2D da cui è possibile evincere il campo termico nel locale prodotto dall’incendio nel momento in cui attinge la potenza termica massima:

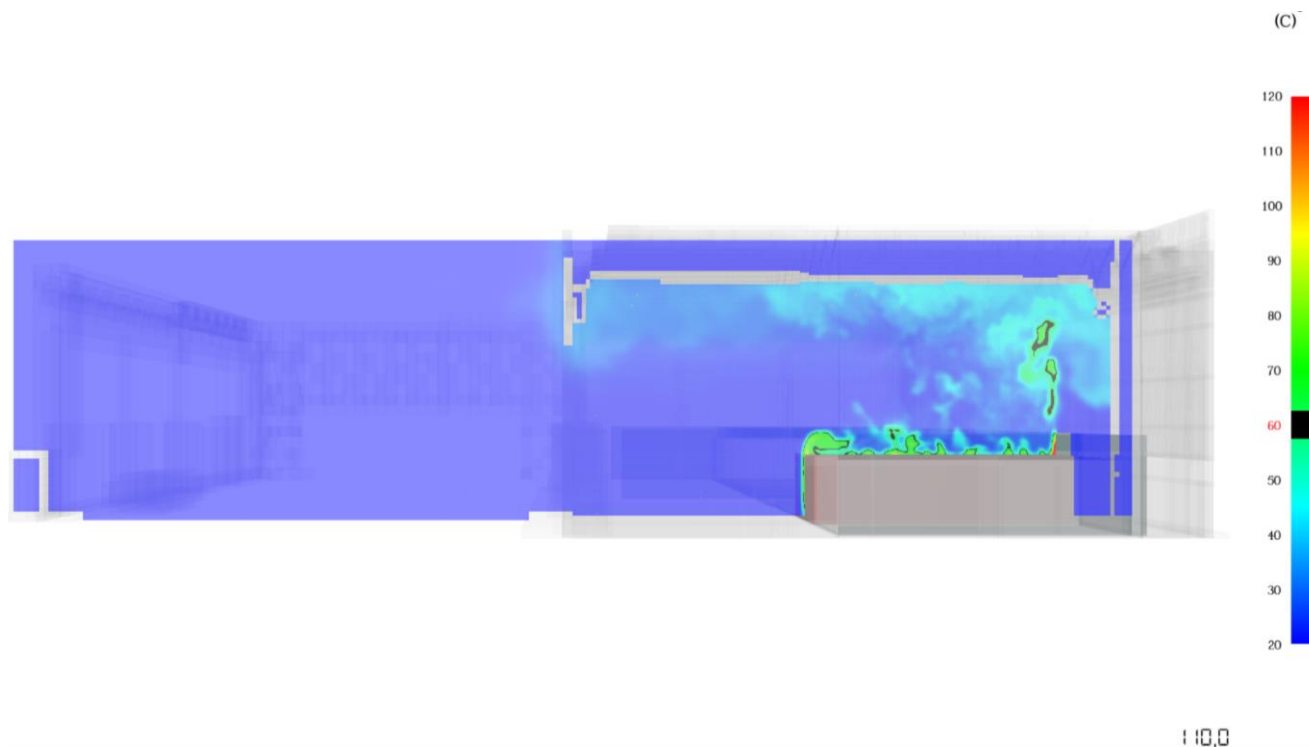


Figura 10: slice di temperatura in scala cromatica sezione trasversale

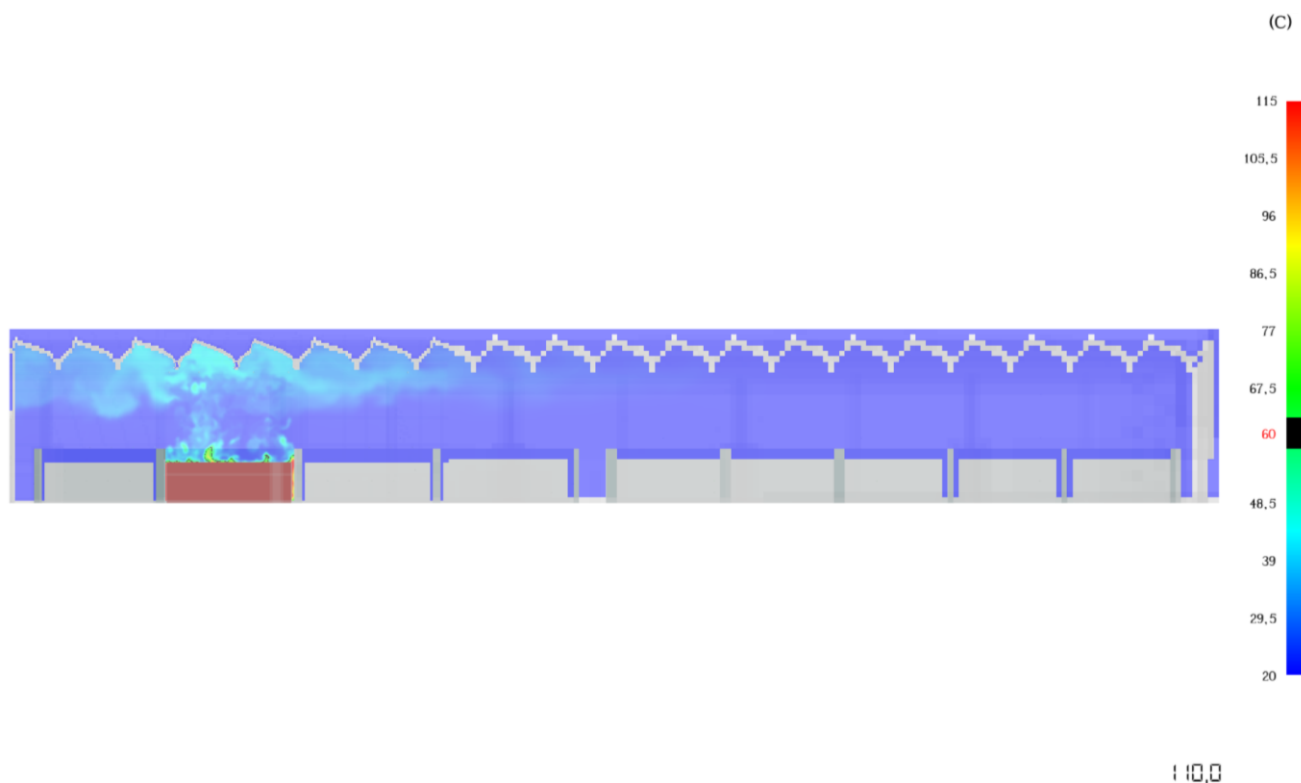


Figura 11: slice di temperatura in scala cromatica sezione longitudinale

È possibile notare come l'incendio solleciti termicamente solo la zona in prossimità dell'innescò, rimanendo localizzato.

DISTANZA DI SEPARAZIONE

SOGLIE DI PRESTAZIONE

Al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'esterno dell'attività, si fissano valori di soglia relativamente alle grandezze di irraggiamento e temperatura dei fumi. Tali grandezze vengono valutate in corrispondenza delle confine dell'attività.

