

**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 Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRA.TO <i>infrastrutture per la mobilità</i>										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. Azzarone Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12287J	DEPOSITO OFFICINA REBAUDENGO - IMPIANTI NON DI SISTEMA IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI EMERGENZA RELAZIONE DI CALCOLO																				
ELABORATO										REV.		SCALA	DATA									
										Int.	Est.											
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi										MT	L2	T1	A1	D	IVE	DRB	R	003	0	1	-	28/12/2022

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/01/22	FAz	FAz	FAz	R. Cr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	28/12/22	FAz	FAz	FAz	R. Cr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>14.5</td> <td>4</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>IVEDRBR003</td> </tr> </table>						LOTTO 1	CARTELLA	14.5	4	MTL2T1A1D	IVEDRBR003	STAZIONE APPALTANTE DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro					
LOTTO 1	CARTELLA	14.5	4	MTL2T1A1D	IVEDRBR003												

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
1.2	DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	4
2.	STRUTTURA DELLA RELAZIONE	7
2.1	NORMATIVA	7
2.2	DESCRIZIONE	7
2.3	METODOLOGIE DI CALCOLO	7
2.4	DATI DI CALCOLO	7
3.	IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI EMERGENZA	8
3.1	NORMATIVA	8
3.1.1	NORME COGENTI	8
3.1.2	RIFERIMENTI METODOLOGICI	8
3.2	CONDIZIONI DI PROGETTO	8
3.2.1	SECONDO LIVELLO INTERRATO	8
3.2.2	PRIMO LIVELLO INTERRATO	9
3.3	TERMINALI E RETI IN CAMPO	10
3.3.1	DESCRIZIONE	10
3.3.2	SECONDO LIVELLO INTERRATO	10
3.3.3	PRIMO LIVELLO INTERRATO	19
3.3.4	METODOLOGIE DI CALCOLO	28
3.3.5	DATI DI CALCOLO	29
3.3.5.1	Illustrazione del report di calcolo delle reti	30
4.	ALLEGATI	31
4.1	METODOLOGIE DI CALCOLO	31
4.2	RELAZIONI/SCHEDA DI CALCOLO	31

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX



1. PREMESSA

1.1 Scopo e campo di applicazione

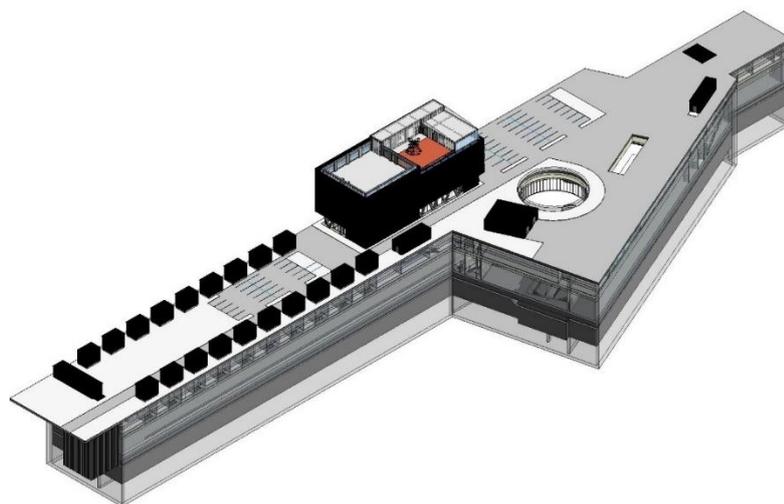
Il presente documento ha come oggetto il dimensionamento degli impianti di ventilazione di emergenza (SEFFC) al servizio del deposito Rebaudengo.

L'obiettivo del sistema SEFFC è quello di mantenere a pavimento uno strato di aria libera da fumo, al di sopra del quale galleggia lo strato di fumo e gas caldi; questi ultimi verranno captati in ambiente mediante un sistema di bocchette di aspirazione, convogliati, grazie ad una opportuna rete di canalizzazioni, ad un sistema di ventilatori meccanici che provvederanno ad espellerli all'esterno.

Sia le bocchette, sia le canalizzazioni, sia i ventilatori avranno caratteristiche tali da assicurarne la funzionalità in corrispondenza di temperature massime fino a 400 °C, compatibili con le reali condizioni operative riscontrabili durante l'incendio.

1.2 Descrizione dell'edificio

Il deposito Rebaudengo è un organismo edilizio che si sviluppa su due livelli interrati, e tre livelli fuori terra.



In generale, in relazione alla destinazione d'uso, possono essere individuate le seguenti macro-aree funzionali:

- zona uffici;
- zona officine e deposito;
- zona locali tecnologici.



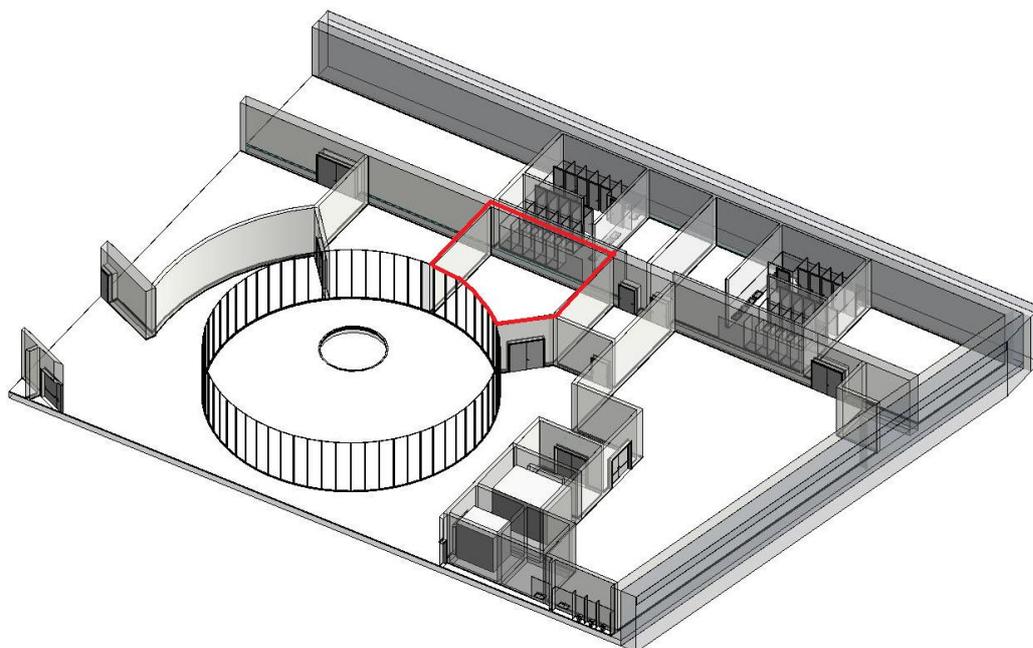
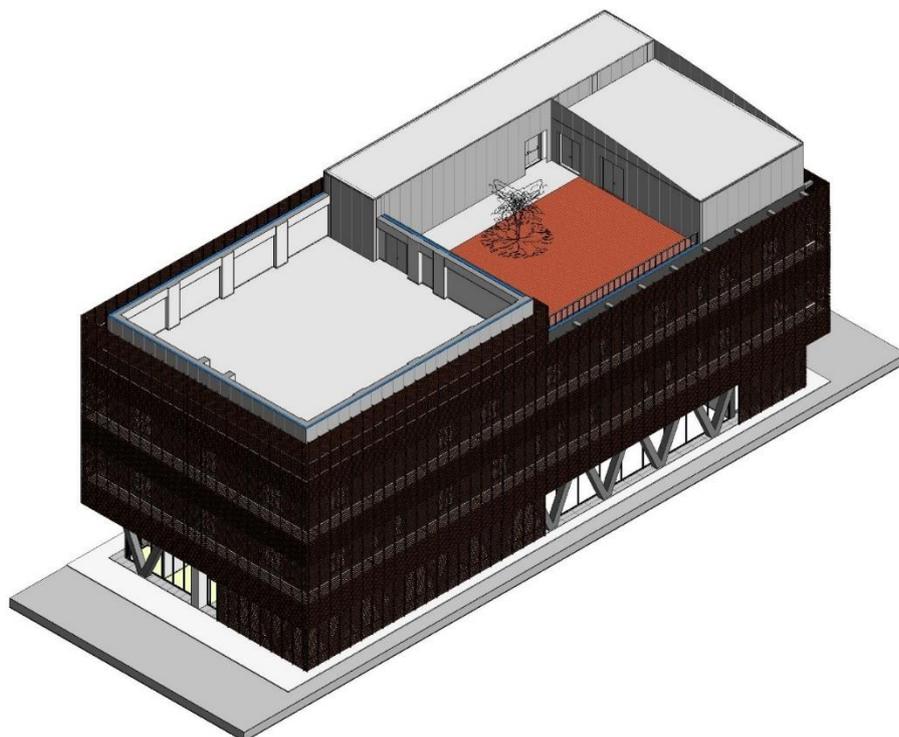
CITTA' DI TORINO

**Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale
1 Rebaudengo-Bologna**

Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione
di calcolo

MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

In generale le aree uffici saranno ubicate principalmente all'interno della palazzina fuori terra, e in alcuni locali specifici a livello -1.





CITTA' DI TORINO

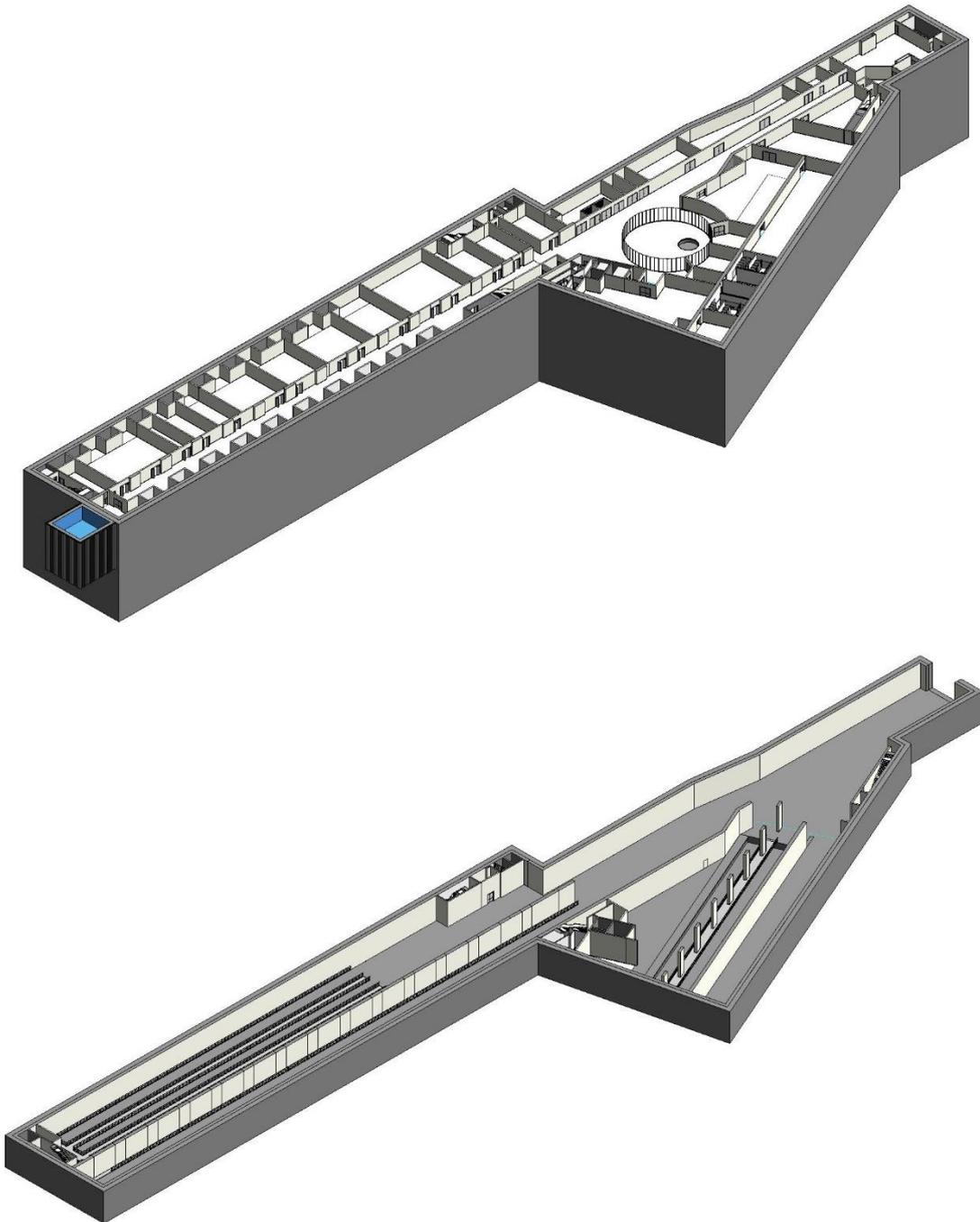
**Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale
1 Rebaudengo-Bologna**

Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione
di calcolo

MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

Tali aree non saranno dotate di un impianto di ventilazione di emergenza.

Le aree officine e depositi, così come le zone locali tecnologici, sono ubicate principalmente a livello primo e secondo interrato



 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

In tali aree, alcuni locali saranno dotati di un impianto di ventilazione di emergenza secondo quanto riportato all'interno della relazione tecnica MTL2T1A1DIVEDRBR002 cui si rimanda per maggiori indicazioni.

2. STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione prende in considerazione singolarmente le diverse tipologie di impianti presenti; ciascuna di esse viene analizzata mediante una presentazione strutturata nelle parti seguenti:

- normativa applicabile;
- descrizione;
- metodologie di calcolo;
- dati di calcolo.

2.1 Normativa

Vengono indicati gli specifici riferimenti normativi utilizzati per il calcolo ed il progetto dei diversi sistemi.

2.2 Descrizione

Vengono brevemente descritti gli impianti presi in considerazione, illustrando, dove necessario, le eventuali suddivisioni in sottotipologie.

2.3 Metodologie di calcolo

Sono gli algoritmi matematici impiegati, derivanti dalla buona tecnica o da codici di calcolo oggetto delle norme e leggi specifiche richiamate precedentemente.

Vengono in questo contesto individuati qualitativamente i dati di ingresso, i parametri limite, gli obiettivi.

Le metodologie di calcolo sono spesso illustrate mediante schede tecniche, allegate alla presente relazione; l'elenco delle schede applicabili è riportato in calce ai paragrafi in oggetto per le diverse tipologie di impianto.

2.4 Dati di calcolo

I risultati di calcolo sono illustrati mediante elaborati grafici, tabellari e testuali allegati alla presente relazione; l'elenco degli allegati tecnici di calcolo applicabili è riportato in calce ai paragrafi in oggetto per le diverse tipologie di impianto.

I dati di ingresso dei calcoli, come da paragrafo precedente, sono chiaramente riportati negli allegati tecnici o, in parte, nei singoli paragrafi della presente relazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

3. IMPIANTO DI VENTILAZIONE DI EMERGENZA

3.1 Normativa

3.1.1 Norme cogenti

Il progetto è stato effettuato in accordo con la legislazione vigente in materia, riportata nel seguito.

