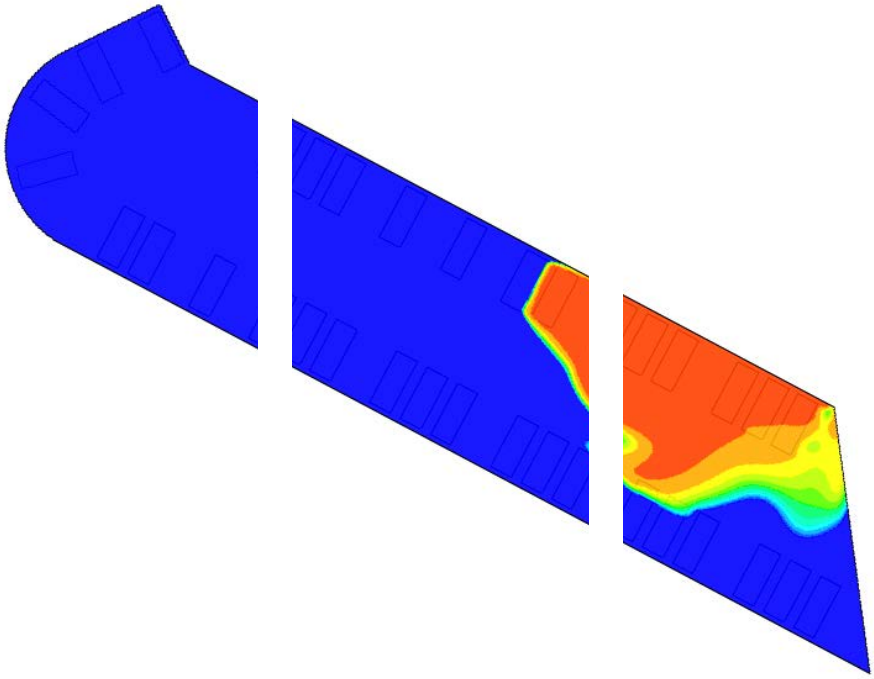


Comune di Merano
Merano, Italia

Sistema Antincendio & Simulazioni CFD Autorimessa Caverna

Studio di Fattibilità Sistema Aerazione e Impianto Antincendio

Doc. No. 16-1756-H1 Rev. 1 - Aprile 2017

Rev.	1
Description	Second Issue
Prepared by	E. Inglese – S. Macchiavello
Controlled by	A. Bozzolo
Approved by	A. Durante
Date	21 Aprile 2017

D'APPOLONIA

consulting, design, operation & maintenance engineering

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Seconda Emissione	E. Inglese S. Macchiavello	A. Bozzolo	R. De Laurentiis	21/04/2017
0	Prima Emissione	E. Inglese S. Macchiavello	A. Bozzolo	A. Durante	20/02/2017

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto della D'Appolonia.

INDICE

		Pag.
1	INTRODUZIONE	2
2	CONCLUSIONI	3

APPENDICE A: **Analisi di Fattibilità Tecnica Antincendio**

APPENDICE B: **Simulazioni Numeriche (CFD) per Verificare il Conseguimento dei Limiti Prestazionali**

APPENDICE C: **Identificazione delle Migliori Tecnologie Disponibili per i Filtri Antinquinamento dell'Impianto di Estrazione**

1 INTRODUZIONE

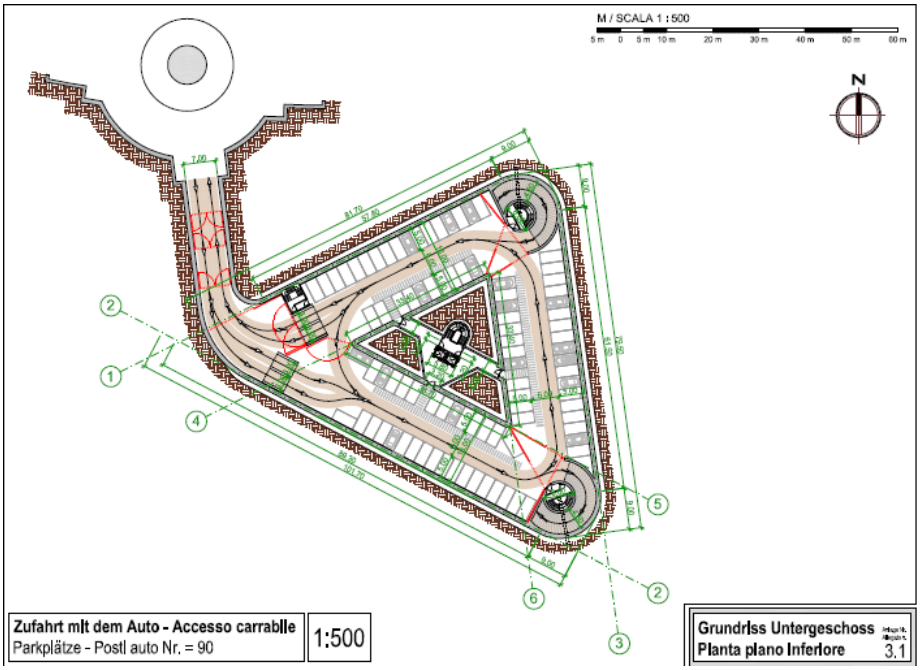
Il presente Studio descrive le attività sviluppate da D'Appolonia relativamente all'autorimessa in caverna che verrà costruita all'interno del Monte Benedetto nel Comune di Merano al fine di verificare il rispetto dei requisiti di Prevenzione Incendi e di identificare le migliori tecnologie reperibili per la filtrazione dell'aria di ventilazione estratta dalla autorimessa stessa.

Le attività eseguite sono descritte all'interno delle tre appendici tecniche allegate al presente documento. Precisamente:

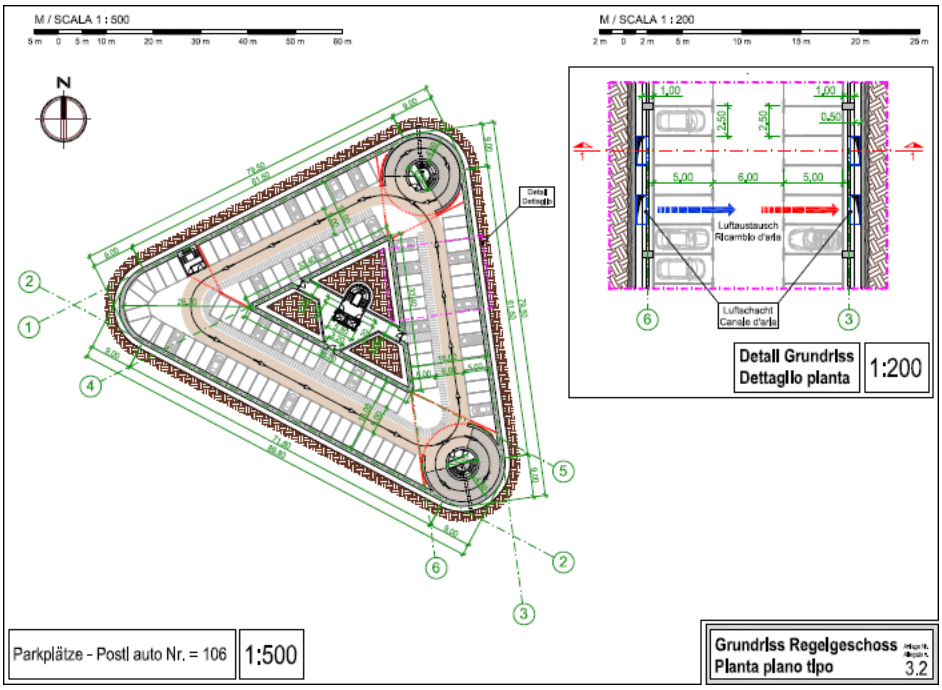
- ✓ *Appendice A: Analisi di Fattibilità Tecnica Antincendio* che contiene le informazioni necessarie ai fini della verifica di fattibilità relativamente all'ottenimento del parere di Conformità da parte del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco comprese alcune soluzioni architettoniche identificate da D'Appolonia;
- ✓ *Appendice B: Simulazioni Numeriche (CFD) per Verificare il Conseguimento dei Limiti Prestazionali* che descrive le simulazioni computazionali elaborate secondo l'approccio prestazionale al fine di verificare i livelli di prestazione previsti dalla Conferenza dei Servizi, in termini di temperature e visibilità in caso di incendio;
- ✓ *Appendice C: Identificazione delle Migliori Tecnologie Disponibili per i Filtri Antinquinamento dell'Impianto di Estrazione* che presenta le soluzioni tecniche individuate da D'Appolonia, al fine di abbattere la concentrazione di inquinanti connessa all'immissione in atmosfera dell'aria prelevata all'interno dell'autorimessa.

2 CONCLUSIONI

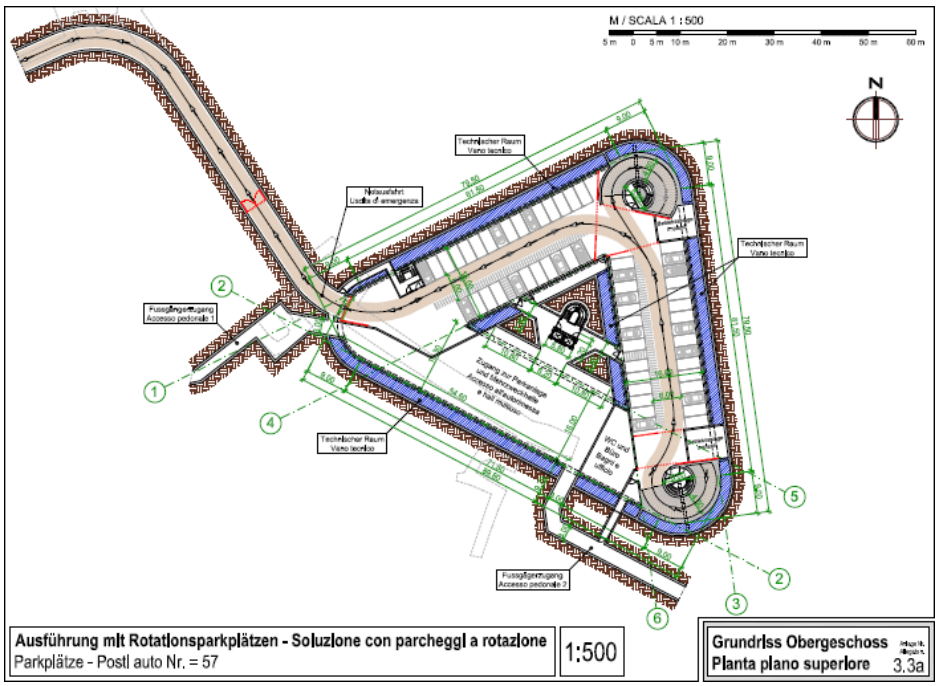
La verifica analitica dell'applicabilità del D.M. 01 febbraio 1986 "*Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili*" è stata effettuata sulle planimetrie riportate di seguito:



Pianta piano inferiore



Pianta piano tipo



Pianta piano superiore

La verifica fatta e descritta nel dettaglio nell'Appendice A hanno evidenziato alcune criticità che possono essere identificate come segue:

La forma circolare di alcuni dei portoni di compartimento necessita di approfondimenti tecnico economici poiché una tale geometria non sembra attualmente reperibile sul mercato.	La geometria più regolare soprattutto in corrispondenza delle rampe aiuterebbe la creazione di filtri e di compartimenti con superfici più razionali e sfruttabili. proposta 1 – Appendice A
La hall multiuso non potrà essere adibita ad altra attività se non direttamente connessa con l'esercizio dell'autorimessa.	

Le simulazioni numeriche, descritte in Appendice B, sono state svolte al fine di verificare il conseguimento dei livelli di prestazione prescritti dalla Conferenza dei Servizi in termini di temperatura e visibilità in caso di incendio. Le simulazioni effettuate dimostrano come la nuova geometria dei locali generi la possibilità di una migliore gestione dell'estrazione fumi in caso di incendio ma sottolineano altresì la necessità di una progettazione specifica del sistema di estrazione fumi in caso di incendio ricorrendo a tecnologie specifiche quali sistemi tipo jet fan o similari. Va comunque sottolineato il fatto che la nuova geometria delle vie di esodo permette di avere lunghezza massima di esodo non superiore ai 36 metri. Le simulazioni hanno evidenziato inoltre la necessità di una SGSA che presti particolare attenzione alla velocità di diffusione allarme all'interno del locale interessato dall'incendio per ridurre al minimo ipotizzabile il tempo di pre movimento.

Si ritiene inoltre consigliabile la verifica dei livelli di prestazione su differenti scenari di incendio, da effettuarsi una volta che la progettazione esecutiva degli impianti di ventilazione ed antincendio risulti definitivamente consolidata. Si consiglia inoltre al fine di ottimizzare l'estrazione dei fumi di combustione, l'adozione della tecnologia dei ventilatori a getto (jet fan)o similari, supportata da un'accurata progettazione fluidodinamica.

Si sottolinea che il ricorso all'approccio prestazionale prevede, come da D.M. 09 Maggio 2007, la redazione del documento Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio (SGSA) al fine di garantire il mantenimento nel tempo del livello di sicurezza definito in fase progettuale nonché l'efficacia e l'efficienza dei sistemi introdotti.

L'identificazione delle migliori tecnologie disponibili per i filtri da installare nell'impianto di estrazione, al fine di abbattere la concentrazione di inquinanti ha permesso di individuare le due soluzioni seguenti (attualmente presenti sul mercato): il sistema Aufero della ENS Technology e il sistema APA della Is Clean Air, che presentano caratteristiche tecniche analoghe a quelle che dovrà possedere il sistema da installare nella presente applicazione. Inoltre l'analisi dei brevetti ha permesso di individuare sei brevetti di recente sottomissione relativi a tecnologie innovative da applicare in ambiente confinato, che potrebbero trovare accesso al mercato nel prossimo futuro.

EIN/SML/ABZ/AMD:sls

REFERENZE

Per quanto non espressamente precisato all'interno del presente studio, i contenuti delle seguenti normative vigenti in materia di Prevenzione Incendi saranno rispettati:

[1] D.M. 01 febbraio 1986 – "Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili";

[2] Decreto 15 settembre 2005 – "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione";

[3] D.M. 10 marzo 1998 – "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza dei luoghi di lavoro";

[4] D.M. 16 febbraio 2007 – "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione";

[5] D.M. 9 marzo 2007 – "PRESTAZIONI di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco";

[6] DM 14 gennaio 2008 – "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

[7] Bollettino Ufficiale n° 192 del Consiglio Nazionale delle Ricerche del 28 dicembre 1999 – Parte IV – "Norme Tecniche – Progettazione di costruzioni resistenti al fuoco";

[8] D.M. 31 luglio 2012 – "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici";

[9] D.M. 14 dicembre 1993 - "Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco ed omologazione di porte ed altri elementi di chiusura" e successive modificazioni;

[10] D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 – "Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro";

[11] D.M. 20 dicembre 1982 – "Norme tecniche e procedurali, relative agli estintori portatili d'incendio, soggetti all'approvazione del tipo da parte del Ministero dell'Interno" e successive modificazioni;

[12] UNI EN 14384 - "Idranti antincendio a colonna soprasuolo";

[13] UNI -V.V.F. 9487 – "Apparecchiature per estinzione incendi – Tubazioni flessibili antincendio di DN 45 e 70 per pressioni di esercizio fino a 1,2 Mpa";

[14] UNI 12845:2015 – "Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione";

UNI-V.V.F. 9994 – "Apparecchiature per estinzione incendi – Estintori d'incendio - Manutenzione";

[15] UNI 10779 – "Impianti di estinzione incendi – Reti di idranti – Progettazione, installazione ed esercizio";

[16] UNI EN 671-2 – "Sistemi fissi di estinzione incendi – Sistemi equipaggiati con tubazioni – Idranti a muro con tubazioni flessibili";

[17] UNI EN 54 – "Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio";

[18] UNI EN 1838 – "Applicazione dell'illuminotecnica – Illuminazione di emergenza".

Appendice A
Analisi di Fattibilità Tecnica Antincendio

Doc. No. 16-1756-H1 Rev. 1 - Aprile 2017

D'APPOLONIA

consulting, design, operation & maintenance engineering

INDICE

		Pag.
LISTA DELLE TABELLE		**2**
LISTA DELLE FIGURE		**2**
A1	**DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO NORMATIVO**	**3**
A2	**CARATTERISTICHE STRUTTURALI**	**4**
A2.1	TIPOLOGIA DELLE STRUTTURA ADOTTATE	4
A2.2	RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE E COMPARTIMENTAZIONE	4
A2.3	SCALE ED ASCENSORI	4
A2.4	RAMPE	4
A3	**PRINCIPI PROGETTUALI**	**5**
A4	**VALUTAZIONE DEI RISCHI DI INCENDIO**	**10**
A5	**MEZZI ED IMPIANTI DI ESTINZIONE DEGLIINCENDI**	**10**
A5.1	ESTINTORI	10
A5.2	IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO – CARATTERISTICHE – UBICAZIONE – ALIMENTAZIONE – DOTAZIONI	10
A6	**IMPIANTI ELETTRICI**	**12**
A7	**SEGNALETICA DI SICUREZZA**	**13**
A8	**GESTIONE DELLA SICUREZZA**	**13**
A9	**REGISTRO DEI CONTROLLI**	**14**
A10	**CONTROLLI E MANUTENZIONE DEI PRESIDI ANTINCENDIO E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI**	**15**
A11	**SOLUZIONI PROPOSTE**	**16**

LISTA DELLE TABELLE

Tabella A3.1: Requisiti e soluzioni progettuali in accordo al D.M. 1 Febbraio 1986 5
Tabella A5.1: Caratteristiche dell'impianto sprinkler 11

LISTA DELLE FIGURE

Figura A11.1: Livello 1 16
Figura A11.2: Livello tipo 17
Figura A11.3: Livello 5 18
Figura A11.4: Livello 1 con hall multiuso 19
Figura A11.5: Livello 1 senza hall multiuso 20
Figura A11.6: Livello tipo 21
Figura A11.7: Livello 5 22

A1 DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'autorimessa interrata oggetto del presente rapporto sarà posta in una cavità in roccia all'interno del Monte Benedetto in Merano, avrà struttura di forma triangolare e risulterà suddivisa in cinque livelli interrati così distinti:

- ✓ 5° livello interrato posto ad una quota assoluta di 299,90 m (piano accesso carrabile);
- ✓ 4° livello interrato posto ad una quota assoluta di 303,30 m (piano tipo);
- ✓ 3° livello interrato posto ad una quota assoluta di 306,70 m (piano tipo);
- ✓ 2° livello interrato posto ad una quota assoluta di 310,10 m (piano tipo);
- ✓ 1° livello interrato posto ad una quota assoluta di 313,50 m (piano accesso pedonale).

