

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**ĐỀ TÀI: “NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG
TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ
THỊ TẠI VIỆT NAM”**

HÀ NỘI, 5/2025

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NCKH SINH VIÊN**

**ĐỀ TÀI: “NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG
TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ
THỊ TẠI VIỆT NAM”**

Trưởng nhóm nghiên cứu: Bùi Thị Huyền Phương, Lớp Quản lý xây dựng K67B

Thành viên tham gia thực hiện: Phan Thị Phương, Lớp Quản lý xây dựng K67C

Tô Anh Quân, Lớp Quản lý xây dựng K67B

Vũ Đức Long, Lớp Quản lý xây dựng K67B

Đỗ Duy Đức, Lớp Xây dựng CTN & HT TĐN K67

Người hướng dẫn: GVC.TS. Đỗ Ngọc Thái

HÀ NỘI, 5/2025

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	4
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ SỬ DỤNG KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ.....	1
1.1. Khái quát chung	1
1.2. Sử dụng không gian xây dựng ngầm đô thị tại các nước trên thế giới.....	1
1.3. Hệ thống giao thông ngầm	2
1.3.1. Hệ thống cung cấp, lưu trữ và thoát nước ngầm	2
1.3.2. Cơ sở sản xuất ngầm và kho chứa ngầm	3
1.3.3. Cơ sở sinh hoạt và giải trí ngầm	5
1.3.4. Cơ sở nghiên cứu ngầm.....	7
1.3.5. Công trình ngầm phục vụ mục đích quân sự và quốc phòng	9
1.3.6. Thành phố ngầm thông minh	11
1.3.7. Lưu trữ hydro và hydrocarbon ngầm	12
1.4. Sử dụng không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam	13
1.5. Những công trình ngầm tiêu biểu tại Việt Nam.	14
CHƯƠNG 2 HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM.....	18
2.1. Khái quát chung về công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị trên thế giới.....	18
2.2. Quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam.....	21
2.2.1. Về pháp luật đầu tư xây dựng không gian ngầm đô thị.....	21
2.2.2. Những tình trạng tiêu biểu hiện nay	22
CHƯƠNG 3 ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM.....	24
3.1. Phát triển không gian ngầm của các đô thị tại các thành phố lớn ở Việt Nam.	24
3.1.1. Đề xuất giải pháp xây dựng hệ thống giao thông ngầm đô thị.....	24
3.1.2. Đề xuất giải pháp xây dựng các bãi đỗ xe ngầm đô thị.....	24
3.1.3. Giải pháp phát triển hệ thống thoát nước cho không gian ngầm đô thị	24
3.1.4. Giải pháp Hạ ngầm hệ thống điện, cáp kỹ thuật ngầm đô thị	24
3.2. Tiềm năng phát triển tuyến phố thương mại ngầm.....	24
3.3. Sử Dụng Mô Hình TOD.....	24
3.4. Sử dụng ứng dụng BIM (Building Information Modeling).....	26
3.5. Đề xuất các giải pháp để nâng cao hiệu quả quản lý không gian ngầm đô thị tại Việt Nam:	27
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	28
TÀI LIỆU THAM KHẢO	29

MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, Việt Nam là quốc gia có tốc độ phát triển đô thị hóa rất nhanh cả về quy mô và số lượng. Sự phát triển này gây áp lực lên nhu cầu xây dựng cơ sở hạ tầng đô thị. Tại các thành phố lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, Hải Phòng... quỹ đất xây dựng đô thị gần như cạn kiệt, không gian công cộng, không gian xanh ngày càng bị thu hẹp. Trước vấn đề này, xu hướng mới ở Việt Nam và không mới đối với thế giới là phải tận dụng, khai thác sử dụng và quản lý phát triển không gian ngầm có hiệu quả mới góp phần quản lý và phát triển đô thị hiện đại và bền vững. Tuy nhiên, hiện nay, công tác quản lý không gian xây dựng ngầm vẫn còn nhiều hạn chế, từ quy hoạch đến thực hiện, dẫn đến tình trạng lộn xộn và thiếu hiệu quả trong việc sử dụng không gian này. Để nâng cao hiệu quả công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam nhóm sinh viên chúng em đã lựa chọn tên đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên: ***“Nghiên cứu nâng cao hiệu quả công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam”*** dưới sự hướng dẫn của thầy giáo GVC. TS. Đỗ Ngọc Thái.

