

DIAPOSITIVA	COMMENTO
<u>TABELLA 1</u>	<p>L'argomento della mia tesi è il seguente: <u>“Analisi degli effetti di un incendio in galleria tramite l'utilizzazione di un software specifico”</u>.</p> <p>I relatori –che mi hanno seguito in questo studio- sono il <u>Prof.Lorenzo Domenichini</u> e l'<u>Ing.Filippo Martinelli</u>.</p> <p>In questa sede si illustreranno i <u>punti fondamentali</u> di cui essa si compone.</p>
<u>TABELLA 2</u>	<p>Prima di tutto, è necessario fare un'<u>introduzione</u>.</p> <p>Lo scopo dell'introduzione è quello di definire –nelle sue caratteristiche e nelle sue finalità- il lavoro che è stato compiuto.</p> <p>Ragion per cui, è divisa in tre parti:</p> <p><u>PARTE 1</u>: OGGETTO DELLA TRATTAZIONE, cioè <u>“Di che cosa parliamo?”</u></p> <p><u>PARTE 2</u>: SCOPO DELLO STUDIO CONDOTTO ED OBIETTIVI ATTESI, ovvero <u>“Perché si è intrapreso questo studio?”</u>, <u>“Quali risultati ci si aspetta di ottenere?”</u></p> <p><u>PARTE 3</u>: TIPO DI APPROCCIO UTILIZZATO E SCHEMA DELLA TRATTAZIONE, ovvero <u>“Di quali punti/fasi si compone questo studio”</u></p>
<u>TABELLA 3</u>	<p>Cominciamo dunque con <u>“L'oggetto della trattazione”</u>.</p> <p>La presente trattazione affronta essenzialmente di due argomenti:</p> <p>Il <u>primo argomento</u> riguarda analisi della <u>sicurezza in galleria</u> -con particolare attenzione all'andamento <u>di fumi e temperatura</u>- quando al suo interno si sviluppa un incendio. Tale analisi viene condotta grazie ad un software di simulazione di nome Camatt, il quale permette non soltanto di studiare le caratteristiche dell'incendio, ma anche di valutare la migliore soluzione per ridurre i rischi che esso comporta.</p> <p>Una volta fatto questo, il <u>secondo argomento</u> riguarda lo studio delle conseguenze dell'esposizione degli utenti dell'infrastruttura a fumi tossici ed alta temperatura, attraverso le prescrizioni della norma ISO 13571.</p> <p>Nota l'argomento dell'elaborato, è opportuno stabilirne le finalità.</p> <p>Prima di tutto lo scopo: <u>“definire le migliori scelte ingegneristiche per ridurre al minimo i rischi e i danni che la presenza di un incendio in galleria può procurare ai suoi utenti.</u></p> <p>Queste scelte riguardano principalmente i <u>macchinari di sicurezza</u>.</p> <p>Per far questo, lo studio viene trattato facendo riferimento a <u>due situazioni</u>: cosa accade all'interno</p>

della galleria qualora non si ipotizzi alcun tipo di intervento tecnico, e successivamente in che modo e in che misura intervenire per ridurre al minimo danni e rischi definiti nella situazione precedente e rendere accessibili le possibili vie di fuga.

L'obiettivo atteso è quello di ottenere infrastrutture viarie quanto più possibile sicure.

TABELLA 4

Terza ed ultima parte dell'introduzione: TIPO DI APPROCCIO UTILIZZATO E SCHEMA DELLA TRATTAZIONE

L'elaborato che tratta di questo studio è diviso in sezioni o fasi.

Per eseguire il nostro studio ci si basa sulle prescrizioni delle principali normative che trattano della sicurezza nelle gallerie. Queste prescrizioni, infatti, definiscono le “prestazioni attese” in caso di incendio. Esse dunque costituiscono il punto di partenza ed il riferimento di tutta quanta la trattazione.

Successivamente si sono riportati i principali rischi delle infrastrutture stradali in galleria e le loro caratteristiche, sottolineando che la limitazione degli spazi e la riduzione della ventilazione rispetto ad una infrastruttura a cielo aperto sono proprio quegli elementi che compromettono la sicurezza in caso di incendio.

In seguito si sono descritte le caratteristiche generali di un incendio in un ambiente chiuso, aperto o a ventilazione limitata. A questo proposito occorre aprire una parentesi, e cioè che la galleria non è esattamente un ambiente chiuso, tuttavia si può con buona approssimazione studiare quali fenomeni caratterizzano l'incendio in un ambiente chiuso, e poi utilizzare questi risultati per un ambiente con scarsa ventilazione senza per questo commettere gravi errori di valutazione.

Infine, note queste informazioni, si è potuto eseguire lo studio vero e proprio del problema della sicurezza tramite l'analisi di un caso concreto: scenario di incendio nella galleria del Col di Tenda tramite il software di simulazione Camatt.

Quest'ultima parte della trattazione è composta da quattro fasi.

Al termine dell'elaborato, una volta nota la situazione in termini di fumi e sostanze tossiche nella galleria, è possibile: DETERMINARE LA SALVABILITA' DEGLI OCCUPANTI TRAMITE IL CONFRONTO FRA LA SITUAZIONE PRESENTE NELLA GALLERIA E LE PRESCRIZIONI DELLA NORMA ISO 13571.

<p><u>TABELLA 5</u></p>	<p>Cominciamo dunque a parlare della <u>normativa di riferimento</u>. Esistono molte norme che trattano della <u>sicurezza in galleria</u>. Le principali sono qui di seguito riportate. Queste norme, secondo quanto previsto dall'approccio prestazionale, stabiliscono quali <u>obiettivi di sicurezza</u> è necessario raggiungere perchè la galleria possa essere considerata sicura anche in una particolare condizione di emergenza, e affinché questi obiettivi siano raggiunti quali <u>requisiti strutturali o tecnici</u> essa debba possedere. Nel nostro caso, l'obiettivo principale sarà la <u>salvabilità degli utenti nella galleria</u>. Come raggiungere quest'obiettivo, invece, è proprio lo studio della presente trattazione.</p>
<p><u>TABELLA 6</u></p>	<p>Detto questo, una domanda nasce subito spontanea: <u>ma perché è importante preoccuparsi in particolar modo della sicurezza nelle gallerie?</u> La ragione è semplice, ed è nota una volta note "le principali caratteristiche delle infrastrutture in galleria". Queste ultime, nell'elaborato, vengono trattate nel capitolo dall'omonimo titolo...e...</p>
<p><u>TABELLA 7</u></p>	<p>..... nel capitolo successivo, dal titolo "misure di sicurezza nel tracciato stradale". Da due capitoli, vengono fuori delle considerazioni molto importanti, che sono le seguenti.</p>
<p><u>TABELLA 8</u></p>	<p>Dall'analisi della sezione tipica di una galleria stradale, infatti, è possibile notare <u>due cose molto importanti</u>. Prima di tutto, che in galleria, a differenza di quanto accade nelle infrastrutture all'aperto, non è possibile usufruire di ulteriori spazi residui quali <u>fasce di pertinenza</u> o <u>di rispetto</u>. In secondo luogo, che le gallerie sono confinate sia lateralmente che superiormente. <u>Da questi due fatti si deduce che, in galleria, si è in presenza di un ambiente quasi-chiuso, limitato sia in larghezza che in altezza, le cui aperture principali (principali ma non uniche) sono rappresentate dalle zone di entrata e di uscita.</u> <u>Un ambiente con queste caratteristiche è molto pericoloso, perchè la ventilazione che proviene dalle due aperture (nota come ventilazione naturale) risulta molto scarsa, come scarso è di conseguenza il ricambio d'aria.</u></p>
<p><u>TABELLA 9</u></p>	<p>Questa situazione (spazi limitati, scarsa ventilazione...), a quali rischi porta? Ovvero, quali sono esattamente i rischi a cui la galleria -che ha le caratteristiche appena descritte- è</p>

