

contrario individuare ed illustrare, basandoci sui punti principali del suddetto elaborato di tesi, le tappe fondamentali del processo di analisi della sicurezza antincendio in galleria (problematiche principali, obiettivi e finalità).



FIGURA 2: SCHEMA TIPO DI GALLERIA STRADALE

[TRATTA DAL SITO DEL CETU (CENTRE D'ETUDES DES TUNNEL): SECURITE DES TUNNELS]

Iniziamo con il dire che lo studio dell'analisi della sicurezza antincendio in galleria –e più in generale qualsiasi tipo di analisi di sicurezza- è un processo che si compone di fasi. Sebbene in tali fasi si possa distinguere un ordine cronologico, in realtà esse risultano sotto molti aspetti interconnesse tra loro e facenti parte di un non semplice processo iterativo che porta poi alla soluzione finale. Quindi, anche se nel presente articolo tali fasi verranno illustrate separatamente, occorre ricordare che nel reale processo di analisi esse sono invece affrontate spesso e volentieri insieme, e i risultati della fase successiva comportano in molti casi la rielaborazione dei risultati della fase precedente.

Detto questo, nel nostro caso la prima fase del processo di analisi antincendio è costituita dalla determinazione delle finalità dello studio di sicurezza condotto: qualora non si possa escludere lo scoppiare di un incendio in galleria, occorre fare in modo che essa sia comunque sicura, riducendo al minimo i rischi e i danni per l'utenza che si trova al suo interno. Per stabilire cosa si intende per "sicuro" e quali siano questi standard minimi di sicurezza da garantire, occorre basarsi sulle prescrizioni delle normative che trattano della sicurezza nelle gallerie (tra queste vi è la norma ISO 13571, e molte altre ancora). Sono queste prescrizioni, infatti, che guidano l'ingegnere nel definire in caso di incendio gli obiettivi di sicurezza che è necessario raggiungere e, affinché questi obiettivi siano raggiunti, quali requisiti strutturali o tecnici la galleria debba possedere. La normativa costituisce pertanto il punto di partenza e di riferimento di tutto lo studio di sicurezza.

Più complesso è invece stabilire "come" raggiungere questi obiettivi, che è proprio il compito dell'analisi di sicurezza.

Una volta definita dunque la situazione "ideale", ovvero che tipo di situazione si deve presentare in galleria perchè essa possa rientrare nelle prescrizioni della normativa, ecco che nella seconda fase si dovrà analizzare la situazione "reale", cioè quale situazione si presenta invece (in termini di fumi, sostanze tossiche e temperature) nella galleria oggetto di studio.

Per far questo, si considerano due situazioni: cosa accade all'interno della galleria se non si ipotizza nessun intervento tecnico, e successivamente come e quanto intervenire per ridurre i danni e i rischi della precedente situazione, onde rientrare entro gli standard definiti grazie alla normativa. Questi interventi riguardano principalmente i macchinari di sicurezza e in alcuni casi anche la valutazione

della possibile attrezzabilità di un by-pass come luogo sicuro temporaneo o come via di fuga protetta. Queste due situazioni possono essere studiate grazie ad un software di simulazione: tra questi vi è ad esempio Camatt.

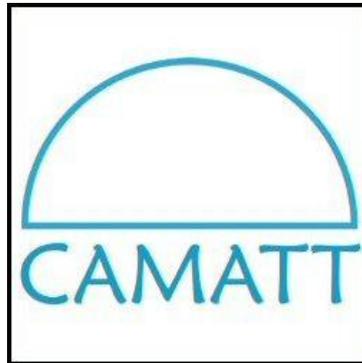


FIGURA 3: LOGO DI CAMATT

Nella galleria scoppia dunque un incendio. Nella stragrande maggioranza dei casi gli incendi in galleria sono causati da una combustione dei veicoli dovuta al guasto di elementi tecnici, e ognuno di questi guasti è provocato da incidenti.

Una volta avvenuto l'incendio, l'ordine di apparizione degli effetti del fuoco è il seguente:

- arrivo dei fumi, molto opachi e molto debilitanti;
- diminuzione di visibilità a causa dei fumi la cui tossicità aumenta;
- calore del fuoco, che provoca alte temperature;
- presenza e propagazione di sostanze tossiche (in particolar modo monossido di carbonio).

