

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO			INFRATRASPORTI S.r.l.											
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. F. Cocito Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 8785X	PREVENZIONE INCENDI LINEA SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI – PREMessa E RISULTATI												
		ELABORATO				REV.		SCALA	DATA					
						Int.	Est.							
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A0	D	VVF	GEN	R	020	0	1	-	31/10/2022

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/03/22	LS	FCo	FCo	RCr
1	AGGIORNAMENTO PER ASPETTI FUNZIONALI E DI PREVENZIONE INCENDI	31/10/22	LSo	FCo	FCo	RCr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>19.2</td> <td>108</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>VVFGENR020</td> </tr> </table>						LOTTO 0	CARTELLA	19.2	108	MTL2T1A0D	VVFGENR020	STAZIONE APPALTANTE DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro						
LOTTO 0	CARTELLA	19.2	108	MTL2T1A0D	VVFGENR020													



Sommario

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3.	VENTILAZIONE DELLA LINEA	5
4.	ASPETTI PRINCIPALI DELLA VENTILAZIONE DEL DM 21-10-2015	7
5.	SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI POZZI DI VENTILAZIONE PER L'INCENDIO IN GALLERIA	13
6.	SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI POZZI DI VENTILAZIONE PER INCENDIO IN STAZIONE	20
7.	DESCRIZIONE MODELLO SUBWAY ENVIRONMENTAL SIMULATION (S.E.S.)	23
8.	VENTILATORI	25
9.	RISULTATI	27
9.1	SCENARI DI INCENDIO IN GALLERIA	27
9.2	SCENARI DI INCENDIO IN STAZIONE	32
10.	SCENARI DI INCENDIO TRIDIMENSIONALI	36
10.1	SCENARI DI INCENDIO	36
10.2	SINTESI DEI RISULTATI	37
11.	GESTIONE DEGLI IMPIANTI	40
12.	CONCLUSIONI	41

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

1. INTRODUZIONE

Il presente documento è parte della documentazione di prevenzione incendi relativa alla fase di Progetto Definitivo della nuova Linea 2 della Metropolitana Automatica di Torino- tratta funzionale Rebaudengo Politecnico.

Il riferimento normativo principale è il DM 21/10/2015 che introduce la progettazione prestazionale per i sottosistemi di sicurezza ed in particolare per quanto attiene la ventilazione delle sedi sotterranee.

L’impianto normativo, mutuato dalla NFPA 130, prevede l’esecuzione di analisi fluidodinamiche monodimensionali mirate alla progettazione e verifica degli impianti di ventilazione a servizio della linea con particolare attenzione alla gestione di eventi di incendio di un treno fermo lungo la linea.

Le peculiarità delle linee metropolitane che prevedono variazioni continue di pendenza longitudinale, pozzi di ventilazione localizzati in profondità, richiedono una specializzazione nei modelli termofluidodinamici mirata a valutare tali aspetti in modo specifico al fine di consentire il dimensionamento degli impianti di ventilazione.

Inoltre le linee metropolitane sono caratterizzate da manufatti che presentano caratteristiche geometriche complesse rispetto alla normale galleria di linea per cui risulta opportuno approfondire con un maggiore livello di dettaglio il comportamento dei fumi in tali zone.

Il documento riporta una sintesi dei risultati delle analisi monodimensionali effettuate mediante software SES SVS6 relativi alla gestione della ventilazione in caso di incendio di un treno che si verifichi nelle intertratte della linea 2 della metropolitana di Torino, ed una sintesi dei risultati delle simulazioni tridimensionali effettuate con il codice FDS per specifici manufatti quali: retrostazione Bologna - pozzo Novara, tratto tra stazione Bologna e stazione Cimarosa con sdoppiamento delle gallerie, retrostazione Politecnico, nonché per un tratto tipologico della galleria di linea.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Le analisi svolte hanno mostrato come siano rispettati i criteri prestazionali definiti dal DM 28/10/2015 sia in termini di velocità dell'aria sia in termini di soglie di prestazione.

Nello specifico della normativa antincendio il Progetto Definitivo in parola relativamente alla ventilazione della galleria di linea si avvale di soluzioni conformi, pertanto il presente studio si inquadra come approfondimento di quanto richiesto al paragrafo V.1 del DM 21/10/2015 ed in particolare ai punti 1 e 4 di seguito citati per i quali sono richieste verifiche fluidodinamiche relativamente agli scenari di incendio in galleria.

L'approccio di calcolo utilizzato è in conformità al DM 21/10/2015 ed in particolare a quanto riportato nell'appendice tecnica in riferimento al DM 9/5/2007 allegato A relativamente alla documentazione da produrre. Si evidenzia come l'analisi preliminare o qualitativa sia già assolta per le soluzioni conformi dal DM 21/10/2015 stesso, che definisce gli scenari di incendio di riferimento da analizzare, mentre l'analisi quantitativa costituisce lo strumento progettuale e di verifica di conformità alla norma stessa.

La prima fase definita al paragrafo 2 dell'allegato A al DM 9/5/2007 comma 1 si ritiene pertanto già assolta dal DM 21/10/2015 e non necessita per le soluzioni conformi di una definizione degli scenari di incendio di progetto.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I seguenti documenti contengono le relazioni complete relative alla modellazione della ventilazione, di incendio ed esodo per la Linea.

MTL2T1A0DVVFGENR019 MODELLAZIONE IMPIANTO DI VENTILAZIONE – RELAZIONE COMPLETA.

MTL2T1A0DVVFGENR018 LINEA-MODELLAZIONE INCENDIO ED ESODO - RELAZIONE COMPLETA

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

3. VENTILAZIONE DELLA LINEA

La gestione della linea in condizioni di emergenza è effettuata tramite i ventilatori situati nei pozzi di ventilazione presenti in ogni intertratta, i ventilatori sono installati in modalità ridondata e sono attivati in funzione dello scenario.

Nel complesso la rete è composta da 13 stazioni, 1 deposito e 12 intertratte in cui il treno trasporta passeggeri. Nelle simulazioni effettuate sono stati analizzati 26 diversi scenari di incendio in cui varia la posizione del treno lungo la linea, inoltre sono state svolte 27 ulteriori simulazioni nelle quali per estrarre i fumi vengono utilizzati i pozzi di ventilazione in modalità "push pull" anziché "sandwich", per un totale di 53 simulazioni di incendio (nel caso del deposito Rebaudengo è stato simulato il solo caso push-pull).

Per quanto riguarda gli incendi in stazione sono state eseguite 14 simulazioni utilizzando 2 pozzi per gestire il fenomeno, in aggiunta sono state analizzati altri 14 casi in cui vengono messi in funzione dai 3 ai 4 pozzi di ventilazione, per un totale di 28 simulazioni analizzate per gli incendi del treno in stazione. L'obiettivo dell'analisi delle stazioni è verificare che i fumi generati dalla combustione non si propaghino in banchina e che sia garantito un esodo in sicurezza per gli utenti. Per ogni scenario la posizione dell'incendio è tale da massimizzare la difficoltà nell'estrarre i fumi.

L'obiettivo del documento è verificare il raggiungimento dei criteri di sicurezza previsti dal DM 21/10/2015 ed in particolare del rispetto della velocità critica, definendo per ciascuno scenario i pozzi che è necessario attivare. E' stata condotta un'analisi comparativa tra strategia sandwich e strategia push-pull al fine di poter valutare le condizioni operative ottimali.