UNI 9494-2	Sistemi per il controllo di fumo e calore - Parte 1: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Naturale di Fumo e Calore (SENFEC)
-------------------	--

3.1.2 Riferimenti metodologici

Il progetto è stato sviluppato con riferimento alle norme di buona tecnica disponibili, secondo quanto esplicitato all'interno delle metodologie di calcolo illustrate. In particolare, sono state considerate le norme di seguito elencate.

UNI 10381-1	Impianti aeraulici – condotte
UNI 10381-2	Impianti aeraulici – componenti

3.2 Condizioni di progetto

Il sistema è stato dimensionato in base a due approcci differenti a seconda della ubicazione e della tipologia di aree prese in esame.

In particolare, si distinguono le aree a secondo livello interrato e le aree a primo livello interrato.

3.2.1 Secondo livello interrato

Per la determinazione delle portate di estrazione fumi a piano secondo interrato è stato elaborato uno studio di analisi fluidodinamica computazionale (CFD) per sviluppare la simulazione dell'andamento dell'incendio, in termini di sviluppo di fumi e di emissioni termiche, e dell'esodo degli occupanti.

Per la verifica dei risultati di tale studio, che sono posti a base del dimensionamento del sistema di ventilazione di emergenza, si rimanda allo specifico documento (MTL2T1A0DVVFD RBR002).

Nel prosieguo della relazione, scenario per scenario, verranno riportati i risultati dello studio CFD in termini di prestazioni richieste all'impianto di estrazione fumi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

In base alle risultanze dei calcoli, complessivamente le portate di estrazione richieste per le zone dotate di impianto di ventilazione controllata sono riassunte nella tabella seguente:

Descrizione	Superficie	Volume	Portata estratta	
			Calcolata	Effettiva
[-]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
DEPOSITO 3 BINARI	2.465	18.734	291.600	291.600
PARCHEGGIO TRENI A 2 BINARI	1.438	10.929	216.000	216.000
ZONA OFFICINA	1.563	11.879	298.960	298.960
ZONA LAVAGGIO TRENI	653	4.963	97.200	97.200

3.2.2 Primo livello interrato

Il sistema è stato dimensionato in base alla norma UNI 9494-2, per i quali sono considerati i seguenti dati:

DATI	
t1 allarme	0 min (sistema rivelazione automatico e allarme in luogo presidiato 24h)
t2 intervento	13 min (tempo medio intervento VVF TORINO)
t=t1+t2	< 15 min
v velocità di propagazione dell'incendio	Media (come nel rischio vita la velocità di crescita incendio per le officine è assunta media A2)
Gruppo di dimensionamento	4 (risultante da t<15 min e v Media)
Note	Il gruppo di dimensionamento deve essere aumentato di un'unità (da 4 a 5) in presenza di stoccaggi più alti di 1.5 m ma può essere ridotto di 1 unità (da 4 a 3) in presenza di impianti di spegnimento automatico. Per un dimensionamento preliminare si può pertanto considerare il gruppo 4 che, vista la presenza di sprinklers, non limita gli stoccaggi.

Note	La norma UNI 9494-2 fornisce la portata di aspirazione per compartimenti da 600 a 1600 m ² . Per superfici inferiori come nel nostro caso al livello -1 si calcola una portata di aspirazione tale per cui rimangano costanti in ogni locale i ricambi orari di aria
S min (m ²)	1600
S max (m ²)	600
S media (m ²)	1100
H locali (m) - presa H del livello -1	4,58
V medio (m ³)	5038
Ricambi orari	25,4

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

Complessivamente le portate di estrazione richieste per le zone dotate di impianto di ventilazione controllata sono riassunte nella seguente tabella:

Descrizione	Superficie	Volume	Portata estratta	
			Calcolata	Effettiva
[-]	[m ²]	[m ³]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
LOCALE APPARATI	64,07	293,4	7.452	7.500
OFFICINA BATTERIE	98,25	450	11.430	11.450
CABINA LAVAGGIO RICAMBI	98,25	450	11.430	11.450
OFFICINA SISTEMI IDRAULICI E PNEUMATICI	200,59	918,7	23.335	23.350
OFFICINA SALDATURA	166,47	762,4	19.365	19.400
OFFICINA ACCESSORI INTERNI TRENI	200,59	918,7	23.335	23.350
OFFICINA ARMAMENTO	166,5	762,6	19.370	19.400
OFFICINA ELETTROMECCANICA	334	1.529	38.839	38.850
MAGAZZINO SCORTE	106	484	12.286	12.300
CORRIDOIO TECNICO 1	870	3.986	101.234	101.250
MAGAZZINO TRENI	141	644	16.368	16.400
MAGAZZINO LINEA	244	1.116	28.336	28.350
AREA RICARICA MULETTI	60	294	7.468	7.500
CORRIDOIO TECNICO 2	904,83	4144,1	105.260	105.300

3.3 Terminali e reti in campo

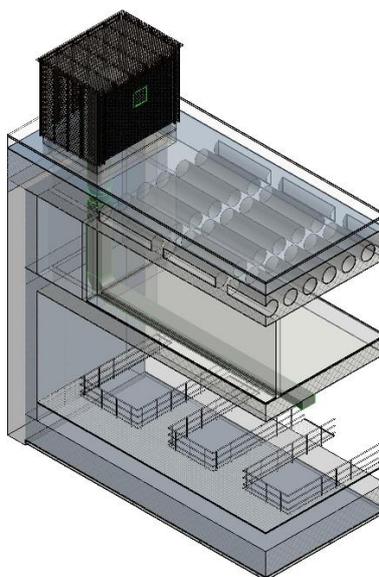
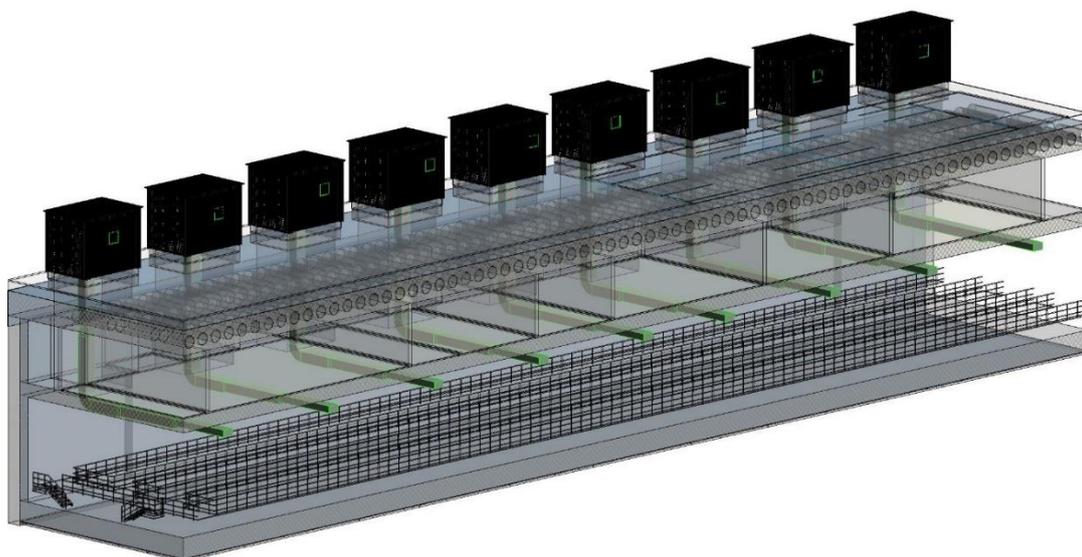
3.3.1 Descrizione

Nel prosieguo della relazione verranno prese in esame le diverse configurazioni di funzionamento dell'impianto concepite per garantire in ogni area l'estrazione delle portate corrette.

3.3.2 Secondo livello interrato

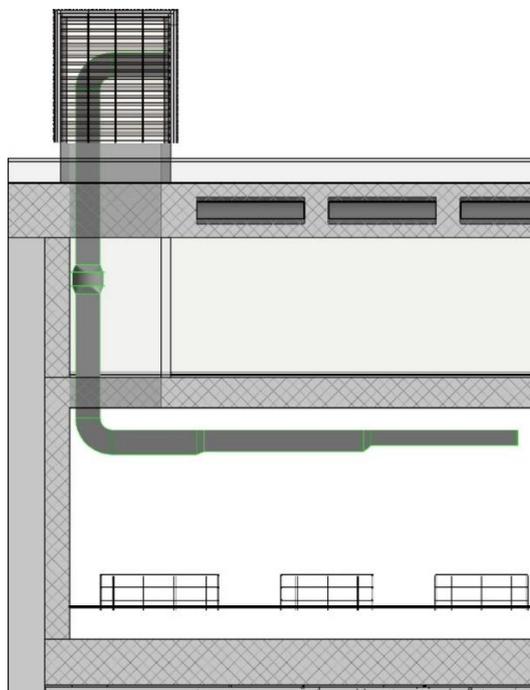
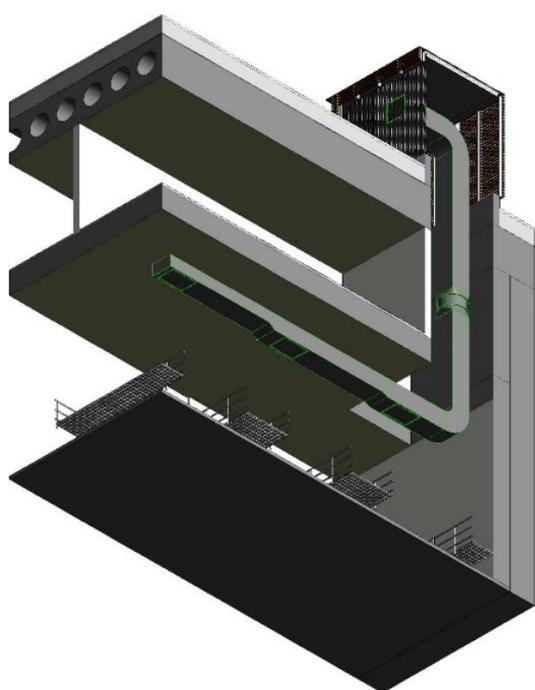
- Scenario deposito tre binari

Per l'estrazione delle portate dal deposito tre binari è previsto il funzionamento di 9 estrattori a ciascuno dei quali farà capo una linea di canali corredata di tre bocchette ciascuna.

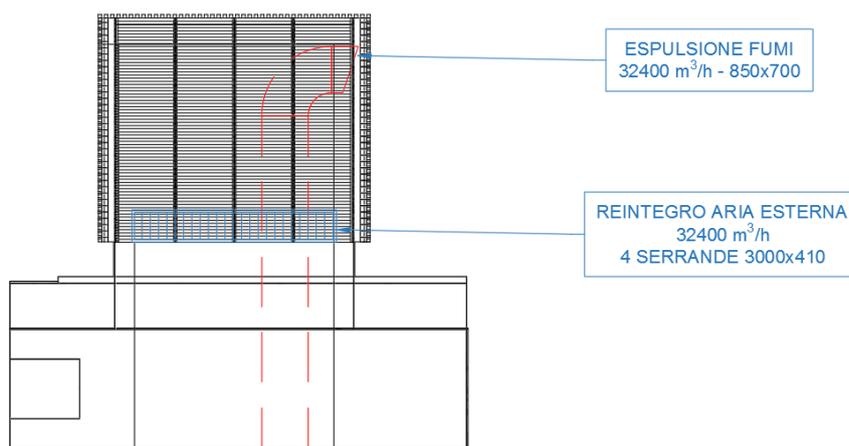


Ciascun estrattore provvederà ad aspirare il fumo dalla sua area di competenza e ad espellerlo all'aperto sfruttando la presenza di un cavedio verticale appositamente progettato allo scopo.

Ogni estrattore sarà quindi in grado di elaborare una portata di $32.400 \text{ m}^3/\text{h}$ garantendo una prevalenza utile di 500 Pa.



L'aria di riscontro, che dovrà essere immessa per compensare i fumi estratti, verrà aspirata naturalmente attraverso una serie di griglie corredate di serranda motorizzata che saranno posizionate alla base dell'additamento tecnico che maschererà i canali e le griglie di espulsione

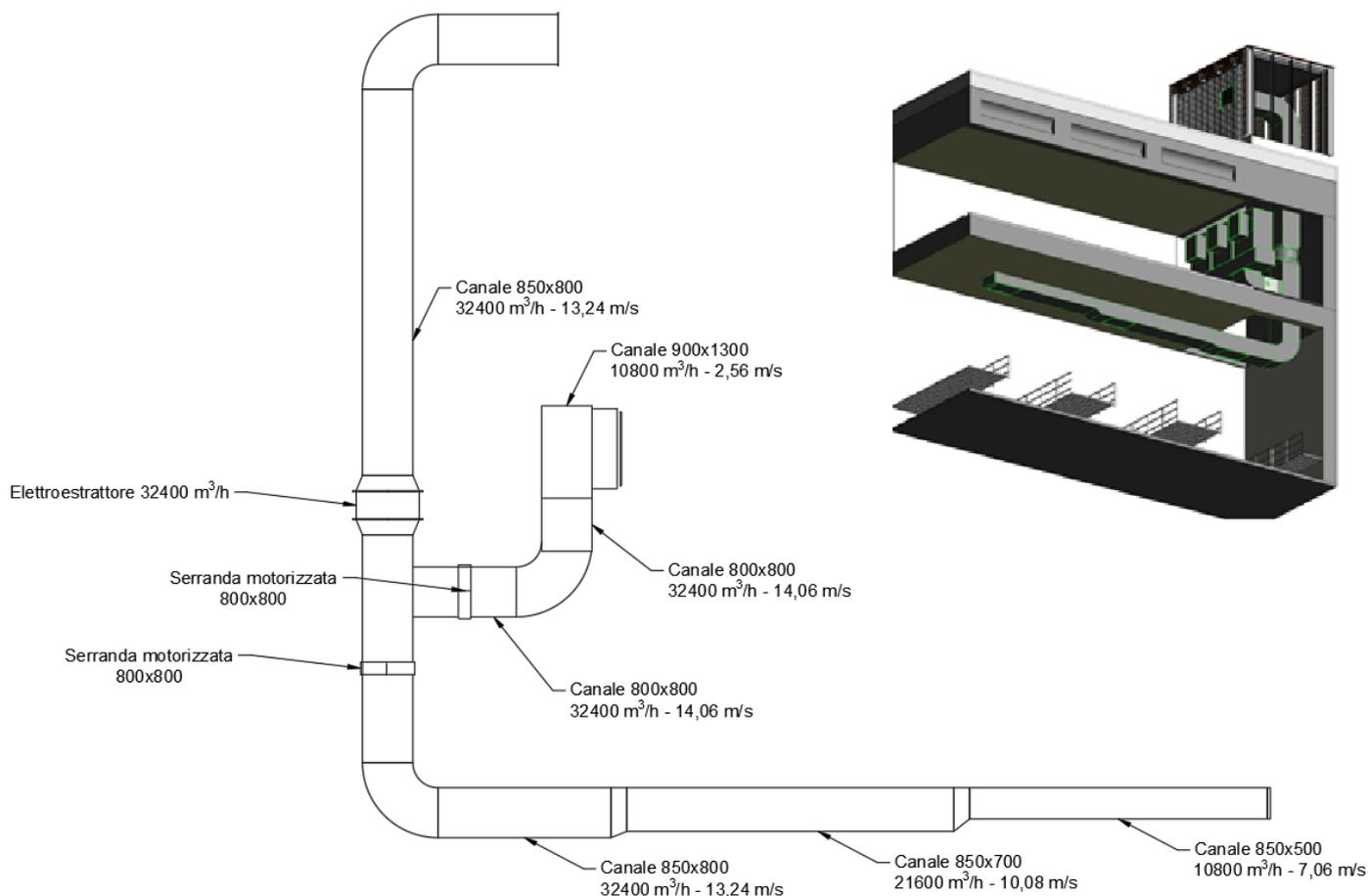


Il ventilatore sarà posizionato ad una quota tale da risultare facilmente accessibile per manutenzione da quota primo livello interrato.