A scopo cautelativo, si considerano i seguenti valori soglia:

- Irraggiamento termico incidente sul bersaglio: come valore massimo di energia radiativa si considera un valore $E_{soglia} = 12,6 \text{ kW/m}^2$ in accordo al paragrafo S.3.8 comma 2 del Codice di Prevenzione Incendi;
- Temperatura sul bersaglio: come valore massimo di temperatura pari si considera un valore pari a 230°C .

Irraggiamento	<12,6	kW/m^2
Calore	230	$^\circ\text{C}$

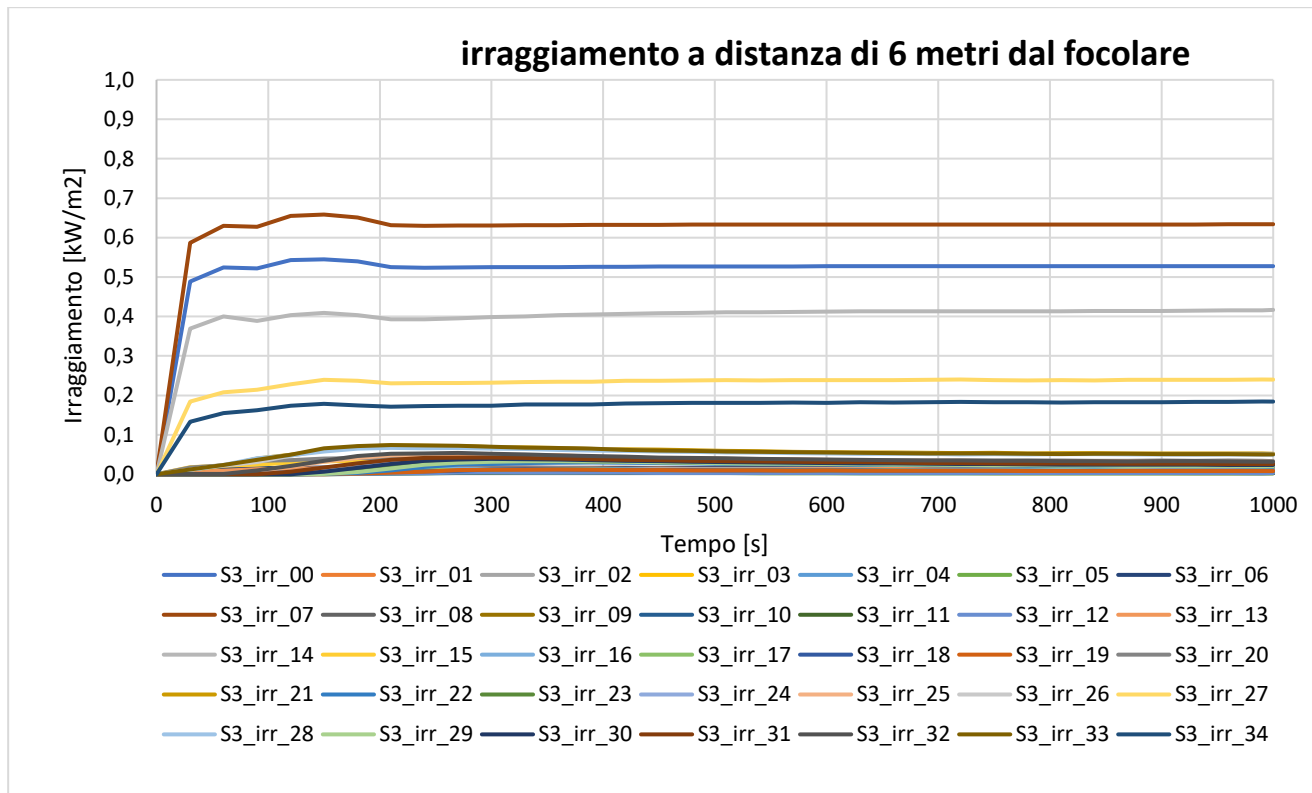
Tabella 13: soglie di prestazione per la propagazione dell'incendio all'esterno dell'attività

La soglia di irraggiamento è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innescò di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene l'innescò del legno in aria stazionaria.