Nello specifico della normativa antincendio il Progetto Definitivo in parola relativamente alla ventilazione della galleria di linea si avvale di soluzioni conformi, pertanto il presente studio si inquadra come approfondimento di quanto richiesto al paragrafo V.1 del DM 21/10/2015 ed in

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

particolare ai punti 1 e 4 di seguito citati per i quali sono richieste verifiche fluidodinamiche relativamente agli scenari di incendio in galleria.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

4. ASPETTI PRINCIPALI DELLA VENTILAZIONE DEL DM 21-10-2015

Successivamente si riportano i paragrafi significativi della norma attinenti la ventilazione delle gallerie.

Allegato I

REGOLA TECNICA DI PREVENZIONE INCENDI PER LA PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DELLE METROPOLITANE

Capo I - Generalità

I.1. Premesse.

1. Lo scopo della presente regola tecnica è quello di fornire i criteri progettuali per la realizzazione di nuove metropolitane al fine di attenuare i livelli di rischio nei confronti dell'evento «incendio». La sicurezza antincendio è infatti fondamentale per gli utenti che usufruiscono del servizio ed incontra anche la necessità di garantire alle squadre di soccorso le condizioni minime di sicurezza per operare con successo.

2. La regola tecnica è basata su indicazioni tecniche che rappresentano la sintesi di studi ed orientamenti progettuali condivisi a livello internazionale. In tal modo i criteri di progettazione della sicurezza antincendio per le metropolitane risultano definiti, comprensibili, sorretti da un adeguato margine di sicurezza e, soprattutto, integrati nel più ampio processo di progettazione delle opere. Il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio, in particolare quelli correlati al controllo e gestione dei fumi ed alla progettazione dei percorsi di sfollamento, deve essere conseguito mediante una progettazione di tipo prestazionale basata sui criteri indicati nel decreto del Ministro dell'interno 9 maggio 2007, recante «Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio», a partire da alcuni valori prescritti nella presente regola tecnica che, qualora rispettati, non richiedono ulteriori valutazioni del rischio. In caso di

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

scostamento dai valori prescritti è necessario analizzare gli scenari significativi in accordo all'approccio ingegneristico ai sensi del citato decreto; in entrambi i casi dovrà essere attuato un sistema di gestione della sicurezza antincendio, così come previsto dallo stesso decreto.

3. L'obiettivo primario della salvaguardia delle persone deve essere perseguito con riferimento: alle condizioni di sopravvivenza delle persone che si troveranno nelle immediate vicinanze di un focolaio d'incendio; alla protezione delle persone durante il percorso che le conduce in uno spazio scoperto o comunque intrinsecamente sicuro.

4. Tenuto conto che, ai fini della sicurezza antincendio, va sempre perseguito l'obiettivo di condurre il treno in stazione, gli scenari d'incendio di riferimento più importanti, ma non esclusivi, sono: scenario 1): l'incendio a bordo di un treno in stazione;

scenario 2): l'incendio a bordo di un treno fermo in galleria;

scenario 3): l'incendio di un'eventuale attività commerciale di pertinenza posta nell'atrio della stazione ed avente le caratteristiche geometriche ed impiantistiche riportate nella stessa regola tecnica;

scenario 4): l'incendio in un locale tecnico.

5. La potenza d'incendio, e quindi la curva naturale d'incendio, da assumere come base per i calcoli dei parametri dell'incendio quali profili di temperatura, altezza delle fiamme e portata dei fumi sarà stimata, per gli scenari di incendio 1) e 2), sulla base delle caratteristiche di combustibilità dei materiali che costituiscono i vagoni dei convogli. Nel caso in cui risulti una potenza totale inferiore a 7000 kW sarà comunque assunto un incendio di progetto minimo pari a 7000 kW su cui basare ogni calcolo dei parametri dell'incendio. La potenza va intesa come potenza totale di picco, espressa con una funzione temporale quadratica con coefficiente α pari a 0,014, corrispondente al raggiungimento della potenza di 1000 kW in 270 secondi.

6. Per lo scenario di incendio 3) sarà assunto un incendio di progetto minimo pari a 3000 kW da intendersi come potenza totale massima raggiunta espressa con una funzione temporale

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

quadratica di tipo medio e controllata, eventualmente fino allo spegnimento, dall'impianto automatico di spegnimento ad acqua, sempre presente e debitamente progettato per raggiungere tale obiettivo.

7. Per lo scenario di incendio 4) sarà assunto un incendio di progetto di caratteristiche analoghe a quello dello scenario di incendio 3) anche non in presenza di impianto automatico di spegnimento.

Capo V - Impianti di ventilazione di emergenza

V.1. Criteri generali.

1. Gli impianti di ventilazione di emergenza costituiscono un elemento fondamentale per la sicurezza nelle metropolitane e devono essere progettati e realizzati secondo la regola dell'arte, al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- In caso di incendio a bordo di un convoglio che perde mobilità all'interno di una galleria (riferimento allo scenario di incendio 2), assicurare che le persone possano evacuare il convoglio usando la galleria come percorso di sfollamento fino alla stazione più vicina o ad una uscita di sicurezza. La velocità dell'aria nella galleria dovrà essere sufficiente a contrastare i fenomeni espansivi dei fumi dell'incendio in senso contrario a quello dell'aria fresca immessa in galleria (backlayering) e comunque non potrà essere inferiore a 1,5 m/s; in ogni caso non si deve verificare, in galleria, lo stato critico per la sicurezza umana per tutto il tempo necessario al raggiungimento delle uscite di sicurezza di cui al capo IV.5, tenendo altresì conto delle difficoltà di sbarco e della ridotta mobilità degli occupanti sulla banchina di servizio;
- In caso di incendio a bordo di un treno che è fermo in stazione (riferimento allo scenario di incendio 1), assicurare che le persone possano evacuare il convoglio percorrendo il tratto di banchina di lunghezza definita al capo IV.2, fino ad entrare nei percorsi protetti; in ogni caso non si deve verificare lo stato critico per la sicurezza umana almeno per i primi dieci minuti dall'apertura delle porte del convoglio;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

- Controllare la velocità dell'aria nelle prime fasi dell'incendio (fase di crescita) al fine di agevolare l'evacuazione degli utenti in galleria.

2. Per gallerie di sedi sotterranee di lunghezza inferiore o pari a 300 m non è necessario l'impianto di ventilazione di emergenza.

3. La combinazione delle logiche di attuazione degli impianti di ventilazione, intendendo sia quelli di aspirazione che di immissione, con le procedure di emergenza, deve far sì che i fumi seguano percorsi opposti a quelli dell'esodo delle persone considerando la possibilità di avviare la ventilazione meccanica in modo graduale e differenziato in funzione della posizione del treno rispetto alle uscite di emergenza e del focolaio all'interno del treno medesimo.

4. Gli impianti di ventilazione di emergenza dovranno essere progettati secondo i metodi della tecnica aeraulica e l'efficacia globale degli impianti nel raggiungimento degli obiettivi di cui al capo I.1, sarà verificata tramite analisi fluidodinamiche.