Questi prodotti si propagano pertanto nella galleria. Il problema che si presenta è a questo punto quello di garantire l'evacuazione in sicurezza dalla galleria dei suoi utenti, e se questo non è possibile a bordo del veicolo, almeno a piedi.

Perché ciò avvenga, occorre analizzare la situazione così come essa si presenta nella galleria in ogni istante e in ogni punto una volta scoppiato l'incendio, valutando se i quattro effetti da esso prodotti (fumi, opacità, calore e sostanze tossiche) si mantengono entro valori/concentrazioni tali da non ostacolare la fuoriuscita degli utenti e da non arrecare loro danni gravi, sempre facendo riferimento alle prescrizioni delle normative.

E' a questo punto che entrano in gioco i software di simulazione, i quali permettono di descrivere –con l'aiuto di modelli mono o tridimensionali, la situazione in galleria.

Per quanto riguarda il software Camatt, che ho potuto utilizzare personalmente, si dirà brevemente che esso è realizzato in modo da rappresentare la galleria molto semplicemente, sottoforma di tunnel principale i cui parametri specifici vengono forniti al programma. Su tale tunnel possono poi essere posizionati l'incendio e attrezzature di vario tipo (acceleratori, trasparenze aerauliche, iniettori...), il cui compito è appunto quello di lenire gli effetti dell'incendio.

Il posizionamento dell'incendio all'interno della simulazione non è semplice. In primo luogo occorrerà stabilirne le caratteristiche (in particolar modo la potenza termica RHR, che è il valore della velocità di rilascio del calore nel tempo, e che risulta essere variabile nel corso dell'incendio), e in secondo luogo la posizione all'interno della galleria. Entrambe queste scelte presentano una grande varietà di possibilità. Generalmente si procede allora per tentativi: per quanto riguarda le caratteristiche dell'incendio, si utilizzano le casistiche che sono statisticamente più probabili, cioè si isolano e considerano solo quei due-tre casi che sono generalmente più frequenti; per quanto riguarda invece il posizionamento dell'incendio, è possibile considerare solo due-tre alternative rispetto alle infinite

possibili, in quanto variare la posizione di un incendio di poche centinaia di metri genera una differenza nelle caratteristiche di diffusione dei prodotti della combustione non molto significativa. Questo consente il raggruppamento delle tante scelte possibili in casistiche tipo (alla prima imboccatura della galleria, nella prima metà della galleria, nella seconda metà della galleria, alla seconda imboccatura della galleria).

Perché Camatt possa generare la sua simulazione, è poi necessario fornirgli le caratteristiche dell'ambiente della galleria (contropressione agli imbocchi, topografia, circolazione stradale...). Come si era detto all'inizio, ecco che ancora una volta lo spazio esistente (territorio) e il nuovo spazio creato dall'uomo (galleria) si trovano ad interagire tra loro. Definire tutte queste caratteristiche (incendio, caratteristiche ambientali e della circolazione...) significa stabilire un preciso "scenario di incendio", e, come detto prima, uno studio di sicurezza accurato ne deve solitamente considerare più di uno.

Il modello simulato dal software tiene anche conto di fenomeni come l'effetto pistone dovuto al traffico o il riscaldamento delle pareti della struttura nel corso dell'incendio.

Una volta fornite tutte queste informazioni al programma, la visualizzazione dei risultati avviene nella forma sintetica di curve che mostrano l'andamento degli effetti dell'incendio nel tempo, nello spazio o tenendo conto di entrambe queste due variabili, nonché grafici animati di progressione dei fumi all'interno della galleria.

