VIỆN KH VÀ CN GTVT
INSTITUTE OF TRANSPORT SCIENCE AND TECHNOLOGY

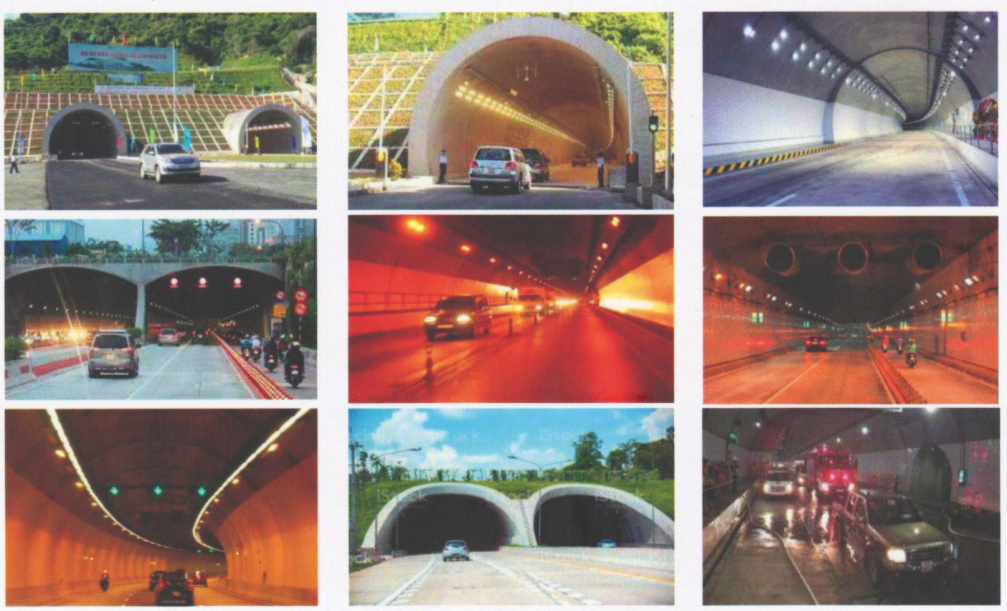
HỘI KHKT CẦU ĐƯỜNG VIỆT NAM
VIETNAM BRIDGE AND ROAD ASSOCIATION

CỤC ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM
DEPARTMENT FOR ROADS OF VIETNAM

# TUYỂN TẬP BÁO CÁO
# HỘI NGHỊ KHOA HỌC

## QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TRONG HẦM GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ Ở VIỆT NAM

AIR QUALITY MANAGEMENT OF ROAD TUNNEL IN VIETNAM



*Hà Nội, ngày 19 tháng 5 năm 2023*

CHƯƠNG TRÌNH HỘI NGHỊ KHOA HỌC

# "QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TRONG HẦM GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ Ở VIỆT NAM"

**Địa điểm tổ chức :** Viện KH&CN GTVT, 1252 Đường Láng, Hà Nội..

**Thời gian tổ chức:** 19/5/2023

| Thời gian | Nội dung | Thực hiện |
|---|---|---|
| 7h30 đến 8h00 | Đón tiếp đại biểu | Phòng TCHC Viện KHCN GTVT và Văn phòng Hội KHKT Cầu đường Việt Nam |
| 8h00 đến 8h15 | Giới thiệu đại biểu | Viện KHCN GTVT |
| 8h15 đến 8h25 | Phát biểu khai mạc Hội nghị | Ông Ngô Thịnh Đức - Chủ tịch Hội KHKT Cầu Đường Việt Nam |
| 8h25 đến 8h35 | Phát biểu chào mừng Hội nghị | TS Nguyễn Văn Thành - Q. Viện trưởng Viện KHCN GTVT |
| 8h35 đến 8h50 | Phát biểu chỉ đạo của lãnh đạo Bộ GTVT | Thứ trưởng Bộ GTVT |
| **THAM LUẬN** | | |
| 8h50 đến 9h20 | Nghiên cứu chất lượng không khí trong hầm đường bộ ở các nước trên thế giới | ThS. Đinh Trọng Khang - Viện chuyên ngành môi trường ( ITST) |
| 9h20 đến 9h55 | Hệ thống điều khiển thông gió tiết kiệm điện năng cho hầm Thủ Thiêm - Thiết bị đo đếm giao thông, điều khiển tự động tối ưu và điều khiển biến tần | Ông Matsumoto Takuya - Công ty Sohatsu – Nhật Bản |
| 9h55 đến 10h05 | Chất lượng không khí trong hầm đường bộ ở Việt Nam - Thực trạng và giải pháp | TS Tô Nam Toàn - Trưởng phòng KHCN, MT và HTQT (DRVN) |
| 10h05 đến 10h20 | Giải lao | |

| | | |
|---|---|---|
| 10h20 đến 10h30 | Môi trường và giải pháp đảm bảo chất lượng không khí trong hầm giao thông | Đại diện Công ty A2Z - Tập đoàn Đèo Cả |
| 10h30 đến 10h45 | Hệ thống điều khiển thông gió khi xảy ra hoả hoạn ở hầm thông gió dọc lưu thông 2 chiều | Ông Sakaguchi Toshiaki - Công ty Sohatsu - Nhật Bản |
| 10h45 đến 10h55 | Đề xuất tiêu chuẩn chất lượng không khí trong hầm giao thông đường bộ ở Việt Nam | ThS Đinh Trọng Khang - Viện chuyên ngành môi trường - ITST |
| 10h55 đến 11h05 | Kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí hầm đường bộ ở Việt Nam - Tiếp cận từ góc độ thiết kế | ThS. Nguyễn Thanh Chính – Tổng Công ty TVTK GTVT (TEDI) |
| 11h05 đến 11h25 | Thảoluận | Các đại biểu tham dự |
| 11h25 đến 11h35 | Phát biểu của Chủ tịch Công ty Sohatsu | Ông Nakahori - Chủ tịch Công ty Sohatsu |
| 11h35 đến 11h45 | Phát biểu của Cục ĐBVN | Ông Nguyễn Xuân Cường - Cục trưởng Cục ĐBVN |
| 11h45 đến 12h00 | Phát biểu kết luận Hội nghị | Ông Ngô Thịnh Đức - Chủ tịch Hội KHKT Cầu đường Việt Nam |
| 12h00 | Kết thúc Hội nghị | |

# MÔI TRƯỜNG VÀ GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TRONG HẦM GIAO THÔNG

# ENVIRONMENT ISSUES AND SOLUTIONS TO ENSURE ENVIRONMENTAL QUALITY IN ROAD TUNNELS

**TS. Nguyễn Tài Tiến,** Bộ môn Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ, Đại học Mỏ-Địa chất; Email: taitien12@gmail.com; SĐT: 0975520220
**TS. Nguyễn Hữu Dũng,** Bộ môn đường bộ - Đại học Giao thông Vận tải; Email: dung.nh@a2zjsc.vn ; SĐT: 0865238626