Anche la soglia di temperatura, pari a 230°C , è considerata conservativa, in quanto risulta essere il valore di propagazione dell'incendio a carta e legna in area stazionaria.

IRRAGGIAMENTO

Si riporta la lettura delle sonde di irraggiamento per determinare la distanza di separazione tale da non consentire la propagazione dell'incendio verso altra attività.

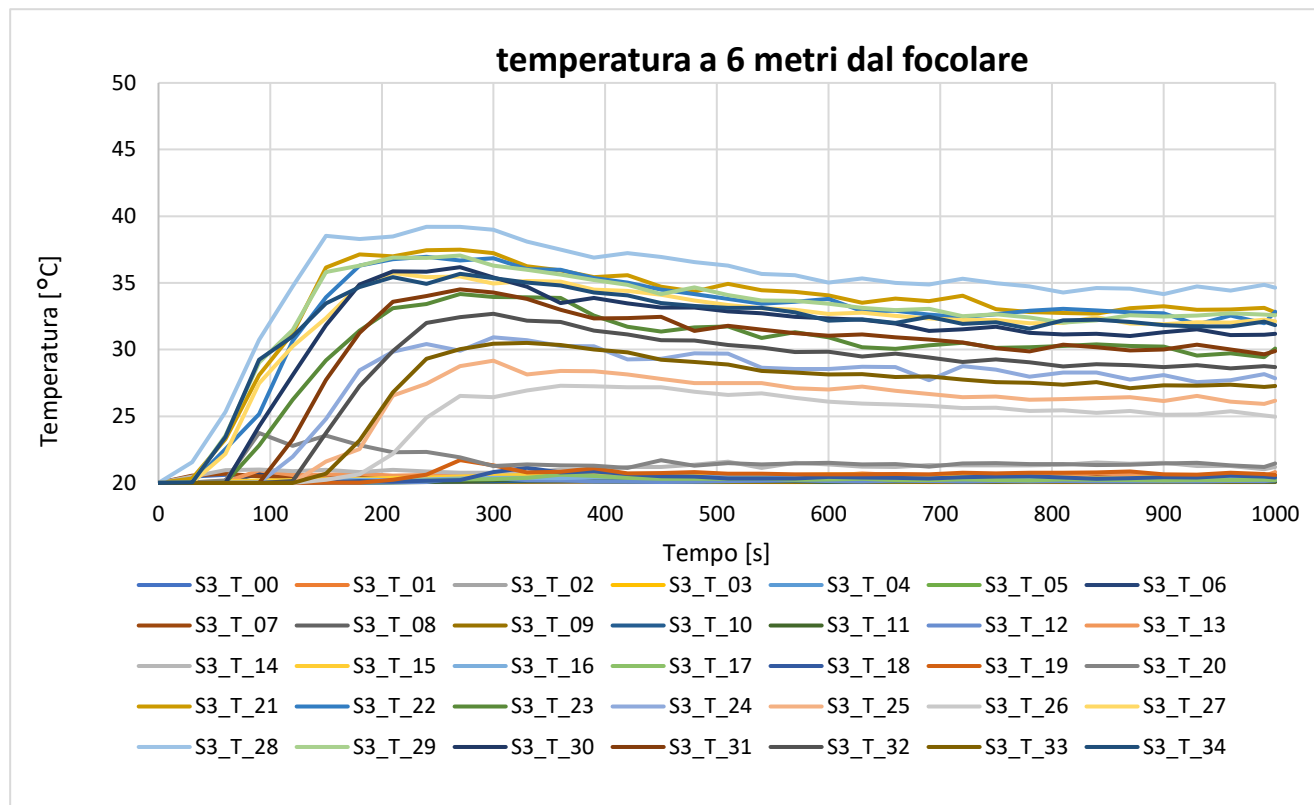


Per quanto riguarda l'irraggiamento, in mezzeria alla via di esodo, posizionata a 6 metri di distanza dal focolare si registrano valori ampiamente inferiori dalla soglia, tali da non consentire la propagazione dell'incendio.

Le altre sonde, poste a distanza superiore dal focolare, hanno registrato valori minori a quelli sopra riportati.

TEMPERATURA

Si riporta la lettura delle sonde di temperatura per determinare la distanza di separazione tale da non consentire la propagazione dell'incendio verso altra attività.



Per quanto riguarda la temperatura, in mezzeria alla via di esodo, posizionata a 6 metri di distanza dal focolare si registrano valori ampiamente inferiori dalla soglia, tali da non consentire la propagazione dell'incendio.

Le altre sonde, poste a distanza superiore dal focolare, hanno registrato valori minori a quelli sopra riportati.

VERIFICA DELLA DISTANZA DI SEPARAZIONE

Si può concludere che, al fine di evitare la propagazione dell'incendio verso altra attività, è più che sufficiente una **distanza di separazione** di almeno **6 metri dal limite delle baie**.

PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO

SOGLIE DI PRESTAZIONE

La propagazione dell'incendio dal primo oggetto acceso ad altri oggetti vicini dovrebbe essere considerata e, se del caso, inclusa nella descrizione dell'incendio di progetto. La possibilità di accensione dipende principalmente dal flusso di calore incidente ricevuto e dalle caratteristiche di infiammabilità del bersaglio.

È possibile calcolare il flusso di calore radiante incidente ricevuto da un oggetto vicino a causa delle fiamme di un oggetto in fiamme. La frazione radiativa può variare da circa 0,15 per combustibili a basso contenuto di fuliggine come il metano fino a circa 0,6 per fiamme ad alto contenuto di fuliggine come il polistirene. Dipende anche dal diametro della fiamma e generalmente si riduce all'aumentare del diametro. Ciò è dovuto alla fuliggine che blocca la radiazione.

Il flusso di calore minimo richiesto per l'accensione di molti oggetti combustibili è tipicamente compreso tra 10 e 20 kW/m².

La temperatura superficiale che deve essere raggiunta dai combustibili solidi per l'accensione pilotata è tipicamente compresa tra 250 e 450 °C con temperature di autoaccensione superiori a 500 °C. Il tempo necessario per l'accensione dipende dal raggiungimento di queste temperature, che è influenzato dalle caratteristiche di riscaldamento e dalle proprietà dei materiali e se sono termicamente "sottili" o "spessi". Alcuni esempi in tabella:

Heat flux (kW/m ²)	Time (s)	Material
10	300	Plexiglass, schiuma poliuretanica, moquette in acrilico
20	70	Tappeto di lana
20	150	Cartongesso
20	250	Truciolare di legno
30	5	PIR
30	70	Tappeto in lana/nylon
30	150	Pannello rigido (cellulosa)
<i>Dati in accordo alla norma ISO 16733-1:2020</i>		

Tabella 14: Soglie di propagazione per diverse tipologie di materiale

Al fine di limitare la propagazione dell'incendio, si fissano valori di soglia relativamente alle grandezze di irraggiamento e temperatura dei fumi.

Poiché il materiale presente nell'attività è costituito da materiale misto plastica, a scopo cautelativo, si considera come valore massimo di Energia radiativa $E_{soglia} = 12,6 \text{ kW/m}^2$ in accordo al paragrafo S.3.8 comma 2 e di temperatura pari a 230°C.

