

L'INFORMATIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ DI *FIRE INVESTIGATION* SULLE STRUTTURE

Mangione M.¹, Crosti C.² e Marasco A.³

1. Dottorando presso il Dip. Strutture e Geotecnica Università *La Sapienza* Roma, via Aldo Moro, 42 - 00015 Monterotondo (RM), ing.mangione@libero.it;
2. Co-Founder Spin-off StroNGER S.r.l., Via Cardinal Andrea Aiuti, 17- 00123 Roma <http://www.stronger2012.com/>;
3. Azienda Intellitronika, Viale Asia, 3 Roma, <http://www.intellitronika.com/>.

SOMMARIO

I numerosi incendi che danneggiano le strutture hanno portato a rivalutare molte procedure sulla prevenzione con l'attuazione di metodologie gestionali più efficaci e con l'affinamento delle tecniche investigative. L'investigatore di oggi sente la necessità di condurre la sua attività d'indagine basandosi su una chiara metodologia di riferimento necessaria per un efficace repertamento sulle strutture danneggiate da incendio con lo scopo di individuare le cause [1].

La codifica, anche a livello informatico, delle procedure d'indagine è molto sentita anche negli ambienti di polizia scientifica, al fine di evitare carenze nella raccolta degli indizi e conseguenti deduzioni errate.

Lo *Structural Fire Investigation Software* è un nuovo mezzo informatico riguardante l'attività d'indagine sugli incendi confinati [2], punto di riferimento per l'ingegnere che, nella veste di investigatore, vuole ampliare la ricerca di dati utili per meglio raggiungere l'obiettivo di stabilire le origini e le cause dell'incendio. Il software, quindi, con la sua struttura organizzativa, ha lo scopo di standardizzare l'indagine con la creazione di un Protocollo Unico Investigativo comune a tutti gli utenti che intendano utilizzarlo.

1 ELEMENTI INVESTIGATIVI SUGLI INCIDENTI

Un incidente, in senso generale, è un evento inatteso, con un proprio periodo di incubazione, che comporta fondamentalmente conseguenze, più o meno gravi, sulla vita umana e sulle cose. Si differenzia da un *near miss* (quasi incidente) per effetto della sua magnitudo.

A titolo indicativo, nello schema a blocchi della figura 1, viene rappresentata una flow chart di eventi, concatenati tra loro, che portano, per effetto della loro consequenzialità, alla nascita di un incidente.

Fallimenti localizzati e ripetitivi nonché la mancanza di sistemi di controllo e di difesa (attivi o passivi) portano, nella maggior parte dei casi, ad un incidente.

Il diagramma in basso rappresenta invece il settore investigativo composto da tre principali aree operative.

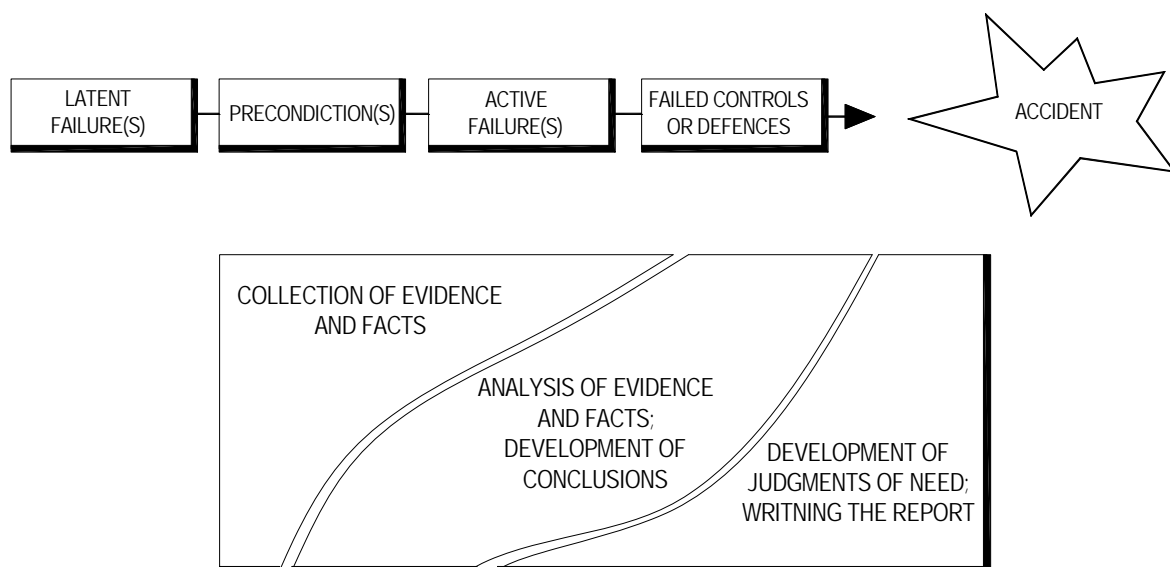


Figura 1. Modello casuale di un incidente e aree costitutive di un'indagine [3]

Generalmente, dal punto di vista teorico, l'attività investigativa può essere organizzata tenendo conto delle seguenti operazioni di base:

- collezione delle evidenze e degli eventi scatenanti e pregressi;
- analisi degli eventi e prime deduzioni;
- sviluppo dei giudizi di necessità e scrittura del report finale.

Risulta importante quindi repertare tutte le evidenze riscontrate sulla scena tenendo conto della teoria degli errori di *James Reason*, che rappresenta uno dei più importanti studiosi nel settore.

Reason usa il termine *errore* per raggruppare tutte quelle circostanze in cui una sequenza pianificata di operazioni non riesce a raggiungere i risultati voluti.

Gli **errori provocanti un incendio**, in genere, non sono indipendenti l'uno dall'altro e non accadono in contesti isolati; l'evento incendio è spesso frutto di errori interconnessi che, presi separatamente, non hanno alcun senso o alcuna conseguenza.

E' quindi l'associazione cumulativa degli errori e la loro dinamicità temporale a diventare oggetto di analisi investigativa. Tali errori, riscontrabili in un'investigazione su incendi dolosi (o auto-dolosi), colposi o accidentali, possono essere schematizzati nel seguente diagramma (figura 2).

Essi devono essere specificatamente citati nella perizia conclusiva al fine di condurre ad una chiara elaborazione dei profili di responsabilità.