sottoposta in caso di incendio?
Tutto questo viene analizzato nel capitolo dell'elaborato intitolato "Rischi specifici per le gallerie".

TABELLA 10

Vediamo di procedere con chiarezza.
Dunque, siamo in galleria. In galleria scoppia un incendio.

La prima domanda è: da che cosa è provocato l'incendio in galleria?
Risposta: la stragrande maggioranza degli incendi in galleria sono causati da una combustione spontanea dei veicoli (principalmente mezzi pesanti) dovuta al guasto di elementi tecnici, e ognuno di questi guasti è provocato da incidenti.

Seconda domanda: che probabilità esiste che questo accada? Cioè che l'incendio si verifichi.
Le statistiche ci dicono che è elevata.
Inoltre, poiché tutte le strutture contengono possibili fonti di innesco, esiste sempre la possibilità che un incendio avvenga.

Dunque, per le gallerie, il problema dell'incendio è un problema relativamente frequente.

Una volta avvenuto, poi, che conseguenze ha all'interno del tunnel? Una volta avvenuto l'incendio, l'ordine d'apparizione degli effetti del fuoco è il seguente:

- 1) L'arrivo dei fumi, molto opachi e molto debilitanti;
- 2) La diminuzione di visibilità a causa dei fumi la cui tossicità aumenta;
- 3) Il calore del fuoco provoca alte temperature;
- 4) La presenza e la propagazione di sostanze tossiche.

Scoppia dunque l'incendio, e i suoi prodotti si propagano nella galleria.
Il problema che si presenta è quello di garantire l'evacuazione in sicurezza dalla galleria dei suoi utenti, e se non è possibile a bordo del veicolo, almeno a piedi.
Alla luce di ciò che si sa sulla galleria, è possibile questo?

<p><u>TABELLA 11</u></p>	<p>L'incendio dunque divampa, e i suoi prodotti si diffondono all'interno della galleria, rappresentabile come un lungo tubo praticamente senza aperture laterali.</p> <p>Nelle slide precedenti, si sono concluse <u>due cose</u>.</p> <p><u>Primo</u>, che la galleria è caratterizzata da spazi limitati.</p> <p>Questo comporta che, qualora una grave situazione di emergenza abbia creato una situazione di imbottigliamento e reso quindi impossibile l'attraversamento o peggio ancora l'uscita dalla galleria a bordo del veicolo, gli utenti dell'infrastruttura si ritrovino confinati in un ambiente chiuso attraverso il quale è più difficile fuggire o comunque allontanarsi a piedi dalle zone più pericolose.</p> <p><u>Secondo</u>, a causa della limitazione degli spazi, la galleria ha una scarsa ventilazione. E questo fa sì che al suo interno ci sia un'alta concentrazione e ristagno di fumi e sostanze tossiche.</p> <p>Tutto questo ci porta ad una <u>conclusione</u>: gli eventi generatori di rischi possono avere conseguenze peggiori nelle gallerie piuttosto che nelle infrastrutture a cielo aperto, ed ecco perché il problema è oggetto di così vivo interesse e studio tecnico.</p> <p>L'argomento del presente elaborato è proprio questo: <u>studio aeraulico dell'andamento di fumi e temperatura</u> qualora nella galleria stradale o ferroviaria si sviluppi un incendio.</p> <p><u>Una volta fatto questo ci si propone di intervenire sulle attrezzature di ventilazione per mitigare o eliminare i disagi e gli effetti provocati.</u></p>
<p><u>TABELLA 12</u></p>	<p>PER POTER ESEGUIRE QUESTO STUDIO – E VALUTARE LA VALIDITA' E L'EFFICACIA DI UN DETERMINATO INTERVENTO DI MITIGAZIONE- SI UTILIZZERA'.... Il software di simulazione Camatt.</p> <p>A titolo puramente informativo, si riporta qui a fianco come esso appare una volta aperto: ovvero la finestra principale e le barre dei comandi di cui dispone.</p>

<p><u>TABELLA 13</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>La prima domanda è: che cos'è Camatt?</u></p> <p>Camatt (<i>Calcul Monodimensionnel Anisotherme Transitoire en Tunnel</i>) è un programma di simulazione d'incendio destinato alle applicazioni d'ingegneria.</p> <p>I suoi fondamenti teorici si basano sui risultati delle ricerche del CETU (Centre d'Etudes des Tunnels), mentre lo sviluppo informatico è stato realizzato dalla società Setec TPI.</p> <p style="text-align: center;"><u>Che cos'è un software di simulazione?</u></p> <p>E' un software di calcolo che permette di descrivere, con l'aiuto di un modello monodimensionale, l'evoluzione di differenti parametri (temperatura, velocità dell'aria...) in una galleria stradale dopo 30 minuti l'inizio di un incendio.</p> <p><u>Si riporta brevemente come funziona, e cioè come Camatt lavora per poter eseguire la simulazione.</u></p> <p>La galleria studiata sarà rappresentata da un tunnel principale.</p> <p>Su di esso potranno poi essere posizionate <u>singolarità aerauliche</u> (es. l'incendio) e <u>attrezzature di vario tipo</u> (acceleratori, trasparenze aerauliche, iniettori...).</p> <p>Perchè Camatt possa generare i dati di output, poi, è necessario fornire <u>le caratteristiche dell'ambiente della galleria</u> (topografia, circolazione stradale..).</p> <p>Il modello fisico tiene anche conto di numerosi fenomeni come l'effetto pistone dovuto al traffico o il riscaldamento delle pareti della struttura nel corso dell'incendio.</p> <p>A questo punto, tutto è pronto per procedere con la simulazione.</p> <p>Una volta fornite tutte queste informazioni al programma, la visualizzazione dei risultati avverrà nella forma sintetica di <u>curve e grafici di progressione dei fumi all'interno della galleria.</u></p>
<p><u>TABELLA 14</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>Come ci si servirà di Camatt nel nostro studio?</u></p> <p>Essenzialmente, esso ci servirà per eseguire una analisi comparativa.</p> <p style="text-align: center;">Si confrontano cioè tra loro due situazioni. (<u>Lettura e commento del diagramma di flusso</u>)</p>
<p><u>TABELLA 15</u></p>	<p>A questo punto, l'elaborato della tesi contiene una dettagliata descrizione del funzionamento del software, che però non viene affrontato in questa sede.</p> <p>La descrizione si basava su quanto riportato nel <u>manuale d'uso</u> e comprendeva sia la descrizione dei comandi principali, sia la descrizione del loro funzionamento e dei fondamenti teorici su cui essi si basano.</p> <p style="text-align: center;">Di seguito ecco riportata la copertina del materiale d'uso.</p>