Il livello altimetrico di riferimento del piano terra, fissato alla quota assoluta di 313,50 m, determina una differenza di quota tra quest'ultimo ed i cinque piani interrati di:

- ✓ 17 m per il 5° livello interrato;
- ✓ 13,60 m per il 4° livello interrato;
- ✓ 10,20 m per il 3° livello interrato;
- ✓ 6,80 m per il 2° livello interrato;
- ✓ 3,40 m per il 1° livello interrato.

Dal punto di vista della Prevenzione Incendi l'autorimessa sarà soggetta ai controlli di Prevenzione Incendi poiché inquadrata come attività 75.4.C ai sensi del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei pro-cedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122". Inoltre, dovranno essere garantire le prescrizioni indicate nel D.M. 01 Febbraio 1986 "Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili" (con esclusione dei punti 3.7.0 e 3.9.0 in seguito esaminati).

A2 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

A2.1 TIPOLOGIA DELLE STRUTTURA ADOTTATE

L'autorimessa, posizionata in una cavità artificiale in roccia convenientemente stabilizzata, sarà realizzata con struttura verticale ed orizzontale in c.a. di tipo R180.

A2.2 RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE E COMPARTIMENTAZIONE

Trattandosi di attività con specifica Regola Tecnica Verticale (D.M. 1 Febbraio 1986), l'autorimessa dovrà essere costruita sulla base di quanto previsto dalla Regola stessa con particolare riferimento agli art. 3.1, 3.4.1 e 3.6 dove vengono fornite le indicazioni relative a Isolamento, Strutture dei Locali e Sezionamenti. Inoltre, dovranno essere osservate le indicazioni fornite dal Comune di Merano a seguito della conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato con particolare riferimento ai comparti che dovranno avere una superficie massima pari a 1.500m^2 e che dovranno essere separati per piano.

Dal punto di vista generale, i requisiti di resistenza al fuoco delle strutture portanti e/o separanti saranno valutati secondo le prescrizioni, le modalità di prova, i vincoli e le metodologie di calcolo stabilite dai seguenti riferimenti normativi:

- ✓ D.M. 14 gennaio 2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- ✓ D.M. 16 febbraio 2007, "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione";
- ✓ D.M. 9 marzo 2007, "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco";
- ✓ Decreto 31 luglio 2012, "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici";
- ✓ D.M. del 14 dicembre 1993, "Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco ed omologazione di porte ed altri elementi di chiusura".

A2.3 SCALE ED ASCENSORI

Il collegamento verticale dei piani interrati sarà garantito dalla presenza di n°4 scale e n° 2 ascensori racchiusi all'interno di vani protetti con strutture di tipo REI 180, accessibili dai piani di parcamento attraverso filtri a prova di fumo delimitati con strutture di uguale grado di resistenza al fuoco.

Tutti i collegamenti di cui sopra saranno posti a servizio esclusivo dei cinque piani di parcamento e permetteranno l'accesso a vie di fuga compartimentate collegate all'area esterna.

I vani degli ascensori non risulteranno soggetti ai controlli di prevenzione incendi in quanto la loro corsa si sviluppa esclusivamente nei piani interrati e termina al piano terreno; comunque, trattandosi di impianti di elevazione installati a servizio di una attività soggetta a rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi, gli stessi dovranno soddisfare i requisiti tecnici previste dal Decreto 15 settembre 2005, "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi".

A2.4 RAMPE

Ogni piano è collegato al successivo attraverso una coppia di rampe di ampiezza non inferiore a 4.5m. Le rampe saranno considerate compartimenti indipendenti da quelli di parcamente e protette da filtri REI 180.

A3 PRINCIPI PROGETTUALI

L'autorimessa, classificata (D.M. 1 Febbraio 1986) come isolata, interrata, chiusa, sorvegliata, a spazio aperto, avrà capacità di parcamento complessiva pari a 465 posti suddivisi come segue:

- ✓ 57 al 1° livello interrato;
- ✓ 106 al 2° livello interrato;
- ✓ 106 al 3° livello interrato;
- ✓ 106 al 4° livello interrato;
- ✓ 90 al 5° livello interrato.

Ai fini di Prevenzione Incendi, le principali caratteristiche tecniche ed impiantistiche dell'autorimessa oggetto del rapporto saranno individuate sulla base della pratica n° 4838 della conferenza dei servizi e sulla base di quanto prescritto dal D.M. 1 Febbraio 1986.

Tali caratteristiche sono riportate nella tabella seguente che risulta suddivisa in due colonne: nella prime sono riportati i requisiti del D.M. 1 Febbraio 1986 mentre nella seconda vendono riporte le scelte progettuali in oggetto derivanti o dal D.M. stesso o dalla pratica n° 4838 della conferenza dei servizi.

Tabella A3.1: Requisiti e soluzioni progettuali in accordo al D.M. 1 Febbraio 1986

ARTICOLI D.M. 1 Febbraio 1986	APPLICAZIONE AL CASO SPECIFICO
1.1 – Classificazione	ISOLATA: situata in edificio esclusivamente destinati a tale uso
1.1.1 – Piani dell'autorimessa	n° 5 interrati così distinti: 5° livello interrato posto ad una quota assoluta di 299,90 m; 4° livello interrato posto ad una quota assoluta di 303,30 m; 3° livello interrato posto ad una quota assoluta di 306,70 m; 2° livello interrato posto ad una quota assoluta di 310,10 m; 1° livello interrato posto ad una quota assoluta di 313,50 m.
1.1.2 – Configurazione relativa alle pareti perimetrali	In relazione alla configurazione delle pareti perimetrali di tipo chiuso
1.1.3 – Caratteristiche di esercizio	Sorvegliata
1.1.4 – Organizzazione degli spazi interni	Tutti i piani dell'autorimessa disporranno esclusivamente di posti auto a spazio aperto.
3.1 – Isolamento	Le strutture di separazione tra gli spazi adibiti ad autorimessa ed i volumi destinati ad attività direzionale saranno di tipo REI 180
3.2 – Altezza dei piani	L'altezza dei piani risulta pari a3 m e di 2,70m sotto trave
3.3 – Superficie specifica di parcamento	La superficie specifica di parcamento non risulterà inferiore a 20 m2 per i parcheggi a rotazione
3.4 – Resistenza al fuoco delle strutture	Le strutture portanti e separanti dell'edificio avranno grado

	di resistenza al fuoco non inferiore a R/REI180
3.5 - Comunicazioni	L'autorimessa non avrà comunicazioni con locali destinati ad altra attività
3.6.1 - Compartimentazione	L'autorimessa risulterà costituita da cinque piani interrati, ciascuno dei quali ulteriormente diviso in compartimenti che devono avere superficie non superiore a 1500 m^2 (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato). La superficie totale dei piani di parcamento sarà pari a 11187.9 m^2
3.6.2 -	Le scale e gli ascensori risulteranno racchiusi all'interno di appositi vani realizzati con strutture di tipo REI 180 dotati di accesso da filtri, a prova di fumo, provvisti di porte REI 180 con meccanismo di autochiusura (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato)
3.6.3 -	Le corsie di manovra, nei tratti antistanti i posti auto, avranno ampiezza pari a 6 m per le corsie in genere (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato).
3.7 - Accessi	L'accesso all'autorimessa avverrà attraverso rampa attestante su galleria provinciale ad uso comune di tutti i piani. Tale situazione necessita del procedimento di deroga rispetto a quanto previsto al D.M. 16 febbraio 1986. La rampa di ingresso sarà a doppio senso di marcia e avrà larghezza pari a 7m
3.7.2 – Rampe	Ogni livello dell'autorimessa risulterà servito da una coppia di rampe, una in ingresso e una in uscita, aventi le seguenti caratteristiche: - rampa elicoidale, a prova di fumo; - larghezza pari a 4.5m; - un solo senso di marcia; - utilizzo comune a tutti i piani. La pendenza delle rampe non risulterà, in alcun caso, superiore al 12% (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato). In caso di incendio le suddette rampe potranno essere utilizzate in entrambi sensi di marcia (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato)
3.8 – Pavimenti	I pavimenti dei diversi piani dell'autorimessa avranno pendenza sufficiente per consentire il convogliamento e la raccolta delle acque in un dispositivo che effettui la separazione delle stesse da eventuali liquidi infiammabili. Il materiale da utilizzare per la pavimentazione sarà di tipo antisdrucciolevole ed impermeabile. Le pavimentazioni in prossimità delle rampe di collegamento fra i vari livelli saranno realizzate con modalità tali da costituire soglie rialzate in grado di evitare lo spandimento di liquidi verso i piani inferiori

3.9.0 – Ventilazione naturale	Essendo sprovvista di aperture verso l'esterno dovrà essere attivata la procedura di deroga
3.9.2 – Ventilazione meccanica	Trattandosi di autorimessa interrata, con capienze ai piani superiori a quelle indicate all'art. 3.9.2 del D.M. 1 febbraio 1986 e non essendo applicabile il punto 3.9.0 dello stesso decreto in merito alla ventilazione naturale, sarà prevista l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica in grado di garantire una portata di tre ricambi orari. Il sistema di aerazione meccanica sarà indipendente per ogni piano e di tipo doppio (l'estrazione separata dall' immissione). L'impianto funzionerà in modo da sopperire alla mancanza di ventilazione naturale garantendo 3 ricambi orari con impianto potenziato (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato). Nei periodi di punta, individuati da appositi rilevatori di miscele pericolose, l'impianto entrerà comunque in funzione per garantire la corretta qualità dell'aria. (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato).
3.10.0 – Densità di affollamento	Trattandosi di autorimessa sorvegliata la densità di affollamento non potrà risultare inferiore a 0,01 persone/m2
3.10.1 – Capacità di deflusso	37,5 per i primi 3 piani sottoterra 33 per i piani oltre il terzo interrato
3.10.2 – Vie di uscita	L'autorimessa disporrà di un sistema organizzato di vie di esodo attraverso il quale sarà possibile raggiungere un luogo sicuro verso l'esterno o in luogo sicuro
3.10.3 – Dimensionamento delle vie di uscita	Le vie di uscita saranno dimensionate in funzione del massimo affollamento ipotizzabile e della capacità di deflusso.
3.10.4 – Larghezza delle vie di uscita	L'attuale configurazione dell'autorimessa prevede che: - La larghezza delle rampe delle scale e delle porte che immettono nel vano scala sia di 1,20. - tutti i piani di parcamento siano serviti da n° 4 scale di sicurezza, raggiungibili attraverso filtro a prova di fumo. Le scale di sicurezza, a servizio esclusivo dell'autorimessa, termineranno, in un locale protetto direttamente collegato su area esterna a cielo libero
3.10.5 – Ubicazione delle uscite	Le uscite su strada pubblica o su luogo sicuro o su area a cielo libero risulteranno raggiungibili con percorsi di esodo aventi lunghezza non superiore a 50 m (massimo ammesso per esercizi protetti da impianto di spegnimento automatico).

3.10.6 – Numero delle uscite	Secondo quanto già riportato al punto 3.10.4, i piani di parcamento disporranno del seguente numero di uscite: - 1° interrato – n° 2 uscite su accessi pedonali, n° 4 uscite sulle scale; - 2° interrato – n° 4 uscite sulle scale; - 3° interrato – n° 4 uscite sulle scale; - 4° interrato – n° 4 uscite sulle scale; - 5° interrato – n° 4 uscite sulle scale
3.10.7 – Scale e ascensori	Le scale e gli ascensori per il collegamento dei cinque piani di parcamento saranno raggiungibili dalle aree interne all'autorimessa solamente attraverso filtri a prova di fumo
4.1 – Impianti di riscaldamento	Per l'autorimessa in oggetto non è prevista l'installazione di impianto di riscaldamento
5. – Impianti elettrici	Gli impianti saranno conformi a quanto disposto dalle Norme CEI e, più in generale, dalla legge 01 marzo 1968 n° 186. Il vano generatori sarà ubicato in apposito spazio con accesso autonomo ed indipendente (come descritto dal D.M.13 luglio 2011 "Regola tecnica sui gruppi elettrogeni"). È prevista la presenza di impianto di emergenza con doppio generatore e che il gruppo di continuità garantisca con ogni unità la potenza sufficiente per la ventilazione di emergenza di 3 compartimenti oltre agli ascensori, l'illuminazione di emergenza e tutto il sistema di sicurezza
5.2 Illuminazione di Sicurezza	Autorimesse di capacità superiore a trecento autoveicoli devono essere dotate di impianti di illuminazione di sicurezza alimentati da sorgente di energia indipendente da quella della rete di illuminazione normale. In particolare, devono avere le seguenti caratteristiche: 1) inserimento automatico ed immediato non appena venga a mancare l'illuminazione normale; 2) intensità di illuminazione necessaria allo svolgimento delle operazioni di sfollamento e comunque non inferiore a 5 lux
6.1 – Impianti idrici antincendio	L'autorimessa risulterà servita da un impianto idrico antincendio suddiviso in: - rete idranti; - rete sprinkler. Le caratteristiche della rete idrica antincendio per l'alimentazione degli idranti e dello sprinkler nonché dei singoli componenti saranno conformi a quanto previsto dalle vigenti normative tecniche; per maggiori chiarimenti si rimanda al capitolo 5 della presente relazione
6.1.5 – Alimentazione dell'impianto	L'impianto sarà alimentato da una riserva idrica, reintegrata dal civico acquedotto (da verificare), e costituita da un serbatoio di circa 108 m3 con in caso di impianto sprinkler a preazione e idranti oppure di circa 120 m3 con in caso di impianto sprinkler a secco e idranti. Il gruppo sarà completato da gruppi di pompaggio (una per la rete idranti e d una per la rete sprinkler) di adeguate caratteristiche

6.1.6 – Collegamento dei mezzi dei Vigili del Fuoco	L'impianto risulterà costantemente in pressione e sarà dotato di attacchi per le autopompe in dotazione ai mezzi di soccorso ubicati in posizioni visibili ed accessibili ai mezzi stessi. Sono previsti due attacchi, uno in corrispondenza della rampa di accesso dalla galleria provinciale e l'altro nella galleria che collega l'autorimessa con Via Galilei
6.1.7 – Capacità della riserva idrica	La capacità della riserva idrica sarà in grado di garantire l'erogazione della portata di progetto (definita secondo quanto previsto dalle vigenti normative tecniche) per un tempo non inferiore a 60 min' (superiore al minimo di 30 min' previsto dal D.M. 01 febbraio 1986); nella valutazione della capacità si è tenuto conto del funzionamento contemporaneo della rete di idranti e della rete di sprinkler
6.2 – Mezzi di estinzione portatili	Estintori, di tipo 21 A 89 B-C, saranno installati, a ciascun livello, in posizioni visibili e di facile accesso; si fa riferimento a quanto stabilito con la conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato ovvero 10 estintori per ogni comparto. Pertanto avremmo - 5° interrato – n° 30 estintori; - 4° interrato – n° 30 estintori; - 3° interrato – n° 30 estintori; - 2° interrato – n° 30 estintori; - 1° interrato – n° 20 estintori.
10.0 - Norme di esercizio	Nell'autorimessa sarà vietato: - usare fiamme libere - depositare sostanze infiammabili o combustibili - eseguire riparazioni o prove di motori - parcheggiare autoveicoli con perdite anormali di carburanti o lubrificanti - fumare (tale divieto sarà riportato su cartelli aventi caratteri ben leggibili) - parcheggiare autoveicoli alimentati a gas avente densità superiore a quella dell'aria.
10.0 - Norme di esercizio	Inoltre saranno osservate le seguenti misure precauzionali e di gestione: - sarà installata segnaletica di sicurezza conforme a quanto previsto dal Decreto legislativo del 14 agosto 1996, n° 493D.Lgs. 81/2008 - i pavimenti saranno periodicamente lavati e i sistemi di raccolta delle acque saranno ispezionati e costantemente puliti - gli impianti di spegnimento saranno controllati soggetti a manutenzioni periodiche almeno ogni sei mesi da personale qualificato come da norme tecniche di riferimento (UNI 12845 e UNI 10779)

A4 VALUTAZIONE DEI RISCHI DI INCENDIO

L'attività oggetto del presente rapporto risulta soggetta ai controlli da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco essendo inquadrata come Attività 75.C (Autorimesse oltre 3.000m^2) come da Allegato I al DPR 1° agosto 2011, n. 151. Inoltre, essendo le autorimesse dotate di apposita Regola Tecnica Vertical (D.M. 01 Febbraio 1986) la Valutazione dei Rischi Incendio non risulta necessaria.

A5 MEZZI ED IMPIANTI DI ESTINZIONE DEGLIINCENDI

Le dotazioni e gli impianti di estinzione degli incendi dovranno essere realizzati a regola d'arte ed in conformità a quanto previsto dalle vigenti normative tecniche e nazionali.

A5.1 ESTINTORI

Gli estintori, di tipo portatile, saranno distribuiti in modo tale da garantire la copertura di tutte le aree dell'attività secondo quanto richiesto dalla normativa tecnica di riferimento.

I predetti dispositivi saranno installati in modo da risultare facilmente visibili e raggiungibili; essi saranno di tipo omologato ai sensi del D.M. 07 Gennaio 2005 e successive integrazioni.