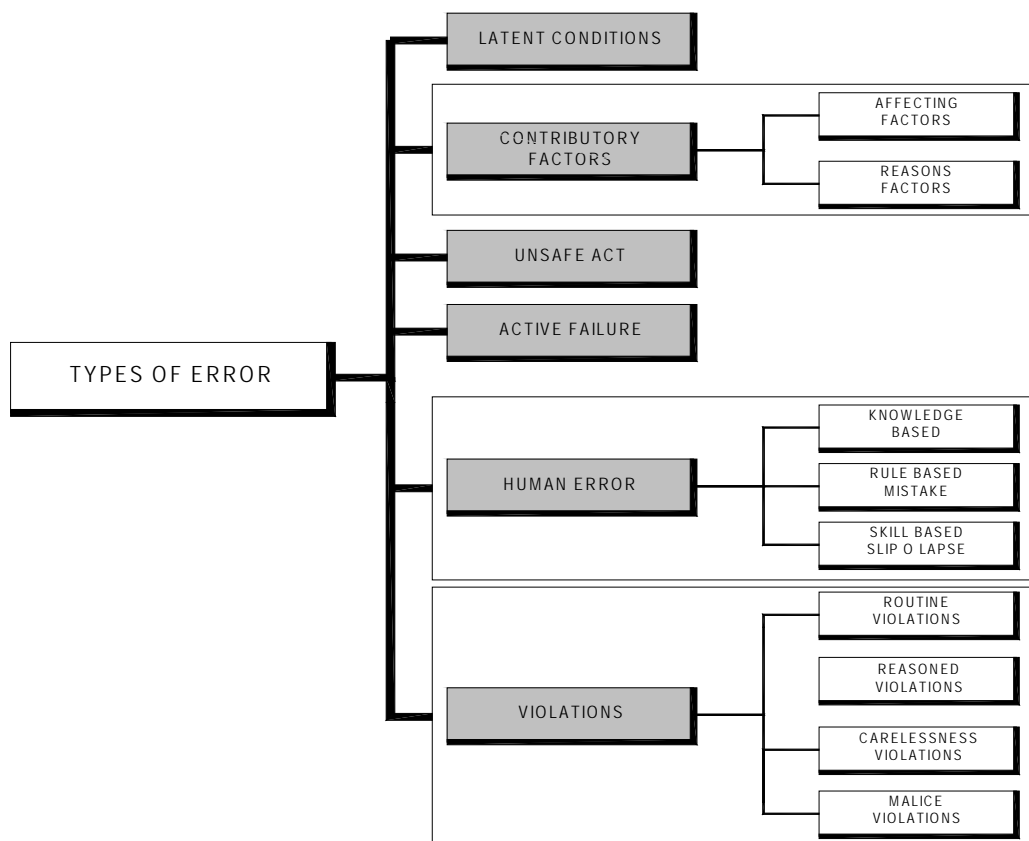


Figura 2. Schematizzazione dei vari tipi di errore [6]

Nel modello di *Reason*, illustrato in figura 3, si mette in evidenza invece come gli **errori investigativi**, possibili nel corso delle varie fasi d'indagine, possono portare al fallimento dell'intera attività [5].

Nelle varie fasi infatti possono essere presenti diverse tipologie di errore che comportano debolezze nel sistema organizzativo tali da rendere vulnerabile l'attività.

La cumulabilità degli errori interconnessi presenti, ad esempio nella raccolta delle informazioni o nel repertamento esterno e interno della scena, determina graficamente una probabile traiettoria fallimentare dell'intera indagine.

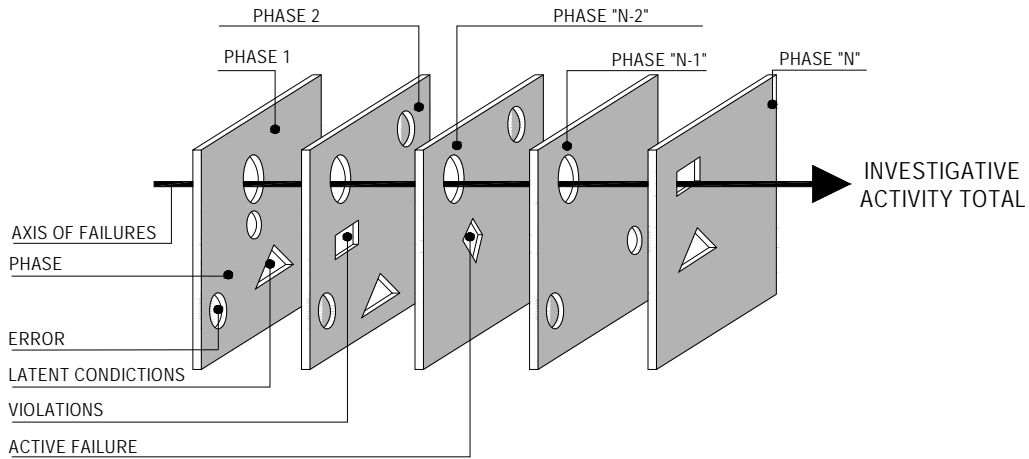


Figura 3. *Swiss cheese model* relativo ad un fallimento investigativo [5]

E' molto improbabile che un insieme di fattori attraversi l'intera struttura investigativa trovando una traiettoria appropriata, comunque maggiore è il numero di criticità presenti nei diversi livelli investigativi e più alta è la probabilità del fallimento dell'attività. La presenza del numero di tali errori può essere ridotta tramite appropriate procedure di controllo e con l'utilizzo di idonei metodi di analisi.

Mentre i flussi di controllo in fase progettuale portano a ridurre la probabilità di determinati scenari di incendio, quelli in fase investigativa aiutano a condurre le indagini nella direzione più appropriata. La figura 4 mostra, ad esempio, due tipologie di controllo che l'investigatore può adottare al fine di ridurre il rischio di errore.

Il primo tipo di controllo (linea continua) è di tipo *lineare e consequenziale* e mostra come le cause portano a una sequenza di *evidenze*, quindi a *deduzioni* e conseguentemente a *verifiche di compatibilità*. Da ogni evidenza, possono derivare una o più deduzioni, in alcuni casi antitetiche tra loro, da valutare attraverso giudizi di compatibilità [6].