5. La verifica fluidodinamica dell'impianto dovrà essere effettuata anche su uno scenario che preveda l'attivazione degli impianti di ventilazione in condizioni di emergenza, ma senza incendio, in modo da costituire un riferimento progettuale per i successivi collaudi funzionali.

V.2. Pozzi di estrazione fumi.

1. Ogni tratto di galleria di lunghezza superiore ai 300 m, fra due stazioni successive, dovrà essere attrezzato con un impianto meccanico di estrazione dei fumi la cui tipologia deve essere valutata nell'ambito delle scelte progettuali con l'obiettivo di ottenere le migliori prestazioni in relazione al tipo di galleria.

2. I pozzi di ventilazione saranno posizionati, in linea generale, a circa metà tratta della galleria; la loro collocazione potrà essere anche diversa, ad esempio in testa alle stazioni, in relazione al cadenzamento dei treni ed all'interdistanza tra le stazioni stesse.

3. In caso di gallerie separate a singolo binario servite da un unico pozzo, questo deve essere completamente diaframmato in senso verticale in modo da non avere circuitazione dei fumi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

4. Qualora i pozzi siano utilizzati anche come accesso di emergenza, essi devono essere realizzati in modo che il percorso destinato ai soccorritori sia completamente indipendente e separato dai percorsi di estrazione/immissione dell'aria e dei fumi. In questo caso lo sbarco dal pozzo alla galleria deve avvenire attraverso filtro a prova di fumo.

5. I grigliati dei pozzi di ventilazione e di aerazione, posizionati sul piano di riferimento, devono essere collocati in modo da evitare l'introduzione accidentale di sostanze pericolose nella galleria.

6. I grigliati dei pozzi di aerazione e ventilazione non devono, preferibilmente, essere collocati nella sede stradale o in zone facilmente accessibili al pubblico.

7. I grigliati dei pozzi di aerazione e ventilazione, le uscite di sicurezza ed in genere gli accessi di emergenza per le squadre di soccorso dei vigili del fuoco devono essere delimitati in modo che non possa essere inibita la loro immediata e sicura fruibilità.

V.3. Sistemi di separazione aeraulica del percorso protetto.

1. Nelle stazioni interrato di tipo superficiale ed in quelle di tipo chiuso, poste sul piano di riferimento o su viadotto, la compartimentazione aeraulica tra galleria di stazione ed i percorsi protetti può essere realizzata anche solo con l'installazione di barriere d'aria, opportunamente dimensionate, nei varchi che costituiscono i passaggi tra i due compartimenti. Potranno essere utilizzati, per la compartimentazione, dispositivi diversi qualora ne venga dimostrata l'equivalenza prestazionale.

2. Nelle stazioni profonde, la compartimentazione aeraulica del percorso protetto, sarà realizzata con le barriere d'aria integrate da un sistema di ventilazione dei percorsi protetti che immetta adeguate portate d'aria verso la galleria di stazione, in modo che tali percorsi risultino in sovrappressione rispetto alla zona dell'incendio. Potranno essere utilizzati per la compartimentazione dispositivi diversi qualora ne venga dimostrata l'equivalenza prestazionale.

3. Non sono ammesse barriere d'aria poste tra galleria di stazione e percorsi protetti alimentate da aria prelevata in loco; l'aspirazione dovrà avvenire dall'esterno oppure da zone distanti almeno

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

25 m dalla galleria di stazione. Anche le eventuali barriere poste nei percorsi protetti dovranno essere alimentate in modo da evitare ricircoli e turbolenze che possano ridurre l'efficienza dei dispositivi.

4. La velocità dell'aria immessa dalle barriere d'aria dovrà essere tale da assicurare un'efficace tenuta pneumatica in funzione delle spinte espansive dei gas prodotti dall'incendio di progetto e dovrà, comunque, assicurare che le persone possano attraversare il varco protetto senza resistenze e senza panico.

5. La velocità dell'aria dei sistemi di sovrappressione eventualmente presenti nei percorsi protetti dovrà essere sempre maggiore di 1 m/s ma non superiore a 6 m/s, misurata nel tratto del percorso protetto più vicino alla banchina di stazione.

6. È ammesso l'uso di cortine antifumo, in particolare nelle scale e nei percorsi subverticali.

7. Nel caso di stazioni chiuse costituite da un'unica volumetria aperta potranno essere adottati anche sistemi di evacuazione forzata di fumo e calore progettati secondo la UNI 9494-2.

V.4. Tipologia dei ventilatori.

1. La scelta dei ventilatori di estrazione degli impianti di ventilazione dovrà essere effettuata con riferimento alla temperatura dei fumi, corrette in funzione delle perdite e delle eventuali miscele con aria ambiente, che possono svilupparsi nello scenario di incendio preso a riferimento. Per gli impianti dedicati all'estrazione di fumi da incendio la classe dei ventilatori non dovrà essere inferiore ad F400/90 minuti.

V.5. Gestione centralizzata degli impianti di ventilazione.

1. La gestione degli impianti di ventilazione dovrà essere gestita da un apposito centro di controllo, a cui devono pervenire tutte le informazioni sia in esercizio ordinario che in condizioni di emergenza.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

5. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI POZZI DI VENTILAZIONE PER L'INCENDIO IN GALLERIA

La strategia di ventilazione in caso di incendio in linea è basata sull'esodo degli utenti e prevede:

- Esodo preferenziale nella direzione della stazione rispetto al pozzo di intertratta;
- Rilevazione posizione e temperatura incendio con cavo a fibra ottica,
- Ventilazione con schema tipo push-pull ad avviamento progressivo dei ventilatori finalizzato a incrementare il tempo disponibile per l'esodo (si rallenta la crescita dell'incendio),
- Il sistema di gestione consente strategie flessibili in funzione del punto di incendio individuato.

Di seguito vengono illustrati i metodi di ventilazione Sandwich e Push Pull, in ogni figura i cilindri verticali rappresentano i pozzi di ventilazione mentre il tratto più in basso raffigura il tunnel di passaggio dei treni.

Le analisi svolte sono state mirate alla scelta del sistema ottimale per la linea oggetto di progettazione, la successiva tabella sintetizza vantaggi e svantaggi delle diverse strategie.

	Push-pull	Sandwich
Prestazioni	Consente il raggiungimento di velocità elevate	Limitata nel raggiungimento di velocità elevate
Gestione	Necessita della localizzazione del treno nell'intertratta tra pozzo e stazione	Invariata nell'intertratta tra due stazioni
Flessibilità	Possibilità di utilizzare più pozzi in sequenza per aumentare le	Non è particolarmente efficace incrementare il numero di pozzi attivi

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

	prestazioni o compensare degni	
Dimensionamento dei ventilatori	A parità di prestazioni con il sandwich i ventilatori risultano di dimensioni più piccole	Ventilatori con potenze e ingombri superiori
Estrazione fumi	L'estrazione è efficace solo in alcuni casi	L'estrazione è efficace

Le successive figure illustrano le diverse strategie di ventilazione.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