<p><u>TABELLA 16</u></p>	<p>L'elaborato contiene anche una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'incendio. La normativa tecnica, infatti, stabilisce una certa prudenza nell'uso dei software di calcolo o simulazione, prescrivendo continui controlli e verifiche sia dei dati di input che soprattutto quelli di output. Perciò.... il progettista deve possedere un'approfondita conoscenza dei fondamenti teorici che sono alla base dei modelli di calcolo e della dinamica dell'incendio. Ecco la ragion d'essere di questo lungo capitolo dell'elaborato. <u>In questa sede si fornisce unicamente un elenco degli argomenti affrontati, richiamando il loro contenuto solo quando e dove è necessario.</u></p>
<p><u>TABELLA 17</u></p>	<p><u>Ecco dunque, dopo queste doverose spiegazioni preliminari, la parte fondamentale della trattazione: studio del problema della sicurezza tramite l'analisi di un caso concreto: ovvero scenario di incendio nella galleria del Col di Tenda.</u> Lo studio verrà condotto tramite il <u>software di simulazione Camatt.</u></p>
<p><u>TABELLA 18</u></p>	<p>Diciamo innanzi tutto che lo studio dello scenario di incendio in un caso concreto ha essenzialmente <u>quattro scopi</u> → (lettura dei quattro scopi). Infine, i risultati di quest'analisi permettono un eventuale <u>quinto punto</u> → (lettura del quinto punto). Ovvero, come le attrezzature e il sistema di ventilazione possono garantire il disinquinamento dell'opera in funzione delle condizioni di traffico e delle condizioni di pressione agli imbocchi della galleria, nonché la capacità del sistema di ventilazione di respingere i fumi in caso di incendio. L'analisi del caso concreto consta a sua volta di <u>quattro fasi</u>. Richiamando lo schema precedentemente descritto quando si è introdotto lo scopo dell'utilizzo di Camatt, distinguiamo i seguenti passaggi. → (lettura diapositiva) Cominciamo, dunque.</p>

TABELLA 19FASE 1: CARATTERISTICHE DELLA GALLERIA.

Prima di tutto, è necessario disegnare il tracciato della galleria utilizzando il software Camatt.

Le informazioni che Camatt vuole conoscere sono le seguenti:

1) REDATTO (o come viene chiamato dal programma in lingua francese “LIBELLE”): la galleria consta di due tronconi, TRATTO 1 e TRATTO 2.

Un troncone è un tratto di galleria sul quale le caratteristiche sono uniformi.

2) LUNGHEZZA (m): La galleria oggetto di studio ha una lunghezza complessiva di 3186 m. Essa si compone di due tratti: il primo tratto si trova nella parte francese, e va dalla progressiva 0 alla progressiva 1800. Il secondo tratto invece si trova nella parte italiana, e va dalla progressiva 1800 alla progressiva 3186. Questo secondo tratto, dunque, ha una lunghezza di 1386 m.

La galleria, schematizzando, appare dunque in questo modo.

3) AREA DELLA SEZIONE TRASVERSALE (m²): 29,3;

4) PERIMETRO DELLA SEZIONE TRASVERSALE(m): 20,8 m;

Ovvero, il software richiede di definire la geometria della sezione trasversale qui a fianco riportata.

5) COEFFICIENTE DI ATTRITO: Il valore del coefficiente di attrito alla parete λ dipende da una parte dalla rugosità delle pareti e, dall'altra, dalla presenza di apparecchiature lungo la galleria. Nelle gallerie stradali, si ritiene in genere come valore di λ 0,02 per pareti in calcestruzzo e 0,04 per pareti in roccia. Nel caso in questione è lecito considerare un valore pari a 0,04.

6) PENDENZA: (%): Il primo tratto della galleria (TRATTO 1) è in salita, con una pendenza pari a +2,5%, mentre il secondo (TRATTO 2) è in discesa, con una pendenza di -2,7%;

TABELLA 20

7) PORTATA DI SOFFIAGGIO RIPARTITA (m³/s)

8) PORTATA DI ESTRAZIONE RIPARTITA (m³/s)

Queste due voci tengono conto della possibile presenza di aperture trasversali da cui l'aria può essere soffiata o estratta. Nel nostro caso non ne esistono, e dunque mettiamo 0.

9) NATURA DEL MATERIALE 1 E NATURA DEL MATERIALE 2: Vengono assegnati i materiali standard del catalogo di Camatt. Di default Camatt assegna i seguenti materiali: cemento armato per la galleria e conglomerato bituminoso per lo strato di usura della strada/pavimentazione.

10) PROPORZIONE DEL MATERIALE 1 (%): E' pari a circa il 60%.