Il secondo controllo (linea tratteggiata) è di tipo *circolare* e parte dalle direttamente dalle evidenze. Articolandosi in quattro fasi, verifica se:

- l'evidenza è compatibile con la deduzione di massima (*phase 1*);
- la deduzione riscontrata è accettabile e consequenziale alle cause (*phase 2*);
- le cause sono compatibili con quanto già affermato (*phase 3*);
- la compatibilità totale è ricollegabile alle evidenze (*phase 4*).

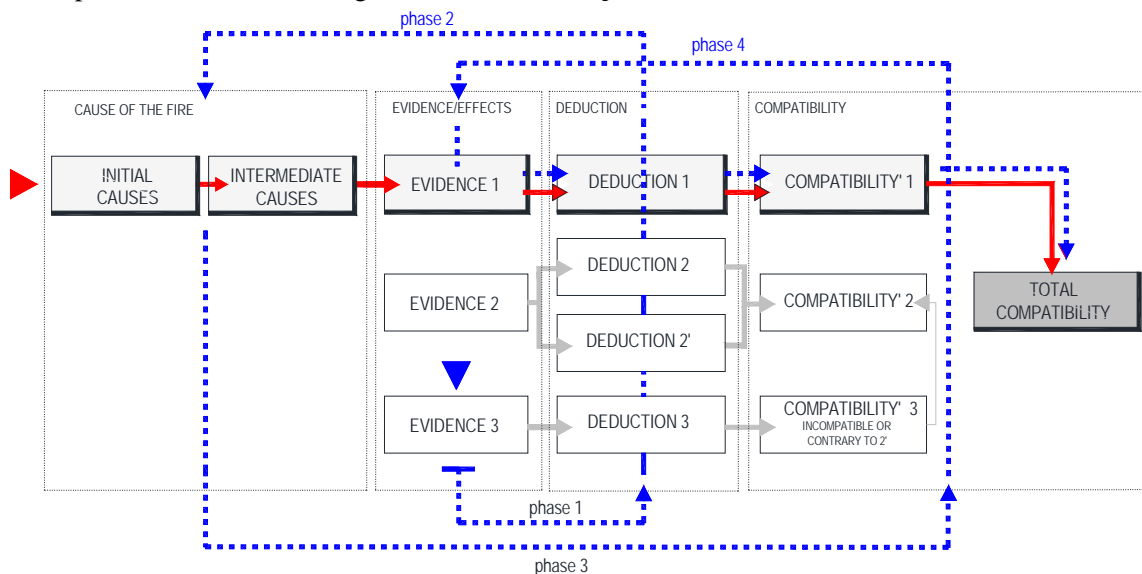


Figura 4. Flussi di controllo investigativi [6]

Per entrambi i flussi di controllo valgono le seguenti regole:

- l'evidenza è rappresentata dal rilievo materiale o documentale a carattere probatorio;
- la deduzione deriva dalla singola evidenza;
- la compatibilità accerta l'ammissibilità della deduzione con quelle derivanti da altre evidenze;
- la compatibilità totale compara le singole compatibilità.

2 FIRE INVESTIGATION

La *Fire Investigation*, inquadrata nell'ambito dell'investigazione degli eventi accidentali, riguarda l'esame degli effetti dell'incendio con la finalità di determinarne principalmente l'origine e le cause.

Essa è una vera e propria disciplina che richiede una solida conoscenza dei principi termodinamici di un incendio e una comprovata esperienza in campo investigativo.

La norma NFPA 921: *Guide for Fire and Explosion Investigations* [7] e la NFPA 1033: *Standard for professional qualifications for fire investigator* [8] rappresentano i principali riferimenti per le attività investigative sugli incendi.

Quindici dei ventotto capitoli della norma NFPA 921 sono sufficienti a condurre un'analisi sugli **incendi confinati** in quanto in essi sono contenute informazioni riguardo l'aspetto investigativo-strutturale (figura 5).

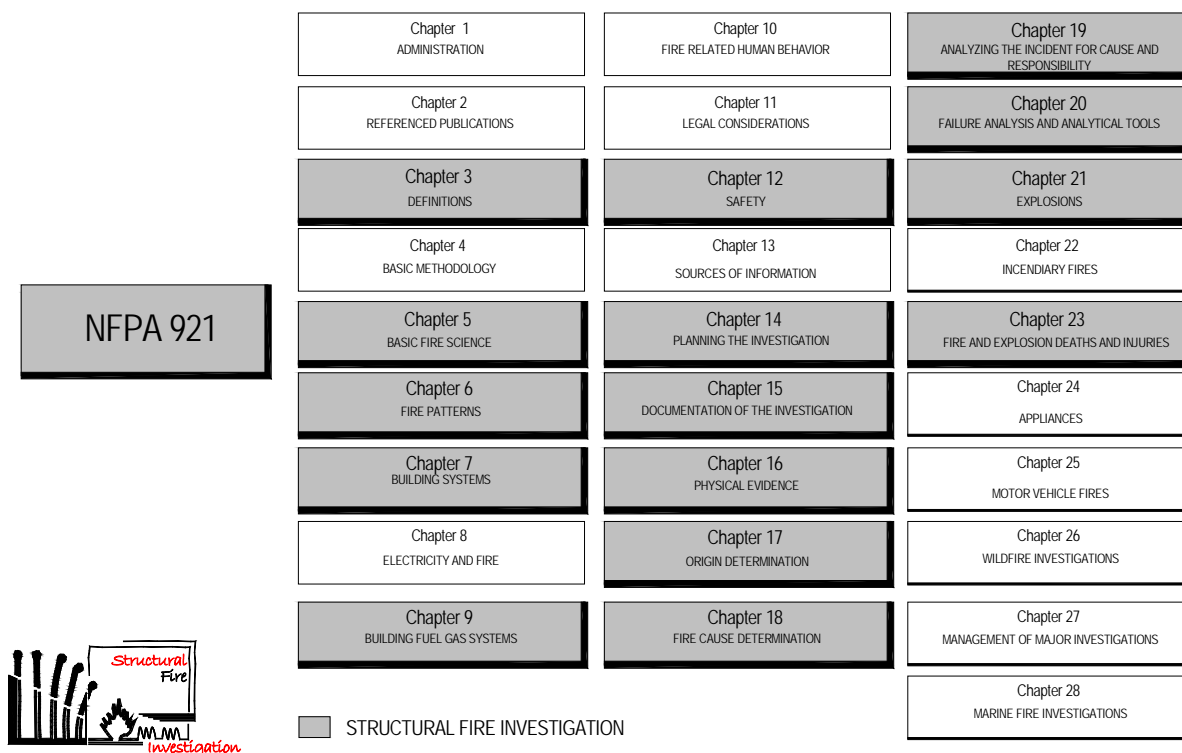


Figura 5. Individuazione dei capitoli della norma NFPA 921 per incendi d'interesse in campo civile

La *Structural Fire Investigation*, a differenza dell'attività investigativa classica, può essere definita come quella disciplina investigativa sugli incendi condotta prettamente sotto l'ottica dell'ingegneria strutturale.