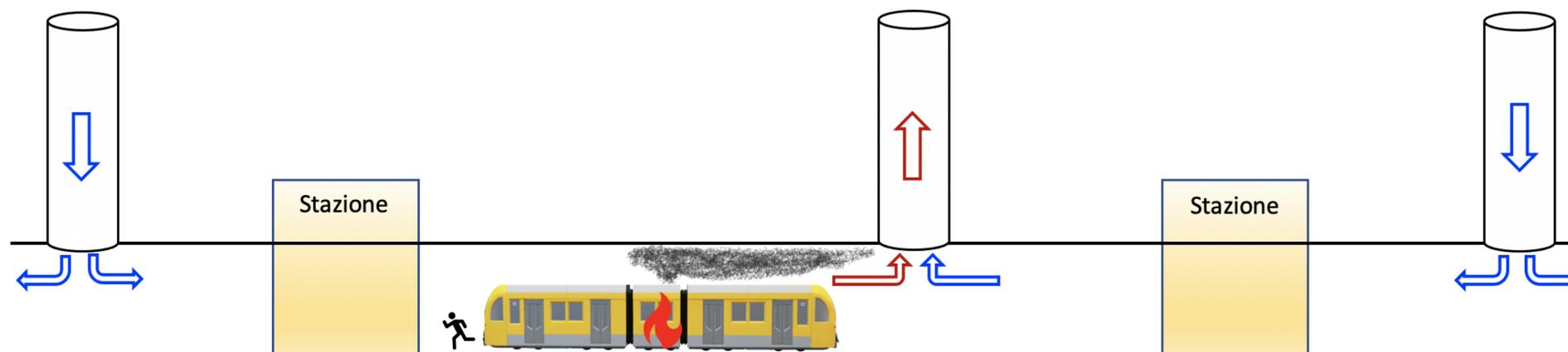


Figura 1 Schema Sandwich con incendio a sinistra del pozzo più vicino.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

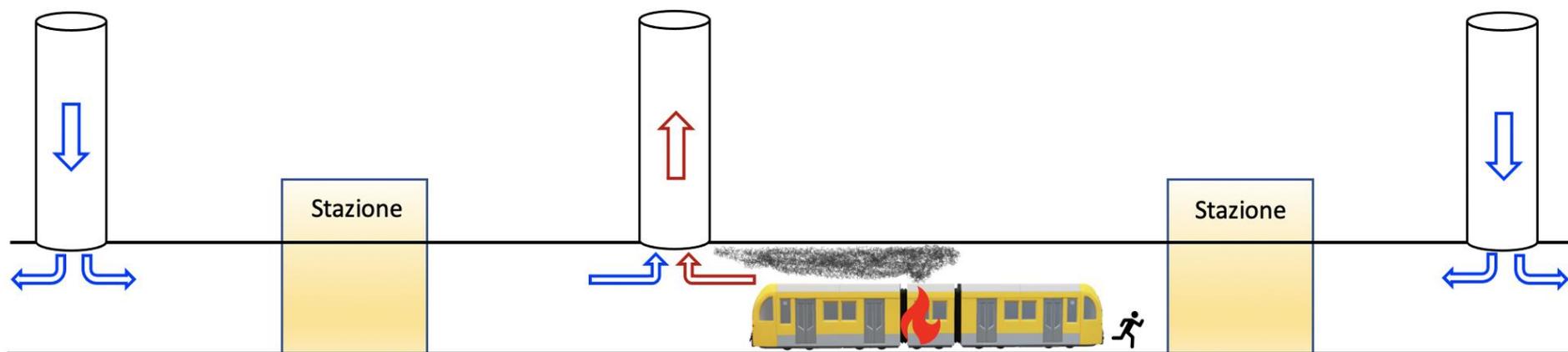


Figura 2 Schema Sandwich con incendio a destra del pozzo più vicino.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX



Figura 3 Schema Push Pull con incendio a sinistra del pozzo più vicino.

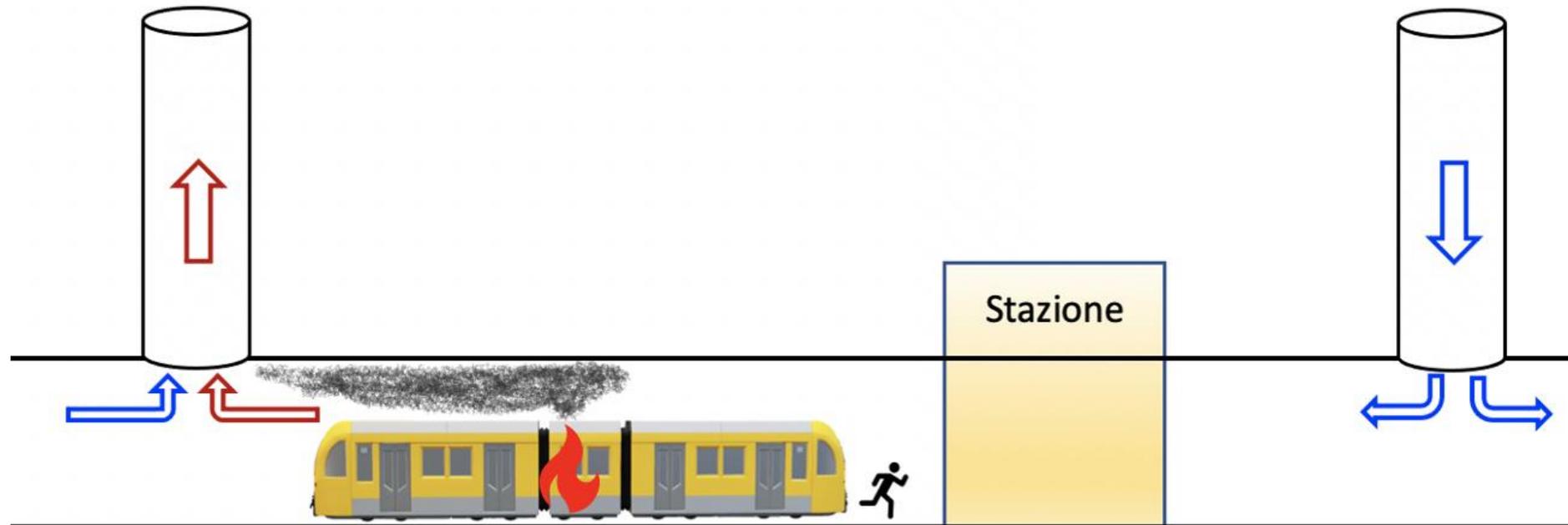


CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX



 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Figura 4 Schema Push Pull con incendio a destra del pozzo più vicino.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

6. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEI POZZI DI VENTILAZIONE PER INCENDIO IN STAZIONE

Di seguito viene illustrata la strategia di ventilazione proposta per lo scenario 1 che contempla il treno incendiato mentre si trova in stazione, nelle figure i cilindri verticali rappresentano i pozzi di ventilazione mentre il tratto più in basso raffigura il tunnel di passaggio dei treni.

La strategia è del tipo pull-pull ovvero i pozzi adiacenti alla stazione (uno o più per lato) sono attivati tutti in estrazione.

I risultati dei casi di incendio in stazione con la strategia pull-pull possono essere utilizzati come condizioni al contorno per la simulazione tridimensionale di incendio in stazione, in particolare per confermare la strategia di gestione dei fumi in stazione che prevede il richiamo di aria dalla stazione verso la galleria in modo tale da mettere quest'ultima in depressione impedendo ai fumi di attraversare le facciate di banchina ed invadere la banchina stessa

La ventilazione push pull qualora attuata nelle stazioni, presenta maggiori incertezze sia nella prestazione che nella gestione. Per via dell'equilibrio variabile delle pressioni nelle diverse stazioni si hanno zone in cui l'aria ed in fumi dalla galleria entrano in stazione e zone in cui l'aria della stazione entra in galleria. Per ottenere un risultato analogo alla strategia pull pull è necessario regolare i ventilatori caso per caso al fine di non avere zone della galleria di stazione in sovrappressione rispetto alla banchina, ovvero è necessario definire il verso del push-pull in funzione della posizione dell'incendio sul treno.