- Mục tiêu nghiên cứu:

Đề xuất được giải pháp nâng cao công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam. Các giải pháp này sẽ tập trung vào việc cải thiện, nâng cao hiệu quả công tác quy hoạch công trình ngầm đô thị, tăng cường sự phối hợp giữa các cơ quan chức năng và nâng cao nhận thức của cộng đồng về tầm quan trọng của không gian xây dựng ngầm đô thị.

- Phương pháp nghiên cứu:

Để đạt được mục tiêu trên, nghiên cứu này sử dụng các phương pháp phân tích lý thuyết và kết hợp với thu thập dữ liệu thực tế trong hoạt động xây dựng và sử dụng không gian ngầm đô thị. Qua đó, nghiên cứu sẽ cung cấp cái nhìn tổng quan về tình hình hiện tại và đưa ra các khuyến nghị cụ thể cho việc cải thiện công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị.

Đề tài NCKH sinh viên này là sản phẩm của Đề tài NCKH cấp Cơ sở mã số: T25-41.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ SỬ DỤNG KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ

1.1. Khái quát chung

Không gian xây dựng ngầm đô thị được giải thích tại khoản 1 Điều 2 Nghị định 39/2010/NĐ-CP như sau: “Không gian xây dựng ngầm đô thị” là không gian dưới mặt đất được sử dụng cho mục đích xây dựng công trình ngầm đô thị.

Công trình ngầm đô thị là những công trình được xây dựng dưới mặt đất tại đô thị bao gồm: công trình công cộng ngầm, công trình giao thông ngầm, các công trình đầu mối kỹ thuật ngầm và phân ngầm của các công trình xây dựng trên mặt đất, công trình đường dây, cáp, đường ống kỹ thuật ngầm, hào và tuy nèn kỹ thuật.

Đô thị hóa là quá trình chuyển dịch cơ cấu dân cư từ nông thôn sang đô thị, đi kèm với sự phát triển của hệ thống hạ tầng, kinh tế - xã hội và mở rộng không gian đô thị. Tại Việt Nam, đô thị hóa đang diễn ra nhanh chóng và ngày càng đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế – xã hội. Việt Nam đang chứng kiến sự gia tăng mạnh mẽ về dân số đô thị và mở rộng không gian đô thị, kéo theo nhu cầu rất lớn về cơ sở hạ tầng kỹ thuật và xã hội. Hạ tầng không chỉ là nền tảng phát triển kinh tế – xã hội mà còn là yếu tố sống còn để đảm bảo chất lượng sống, môi trường bền vững và khả năng cạnh tranh đô thị.

1.2. Sử dụng không gian xây dựng ngầm đô thị tại các nước trên thế giới

Trong một thời gian dài, chúng ta đã sử dụng không gian ngầm cho nhiều mục đích khác nhau, ví dụ như làm nhà ở, kho chứa, kênh dẫn nước hoặc khai thác nguyên liệu thô.