Essa, contrariamente a quanto avviene nelle indagini comuni, si basa sulla semiotica dei danni causati dall'incendio sugli elementi strutturali e sui materiali che compongono la scena internamente ed esternamente.

Il punto di origine ed il percorso dell'incendio viene quindi ricercato tramite la lettura di tali danneggiamenti tenendo conto delle caratteristiche termo-strutturali dei materiali da costruzione e dalle condizioni al contorno esistenti al momento dell'evento (carico d'incendio, ventilazione della scena, ecc.).

Una corretta lettura della scena si ricava da un meticoloso rilievo degli effetti che l'incendio ha prodotto sugli elementi strutturali (figura 6).



Figura 6. Lettura dei danni in un repertamento (G. Pirovano)

La lettura puntuale dei danni è la base delle prime **evidenze**, (come illustrato nella figura 4). Le **deduzioni** e le **compatibilità** si possono ottenere grazie all'ausilio di codici di calcolo termo-fluidodinamici e strutturali disponibili sul mercato, quali ad esempio FDS-Smokeview (del National Institute of Standards and Technology) e SAFIR (Franssen, Jean-Marc - Université de Liège).

La **compatibilità totale** può essere ricavata tramite l'utilizzo di tecniche di *back-analysis* della *Structural Fire Engineering*, partendo dai danni e collassi rilevati [9].

Tale lavoro, se correttamente pianificato ed informatizzato, porta ad identificare dati strutturali e forensi significativi così come illustrato nell'articolo *Causal models for the forensic investigation of structural failures* [10].

La *Fire Investigation* nell'ingegneria strutturale diventa quindi una vera e propria disciplina ove l'ingegnere-investigatore, rappresenta una figura cardine del *team investigativo* soprattutto nelle indagini di incendi rilevanti.

La capacità di analizzare i danni e la loro genesi è significativa per ricostruire il percorso che l'incendio ha seguito durante la sua evoluzione.

Il censimento dei danni e i meccanismi di collasso che ha subito la struttura deve essere completo, al fine di ricostruire realisticamente sia lo scenario d'incendio che un modello strutturale che giustifichi le **evidenze** raccolte.

La tipologia di collasso che ha subito la struttura (*Pancake, zipper, domino, ecc.*) stabilisce le priorità nelle operazioni di repertamento, ove spesso gli indizi sono nascosti in fondo allo strato di macerie.

Una volta che l'investigatore è in grado di produrre un adeguato collegamento tra modellazione strutturale e scenario d'incendio, si può supporre di raggiungere risultati soddisfacenti con un ragionevole margine di errore al fine di ottenere le dovute compatibilità necessarie per la creazione del nesso eziologico in ambito giudiziario.

Nella valutazione dei danni occorre tuttavia stare attenti a tutti quegli eventi post-incendio che, in quale modo, hanno alterato la scena come ad esempio il repentino sbalzo termico che subiscono i materiali a seguito dell'immediato spegnimento dell'incendio da parte dei VV.F. (Figura 7).

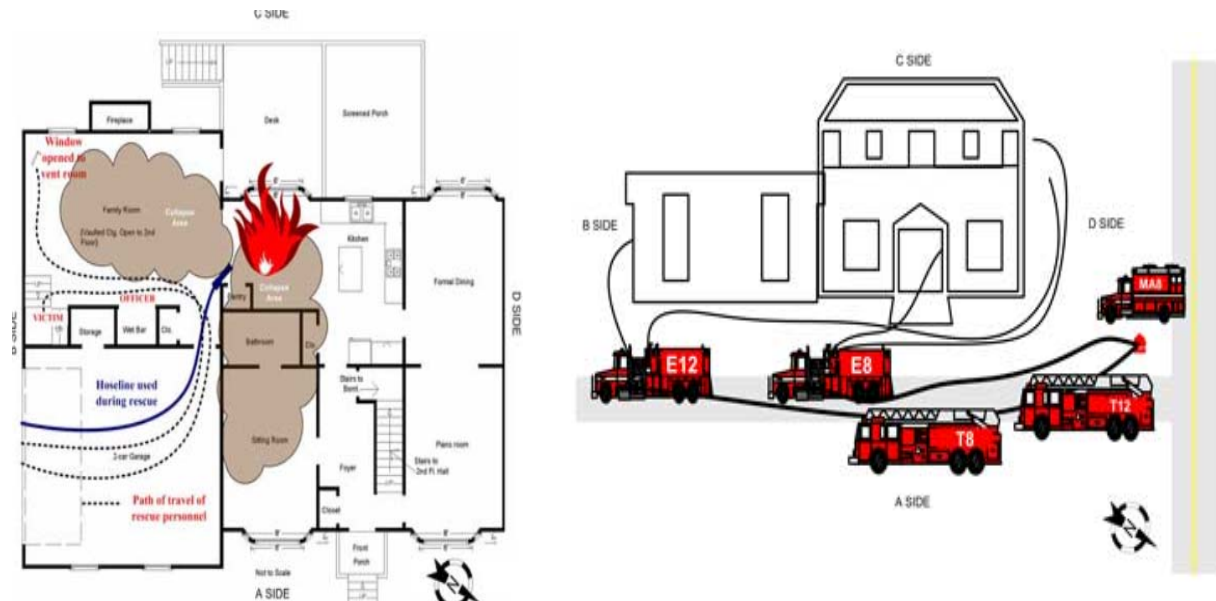


Figura 7. Alterazione della scena per effetto dell'intervento dei VV.F.

Risulta evidente che l'analisi dell'entità dei danni aiuta a descrivere lo scenario reale d'incendio attraverso l'uso della modellazione strutturale, raggiungendo risultati utili per identificare l'origine e le cause dell'incendio [11] (Figura 8).

I risultati della modellazione strutturale devono essere confermati non solo dallo scenario d'incendio ma anche da tutte le altre prove forensi raccolte durante l'investigazione.