Sette dei nove ventilatori destinati alla zona deposito tre binari avranno un duplice ruolo, garantendo anche l'estrazione dei fumi e l'immissione dell'aria esterna in caso di attivazione degli scenari a previsti a primo livello interato (cfr. § seguenti).

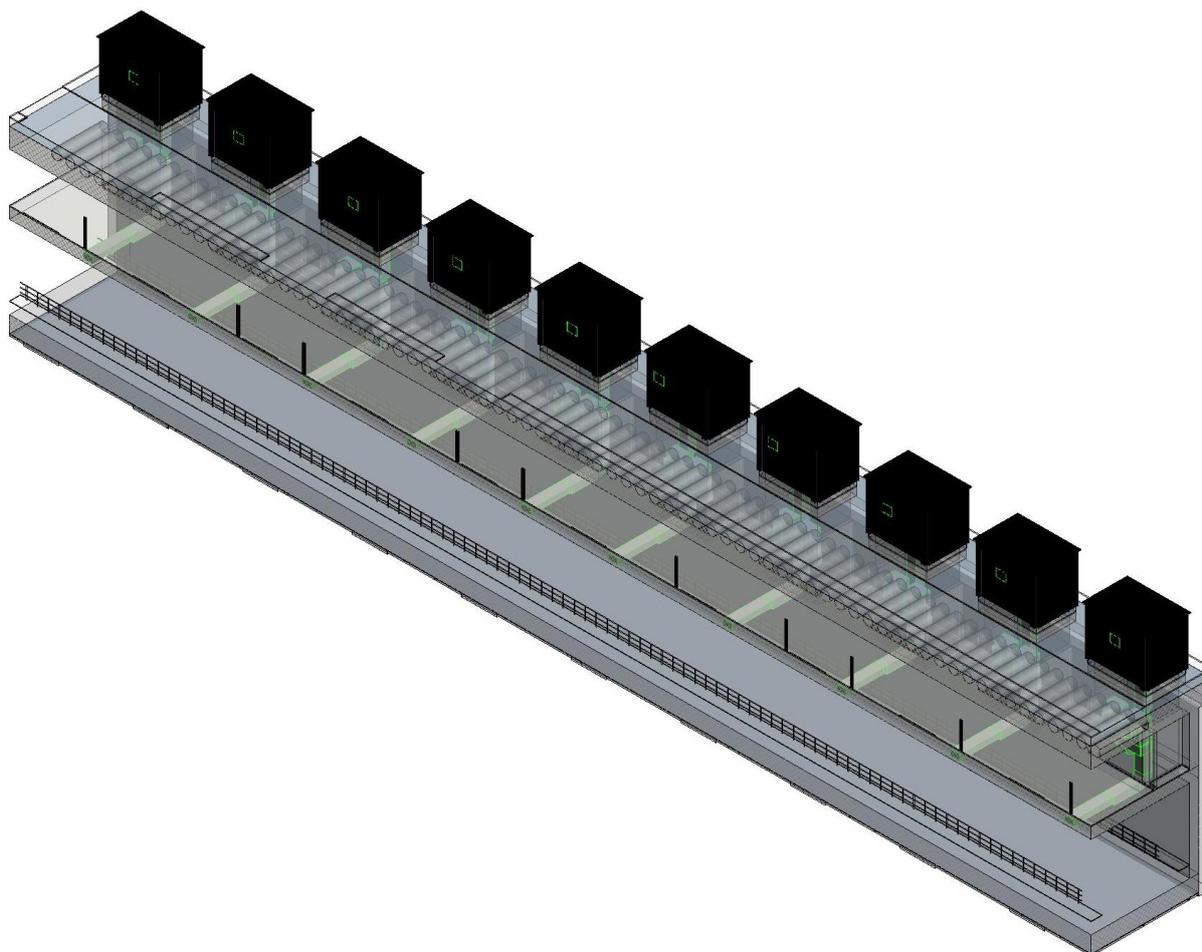


Allo scopo di raggiungere tale obiettivo, il ventilatore sarà inserito in una rete di canalizzazioni dotate di serrande servoazionate che consentiranno l'aspirazione/immissione dalle bocchette comunicanti con i locali a primo interrato, ovvero con quelle dedicate al secondo interrato





- Scenario parcheggio due binari



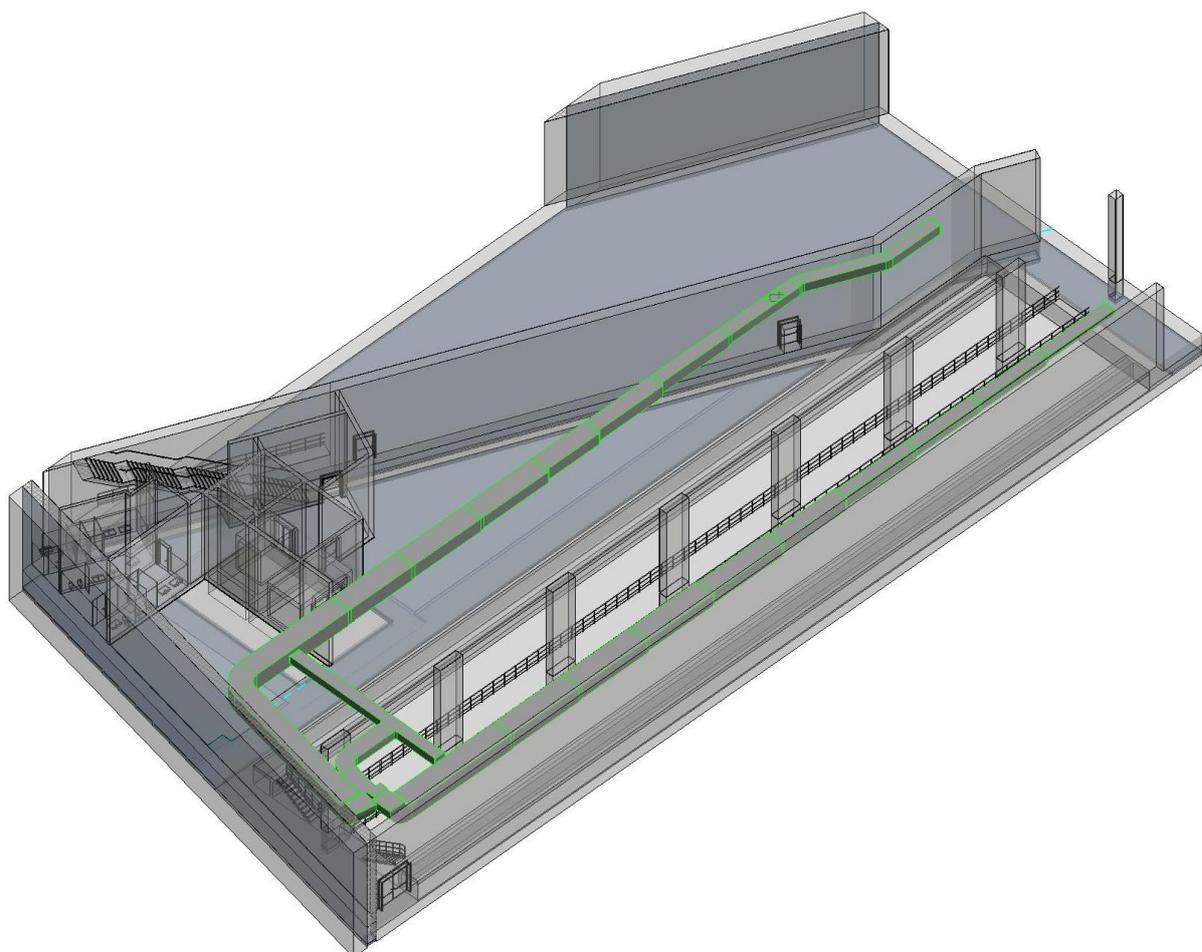
In modo analogo, la ventilazione di emergenza per il parcheggio due binari sarà affidato ad un sistema costituito da dieci ventilatori a ciascuno dei quali farà capo una rete di canalizzazioni corredata da due bocchette di estrazione/immissione.

Ciascun ventilatore sarà in grado di elaborare una portata pari a 21.600 m³/h garantendo una prevalenza di 500 Pa.

Tutti i ventilatori adibiti all'estrazione della zona a due binari provvederanno anche ad aspirare/immettere, mediante l'azionamento di due serrande, anche dal livello primo interrato, per garantire il funzionamento del sistema di ventilazione di emergenza del corridoio tecnico (cfr. § successivi).



- Scenario zona officina



Per l'estrazione delle portate dalla zona officina è previsto il funzionamento di tre ventilatori.

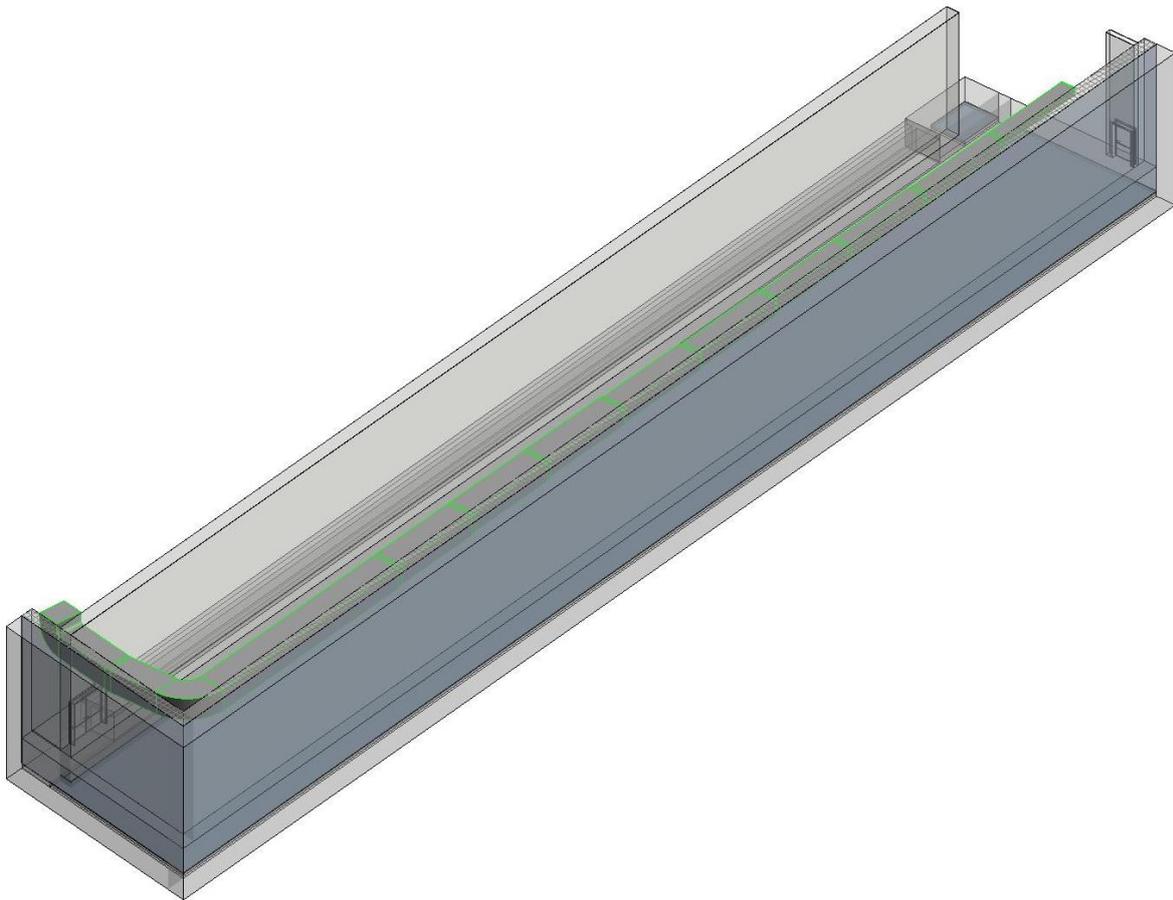
Due estrattori saranno di pari portata ($97.200 \text{ m}^3/\text{h}$) e faranno capo ciascuno ad una linea di canali corredati da dieci bocchette ciascuna e provvederanno all'aspirazione dei fumi dai due lati lunghi della zona officina; il terzo estrattore (portata $34560 \text{ m}^3/\text{h}$) provvederà all'aspirazione lungo il lato contro terra del locale.

I ventilatori al servizio della zona officina saranno ospitati, insieme al ventilatore al servizio della zona lavaggio treni all'interno di un locale a primo livello interrato.

Il riscontro della portata di fumi estratta avverrà mediante apposite serrande di immissione aria che saranno posizionate superiormente ai portoni sezionali; tali portoni provvederanno, in caso di incendio, a sezionare la zona manutenzione dal resto della linea.



- Scenario lavaggio treno



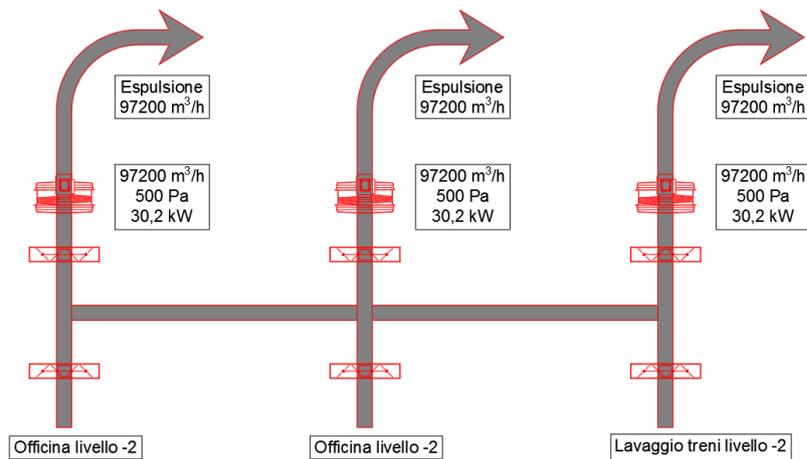
Per l'estrazione delle portate dalla zona lavaggio treni è previsto il funzionamento di un ventilatore di portata pari a 97.200 m³/h.