	<p>A questo punto è necessario stimare quella che viene definita la “<u>perdita di carico puntuale</u>” nella sezione iniziale e finale della galleria.</p> <p>La perdita di carico puntuale rappresenta una discontinuità aerodinamica in un troncone. Essa può essere ad esempio un <u>cambiamento di sezione</u>.</p> <p>Anche la sezione iniziale e finale della galleria sono dunque due perdite di carico puntuali.</p> <p>Di esse il programma Camatt vuole conoscere:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) REDATTO 2) AREA DELLA SEZIONE TRASVERSALE 3) COEFFICIENTE DI PERDITA DI CARICO NEL SENSO MONTE-VALLE 4) COEFFICIENTE DI PERDITA DI CARICO NEL SENSO VALLE-MONTE <p>Si assume –dalle leggi della dinamica dei fluidi- che il coefficiente di perdita di carico assuma valore 0.5 nel senso monte-valle e 1 nel senso valle-monte.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) DISTANZA A MONTE <p>Di seguito, a puro titolo informativo, si riporta la finestra del programma attraverso cui è possibile inserire i dati relativi alla perdita di carico puntuale.</p>
<p><u>TABELLA 21</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>FASE 2: POSIZIONAMENTO DELL'INCENDIO</u></p> <p>A questo punto, avendo perfettamente descritto le caratteristiche della galleria, è opportuno posizionarvi l'incendio.</p> <p>I calcoli non vertono su tutte le posizioni di incendio e su tutte le condizioni meteorologiche possibili –che sarebbero troppe per poter essere considerate tutte quante-, ma solo su quelle che sono sembrate più rappresentative delle diverse tipologie di intervento. Cioè quelle che hanno – dall'esperienza- la maggior probabilità di accadimento.</p> <p>Si prendono dunque in considerazione solo due scenari: lo <u>SCENARIO 1</u> e lo <u>SCENARIO 2</u>. Essi hanno le seguenti caratteristiche → (<u>lettura delle caratteristiche</u>)</p>

TABELLA 22

Per poter definire l'incendio, e dunque eseguire la simulazione, questi dati non bastano. Il programma necessita anche di conoscere come variano le loro potenze termiche nel tempo.

La potenza termica rilasciata durante una combustione è il valore della velocità di rilascio del calore nel tempo, ed è indicato in letteratura come Rate of Heat Released (RHR).

Per poter caratterizzare qualsiasi incendio, si necessita dunque di conoscere proprio il valore di RHR nel tempo.

Essa è di solito espressa in KW, e varia continuamente nel tempo durante l'evoluzione di un incendio.

Tralasciando di definirne dettagliatamente le caratteristiche, diciamo soltanto che il modo più preciso per stimare la variazione del valore di RHR durante un incendio è quello di eseguire delle prove sperimentali. Nel nostro caso, dunque, basandoci sull'esperienza, è possibile assegnare ai due incendi prescelti le seguenti caratteristiche.

Nello scenario 1 la potenza dell'incendio aumenta progressivamente raggiungendo il suo valore massimo dopo 10 minuti. L'incendio mantiene la sua massima potenza fino a 60 minuti, istante in cui inizia a decrescere fino ad esaurirsi dopo 90 minuti.

Nello scenario 2, invece, la potenza dell'incendio cresce fino a raggiungere il suo massimo dopo meno di 10 minuti. Dopo 70 minuti la potenza dell'incendio decresce fino ad esaurirsi completamente dopo 90 minuti.

Di seguito – solo a titolo informativo- si riporta una delle varie finestre di comando attraverso cui è possibile definire le caratteristiche dell'incendio.


TABELLA 23

Dopo di che, è necessario inserire il valore della contropressione agli imbocchi della galleria. La contropressione agli imbocchi è la contropressione generata dalla presenza del vento ad una delle imboccature della galleria. Essa influenza la direzione di propagazione dei fumi.

Nel nostro studio considereremo due condizioni limite di contropressione, una per lo scenario 1, ed una per lo scenario 2.

Si considera una contropressione avversa (vale a dire opposta al senso di ventilazione naturale), non oltrepassata nel corso del 95% del tempo.

Il valore della contropressione adottato sarà pari a:



SCENARIO 1: 234 Pa applicata alla testa francese.

SCENARIO 2: 234 Pa applicata alla testa italiana.

Come è possibile vedere nel grafico.

Per capire meglio che cosa si intende per valore di contropressione agli imbocchi della galleria, è necessario aprire una piccola parentesi teorica relativa alle caratteristiche dell'incendio.

TABELLA 24

Innanzitutto è opportuno definire ed introdurre il concetto di VELOCITA' CRITICA.

Ci si chiede innanzitutto che cos'è.

La velocità critica corrisponde alla velocità a partire dalla quale, nel caso di un'aspirazione dei fumi longitudinale, i fumi sono respinti su un lato solo, nel senso della corrente d'aria, senza alcun rischio di risalita dei fumi a controcorrente (cioè l'effetto backlayering)

Per capire meglio, è il caso di analizzare bene questo grafico:

A seconda di quale sia il valore della velocità critica, sono possibili tre diverse situazioni all'interno del tunnel:

- 1) il tunnel è totalmente libero da fumi. Questo avviene nel caso in cui si abbiano sistemi di estrazione dei fumi lungo la galleria. Oppure può accadere che...
- 2) $U < U_c$: nel tunnel si ha, nelle fasi iniziali, una stratificazione dei fumi in entrambe le direzioni con una successiva occupazione dell'intera sezione a causa della riduzione della velocità di avanzamento;
- 3) $U > U_c$: i fumi formano una miscela omogenea con l'aria nell'intera sezione del tunnel a valle dell'incendio.

Come si determina il valore della velocità critica?

La determinazione della velocità critica avviene a partire dalla formula di Kennedy, in funzione della potenza dell'incendio, e della pendenza della galleria.

La velocità di propagazione dei fumi, invece, viene determinata tramite misurazioni e studi diretti. Confrontare la velocità di propagazione dei fumi con la velocità critica, dunque, permette di capire come essi si muoveranno all'interno della galleria.

Quanto vale nel nostro caso la velocità critica?

I valori della velocità critica per questa galleria sono forniti nella tabella di seguito in funzione della potenza dell'incendio e della pendenza della galleria.

Ora che è chiaro COME si muovono i fumi, non è però ancora chiaro COSA determina la loro velocità di propagazione nella galleria.

TABELLA 25

Per rispondere a questa domanda è necessario fare ancora una volta un rimando alla teoria, e cioè alle caratteristiche fisiche dell'incendio che scoppia in un ambiente chiuso o poco ventilato.

L'argomento è per la precisione “LA SOVRAPPRESSIONE ALL'INTERNO DI UN LOCALE INCENDIATO”.

Ora, si sa che l'aria ha una sua pressione naturale. Quella che viene normalmente definita come “pressione atmosferica” ed è pari a 101.325 Pa, uguale, in ambiente naturale, in tutte le direzioni. A seguito dell'incendio, però, si crea una differenza di temperatura tra l'interno della galleria (dove fa più caldo) e l'esterno (dove fa più freddo).

Questa differenza di temperatura fra l'interno e l'esterno della galleria genera una “sovrappressione” ΔP alla testa del tunnel. Essa è la principale responsabile del movimento del fumo e dei gas di combustione.

Questa sovrappressione può essere stimata con una formula che si tralascia di riportare.

A questo valore di pressione si aggiungono poi degli incrementi di pressione (per questo definiti “sovrappressione”) agenti su l'una o l'altra delle due aperture.