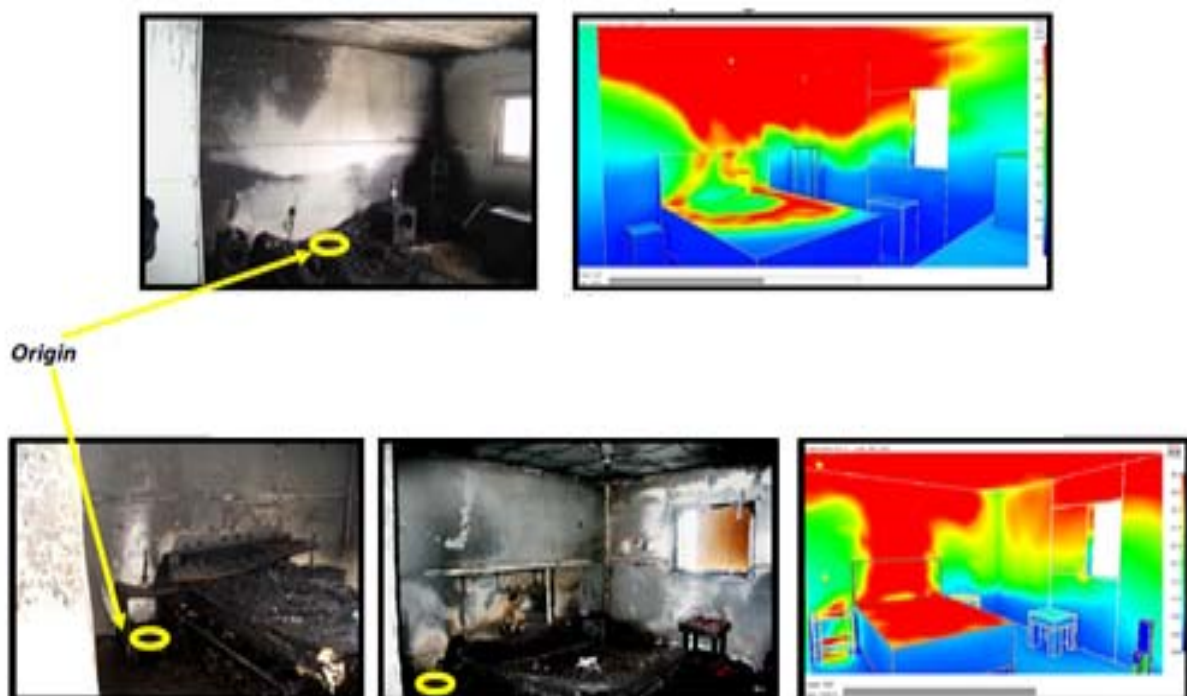


Figura 8. Analisi comparativa tra repertamento e modellazione [12]

3 LIVELLI INVESTIGATIVI IN UN'ATTIVITÀ INFORMATIZZATA

Avere una chiara struttura metodologica investigativa, applicabile a tutti i casi di incendi confinati, rappresenta un necessario ausilio per le attività di *Fire Investigation*.

Tale struttura è stata informatizzata e concepita in fasi ad ognuna delle quali sono state associate determinate operazioni investigative (strutturali e forensi), interagenti tra loro, che consentono di aiutare nella ricerca dell'origine e delle cause dell'incendio.

L'iter investigativo, che sta alla base del software proposto, vede come primo passo la raccolta degli eventi significativi.

Si passa poi al repertamento della scena, sia esterno che interno, con l'acquisizione di tutti i dati essenziali per la buona riuscita delle indagini per poi completarsi con controlli, simulazioni dell'azione incendio e verifiche strutturali.

Attraverso alcune funzioni presenti all'interno del software è possibile acquisire facilmente tutti i dati necessari.

Tale supporto permette all'investigatore di verificare determinate ipotesi maturate durante il repertamento e di avvalorare scientificamente l'analisi semiotica rilevata sulla scena, fornendo dati forensi utili mediante la modellazione dell'incendio.

L'esigenza di codificare le operazioni è necessaria per definire un quadro sinottico dei controlli da svolgere sulla scena, evitando così di by-passare determinate verifiche.

La struttura complessiva dell'attività investigativa risulta essere composta da cinque fasi e diciassette operazioni come meglio illustrato nella figura 9.

Tale progetto schematico può essere paragonato ad una grande cassetteria ove ogni singolo cassetto contiene numerose informazioni che spaziano dagli aspetti teorici e forensi, alla strumentazione da utilizzare, alle schede di calcolo, ecc..

I singoli cassettetti non sono compartimenti stagni ma sussistono delle interazioni tra loro.

Il volume d'indagine viene quindi spaccettato e il suo livello di accuratezza può essere più o meno complesso, può riguardare strutture completamente devastate da un incendio (*accident*) o riguardare incidenti poco rilevanti (*near miss*) [13].