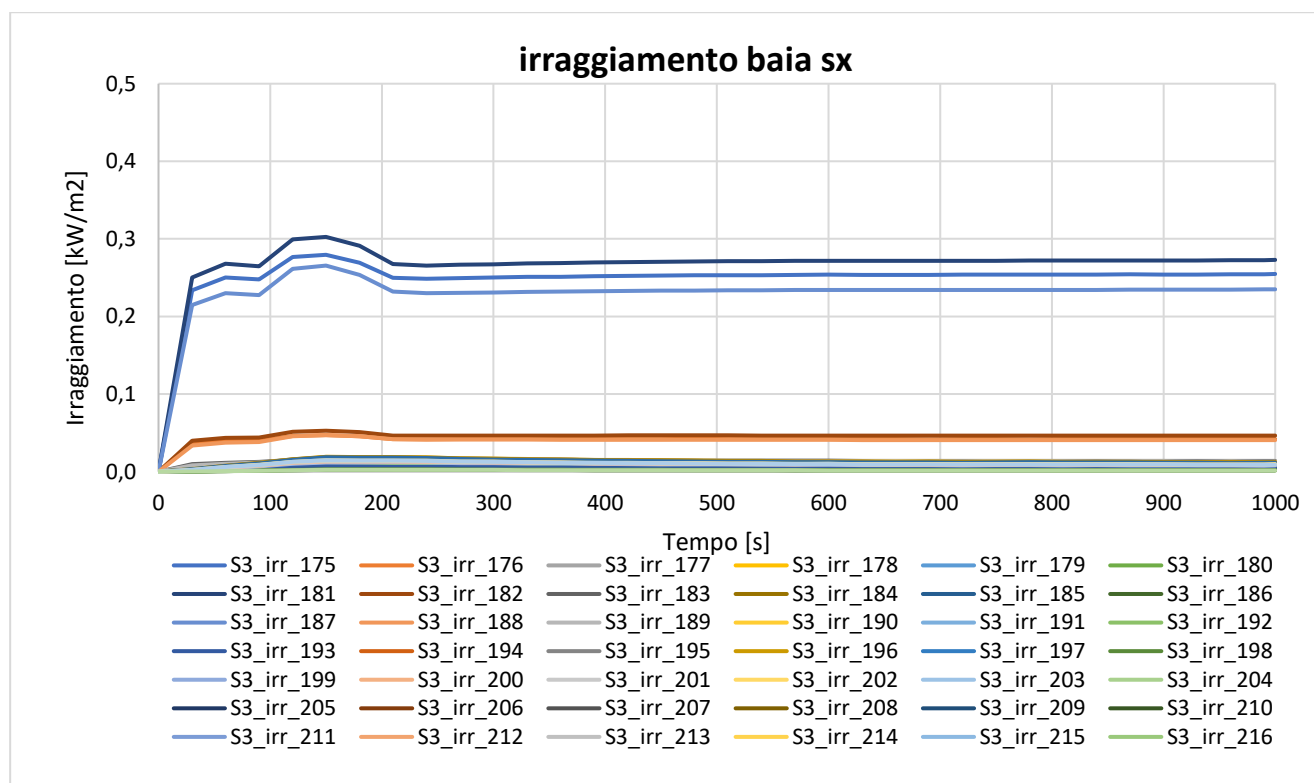
Irraggiamento	12,6	kW/m ²
Calore	230	°C

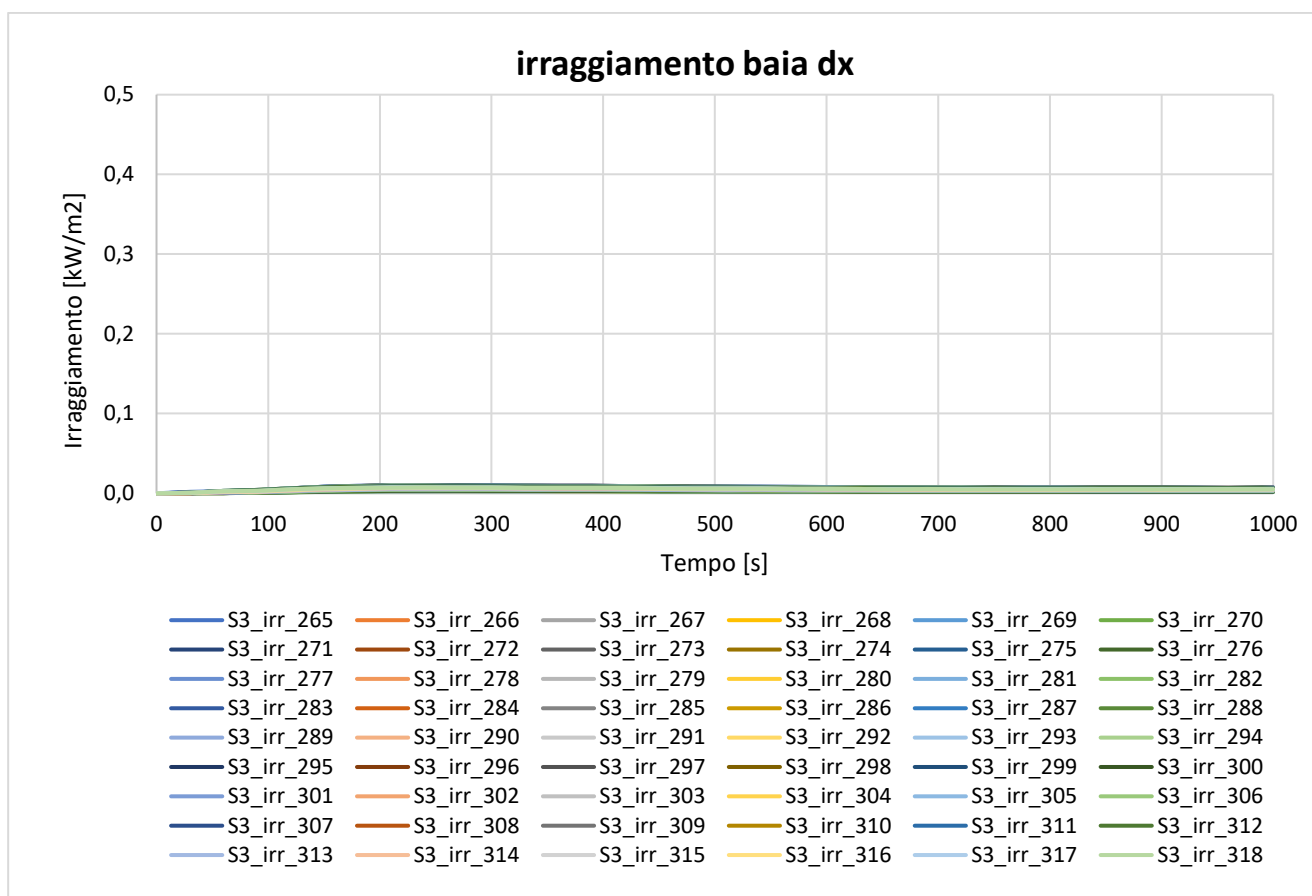
Tabella 15: Soglie di prestazione per la verifica di propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività

La soglia di irraggiamento è considerata adeguatamente conservativa per limitare l'innesco di qualsiasi tipologia di materiale, in quanto rappresenta il valore limite convenzionale entro il quale non avviene l'innesco del legno in aria stazionaria, mentre 230 °C è la temperatura di propagazione della carta e legna in area stazionaria.

IRRAGGIAMENTO

Si riporta la lettura delle sonde di irraggiamento posizionate in prossimità del materiale adiacente a quello di primo innesco, al fine di determinare la mancanza di propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.