Ngày nay, không gian ngầm được sử dụng cho các chức năng như:

- Khai thác và lưu trữ năng lượng
- Tuyến đường giao thông (đường hầm đường bộ và đường sắt, tuyến tàu điện ngầm, v.v.)
- Lưu trữ nguyên liệu thô (dầu, khí đốt, v.v.)
- Lưu trữ chất thải (chất độc hại, phóng xạ, chất thải xây dựng, v.v.)
- Cơ sở hạ tầng thành phố ngầm (bãi đậu xe, không gian văn phòng, nơi lưu trữ, cửa hàng v.v.)
- Cơ sở hạ tầng cung cấp đô thị (đường dây viễn thông, đường dây điện, đường ống nước, hệ thống nước thải, đường ống dẫn khí, đường ống sưởi ấm, v.v.)
- Không gian ngầm được bảo vệ (boongke) và các cơ sở quân sự;
- Cơ sở sản xuất và lưu trữ ngầm;
- Trung tâm máy tính ngầm;
- Cơ sở nghiên cứu ngầm (ví dụ: máy gia tốc hạt).

Thiếu không gian bề mặt do dân số ngày càng tăng và nhu cầu về điều kiện sống tốt hơn (đặc biệt là điều kiện không khí và khí hậu tốt hơn) thúc đẩy các hoạt động sử dụng không gian ngầm ở mức độ lớn hơn, nhưng đặc biệt là theo cách thân thiện với

môi trường và sáng tạo. Việc sử dụng không gian ngầm ngày càng nhiều có thể dẫn đến tiết kiệm năng lượng và nguyên liệu thô, đồng thời giảm việc sử dụng đất (giảm việc phủ đất), cho phép tăng thảm thực vật, góp phần tạo ra môi trường trong sạch hơn với điều kiện không khí tốt hơn. Nhóm nghiên cứu đã tập hợp các công trình ngầm đô thị tiêu biểu, bao gồm:

1.3. Hệ thống giao thông ngầm

Hệ thống giao thông ngầm bao gồm các đường hầm truyền thống như đường hầm đường sắt và đường bộ, hệ thống tàu điện ngầm nhưng cũng có đường hầm dành cho người đi bộ. Điều này cũng bao gồm các nhà ga đường sắt ngầm có các tuyến liên kết và khu mua sắm tương ứng. Các hình thức giao thông vận tải ngầm:

- + Hệ thống đường hầm tàu điện ngầm (Hình 1.1);
- + Đường hầm đô thị;
- + Bãi đỗ xe ngầm;
- + Hệ thống vận chuyển hàng hóa ngầm;
- + Hệ thống đường hầm dành cho người đi bộ.

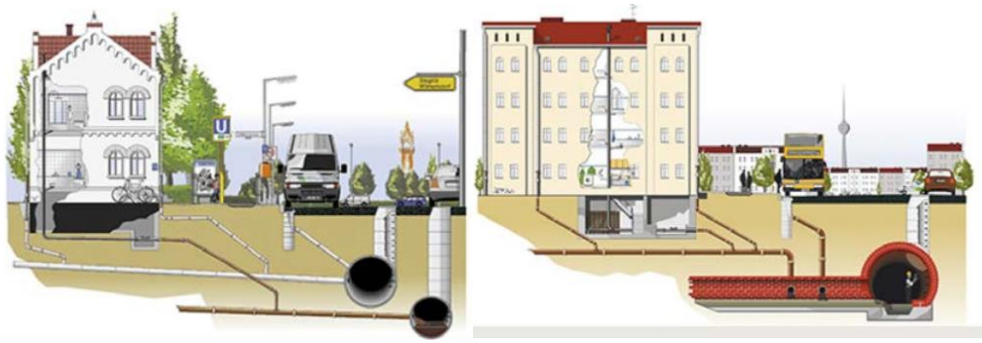


Hình 1.1. Tuyến Metro tại Doha (Keith Barrow, 2016)

1.3.1. Hệ thống cung cấp, lưu trữ và thoát nước ngầm

Hệ thống phân phối nước ngầm phổ biến ở các thành phố và nông thôn dưới hai hình thức khác nhau, như sau:

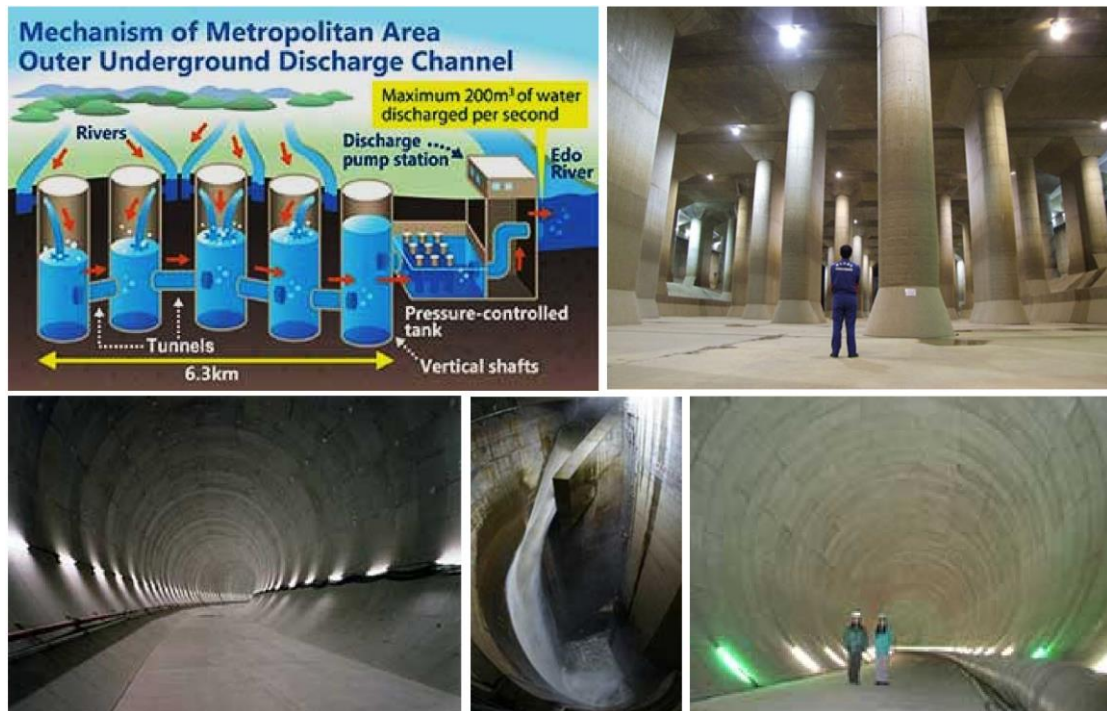
- + Hệ thống cấp nước sạch;
- + Hệ thống thoát nước thải (Hình 1.2);
- + Hệ thống xử lý nước thải.



Hình 1.2. Hệ thống thoát nước thải (BW, 2020)

Các kênh nước ngầm cũng phổ biến để kết nối các hồ chứa nước cũng như các hồ chứa nước với các hệ thống sông gần đó và người tiêu dùng.

Các đường hầm xả ngầm có thể giúp tránh các hiện tượng lũ lụt ở các thành phố lớn. Ở ngoại ô Tokyo (Nhật Bản) cách bề mặt khoảng 50 m, một hệ thống đường hầm ngầm và hang động khổng lồ đã được xây dựng để lưu trữ nước lũ. Hệ thống có thể xử lý được lượng nước chảy vào lên đến 200 m³/giây. Nước được lưu trữ trong các bể chứa có kiểm soát áp suất (Hình 1.3).



Hình 1.3. Hệ thống đường hầm xả ngầm tại Tokyo (TiJ, 2020)

1.3.2. Cơ sở sản xuất ngầm và kho chứa ngầm

Không gian ngầm có thể được sử dụng theo nhiều cách để sản xuất, lưu trữ tạm thời hàng hóa hoặc nguyên liệu thô. Các cơ sở máy tính ngầm cũng đang trở nên phổ biến.