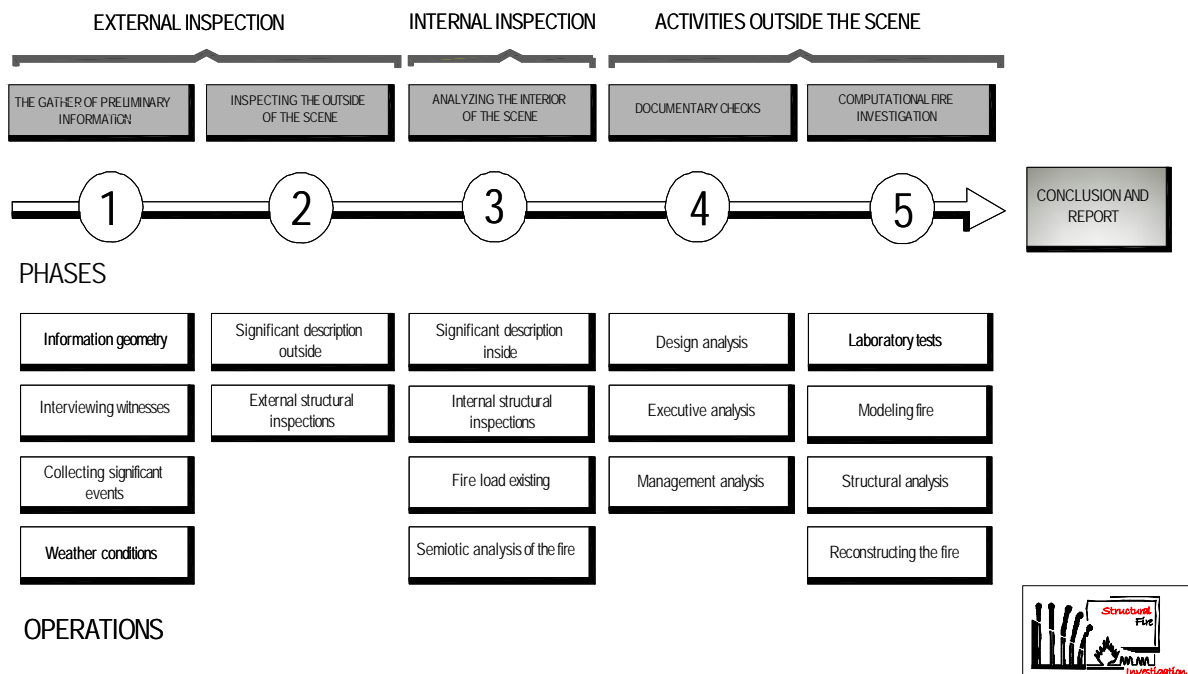


Figura 9. Schematizzazione metodologica della *Fire Investigation*

In alcuni casi l'investigazione da condurre risulta abbastanza semplice, senza la necessità di espletare le ultime fasi e quindi senza ricorrere a controlli documentali, simulazioni e/o modellazioni strutturali. Per incendi invece distruttivi (totale collasso strutturale) si può ricorrere ad un'analisi della scena esterna, escludendo la terza fase (Figura 10).

Gli scenari investigativi possono corrispondere in genere ad un evento ragionevolmente prevedibile e potenzialmente meno dannoso (*near miss*) o appartenere a quella sfera di eventi la cui probabilità di accadimento risulta bassa (*black swans*) ma molto dannosa.

Si creano spesso delle situazioni in cui l'investigatore deve condurre l'attività personalizzandola al caso specifico comportando l'eliminazione di qualche operazione ritenuta non necessaria (es. mancanza di testimoni, non necessità di condurre test di laboratorio, ecc.).

Questo tipo di scelta è in genere quella ricorrente.

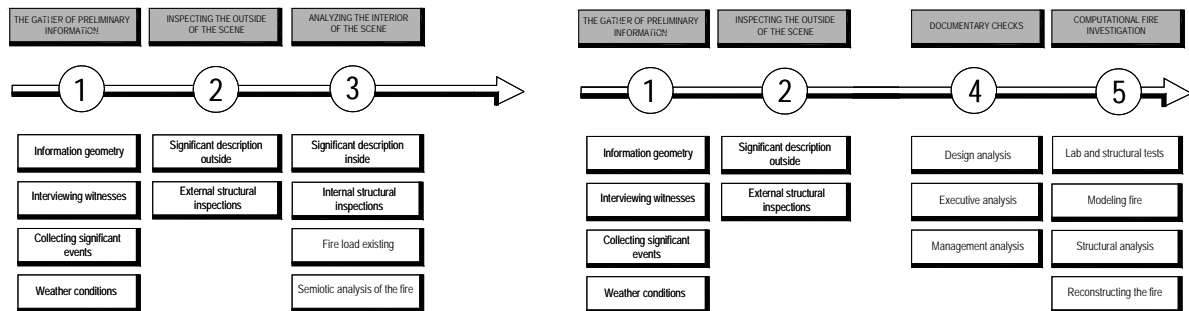


Figura 10. Investigazione semplice e specifica in caso di collasso totale della struttura

Un ruolo determinante nella codifica dell'attività investigativa è dato dall'ultima fase definita *Computational Fire Investigation* ove i modelli di calcolo più o meno sofisticati, sono di ausilio nel dimostrare scientificamente i danni che l'incendio ha prodotto sulla struttura (Figura 11).

Tali modelli hanno lo scopo di semplificare il lavoro del giudice/investigatore nella ricerca, rispettivamente di giudizi/prove al fine di ricostruire il nesso eziologico/report.

Risulta fondamentale, in fase investigativa, sovrapporre i risultati FDS-SMW dello *scenario modellato* con lo *scenario repertato* al fine di valutare la loro corrispondenza (vedasi figura 8).

Al riguardo, ai fini informatici, il software, durante la raccolta dei dati, aiuterà l'investigatore a costruire il listato per le successive modellazioni con FDS.

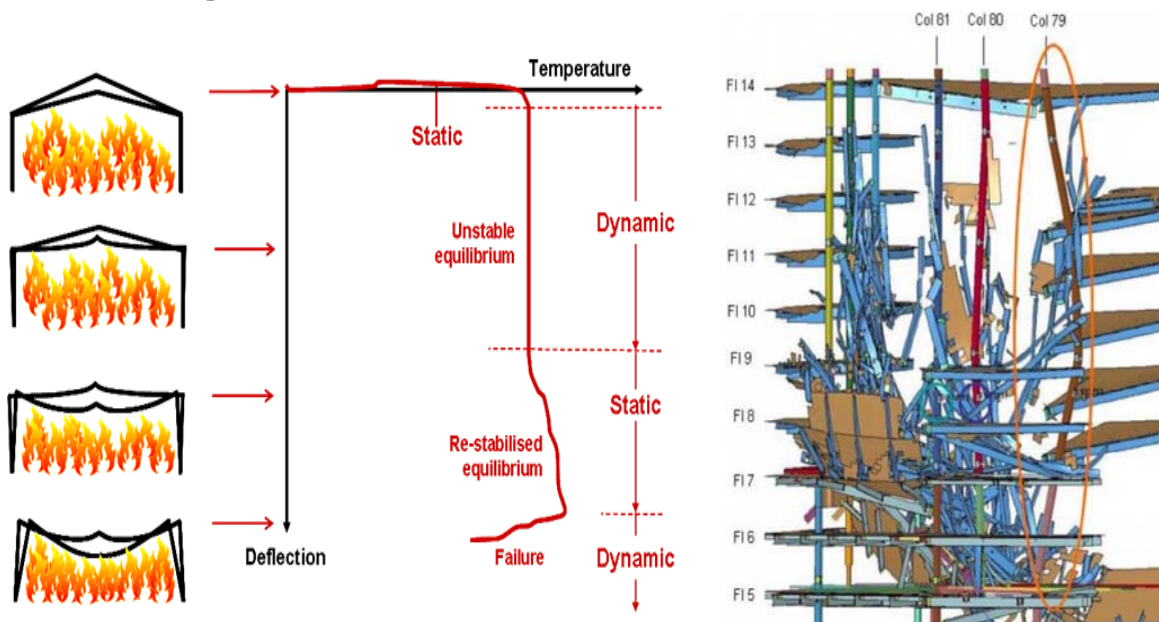


Figura 11. Esempio di meccanismo di collasso da esaminare ai fini investigativi

Conoscere il meccanismo di collasso della struttura è fondamentale sia per le fasi di repertamento che per la corretta modellazione dello scenario investigativo con i software disponibili sul mercato.