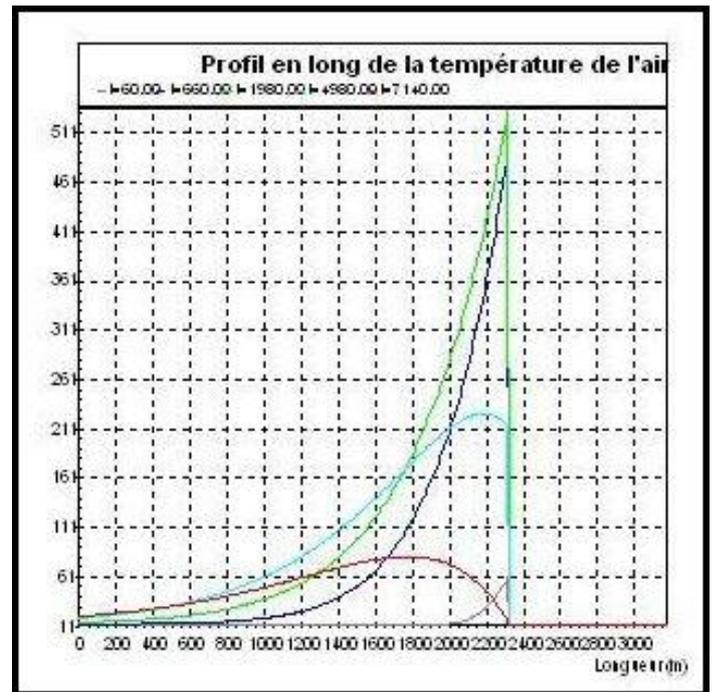
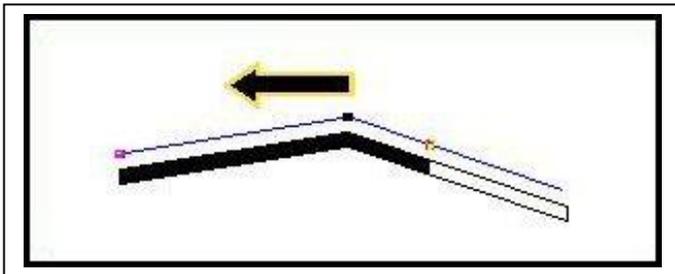


FIGURA 4 E FIGURA 5: ESEMPIO DELLE SIMULAZIONI DI CAMATT, CON INCENDIO ALL'ASCISSA 2316 m DALL'IMBOCCO A SINISTRA: ANDAMENTO DEI FUMI E ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA.

Valutata la gravità della situazione confrontando i risultati ottenuti tramite simulazione con quelli desiderati in riferimento alla normativa, si stabilisce –attraverso ulteriori simulazioni successive- come intervenire sulle attrezzature presenti in galleria per migliorare lo scenario. La scelta dell'intervento è di duplice natura: sarà compito dell'ingegnere da una parte scegliere con quale tipo di attrezzatura si dovrà intervenire (macchinari di ventilazione/diluizione, by-pass...), e dall'altra scegliere i dettagli di questo intervento (quanti macchinari inserire e con quali prestazioni, dove e come dovrà essere

attrezzato il by-pass...).

Per quanto riguarda i macchinari, le caratteristiche di funzionamento sono molteplici, e riguardano soprattutto le prestazioni che essi sono in grado di mantenere nel tempo. Come accadeva per l'incendio, anche per i macchinari sarà inoltre molto importante scegliere la collocazione (o le collocazioni) che più di ogni altra si rivela utile e rende significativa la mitigazione degli effetti. Come è facile immaginare, la scelta del posizionamento è frutto di molte considerazioni e ragionamenti. Se infatti può di primo acchito sembrare ragionevole e più produttivo posizionare un'attrezzatura di ventilazione quanto più vicina all'incendio, dall'altra occorre considerare che le attrezzature più vicine all'incendio saranno proprio quelle investite da una maggiore quantità di calore che quasi sicuramente ne comprometterà (se non totalmente comunque parzialmente) il funzionamento. Allo stesso modo, il posizionamento del by-pass –qualora ci sia possibilità di attrezzarne uno- deve essere tale da far sì che esso possa essere raggiunto prima di entrare a contatto con sostanze tossiche letali o i livelli di opacità siano tali da non permettere di vederlo.

Da qui si capisce quanto sia importante poter contare su un modello di simulazione, che permette di visualizzare l'efficacia della soluzione proposta qualora essa venisse portata ad attuazione.

Confrontando la nuova situazione ottenuta (seconda condizione, con gli interventi di miglioramento) con la precedente (prima condizione, senza interventi di miglioramento) si noterà l'apporto di ciascun intervento nel mitigare le condizioni all'interno della galleria. Per esempio, come le attrezzature e il sistema di ventilazione possono garantire il disinquinamento dell'opera respingendo – in una direzione piuttosto che un'altra- i fumi in caso di incendio. Queste simulazioni successive suggeriranno all'ingegnere come indirizzare gli interventi, fino al raggiungimento degli standard di sicurezza stabiliti in precedenza.