Le simulazioni di incendio del treno in stazione sono state effettuate con la soluzione ottimale dal punto di vista della sicurezza e dell'affidabilità, ovvero con il caso in cui si mette in depressione la galleria rispetto alla stazione.

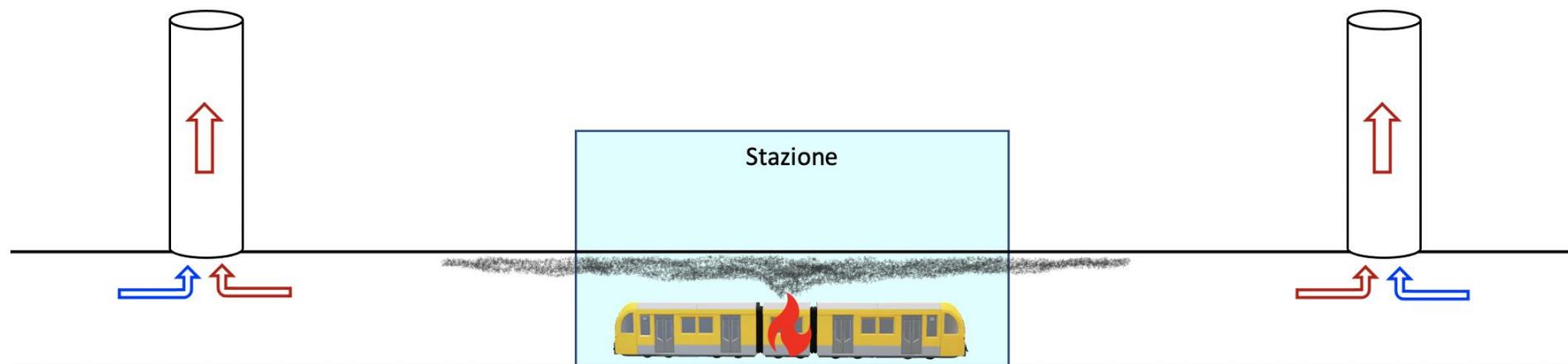


Figura 5 Schema di estrazione dei fumi in caso di incendio in stazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Di seguito è mostrato uno schema della gestione dell'incendio visto dall'alto, l'aria entra nella galleria attraverso lo spazio tra le porte di banchina e il treno.

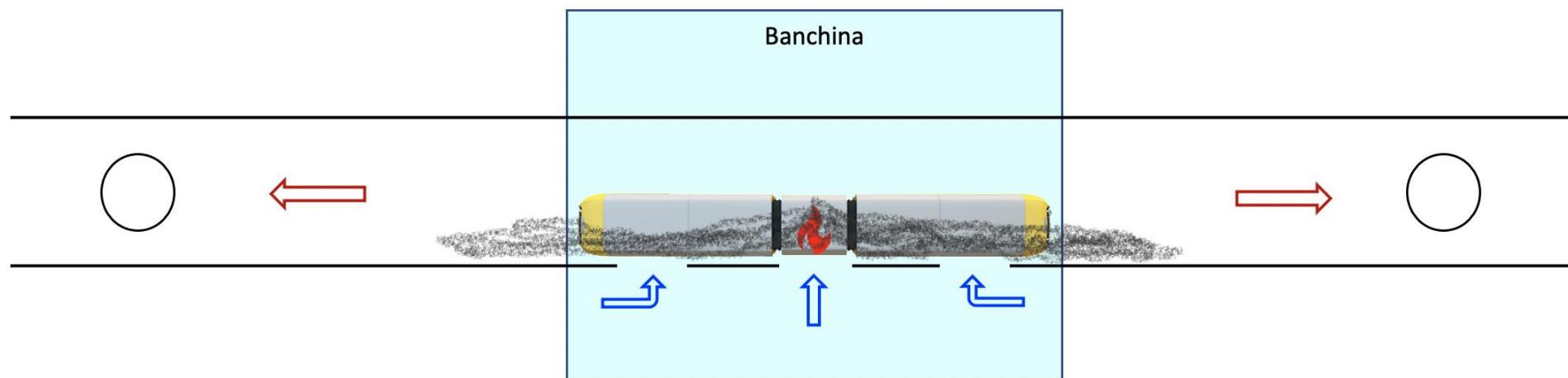


Figura 6 Schema di estrazione dei fumi in caso di incendio in stazione, vista dall'alto.

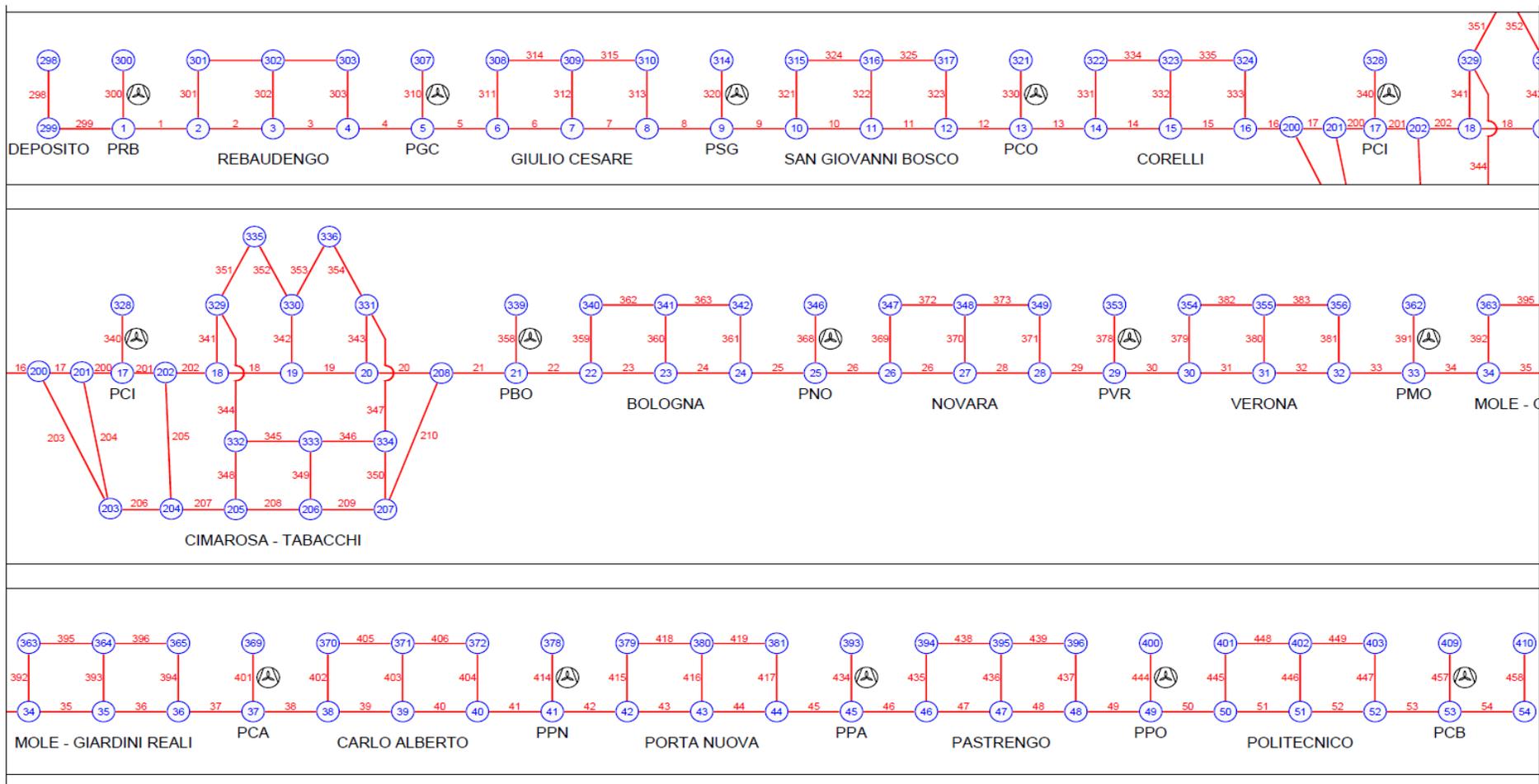
 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