4 UN SOFTWARE PER LE INDAGINI SUGLI INCENDI

Spesso durante le operazioni di repertamento sorgono problemi riguardanti il grado di accuratezza con il quale vengono raccolte le prove (per esempio troppe ore dopo l'accaduto, indizi non repertati, ecc.) e per la creazione di verbali, in alcuni casi contrastanti tra loro, rilasciati da diversi operatori (VV.F., CC, CTU, ecc.). Al riguardo quindi è opportuno codificare, nello stesso linguaggio, una progettazione comune dell'attività investigativa.

Se le prove fossero raccolte ed esaminate con un protocollo unico standardizzato, allora queste potrebbero essere riusate ed integrate per rappresentare possibili varianti.

Quindi l'utilizzo di tecnologia e nuovi strumenti informatici, al fine di migliorare e razionalizzare il lavoro investigativo, ricopre un ruolo fondamentale.

Con queste premesse nasce l'esigenza di creare un software che guidi l'operatore in un'attività investigativa codificata sugli incendi confinati (figura 12).

Il software ha lo scopo di evitare il rischio di dispersione dei dati permettendo la raccolta, in maniera uniforme, delle innumerevoli prove. Tutto ciò è la base di partenza per la creazione di un **Protocollo Unico Investigativo** (di seguito PUI).



Figura 12. Interfaccia grafica iniziale del software

Le principali finalità dell'applicativo denominato nel seguito *Structural Fire Investigation Software*, il cui acronimo è **StruFIS** (figura 13), sono quelle di:

- definire una *linea guida* al fine di semplificare le operazioni di repertamento, riducendo i tempi dell'indagine e creando un PUI;
- avere uno strumento di facile utilizzo a servizio di una variegata tipologia di investigatori (personale FF.PP., VV.F., libero professionista, ecc.) che, con un unico *flow chart*, collega la teoria alla pratica investigativa;
- permettere di eseguire *in situ* calcoli veloci (durata orientativa dell'incendio, ecc.) su un determinato volume d'indagine;
- sincronizzare tutti i dati raccolti con un server, attraverso un canale sicuro e protetto, garantendo così un back up delle informazioni acquisite e la possibilità di condividerle con altri dispositivi del settore.



Figura 13. Funzioni principali di StruFIS

Un aspetto importante del nascente software è costituito dalla sincronizzazione con una base dati centrale, che raccoglierà e catalogherà tutte le informazioni provenienti dai vari dispositivi.

Il sistema di trasferimento sarà basato su un protocollo di criptazione in grado di assicurare l'inalterabilità del dato trasmesso al server (figura 14).

Tale sincronizzazione avrà come funzione primaria quella di garantire un back-up delle informazioni memorizzate da StruFIS, al fine di effettuare un restore su altri dispositivi o un ripristino dei dati sullo stesso dispositivo utilizzato.

La seconda funzione sarà rappresentata dalla realizzazione di una interfaccia web based in grado di effettuare ricerche ed analisi sui dati raccolti e trasferiti da ogni dispositivo.

Le funzioni principali sono:

- consultazione delle informazioni sulla singola sessione di *Fire Investigation*;
- ricerca storica e geografica delle perizie;
- ricerca avanzata sui meta-dati;
- modulo per il confronto delle sessioni di *Fire Investigation*.

Il software sarà strutturato seguendo le linee guida di un dottorato di ricerca in atto, e sarà realizzato su piattaforma Android e compatibile con le versioni 5.1 e successive. Per quanto concerne l'utilizzo su dispositivi mobili, per un migliore utilizzo, si consiglia l'installazione su tablet non inferiore a 8".

Attraverso l'utilizzo di StruFIS, l'operatore avrà a disposizione un sistema in grado di guidarlo in maniera semplice ed efficace nella sessione di repertamento, suggerendo quali devono essere i passi da seguire per ottimizzare tutte le attività di indagini.

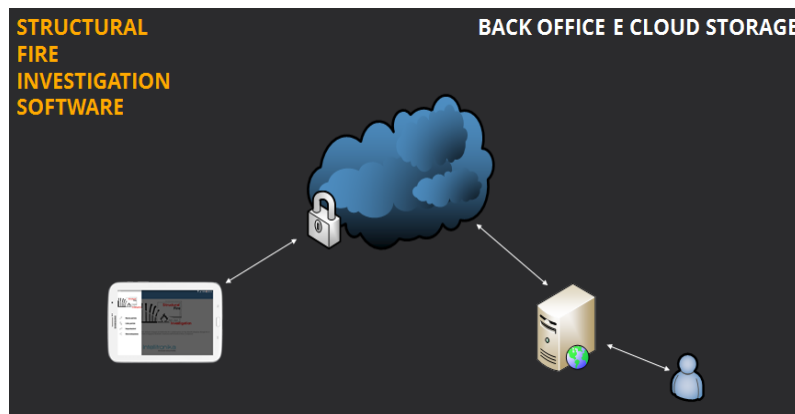


Figura 14. Back office e cloud storage di StruFIS

Sommariamente le principali funzioni a disposizione dell'utilizzatore saranno:

- **Gestione utente:**
il software sarà di base multi-utente; questo significa che potranno essere registrati più utenti, ognuno dei quali avrà la possibilità di gestire le proprie informazioni e le attività di indagine in maniera separata e specifica alle proprie competenze.
- **Anagrafica utente:**
il software darà la possibilità di inserire una serie di informazioni di base, utili alla compilazione del report finale.
- **Visualizzazione dello storico:**
questa sezione mostrerà tutte le attività di *Fire Investigation* effettuate, consentendo all'utilizzatore la consultazione delle precedenti informazioni raccolte e l'eventuale modifica.
- **Sincronizzazione con server remoto:**
questa funzione darà la possibilità di sincronizzare tutte le informazioni memorizzate con un server remoto. Il sistema di trasferimento sarà basato su protocollo criptato, dando così la necessaria sicurezza di un trasferimento di tutte le informazioni in maniera sicura. Il sistema di scambio delle informazioni sarà bidirezionale, ciò significa che potrà essere utilizzato come sistema di back-up e restore dando eventualmente la possibilità di sincronizzare su un dispositivo delle sessioni di *Fire Investigation* realizzate su altri dispositivi mobili.