Da quanto detto finora si può essere portati a credere che la fase di determinazione degli obiettivi tramite gli standard stabiliti dalla normativa (prima fase) venga intrapresa necessariamente prima dello studio del caso reale e dell'avvio della simulazione tramite software. In realtà, come detto in precedenza, le varie fasi di lavoro sono all'attuazione pratica difficilmente distinguibili e ordinabili cronologicamente, in quanto strettamente interconnesse tra loro e facenti parte di un processo di continua modificazione di ipotesi e dati. Se quindi certe normative –che stabiliscono ad esempio i quantitativi massimi di sostanze tossiche prodotte dalla combustione oltre i quali si generano danni alla salute degli occupanti della galleria- sono solitamente consultate prima di intraprendere l'analisi effettiva (al fine di avere chiaro quali sono le prestazioni da garantire), certe altre invece possono essere utilizzate solo al termine dell'analisi di sicurezza tramite simulazione. Tra queste vi è la norma ISO 13571. Vediamo perché.

Attraverso l'analisi di sicurezza tramite simulazione, si determinano le caratteristiche dello scenario di incendio più critico dentro la galleria oggetto di studio in termini di fumi e concentrazione di sostanze inquinanti.

Le norme consultate prima di eseguire la simulazione ci permettono di capire se gli standard raggiunti sono accettabili, o se invece sostanze tossiche, fumi e temperature risultano essere eccessivi per garantire la sopravvivenza degli utenti della galleria.

Occorre però tenere presente che determinare la salvabilità degli utenti all'interno della galleria è un procedimento complesso, in quanto tante sono le sostanze tossiche generate dalla combustione, alle quali si vanno ad aggiungere le alte temperature. Un aspetto chiave è inoltre giocato dai tempi di esposizione delle sostanze tossiche, che al pari delle concentrazioni possono determinare la letalità di una sostanza. Se dunque una singola sostanza non è tale da generare danni alla salute presa da sola, essa può invece diventare pericolosa se unita ad altre sostanze o fattori.

Si ha bisogno pertanto non solo di norme che parametrizzano ognuno di questi fattori, ma anche di norme che permettono di considerare la presenza simultanea di più sostanze nocive, tenendo conto sia di concentrazioni che di tempi di esposizione.



FIGURA 6

La norma ISO 13571 permette di far questo, stabilendo il tempo disponibile per la fuga da parte degli occupanti della galleria. Ecco perché essa può essere utilizzata solo a seguito della simulazione, in quanto necessita di conoscere l'esatta situazione dello scenario considerato perché le sue formule siano utilizzate e risultino significative. Siamo così giunti alla terza delle fasi del processo di analisi di sicurezza.

Nel presente articolo non si eseguirà un'analisi dettagliata delle prescrizioni di questa normativa. Si dirà semplicemente, a conclusione della trattazione, che i calcoli e le formule presenti nella norma ISO 13571 non vengono generalmente utilizzati direttamente, ma sono piuttosto utilizzati per programmare altri software che permettono di determinare i tempi di fuga nella galleria.

I dati di output di Camatt (andamento aeraulico di fumi e temperatura a seguito dell'incendio nella galleria) diventano così di dati di input di software successivi, i quali, programmati attraverso le prescrizioni di norme come la ISO 13571, permettono di capire se le sostanze presenti creano una situazione letale e in quanto tempo questa situazione letale viene a crearsi a partire dallo scoppio dell'incendio. Uno di questi software è ad esempio il software ARE-mod, sviluppato nel 2007 dalla facoltà di ingegneria di Firenze.

I dati di Are-mod, combinati con un ulteriore modello di simulazione (stavolta relativo ai tempi e modi di fuga degli utenti in galleria), permettono di valutare la salvabilità degli utenti nella galleria.

Per concludere occorre eseguire una "analisi del rischio" della situazione così ottenuta. Anche in questo caso, in una sorta di processo a catena programma dopo programma, si utilizza un software, per esempio il QRA. L'analisi del rischio permette di stabilire se la galleria, pur presentando ovviamente una situazione di rischio, ha comunque requisiti di sicurezza tali da garantire un rischio accettabile. Il livello di rischio è espresso in termini di numero di vittime dell'incidente e frequenza di incidentalità. I valori generati dal software sono poi confrontati con i valori ammissibili di rischio stabiliti dal D.lgs 264 del 5 ottobre 2006 "*Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete transeuropea*".