7. DESCRIZIONE MODELLO SUBWAY ENVIRONMENTAL SIMULATION (S.E.S.)

Il modello monodimensionale utilizzato è il S.E.S. (Subway Enviromental Simulator) Computer Programme, in grado di fornire la simulazione di un'intera flotta di treni in esercizio su una linea ferroviaria, con lo scopo di osservare la velocità dell'aria e la temperatura nelle diverse tratte, in stazione, nei pozzi di ventilazione, etc. Tale modello è riconosciuto a livello internazionale come il riferimento in materia di progettazione di sistemi di ventilazione per tunnel ferroviari.

Le tratte oggetto dello studio sono state analizzate mediante la costruzione di un modello S.E.S. rappresentativo di ciascuna stazione e dei tratti di galleria compresi tra le stazioni stesse. I nodi, le sezioni e i segmenti riflettono i parametri geometrici e fluidodinamici delle tratte.

Nella successiva figura è riportato il grafo della rete monodimensionale utilizzato per la costruzione del modello.





8. VENTILATORI

La successiva tabella sintetizza le caratteristiche dei ventilatori utilizzati per i calcoli effettuati con il modello unidimensionale SES.

Ventilatore	Portata	Pressione totale	Diametro	Pressione statica	Rendimento motore	Potenza elettrica
	m ³ /s	Pa	mm	Pa		kW
Tipo 1	120	1480	2240	924	0.63	282
Tipo 2	120	1350	2240	794	0.675	240
Tipo 3	160	1500	2500	863	0.6	400

La successiva tabella sintetizza la dotazione dei ventilatori dei diversi pozzi della Linea 2 in termini di tipologia, quantità ed operatività in emergenza ed in esercizio derivanti dal calcolo effettuato.

Pozzi Linea 2	Tipologia ventilatore	Quantità	Operatività in emergenza	Operatività in esercizio
Pozzo Rebaudengo	Tipo 3	2	1+1	2
Pozzo Giulio Cesare	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo San Giovanni Bosco	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Corelli	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Cimarosa Tabacchi	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Bologna	Tipo 2	2	1+1	2



Pozzo Novara	Tipo 2	3	2+1	2
Pozzo Verona	Tipo 1	2	1+1	2
Pozzo Mole/Giardini Reali	Tipo 1	2	1+1	2
Pozzo Carlo Alberto	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Porta Nuova	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Pastrengo	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Politecnico	Tipo 2	2	1+1	2
Pozzo Caboto	Tipo 2	2	1+1	2

Si precisa quanto segue:

- la dotazione di ventilatori è stata scelta al fine di consentire il dimensionamento elettrico,
- il caso dimensionante è costituito dall'evento incendio in linea per il quale si sono previsti al massimo tre pozzi attivi in condizioni non degradate con un ventilatore sempre di riserva all'altro,
- l'evento di incendio in stazione può essere gestito sia in push-pull che in pull pull prevedendo l'attivazione di uno o al massimo due pozzi per lato della stazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

9. RISULTATI

9.1 Scenari di incendio in galleria

Sono stati simulati gli scenari di incendio per ciascuna intertratta posizionando il treno nel punto più sfavorito dal punto di vista dell'effetto camino.

Per ogni scenario è stata calcolata la velocità critica dell'aria nel punto dell'incendio ed è stata confrontata con il valore di velocità dell'aria ottenuto attivando una serie di pozzi di ventilazione per i quali è stata utilizzata la curva caratteristica dei ventilatori selezionati.

Il processo di progettazione ha richiesto la ripetizione di più calcoli al fine di determinare la caratteristica idonea dei ventilatori ed il numero di pozzi da attivare caso per caso al fine di raggiungere la prestazione richiesta ovvero la Velocità critica.

Nelle intertratte Corelli-Cimarosa e Cimarosa-Bologna sono presenti gallerie su 2 livelli, quelle del livello superiore sono indicate come "sopra", quelle del livello inferiore come "sotto".

Quando i fan attivi sono 2 il ventilatore più vicino all'incendio lavora in estrazione mentre l'altro, cioè quello che sta dalla parte opposta del primo fan con l'incendio come centro di riferimento, lavora in immissione.

Per ogni intertratta la prima simulazione mostrata si riferisce al caso di incendio tra la stazione in direzione Rebaudengo e il pozzo, mentre la seconda simulazione si riferisce al caso con incendio situato tra il pozzo e la stazione in direzione Politecnico.

Gli stessi scenari sono stati analizzati per l'apertura del solo lotto 1 ed hanno dato esito positivo.

Successivamente sono riportati i risultati finali del modello per l'intera tratta Rebaudengo Politecnico, i dettagli dello studio e gli approfondimenti sono riportati nell'elaborato MTL2T1A0DVVFGENR019 MODELLAZIONE IMPIANTO DI VENTILAZIONE – RELAZIONE COMPLETA.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

La successiva tabella riporta i risultati finali ottimizzati con il metodo pus-pull.