Possiamo infatti dire che: $\Delta P_{TOT} = \Delta P_{CH} + \Delta P_{ATTR} + \Delta P_{PISTONE}$;

Dove:

ΔP_{CH} è la contropressione per unità di lunghezza della galleria dovuta all'“effetto camino”. E il valore della contropressione precedentemente definito;

ΔP_{ATTR} è la contropressione per unità di lunghezza della galleria dovuta all'attrito sulle pareti;

$\Delta P_{PISTONE}$ è la contropressione per unità di lunghezza della galleria dovuta alle forze di “pistonamento” dei veicoli.

Accanto a queste tre contropressioni, è possibile che ne compaia anche una quarta: la contropressione prodotta da una batteria di acceleratori. Se il senso della ventilazione meccanica prodotta è nella stessa direzione della ventilazione prodotta dalle altre sovrappressioni, il suo valore si somma a queste, altrimenti si sottrae.

Queste tre sovrappressioni possono essere stimate con una formula che si tralascia di riportare.

<p><u>TABELLA 26</u></p>	<p>Vediamo dunque cosa ha a che vedere tutto questo con la propagazione dell'incendio all'interno di una galleria. E' QUESTA CONTROPRESSIONE AD INFLUENZARE LA PROPAGAZIONE DEI FUMI! →(Lettura della slide)</p>
<p><u>TABELLA 27</u></p>	<p>Una volta definite le caratteristiche dell'incendio, per poter eseguire la simulazione di ciò che accade nella galleria, Camatt ha poi bisogno di tutta una serie di altri parametri: <u>AMBIENTE DELLA GALLERIA</u> (altezza media, temperatura dell'aria, densità dell'aria ambiente...) <u>MATERIALE DELLA GALLERIA</u> <u>CARATTERISTICHE TRAFFICO STRADALE</u></p> <p>In particolar modo le caratteristiche dell'ambiente e del traffico sono necessarie al programma per calcolare gli ulteriori incrementi di pressione di cui si è parlato in precedenza, e che andranno sommati alla sovrappressione dovuta alla naturale ventilazione.</p> <p>Le caratteristiche di traffico che si considereranno sono le seguenti, riportate in tabella. (BREVE ANALISI TABELLA)</p> <p>Di seguito – solo a titolo informativo- si riporta una delle varie finestre di comando attraverso cui è possibile definire le caratteristiche del traffico nella galleria. <u>Camatt è in grado di considerare due flussi di traffico.</u> <u>Nel nostro studio, però, ne considereremo uno solo: quello più critico.</u> (BREVE DESCRIZIONE DEI DUE SCENARI)</p> <p>In seguito, occorre definire i “PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE”, cioè la finestra temporale che si vuole analizzare di tutta quanta la simulazione: <u>Tempo di inizio e tempo di fine della simulazione: 0 e 2,00 h;</u> <u>Passo di tempo (cioè l'intervallo tra due osservazioni successive): 10 min.</u></p>

<u>TABELLA 28</u>	→ <u>Soltanto lettura della slide</u>
<u>TABELLA 29 (1° PARTE)</u>	→ <u>Soltanto lettura della slide</u>
<u>GRAFICI NELLA CARTELLA "GRAFICI CAMATT"</u>	<p style="text-align: center;"><u>I risultati della simulazione sono i seguenti:</u></p> <p><u>EVOLUZIONE DEI FUMI:</u> questo grafico mostra che i fumi (per effetto della contropressione barometrica presente sulla testata italiana della galleria) si dirigono verso la testata francese, occupandola completamente già dopo 10 minuti dall'inizio dell'incendio (in corrispondenza, cioè, della fase di pieno sviluppo dell'incendio). Questo ovviamente comporta, nel caso di traffico unidirezionale nel verso Francia-Italia, grave pericolo per gli occupanti della galleria, anche per coloro che si trovano a molti metri di distanza dall'incendio.</p> <p style="text-align: center;"><u>F(T) TEMPERATURA DELL'ARIA:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>All'ascissa 3186</u> la temperatura resta costante e pari al valore di 13°C, quello cioè dell'ambiente esterno. All'imbocco italiano, dunque, la galleria non risente minimamente della presenza dell'incendio. Lo stesso vale per ogni punto che si trova a destra dell'incendio. 2) <u>All'ascissa 2316</u>, invece, in corrispondenza dell'incendio, la temperatura aumenta in breve tempo, fino a raggiungere il suo picco massimo, al valore di oltre 500°C, dopo meno di 10 minuti (cioè quando l'incendio raggiunge il suo pieno sviluppo). Raggiunto questo massimo, la temperatura resta a questo valore per tutta la fase di pieno sviluppo, per tutto il tempo cioè in cui resta massima la potenza termica rilasciata. Nel momento in cui l'incendio decresce, dopo un'ora circa, decresce progressivamente anche la temperatura, tornando al valore iniziale dopo circa 1h e 30, quando si esaurisce anche l'incendio. 3) <u>All'ascissa 1800 e 0,10</u>, la temperatura cresce gradualmente, tuttavia impiega molto più tempo per raggiungere il suo massimo. Questo perché ci vuole tempo prima che i fumi e il calore dell'incendio raggiungano la zona interessata. Per questo, maggiore è la distanza dal punto dell'incendio, maggiore è il tempo necessario alla temperatura per raggiungere il suo massimo. Per il fenomeno della naturale diluizione dei fumi con l'aria esterna e il successivo decrescere dell'incendio, il valore massimo raggiunto dalla temperatura in corrispondenza di un certo punto della galleria è tanto minore quanto maggiore è la distanza di quel punto dal luogo dello scoppio

dell'incendio. Raggiunto il valore massimo, la temperatura decresce fino a tornare al valore che aveva all'inizio. Tuttavia, a causa della propagazione dei fumi da monte a valle, il tempo necessario perché questo avvenga è maggiore nei punti più distanti dal luogo dello scoppio dell'incendio.

F(T) OPACITA' DELL'ARIA:

- 1) All'ascissa 3186 l'opacità è nulla. All'imbocco italiano, dunque, la galleria non risente minimamente della presenza dell'incendio. Lo stesso vale per ogni punto che si trova a sinistra dell'incendio.
- 2) All'ascissa 2316, invece, in corrispondenza dell'incendio, l'opacità aumenta con una grande velocità, fino a raggiungere il suo picco massimo, al valore di 2,6 dopo 10 minuti, quando l'incendio raggiunge il suo pieno sviluppo. Raggiunto questo massimo, l'opacità resta invariata e pari a questo valore massimo fino a che l'incendio non comincia a decrescere, un'ora dopo il suo scoppio. L'opacità decresce progressivamente tornando al valore nullo iniziale dopo circa 1h e 30.
- 2) All'ascissa 1800 e 0,10, e in generale in tutti i punti a sinistra dell'incendio, l'opacità segue lo stesso identico andamento appena visto: cresce velocemente fino a raggiungere il suo massimo dopo pochi minuti (che per altro è lo stesso per ogni ascissa e cioè 2,6), permane a questo valore per tutta la fase di pieno sviluppo e poi decresce fino a tornare dopo un'ora e mezza al valore nullo. Tuttavia, man mano che ci si allontana dal luogo dell'incendio, il valore massimo viene raggiunto appena più tardi (questo perché i fumi caldi raggiungono più tardi i punti più lontani dall'incendio).