A5.2 IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO – CARATTERISTICHE – UBICAZIONE – ALIMENTAZIONE – DOTAZIONI

Gli elementi essenziali dell'impianto idrico antincendio risulteranno costituiti da:

a. La riserva idrica che avrà capacità di circa 108 m3 in caso di impianto sprinkler a preazione e idranti oppure di circa 120 m3 in caso di impianto sprinkler a secco e idranti; tale riserva sarà reintegrata dall'acquedotto civico. La tipologia di contenimento sarà valutata sulla base dello spazio a disposizione per il suo alloggiamento. Le due tipologie sono serbatoi o vasca e le relative dimensioni saranno sviluppate in fase di ingegneria di dettaglio.

b. n° 2 stazioni di pompaggio saranno costituite da una elettropompa e da una motopompa di riserva e garantiranno portata e pressione, tali da rispondere efficacemente a quanto richiesto sia dalla rete di idranti sia dalla rete di sprinkler. Saranno realizzate secondo norme UNI EN 12845 e dovranno essere ubicate in un locale dedicato che dovrà essere compartimentato e raggiungibile direttamente dall'esterno (andrà verificata la possibilità di posizionare il tutto all'interno della stazione della Seggiovia Tirolo);

c. attacchi di mandata UNI70, per il collegamento con le autopompe in dotazione ai mezzi VV.F., installati in conformità a quanto prescritto dalle specifiche normative tecniche di riferimento;

d. rete di distribuzione, costituita da tubazioni in polietilene (tratti interrati) e in acciaio (tratti fuori terra) corredata di valvole di intercettazione che, per operazioni di manutenzione, ne consentiranno il sezionamento in varie parti senza porre fuori servizio l'intero impianto;

e. dispositivi di erogazione quali:
   - idranti soprasuolo 2xUNI70;
   - idranti a muro UNI45 completi di manichetta, lancia idrica di tipo regolabile per il frazionamento o la nebulizzazione avente di bocchello con foro da 12 mm; gli idranti a muro andranno ubicati in modo da garantire la copertura dell'intera attività secondo i criteri indicati dalla Norma UNI 10779.

f. rete sprinkler a servizio dei piani, delle rampe di collegamento tra i pianti e delle vie di accesso e uscita carrabili dell'autorimessa progettata e installata secondo norma UNI 12845

I requisiti prestazionali relativi alle reti antincendio sono stati stabiliti con le seguenti modalità:

- rete di idranti protezione interna per aree di livello 2 secondo quanto stabilito della Norma UNI 10779 superata durante la conferenza dei servizi pratica n°4838 e ralativo allegato che prevede l'installazione di n°4 idranti da 120 litri/min'cad. a 2 bar di pressione residua per una durata minima di 60min;
- rete di sprinkler densità di scarica di 5 litri/m2/min' su di un area operativa di 144 m2 ovvero 720 litri/min'con impianto a preazione e di 180 m2 ovvero 900 litri/min' con impianto a secco, con una pressione minima di scarica di 0,5 bar in entrambi i casi.

Inoltre nell'ambito dell'intervento da parte dei vigili del fuoco dalle gallerie carrabile sarà predisposta l'installazione di idranti fuori terra ciascuna delle quali dotata di due attacchi UNI70 da 300 l/min cadauno e pressione residua non minore di 3 bar.

I piani dell'autorimessa risulteranno protetti da impianto sprinkler da realizzare secondo quanto previsto dalla Norma UNI 12845; le caratteristiche principali di progetto dell'impianto risultano elencate nella tabella seguente:

Tabella A5.1: Caratteristiche dell'impianto sprinkler

Locale da proteggere:	AUTORIMESSA
Classe di rischio:	Appendice: A Settore : Varie Gruppo di Pericolo Ordinario: OH2
Numero massimo di erogatori alimentati tramite un'unica stazione di controllo	12000 m2 (UNI 12845, prospetto17)
Durata minima di funzionamento dell'impianto	60 minuti
Densità di scarica:	5 l/m2/min
Area operativa minima:	144 m2 in caso di impianto a preazione 180 m2 in caso di impianto a secco (UNI 12845, prospetto3)
Area effettiva totale da proteggere:	11187.9 m2 distribuiti su 5 diversi livelli così distinti: 2549.9 m2 al 5° interrato 2364.8 m2 al 4° interrato 2364.8 m2 al 3° interrato 2364.8 m2 al 3° interrato 1543.6 m2 al 1° interrato
Area specifica protetta da ogni erogatore:	12 m2
Tipo di impianto:	a secco o preazione
Densità di scarica:	5 mm/min
Coefficiente di efflusso K dell'erogatore	80 oppure 115 (UNI 12845,prospetto37a)

A6 IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici dovranno soddisfare i requisiti richiesti dalla Legge 1° marzo 1968, n° 186; in particolare, l'impiantistica risulterà conforme alle seguenti Norme CEI:

- ✓ Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 volt in corrente alternata e 1.500 volt in corrente continua;
- ✓ Guida CEI 31-35/V1 – Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive – Guida all'applicazione della Norme CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) – Classificazione dei luoghi pericolosi.

Tutta l'impiantistica, ai fini della prevenzione incendi, avrà i seguenti requisiti:

- non costituirà causa primaria di incendio o di esplosione,
- non fornirà alimento o via privilegiata di propagazione degli incendi; il comportamento al fuoco della membranatura sarà compatibile con la specifica destinazione d'uso dei singoli locali,
- sarà suddivisa in modo che un eventuale guasto non provochi il fuori servizio dell'intero sistema (utenza),
- disporrà di apparecchi di manovra, ubicati in posizioni protette, sui quali saranno riportate chiare indicazioni sui circuiti ai quali sono riferiti: in particolare il quadro elettrico generale sarà ubicato in posizione facilmente accessibile, segnalata e protetta.

L'impianto elettrico di sicurezza sarà composto da:

- plafoniere PL24W S.E. (solo emergenza),
- plafoniere PL24W S.A. Uscita di Sicurezza (sempre accese e con pittogramma "Uscita di Sicurezza").

I corpi illuminanti saranno costituiti da apparecchi autoalimentati corredati da batteria ermetica in grado di garantire una autonomia minima di 1 ora.

L'alimentazione di sicurezza sarà automatica ad interruzione breve (< 0,5 s): il dispositivo di carica sarà di tipo automatico e tale da consentire la ricarica completa entro 12 ore.

L'impianto assicurerà, lungo le vie di uscita, un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux ad un metro di altezza del piano di calpestio.

Per quanto non precisato il sistema di illuminazione di emergenza risulterà conforme a quanto precisato dalle Norme UNI EN 1838 (oltre a quanto specificato dal D.M. 01 Febbraio 1986 e della pratica n° 4838 della conferenza dei servizi).

A7 SEGNALETICA DI SICUREZZA

La segnaletica di sicurezza, ubicata in modo da garantirne un'agevole individuazione e leggibilità, sarà conforme a quanto stabilito dal D.Lgs. 81/08; in particolare saranno installati i seguenti segnali:

- ✓ divieto di fumare o usare fiamme libere (in tutti i locali in cui tale divieto sia imposto);
- ✓ indicazioni delle vie di esodo e delle uscite di sicurezza;
- ✓ ubicazione dei dispositivi fissi e mobili per estinzione incendi (impianti idrici antincendio);
- ✓ norme di esercizio da osservare all'interno degli spazi adibiti ad autorimessa.

A8 GESTIONE DELLA SICUREZZA

Il responsabile della sicurezza o persona da lui delegata, provvederà affinché non siano alterate le condizioni di sicurezza ed in particolare:

- ✓ i sistemi di vie d'uscita siano mantenuti costantemente sgombri da qualsiasi materiale che possa ostacolare l'esodo delle persone e/o costituire mezzo di propagazione di un incendio;
- ✓ sia controllata la funzionalità del sistema di vie d'uscita, il corretto funzionamento dei serramenti delle porte nonché quello degli impianti e delle attrezzature di sicurezza;
- ✓ siano regolarmente controllate le porte resistenti al fuoco per assicurarsi che non sussistano danneggiamenti e chiusure irregolari; nel caso in cui le stesse siano dotate di dispositivo di autochiusura, sia verificata la libera rotazione del serramento e l'effettivo funzionamento del dispositivo stesso;
- ✓ siano mantenuti in efficienza i presidi antincendio eseguendo prove periodiche con cadenza non superiore a 6 mesi e comunque sulla base delle norme tecniche di riferimento;
- ✓ siano mantenuti costantemente efficienti, in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti, gli impianti elettrici;
- ✓ siano presi, in occasione di situazioni particolari (manutenzioni e sistemazioni) opportuni provvedimenti di sicurezza;
- ✓ sia garantita la visibilità della segnaletica di sicurezza;
- ✓ siano fatti osservare i divieti imposti e le previste norme di esercizio.

In diversi punti dell'autorimessa e dove siano facilmente consultabili saranno collocate le planimetrie dei locali recanti l'ubicazione del punto stesso nei confronti del fabbricato, le indicazioni dei percorsi di esodo, tipo, numero ed ubicazione dei presidi antincendio nonché la posizione dell'interruttore generale dell'alimentazione elettrica.

La planimetria generale per le squadre di soccorso, inserita all'interno del piano di sicurezza, visualizzerà le caratteristiche planivolumetriche di ogni piano (distribuzione e destinazione dei vari ambienti) nonché l'ubicazione dei seguenti dispositivi:

- ✓ vie di uscita (corridoi, scale, porte di uscita);
- ✓ mezzi ed impianti di estinzione (tipologia e consistenza);
- ✓ dispositivi di intercettazione dell'impianto elettrico.

Tutti gli adempimenti necessari ad una corretta gestione della sicurezza antincendio saranno pianificati in un apposito documento che specificherà:

- ✓ le misure precauzionali per le aree con particolare rischio di incendio;
- ✓ le procedure da adottare per la chiamata dei Vigili del Fuoco, le informazioni da fornire al loro arrivo e le modalità di assistenza durante l'intervento;
- ✓ i controlli da eseguire;
- ✓ gli accorgimenti per prevenire gli incendi;
- ✓ gli interventi relativi alla manutenzione degli impianti;
- ✓ le istruzioni per gli occupanti dei comparti;
- ✓ le procedure da attuare in caso d'incendio.

Gli interventi di manutenzione e di modifica di strutture ed impianti saranno eseguiti solamente dopo l'ottenimento di apposito permesso di lavoro, rilasciato dal servizio di prevenzione e protezione, finalizzato a consentire l'esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza prevenendo quindi le possibili cause di incendio; conseguentemente all'esecutore del lavoro ed al servizio di prevenzione e protezione saranno fornite tutte le informazioni sui rischi specifici dell'area e delle operazioni in corso affinché possano essere stabilite anche le misure di sicurezza da adottare in relazione ai tempi di inizio e di durata dei lavori.

A9 REGISTRO DEI CONTROLLI

Come previsto dall'art. 6 del D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 sarà predisposto un registro dei controlli periodici dove saranno annotati:

- ✓ tutti gli interventi ed i controlli relativi all'efficienza degli impianti elettrici, di illuminazione e di sicurezza;
- ✓ tutti gli interventi ed i controlli relativi all'efficienza dei presidi antincendio e dei dispositivi di sicurezza;
- ✓ l'esito delle riunioni di addestramento;

Tale registro sarà mantenuto costantemente aggiornato e disponibile per le verifiche da parte del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco.

In occasione di eventuali disattivazioni, anche temporanee, degli impianti idrici antincendio saranno presi opportuni provvedimenti e appropriate misure per il raggiungimento di un adeguato grado di sicurezza equivalente.

A10 CONTROLLI E MANUTENZIONE DEI PRESIDI ANTINCENDIO E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Le attrezzature antincendio costituite da:

- ✓ dispositivi mobili di estinzione (estintori);
- ✓ dispositivi idrici di estinzione (rete idranti e rete sprinkler);
- ✓ impianti di illuminazione di emergenza;
- ✓ porte ed elementi di chiusura aventi caratteristiche EI di resistenza al fuoco;

saranno oggetto di regolari controlli e di interventi di manutenzione, in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente e, ove mancante, dalla normativa tecnica e dalle istruzioni dei costruttori e degli installatori; tali interventi saranno annotati su di un apposito registro, mantenuto costantemente aggiornato, da esibire in occasione dei controlli da parte del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco.

La gestione delle centrali tecnologiche sarà affidata, in conformità alle norme vigenti, a persone qualificate.

Gli impianti elettrici saranno mantenuti costantemente in efficienza.

A11 SOLUZIONI PROPOSTE

Di seguito sono riportate le proposte di layout che hanno portato alla soluzione finale riportata al capitolo 2 del Rapporto.