Casi	Punto di partenza	Punto di arrivo	Velocità critica [m/s]	Portata [m³/s]	Velocità dell'aria nel tratto dell'incendio [m/s]	Pozzo in immissione n°1	Pozzo in immissione n°2	Pozzo in estrazione n°1	Pozzo in estrazione n°2
1	Pozzo Rebaudengo	Stazione Rebaudengo	1,65	112,9	3,21	PGC		RRB	
2	Stazione Rebaudengo	PGC	1,66	110,3	3,23	RRB		PGC	
3	PGC	Stazione Giulio Cesare	1,69	78,1	2,29	PSG		PGC	
4	Stazione Giulio Cesare	PSG	1,71	80,9	2,37	PGC		PSG	
5	PSG	Stazione San Giovanni Bosco	1,66	75,3	2,20	PCO		PSG	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

6	Stazione San Giovanni Bosco	PCO	1,71	76,5	2,24	PSG		PCO	
7	PCO	Stazione Corelli	1,66	74,8	2,19	PCI		PCO	
8	Stazione Corelli	PCI	1,65	71,3	1,72	PCO		PCI	
9	PCI (sopra)	Stazione Cimarosa Tabacchi	1,88	38,5	1,96	PBO		PCI	
10	PCI (sotto)	Stazione Cimarosa Tabacchi	1,88	44,3	2,26	PBO		PCI	
11	Stazione Cimarosa Tabacchi	PBO (sopra)	1,88	53	2,70	PCI	PCO	PBO	
12	Stazione Cimarosa Tabacchi	PBO (sotto)	1,88	44,2	2,25	PCI		PBO	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

13	PBO	Stazione Bologna	1,59	110,5	2,12	PNO		PBO	
14	Stazione Bologna	PNO	1,41	150	1,61	PBO		PNO	
15	PNO	Stazione Novara	1,65	120,3	3,42	PVR		PNO	
16	Stazione Novara	PVR	1,75	103,7	2,95	PNO		PVR	
17	PVR	Stazione Verona	1,81	70,2	1,99	PMO		PVR	
18	Stazione Verona	PMO	1,81	118,7	3,37	PVR	PNO	PMO	
19	PMO	Stazione Mole/Giardini Reali	1,77	70,2	1,99	PCA		PMO	
20	Stazione Mole/Giardini Reali	PCA	1,65	76,9	2,18	PMO		PCA	
21	PCA	Stazione Carlo Alberto	1,69	83,9	2,38	PPN		PCA	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo

SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI
- PREMESSA E RISULTATI

108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

22	Stazione Carlo Alberto	PPN	1,78	70,7	2,01	PCA		PPN	
23	PPN	Stazione Porta Nuova	1,74	82,9	2,35	PPA		PPN	
24	Stazione Porta Nuova	PPA	1,69	79,2	2,25	PPN		PPA	
25	PPA	Stazione Pastrengo	1,81	93,5	2,66	PPO		PPA	
26	Stazione Pastrengo	PPO	1,74	91,8	2,61	PPA		PPO	
27	PPO	Stazione Politecnico	1,74	109,1	3,10	PCB		PPO	
28	Stazione Politecnico	Fine linea	1,65	107,7	3,06	PPO		PCB	

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

9.2 Scenari di incendio in stazione

Nelle successive tabelle sono mostrati i risultati delle simulazioni di incendio in stazione con strategia pull-pull.

Nella stazione Cimarosa Tabacchi sono presenti banchine su 2 livelli, quelle del livello superiore sono indicate come "sopra", quelle del livello inferiore come "sotto".

In tutti gli scenari i pozzi di ventilazione estraggono aria e fumi dalla linea portandoli all'esterno, nella stazione in cui ha luogo l'incendio l'aria di ricambio arriva dalle uscite verso l'esterno e passa attraverso lo spazio tra il treno e le porte di banchina giungendo così in galleria.

Nella tabella sono invece esposti i valori di portata ottenuti attivando da 3 a 4 pozzi in base alle necessità fluidodinamiche dell'emergenza, in questo caso i ventilatori sono stati regolati pertanto non lavorano tutti al 100%.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

La successiva tabella riporta i risultati ottenuti con l'obiettivo di garantire almeno 25 m³/s per ciascun lato delle stazioni per cui in alcuni casi sono necessari fino a quattro pozzi attivi.

Stazioni	Portata in uscita al nodo sud [m ³ /s]	Portata nel segmento sud [m ³ /s]	Portata nel segmento nord [m ³ /s]	Portata in uscita al nodo nord [m ³ /s]	Pozzi attivi	Nomi pozzi attivi
Rebaudengo	30,30	5,10	-19,70	-45,30	3	RB,GC,SG
Giulio Cesare	31,40	7,10	-16,70	-41,10	3	GC,SG,CO
San Giovanni Bosco	44,20	20,90	-1,80	-25,00	3	SG,CO,CI

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Corelli	31,00	12,10	-6,40	-25,30	3	CO,CI,BO
Cimarosa Tabacchi sopra	39,90	12,60	-12,90	-40,65	4	CO,CI,BO,NO
Cimarosa Tabacchi sotto	37,70	11,70	-10,20	-35,90	4	CO,CI,BO,NO
Bologna	43,10	14,80	-13,10	-41,60	3	CI,BO,NO
Novara	54,10	23,00	-7,50	-38,70	3	NO,VR,MO
Verona	42,20	13,40	-14,80	-43,70	4	NO,VR,MO,CA
Mole/Giardini	25,30	5,90	-13,20	-32,70	3	VR,MO,CA
Carlo Alberto	43,80	20,10	-3,00	-26,60	4	MO,CA,PN,PA

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Porta Nuova	46,70	21,30	3,40	-28,80	3	CA,PN,PA
Pastrengo	57,90	28,60	0,00	-29,30	3	PN,PA,PO
Politecnico	57,10	27,40	-1,50	-31,10	3	PA,PO,CA

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

10. SCENARI DI INCENDIO TRIDIMENSIONALI

10.1 Scenari di incendio

Lo studio ha lo scopo di approfondire gli scenari di incendio di un treno lungo la linea con i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, che nella fattispecie costituisce lo scenario 2 previsto dal DM 21/10/2015.

Gli approfondimenti ritenuti significativi riguardano i seguenti manufatti:

1. tratto tipologico della linea,
2. retrostazione Bologna - pozzo Novara,
3. tratto tra stazione Bologna e stazione Cimarosa con sdoppiamento delle gallerie,
4. retrostazione Politecnico.

La successiva tabella sintetizza le peculiarità dei tratti interessati.

Scenario	Caratteristiche	Ventilazione	Esodo
1	Galleria a doppio binario tipologica	Push-pull	In direzione opposta alla ventilazione
2	Manufatto con tre binari di cui uno di ricovero	Push-Pull -Estrazione Pozzo Novara	Verso stazione Bologna
3	Sdoppiamento della linea per giungere ai binari sovrapposti della stazione Cimarosa	Push-Pull	Verso stazione Cimarosa
4	Retrostazione Politecnico	Estrazione Pozzo Caboto	Esodo del solo personale di servizio

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Le verifiche sono mirate a supportare i risultati delle analisi monodimensionali confermando il dimensionamento dell'impianto di ventilazione di linea.

10.2 Sintesi dei Risultati

I dettagli dei risultati delle analisi svolte sono riportati nel documento MTL2T1A0DVVFGENR018 LINEA-MODELLAZIONE INCENDIO ED ESODO - RELAZIONE COMPLETA

Nel corso dello studio sono stati analizzati tratti tipologici e singolari della linea mediante simulazioni di incendio tridimensioni accoppiate a modelli di esodo al fine di supportare il dimensionamento dell'impianto di ventilazione effettuato con modelli monodimensionali.