F(T) VELOCITA' DELL'ARIA:

- 1) All'ascissa 3186 la velocità dell'aria si trova inizialmente al valore di 4,3 m/s. Da questo valore, a causa della sovrappressione applicata alla testata italiana, essa cresce raggiungendo il valore di 4,4 m/s. Ma subito dopo, a causa dell'effetto pistone dei veicoli che si muovono in direzione Francia-Italia, essa decresce raggiungendo il valore di 3,8 m/s.
- 2) All'ascissa 2316, in corrispondenza dell'incendio, la velocità dell'aria aumenta con una grande velocità, fino a raggiungere il suo picco massimo, al valore di 10,8 m/s dopo 10 minuti, quando l'incendio raggiunge il suo pieno sviluppo. Raggiunto questo massimo, la velocità resta costante e pari al suo valore massimo per tutta la fase di pieno sviluppo. Dopo di che decresce progressivamente tornando al valore iniziale di 4,3 m/s dopo 1h e 30.
- 3) All'ascissa 1800 e 0,10, e in generale in tutti i punti a sinistra dell'incendio, la velocità segue pressappoco lo stesso andamento: cresce velocemente fino a raggiungere il suo massimo dopo pochi minuti (circa 10), resta costante per tutta la fase di pieno sviluppo e poi decresce fino a

tornare al valore iniziale. Tuttavia, man mano che ci si allontana dal luogo dell'incendio, il valore massimo della velocità diminuisce gradualmente e viene raggiunto più tardi (questo perché i fumi caldi raggiungono più tardi i punti più lontani dall'incendio), così come si fa via via più morbido e regolare il grafico che mostra l'andamento della velocità nel tempo. All'uscita della galleria l'andamento della velocità è identico a quello che c'è alla testata italiana.

F(X) TEMPERATURA DELL'ARIA:

- 1) Istante 60 s (da valle a monte): la temperatura è pari al valore iniziale, e cioè 13°C, fino al punto in cui scoppia l'incendio. In corrispondenza di esso, la temperatura ha già un valore di 60°C, che è il valore massimo raggiunto, in quell'istante, in tutta la galleria. Dopo di che, allontanandosi dal luogo dell'incendio, la temperatura decresce gradualmente, fino a tornare al valore di 13°C già dopo 2000m.
- 2) Istante 600s (da valle a monte): l'andamento del grafico è lo stesso, ma si sono raggiunte temperature più alte (fino a 500°C nel luogo dell'incendio).
- 3) Istante 2000s (da valle a monte): l'andamento della temperatura è lo stesso precedentemente descritto, ma la temperatura massima (raggiunta in corrispondenza dell'incendio) è aumentata ancora.
- 4) Istante 5000s e 7200s (da valle a monte): man mano che ci si avvicina all'istante di esaurimento dell'incendio, il grafico che mostra l'andamento della temperatura diventa sempre più regolare. Fino al punto in cui è posizionato l'incendio, la temperatura è costante e pari al valore iniziale. Poi inizia a salire, ma non raggiunge il suo massimo in corrispondenza dell'incendio, ma dopo. Il valore massimo raggiunto è minore più ci si avvicina all'istante di esaurimento dell'incendio. Dopo di che la temperatura decresce gradualmente.

F(X) VELOCITA' DELL'ARIA:

- 1) Istante 60s: la velocità è pari al valore iniziale, e cioè 4,3 m/s, fino al punto in cui scoppia l'incendio. Lì la velocità raggiunge il valore massimo. Dopo di che, allontanandosi dal luogo dell'incendio, la velocità decresce gradualmente, fino a tornare al valore di 4,3 m/s.
- 2) Istante 600s: l'andamento del grafico è lo stesso, ma si sono raggiunte velocità maggiori che si esauriscono più oltre.
- 3) Istante 2000s: l'andamento del grafico è lo stesso, ma si sono raggiunte velocità maggiori che si esauriscono più oltre.
- 4) Istante 5000s e 7200s: la velocità tende ormai a stabilizzarsi al valore di 4,3 m/s in ogni punto.

<p><u>TABELLA 29 (2° PARTE)</u></p>	<p><u>Conclusione della slide</u></p>
<p><u>TABELLA 30</u></p>	<p>Per poter rispondere a questa domanda, è necessario fare un breve rimando al funzionamento del software Camatt.</p> <p>Per poter “governare” l'incendio, infatti, è possibile inserire nella galleria stradale delle “<u>attrezzature</u>”, cioè dei sistemi di ventilazione e direzione dei fumi.</p> <p>Di esse il programma vuole conoscere: le CARATTERISTICHE, ed il PILOTAGGIO/FUNZIONAMENTO, cioè quali prestazioni sono in grado di mantenere nel tempo. (Si spiegherà meglio in seguito cosa questo significa).</p> <p style="text-align: center;"><u>ELENCO:</u></p> <p style="text-align: center;">Le attrezzature che Camatt permette di installare sono le seguenti: → Lettura della slide</p>
<p><u>TABELLA 31</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>PILOTAGGIO DEI MACCHINARI:</u></p> <p>Una volta posizionate le attrezzature, occorre “pilotarle”, cioè definirne il funzionamento all'interno della galleria.</p> <p>Per far questo, prima di tutto viene inserito automaticamente il “<u>valore iniziale</u>” del macchinario, cioè il valore iniziale del parametro che caratterizza l'elemento. (Nel caso di acceleratori, per esempio, il parametro è il valore della spinta).</p> <p>Dopo di che è possibile, con la tabella sottostante, modificare nel tempo il valore di questo parametro, tramite il “<u>coefficiente moltiplicatore</u>”.</p> <p>Infatti, una batteria non inizia immediatamente a funzionare a pieno regime. O meglio: in alcuni casi il suo funzionamento è immediato, in alcuni casi ci vuole un po' prima che questo avvenga o avvenga a pieno regime.</p> <p>Camatt permette di caratterizzare il funzionamento: se ad esempio una batteria funziona solo per metà della sua potenza all'istante iniziale 0 e raggiunge il pieno regime dopo mezz'ora, nella tabella si metterà 0, 0, 0, come orario e 0.5, come coefficiente moltiplicatore. Dopo si metterà 0, 30, 0 come orario e 1 come valore del coefficiente moltiplicatore.</p> <p>In altri casi il suo funzionamento può variare più volte nel corso del tempo: il cambiamento di</p>