Proposta numero 1

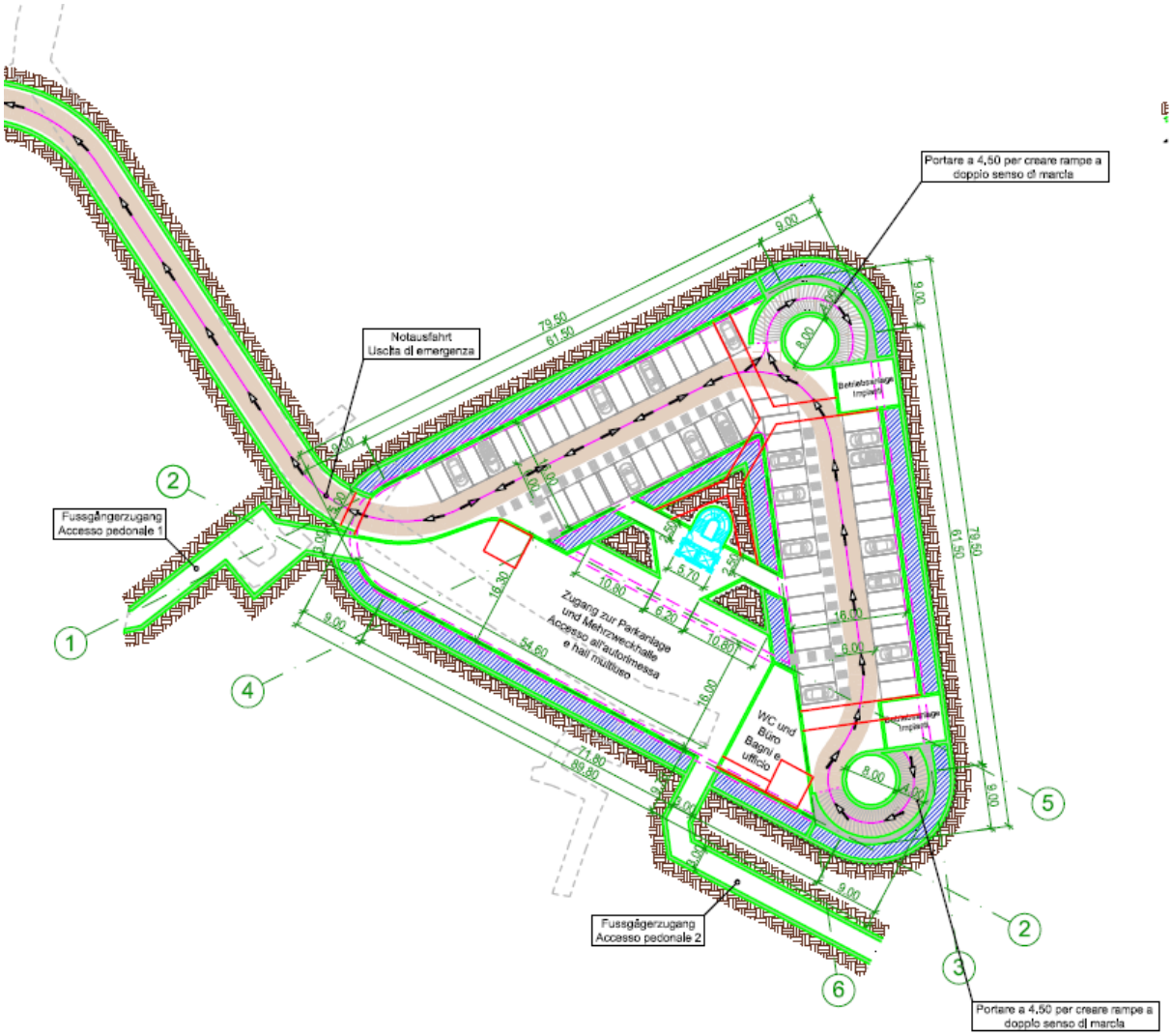


Figura A11.1: Livello 1

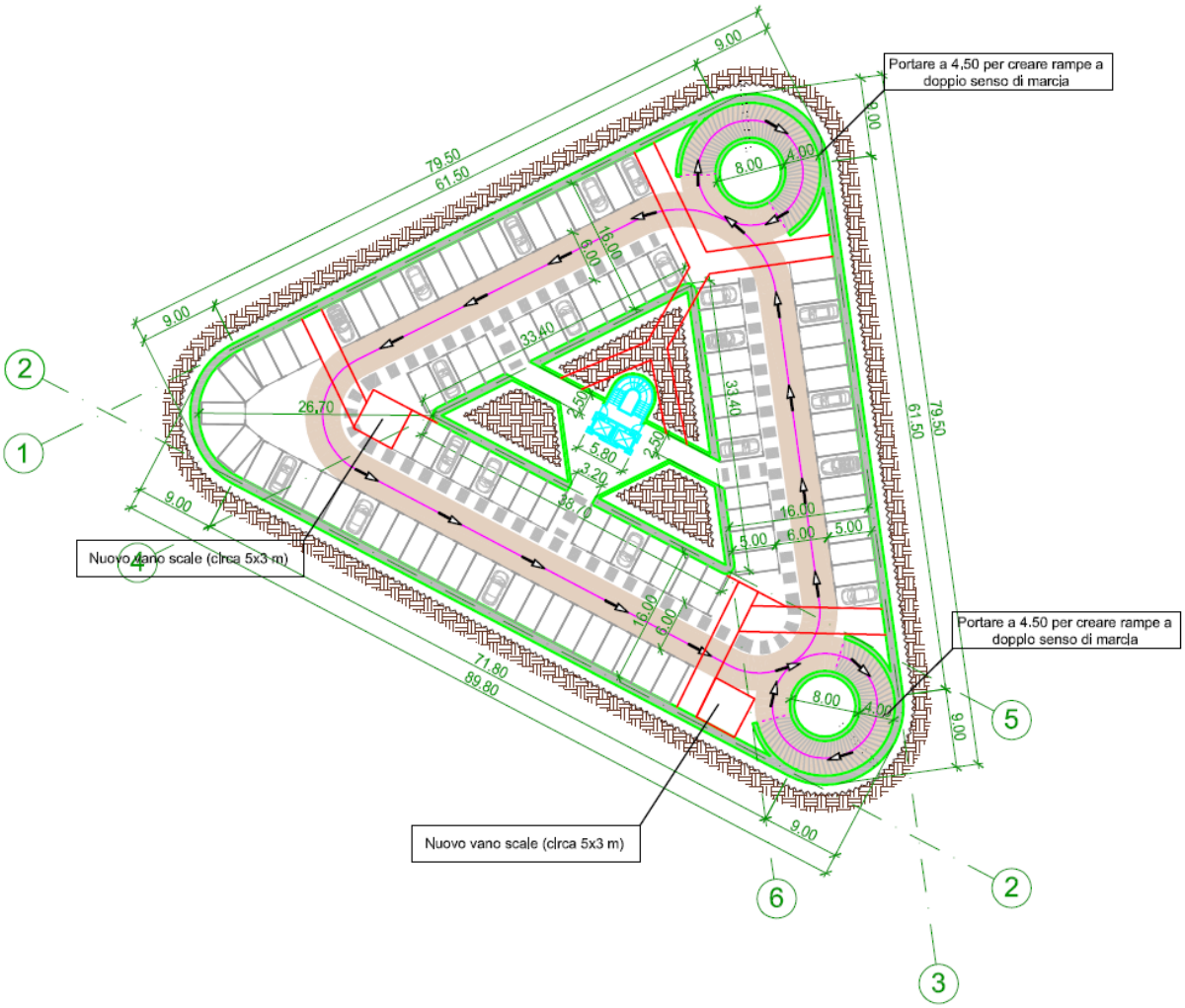


Figura A11.2: Livello tipo

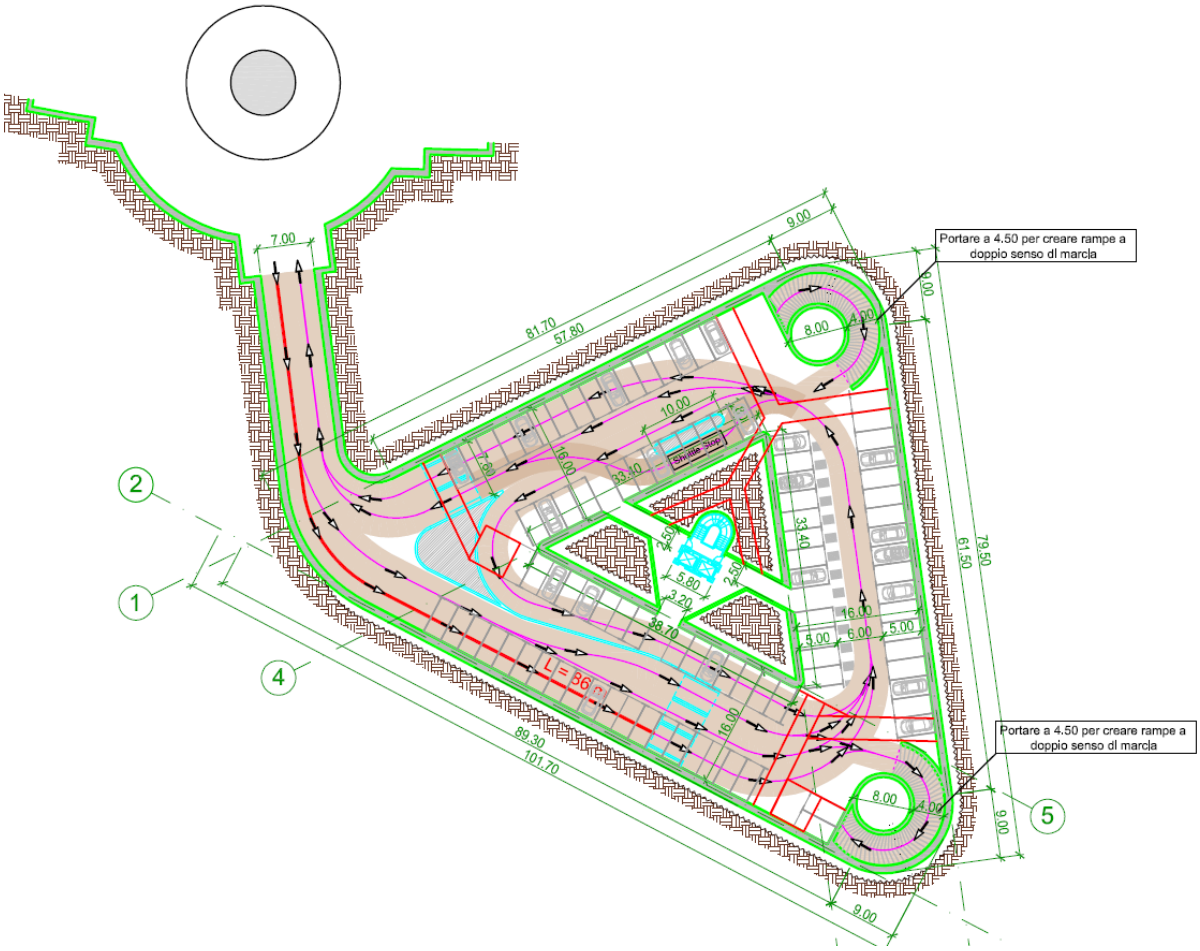


Figura A11.3: Livello 5

Proposta numero 2

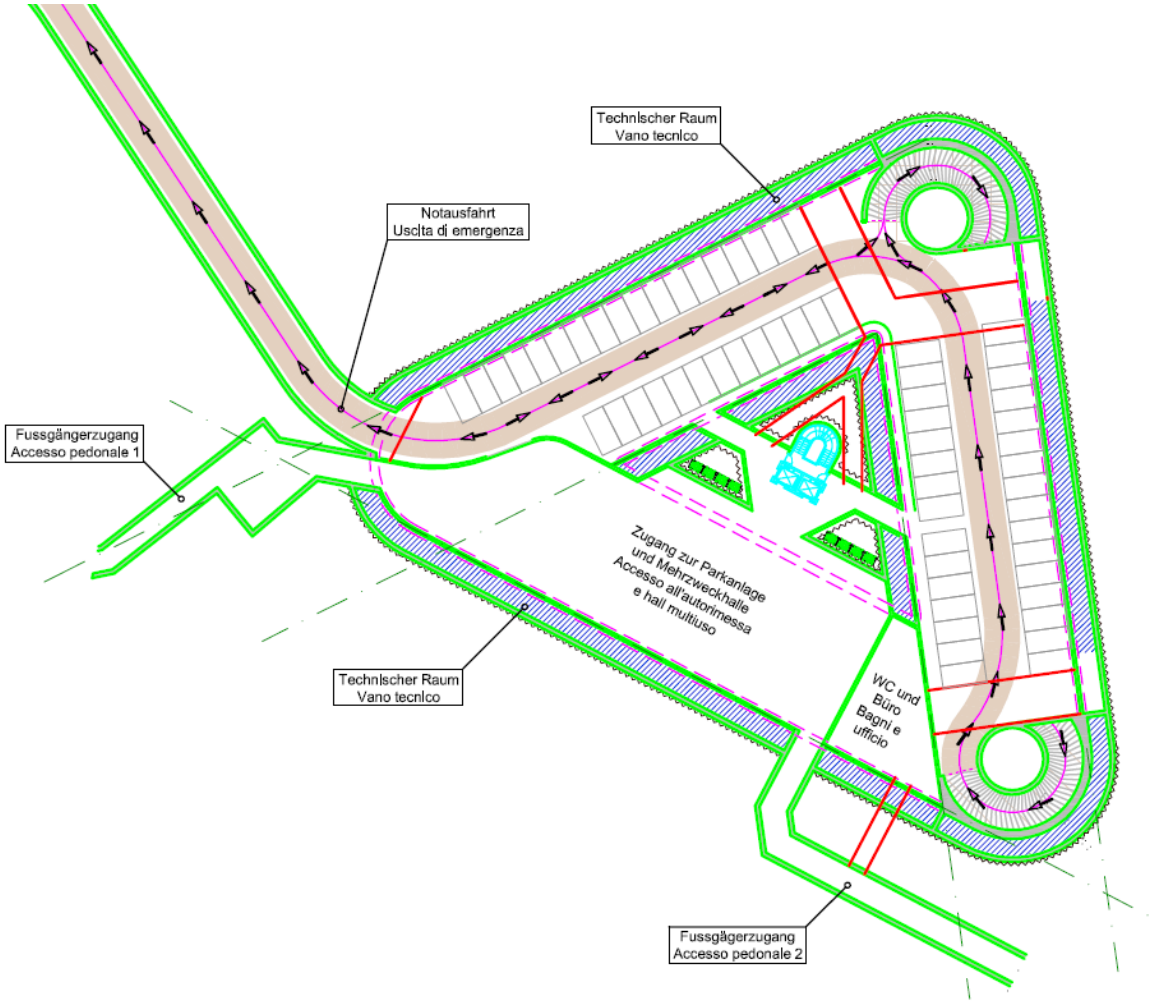


Figura A11.4: Livello 1 con hall multiuso

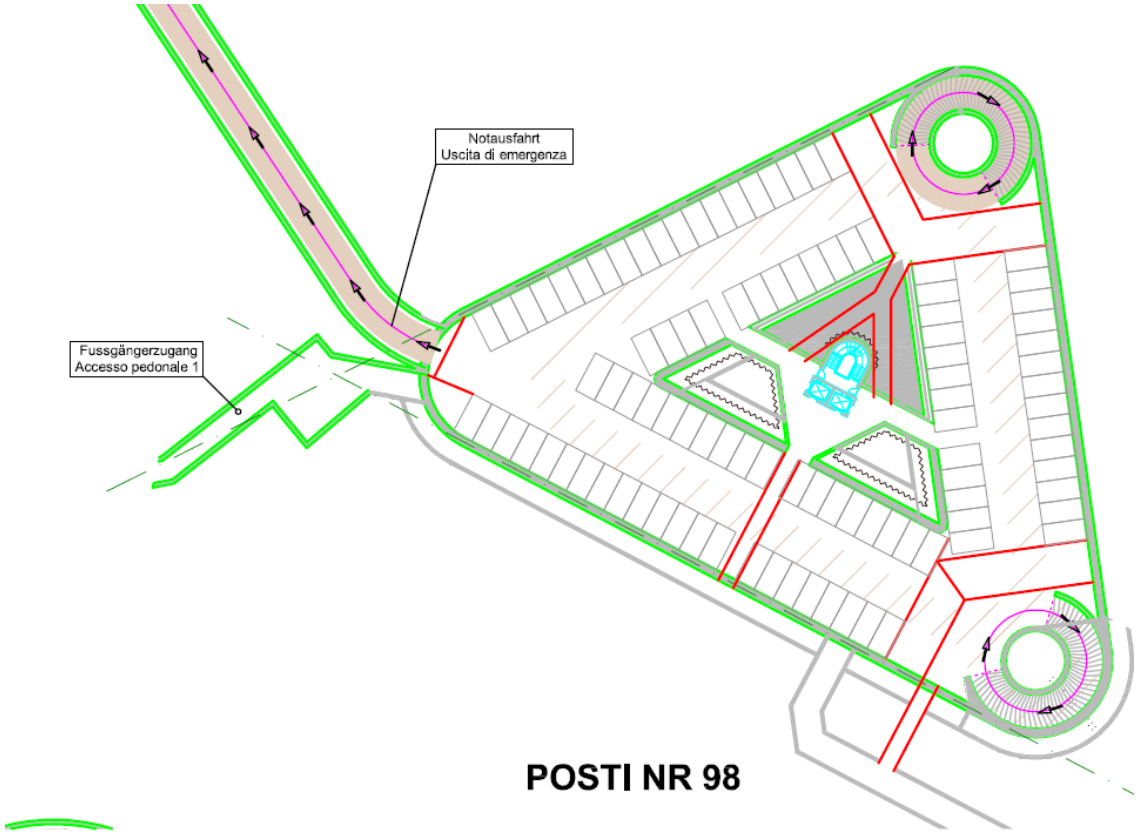


Figura A11.5: Livello 1 senza hall multiuso

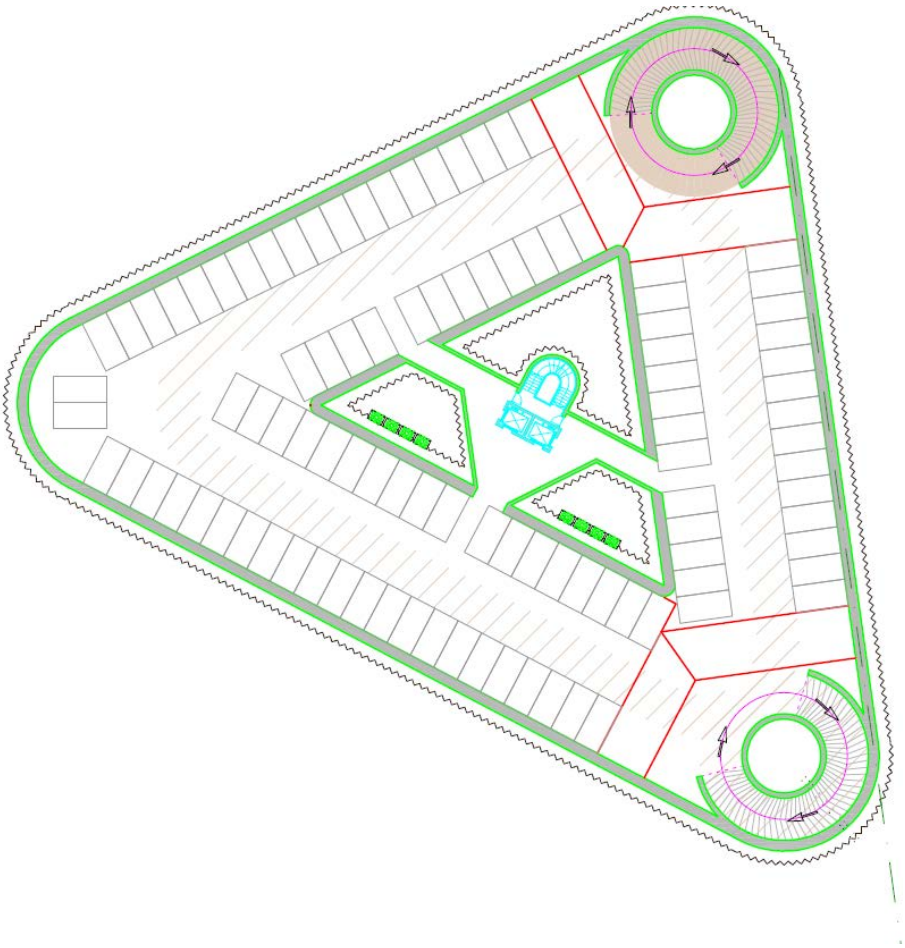


Figura A11.6: Livello tipo

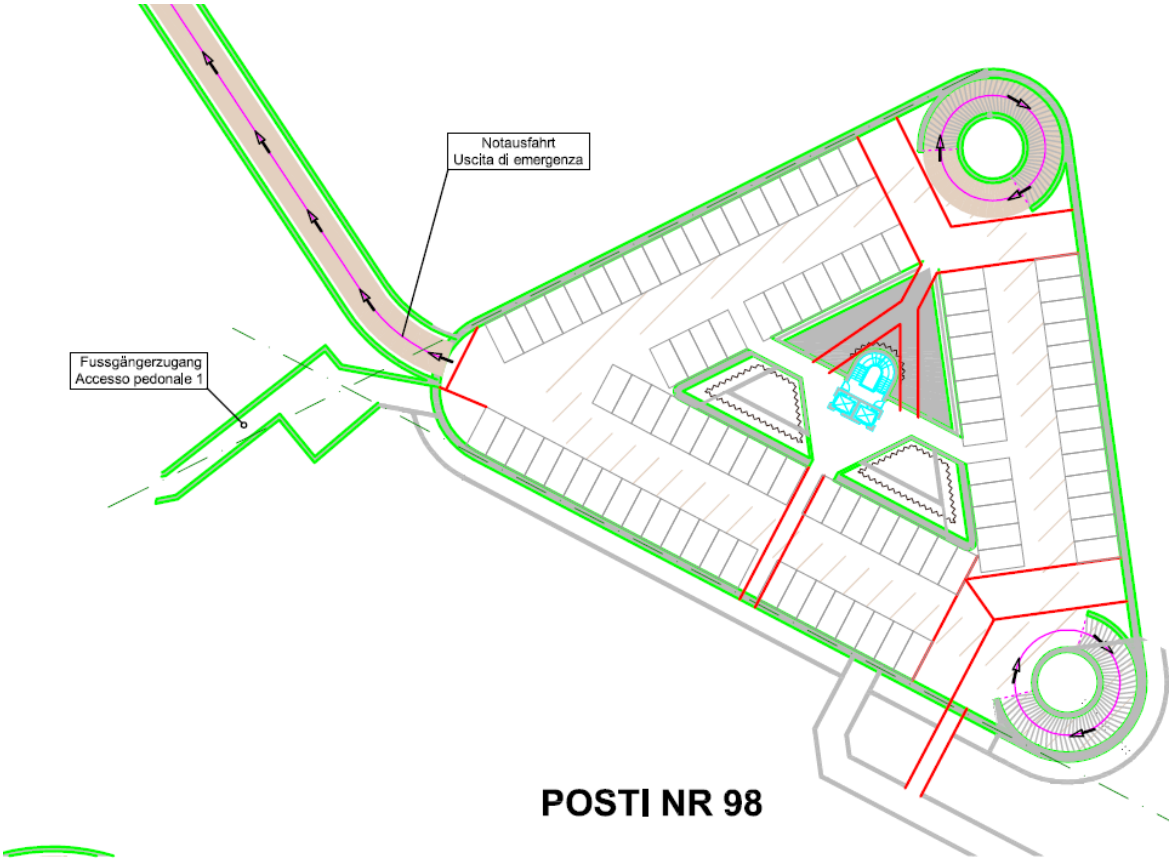


Figura A11.7: Livello 5

Appendice B
Simulazioni Numeriche (CFD) per Verificare il Conseguimento dei Limiti Prestazionali

Doc. No. 16-1756-H1 Rev. 1 - Aprile 2017

RINA 1861 D'APPOLONIA
consulting, design, operation & maintenance engineering

INDICE

		Pag.
LISTA DELLE TABELLE		**2**
LISTA DELLE FIGURE		**2**
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI		**3**
B1.	**INTRODUZIONE**	**4**
B2.	**MODELLO GEOMETRICO**	**5**
B3.	**DISCRETIZZAZIONE IN VOLUMI FINITI (MESH)**	**6**
B4.	**MODELLI NUMERICI**	**7**
B5.	**CONDIZIONI AL CONTORNO**	**8**
B5.1	CURVA RHR	9
B5.2	SORGENTE DI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	9
B6.	**POST – PROCESSING RISULTATI**	**11**
B6.1	CALCOLO DI T_{RSET}	11
B6.2	CALCOLO DI T_{ASET}	12
B6.3	CALCOLO DI T_{ASET} – CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE	18

LISTA DELLE TABELLE

Tabella B5.1: Composizione dei Prodotti della Combustione, per ogni kg di Combustibile e Percentuale 10

LISTA DELLE FIGURE

Figura B2.1: Rappresentazione del dominio analizzato e della localizzazione dell'incendio 5
Figura B3.1: Immagine di Dettaglio della *Mesh* di Superficie 6
Figura B5.1: Rappresentazione Geometrica delle Bocchette di Immissione (azzurro) ed Estrazione (arancione) 8
Figura B5.2: Curva di Rilascio Termico 9
Figura B5.3 Portata di Prodotti della Combustione in funzione del Tempo 10
Figura B6.1: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=60s 12
Figura B6.2: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=90s 12
Figura B6.3: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=120s 13
Figura B6.4: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=150s 13
Figura B6.5: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=180s 13
Figura B6.6: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=210s 14
Figura B6.7: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=240s 14
Figura B6.8: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=270s 14
Figura B6.9: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=60s 15
Figura B6.10: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=90s 15
Figura B6.11: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=120s 16
Figura B6.12: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=150s 16
Figura B6.13: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=180s 16
Figura B6.14: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=210s 17
Figura B6.15: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=240s 17
Figura B6.16: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=270s 17

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CFD	Computational Fluid Dyanmics
D.M.	Decreto Ministeriale
ASET	Available Safe Escape Time
RSET	Required Safe Escape Time
RANS	Reynolds Averaged Navier Stokes
URANS	Unsteady Reynolds Averaged Navier Stokes
RHR	Rate of Heat Released
OSD	Optical Smoke Density
PTAT	Pre Travel Activity Time

B1. INTRODUZIONE

Poiché l'autorimessa in caverna sotto Monte Benedetto in Merano è di tipo interrato, il punto 3.9.0 del D.M. 12 Febbraio 1986 relativo alla ventilazione naturale non risulta applicabile e di conseguenza si è reso necessario il ricorso all'approccio ingegneristico introdotto dal D.M. 9 Maggio 2007. Nello specifico tale approccio prevede l'utilizzo di modelli di simulazione dell'incendio di campo al fine di valutare l'esposizione ai prodotti di combustione (calore, fumo e particolati) di persone e opere.