Gli obiettivi di sicurezza possono essere così sintetizzati rispetto a quanto previsto dalla norma:

- In caso di incendio a bordo di un convoglio che perde mobilità all'interno di una galleria (riferimento allo scenario di incendio 2), assicurare che le persone possano evacuare il convoglio usando la galleria come percorso di sfollamento fino alla stazione più vicina o ad una uscita di sicurezza. La velocità dell'aria nella galleria dovrà essere sufficiente a contrastare i fenomeni espansivi dei fumi dell'incendio in senso contrario a quello dell'aria fresca immessa in galleria (backlayering) e comunque non potrà essere inferiore a 1,5 m/s; in ogni caso non si deve verificare, in galleria, lo stato critico per la sicurezza umana per tutto il tempo necessario al raggiungimento delle uscite di sicurezza [...];
- 3. La combinazione delle logiche di attuazione degli impianti di ventilazione, intendendo sia quelli di aspirazione che di immissione, con le procedure di emergenza, deve far sì che i fumi seguano percorsi opposti a quelli dell'esodo delle persone considerando la possibilità di avviare la ventilazione meccanica in modo graduale e differenziato in funzione della posizione del treno rispetto alle uscite di emergenza e del focolaio all'interno del treno medesimo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

- 4. Gli impianti di ventilazione di emergenza dovranno essere progettati secondo i metodi della tecnica aeraulica e l'efficacia globale degli impianti nel raggiungimento degli obiettivi di cui al capo I.1, sarà verificata tramite analisi fluidodinamiche.

Le verifiche sono state mirate principalmente alla conferma che il processo di esodo non fosse compromesso dal moto dei fumi ovvero che i valori delle soglie di prestazione non siano superati nella fase di autosavattaggio degli utenti.

La successiva tabella riporta in sintesi i risultati relativi ai diversi scenari analizzati:

1. tratto tipologico della linea,
2. retrostazione Bologna - pozzo Novara,
3. tratto tra stazione Bologna e stazione Cimarosa con sdoppiamento delle gallerie,
4. retrostazione Politecnico.

Scenario	Caratteristiche	Ventilazione	Esodo
1	Galleria a doppio binario tipologica	I fumi sono correttamente indirizzati nella direzione opposta all'esodo e non si verificano fenomeni di backlayering significativi	I tempi di esodo sono dell'ordine dei 20 minuti in condizioni di sostenibilità della vita umana.
2	Manufatto con tre binari di cui uno di ricovero	I fumi sono correttamente indirizzati nella direzione opposta all'esodo e non si verificano fenomeni di backlayering significativi; il pozzo Novara, potenziato rispetto al resto della tratta risulta sufficiente alla gestione dell'evento.	I tempi di esodo sono dell'ordine dei 10 minuti in condizioni di sostenibilità della vita umana anche grazie ad una maggiore larghezza della banchina rispetto al resto della linea.
3	Sdoppiamento della linea per giungere ai binari sovrapposti della stazione Cimarosa	I fumi sono correttamente indirizzati nella direzione opposta all'esodo e non si verificano fenomeni di backlayering significativi. La presenza dei	I tempi di esodo sono dell'ordine dei 13 minuti in condizioni di sostenibilità della vita umana.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

		binari sovrapposti determina una prestazione inferiore della ventilazione ma comunque sufficienti garantire l'esodo.	
4	Retrostazione Politecnico	Il pozzo Caboto attivato da solo consente il mantenimento di condizioni non critiche per la vita umana per il tempo di esodo, esso inoltre impedisce ai fumi di raggiungere la stazione Politecnico.	Si prevede l'esodo del solo personale di servizio, quindi poche unità, i tempi di esodo sono dell'ordine di 5 minuti.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

11. GESTIONE DEGLI IMPIANTI

In condizioni di emergenza la gestione dell'impianto dovrà essere demandata ad un sistema automatizzato in grado di:

- attivare la strategia corretta in funzione della posizione dell'incendio; stazione, intertratta, in accordo al paragrafo V.1.3 del DM 21/10/2015,
- Controllare la velocità dell'aria nelle prime fasi dell'incendio (fase di crescita) al fine di agevolare l'evacuazione degli utenti in galleria accordo al paragrafo V.1.1 del DM 21/10/2015.

Il sistema di gestione dovrà essere ad elevata disponibilità e caratterizzato da un'interfaccia utente tale da consentire di monitorare l'evoluzione degli eventi.

I ventilatori dovranno essere dotati di inverter per la regolazione e l'inversione della velocità caratterizzati da un sistema di frenatura di tipo attivo in grado di arrestare i ventilatori in 20 s circa.

Il controllo della velocità deve essere realizzato con opportuni algoritmi di tipo PID o similari con retroazione derivante da anemometri puntuali del tipo ad ultrasuoni installati in galleria nella misura di almeno due per ciascuna intertratta.

In caso di malfunzionamento del sistema di controllo o di anomalie nei dati di ingresso quest'ultimo deve commutare automaticamente in una condizione di riferimento.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

12. CONCLUSIONI

E' stato formulato e risolto un modello monodimensionale della tratta Rebaudengo Politecnico utilizzando il codice SES mediante il quale sono stati analizzati 67 scenari di incendio in galleria e 28 scenari di incendio in stazione al fine della verifica del soddisfacimento dei criteri di sicurezza del DM 21/10/2015 al paragrafo V.1, in particolare per quanto riguarda il raggiungimento della velocità critica.

Per quanto riguarda le simulazioni di tutta la tratta Politecnico-Rebaudengo in 13 scenari la velocità dell'aria è superiore alla velocità critica utilizzando lo schema "sandwich", mentre in tutti i 26 scenari è possibile gestire i fumi con metodo di ventilazione "push pull", in alcuni casi è necessario attivare un pozzo aggiuntivo oltre i due a cavallo dell'intertratta.

Le verifiche effettuate sono quindi a supporto del dimensionamento dell'impianto di ventilazione che in caso di incendio in galleria è gestito in modo ottimale con strategia di tipo push-pull.

Riguardo invece gli scenari di incendio in stazione, secondo le ipotesi adottate e i dati introdotti è necessario per tutti i casi di incendio attivare almeno 3 pozzi di ventilazione.

I risultati dei casi di incendio in stazione con la strategia pull-pull possono essere utilizzati come condizioni al contorno per la simulazione di incendio in stazione, in particolare per confermare la strategia di gestione dei fumi che prevede il richiamo di aria dalla stazione verso la galleria in modo tale da mettere quest'ultima in depressione impedendo ai fumi di attraversare le porte di banchina ed invadere la zona aperta al pubblico.

Le simulazioni di incendio del treno in stazione sono state effettuate con la soluzione ottimale dal punto di vista della sicurezza e dell'affidabilità, ovvero con la strategia pull-pull in cui si mette in depressione la galleria rispetto alla stazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo
SCENARI DI INCENDIO - RELAZIONE DI SINTESI - PREMESSA E RISULTATI	108_MTL2T1A0DVVFGENR020-0-1.DOCX

Le soluzioni progettuali adottate risultano conformi alla norma, al fine di garantire la continuità del servizio ed un idoneo livello di sicurezza i pozzi di ventilazione saranno dotati tutti quanti di un ventilatore di riserva.

Per gli impianti di galleria la classe dei ventilatori non dovrà essere inferiore ad F400/90 minuti.

Sono state effettuate delle simulazioni di approfondimento su tratti specifici della linea e su in tratto tipologico mediante modelli tridimensionali di incendio accoppiati a modelli di esodo i cui risultati hanno confermato il dimensionamento degli impianti di ventilazione in accordo a quanto previsto dal Decreto.

Per quanto sopra esposto, considerato che la gestione degli scenari di incendio in linea avviene con soluzioni conformi al DM 21/201/2015, il dimensionamento degli impianti di ventilazione di linea consente il soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza prestazionali fissati dalla norma.