I ventilatori coinvolti nella gestione dello scenario "zona officina" e "lavaggio treni" saranno tutti ospitati all'interno di un locale dedicato, ubicato a livello primo interrato, situato in corrispondenza del cavedio verticale che consente l'attraversamento del solaio tra primo e secondo livello interrato.

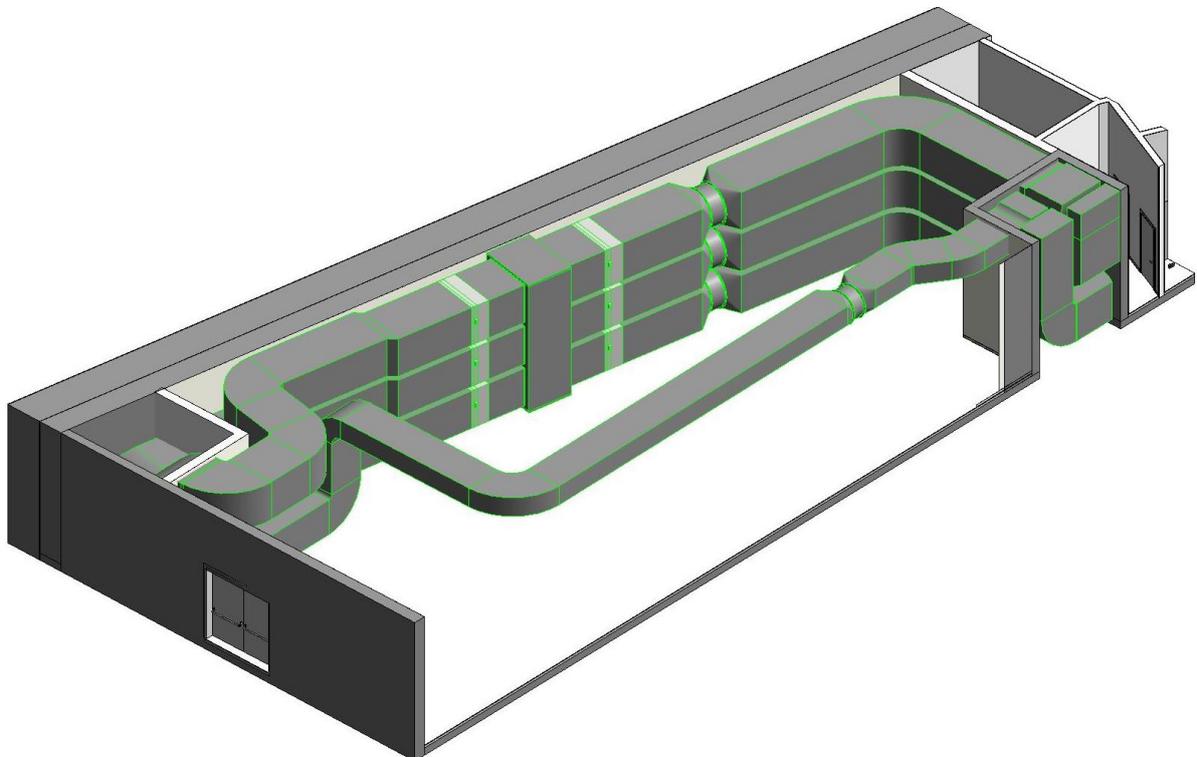
Approfittando del fatto che le portate di due linee dello scenario di manutenzione e della linea lavaggio sono identiche, al fine di prevedere una opportuna ridondanza al sistema, i tre ventilatori da 97.200 m³/h saranno collegati mediante una serie di canali e serrande che consentiranno ad ogni estrattore di mettere in depressione una qualsiasi delle reti di canali servite



Verrà realizzato un sistema secondo lo schema seguente:



Fisicamente, lo schema illustrato sarà realizzato sovrapponendo i ventilatori di estrazione e realizzando due collettori verticali.





3.3.3 Primo livello interrato

- Scenario locale apparati – officina batterie – cabina lavaggio ricambi

L'estrazione fumi e la conseguente immissione di aria di riscontro dei locali apparati, officina batteria e cabina lavaggio ricambi costituiranno un sistema unico servito da due dei ventilatori descritti nello scenario "deposito tre binari" che, tramite l'attivazione delle serrande potranno sia estrarre i fumi, sia immettere l'aria di riscontro alternativamente nei locali serviti.

Nel caso di incendio nel locale apparati, ad esempio, l'estrattore ESF03 (cfr. immagine seguente) verrà azionato in modalità estrazione, mentre l'estrattore ESF04 provvederà ad immettere l'aria di riscontro.

Le serrande motorizzate di comunicazione dei locali saranno mantenute in apertura per consentire l'afflusso di aria di riscontro.



In caso di incendio all'interno dell'officina batteria, invece, il ventilatore ESF04 provvederà ad estrarre i fumi mediante la bocchetta (dotata di serranda motorizzata) posizionata nel locale, mentre le altre due bocchette saranno mantenute chiuse, così come la serranda di comunicazione con il locale cabina lavaggio ricambi. L'aria di riscontro sarà garantita grazie al ventilatore ESF03 e all'apertura della serranda di comunicazione con il locale apparati.



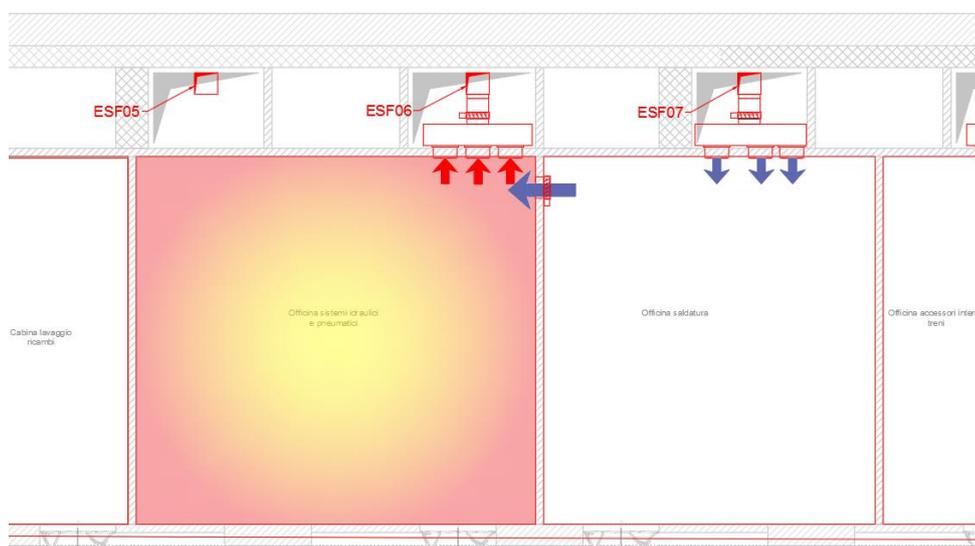
Infine, in caso di incendio all'interno del locale cabina lavaggio ricambi, l'estrazione dei fumi sarà garantita dal funzionamento dell'estrattore ESF04 tramite due bocchette, mentre il riscontro dell'aria immessa sarà assicurato dal ventilatore ESF03 e dall'apertura delle due serrande di comunicazione dei canali.



- Scenario officina sistemi idraulici e pneumatici – officina saldatura

Analogamente allo scenario descritto nei paragrafi precedenti, l'officina sistemi idraulici e pneumatici e l'officina saldatura costituiranno un unico sistema servito da due estrattori.

In caso di incendio nell'officina sistemi idraulici e pneumatici, l'estrattore ESF06 provvederà ad estrarre i fumi e il ventilatore ESF07 ad immettere l'aria di riscontro che raggiungerà il locale oggetto di incendio tramite una serranda motorizzata collocata su un canale che attraversa la parete di confine tra le officine.



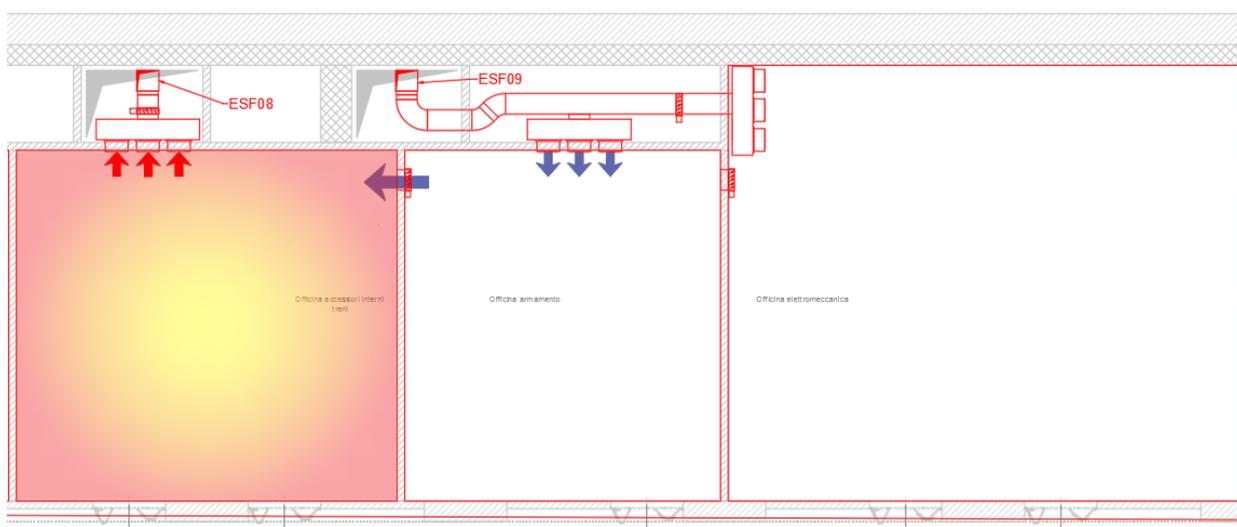
In caso di incendio nell'officina saldatura, la situazione di immissione/estrazione sarà speculare.



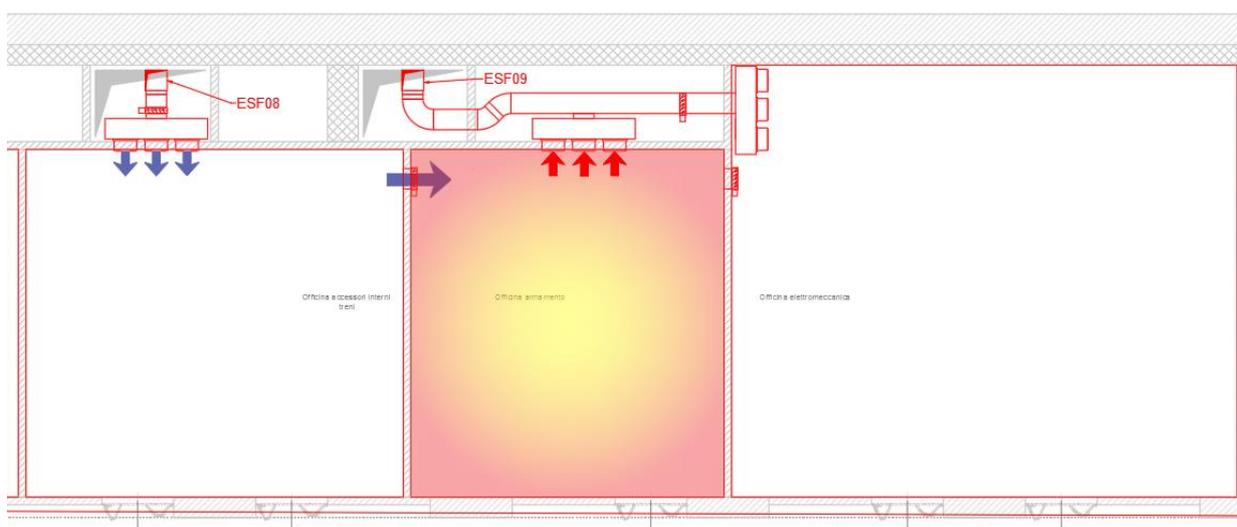
- Scenario officina accessori treni, officina armamento, officina elettromeccanica

Analogamente agli scenari precedenti, l'officina accessori interni treni, l'officina armamento e l'officina elettromeccanica costituiranno un unico sistema servito da due estrattori.

In caso di incendio all'interno dell'officina accessori treni, il ventilatore ESF08 provvederà ad estrarre i fumi dal locale e il ventilatore ESF09 a immettere l'aria fresca di riscontro mediante. La serranda motorizzata presente sulla parete dei due locali consentirà il passaggio dell'aria di riscontro tra l'officina armamento e quella accessori interni treni.



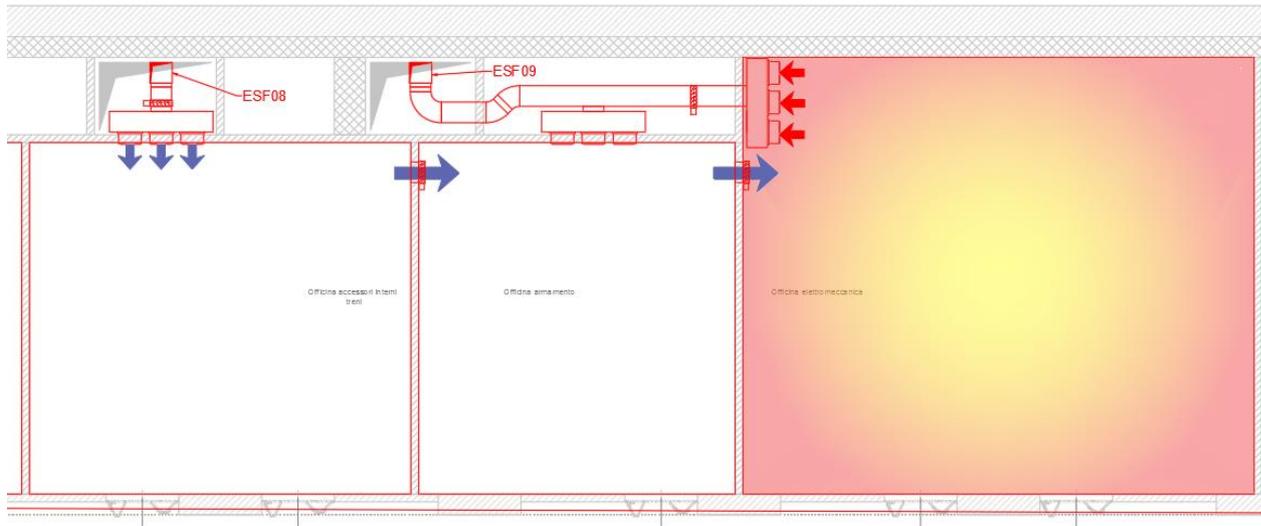
In caso di incendio nell'officina armamento, il ventilatore ESF09 provvederà ad espellere i fumi dal locale, mentre il ventilatore ESF08 immetterà l'aria di riscontro.