Le simulazioni di incendio, descritte nella presente Appendice, sono di tipo termo-fluido-dinamico ai volumi finiti eseguite con Il software ANSYS Fluent.

L'approccio metodologico seguito prevede l'esecuzione di due simulazioni in sequenza: una simulazione preliminare di tipo stazionario ed una successiva simulazione transitoria, ovvero dipendente dal tempo.

Il primo stadio consiste nell'eseguire un'analisi di tipo stazionario al fine di calcolare la distribuzione di velocità dell'aria generata dall'impianto di ventilazione all'interno del compartimento, necessaria per assicurare la corretta qualità dell'aria stessa all'interno dell'autorimessa. La successiva analisi transitoria ha permesso di simulare lo sviluppo dell'incendio nota la condizione iniziale, calcolata dalla precedente analisi stazionaria.

L'approccio prestazione generalmente pone i seguenti obiettivi:

- ✓ evacuazione in sicurezza delle persone,
- ✓ limitazione della propagazione dell'incendio ai compartimenti adiacenti,
- ✓ salvaguardia delle squadre di emergenza,
- ✓ verifica della ventilazione meccanica in sostituzione di quella naturale.

In particolare, le simulazioni numeriche sono state eseguite al fine di verificare i seguenti livelli di prestazione previsti dalla Conferenza dei Servizi :

- ✓ 10 m di visibilità ad un'altezza pari a h=1.80 m per un tempo t_{ASET} (ASET= *Available Safe Escape Time*) dove $t_{ASET}>T_{RSET}$ (RSET= *Required Safe Time Escape*);
- ✓ temperatura media del compartimento di 50/60 °C calcolata ad un'altezza pari a h=1.80 m dal piano di riferimento adottato nell'analisi per un tempo pari a t_{ASET}.

B2. MODELLO GEOMETRICO

L'analisi delle geometrie e delle compartimentazioni dell'autorimessa ha consentito di identificare lo scenario di incendio potenzialmente più critico, ovvero incendio localizzato all'interno del comparto di area maggiore del piano intermedio (piano – tipo) in prossimità dell'uscita pedonale posta lungo il perimetro interno della superficie parcabile. Tale scenario di incendio è stato selezionato essenzialmente per le ragioni seguenti:

- ✓ Lo sviluppo di incendio in prossimità dell'uscita pedonale posta lungo il perimetro interno potrebbe avere effetti negativi su tutte le vie di fuga disponibili, comprese quelle lungo la corsia di transito della auto.
- ✓ La filosofia di ventilazione adottata (v. Paragrafo B5, pagina 8) intende garantire un flusso quanto possibile uniforme in direzione longitudinale (direzione del flusso da ovest verso sud est) lungo il compartimento dell'autorimessa (direzione del flusso da ovest verso sud est); la localizzazione dell'incendio posta a distanza intermedia tra le bocchette di ventilazione e di estrazione potrebbe quindi rappresentare una condizione potenzialmente più critica.

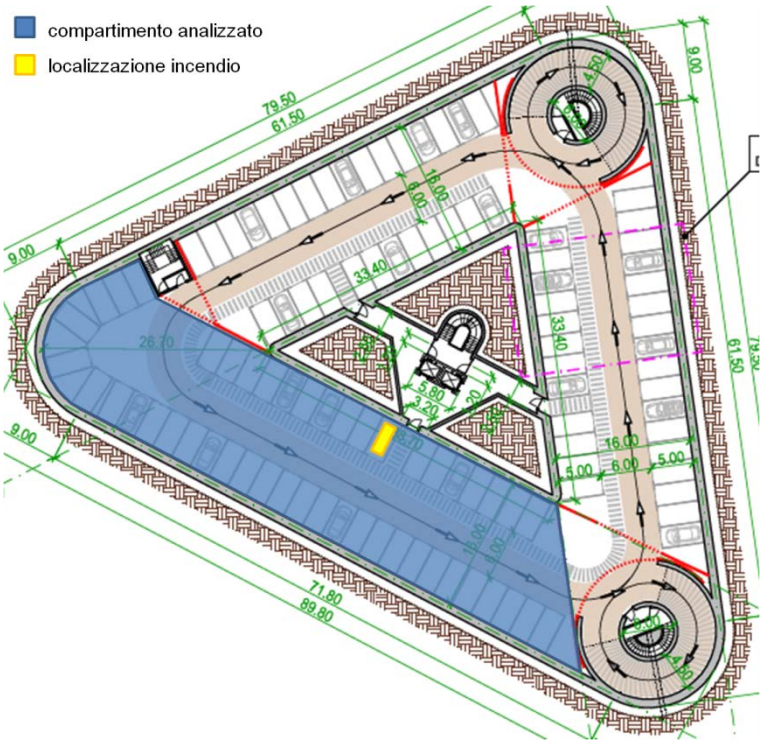


Figura B2.1: Rappresentazione del dominio analizzato e della localizzazione dell'incendio

La superficie evidenziata in blu in Figura B2.1 rappresenta la sezione orizzontale del volume di controllo considerato per le analisi. L'altezza del dominio è stata assunta pari a 2.7 m (come da documentazione preliminare di progetto).

Ciascuna autovettura è stata simulata come un blocco solido avente forma di parallelepipedo di dimensioni 1.5 x 4.2 x 1.7 m (altezza x lunghezza x larghezza). Il parcheggio è stato considerato occupato per il 75% dei posti auto disponibili.

B3. DISCRETIZZAZIONE IN VOLUMI FINITI (MESH)

La *mesh* creata è di tipo prismatico avente dimensioni medie dell'elemento pari a 0.2 m. Un dettaglio della *mesh* superficiale del modello è mostrata in Figura B3.1.

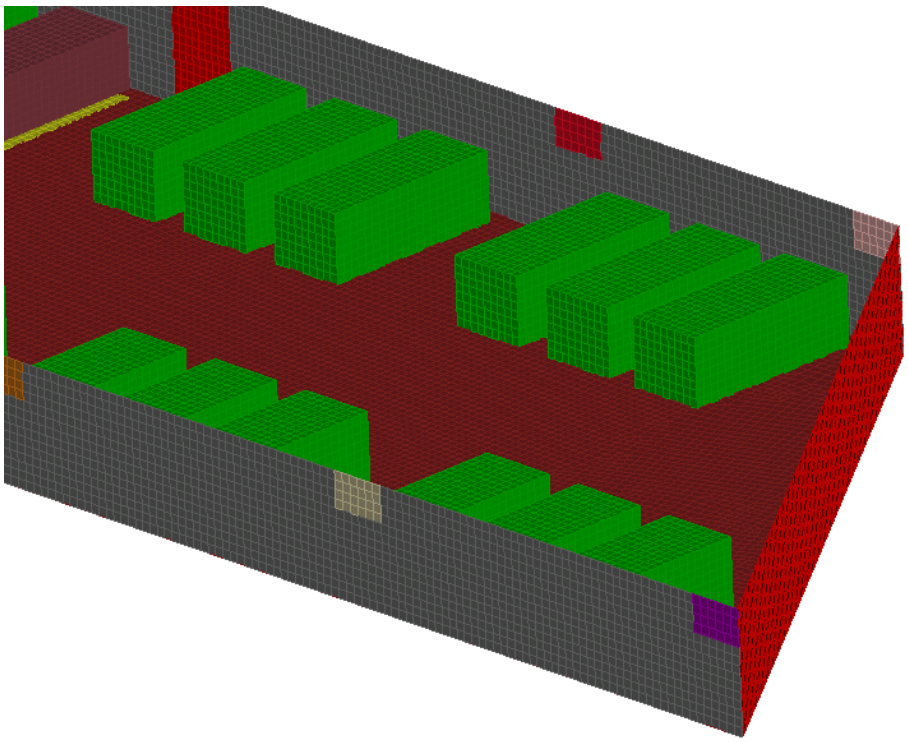


Figura B3.1: Immagine di Dettaglio della *Mesh* di Superficie

B4. MODELLI NUMERICI

Le equazioni di conservazione che costituiscono il sistema termo-fluidodinamico di interesse sono state risolte mediante un approccio RANS (*Reynolds-Averaged Navier-Stokes*) nella simulazione stazionaria e URANS (*Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes*) nelle simulazione transitorie, adottando degli schemi risolutivi del secondo ordine.

Per l'analisi stazionaria, il fluido considerato è aria, ovvero una miscela composta da azoto (N_2) e ossigeno (O_2), mentre nell'analisi transitoria il fluido è rappresentato da una miscela che contiene, oltre ad aria, anidride carbonica (CO_2), monossido di carbonio (CO) e composti volatili (fumo). Al fine di tenere in considerazione gli effetti della convezione naturale, per la miscela è stato utilizzato il modello di *gas-ideale* ed è stata applicata l'accelerazione di gravità pari 9.81 m/s^2. La temperatura dell'aria in ingresso è stata ipotizzata costante e pari a 25°C (298.15 K).

Il modello di turbolenza utilizzato è il *k-ε Realizable*.

B5. CONDIZIONI AL CONTORNO

Per la simulazione stazionaria, la portata di aria immessa è pari a 4.38 kg/s, equivalente a 3 ricambi ora (come da D.M. 10 Febbraio 1986 [3]). Il presente studio esclude la progettazione esecutiva dei sistemi di ventilazione ed estrazione fumi e prevede invece l'identificazione dei sistemi e delle filosofie di ventilazione forzata ed estrazione fumi. La soluzione progettuale preliminare adottata, prevede:

- ✓ immissione aria mediante bocchette posizionate sulle pareti esterne dell'autorimessa in prossimità della curva di raccordo posta ad ovest;
- ✓ estrazione aria ed eventuali fumi prodotti dall'incendio, mediante bocchette posizionate sulle pareti interne ed esterne dell'autorimessa in prossimità della compartimentazione tagliafuoco posta a sud-est.

Tale soluzione dovrebbe garantire un flusso quanto possibile uniforme in direzione longitudinale lungo il compartimento dell'autorimessa (direzione del flusso da ovest verso sud est).

Nel modello di calcolo sono state create 5 bocchette di immissione, di dimensione 1.25 x 0.8 m (larghezza x altezza) e 5 bocchette di estrazione, aventi medesime dimensioni. La posizione delle bocchette di immissione ed estrazione nel modello è mostrata in Figura B5.1.

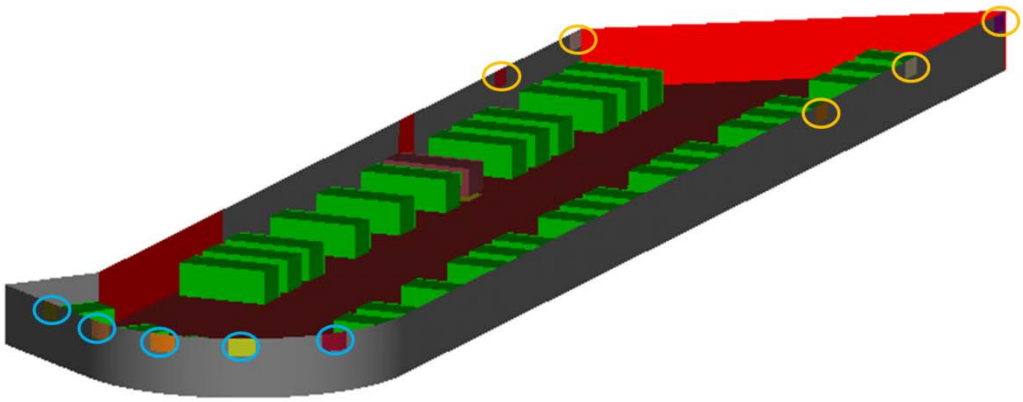


Figura B5.1: Rappresentazione Geometrica delle Bocchette di Immissione (azzurro) ed Estrazione (arancione)

Per la simulazione stazionaria sulle bocchette di immissione è stata imposta la condizione al contorno di *mass flow inlet,* con portata massica totale pari a 2.992 kg/s equivalenti a 3 ricambi d'aria orari, mentre sulle bocchette di estrazione è stata imposta la condizione al contorno di *exhaust fan* con portata estratta imposta pari a quella immessa.
A partire dalla condizione iniziale, ottenuta dalla simulazione stazionaria, è state eseguita la simulazione transitorie d'incendio. Anche per la simulazione transitoria sulle bocchette di immissione è stata adottata la condizione al contorno di *mass flow inlet,* mentre per quelle di estrazione la condizione di *exhaust fan*. La portata massica totale immessa è stata imposta pari a 7.98 kg/s, equivalente a 8 ricambi orari; mentre la portata estratta è stata imposta pari alla somma dell'aria immessa e, istante per istante, dei prodotti della combustione dell'incendio.
Sulle pareti, il pavimento ed il soffitto è stata imposta la condizioni al contorno di tipo *wall*; per quanto riguarda gli aspetti termici queste superfici sono considerate adiabatiche.

L'incendio delle auto è modellato per via numerica come sorgente di calore e prodotti della combustione.

B5.1 CURVA RHR

La curva RHR (*Rate of Heat Release*) di 1+2 auto vicine descrive l'evoluzione nel tempo del flusso termico rilasciato per effetto della combustione.

La curva di Figura B5.2 rappresenta la potenza termica rilasciata in funzione del tempo e tiene conto dei parametri caratteristici dell'incendio di un'automobile (potenza di picco e tempo impiegato per raggiungerla). È stato ipotizzato che l'incendio rimanga confinato ad una autovettura e, solo parzialmente, alle due vetture adiacenti, raggiungendo complessivamente una potenza di picco di 5 MW, corrispondente alla potenza di progetto per un'autovettura di grosse dimensioni in assenza di impianto di spegnimento. La fase di crescita è rappresentata con una legge di tipo quadratico che, come generalmente riconosciuto, si presta bene per la descrizione della maggior parte degli incendi con fiamma. La durata della fase di crescita è fissata in 15 minuti [1].

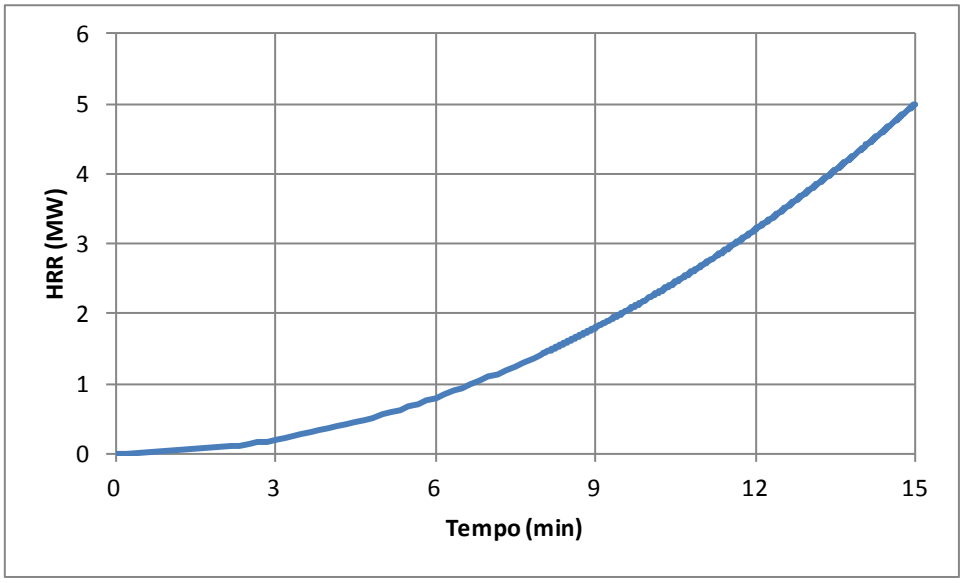


Figura B5.2: Curva di Rilascio Termico

Il rilascio termico è stato modellato come una sorgente volumetrica di energia posta in un volume avente forma di parallelepipedo di dimensioni 1.3 x 4.2 x 1.7 m (altezza x lunghezza x larghezza) posto a 0.2 m di altezza rispetto al pavimento e localizzato in prossimità dell'uscita pedonale posta lungo il perimetro interno della superficie parcabile (v. Figura B2.1).

B5.2 SORGENTE DI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE

Il fumo può essere definito come una combinazione di solidi, liquidi e gas prodotti dalla combustione oltre all'aria in cui questi prodotti sono miscelati [2].

La sorgente di prodotti della combustione è stata modellata come una superficie di dimensioni 4.2 x 1.7 m localizzata sul pavimento in prossimità dell'uscita pedonale posta lungo il perimetro interno della superficie parcabile (v. Figura B2.1). Su questa superficie è stata imposta la condizione al contorno di *mass flow inlet*. Il valore della portata in massa è stato calcolato a partire dalla curva RHR ipotizzando il calore specifico del materiale combustibile di cui è costituita l'autovettura pari a 25 MJ/kg [1] e noto che per ogni kg di combustibile si generano 2.28 kg di prodotti della combustione la cui composizione è riportata in Tabella B5.1[1][4].