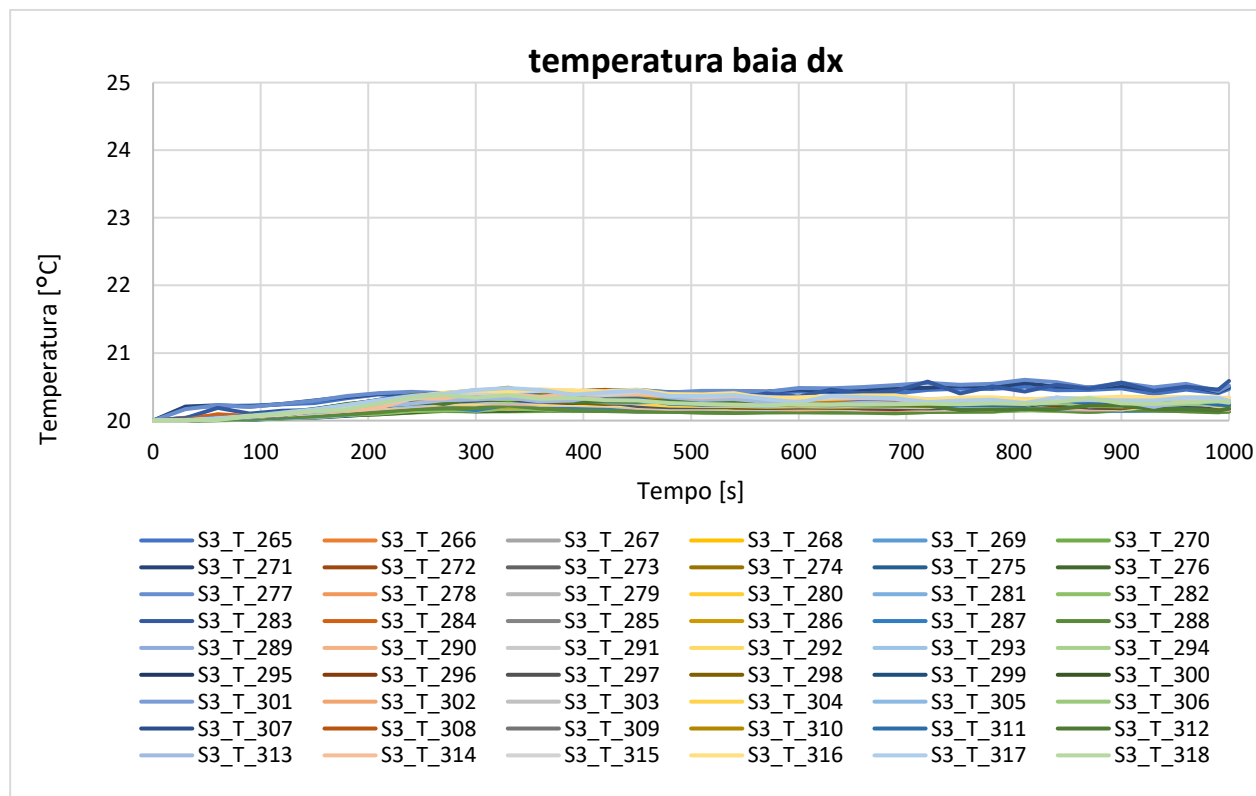
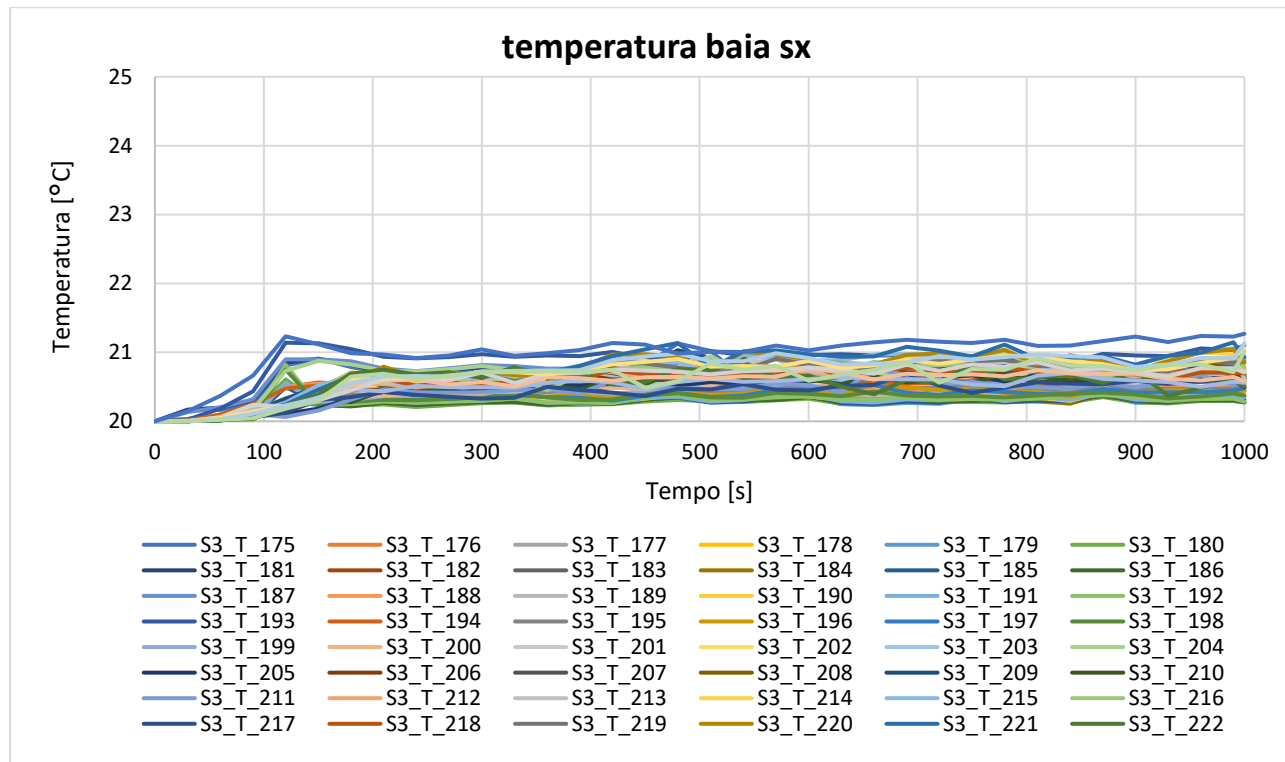




Per quanto riguarda l'irraggiamento, si registrano valori ampiamente inferiori a $12,6 \text{ kW/m}^2$, tali da non consentire la propagazione dell'incendio.