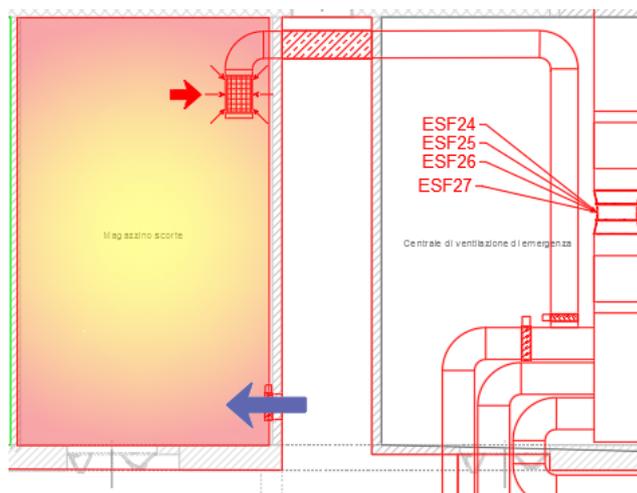
Infine, in caso di incendio all'interno dell'officina meccanica, un sistema di serrande provvederà a intercettare le bocchette posizionate nell'officina armamento e ad aprire il sistema di bocchette dell'officina elettromeccanica, consentendo l'estrazione dei fumi mediante il ventilatore ESF09.

L'immissione dell'aria di riscontro avverrà sempre mediante il ventilatore ESF08, grazie alle serrande motorizzate poste sulle pareti di confine tra i locali



- Scenario magazzino scorte

In caso di incendio nel magazzino scorte, i fumi verranno estratti mediante il sistema ridondante costituito dai ventilatori ESF24-25-26-27 (cfr. § seguenti). Mediante apposito canale che, nell'attraversamento del corridoio tecnico sarà realizzato in calcio silicato

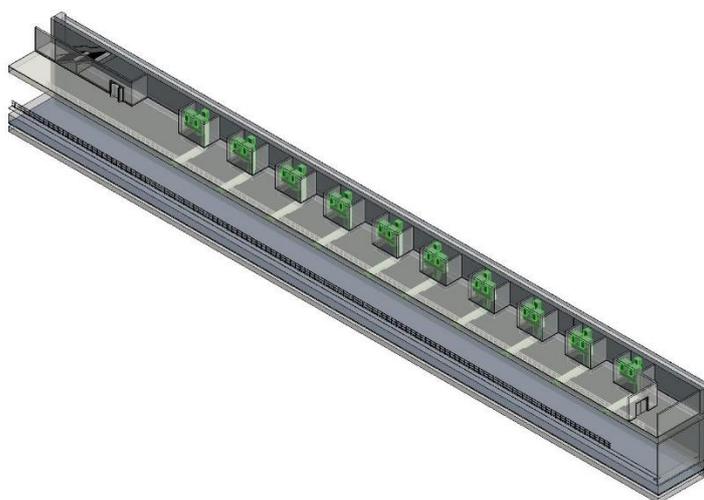




Il riscontro di aria verrà assicurato, mediante un canale dotato di serranda motorizzata, direttamente dal locale corridoio tecnico.

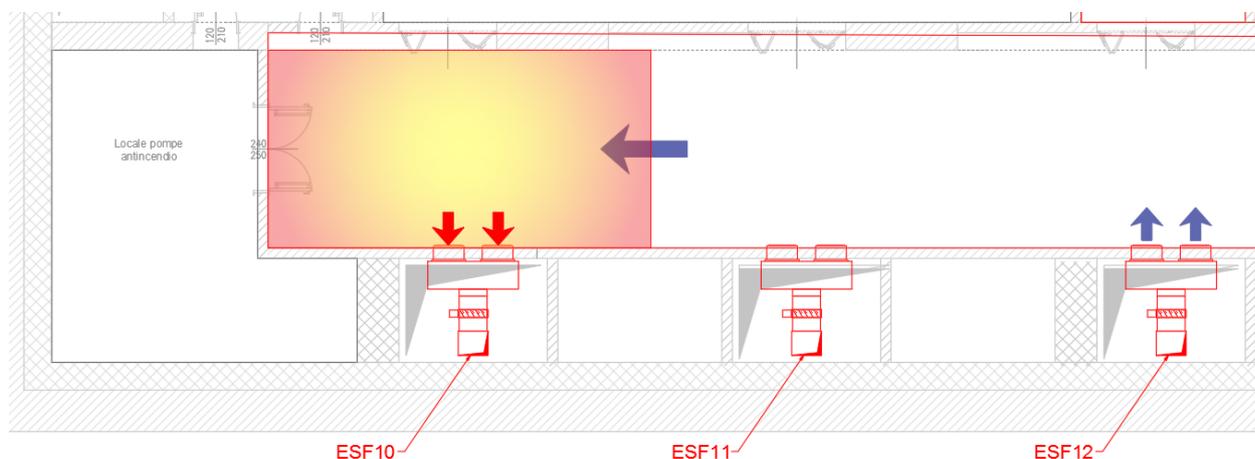
- Scenario corridoio tecnico 1

L'estrazione dei fumi dal corridoio tecnico 1 sarà garantita dai medesimi ventilatori che assicurano l'estrazione dei fumi dal locale deposito due binari a livello secondo interrato grazie ad un sistema di serrande che provvederà ad escludere le linee di estrazione a seconda dello scenario in corso.



In relazione all'estensione dell'incendio, si provvederà a modulare opportunamente l'accensione e il verso di rotazione dei ventilatori, allo scopo di estrarre i fumi e consentire l'immissione d'aria di riscontro.

A titolo di esempio, facendo riferimento alla figura seguente, in caso di incendio all'interno della zona di competenza del ventilatore ESF 10, quest'ultimo provvederebbe ad estrarre i fumi, il ventilatore ESF11 rimarrebbe inattivo, e l'unità ESF12 provvederebbe ad immettere l'aria esterna di riscontro.

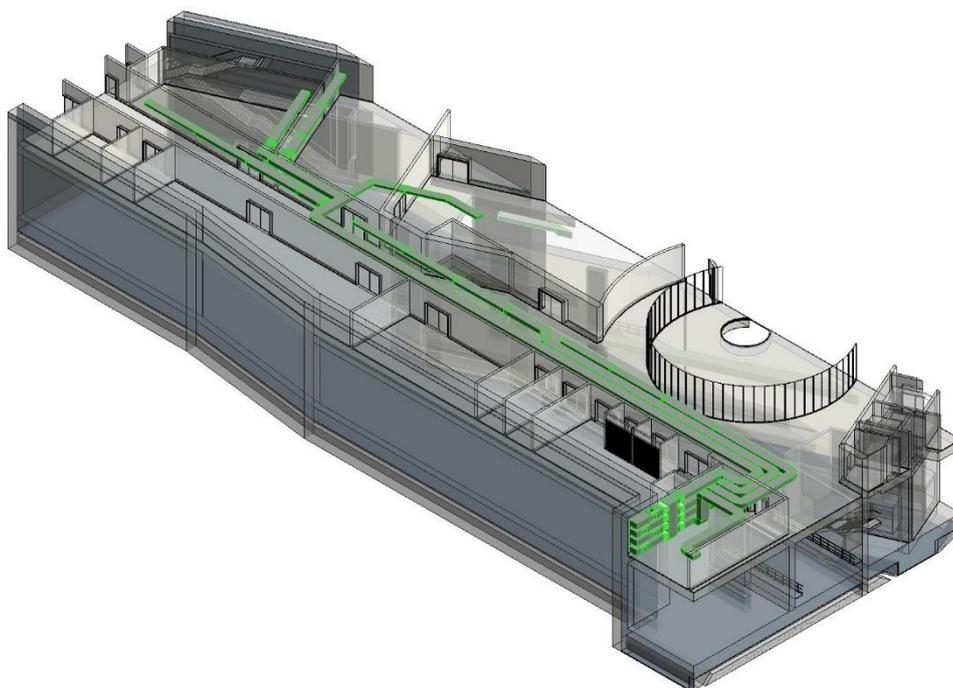


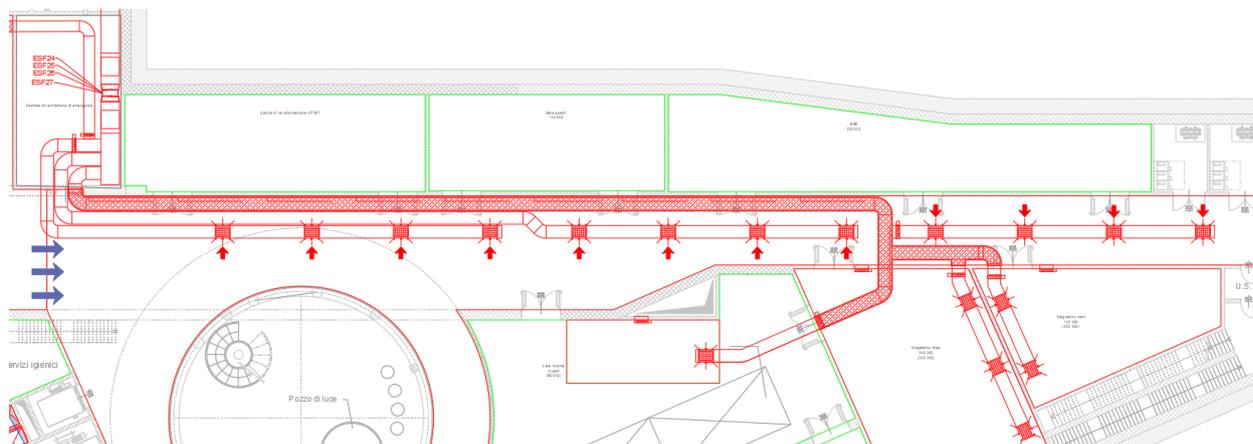


- Scenario corridoio tecnico 2

L'estrazione dei fumi dal corridoio tecnico 2 sarà garantita dai ventilatori inseriti all'interno della seconda centrale di ventilazione di emergenza presente a primo livello interrato. La necessaria portata di estrazione è stata suddivisa su tre estrattori ma, per garantire la necessaria ridondanza, saranno installati quattro ventilatori. Ogni ventilatore sarà in grado di garantire una portata pari a 35.400 m³/h con una prevalenza pari a 500 Pa.

Dalla centrale di ventilazione si ripartiranno tre canalizzazioni, di cui due, realizzate in materiale metallico, provvederanno ad estrarre unicamente dal comparto corridoio tecnico 2 e una, realizzata in calcio silicato, provvederà ad estrarre i fumi sia dal corridoio tecnico, sia dai locale magazzini e ricarica carrelli (cfr. § seguenti).



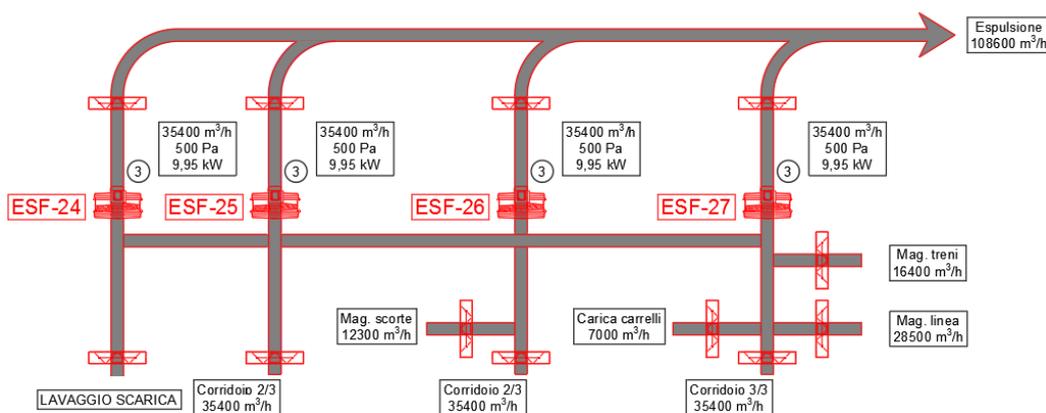


Complessivamente, nella zona corridoio tecnico 2 verranno installate 12 bocchette che provvederanno ad estrarre i fumi dal locale, mentre l'aria di riscontro sarà assicurata dai ventilatori della zona corridoio tecnico 1 che funzioneranno tutti in immissione.

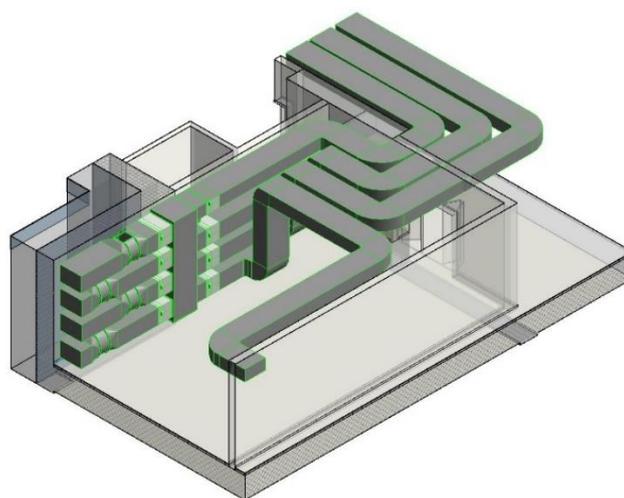
In figura è evidenziato il canale che dovrà essere realizzato in calcio silicato poiché convoglierà i fumi aspirati da comparti differenti.

All'interno della seconda centrale di ventilazione di emergenza saranno installati i ventilatori dedicati all'estrazione dal corridoio tecnico 2, del magazzino scorte, magazzino treni, del magazzino linea e dell'area ricarica muletti.

Saranno installati quattro ventilatori di portata identica, di cui uno di costante riserva, collegati mediante un collettore dotato di serrande servoazionate che consentiranno di poter utilizzare ciascuno degli estrattori per tutte le linee di estrazione secondo lo schema riportato di seguito.



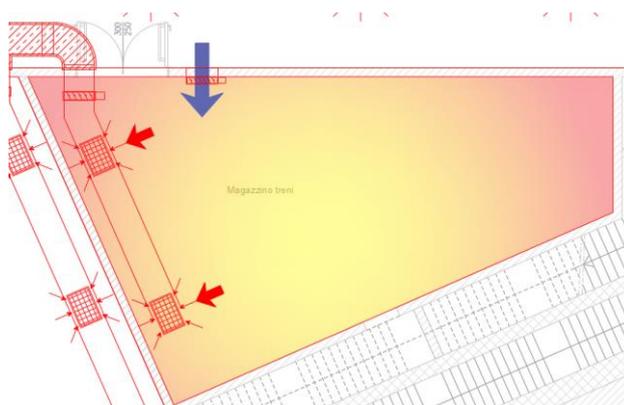
Fisicamente, all'interno della centrale di ventilazione, le unità saranno installate sovrapposte, secondo la medesima soluzione morfologica adottata nella centrale ventilazione di emergenza 1.