Tabella B5.1: Composizione dei Prodotti della Combustione, per ogni kg di Combustibile e Percentuale

	kg/kg	%
CO2	2.1	0.921
CO	0.08	0.035
Composti Volatili	0.1	0.044

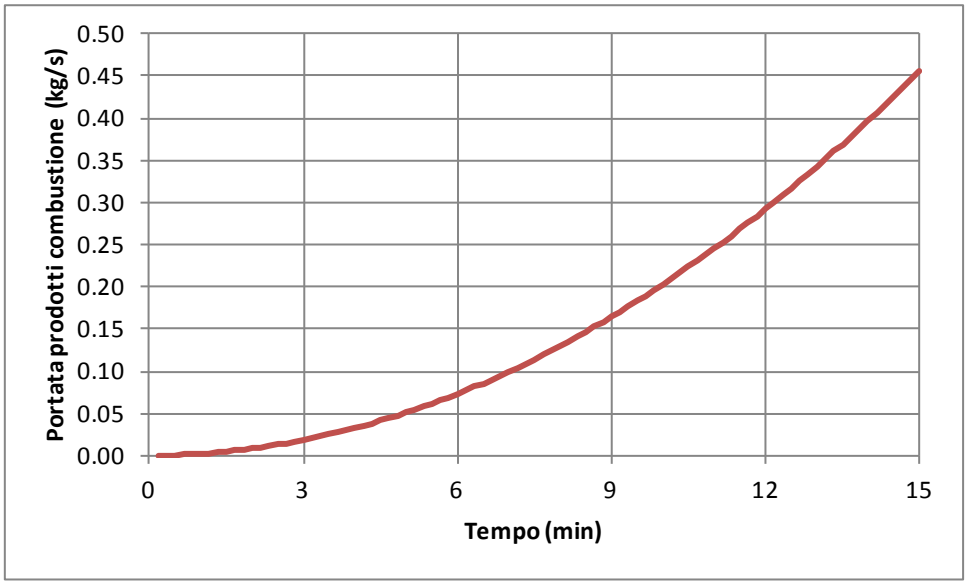


Figura B5.3 Portata di Prodotti della Combustione in funzione del Tempo

B6. POST – PROCESSING RISULTATI

Il post-processing dei risultati delle simulazioni è stato focalizzato sulla verifica livelli di prestazione fissati come obbiettivo, ovvero:

- ✓ 10 m di visibilità ad un'altezza pari a h=1.80 m per un tempo t_{ASET} (ASET= *Available Safe Escape Time*) dove $t_{ASET}>T_{RSET}$ (RSET= *Required Safe Time Escape*);
- ✓ temperatura media del compartimento di 50/60 °C calcolata ad un'altezza pari a h=1.80 m dal piano di riferimento adottato nell'analisi per un tempo pari a t_{ASET}.

Per questo motivo è stata creata una superficie posta ad altezza pari a 1.8 m rispetto al pavimento su cui sono stati rappresentati i campi di temperatura e di visibilità a diversi istanti temporali.

La visibilità, ovvero la distanza massima a cui l'essere umano può identificare gli oggetti, in caso di incendio, dipende da numerosi fattori quali:

- ✓ contrasto tra l'oggetto osservato e lo sfondo;
- ✓ grado di illuminazione dell'oggetto;
- ✓ densità del fumo;
- ✓ caratteristiche delle particelle di fumo in relazione alla lunghezza d'onda della luce;
- ✓ altre fonti di luce presenti;
- ✓ effetti fisiologici del fumo, come irritazione agli occhi;
- ✓ capacità di osservazione che può essere influenzato da stress correlato all'incendio.

In pratica, molti degli aspetti sopra elencati non possono essere tenuti in considerazione per la valutazione della visibilità motivo per cui si adottano criteri basati sulla densità ottica di fumo (OSD, *Optical Smoke Density*).

La visibilità V è stata valutata attraverso la seguente formulazione[1][6]:

$$V = \frac{C}{K_m \cdot m}$$

in cui:

- ✓ C è pari a 3 per i segnali che non emettono luci[1];
- ✓ K_m è il valore del coefficiente specifico di estinzione della luce valutato in 8700 m^2/kg[5];
- ✓ m è la concentrazione di composti volatili

I grafici dei campi di temperatura e visibilità delle figure al paragrafo permettono di calcolare il tempo t_{ASET}: Tale valore è stato confrontato con il valore t_{RSET} calcolato al paragrafo B6.1.

B6.1 CALCOLO DI T_{RSET}

t_{RSET} è il tempo che passa tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro ed è determinato da varie componenti[6]:

- ✓ tempo di rilevazione (*detection*) t_{det} rappresenta il tempo necessario al sistema di rivelazione per rilevare l'incendio in atto e dipende sia dalla tipologia del sistema che dalla geometria della struttura in esame. Sulla base di modelli analitici [5] il tempo t_{det} è stato stimato in 120 secondi.
- ✓ tempo di allarme generale t_a rappresenta il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'allarme generale alle persone occupanti l'edificio. Poiché la pratica n° 4838 della

conferenza dei servizi ha ipotizzato che l'allarme generale venga diffuso automaticamente dal sistema di ne consegue che il tempo di allarme t_a sia pari a 0 secondi.

- ✓ tempo di pre-movimento (*pre-travel activity time, PTAT*) t_{pre} rappresenta il tempo che gli occupanti impiegano prima di iniziare l'esodo vero e proprio; tale tempo è composto da un tempo di riconoscimento e da uno di risposta [5][6][7]. Nel caso in esame il tempo t_{pre} è stato stimato pari a 60 secondi.
- ✓ tempo di movimento (*travel*) t_{tra} rappresenta il tempo speso dagli occupanti per raggiungere il luogo sicuro e dipende dalla distanza dalle vie di esodo, dalla velocità dell'esodo stesso, dalle dimensioni e dalla geometria delle vie d'esodo [5]. Sulla base di un modello idraulico [5] il tempo t_{tra} è stato stimato in 60 secondi.

In dettaglio t_{RSET} è dato dalla somma dei sopracitat$_i$ quattro contributi: $t_{RSET} = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}$, per cui t_{RSET} risulta pari a 240 secondi.

B6.2 CALCOLO DI T_{ASET}

Le seguenti immagini mostrano il campo di temperatura nell'intervallo 25°C – 60°C ad una quota pari a 1.8 m rispetto al piano del pavimento in successivi istanti temporali. Le regioni in cui non è presente alcuna campitura indicano temperature superiori a 60°C.

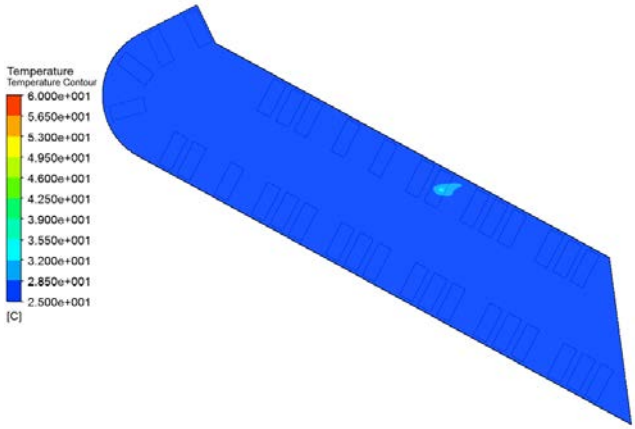


Figura B6.1: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=60s

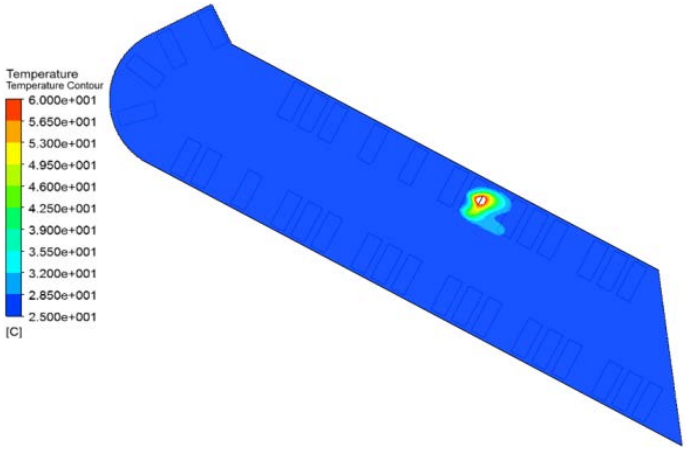


Figura B6.2: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=90s

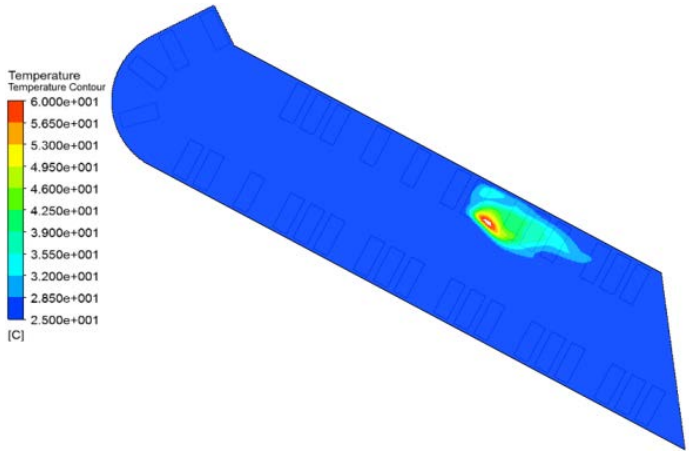


Figura B6.3: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=120s

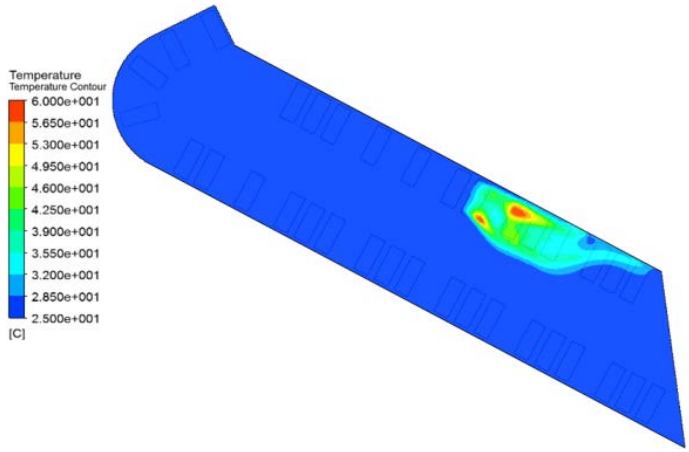


Figura B6.4: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=150s

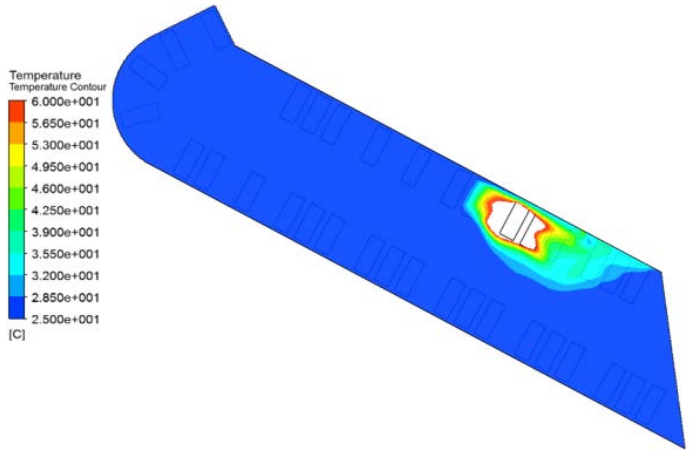


Figura B6.5: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=180s

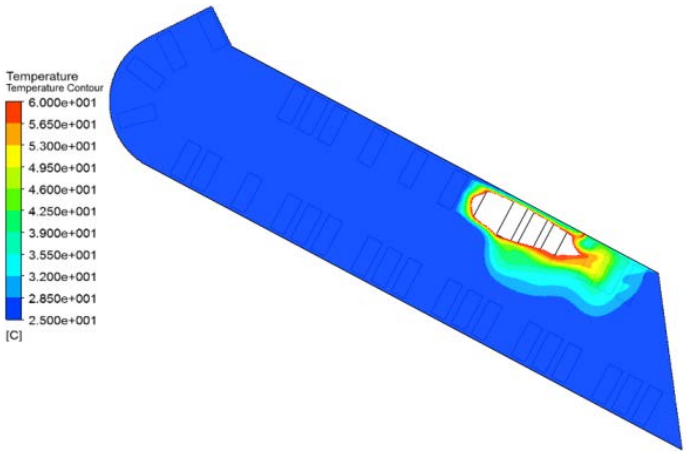


Figura B6.6: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=210s

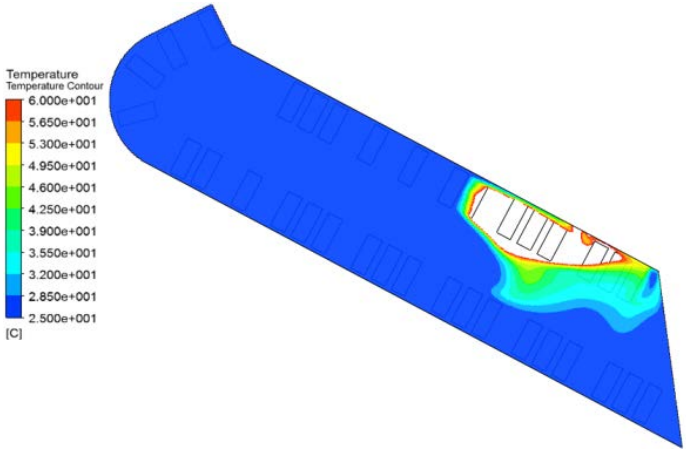


Figura B6.7: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=240s

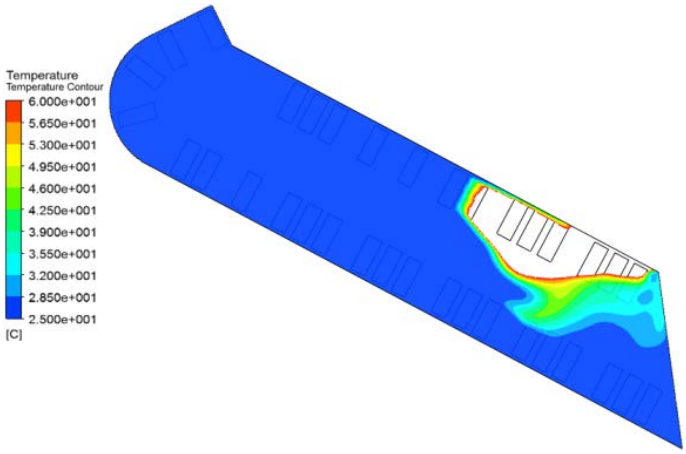


Figura B6.8: Campo di Temperatura su Piano a Quota 1.8m per t=270s

Le immagini precedenti evidenziano che per t = 270s = 4.5min, le vie di fuga lungo le corsie di transito delle auto risultano essere ancora parzialmente percorribili poiché temperature superiori a 60°C si riscontrano solo in prossimità dell'incendio e al di sopra delle auto in sosta. Inoltre, i limiti precedentemente citati risultano

superati solo in zone prossime all'incendio, laddove le persone eventualmente presenti sono le prime a rendersi conto del verificarsi dell'incendio stesso.

Le seguenti immagini mostrano il campo di visibilità nell'intervallo 0 – 100m ad una quota pari a 1.8 m rispetto al piano del pavimento in successivi istanti temporali. Le regioni la cui campitura è di colore rosso indicano visibilità inferiori a 10 m.