– Gestione della sessione di Fire Investigation

▪ Selezione della tipologia:

lo step all'atto di una nuova attività di indagine sarà quello di selezionare la tipologia. Attraverso questa selezione, il software si strutturerà in maniera automatica, mettendo a disposizione dell'operatore gli strumenti necessari per eseguire passo passo le attività di repertamento ed inserimento delle informazioni. La tipologia potrà eventualmente essere modificata in corso d'opera; a questo punto il software proporrà gli step da seguire e gli strumenti associati per lo svolgimento delle attività.

▪ Consultazione tabelle informative:

il software sarà dotato di tabelle informative in grado di aiutare l'operatore nell'inserimento delle informazioni (temperature di fusione dei materiali, velocità di combustione del legno, ecc.).

▪ Lavagna per disegno a mano libera:

uno strumento importante per l'attività di indagine sarà rappresentato dalla lavagna per il disegno a mano libera. Attraverso questo strumento potrà essere disegnata la mappa dell'edificio e della scena, selezionando la scala di riferimento ed associando note informative. Una libreria preimpostata sarà messa a disposizione, per aggiungere al disegno elementi che possano definire nella maniera più dettagliata il luogo oggetto d'indagine (divani, letti, ecc.).

▪ Acquisizione immagini/video/audio:

il software metterà a disposizione funzioni multimediali come la possibilità di acquisire immagini o video attraverso le fotocamere del dispositivo, registrare audio ed associare tali informazioni ad uno specifico step della sessione di indagine.

▪ Annotazioni:

un editor di testo di semplice utilizzo, sarà messo a disposizione qual ora vi sia la necessità di descrivere in maniera più dettagliata un reperto.

▪ Timeline:

questa funzione permetterà la visualizzazione in automatico degli eventi collezionati, (es. durata intervento VVF, testimonianze, ecc.) posizionandoli su una timeline e categorizzando la tipologia dell'evento. Tale funzione darà così una vista d'insieme degli eventi e dell'attività di indagine.

▪ Report finale:

il report finale sarà generato sulla base di template predefiniti e conterrà tutte le informazioni inserite durante le varie fasi. Il report potrà essere inviato attraverso la sincronizzazione al server e genererà il relativo documento.

5 CONCLUSIONI

Lo scopo di StruFIS è quello quindi di ricercare un metodo codificato che eviti di sottovalutare alcune prove nelle valutazioni dello scenario di incendio. Nell'ambito investigativo, la soluzione deve essere perfettamente sovrapposta allo scenario repertato, altrimenti non è sufficientemente preciso il calcolo condotto oppure non è sufficientemente esaustivo il repertamento. La conseguenza è quella di non aver ricostruito un chiaro nesso eziologico e consegnare, in sede giudiziaria, un report impreciso di partenza.

La vera innovazione di StruFIS è quella di uniformare le procedure d'indagine, definendo un PUI da usare sia per le ulteriori prove raccolte (modello unico di perizia investigativa) e sia per avere sempre lo stesso modo di rappresentazione (FDS, CFAST, Pyrosim, ecc.)

Concludendo, si cerca di migliorare, come in ogni settore scientifico, anche l'ambito investigativo cercando di creare nuovi strumenti che stiano al passo con i tempi.

6 RINGRAZIAMENTI

Questo articolo si basa su una tesi di Dottorato di Ricerca in corso presso il Dip. di Strutture e Geotecnica dell'Università *La Sapienza* di Roma relativa alla tematica *Structural Fire Investigation* con la supervisione del relatore Prof. F. Bontempi, del correlatore Ing. C. Crosti e con la partecipazione, per gli aspetti informatici, degli Ingg. A. Marasco e Capelli della società *Intellitronika* di Roma.

Si ringrazia altresì l'ex caposquadra dei VV.F. G. Pirovano per la gentile concessione delle immagini.

7 RIFERIMENTI

- [1] Bontempi F: *Appunti del corso di progettazione strutturale antincendio* – Università La Sapienza Roma - A.A. 2014/2015.
- [2] Mangione M., F. Bontempi, Crosti C.: *Structural Fire Investigation e Ingegneria Forense* - Atti del convegno IF CRASC'15, 14-16 maggio 2015 - Università La Sapienza – Roma, pagg. 899-910.
- [3] Snorre Sklet, *Methods for accident investigation* - ROSS Reliability, Safety, and Security-Studies at Norwegian University of Science and Technology.
- [4] Catino M., *da Chernobyl a Linate - incidenti tecnologici o errori organizzativi?*- Bruno Mondadori.
- [5] Reason J., *L'errore umano* - EPC Editore.
- [6] Augenti N., Chiaia B. M., *Ingegneria Forense* - Dario Flaccovio Editore, 2011.
- [7] NFPA 921: *Guide for fire and explosion Investigations*, Ed. 2014.
- [8] NFPA 1033: *Standard for professional qualifications for fire investigator*, Ed. 2014.
- [9] Bontempi F.: *Ingegneria forense strutturale: basi del progetto e ricostruzione dei collassi* - Relazione generale, Atti del convegno IF CRASC'15, 14-16 maggio 2015 – Università La Sapienza – Roma.
- [10] Bontempi F., Arangio S., Crosti C.; *Causal models for the forensic investigation of structural failures*” - Taylor & Francis Group, London 2013.
- [11] Arangio S., Bontempi F., Crosti C.: *Modelli generali per la spiegazione causale di collassi strutturali* - Atti del convegno IF CRASC'12 - 15-17 novembre 2012 – Università di Pisa.
- [12] Tzu-Sheng Shen, Yu-Hsiang Huang, Shen-Wen Chien - Using fire dynamic simulation (FDS) to reconstruct an arson fire scene - Building and Environment 43 Elsevier, 2008.
- [13] D'Errico F., Dalla Casa M., *Oltre il ragionevole dubbio* - Edizioni ETS.