***Tóm tắt:*** Hầm giao thông là một công trình đặc biệt có hai hoặc một vài lối thông với mặt đất. Các phương tiện giao thông di chuyển trong hầm và người vận hành trong hầm sẽ sinh ra các chất ô nhiễm, tiếng ồn, bụi, nhiệt độ, độ ẩm v.v… Để đảm bảo cho phương tiện di chuyển trong hầm và con người vận hành đảm bảo an toàn, cần có các giải pháp đảm bảo môi trường trong hầm như sử dụng hệ thống thông gió, sử dụng các giải pháp giảm tiếng ồn, làm sạch hầm v.v… Nội dung của bài báo trình bày các vấn đề môi trường như ô nhiễm không khí và tiếng ồn, đồng thời đề xuất các giải pháp cải thiệt chất lượng môi trường trong hầm. Bài báo cũng đã đưa ra một số các giải pháp thông gió đã áp dụng tại một số hầm giao thông tại Việt Nam.

***Abstract:*** *The Road Tunnel is a special structure with two or several portals connecting to the ground suface. Vehicles moving inside the tunnel and operators within it generate pollutants, noise, dust, temperature, humidity e.t.c. To ensure the safety of the vehicles and the operators in the tunnel, solutions to maintain the environment inside the tunnel are necessary, such as using ventilation systems, noise reduction methods, cleaning the tunnel, etc. This article presents environmental issues such as air pollution and noise, as well as solutions to improve the environmental quality inside the tunnel. The article also provides some examples of ventilation solutions that have been applied in some road tunnels in Vietnam.*

## 1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển về kinh tế xã hội, cơ sở hạ tầng, trong đó có hạ tầng giao thông ngày càng phát triển. Mạng lưới các đường cao tốc ở Việt Nam được quy hoạch dọc theo tuyến Bắc Nam với chiều dài hàng nghìn kilomet. Hệ thống đường bộ này đi qua nhiều địa hình khác nhau như đồi núi, sông suối, đồng bằng, trung du v.v… Khi

vượt qua địa hình đồi núi, để thuận tiện và hiệu quả khi sử dụng, các đường hầm xuyên núi thường được sử dụng rộng rãi. Đường hầm sẽ rút ngắn quãng đường và thời gian di chuyển so với các tuyến đường vượt chướng ngại vật khi đi theo các triền đồi, núi. Khi vượt qua các địa hình như sông hồ, biển v.v…, các đường hầm cũng thường được sử dụng, để rút ngắn hành trình so với giao thông trên bộ hoặc giảm thời gian di chuyển so với phương tiện thuyền, phà. Đường hầm giao thông có chiều dài từ vài chục mét cho tới hàng chục km (Đường hầm Lærdal ở Nauy, 24,5km; đường hầm St. Gotthard ở Thụy Sĩ, 16,9km), thường có 2 hay nhiều lối thông với mặt đất. Do có các hoạt động của các phương tiện giao thông, của người và thiết bị vận hành trong hầm sẽ sản sinh khí độc, bụi, muội, tiếng ồn v.v… trong hầm, sẽ hình thành một trạng thái vi khí hậu đặc biệt. Các tiêu chuẩn về khí hậu, môi trường trong đường hầm được quy định riêng ở từng quốc gia hoặc quy định theo các tiêu chuẩn của các tổ chức quốc tế như Hiệp hội đường ô tô thế giới (PIARC), và các tiêu chuẩn về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến con người theo quy định của Tổ chức y tế thế giới (WHO). Trong bài báo này sẽ trình bày tổng quan về điều kiện môi trường và ô nhiễm trong đường hầm, cũng như giải pháp cải thiện điều kiện môi trường trong đường hầm.

## 2. Các nguồn gây ô nhiễm trong đường hầm giao thông.

Trong khi vận hành hầm đường bộ khi xét tới các nguồn gây ô nhiễm kể đến các dạng như sau:

- Ô nhiễm không khí;
- Ô nhiễm tiếng ồn và chấn động;

Ngoài ra còn chú ý tới nhiệt lượng, độ ẩm và nguồn nước do các phương tiện và các thiết bị, cũng như do hoạt động của người vận hành trong hầm.

### *2.1. Ô nhiễm không khí*

Sự phát thải các chất gây ô nhiễm do động cơ đốt trong có khả năng gây ảnh hưởng đến sức khỏe của con người. Các chất ô nhiễm do động cơ của các phương tiện giao thông sản sinh như sau: Cacbon monoxide ($CO$); các Ôxit Nitơ ($NOx$; chủ yếu là hỗn hợp khí $NO$ và $NO_2$ ); các hạt có đường kính nhỏ hơn 10μm ($PM_{10}$); các Hydrocabon (benzen); chì ($Pb$). Ngoài ra, khí thải của phương tiện giao thông góp phần hình thành sương mù quang hóa, thành phần chính của chúng là ôzôn và các sol khí được hình thành thứ cấp như amoniac nitrat. Khí Sulphur dioxide ($SO_2$);) không phải là chất gây ô nhiễm lớn do hoạt động giao thông.

***a) Khí CO***

Khi đi vào máu người, khí $CO$ sẽ thay thế Oxi thình thành $COHb$, và ngăn cản quá trình trao đổi chất của con người. Do đó, khí $CO$ là một loại không khí gây ô nhiễm, nó được hình thành trong quá trình đốt cháy không hoàn toàn các vật liệu chứa Carbon. Triệu chứng khi nhiễm độc khí $CO$ là mệt mỏi và đau đầu.

Trong bảng 1 thể hiện các giá trị thiết kế và vận hành hệ thống thông gió với các ngưỡng giá trị nồng độ khí $CO$ được đề xuất bởi PIARC [1].