I medesimi ventilatori, mediante una serie di canalizzazioni dedicate intercettate da un sistema di serrande motorizzate, consentiranno l'estrazione dei gas in ambiente a seguito dell'intervento dei sistemi di spegnimento a gas inerte e water mist nei locali elettrici.

- Scenario magazzino treni

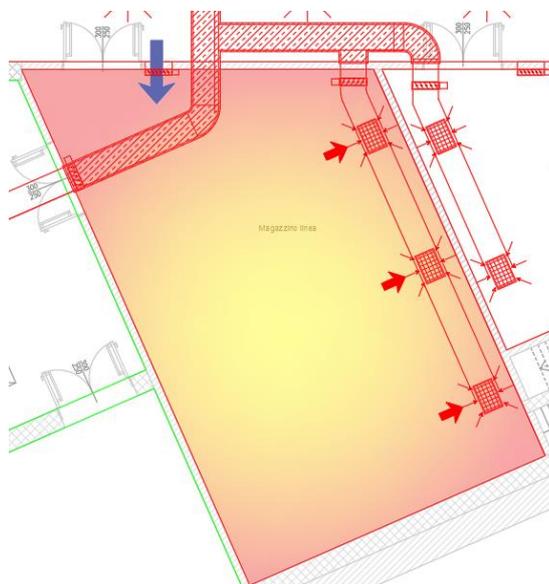
In caso di incendio nel magazzino treni, i fumi verranno estratti mediante il sistema ridondante costituito dai ventilatori ESF24-25-26-27, grazie ad un apposito canale derivato dalla linea che provvede ad estrarre la zona più lontana del corridoio



Il riscontro dell'aria esterna sarà garantito mediante l'apertura di una serranda motorizzata che provvederà ad aspirare direttamente dalla zona corridoio

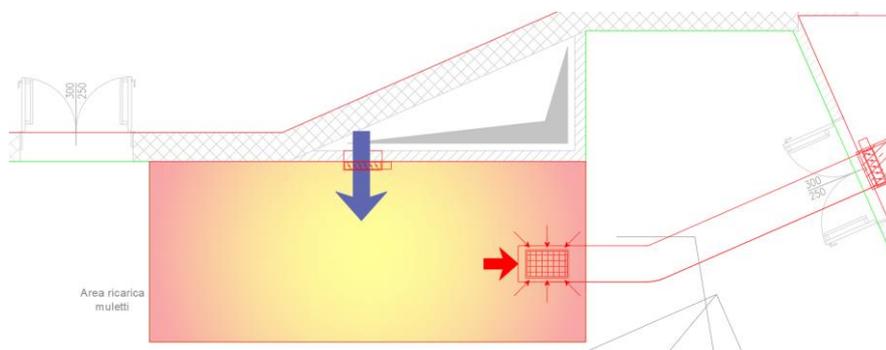
- Scenario magazzino di linea

Analogo funzionamento sarà garantito per il magazzino di linea



- Scenario locale ricarica muletti

L'estrazione dei fumi dal locale carica rappresenta uno scenario del tutto analogo a quelli dei magazzini di linea e treni.



L'ingresso dell'aria esterna di riscontro sarà garantita mediante l'apertura di una serranda motorizzata comunicante con il cavedio verticale adiacente il locale.

3.3.4 Metodologie di calcolo

I risultati dei calcoli di dimensionamento degli impianti sono stati ottenuti mediante l'applicazione delle metodologie di calcolo illustrate nelle seguenti schede.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

Il calcolo degli impianti presuppone che sia stato effettuato, a monte, il dimensionamento della portata d'aria richiesta, a partire dalla valutazione del carico termico dei locali e/o delle esigenze di controllo della qualità dell'aria ambiente. Una volta effettuata questa valutazione, si risale al valore della portata d'aria necessaria per ogni terminale.

Dati di ingresso

- tipo di impianto adottato;
- caratteristiche geometriche della rete;
- caratteristiche dei terminali scelti (portata e perdita di carico nominali);
- parametri e vincoli dimensionali: altezze di controsoffitto, velocità massime, ecc.

Risultati

- portate in ripresa nei locali;
- dimensioni di tutti i condotti;
- portate e pressioni in tutti i nodi;
- portate, velocità e perdita di carico in tutti i rami;
- sbilanci di pressione a tutti i rami;
- portata e pressione richieste a monte dell'impianto.

3.3.5 Dati di calcolo

Il calcolo viene effettuato con l'ausilio di fogli di calcolo, utilizzati direttamente come report dei risultati, e in parte con software mirato; in questo secondo caso, i report dei risultati possono essere schemi e tabelle prodotti direttamente dal programma di calcolo stesso.

Per ogni rete vengono determinati il valore della portata totale e della prevalenza necessaria alla circolazione dell'aria richiesta.

I **risultati dei calcoli** di dimensionamento sono riportati, insieme ai dati di ingresso, negli allegati tecnici qui di seguito elencati.

RVT01	Estrazione fumi Livello -1_ Livello -2 (Deposito due binari)
RVT02	Estrazione fumi Livello -1_ Livello -2 (Deposito tre binari)
RVT03	Estrazione fumi deposito Livello -1
RVT04	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 1
RVT05	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 2
RVT06	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 3
RVT07	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 4

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

3.3.5.1 Illustrazione del report di calcolo delle reti

- N. I.** Numero del nodo iniziale
- N.F.** Numero del nodo finale
- L** Lunghezza del tratto compreso tra i due nodi (solo mandata) [m]
- Q tot.** Portata di fluido circolante nel tratto [m³/h]
- Φ/Φeq.** Diametro del canale (se circolare) o diametro equivalente (se rettangolare) [mm]
- B** Larghezza del canale (se rettangolare) [mm]
- H** Altezza del canale (se rettangolare) [mm]
- Vel.** Velocità del fluido nel tratto considerato [m/s]
- Δp loc.** Caduta di pressione addizionale (serrande, ostruzioni o altro) [Pa]
- Δp unit.** Perdita di carico unitaria del tubo rettilineo [Pa/m]
- L eq.** Lunghezza equivalente degli accidenti (curve o diramazioni) associati al tratto di canale considerato [m]
- Res. St.** Recupero di pressione statica, pari alla differenza di pressione dinamica tra monte (canale “padre”) e valle (canale “figlio”) del nodo [Pa]
- Δp tot.** Caduta di pressione complessiva nel tratto di canale considerato [Pa]
- p N.I.** Pressione richiesta al nodo INIZIALE [Pa]
- p N.F.** Pressione richiesta al nodo FINALE [Pa]
- Serr.** Necessità di inserire un organo di taratura per compensare uno squilibrio di pressione

Valgono le relazioni seguenti:

$$(\Delta p \text{ tot.}) = (\Delta p \text{ unit.}) \cdot (L + L \text{ eq.}) + (\Delta p \text{ loc.}) \quad [\text{Pa}]$$

$$(p \text{ N.I.}) = (p \text{ N.F.}) + (\Delta p \text{ tot.}) - (\text{Rec. St.}) \quad [\text{Pa}]$$

Fisicamente, durante il funzionamento delle reti le pressioni disponibili ai nodi omologhi (di ugual valore N.I.) sono sempre uguali, e pari al maggiore dei valori di pressione richiesta; nei rami che richiedono un valore di pressione inferiore si determina uno squilibrio di pressione, con un incremento di portata proporzionale alla radice quadrata dello squilibrio relativo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianto HVAC Relazione di calcolo	MTL2T1A1DIVEDRBR003-0-1.DOCX

Nel caso di ramo terminale, (p N.F.) rappresenta la perdita di carico del diffusore o bocchetta allacciati. (Δp loc.) può venire utilizzato anche per rappresentare la perdita di carico di una rete secondaria (calcolata con un altro foglio di lavoro) che si allaccia alla rete in un certo nodo: in questo caso la perdita della rete allacciata è pari alla somma tra (p N.F.) e (Δp loc.).

La differenza tra i valori di (p N.I.) in nodi omologhi determina lo squilibrio assoluto di pressione richiesta; il rapporto tra tale squilibrio e il valore di (p N.I.) determina lo squilibrio relativo di pressione a quel nodo.

4. ALLEGATI

4.1 Metodologie di calcolo

<i>CODICE</i>	<i>ARGOMENTO</i>
ME.C020.M010	RETI DI CANALIZZAZIONI

4.2 Relazioni/schede di calcolo

<i>CODICE</i>	<i>ARGOMENTO</i>
RVT01	Estrazione fumi Livello -1_Livello -2 (Deposito due binari)
RVT02	Estrazione fumi Livello -1_Livello -2 (Deposito tre binari)
RVT03	Estrazione fumi deposito Livello -1
RVT04	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 1
RVT05	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 2
RVT06	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 3
RVT07	Estrazione fumi officina livello -2 – Linea 4

METODOLOGIE CALCOLO

RETI DI CANALIZZAZIONI

Scheda: ME.C020.M010	Edizione: 1	Data: 09/11/04	File: F:\21015\STAMPA\APPOGGIO\MTL2T1A1DIVCDRBR005-HVAC CALCOLI\METODOLOGIEME.C020.M010.DOC	Pag. 1/5
-----------------------------	--------------------	----------------	---	----------

Campo di applicazione

La presente metodologia si applica al calcolo e al dimensionamento delle reti di canalizzazioni dell'aria in mandata o in ripresa, negli impianti di climatizzazione o di ventilazione industriale.

Modalità

Il calcolo di una rete di canali deve essere effettuato in funzione della tipologia di terminali di sbocco o aspirazione presenti e della configurazione topografica della rete stessa.

Per il calcolo delle reti occorre applicare la seguente procedura:

1. Determinazione della portata dei singoli terminali;
2. Determinazione della portata dei singoli rami della rete di distribuzione;
3. Dimensionamento della rete;
4. Verifica delle perdite di carico e degli sbilanci.

Portata dei terminali

Il calcolo della portata d'aria necessaria per ciascun terminale si affronta applicando metodologie specifiche, in funzione della quantità d'aria che deve venire complessivamente trattata (in risposta ad esigenze di controllo del microclima e/o della qualità dell'aria ambiente) e dello studio della diffusione dell'aria all'interno dei locali.

Allo stesso modo, la perdita di carico di un terminale in corrispondenza del passaggio d'aria sopra determinato viene dichiarata dal costruttore, e costituisce dunque un dato di ingresso del problema in oggetto.

Portata della rete di distribuzione

Nell'ipotesi di rappresentare la rete di distribuzione come un grafo ad albero che, partendo dal punto di inizio (stacco da una colonna verticale, partenza da una unità di trattamento, ecc.), alimenta ogni singolo terminale, la portata caratteristica di ciascun tratto di rete sarà calcolata sommando la portata di tutti i terminali alimentati (o raccolti) dal tratto in oggetto.

In altre parole, la portata Q del j -esimo tratto di rete che tratta n terminali con differente portata q è pari a:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n q_i$$

Pressioni

In ogni tratto di condotto, possono essere definite e calcolate due pressioni, la *statica* e la *dinamica*, nonché la loro somma, la *pressione totale*.

La **pressione statica** p_s è la vera pressione del fluido, intesa come grandezza fisica caratteristica, espressione del moto di agitazione particellare, e quindi legata alla temperatura. Tale pressione è uguale in tutti i punti ed è indipendente dal moto del fluido.

La **pressione dinamica** p_d è legata alla quantità di moto (o all'energia cinetica) del fluido, e si manifesta in caso di arresto del fluido stesso, quando l'impulso generato determina per l'appunto una pressione contro la superficie di contrasto. Tale pressione è una grandezza vettoriale, legata alla componente della velocità del fluido lungo una ben precisa dire-

METODOLOGIE CALCOLO

RETI DI CANALIZZAZIONI

Scheda: ME.C020.M010	Edizione: 1	Data: 09/11/04	File: F:\21015\STAMPA\APPOGGIO\MTL2T1A1DIVCDRBR005-HVAC_CALCOLI\METODOLOGIE\ME.C020.M010.DOC	Pag. 2/5
-----------------------------	--------------------	----------------	--	----------

zione; in particolare, è nulla in una direzione ortogonale al moto del fluido ed è massima nella direzione dell'asse del condotto.

La pressione dinamica vale:

$$p_d = \rho \cdot \frac{c^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

dove ρ è la massa volumica del fluido e c è la sua velocità.

La **pressione totale** p_t è pertanto definibile con la relazione:

$$p_t = p_s + p_d$$

La pressione totale diminuisce sempre nella direzione del moto, a causa delle perdite di carico conseguenti all'attrito del fluido. La pressione statica tende a diminuire allo stesso modo, ma è influenzata dal comportamento della pressione dinamica, in virtù della relazione sopra riportata (in base alla quale un aumento di pressione dinamica comporta una diminuzione di pressione statica, e viceversa); nel caso in cui la velocità aumenti, ha luogo una **conversione di pressione** statica in dinamica, mentre nel caso in cui la velocità diminuisca ha luogo una conversione opposta, cioè di dinamica in statica.

Le conversioni di pressione tendono a verificarsi in corrispondenza di ogni diramazione, quando la diminuzione o l'aumento di portata comportano, normalmente, variazioni di velocità nel condotto principale. Il verificarsi di tali fenomeni influenza pesantemente il regime di pressioni all'interno dei condotti, in particolare i valori disponibili ai vari nodi.

Per quanto riguarda le diramazioni di una rete, la pressione totale disponibile all'imbocco di un ramo secondario sarà pari alla pressione totale del condotto principale allo stesso nodo, se la diramazione avviene tramite una presa dinamica (come il "giglio" di un condotto rettangolare), o alla sola pressione statica del condotto principale stesso, se la diramazione avviene tramite uno stacco a "T".

Nel caso di presa dinamica, si definisce come **recupero di pressione statica** la conversione di pressione (eventualmente negativa) che avviene all'imbocco di un ramo:

$$R_{st} = \rho \cdot \frac{c_0^2 - c_d^2}{2} \approx \frac{c_0^2 - c_d^2}{1,6} \quad [\text{Pa}]$$

dove c_0 è la velocità dell'aria nel condotto principale immediatamente a monte del nodo, e c_d è la velocità nella diramazione. La conversione suddetta modifica di fatto il valore della pressione disponibile all'imbocco del ramo derivato.

Dimensionamento della rete

Il dimensionamento può venire effettuato con due metodiche alternative: la prima consiste nel pre-dimensionare la rete in base a semplici criteri di scelta di velocità dei diversi tratti, effettuando poi una verifica dell'equilibratura, per correggere il dimensionamento di alcuni rami; la seconda consiste nel dimensionare subito tutti i rami in modo da realizzare l'equilibrio delle pressioni a tutti i nodi, tenendo in conto i fenomeni di conversione di pressione statica in dinamica, o viceversa.

Il pre-dimensionamento dei condotti che costituiscono la rete può venire effettuato direttamente imponendo in tutti i rami valori di velocità decrescenti dall'inizio alla fine della rete stessa, partendo dal valore massimo accettabile. Tale metodo può venire efficacemente impiegato nel caso di reti di piccola estensione, soprattutto se il tracciato di progetto comporta delle simmetrie geometriche che rendano automatico l'equilibrio in alcuni nodi.