	<p>funzionamento è ancora una volta pilotato tramite il coefficiente moltiplicativo.</p> <p>→ Lettura <u>finale</u> della slide</p>
<p><u>TABELLA 32</u></p>	<p>→ Solo lettura della slide</p>
<p><u>TABELLA 33</u></p>	<p>→ Solo lettura della slide</p>
<p><u>TABELLA 34</u></p>	<p><u>A questo punto si passa alla FASE numero 3: EDIZIONE DEI RISULTATI CON I MACCHINARI.</u> In questa sede, cioè, si vedrà come la presenza degli acceleratori ha mutato le caratteristiche aerauliche della galleria, e soprattutto se il mutamento è tale da rendere possibile la fuga degli utenti rimasti all'interno della galleria.</p> <p><u>Cominciamo dallo SCENARIO 1:</u></p> <p>Gli acceleratori vengono fatti funzionare in modo che i fumi siano spinti verso la testata francese. Il sistema di ventilazione, dunque, riesce ad invertire la corrente d'aria e a respingere i fumi verso la Francia, permettendo di migliorare l'evacuazione degli utenti bloccati nel versante italiano.</p> <p><u>L'obiettivo infatti era quello di liberare dai fumi la galleria con una velocità vicina a 3 m/s nel senso Italia-Francia.</u></p> <p>Come si vede dai grafici di Camatt, adesso che è stata applicata la batteria di acceleratori, la velocità della corrente d'aria durante i primi minuti dell'incendio è superiore alla velocità critica, e i fumi sono dunque, durante questo periodo, destratificati.</p> <p>Dopo di che la velocità si è stabilizzata ad un valore inferiore a 1 m/s, ed è invece possibile la stratificazione dei fumi e di conseguenza l'invasione da parte dei fumi della galleria.</p> <p>Tuttavia, dato che si tratta di un fenomeno a lungo termine e che per allora gli utenti hanno già, di norma, evacuato la zona dell'incendio e si trovano in sicurezza, si stima che il risultato sia stato raggiunto.</p>
<p><u>TABELLA 35</u></p>	<p>→ Lettura e commento dei grafici</p> <p><u>Si giunge alla conclusione:</u> grazie alla messa in opera rapida del sistema di ventilazione nel senso Italia-Francia, l'evacuazione degli utenti bloccati sul lato italiano potrà essere possibile e senza pericoli gravi: la tossicità è relativamente bassa ed è percepita all'interno di una durata compatibile con l'evacuazione.</p> <p><u>Possiamo dire che l'obiettivo di sicurezza è stato raggiunto.</u></p>

<p><u>TABELLA 36</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>SCENARIO 2:</u></p> <p>Gli acceleratori vengono fatti funzionare in modo che i fumi siano spinti verso la testata italiana. TUTTAVIA IN QUESTO CASO....</p> <p>La contropressione esercitata sulla testa italiana fa sì che, almeno all'inizio, la corrente d'aria sia spinta nel senso Italia- Francia.</p> <p>Poi, a causa delle condizioni di traffico unidirezionale Francia- Italia, la strategia di ventilazione riesce a spingere i fumi con la più grande velocità possibile verso l'Italia.</p> <p>La messa in moto degli acceleratori, poi, permette di invertire la corrente d'aria, ma non permette di oltrepassare la velocità di critica. Dunque i fumi progrediscono tutti insieme dal verso degli utenti bloccati sul versante francese.</p>
<p><u>TABELLA 37</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>PERCHE' QUESTA STRATEGIA SI E' RIVELATA INEFFICACE?</u></p> <p>L'incapacità del sistema nel soddisfare questo obiettivo proviene essenzialmente dal fatto che gli acceleratori non sono resistenti al fuoco. Prima della loro messa in moto, infatti, 3 batterie di acceleratori situati sul lato francese dell'incendio sono distrutte dalla temperatura dei fumi. Una volta azionati ed invertita la corrente d'aria, la prima batteria sul lato italiano viene ugualmente distrutta.</p> <p style="text-align: center;">Si rivela pertanto importante la perdita di efficienza.</p> <p style="text-align: center;">E' tuttavia necessario osservare anche i valori penalizzanti delle ipotesi considerate:</p> <p style="text-align: center;"><u>Potenza massima dell'incendio: 100 MW;</u> <u>Contropressione ΔP: 234 Pa;</u></p>
<p><u>TABELLA 38</u></p>	<p style="text-align: center;">→ (Lettura e commento dei grafici)</p> <p>Va precisato però che i due esempi fatti e l'analisi condotta hanno avuto il solo ruolo di test di studio dell'efficacia del simulatore, e non di studio specifico del rischio in galleria, che ovviamente dovrebbe comprendere molti più esempi, ai sensi degli obiettivi dell'analisi di rischio.</p>

TABELLA 39

A questo punto è possibile affrontare l'ultimo argomento della trattazione:
DANNI PROVOCATI SUL CORPO UMANO DAI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE

Attraverso l'analisi del caso concreto, abbiamo infatti determinato le caratteristiche di un particolare scenario di incendio.

Ovvero abbiamo determinato qual è la situazione all'interno della galleria in termini di fumi e concentrazione di sostanze inquinanti qualora al suo interno scoppi un incendio.

A questo punto –per concludere il nostro lavoro sulla sicurezza -occorre determinare la salvabilità degli utenti all'interno di essa.

Per far questo è necessario confrontare la situazione presente all'interno della galleria con le prescrizioni della normativa tecnica ISO 13571.

In che modo – e cioè che tipo di confronto deve essere eseguito- viene discusso in queste poche slide.

TABELLA 40

Prima di tutto, è necessario conoscere gli effetti prodotti da una sostanza tossica sull'organismo umano.

Si dà dunque la definizione di tossicità: la tossicità è la capacità di provocare effetti dannosi sugli organismi viventi.

Da che cosa dipende questa capacità di produrre effetti dannosi?

Nel valutare gli effetti di una sostanza sull'organismo, i parametri fondamentali sono la concentrazione ed il tempo di esposizione.

Ora, l'ammontare totale di una sostanza o di un agente fisico che viene assunto da un organismo viene definito dose.

Il danno subito dall'organismo umano dipende pertanto dalla dose D di una sostanza tossica che nel tempo t si è accumulata nell'organismo.

Si può approssimare grossolanamente: $D = c \times t$.