Bảng 1 : Giá trị khi thiết kế và vận hành với khí $CO$ được đề xuất bởi PIARC [1]

| Điều kiện giao thông | Giá trị thiết kế |
|---|---|
| Tốc độ giao thông 50-100 km/h | 70 |
| Giao thông tắc nghẽn hằng ngày, trên tất cả các làn đường | 70 |
| Giao thông tắc nghẽn đặc biệt, trên tất cả các làn đường | 90 |

| Điều kiện vận hành | Giới hạn khi vận hành |
|---|---|
| Vận hành thông thường | <100 ppm |
| Khi đóng hầm | 200 ppm |
| Khi bảo trì với giao thông hoạt động | 20 ppm |

**b) Khí Nitơ oxit (NOx)**

Khí Nitơ monoxide ($NO$) và Nitơ dioxide ($NO_2$) là các khí gây ô nhiễm, chúng là sản phẩm của quá trình đốt cháy. Hầu hết các khí thải ra bao gồm $NO$ (90% -95%,), và khi gặp Oxi trong không khí được oxy hóa thành $NO_2$. Trong những năm gần đây, việc lắp đặt các hệ thống xử lý khí thải của động cơ diesel góp phần làm tăng tỷ lệ phần trăm của $NO_2$ phát thải ban đầu (20-30% nồng độ $NOx$). Thông thường, từ quan điểm sức khỏe của con người, dạng được quan tâm nhất của Nitơ oxit ($NOx$) là khí Nitơ điôxit, do nó gây độc hại, có thể gây kích ứng phổi, giảm sức đề kháng với các bệnh nhiễm trùng hô hấp.

PIARC, 2000 [2] đề xuất giá trị nồng độ trung bình của khí $NO_2$ tại bất kì vị trí nào trong đường hầm là 1ppm. Giá trị nồng độ $NO_2$ cho phép là 0,4 ppm với các đường hầm ở Pháp [3] và 0,5 ppm với các đường hầm ở Úc [4].

Bảng 2: Chỉ dẫn chất lượng không khí trong hầm ở một số công trình trên thế giới [4]

| Chất ô nhiễm | Nồng độ ngưỡng | Thời gian trung bình | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| $CO$ | 200 ppm | 3 phút | Đường hầm Lane Cove và Cross city, Sydney |
| | 120 ppm | 15 phút | Mỹ |
| | 100 ppm | 15 phút | PIARC |
| | 87 ppm | 15 phút | Đường M4 phía đông, Đường hầm Lane Cove và Cross city, Sydney |
| | 70 ppm | 15 phút | PIARC từ năm 2010, Đường hầm kết nối sân bay, Thành phố Brisbane, Queensland, Úc |
| | 100 ppm | 5 phút | Hồng Kông |
| | 50 ppm | 30 phút | Đường hầm Lane Cove và Cross city, Sydney |
| | 50 ppm | 15 phút | Các đường hầm trong thành phố, Melbourne |
| $NO_2$ | 1 ppm | 15 phút | New Zealand |
| | 1 ppm | 5 phút | Hồng Kông |
| | 0,75 ppm | 15 phút | Nauy (ở giữa đường hầm) |
| | 1,5 ppm | 15 phút | Nauy (ở cuối đường hầm) |
| | 0,5 ppm | 20 phút | Bỉ |
| | 0,4 ppm | 15 phút | Pháp, từ năm 2010 |

***c) Bụi mịn và tầm nhìn***

Sự có mặt của các hạt bụi dẫn tới sự suy giảm tầm nhìn trong đường hầm. Các hạt bụi mịn xuất phát trực tiếp từ hoạt động của con người chủ yếu là từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch. Khí thải khi đốt cháy nhiên liệu của động cơ đốt trong sinh ra một lượng lớn các hạt bụi mịn (0,01-0,02 µm). Ngoài ra, các hạt bụi mịn cũng sản sinh do sự mài mòn của lốp xe, phanh và xi măng asphast nền đường hầm (thường lớn hơn 1µm) và các hạt bụi lơ lửng trong không khí (nguồn không phát sinh từ khí thải).

Tầm nhìn bị suy giảm do sự tán xạ và hấp thụ ánh sáng của các hạt bụi mịn. Hiện tượng tán xạ/hấp thụ ánh sáng phụ thuộc nhiều vào vật liệu, đường kính và mật độ hạt. Thông thường các hạt sản sinh từ động cơ đốt trong ảnh hưởng tới sự suy giảm tầm

nhìn lớn hơn so với các hạt bụi sinh ra từ sự mài mòn lốp, phanh hay xi măng asphast nền đường. Do sự tương đồng kích thước hạt và độ dài sóng của hạt bụi mịn sản sinh từ động cơ đốt trong với bước sóng của ánh sáng. Hệ số suy giảm tầm nhìn được xác định như sau:

$$K = -\frac{1}{L}.\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Với $I_0$ cường độ ánh sáng nguồn phát, $I$ - cường độ ánh ánh tại nguồn nhận, $L$ - khoảng cách giữa nguồn phát và nhận, $m$.

Biến động mạnh về tầm nhìn có thể xảy ra. Ví dụ, một nhóm các xe tải chạy dầu diesel di chuyển qua đường hầm, khi đó tầm nhìn có thể bị suy giảm, các phương tiện này sản sinh lượng khí thải cao (nhiều khói) ở trong đường hầm hoặc khi hệ thống kiểm soát thông gió phản ứng quá chậm với lượng khí thải lớn.

Ngoài ra, các hạt bụi mịn có đường kính nhỏ hơn 10µm có thể xâm nhập vào các phế quản và phổi, những hạt bụi mịn này có thể lắng đọng ở phổi, khi đánh giá tới ảnh hưởng sức khỏe của con người thì cần phải đặc biệt quan tâm tới giá trị bụi mịn $PM_{10}$. Các hạt bụi mịn $PM_{10}$ nguồn gốc chủ yếu từ sự mài mòn lốp xe, các hạt bụi lơ lửng, thường lớn hơn lượng bụi mịn từ động cơ phương tiện.

**2.2. Ô nhiễm tiếng ồn**

Tiếng ồn trong đường hầm phát sinh chủ yếu từ hai nguồn: do hoạt động của các quạt gió trong hệ thống thông gió và do hoạt động của các phương tiện giao thông. Tiếng ồn do các phương tiện giao thông chạy bên trong hầm sẽ được phản xạ bởi kết cấu chống của hầm, từ đó lan truyền dọc theo chiều dài đường hầm. Khi quạt gió hoạt động, tiếng ồn do các động cơ của quạt và âm phanh phát ra khi gió đi qua quạt cũng là một nguồn gây tiếng ồn lớn trong hầm. Tiêu chuẩn về tiếng ồn trong hầm được quy định chung trong tiêu chuẩn của các quốc gia.