TEMPERATURA

Si riporta la lettura delle sonde di temperatura posizionate in prossimità del materiale adiacente a quello di primo innesco, al fine di determinare la mancanza di propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.



Le sonde di temperatura hanno registrato valori nettamente inferiori a 230°C, tali da non consentire la propagazione dell'incendio.

VERIFICA DI MANCATA PROPAGAZIONE

Si può concludere che il layout considerato nelle simulazioni, combinato con la tipologia di materiale presente e i presidi antincendio installati, è tale da evitare la propagazione dell'incendio al materiale limitrofo a quello di primo innesco. Ciò è possibile soprattutto grazie alla presenza dell'impianto a diluvio.

GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

In questo capitolo sono introdotte specifiche misure di gestione della sicurezza antincendio S.G.S.A affinché non possa verificarsi la riduzione del livello di sicurezza assicurato, conformemente agli scenari di progetto individuati e analizzati.

In tutta l'attività è previsto un **livello di prestazione III** conformemente alla sezione S.5.

I punti successivi sono da ritenersi integrativi a quelli riportati nella relazione tecnica principale come previsto dal Capitolo S.5 del D.M. 03/08/2015 e s.m.i., e sono limitati ai soli aspetti trattati nella progettazione prestazionale.

DISPONIBILITÀ SUPERIORE IMPIANTI DI PROTEZIONE ATTIVA

Con lo scopo di scongiurare l'eventualità di un possibile malfunzionamento/mancata attivazione degli impianti di protezione attiva presenti (in particolare impianto a diluvio e impianto IRAI) presenti nell'attività, indispensabili a conseguire gli obiettivi di sicurezza antincendio prefissati, congruentemente con la progettazione eseguita, verrà predisposto un piano per il controllo delle prestazioni, in maniera tale da garantirne la sicura disponibilità qualora richiesto durante l'esercizio dell'attività.

Si rimanda alla sezione specifica.

ORGANIZZAZIONE DEL PERSONALE

È predisposta idonea formazione ed informazione, affinché il personale sia messo a conoscenza delle limitazioni all'attività imposte dall'approccio ingegneristico. Deve essere garantita negli orari di apertura la presenza di addetti antincendio commisurati all'attività.

PERICOLI DERIVANTI DALL'ATTIVITÀ

Le vie di esodo devono essere mantenute sgombre da materiale combustibile, e/o materiale che possa intralciare la chiusura delle porte di esodo.

LIMITAZIONI DI ESERCIZIO

- Il quantitativo di materiale stoccato non deve superare i quantitativi descritti all'interno del paragrafo dedicato all'analisi preliminare
- I rifiuti devono essere adeguatamente selezionati e smistati, l'ingombro occupato dai rifiuti non può superare quello predisposto dalle baie
- Non può essere depositato altro materiale all'interno del compartimento di riferimento
- Gli interventi manutentivi devono seguire attentamente le indicazioni riportate nel relativo capitolo
- Non è contemplata la sosta di veicoli o muletti all'interno del compartimento

GESTIONE DELLE MODIFICHE

Modifiche all'attività, nella disposizione interna dei locali e servizi, modifiche sostanziali all'edificio, nelle quantità di materiali stoccati e loro layout dovranno essere comunicati ad un tecnico antincendio.

Nel caso fossero ritenute significative si dovrà predisporre nuova valutazione del progetto per le parti modificate.

PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA

La pianificazione verrà esplicitata all'interno del piano di emergenza che verrà allegato in fase di SCIA, sarà comunque previsto quanto segue:

- responsabile della chiamata dei soccorsi (che sarà anche quello che riceverà la segnalazione di allarme nelle ore notturne su dispositivo mobile personale);
- responsabile della gestione operativa dell'incendio, in attesa dell'attivazione dell'impianto sprinkler, nonché l'intervento dei soccorritori;
- Un addetto avrà il compito specifico di aprire tramite pulsante collocato in posizione protetta gli evacuatori di tipo SEb posti in copertura. Tale apertura dovrà avvenire solo dopo essersi accertato dell'attivazione dell'impianto a diluvio, preferibilmente con un ritardo di 120s dall'attivazione di tale impianto;
- responsabile di coordinamento ed informazione nei confronti delle squadre di soccorso.

PROVE DI EVACUAZIONE

Verrà predisposta una prova di evacuazione ogni sei mesi. Durante tali prove, gli addetti antincendio presenti avranno il compito di monitorare i tempi di esodo impiegati di volta in volta.

MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE

La manutenzione dei sistemi di protezione attiva dovrà essere affidata ad azienda di comprovata esperienza nelle manutenzioni di impianti antincendio in possesso di sistema di certificazione ISO 9001.