Vengono normalmente adottati i parametri di velocità riassunti nella tabella seguente.

METODOLOGIE CALCOLO

RETI DI CANALIZZAZIONI

Scheda: ME.C020.M010	Edizione: 1	Data: 09/11/04	File: F:\21015\STAMPA\APPOGGIO\MTL2T1A1DIVCDRBR005-HVAC CALCOLI\METODOLOGIEME.C020.M010.DOC	Pag. 3/5
-----------------------------	--------------------	----------------	---	----------

Tratto di condotto	Velocità massime	
	Condotti rettangolari	Condotti circolari
Rami principali	7÷10 m/s	8÷12 m/s
Rami terminali	2÷3,5 m/s	2,5÷4 m/s
Condotti di presa d'aria	4÷6 m/s	5÷7 m/s

I valori maggiori sono applicabili nel caso di impianti industriali, o comunque dove il problema della generazione di rumori o fruscii sia meno critico.

La correzione del dimensionamento ottenuto con tale metodo semplificato viene effettuata contestualmente alla verifica degli sbilanci, illustrata nel seguito.

Il dimensionamento corretto, in base al secondo metodo, viene effettuato calcolando la rete dal terminale più sfavorito e risalendo verso il primo nodo della rete, passando per tutti i nodi intermedi. Ad ogni nodo, si dimensiona il ramo di monte, che serve tutti i rami secondari in partenza dal nodo stesso, in modo da ridurre il più possibile gli sbilanci (vedi oltre), tenendo conto dei fenomeni di conversione di pressione. **Vengono comunque rispettati i valori di velocità massima della tabella precedente.**

Questo metodo consente di calcolare, ad ogni nodo, i salti di velocità tra ramo di monte e di valle dello stesso condotto. Potendo adottare esattamente i valori di velocità così ricavati, la rete risulterebbe sempre perfettamente equilibrata; in realtà, tenendo in conto l'esigenza di adottare dimensioni standard commerciali delle sezioni e dovendo rispettare i vincoli di velocità massima, sussistono in genere situazioni nelle quali non è possibile equilibrare tutti i rami.

Verifica delle perdite di carico

La verifica delle perdite di carico di una rete è volta ad accertare la condizione che, in corrispondenza delle portate di progetto, la caduta di pressione lungo tutti i possibili percorsi alternativi sia uguale. In caso tale condizione non sia verificata, l'avviamento della circolazione dell'aria determinerà una distribuzione dei flussi ai nodi diversa da quella desiderata, in modo che, comunque, si verifichi la inevitabile condizione di uguaglianza della perdita di carico lungo tutti i percorsi.

La portata che attraversa effettivamente un ramo è determinata dal valore della **pressione totale** di imbocco del ramo stesso. Se la pressione disponibile a un nodo è maggiore di quella richiesta, la portata che attraversa il ramo sarà conseguentemente maggiore; per evitare ciò, si sarà costretti a dissipare su resistenze accidentali l'eccesso di pressione all'imbocco dei rami più favoriti.

Il dimensionamento di una rete deve essere effettuato in modo da realizzare, se possibile, il naturale equilibrio fluidodinamico ai nodi. In caso di impossibilità di progettare reti intrinsecamente equilibrate, si farà uso di organi di taratura (serrende).

È opportuno precisare che si considera equilibrata una rete quando il valore della portata dei singoli rami è pari al valore progettuale, con una tolleranza di $\pm 10\%$; in virtù della relazione quadratica esistente tra portata e perdita di carico, questo scostamento (10%) corrisponde ad un errore nel valore della pressione pari a circa il 20%. In conclusione, si considera **equilibrata** una rete quando gli squilibri di pressione ai nodi non superano il **20% del valore nominale**.

Per verificare l'equilibratura di una rete, occorre dunque procedere ai seguenti passi:

1. Determinazione delle perdite di carico lungo la rete;
2. Determinazione della pressione minima necessaria in corrispondenza di tutti i nodi;
3. Determinazione dello squilibrio tra pressione richiesta dai diversi rami e pressione in realtà disponibile ai nodi.

METODOLOGIE CALCOLO

RETI DI CANALIZZAZIONI

Scheda: ME.C020.M010	Edizione: 1	Data: 09/11/04	File: F:\21015\STAMPA\APPOGGIO\MTL2T1A1DIVCDRBR005-HVAC\CALCOLI\METODOLOGIE\ME.C020.M010.DOC	Pag. 4/5
-----------------------------	--------------------	----------------	--	----------

Determinazione delle perdite di carico

Le perdite di carico lungo il j-esimo ramo della rete sono calcolabili utilizzando la seguente espressione semplificata:

$$H_{JT} = H_{JD} + H_{JC} - R_{st} \quad [\text{Pa}]$$

Avendo indicato:

H_{JT} = perdita di carico totale nel tratto j-esimo;

H_{JD} = perdite di carico distribuite dovute al moto dell'aria all'interno del tratto j-esimo;

H_{JC} = perdite di carico concentrate dovute alla presenza di discontinuità lungo il tratto j-esimo;

R_{st} = recupero di pressione statica all'imbocco del ramo.

Le **perdite di carico distribuite** lungo il ramo j-esimo sono calcolabili mediante la seguente formula:

$$H_{JD}^* = 8,12 \cdot 1,2^{0,852} \cdot \frac{c_j^{1,924}}{d_j^{1,281}} \cdot 0,001 \quad [\text{Pa/m}]$$

dove c_j è la velocità [m/s] dell'aria nel ramo j-esimo, di diametro interno d_j , attraversato dalla portata $Q_j = \frac{4 \cdot Q_j^2}{\pi \cdot d_j^2}$

Nel caso di condotti rettangolari, la formula precedente è ancora applicabile, avendo cura di definire d come **diametro equivalente**, ovvero diametro di un condotto che comporti, in corrispondenza della portata Q , la stessa perdita di carico del condotto rettangolare in esame. Il diametro equivalente si può calcolare con la seguente relazione:

$$d_{eq} = 1,3 \cdot \frac{(b \cdot h)^{0,625}}{(b + h)^{0,25}}$$

dove b ed h sono rispettivamente la larghezza e l'altezza del canale.

La formula indicata permette di calcolare le perdite distribuite relative ad una lunghezza unitaria di tubazione; al fine di ottenere la perdita di carico relativa a tutto il tratto j-esimo di lunghezza L , occorrerà quindi moltiplicare il valore unitario per la lunghezza del tratto:

$$H_{JD} = H_{JD}^* \cdot L$$

Il calcolo delle **perdite di carico concentrate** tiene conto di tutte le singolarità presenti lungo il percorso dell'aria nel ramo j-esimo, dovute ad asperità accidentali cagionate dalla presenza, ad esempio, di curve, gomiti, valvole, restringimenti, ecc.

Un approccio agevole al problema consiste nel considerare le accidentalità pari a dei tratti di tubazione rettilinea di una certa lunghezza, definita **lunghezza equivalente**.

Complessivamente, la **perdita di carico totale** caratteristica della rete può essere calcolata come la somma delle perdite lungo tutti gli n rami percorsi dall'aria lungo il tragitto tra il punto di partenza e l'utenza più sfavorita:

$$H_{TOT} = \sum_{j=1}^n H_{JT} = \sum_{j=1}^n (H_{JD} + H_{JC} - R_{st}) \quad [\text{Pa}]$$

METODOLOGIE CALCOLO

RETI DI CANALIZZAZIONI

Scheda: ME.C020.M010	Edizione: 1	Data: 09/11/04	File: F:\21015\STAMPA\APPOGGIO\MTL2T1A1DIVCDRBR005-HVAC\CALCOLI\METODOLOGIE\ME.C020.M010.DOC	Pag. 5/5
-----------------------------	--------------------	----------------	--	----------

Determinazione della pressione minima necessaria ai nodi

La determinazione della pressione minima H_N necessaria affinché in un ramo che parte da un nodo circoli la portata nominale viene effettuata con la relazione seguente:

$$H_N = H_{JT} + H_U$$

dove H_{JT} è la perdita di carico totale del ramo a partire dal nodo considerato (tenendo conto dell'eventuale recupero di statica) e H_U è la perdita di carico del terminale in corrispondenza della portata di progetto.

Affinché circoli la portata di progetto, a tutti i nodi deve venire assicurata una pressione pari al massimo valore H_N tra tutti quelli richiesti dai diversi rami che si dipartono dallo stesso nodo.

Determinazione degli squilibri di pressione dei diversi rami di un nodo

Una volta determinati i valori di H_N a tutti i nodi e per tutti i rami, lo squilibrio di pressione ΔH_j all'imbocco di un ramo j -simo viene valutato come differenza tra la pressione effettivamente disponibile al nodo (pari al massimo H_N richiesto) e la pressione minima necessaria al ramo, $(H_N)_j$, secondo l'espressione:

$$\Delta H_j = \text{Max}(H_N) - (H_N)_j$$

Nel caso in cui l'errore relativo, pari a $\frac{\Delta H_j}{(H_N)_j}$, sia inferiore al 20%, la rete si considera bilanciata nel nodo in esame; in

caso contrario, occorrerà prevedere un organo di strozzatura (serranda, paratia forata, diaframma calibrato, ecc.).

Determinazione della prevalenza necessaria

La perdita di carico totale di una rete è pari alla pressione totale di imbocco della rete stessa diminuita del valore del recupero di pressione statica calcolato tra il primo e l'ultimo ramo.

La prevalenza necessaria per consentire la circolazione della portata totale è pari alla perdita di carico della rete di distribuzione sommata alla perdita di carico degli eventuali condotti di aspirazione o espulsione esterni alla rete stessa.

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File		
02	18/08/2009	RVT	finitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT01 - Estrazione fumi P-1_P-2 (De		
Codice	21015	Data	22/07/2022	Firma	

DESCRIZIONE RVT01 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi Livello -1_P-2 (Deposito due binari)

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **21.600** m³/h
Prevalenza residua utile richiesta **58** Pa
Velocità massima nei canali **10,08** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	Φ/Φ_{eq}	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	3	21.600	842	850	700	10,08	0,0	1,26	8,5	0,0	14,5	58	43	
20	30	1	21.600	842	850	700	10,08	0,0	1,26	8,5	0,0	12,0	43	31	
30	35	0,5	10.800	953	1.100	700	3,90	0,0	0,18	10,2	0,0	2,0	22	20	
30	40	4	10.800	706	850	500	7,06	0,0	0,81	7,7	0,0	9,6	31	22	
40	45	0,5	10.800	953	1.100	700	3,90	0,0	0,18	10,2	0,0	2,0	22	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File
02	18/08/2009	RVT	definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT02 - Estrazione fumi P-1_P-2 (De
Codice	Data	Firma	
21015	22/07/2022		

DESCRIZIONE RVT02 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi Livello-1_Livello-2 (Deposito tre binari)

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **32.400** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **92** Pa
 Velocità massima nei canali **13,24** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	$\Phi/\Phi_{eq.}$	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	2,5	32.400	901	850	800	13,24	0,0	1,95	8,9	0,0	22,2	92	70	
20	30	2	32.400	901	850	800	13,24	0,0	1,95	8,9	0,0	21,2	70	49	
30	35	0,5	10.800	953	1.100	700	3,90	0,0	0,18	10,2	0,0	2,0	22	20	x
30	40	5	21.600	842	850	700	10,08	0,0	1,26	8,5	0,0	17,0	49	32	
40	45	0,5	10.800	953	1.100	700	3,90	0,0	0,18	10,2	0,0	2,0	22	20	
40	50	5	10.800	706	850	500	7,06	0,0	0,81	7,7	0,0	10,4	32	22	
50	55	0,5	10.800	953	1.100	700	3,90	0,0	0,18	10,2	0,0	2,0	22	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File		
02	18/08/2009	RVT	alcoli\Definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT03 - Estrazione fumi Depo		
Codice	21015	Data	22/07/2022	Firma	

DESCRIZIONE RVT03 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi deposito Livello-1

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **35.400** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **289** Pa
 Velocità massima nei canali **14,05** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	Φ/Φ_{eq}	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	60	35.400	911	1.000	700	14,05	0,0	2,19	9,6	0,0	152,6	289	137	
20	30	2,3	35.400	911	1.000	700	14,05	0,0	2,19	9,6	0,0	26,0	137	111	
30	40	3	35.400	911	1.000	700	14,05	0,0	2,19	9,6	0,0	27,6	111	83	
40	45	0,5	8.850	953	1.100	700	3,19	0,0	0,13	10,2	0,0	1,4	21	20	x
40	50	7	26.550	840	1.000	600	12,29	0,0	1,90	9,2	0,0	30,7	83	52	
50	55	0,5	8.850	953	1.100	700	3,19	0,0	0,13	10,2	0,0	1,4	21	20	x
50	60	7	17.700	755	800	600	10,24	0,0	1,49	7,8	0,0	22,0	52	30	
60	65	0,5	8.850	953	1.100	700	3,19	0,0	0,13	10,2	0,0	1,4	21	20	
60	70	7	8.850	687	800	500	6,15	0,0	0,64	7,4	0,0	9,3	30	21	
70	75	0,5	8.850	953	1.100	700	3,19	0,0	0,13	10,2	0,0	1,4	21	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File		
02	18/08/2009	RVT	i:\Definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT04 - Estrazione fumi Officina		
Codice	21015	Data	22/07/2022	Firma	

DESCRIZIONE	RVT04 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi officina Livello-2 - Linea 1
--------------------	--

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **97.200** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **253** Pa
 Velocità massima nei canali **12,98** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	Φ/Φeq.	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	30	97.200	1.574	1.600	1.300	12,98	0,0	0,97	16,0	0,0	44,5	253	209	
20	30	8	97.200	1.574	1.600	1.300	12,98	0,0	0,97	16,0	0,0	23,2	209	186	
30	35	0,4	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
30	40	6	87.480	1.511	1.600	1.200	12,66	0,0	0,97	15,6	0,0	21,0	186	164	
40	45	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
40	50	6	77.760	1.444	1.600	1.100	12,27	0,0	0,98	15,2	0,0	20,7	164	144	
50	55	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
50	60	6	68.040	1.336	1.600	950	12,43	0,0	1,12	14,6	0,0	23,0	144	121	
60	65	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
60	70	4	58.320	1.255	1.400	950	12,18	0,0	1,14	13,3	0,0	19,7	121	101	
70	75	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
70	80	6	48.600	1.165	1.200	950	11,84	0,0	1,16	11,9	0,0	20,8	101	80	
80	85	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
80	90	6	38.880	1.039	950	950	11,97	0,0	1,36	10,1	0,0	21,8	80	58	
90	95	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
90	100	6	29.160	921	950	750	11,37	0,0	1,43	9,4	0,0	22,0	58	36	
100	105	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	
100	110	5	19.440	872	850	750	8,47	0,0	0,86	8,7	0,0	11,8	36	25	
110	115	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	
110	120	6	9.720	872	850	750	4,24	0,0	0,23	8,7	0,0	3,4	25	21	
120	125	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File
02	18/08/2009	RVT	i:\Definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT05 - Estrazione fumi Officina
Codice	Data	Firma	
21015	22/07/2022		