Bảng 3: Tiêu chuẩn về tiếng ồn trong hầm

| TT | Quốc gia | Giới hạn tiếng ồn (dB) | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| 1 | Châu Âu/ 2002/49/EC | 80 | Ngày |
| | | 70 | Đêm |
| 2 | Mỹ (FHWA TNM) | 90 | Đường hầm loại A |
| | | 93 | Đường hầm loại B |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Nhật Bản | 80 | Hầm cũ |
| | | 75 | Hầm mới |
| 4 | Úc (ủy ban giao thông quốc gia) | 100-105 | Hầm cũ (phương tiện giao thông hạng nhẹ - nặng) |
| | | 90-95 | Hầm cũ (phương tiện giao thông hạng nhẹ - nặng) |
| | | 85 | Hầm mới - gần khu dân cư |

## 3. Các giải pháp giảm ô nhiễm trong đường hầm

### 3.1. Giải pháp đảm bảo chất lượng không khí trong hầm

Thông gió cho đường hầm là phương pháp cần thiết để đảm bảo chất lượng không khí trong đường hầm cho người và phương tiện hoạt động an toàn trong hầm. Ngoài đảm bảo các yêu cầu về chất lượng không khí trong hầm, hệ thống thông gió còn đảm bảo một nhiệm vụ rất quan trọng đó là kiểm soát cháy và khói trong đường hầm trong trường hợp khẩn cấp. Tùy thuộc vào chiều dài hầm, lưu lượng giao thông, chủng loại phương tiện chạy trong hầm và các điều kiện tự nhiên khác mà thông gió hầm có thể sử dụng phương pháp thông gió như sau:

- Thông gió tự nhiên;
- Thông gió nhân tạo.

**a) Thông gió tự nhiên**

Việc sử dụng phương pháp thông gió tự nhiên dựa trên các hiện tượng tự nhiên (hiệu ứng ống khói) và dựa trên hiệu ứng Piston khi các phương tiện giao thông di chuyển trong hầm. Phương pháp này có thể đảm bảo chất lượng không khí trong hầm trong việc hòa loãng các khí độc hại, tuy nhiên chúng thường không đảm bảo an toàn trong trường hợp khẩn cấp (khi có cháy, các phương tiện dừng lại do đó không tạo được hiệu ứng Piston). Chính vì lý do này, trong tiêu chuẩn của các quốc gia trên thế giới, đều giới hạn chiều dài đường hầm khi sử dụng phương pháp thông gió tự nhiên, Bảng 4.

Bảng 4: Giới hạn sử dụng phương pháp thông gió tự nhiên.

| TT | Tiêu chuẩn | Giới hạn chiều dài đường hầm | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| 1 | Đức | 350m | Tiêu chuẩn RABT |
| 2 | Pháp | 300 m | Trong đô thị |

| TT | Tiêu chuẩn | Giới hạn chiều dài đường hầm | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| | | 500 m | Ngoài đô thị |
| | | 800-1000m | Ngoài đô thị (lưu lượng < 2000 phương tiện/ngày trên mỗi hướng |
| 4 | Mỹ | 900 m | NFPA 502 - Có trường hợp khẩn cấp [5] |

**b) Thông gió nhân tạo**

Hệ thống thông gió nhân tạo được sử dụng khi các đường hầm không sử dụng được thông gió tự nhiên. Chúng được lắp đặt trong đường hầm nhằm cung cấp chất lượng không khí cho điều kiện hoạt động bình thường, đảm bảo an toàn trong trường hợp xảy ra cháy và tạo điều kiện cho hoạt động chữa cháy. Ngoài ra, hệ thống thông gió ngăn chặn sự hình thành hỗn hợp nổ khi có cháy.

**(*) Sơ đồ thông gió dọc**

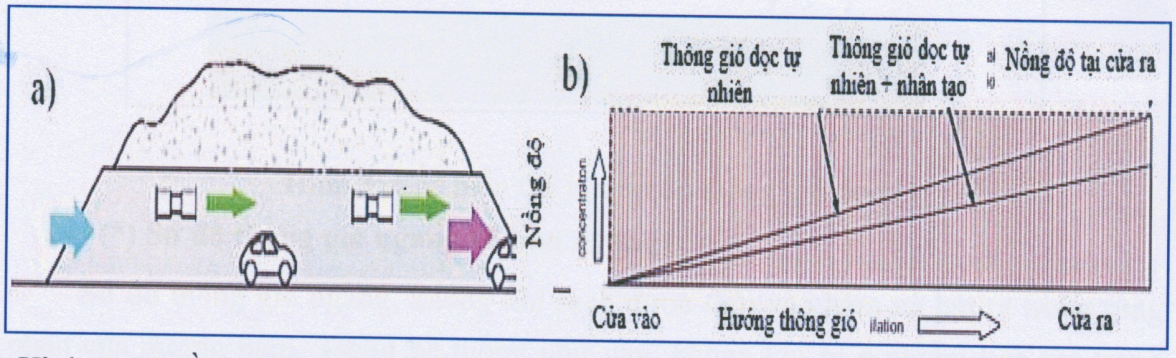
Hệ thống thông gió dọc là hệ thống đơn giản và chi phí thấp nhất để thông gió cho các đường hầm giao thông, đặc biệt thích hợp cho các đường hầm giao thông một chiều. Không khí sạch được đưa vào cửa hầm thông qua các quạt gió ở gần cửa hầm, nồng độ khí ô nhiễm tăng dần theo chiều dài hầm và thoát ra ở cửa hầm còn lại. Hình 1 thể hiện sơ đồ hệ thống thông gió dọc và sự tập trung nồng độ các khí ô nhiễm dọc theo chiều dài hầm được thông gió bằng hệ thống thông gió dọc.

Vận tốc luồng không khí trong hầm cũng có giới hạn (tối đa 8-10m/s) với điều kiện độ dốc và lưu lượng giao thông cụ thể, do đó chiều dài đường hầm áp dụng hệ thống thông gió dọc cũng có giới hạn nhất định, bảng 5.

Bảng 5: Giới hạn sử dụng hệ thống thông gió dọc cho các đường hầm

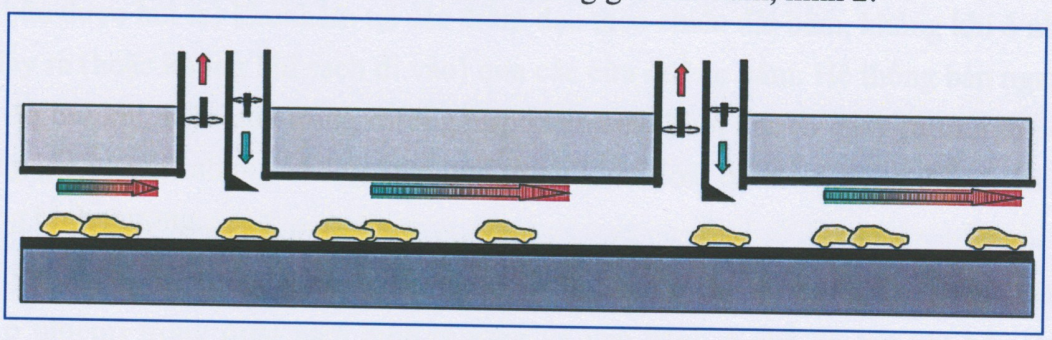
| TT | Tiêu chuẩn | Giới hạn chiều dài đường hầm | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| 1 | Đức | 2000 m | Đường hầm giao thông 2 chiều |
| | | 4000 m | Đường hầm giao thông 1 chiều |
| 2 | Pháp | 800 m | Giao thông 2 chiều, khu vực ngoài đô thị |
| | | 1000 m | Giao thông 2 chiều, khu vực ngoài đô thị, lưu lượng < 2000 phương tiện/ngày trên mỗi hướng |