CONTROLLO E REVISIONE

Al fine di garantire le condizioni di esercizio individuate, dovranno essere eseguite le seguenti verifiche:

- quantitativi dei materiali stoccati e occupanti: 3 mesi;
- eventuali variazioni layout aziendale: 3 mesi;
- eventuali modifiche all'edificio: 6 mesi;
- problematiche connesse con la gestione degli impianti di protezione attiva, eventuali falsi allarmi, indicazioni sulla risoluzione della problematica.

PROCEDURE INTERVENTI DI MANUTENZIONE

Non è prevista la presenza di personale all'interno del locale durante le operazioni di manutenzione straordinaria o per guasto. Per tali operazioni si intendono:

- Manutenzione degli impianti antincendio;
- Manutenzione di qualsiasi impianto presente nell'attività, in particolare se prevede lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ovvero lavorazioni che incrementano il livello di rischio di incendio rispetto a quello caratteristiche dell'attività ospitante (saldature, tagli, uso di fiamme libere, ...);
- Sono esclusi tutti quegli interventi che vengono eseguiti con cadenza giornaliera o settimanale per il corretto funzionamento degli impianti.

Nel caso di interventi manutentivi programmati o per guasto si propone la seguente procedura:

1. rimozione del materiale stoccato per almeno 5 metri di raggio intorno al punto d'intervento;
2. disattivazione dell'alimentazione elettrica e posizionamento all'esterno dei carrelli elevatori;
3. predisposizione degli idranti UNI 45 posti in vicinanza della porta d'ingresso da utilizzare, mediante srotolamento della manichetta all'interno del magazzino;
4. ingresso della squadra di manutenzione, accompagnata dalla squadra di emergenza equipaggiata con almeno n°2 estintori;
5. esecuzione degli interventi programmati;
6. uscita della squadra di manutenzione accompagnata dalla squadra di emergenza equipaggiata con un estintore;
7. ri-alloggiamento in cassetta degli idranti UNI 45;
8. riattivazione dell'alimentazione elettrica e utilizzo dei carrelli elevatori;
9. rimessa in esercizio dell'impianto.

RIUNIONE ORGANIZZATIVA

Verrà fatta riunione in cui il tecnico trasmetterà i contenuti dell' SGSA al legale rappresentante dell'attività e agli addetti antincendio.

Il legale rappresentante dell'attività ha la responsabilità di informare tutti i lavoratori dei limiti/vincoli presenti e di indire una riunione su base annuale.

Verrà prodotto, in fase di SCIA, un documento contenente l' SGSA e verrà consegnato all'attività.

CONCLUSIONI

È stato possibile validare i livelli di prestazione di sicurezza antincendio, nello specifico:

- **S.3 - Distanza di separazione**

È stato verificato che è interposta idonea distanza di separazione tra i pericoli di incendio dell'attività e i bersagli esterni.

- **S.3 - Propagazione dell'incendio**

È stata verificata la mancanza di propagazione dell'incendio all'interno dell'attività.

È stata analizzata in primis l'attività in oggetto in tutti i suoi aspetti (configurazione geometrica, layout e tipologia del materiale presente con relative modalità di stoccaggio, tipologia di occupanti presenti). Sono stati individuati i possibili rischi, i pericoli di incendio e i vincoli progettuali. In relazione agli obiettivi del progetto, sono state definite le soglie di prestazione da garantire. Una volta individuati gli scenari di incendio, sono stati selezionati gli scenari di incendio di progetto, cioè i più gravosi tra gli scenari di incendio possibili.

Tramite pre-simulazioni, sono stati quantificati i tempi di attivazione dell'impianto a diluvio presente. Le curve RHR utilizzate nelle modellazioni sono state definite in modo da essere coerenti con la tipologia di materiale prevalente e il relativo layout.

Infine, è stata modellata la geometria reale dell'edificio, inserendo tutti i dati di input come sopra descritti. Sono stati poi valutati gli output delle simulazioni, confrontandoli con le soglie di prestazione precedentemente definite e ottenendo la verifica delle strategie analizzate.

Le ipotesi iniziali sulla scelta degli scenari di incendio, così come quelle sugli scenari di progetto analizzati, sono supportate da considerazioni ingegneristico - gestionali coordinate con i responsabili dell'attività, i quali avranno la responsabilità di adottare tutte le misure di gestione individuate nel GSA, al fine di garantire il mantenimento nel tempo dei livelli di sicurezza antincendio individuati.

Nel caso ci fossero modifiche aggravanti il rischio di incendio nel layout o nelle quantità dei materiali stoccati e numero di occupanti, saranno necessarie ulteriori modellazioni avanzate di incendio al fine di valutare un eventuale rischio aggiuntivo, proponendo quindi le relative azioni compensative.

UFFICIALIZZAZIONE DEL DOCUMENTO

Rimanendo a disposizione per eventuali chiarimenti, a porgere Cordiali Saluti.

Il responsabile del progetto

Filippo Battistini



Il Responsabile dell'Attività

Eugenio Bertolini

Il Progettista (Alfa Solutions S.p.A.)¹

Ing. Isabella Caiti

Via O.Tenni 128/B, 42123 Reggio Emilia

p.iva: 02562040358

tel: 335 349896

isabella.caiti@alfa-solutions.it

¹ Professionista Antincendio iscritto negli elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 16 comma 4 del D.Lgs. 139/06 con n. RE 02500 G 00151.
Iscrizione all'Albo dei Geometri della Provincia di Reggio Emilia con n. 2500.