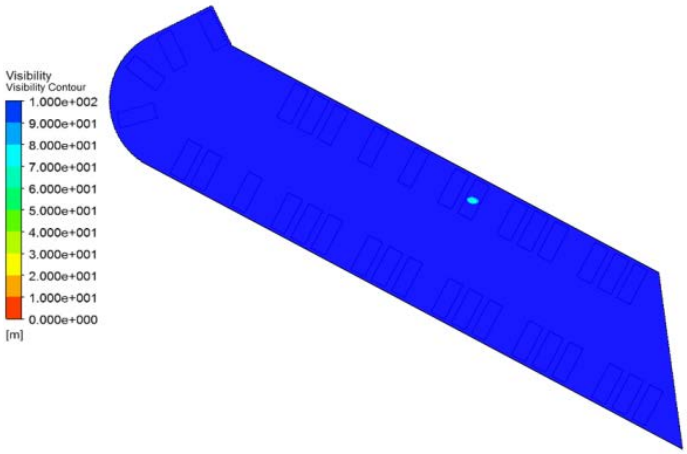


Figura B6.9: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=60s

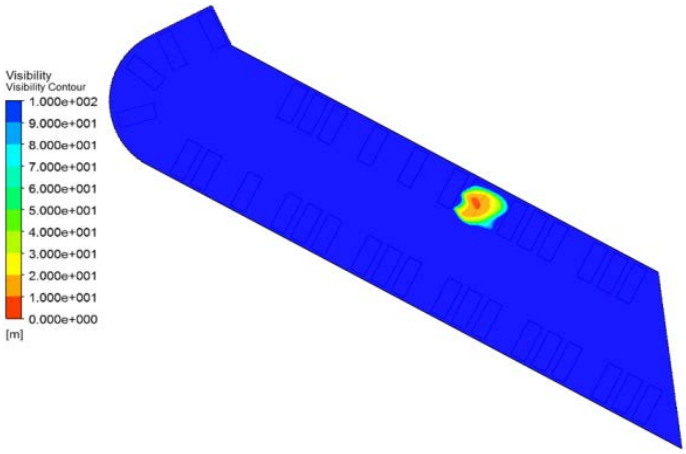


Figura B6.10: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=90s

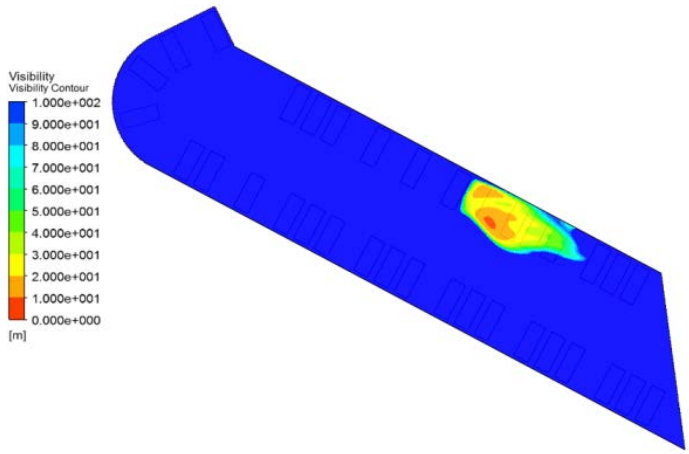


Figura B6.11: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=120s

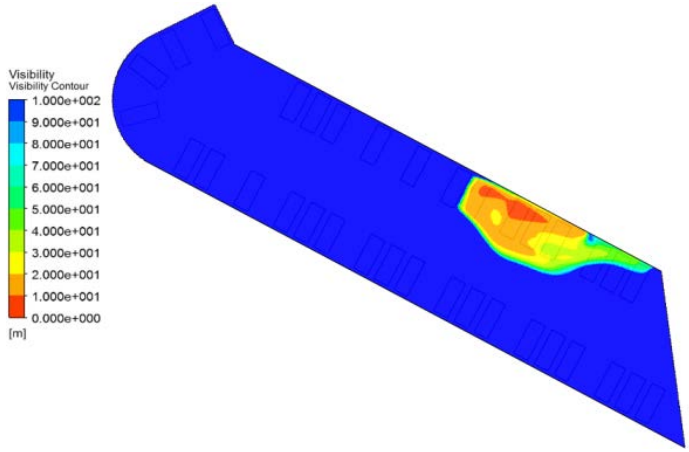


Figura B6.12: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=150s

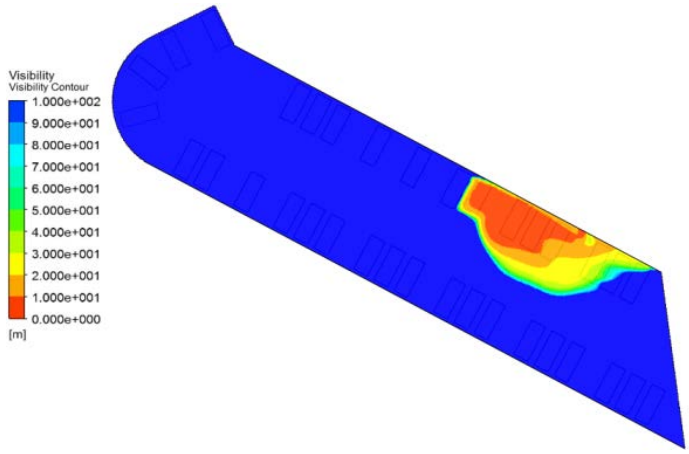


Figura B6.13: Campo di Visibilità su Piano a Quota 1.8m per t=180s

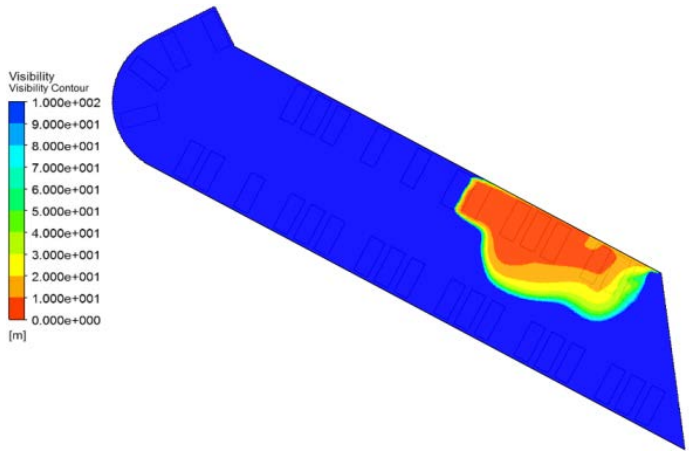


Figura B6.14: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=210s

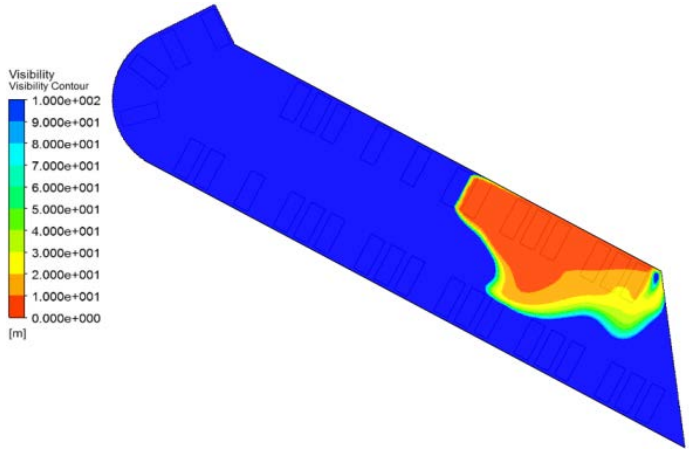


Figura B6.15: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=240s

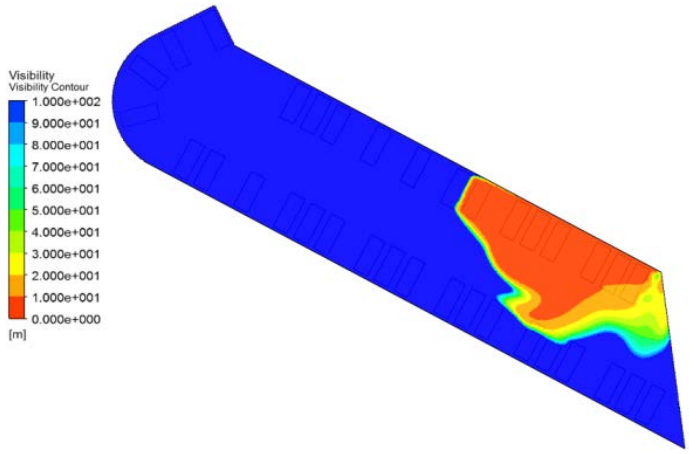


Figura B6.16: Campo di Visibilità su piano a Quota 1.8m per t=270s

Le immagini precedenti evidenziano che le vie di fuga lungo le corsie di transito delle auto risultano essere ancora parzialmente percorribili fino a t = 240s = 4min, Infatti fino a tale istante temporale si riscontrano valori di visibilità inferiori a 10m solo in prossimità dell'incendio e al di sopra delle auto in sosta. Oltre tale istante

temporale solo la vie di fuga in direzione dell'uscita di emergenza posta ad ovest del compartimento risulta essere ancora parzialmente percorribile. Inoltre, i limiti precedentemente citati risultano superati solo in zone prossime all'incendio, laddove le persone eventualmente presenti sono le prime a rendersi conto del verificarsi dell'incendio stesso.

B6.3 CALCOLO DI T_{ASET} – CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Le simulazioni numeriche hanno permesso di valutare t_{ASET} sulla base delle distribuzioni di temperatura e di visibilità pari ad una quota pari a 1.8m. Il valore di t_{ASET} risulta essere compreso tra 240 s e 270 s; tale valore, calcolato per lo scenario di incendio considerato, risulta essere accettabile in quanto maggiore del valore di t_{RSET} ,stimato in 240 s. Inoltre, il valore di t_{ASET} risulta limitato dai valori di visibilità e temperatura calcolati in zone prossime all'incendio, laddove le persone sono le prime a rendersi conto del verificarsi dell'incendio stesso.

Le simulazioni effettuate dimostrano quindi che la nuova geometria dei locali generi la possibilità di una migliore gestione dell'estrazione fumi in caso di incendio ma sottolineano altresì la necessità di una progettazione specifica del sistema di estrazione fumi in caso di incendio ricorrendo a tecnologie specifiche quali sistemi tipo jet fan o similari

Risulta tuttavia necessario prevedere ulteriori approfondimenti in quanto la Pratica n.4838 della Conferenza dei Servizi prevede che il tempo T_{ASET} deve essere non inferiore a $t_{RSET} + t_{sic}$ dove t_{sic} rappresenta un tempo da ritenersi come margine di sicurezza e dato dalla somma di tre termini ($t_{sic} = \Delta t_{ic} + t_{ro} + t_{es}$):

- ✓ Δt_{ic} è un contributo da calcolare dovuto all'incertezza del metodo di calcolo;
- ✓ t_{ro} è un contributo dovuto al tempo necessario alla squadra di emergenza a verificare la presenza di persone nell'autorimessa e provvedere alla loro evacuazione;
- ✓ t_{es} è un contributo dovuto al tempo necessario alle squadre di emergenza per evacuare.

Si ritiene inoltre consigliabile la verifica dei livelli di prestazione su differenti scenari di incendio, da effettuarsi una volta che la progettazione esecutiva degli impianti di ventilazione ed antincendio risulti definitivamente consolidata. Si consiglia inoltre, al fine di ottimizzare l'estrazione dei fumi di combustione, l'adozione della tecnologia dei ventilatori a getto (jet fan)o similari, supportata da un'accurata progettazione fluidodinamica.

REFERENZE

[1] A. Maiolo *Fire Safety Engineering – Soluzione In Deroga Di Un Caso Complesso E Raffronto Con La Condizione Da Norma,* 2006, VGR 2006 - V Edizione

[2] M.G.M. van der Heijden, M.G.L.C. Loomans, A.D. Lemaire, J.L.M. Hensen (2013) *Fire safety assessment of semi-open car parks based on validated CFD simulations*, Building Simulation

[3] D.M. 1 febbraio 1986, *Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili*

[4] C. Caliendo, P. Ciambelli, M.L. De Guglielmo, M.G Meo, P. Russo, *Simulation of fire scenarios due to different vehicle types with and without traffic in a bi-directional tunnel*, Tunneling and Underground Space Technology, 2013

[5] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, fourth edition

[6] D.M. 3 agosto 2015 *Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.*(GU n. 192 del 20/8/2015 - S.O. n. 51)

[7] ISO TR 16738:2009, *Fire-safety engineering -- Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*

Appendice C
Identificazione delle Migliori Tecnologie Disponibili per i Filtri Antinquinamento dell'Impianto di Estrazione Aria

Doc. No. 16-1756-H1 Rev. 1 - Aprile 2017

D'APPOLONIA

consulting, design, operation & maintenance engineering

INDICE

		Pag.
LISTA DELLE TABELLE		2
LISTA DELLE FIGURE		2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI		3
C1	INTRODUZIONE	4
C2	AUFERO – ENS TECHNOLOGY	5
C3	APA SYSTEM – IS CLEAN AIR	7
C4	ANALISI BREVETTUALE	9
C5	CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE	15

LISTA DELLE TABELLE

Tabella C2.1: Scheda Tecnica del sistema Aufero[1] 5
Tabella C3.1: Scheda tecnica sistema APA 8

LISTA DELLE FIGURE

Figura C2.1: Sistema Aufero[1] 6
Figura C3.1: Sistema APA, schema generale 7

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

D.M.	Decreto Ministeriale
HVAC	Heating, Ventilation, & Air Conditioning
HEPA	High-Efficiency Particulate Arrestance
BAT	Best Available Techniques
UTA	Unità di trattamento dell'Aria

C1 INTRODUZIONE

L'autorimessa in caverna oggetto dello studio è di tipo interrato, con capienze ai piani, superiori a quelle indicate all'art. 3.9.2 del D.M. 1 febbraio 1986; non essendo applicabile il punto 3.9.0 dello stesso decreto in merito alla ventilazione naturale, sarà prevista l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica in grado di garantire una portata di tre ricambi orari.

Il sistema di aerazione meccanica sarà indipendente per ogni piano e di tipo doppio (l'estrazione separata dall' immissione). L'impianto funzionerà in modo da sopperire alla mancanza di ventilazione naturale garantendo 3 ricambi orari. Nei periodi di punta, individuati da appositi rilevatori di miscele pericolose, l'impianto entrerà comunque in funzione per garantire la corretta qualità dell'aria. (conferenza dei servizi pratica n° 4838 e relativo allegato).

Il sistema di ventilazione meccanica prevede quindi l'immissione di aria dall'esterno (3 ricambi volumetrici orari) e l'estrazione di un'eguale portata di aria dall'autorimessa con successiva espulsione della stessa in ambiente esterno. L'aria estratta dall'autorimessa e immessa in ambiente, contiene quindi le sostanze inquinanti prodotte dai motori a combustione interna in funzione sulle auto presenti nell'autorimessa.

Il presente Appendice descrive le tecnologie disponibili, individuate da D'Appolonia, al fine di abbattere la concentrazione di inquinanti, connessa all'immissione di aria prelevata in autorimessa, in ambiente esterno.

Le autorimesse non sono classificate quali attività industriali, di conseguenza non ricadono all'interno della Industrial Emissions Directive (IED, 2010/75/EU). Non sono quindi disponibili, per le autorimesse, i cosiddetti BREFs, ovvero i documenti di riferimento relativi alle migliori tecnologie disponibili (BAT) per ridurre le emissioni in atmosfera delle attività industriali.

D'Appolonia ha inoltre contattato, al fine di ottenere informazioni circa sistemi di filtrazione/purificazione aria, le seguenti aziende produttrici/(distributrici?) di sistemi di ventilazione:

- ✓ Dynair
- ✓ Colt
- ✓ Conaire
- ✓ DLK
- ✓ Majco

Le aziende contattate hanno confermato di non avere attualmente in commercio alcun sistema per la filtrazione e/o la purificazione di aria proveniente dai sistemi di estrazione di autorimesse. Il progetto dell'autorimessa sotto Monte Benedetto in Merano rappresenta infatti un caso singolare poiché l'immissione in ambiente della portata estratta avviene in prossimità di terreni agricoli. Nella maggioranza dei casi le autorimesse interrate sono localizzate in aree urbane nelle quali la qualità dell'aria esterna è paragonabile a quella dell'aria presente in autorimessa; per questo motivo normalmente non sono previsti sistemi di filtrazione/purificazione dell'aria esterna.

Due soluzioni di recente sviluppo per la purificazione dell'aria in ambienti confinati, applicabili alle autorimesse sono il sistema Aufero, sviluppato dall'azienda ENS Technology, e il sistema APA, della Is Clean Air. Le due soluzioni Tecnologiche sono descritte nei due paragrafi successivi.

Nel Paragrafo C4 è riportata infine un'analisi brevettuale volta ad individuare altre tecnologie di recente sviluppo che potrebbero trovare accesso al mercato nel breve periodo, relative a sistemi di purificazione dell'aria in ambienti confinati quali garage e autofficine.

C2 AUFERO – ENS TECHNOLOGY

Azienda: ENS-TECHNOLOGY	
Indirizzo: Grotestraat 41, 5431 DH Cuijk, The Netherlands	
Website: http://enstechnology.nl/en	

Il sistema di purificazione dell'aria Aufero (svilupato dalla società olandese ENS Technology) è un sistema di depurazione senza filtro in grado di rimuovere particolato con dimensioni da 60 nm a 30 µm (i filtri HEPA convenzionali rimuovono particolato con dimensioni da 350 nm). Dopo l'ingresso nel sistema Aufero, le sostanze inquinanti disperse nell'aria si trasformano in una polvere grossolana che viene catturata su un collettore all'interno del dispositivo. Gli inquinanti atmosferici vengono così fissati, eliminando così la possibilità di essere nuovamente emessi e inalati. La rimozione della piastra di raccolta permette un semplice ed efficace processo di pulizia manuale (senza necessità di utilizzare attrezzi speciali o prodotti chimici). In funzione dello specifico circuito di pulizia dell'aria, è possibile pulire il collettore senza scollegare il sistema. Il design modulare semplice facilita l'accoppiamento universale con i condotti di ventilazione di sistemi HVAC e consente l'espansione attraverso il montaggio in serie. Il sistema Aufero è anche disponibile come un sistema di purificazione dell'aria autonomo, dotato di una ventola per la ventilazione forzata[1].

Tabella C2.1: Scheda Tecnica del sistema Aufero[1]

Dimensioni	Lunghezza	3500 mm
	Larghezza	690 mm
	Altezza	1370 mm
Peso		300 kg
Condizioni di Esercizio	Temperatura Ambiente	-25°C – 200°C
	Umidità Relativa	< 100%
Alimentazione Elettrica		230 V ~ 50 Hz
Potenza richiesta	Ionizzazione	70 W
	Ventilazione	370 W
Range dimensioni particolato		60 nm – 30 µm
Efficienza di Rimozione		< 99%
Caduta di Pressione		5 – 10 Pa
Livello di Rumorosità		60 dB (A)

L'applicazione è basata sulla tecnologia di ionizzazione dell'aria di ENS Technology sviluppata in collaborazione con il Politecnico di Delft. La tecnologia premette la ionizzazione e la raccolta di polveri fini e ultrafini (PM10, PM2.5 e PM0,1). Inoltre, le varie sostanze chimiche presenti nell'aria quali allergeni e agenti biologici sono eliminati dall'ambiente senza l'uso di filtri[1].

Figura C2.1: Sistema Aufero[1]

Il sistema è stato applicato con successo in un'autorimessa sita nella città di Cuijk; il progetto "Lungs of the City" prevede l'impiego del sistema Aufero nelle autorimesse della città di Eindhoven al fine di migliorare la qualità dell'aria non solo delle autorimesse stesse ma anche dell'ambiente esterno. Lo studio di fattibilità effettuato recentemente ha provato l'efficacia del progetto "Lungs of the City"[2].

C3 APA SYSTEM – IS CLEAN AIR

Azienda: IS CLEAN AIR	
Indirizzo: Piazza della Manifattura 1, 38068 Rovereto (TN), Italy	ISCLEANAIR BREATHE YOUR LIFE
Website: http://www.iscleanair.com/	

APA è una innovativa tecnologia per la depurazione dell'aria (depolverazione, degassificazione, disodorazione) che, attraverso l'integrazione di tre differenti processi chimico-fisico-meccanici, riesce ad abbattere gran parte degli inquinanti presenti nel flusso di aria processato. Gli inquinanti che possono essere rimossi dal prodotto sono: particolato atmosferico (PM10), metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), idrocarburi leggeri (ad esempio metano, benzene, GPL, ecc.), ossidi di azoto e di zolfo (NOx, SOx), monossido di carbonio (CO), ozono (O3), alcool, acetilene, microrganismi[3].

La tecnologia è finalizzata a depurare:

- l'aria ambiente in ambiti industriali;
- l'aria in contesti di tipo urbano, indoor e outdoor, e in contesti commerciali;
- l'aria destinata a sistemi di trattamento UTA (unità di trattamento aria);
- i fumi di impianti industriali.

APA agisce a livello suolo, non utilizza filtri, non genera rifiuti speciali e consente di effettuare in tempo reale il monitoraggio dei parametri; ha costi di gestione contenuti e consente un effettivo risparmio energetico ed economico. Inoltre, è modulare e può essere progettato a seconda delle esigenze del cliente.

Funzionamento: L'aria viene aspirata ed introdotta in un debole scrubber venturi che opera un primo abbattimento degli inquinanti producendo un fluido (gas + acqua). Il fluido così ottenuto viene sottoposto ad uno scrubbing a doccia che fa precipitare gli inquinanti verso il basso, depositandoli in acqua. Un processo di deposizione ad umido (quenching multiplo), basato su un innovativo sistema di deposition stack,termina il trattamento garantendo un'efficacia di **abbattimento degli inquinanti superiore al 90%**; l'aria depurata è quindi reimmessa nell'ambiente. Nel caso di utilizzo di APAa monte dei sistemi UTA o nelle applicazioni a camino, l'aria subisce il trattamento sopra descritto per essere quindi o distribuita negli ambienti interni (depurata, oltre che refrigerata o riscaldata) o immessa in atmosfera.