| TT | Tiêu chuẩn | Giới hạn chiều dài đường hầm | Ghi chú |
|---|---|---|---|
| | | 4000 m | Giao thông 1 chiều, khu vực ngoài đô thị |
| | | 800 m | Giao thông 1 chiều, khu vực đô thị |
| 3 | Anh | 400 m | |
| 4 | Mỹ | 240m | NFPA 502 - Có trường hợp khẩn cấp |
| | | 1000m | NFPA 502 - Cần có phân tích kỹ thuật; Cục quản lý đường cao tốc Mỹ - FHWA. |
| 5 | Việt Nam | 400 m | TCVN 4527-1988 |



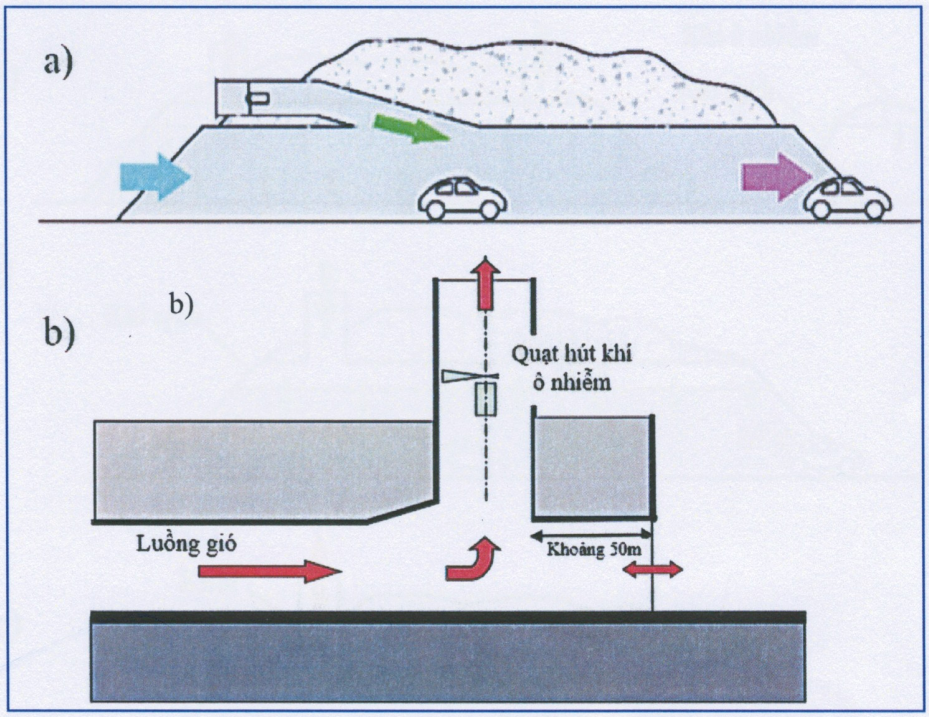

Hình 1: Sơ đồ thông gió dọc (a) [1] và sự tập trung nồng độ khí ô nhiễm trong đường hàm thông gió dọc (b) [6]

Khi đường hầm có chiều dài lớn có thể bổ xung một hoặc nhiều các giếng thông gió (bao gồm hai ngăn, cấp gió và hút khí thải) bố trí dọc theo chiều dài hầm, khoảng cách giữa các giếng tùy thuộc vào nhu cầu thông gió cho hầm, hình 2.



Hình 2: Sơ đồ thông gió dọc với giếng thông gió

Ngoài ra, sơ đồ thông gió dọc còn có các biến thể như sơ đồ thông gió dọc với ống SACCARDO (hình 3a) và sơ đồ thông gió dọc với cửa thoát khí (hình 3b)




Hình 3: Các biến thể của sơ đồ thông gió dọc [1] [7]

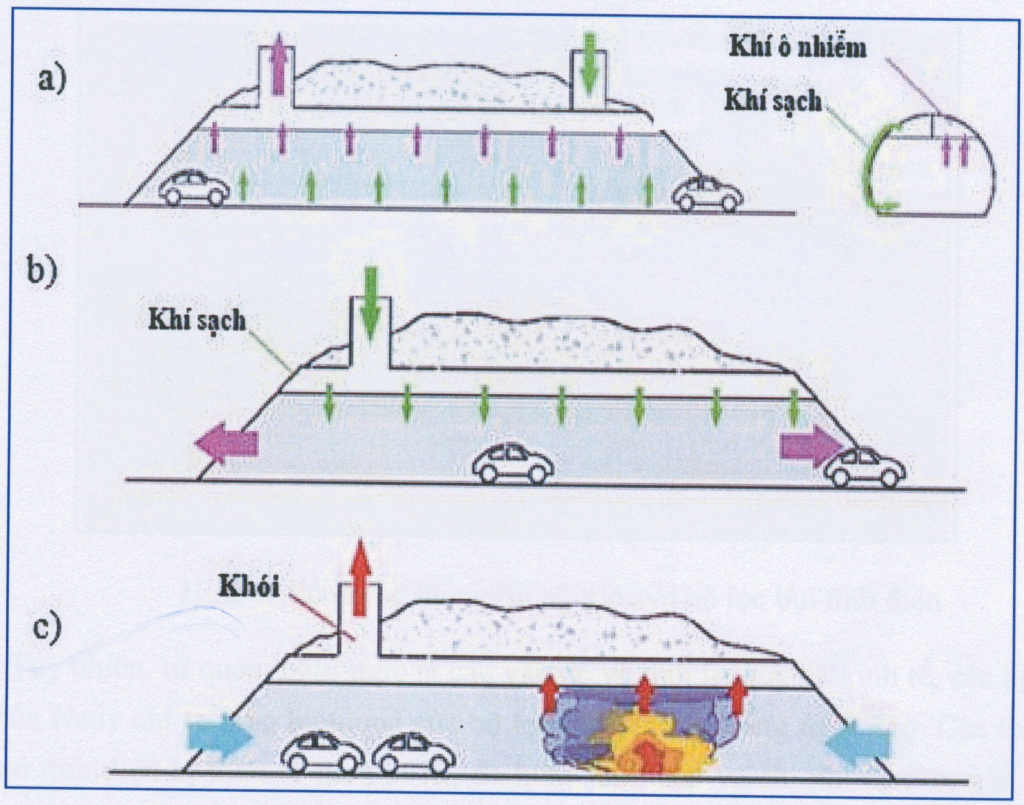
**(*) Sơ đồ thông gió ngang và bán ngang**

Sơ đồ thông gió ngang, không khí sạch được thổi vào hầm và hút ra trong từng phần của đường hầm. Trong hệ thống như vậy, không khí bị ô nhiễm liên tục trong từng phần đường hầm, theo lý thuyết dẫn đến nồng độ khí ô nhiễm trong suốt chiều dài hầm là không đổi. Mặt khác, khi xảy ra hỏa hoạn, hệ thống cho phép hút khói gần nguồn lửa, tránh được sự lan tràn khói trong suốt chiều dài đường hầm.