E a determinati valori di dose corrispondono specifici effetti, come è possibile leggere dalla seguente tabella.

Basandosi su questa formula, però, si è portati a credere che tempo di esposizione e concentrazione di una sostanza tossica influiscano sui danni che essa provoca con identico peso.

Dai dati sperimentali sappiamo che questo non è vero: per la maggior parte delle sostanze, infatti, un'alta concentrazione per un breve periodo di tempo ha effetti più gravi di un lungo tempo di esposizione con concentrazioni modeste.

Si conclude, dunque, che il valore D supera una certa soglia se diventano eccessivi o c (concentrazione) o t (tempo di esposizione), oppure la combinazione dei due, però....

TABELLA 41

...non tutte le sostanze tossiche si comportano allo stesso modo!

Alcune sostanze, infatti, sono così tossiche che i danni provocati sul corpo umano dipendono unicamente dalla concentrazione di esse nella aria: ne sono un esempio i gas irritanti e il monossido di carbonio.

Per altre sostanze, invece, ciò che determina i danni provocati è anche il tempo di esposizione. Ne è un esempio l'acido cianidrico la cui pericolosità dipende più dal tempo di esposizione che non dalla concentrazione, essendo questa sostanza nociva anche per concentrazioni minime.

Fatta questa doverosa premessa riguardo gli effetti delle sostanze tossiche, è possibile finalmente analizzare quanto prescritto dalla normativa.

Il problema fondamentale, per determinare la salvabilità degli utenti dentro la galleria, è il tempo. La domanda è: il tempo disponibile per la fuga è maggiore o minore del tempo richiesto per scappare?

Il tempo richiesto per la fuga è noto una volta note le caratteristiche della galleria: lunghezza, posizione e distanza delle uscite di emergenza....

Il tempo disponibile per la fuga, invece, è calcolabile tramite le formule riportate sulla normativa tecnica in funzione della concentrazione e del tempo di esposizione degli inquinanti.

Paragonare questo tempo con il tempo richiesto per la fuga degli occupanti verso un luogo sicuro serve poi a valutare l'effettiva sicurezza della costruzione in caso di incendio.

Nel caso in cui tale paragone riveli che il tempo disponibile per la fuga sia insufficiente, è possibile scegliere una varietà di strategie di protezione.

TABELLA 42

La questione a questo punto è: come si determina il tempo disponibile per la fuga?
Se ne dà prima di tutto la definizione: "il tempo disponibile per la fuga è l'intervallo di tempo tra lo scoppiare dell'incendio e l'istante oltre il quale la situazione diventa "incontenibile", cioè tale che gli occupanti la galleria al momento dell'incendio non abbiano, per varie ragioni, la possibilità di ultimare la loro fuga".

Vediamo il ruolo della norma nella sua stima:

La norma fornisce una serie di formule che permettono di stimare lo stato in cui si trovano gli occupanti in precisi intervalli di tempo, fino al momento in cui tale esposizione può impedire agli occupanti di portare a termine la loro fuga.

Detto questo, il tempo disponibile per la fuga viene valutato tramite due indici:

	→ (lettura della slide)
<p><u>TABELLA 43</u></p>	<p><u>Il motivo per cui si utilizzano due diversi indici è semplice:</u></p> <p>1) Per i gas che hanno un effetto irritante sulle vie aeree e sugli occhi delle persone tale effetto è governato dalla <i>concentrazione</i> alla quale gli individui sono esposti, e quindi si applica il concetto di frazione efficace di <i>concentrazione</i>.</p> <p>2) Nel caso di agenti tossici, invece, l'effetto sul corpo umano dipende anche dal <i>tempo</i> di esposizione, e dunque è necessario calcolare la dose effettiva frazionaria, attraverso la quale si determinano gli incrementi nel tempo delle dosi dovute alle singole specie tossiche, e le condizioni di non sostenibilità di un ambiente si realizzano quando la dose accumulata delle dosi frazionarie supera un dato valore di soglia.</p> <p><u>Affrontiamo prima la stima del tempo disponibile nella fuga nei gas tossici, tramite l'indice FED.</u></p> <p>→ (lettura della slide)</p>
<p><u>TABELLA 44</u></p>	<p>→ (lettura iniziale della slide)</p> <p>Partendo da questa relazione generale, la norma permette di applicare tale relazione anche alla presenza contemporanea del CO e dell'HCN, utilizzando i rispettivi valori di soglia.</p> <p><u>Per la CO viene utilizzata come soglia la dose di inabilitazione $Ct = 35000$ ppm min, che corrisponde ad una percentuale di COHb nel sangue pari a 30 nelle persone con un volume respiratorio di 20 l/min.</u></p> <p><u>Per l'acido cianidrico, invece, non potendo fare ricorso ad un valore costante in quanto per questa sostanza è molto più rilevante il tempo di esposizione, viene utilizzata una espressione esponenziale derivata da esperimenti sulle scimmie. I coefficienti sono dunque ottenuti tenendo conto sia della concentrazione, sia del tempo di esposizione.</u></p>
<p><u>TABELLA 45</u></p>	<p><u>Vediamo adesso la stima del tempo disponibile nella fuga nei gas asfissianti, tramite l'indice FEC.</u></p> <p>→ lettura della slide</p> <p>Anche nel caso dell'effetto delle sostanze irritanti, dunque, si postula la sommabilità degli effetti delle singole specie irritanti presenti.</p> <p>Come nel caso precedente, si individua nel momento in cui la somma supera una determinata soglia il tempo limite oltre il quale non è più considerata sopportabile la situazione dell'ambiente in cui si</p>

	<p>trovano delle persone. Il valore FEC definito dalla norma è pari a....(FORMULA)</p> <p><u>Nella quale le concentrazioni di gas irritanti sono espresse in ppm ed F = concentrazione in ppm del gas irritante considerata in grado di compromettere la capacità della persona di adottare azioni adeguate per mettersi in salvo.</u></p>
<p><u>TABELLA 46</u></p>	<p><u>ULTERIORI CONSIDERAZIONI</u>:La norma valuta anche gli effetti termici.</p> <p>Il calore sul corpo umano, in generale, è associato agli effetti dovuti a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) IPERTERMIA; 2) USTIONI CUTANEE; 3) USTIONI DEL TRATTO RESPIRATORIO. <p>Anche l'analisi degli effetti termici prevede poi che sia definita una soglia che determini un valore di danno ed il tempo di esposizione necessario a raggiungerla durante uno specifico scenario di incendio.</p> <p>Si trascura però, in questo caso, di riportarne la formula.</p>
<p><u>TABELLA 51</u></p>	<p><u>Fine della trattazione. Grazie a tutti per avermi ascoltato.</u></p>