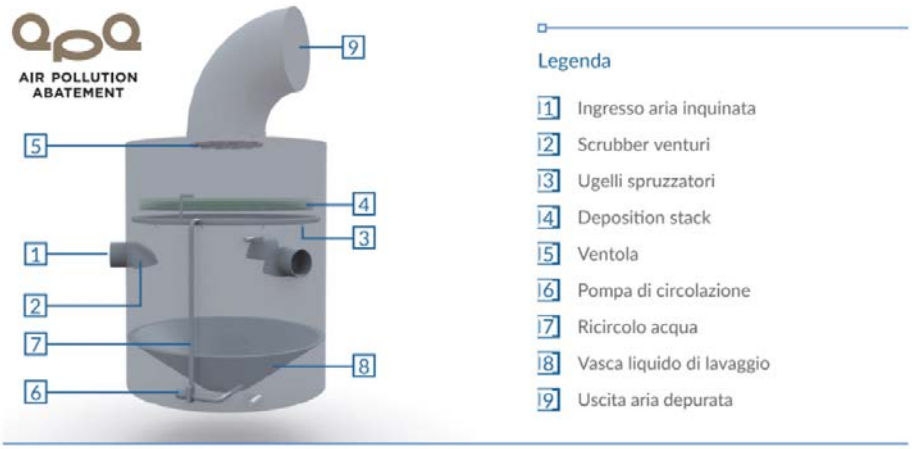


Figura C3.1: Sistema APA, schema generale

Sono attualmente disponibili, in funzione dei diversi ambiti di applicazione, i seguenti dispositivi:

- **APA Slim o Large** per aree di lavorazione/produzione industriale o per luoghi (indoor o outdoor) con presenza di persone;
- **APA Panel** per aree urbane e commerciali, confinate o semiconfinate;
- **APA Vent** per emissioni dei fumi di impianti industriali (non riportato in tabella, caratteristiche tecniche customizzabili).

Tabella C3.1: Scheda tecnica sistema APA

	APA Slim	APA Large	APA Panel
Figura			
Portata nominale	1500 m^3/h	2350 m^3/h	3000 m^3/h
Potenza assorbita	465 W	540 W	560 W
Rumorosità	50 dBA /1m	55 dBA / 1m	50 dBA /1m
Input	Carico liquidi (acqua e soluzione chimica salina) manuale o automatico		
Output	Scarico liquidi manuale o automatico		
Ciclo di lavoro	A ciclo continuo (h24) o regolabile in funzione delle rilevazioni dei sensori e/o delle specifiche esigenze		
Dimensioni (L, H, P)	810 mm, 2640 mm, 1180 mm	1130 mm, 2640 mm, 1500 mm	1300 mm, 2300 mm, 460 mm
Peso	60 kg (fino a 460 kg a pieno carico d'acqua)	90 kg (fino a 490 kg a pieno carico d'acqua)	150 kg (fino a 450 kg a pieno carico d'acqua)
Raggio di azione	Indicativamente 25 m, in relazione all'ambito di utilizzo		
Principali parametri di processo monitorati	Correnti assorbite, livello liquidi, flusso aria		
Parametri ambientali monitorati	Pressione atmosferica (P), temperatura aria (T), umidità relativa (RH) e NOx		
Parametri ambientali monitorabili	Disponibili su specifica richiesta: PM10, VOC (benzene, GPL, metano, acetilene, ecc.), SOX, CO, O3, ecc		

I dispositivi APA sono certificati in conformità con la Direttiva Macchine 2006/42/CE e hanno ottenuto il marchio CE dall'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (IMQ). Numerosi enti di ricerca e universitari ne hanno rilevato l'efficacia attraverso analisi tecnico-scientifiche e comparative. La tecnologia APA, tutelata da diversi brevetti internazionali, ha ottenuto importanti premi e riconoscimenti in Italia e all'estero, numerose referenze, articoli e citazioni su quotidiani e riviste nazionali e internazionali e pubblicazioni e tesi universitarie. In accordo con la direttiva EU IPPC, APA è una Best Available Technology (BAT) poiché consente un elevato livello di protezione dell'ambiente attraverso una soluzione tecnicamente ed economicamente valida. È inoltre presente in significativi progetti di ricerca, innovazione e sviluppo industriale italiano e comunitari.

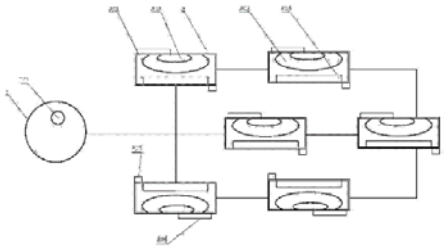
C4 ANALISI BREVETTUALE

È stata infine condotta l'analisi di brevetti esistenti per quanto riguarda i sistemi di purificazione dell'aria da particolato per officine e garage sotterranei.
Poiché ad oggi l'applicazione di sistemi di aerazione che prevedano il filtraggio dell'aria per ambienti confinati non è pratica comune, ed in particolare risulta applicata solamente qualora il livello di emissioni risulti soggetto a normativa. Per queste motivazioni è stata svolta un'analisi brevettuale che consenta di individuare le tecnologie in via di sviluppo o in procinto di essere disponibili sul mercato, che possano risultare di interesse per l'applicazione oggetto di questo studio.

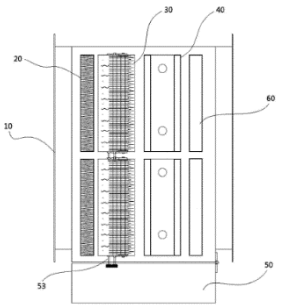
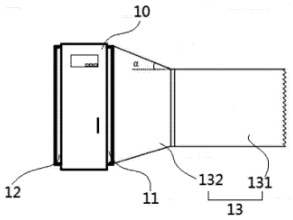
L'analisi brevettuale è stata svolta attraverso Thomson Innovation, uno strumento di ricerca brevettuale di Thomson Reuters che include all'interno del proprio database i brevetti dei registri del Regno Unito, Cinese, Europeo, Francese, Tedesco, Italiano, Giapponese, Koreano, degli Stati Uniti e Internazionale (PCT). La ricerca brevettuale ha focalizzato la propria attenzione su pubblicazioni recenti ed, in particolare, pubblicate a partire dall'anno 2015.

Sono stati individuati 6 brevetti rispondenti ai criteri di ricerca. Di seguito si riporta una scheda riassuntiva per ciascuna di esse. Ciascuna scheda comprende il titolo, numero e data di pubblicazione, l'assegnatario del brevetto, il codice IPC (International Patent Classification), l'abstract (in lingua inglese) e le figure rilevanti.

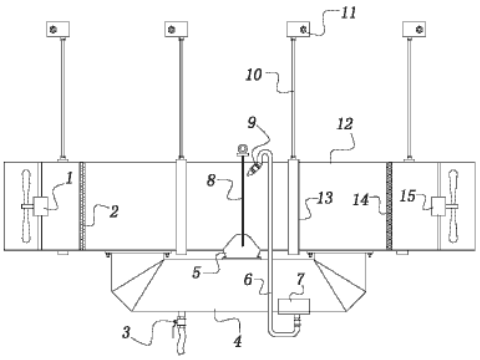
1) Il brevetto presenta una soluzione per la raccolta dei fumi di scarico in ambiente confinato (garage sotterraneo) e per il loro trattamento tramite due unità di purificazione costituite da: un catalizzatore, metallico con struttura a nido d'ape, un'unità di refrigerazione e una unità di emissione all'esterno dei gas trattati.

Title	**An environment-friendly underground garage tail gas collecting system**
Publication Number (Kind Code)	CN105413460 (A)
Publication date	2016-03-23
Applicant(s)	GANSU CONSTR & INVESTMENT HOLDING GROUP
IPC Codes	B01D 53/86; B01D 46/00; B01D 53/44; B01D 53/56; B01D 53/62
Abstract	The invention claims a vehicle tail gas collecting system, specifically is a environment-friendly tail gas collecting system of underground garage. it comprises a control device (1) and a tail gas collecting purifying unit (2) is connected with the control device (1), said control device (1) is at least connected with two tail gas collecting purifying unit (2); and the tail gas collecting purifying unit (2) comprises the inner wall is provided with a metal honeycomb carrier device (201) is provided with a particle filter (202), catalyzing device (203) and the refrigeration device (204) is provided with a gas outlet (205), a tail gas recycling port (206). The beneficial effects are as follows: the structure is simple, the use is convenient, the volume is small, the manufacture cost is low, and the tail gas absorption rate, good air purification effect. 

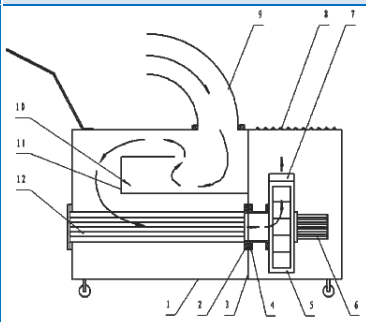
2) Il brevetto riguarda un metodo ed un sistema per la purificazione dell'aria da applicarsi ad un garage interrato. La soluzione prevede un sistema di raccolta dei gas, un primo filtro che rimuove le particelle di maggiori dimensioni (particolato) e una seconda unità filtrante (al plasma o ionizzante).

Title	**Underground garage tail gas purifying method and device and full automatic intelligent closing system**
Publication Number (Kind Code)	CN104624008 (A)
Publication date	2015-05-20
Applicant(s)	BEIJING JINKE XINGYE ENVIRONMENTAL PROTE
IPC Codes	B01D 50/00; B01D 46/12; B01D 53/76; B03C 3/08
Abstract	The invention relates to an underground garage tail gas purification method, comprising the following steps: taking from underground garage vehicle tail sum purification device of vehicle tail gas inlet guide sum to S type curve comprises at least one of primary filtration module is designed, for filtering and intercepting large particle substance and vehicle tail sum, using through primary filter module after intercepting filter and to at least one of plasma absorbing module for absorbing purification, through plasma absorbing module for absorbing purification after the vehicle tail sum guidance to at least one of light hydrogen ion purification module for filtering purification, wherein light hydrogen ion purification module and purification after filtering and vehicle tail sum guidance to at least one of high-efficient air filter module for filtering purification, using filtration and purification after the vehicle tail sum from air outlet of underground garage vehicle tail sum purification device. The invention also claims one kind using said method of underground garage vehicle tail sum purification device and use of in wherein said method or the full-automatic intelligent opening and closing system.  

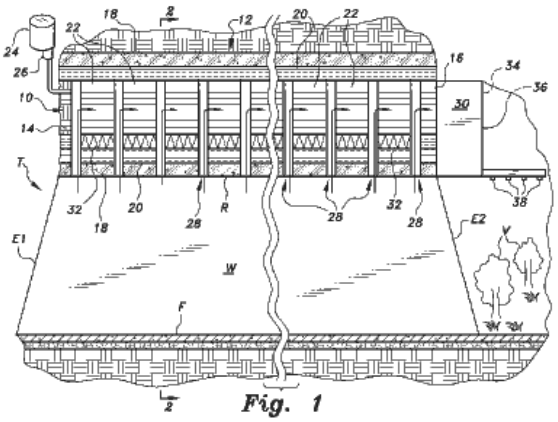
3) Il brevetto presenta una soluzione per la rimozione di particolato dall'aria, da utilizzarsi in officine o laboratori meccanici. La soluzione è costituita da un condotto metallico aperto alle due estremità opposte contenente una coppia di ventole per la movimentazione dell'aria, un'unità filtrante e un'unità di purificazione da particolato per mezzo di spray ad acqua.

Title	**Device for workshop discharging wind dust removing**
Publication Number (Kind Code)	CN104667660 (A)
Publication date	2015-06-03
Applicant(s)	TJLIDEER AUTOMOTIVE PARTS CO LTD
IPC Codes	B01D 46/1; B01D 46/00, B01D 53/02
Abstract	The invention claims a device for workshop discharging wind dust removing. A double open end tube, wherein lumen of sum flow direction in turn provided with absorbing layer and the first shaft flow fan, another end of lumen, sum. flow direction in turn provided with an axial-flow fan and the second coarse filter network, provided with connecting pipe in middle part of cylinder body bottom wall, also a bottom wall set with upper water tank and drainage valve, lower end of connecting tube and the top of the water tank is fixedly connected with and lumen and;.... tube splice installation has refined filter screen is stainless steel screen material, lower end of refined filter screen downward extending to and connected with tube lumen, also provided with refined filter screen to the nozzel incline on the top wall in the tube, provided with inner water pump in water tank, the water outlet pipe through connecting to nozzel, at in tube is fixedly connected with one multi-ring, wherein the top of each ring are fixedly connected with steel cable, provided with connecting block at the top part of steel cable. 

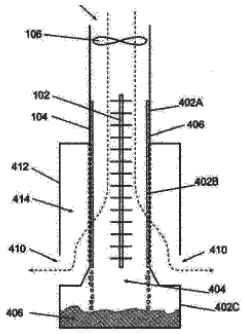
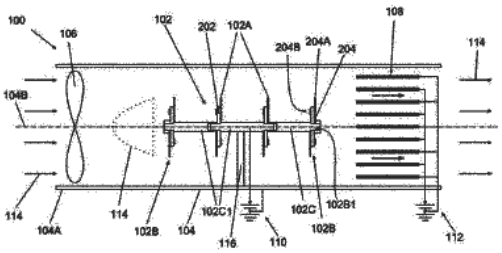
4) Il brevetto riguarda un'unità filtrante da applicarsi preferibilmente in officine. La soluzione è costituita da un condotto al cui interno è posta una ventola per l'aspirazione dell'aria. All'interno dell'unità è posizionata una camera di sedimentazione costituita da una serie di lamine metalliche adiacenti per la rimozione delle polveri.

Title	**Workshop dust filter**
Publication Number (Kind Code)	CN104587784 (A)
Publication date	2015-05-06
Applicant(s)	SHANGHAI SHENZHOU AUTOMOBILE ENERGY SAVING ENVIRONMENTAL PROT HAIAN CO LTD
IPC Codes	B01D 50/00
Abstract	 The invention claims a workshop dust filter, wherein it is composed of a case, an isolation plate, a fan, a motor, air purification window-shades, smog, smoke guide plate, a dust sedimentation room box body, a pleated filter cartridge, equal, a wind with large amount, use life longer, maintenance and change suitable, a resistance force equal, with a small and a large market requirement.

5) Il brevetto presenta una soluzione per il trattamento dell'aria da applicare in aree confinate soggette alla presenza di autoveicoli (garage, gallerie). La soluzione prevede un convertitore catalitico che permette il trattamento dei sottoprodotti di combustione tramite riduzione catalitica selettiva. Il calore necessario è fornito da uno scambiatore termico elettrico. La CO_2 e l'acqua risultanti sono espulsi all'esterno tramite una ventola e una pompa.

Title	**Catalytic Converter For Confined Areas**
Publication Number (Kind Code)	WO2016007152 (A1)
Publication date	2016-01-14
Applicant(s)	HABEEBULLAH TURKI MOHAMMED ABDULKAREEM; MOHAMED ATEF MOHAMED FATHY; EL-RAHIM IBRAHIM HUSSEIN ABD; UNIV UMM AL QURA; UMM AL QURA UNIVERSITY GLOBAL PATENT TRUST
IPC Codes	B01D 53/94
Abstract	The catalytic converter (10) for confined areas is installed with a vehicular tunnel (T), parking garage, or other confined area subject to motor vehicle operation therein. The converter (10) catalyzes internal combustion engine exhaust by-products by selective catalytic reduction. The heat required for the catalytic reaction is provided by an electric heater (32) installed with the converter (10), the converter (10) being thermally insulated to retain the heat. The carbon dioxide and water vapor resulting from the catalytic reactions are gathered by the same fan (30) or pump (36) and the water vapor condensed to liquid form, and distributed to vegetation (V) external to and adjacent to the tunnel (T) or enclosure.  Fig. 1

6) Il brevetto riguarda un sistema di pulizia dell'aria che utilizza l'effetto corona di un elettrodo percorso da corrente per la rimozione del particolato dal flusso d'aria che attarversa il filtro. Le particelle cariche vengono fatte precipitare per effetto elettrostatico e pertanto rimosse. Il sistema può essere collocato verticalmente o orizzontalmente a seconda della specifica applicazione.

Title	**Air flow clean device**
Publication Number (Kind Code)	CN205550572 (U)
Publication date	2016-09-07
Applicant(s)	VIRUS FREE AIR BV
IPC Codes	B03C 3/32; B01D 53/32; B03C 3/12; B03C 3/36; B03C 3/41; B03C 3/49
Abstract	The invention relates to a gas flow cleaning device (100) comprising a corona electrode (102) provided with corona tips (102A), and a non-corona electrode (104). A gas flow generator (106) generates a flow along the corona electrode and non-corona electrode. The corona electrode (102) comprises at least one disclike member (102B). The disclike member (102B) comprises a disclike support part (202) and a number of conductive bendable wires (204) attached to the disclike support part (202). A corona tip (102A) is a free end (204A) of a conductive bendable wire (204). A part (204B) of the conductive bendable wire (204) is wound around a protrusion (202A) of the disclike support part (202).  

C5 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE

Oggetto del presente documento è l'analisi delle soluzioni disponibili l'analisi dello stato dell'arte per quanto riguarda sistemi per la ventilazione e purificazione dell'aria in ambienti confinati. Nonostante non sia pratica comune effettuare il trattamento dell'aria estratta dalle autorimesse, l'analisi ha individuato per il sistema in esame 2 soluzioni presenti sul mercato: il sistema Aufero della ENS Technology e il sistema APA della Is Clean Air, che presentano caratteristiche tecniche analoghe a quelle che il sistema da utilizzare per la presente applicazione dovrà possedere. Un'analisi brevettuale ha inoltre individuato 6 brevetti di recente sottomissione relativi a tecnologie innovative da applicare in ambiente confinato che potrebbero trovare accesso al mercato prossimamente.

La definizione della tecnologia da applicare è rimandata alla successiva fase di progetto esecutivo, a seguito della definizione dei parametri tecnici da soddisfare in termini di portate orarie e concentrazione di inquinanti attesi nella portata da trattare.

REFERENZE

[1] http://enstechnology.nl/wp-content/uploads/2016/11/Leaflet-Aufero-ENS-Technology-2016Q3-EN.pdf?x87957

[2] http://enstechnology.nl/en/projects/lungs-of-the-city-eindhoven/

[3] http://www.iscleanair.com/la-tecnologia/

D'APPOLONIA S.p.A. a RINA company
Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via San Nazaro, 19 - 16145 GENOVA - Italy
Tel. +39 010 3628148 - Fax +39 010 3621078
www.dappolonia.it
e-mail: dappolonia@dappolonia.it