Với sơ đồ thông gió bán ngang, không khí sạch được thổi vào hầm (hoặc không khí bẩn được hút ra) khỏi hầm tại các điểm dọc theo chiều dài hầm, không khí ô nhiễm sẽ đẩy ra (hoặc không khí sạch đi vào) qua các cửa đường hầm. Hệ thống bán ngang ở chế độ hút khí, hiệu quả trong trường hợp kiểm soát khói khi có cháy (tương tự sơ đồ thông gió ngang) nhưng không hiệu quả trong kiểm soát ô nhiễm trong điều kiện giao thông bình thường.

Hệ thống này có khả năng đảo ngược, vận hành ở chế độ cấp khí sạch (pha loãng khí ô nhiễm) trong điều kiện bình thường và vận hành ở chế độ hút khí bẩn (khói) trong trường hợp cháy.

Tuy nhiên cần phải có thời gian đảo chiều luồng không khí, do đó một số quốc gia chỉ cho phép thông gió bán ngang ở chế độ hút khí.



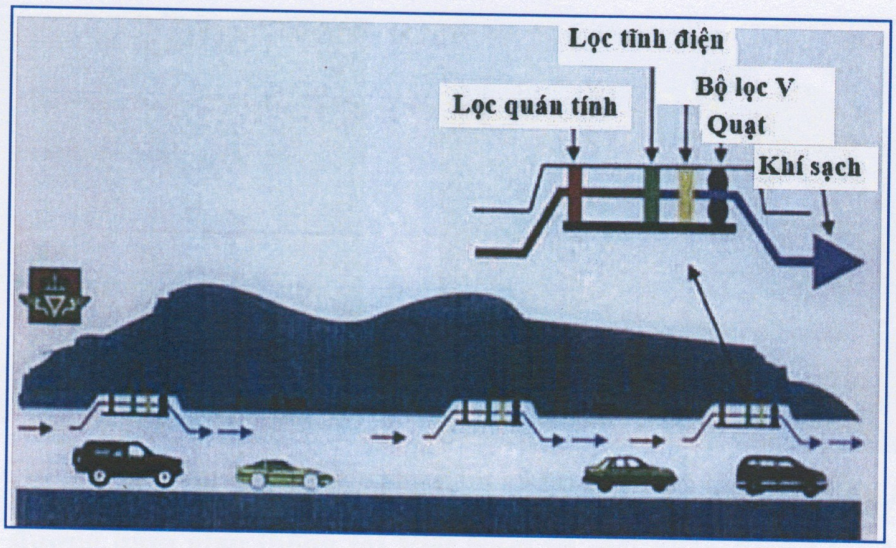

Hình 4: Sơ đồ thông gió ngang (a) và bán ngang (b,c) [1] [7]

**(*) Hệ thống lọc bụi tĩnh điện**

Để loại bỏ các hạt bụi mịn, trong các đường hầm thường sử dụng thiết bị lọc bụi tĩnh điện EPs (electrostatic precipitators). Hiệu quả lọc bụi của các hệ thống này có thể lên tới 90% hoặc hơn [PIRAC], ở tốc độ 10m/s. Với các hạt siêu mịn, hiệu quả của hệ thống từ 50-60%. Bộ lọc bụi tĩnh điện thường được lắp đặt chủ yếu ở Nhật Bản (35 đường hầm, tính tới 2008, với 7 đường hầm được lắp đặt với các lý do bảo vệ môi trường xung quanh đường hầm) và Nauy (8 đường hầm, tính tới năm 2008). [7]

Hệ thống lọc bụi tĩnh điện thường được lắp đặt ở các đường hầm phụ được bố trí dọc theo đường hầm. Không khí ô nhiễm cùng với bụi đi qua bộ lọc nhờ các quạt hút, sau khi qua bộ lọc bụi được giữ lại trên màng lọc, không khí đã được lọc bụi được đẩy trở lại đường hầm.

Theo thời gian, hiệu quả của bộ lọc giảm dần, do đó cần phải vệ sinh, bảo dưỡng thường xuyên bộ lọc.




Hình 5: Sơ đồ hệ thống thông gió với bộ lọc bụi tĩnh điện

Tuy nhiên, từ quan điểm thực tế các vấn đề về môi trường và kinh tế, các nghiên cứu của Nauy chỉ ra rằng hiệu quả của bộ lọc tĩnh điện là đáng nghi ngờ. Các thiệt bị lọc bụi tĩnh điện bị tháo rỡ năm 2013, do hiệu suất thấp và chi phí đầu tư, vận hành cao [9].

Để kiểm soát chất lượng không khí trong hầm, cần phải bố trí các cảm biến trong hầm. Với đường hầm thông gió dọc, các cảm biến này thường được bố trí ở gần phía cửa ra của đường hầm. Các cảm biến thường được sử dụng trong hệ thống thông gió như sau: Cảm biến tầm nhìn (VI meter), cảm biến khí $CO$ (CO meter), cảm biến khí $NO_2$ và thiết bị đo tốc độ gió (AV meter).

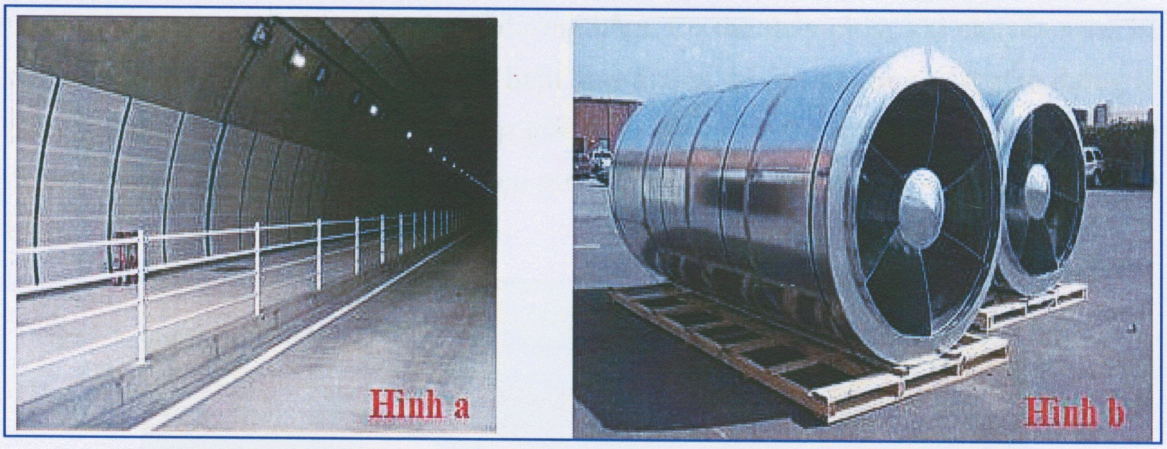
**3.2. Giải pháp giảm tiếng ồn trong hầm**