DESCRIZIONE	RVT05 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione Fumi officina Livello-2 - Linea 2
-------------	--

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **34.560** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **88** Pa
 Velocità massima nei canali **12,31** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	$\Phi/\Phi_{eq.}$	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	4	34.560	954	1.200	650	12,31	0,0	1,66	10,7	0,0	24,3	88	64	
20	30	4,7	34.560	954	1.200	650	12,31	0,0	1,66	10,7	0,0	25,5	64	39	
30	40	3,5	17.280	811	850	650	8,69	0,0	1,00	8,3	0,0	11,8	34	22	
40	45	0,5	17.280	1.133	1.600	700	4,29	0,0	0,19	13,4	0,0	2,6	22	20	
30	50	8	17.280	811	850	650	8,69	0,0	1,00	8,3	0,0	16,3	39	22	
50	55	0,5	17.280	1.133	1.600	700	4,29	0,0	0,19	13,4	0,0	2,6	22	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

Edizione	Data	Allegato	File		
02	18/08/2009	RVT	i:\Definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT06 - Estrazione fumi Officina		
Codice	21015	Data	22/07/2022	Firma	

DESCRIZIONE	RVT06 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi officina Livello-2 - Linea 3
--------------------	--

DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **97.200** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **222** Pa
 Velocità massima nei canali **12,98** m/s

N. I.	N.F.	L	Q tot.	Φ/Φ_{eq}	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	9,5	97.200	1.574	1.600	1.300	12,98	0,0	0,97	16,0	0,0	24,7	222	197	
20	25	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
20	30	6	87.480	1.511	1.600	1.200	12,66	0,0	0,97	15,6	0,0	21,0	197	176	
30	35	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
30	40	6	77.760	1.444	1.600	1.100	12,27	0,0	0,98	15,2	0,0	20,7	176	155	
40	45	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
40	50	6	68.040	1.336	1.600	950	12,43	0,0	1,12	14,6	0,0	23,0	155	132	
50	55	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
50	60	6	58.320	1.255	1.400	950	12,18	0,0	1,14	13,3	0,0	21,9	132	111	
60	65	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
60	70	6	48.600	1.165	1.200	950	11,84	0,0	1,16	11,9	0,0	20,8	111	90	
70	75	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
70	80	6	38.880	1.039	950	950	11,97	0,0	1,36	10,1	0,0	21,8	90	68	
80	85	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
80	90	6	29.160	921	950	750	11,37	0,0	1,43	9,4	0,0	22,0	68	46	
90	95	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
90	100	6	19.440	872	850	750	8,47	0,0	0,86	8,7	0,0	12,7	46	33	
100	105	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	
100	110	6	9.720	668	850	450	7,06	0,0	0,89	7,5	0,0	12,0	33	21	
110	115	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	

CALCOLO RETE DI VENTILAZIONE

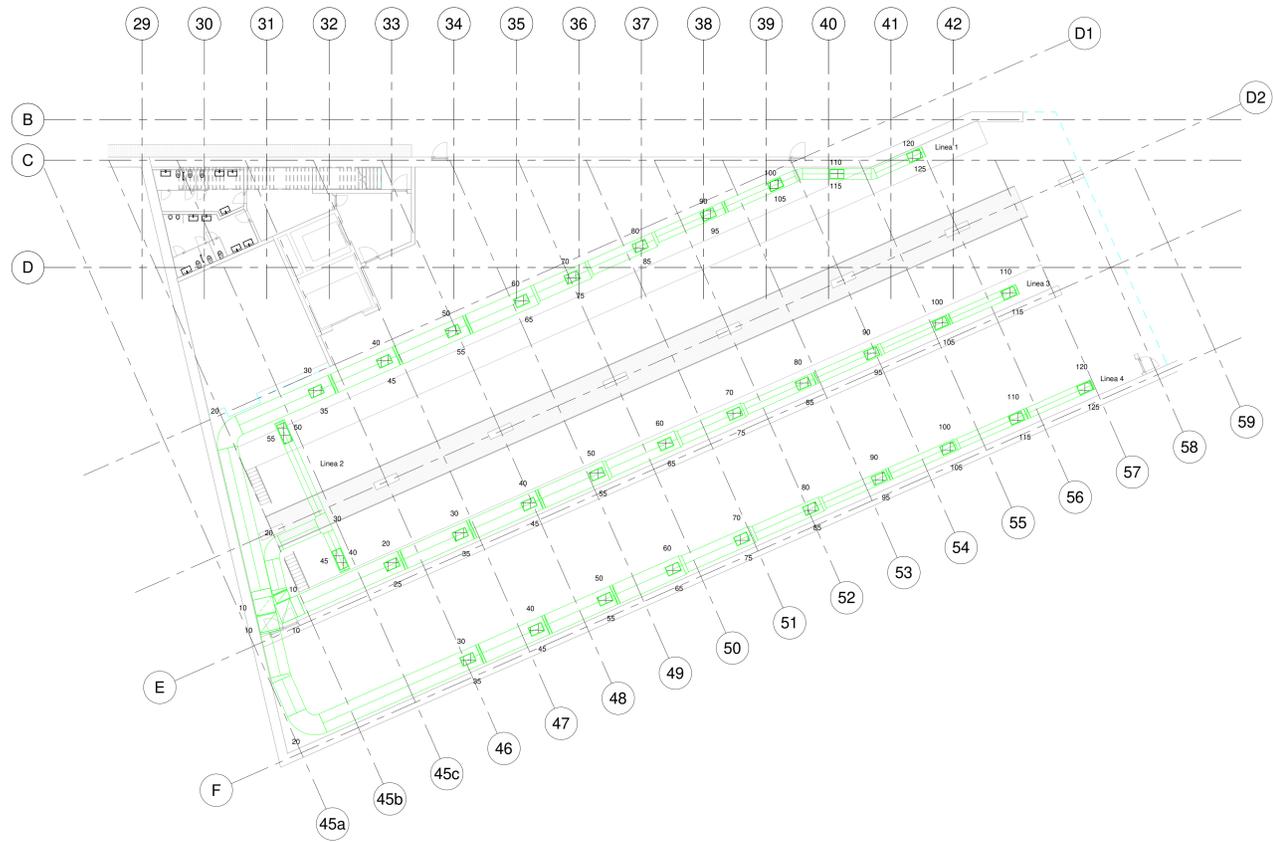
Edizione	Data	Allegato	File		
02	18/08/2009	RVT	i:\Definitivo\Estrazione Fumi\Allegati di calcolo\RVT07 - Estrazione fumi Officina		
Codice	21015	Data	22/07/2022	Firma	

DESCRIZIONE	RVT07 - MTL2 - Deposito Rebaudengo - Estrazione fumi officina Livello-2 - Linea 4
--------------------	--

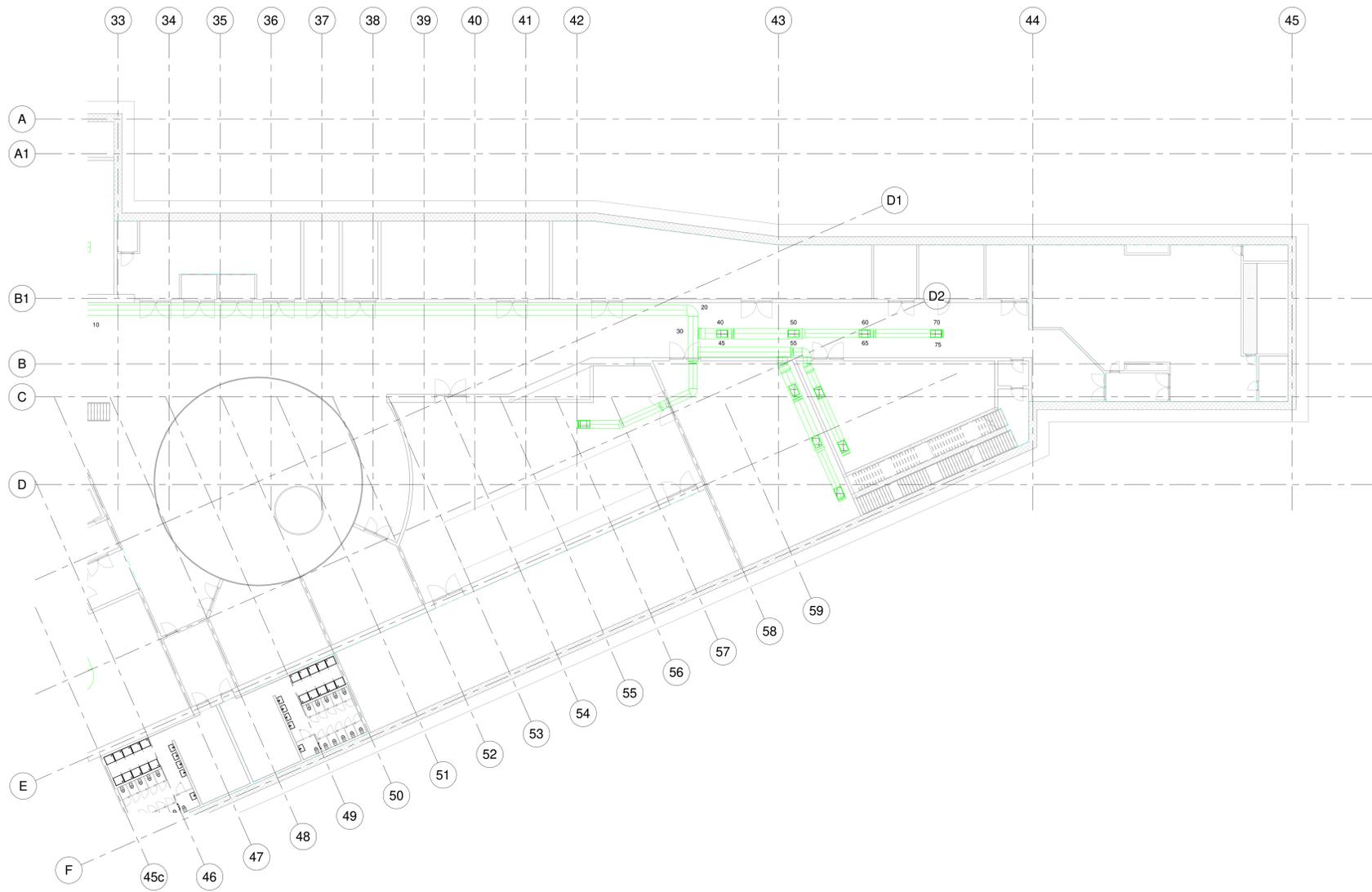
DIMENSIONAMENTO RETE

Portata totale **97.200** m³/h
 Prevalenza residua utile richiesta **250** Pa
 Velocità massima nei canali **12,98** m/s

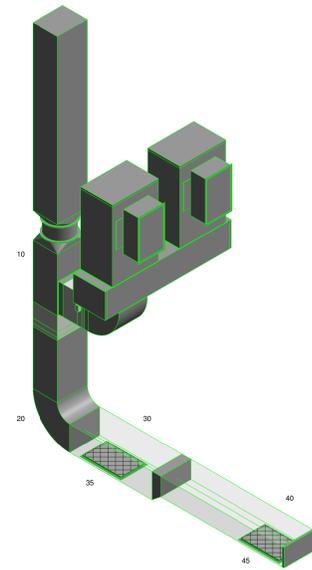
N. I.	N.F.	L	Q tot.	Φ/Φeq.	B	H	Vel.	Δp loc.	Δp unit.	L eq.	Rec. St.	Δp tot.	p N.I.	p N.F.	Serr.
[n°]	[n°]	[m]	[mc/h]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
10	20	9	97.200	1.574	1.600	1.300	12,98	0,0	0,97	16,0	0,0	24,2	250	226	
20	30	14	97.200	1.574	1.600	1.300	12,98	0,0	0,97	16,0	0,0	29,0	226	197	
30	35	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
30	40	6	87.480	1.511	1.600	1.200	12,66	0,0	0,97	15,6	0,0	21,0	197	176	
40	45	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
40	50	6	77.760	1.444	1.600	1.100	12,27	0,0	0,98	15,2	0,0	20,7	176	155	
50	55	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
50	60	6	68.040	1.336	1.600	950	12,43	0,0	1,12	14,6	0,0	23,0	155	132	
60	65	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
60	70	6	58.320	1.255	1.400	950	12,18	0,0	1,14	13,3	0,0	21,9	132	111	
70	75	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
70	80	6	48.600	1.165	1.200	950	11,84	0,0	1,16	11,9	0,0	20,8	111	90	
80	85	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
80	90	6	38.880	1.039	950	950	11,97	0,0	1,36	10,1	0,0	21,8	90	68	
90	95	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
90	100	6	29.160	921	950	750	11,37	0,0	1,43	9,4	0,0	22,0	68	46	
100	105	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	x
100	110	6	19.440	872	850	750	8,47	0,0	0,86	8,7	0,0	12,7	46	33	
110	115	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	
110	120	6	9.720	668	850	450	7,06	0,0	0,89	7,5	0,0	12,0	33	21	
120	125	0,5	9.720	953	1.100	700	3,51	0,0	0,15	10,2	0,0	1,6	21	20	



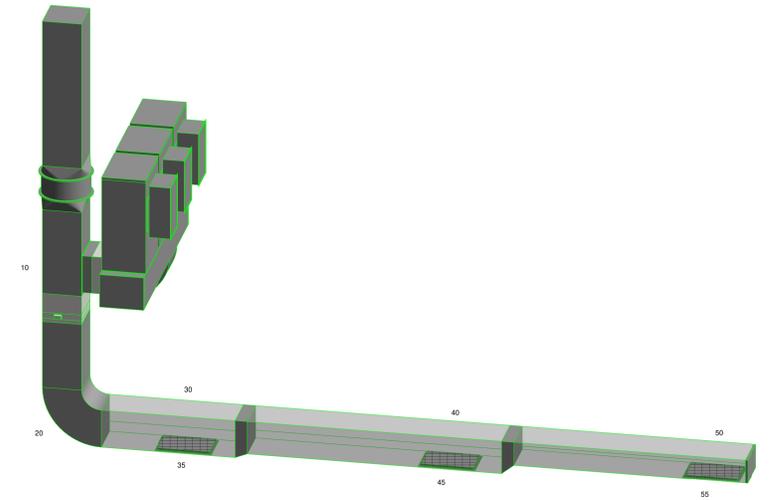
4 Estrazione fumi Livello -2
1:200



3 Estrazione fumi livello -1
1:200



1 Estrazione fumi P-1_P-2 (Deposito due binari)



2 Estrazione fumi P-1_P-2 (Deposito tre binari)

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 Funzionale 1: Rebaudengo - Bologna

ALLEGATO GRAFICO DI CALCOLO MODULO RVT01-RVT02-RVT03-
RVT04-RVT05-RVT06-RVT07

RETE VENTILAZIONE DI EMERGENZA LIVELLI -1,-2