Để làm giảm tiếng ồn trong hầm có thể sử dụng các tấm hấp thụ âm thanh được lắp đặt trên tường hầm để hấp thụ tiếng ồn và làm giảm sự dội lại của sóng âm trong đường hầm) (hình a).

Đối với hệ thống thông gió, các quạt gió có thể được lắp thêm các bộ giảm âm để làm giảm mức độ phát sinh tiếng ồn trong quá trình hoạt động (hình b).

Khi thiết kế mặt đường, có thể sử dụng các dạng mặt được có thể giảm tiếng ồn do tương tác giữa lốp xe và mặt đường như bê tông nhựa xốp.

Quản lý giao thông: Tốc độ di chuyển của các phương tiện giao thông có thể được kiểm soát để làm giảm mức độ tiếng ồn. Tốc độ giao thông giảm thì tiếng ồn sinh ra bởi các phương tiện giao thông sẽ giảm.




Hình 6: Các tấm hấp thụ âm thanh trong hầm và bộ giảm âm thiết bị thông gió [10]

**4. Một số đường hầm giao thông tại Việt Nam và giải pháp đảm bảo chất lượng không khí sử dụng**

Ở Việt Nam, đã và đang xây dựng nhiều hầm đường bộ như: Hầm Thủ Thiêm, hầm Hải Vân, hầm Đèo Cả, hầm Cù Mông, hầm Cổ Mã, hầm Phú Gia-Phước Tượng v.v...

Hầu hết các đường hầm đường bộ ở Việt Nam đều sử dụng hệ thống thông gió dọc để đảm bảo chất lượng không khí trong hầm, do chi phí vận hành, bảo dưỡng cũng như lắp đặt thấp.

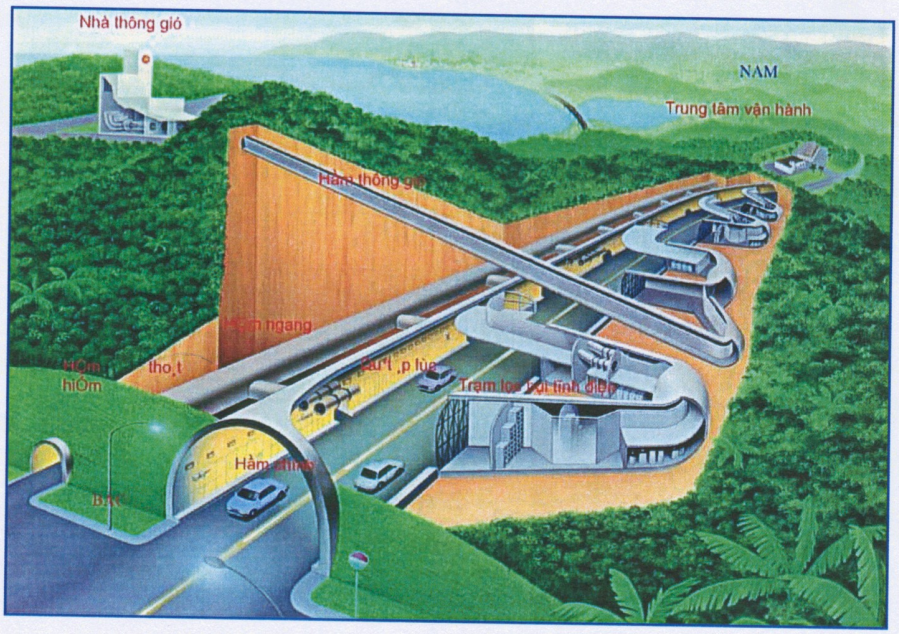
**4.1. Hầm đường bộ Hải Vân**

***(*) Hầm Hải Vân giai đoạn 1*:** Hầm có chiều dài 6280m được thiết kế với một hầm giao thông hai chiều và một đường hầm lánh nạn chạy song song. Hệ thống thông gió cho hầm gồm 3 trạm lọc bụi tĩnh điện (EPs, khoảng 600KW/hệ thống trạm), một giếng thông gió (4 quạt, với 2 quạt hút khi thải và 2 quạt cấp khí sạch, công suất 330KW/quạt) có chiều dài 1810m và 23 quạt (50KW).

Có thể thấy rằng, năng lượng tiêu thụ cho các trạm lọc bụi tĩnh điện và giếng thông gió là rất lớn. Mặt khác, trong quá trình hoạt động, các trạm lọc bụi tĩnh điện ngày càng kém hiệu quả, đòi hỏi phải duy tu, bảo dưỡng thường xuyên với chi phí lớn.

***(*) Hầm Hải Vân giai đoạn 2:*** năm 2017, hầm đường bộ Hải Vân được Tập Đoàn Đèo Cả sửa chữa nâng cấp, và mở rộng ống hầm lánh nạn trở thành đường hầm giao thông hoàn chỉnh. Khi đó hầm Hải Vân bao gồm 2 ống hầm, giao thông chuyển thành giao thông một chiều. Hệ thống lọc bụi tĩnh điện EPs và giếng đứng thông gió được loại bỏ, mỗi ống hầm được bố trí 8 quạt (JF-1250, công suất 50KW) đảm bảo môi

trường cũng như điều kiện vận hành đường hầm. Có thể thấy rằng, khi chuyển sang hệ thống giao thông một chiều, nhờ vào hiệu ứng Piston do các phương tiện giao thông di chuyển trong hầm, yêu cầu cho thông gió nhân tạo giảm đi rất nhiều (16 quạt cho hai đường hầm). Theo đó sẽ mang lại hiệu quả về mặt tiết kiệm năng lượng khi vận hành hầm.




Hình 7: Sơ đồ tổng quan về hệ thống hầm đường bộ Hải Vân 1 [10]

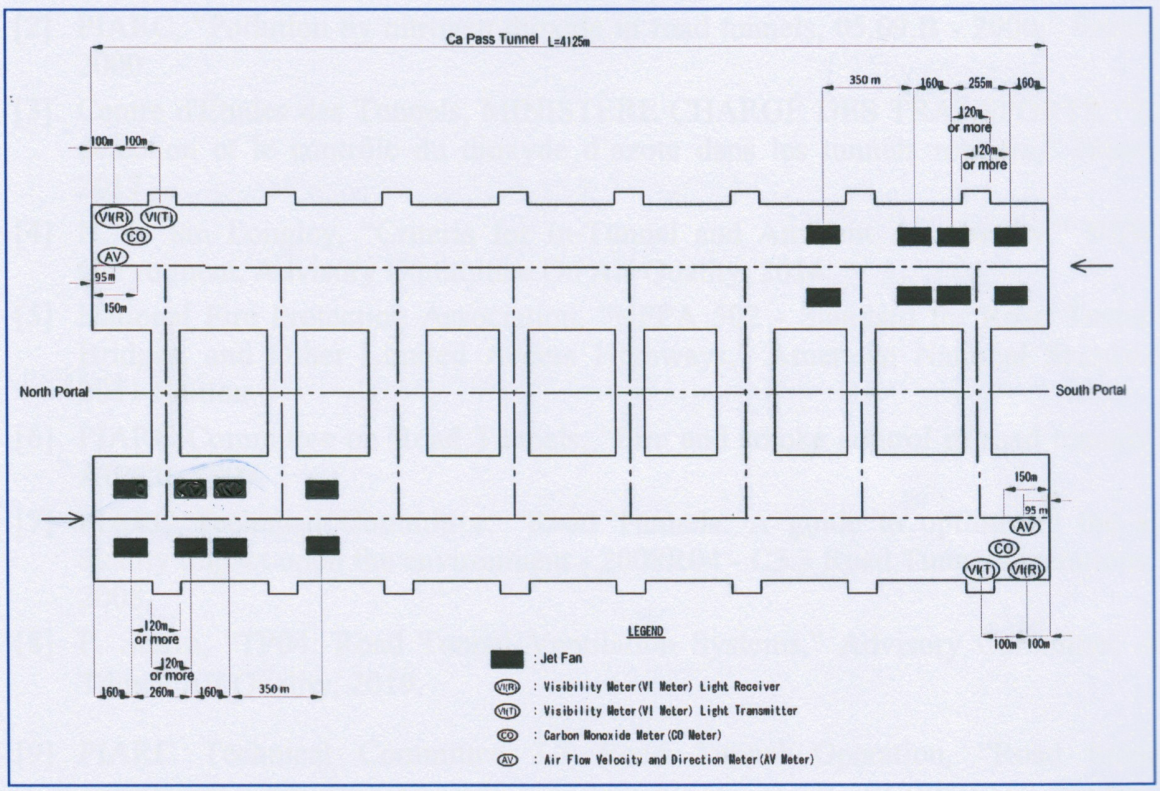
### 4.2. Hầm đường bộ qua Đèo Cả

Hầm có chiều dài 4250m nối giữa Khánh Hòa và Phú Yên qua Đèo Cả, hệ thống thông gió cũng tương tự như với hầm Hải Vân giai đoạn 2, mỗi ống hầm bố trí 8 quạt để cung cấp khí sạch cho hầm. Khi thiết kế hệ thống thông gió cho hầm các điều kiện tính toán sau đây được áp dụng, Bảng 6.

**Bảng 6: Điều kiện khi tính toán thông gió hầm Đèo Cả**

| TT | Điều kiện thiết kế | Tốc độ giao thông (km/h) | Mục tiêu thiết kế được lựa chọn |
|---|---|---|---|
| 1 | Giao thông thông thường | 80 | Muội |
| 2 | Giao thông tắc nghẽn | 20 | CO |
| 3 | Khi có tai nạn | 0 | CO |
| 4 | Khi có cháy | 0 | Khói |

Hình 8 phía dưới đây thể hiện sơ đồ bố trí quạt dọc theo chiều dài đường hầm và các cảm biến để kiểm soát chất lượng không khí trong đường hầm của hầm đường bộ Đèo Cả.




Hình 8: Sơ đồ bố trí quạt và cảm biến trong hầm đường bộ Đèo Cả

## 5. Kết luận

Việc đảm bảo chất lượng không khí, tiếng ồn, nhiệt độ, độ ẩm v.v… trong hầm rất quan trọng để đảm bảo khả năng vận hành, sử dụng đường hầm tối ưu. Việc đảm bảo chất lượng của chúng cần phản được kết hợp từ nhiều biện pháp khác nhau. Thông gió hầm là công tác rất quan trọng, nhằm đảm bảo chất lượng không khí, độ ẩm, nhiệt độ trong hầm. Việc kiểm soát các tham số này cần phải được thực hiện theo thời gian thực thông qua các hệ thống cảm biến tầm nhìn VI meter, cảm biến khí CO (CO meter), cảm biến tốc độ gió … Khi thiết kế hệ thống thông gió cần phải đảm bảo các tiêu chuẩn thiết kế cụ thể và đảm bảo chi phí vận hành, bảo dưỡng và lắp đặt là nhỏ nhất.

Việc đánh giá môi trường trong hầm cũng như đánh giá tác động môi trường của đường hầm với môi trường xung quanh cần phải chú trọng. Ở nước ta hiện nay, các đánh giá này chưa thực sự được quan tâm. Do đó, cần phải có những nghiên cứu chuyên sâu về vấn đề này.

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PIARC, "Vehicle emissions and air demand for ventilation, 2019R02 - EN," France, 2019.

[2] PIARC, "Pollution by nitrogen dioxide in road tunnels, 05.09.B - 2000," France, 2000.

[3] Centre d'Études des Tunnels, MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS, "La détection et le contrôle du dioxyde d'azote dans les tunnels routiers," France, 2017.

[4] N. L. Ian Longley, "Criteria for In-Tunnel and Ambient Air Quality," NSW-Gorverment, Advisory Committee On Air Quality, 2014.

[5] National Fire Protection Association, "NFPA 502 - Standard for Road Tunnels Bridges, and Other Limited Access Highways," American National Standard, 2011 Edition.

[6] PIARC Committee on Road Tunnels, "Fire and smoke control in road tunnels," AIPCR, 1999.

[7] PIARC Technical Committee, "Road Tunnels: A guide to optimising the air quality impact upon the environment - 2008R04 - C3.3 Road Tunnel Operations," 2008.

[8] P. Sturm, "TP04: Road Tunnel Ventilation Systems," Advisory Committee on Tunnel Air Quality, 2019.

[9] PIARC Technical Committee 3.3 Road Tunnel Operation, "Road tunnel operations: First steps towards a sustainable approach 2017R02EN," PIARC , 2017.

[10] Nguồn Internet.