Lý do chính cho những phát triển này là thiếu không gian trên bề mặt, đặc biệt bên trong các thành phố lớn, nhưng cũng là do các điều kiện thuận lợi dưới lòng đất:

- + Ít nguy cơ hơn từ các rủi ro địa chất (bão, động đất, lũ lụt, v.v.)
- + Điều kiện môi trường ổn định (ví dụ: nhiệt độ tương đối thấp và ổn định)
- + Ít nguy cơ hơn từ các cuộc tấn công khủng bố hoặc phá hủy do chiến tranh

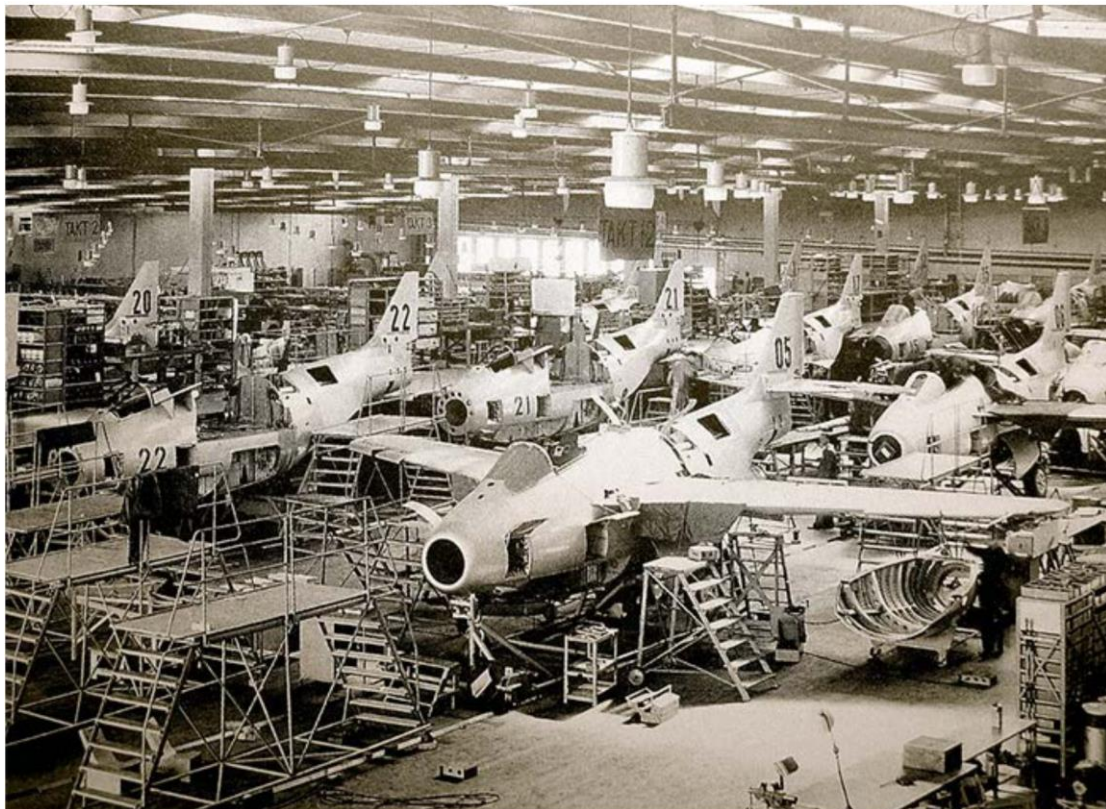
- + Nhà máy, kho ngầm xây dựng đơn giản, có thể giảm việc sử dụng vật liệu xây dựng.
- + Tuổi thọ cao

Tuy nhiên, điều quan trọng nhất, đặc biệt liên quan đến biến đổi khí hậu và dân số ngày càng tăng là thực tế là việc chuyển các cơ sở xuống lòng đất làm giảm tình trạng thiếu diện tích trên bề mặt đô thị nghiêm trọng và bảo vệ môi trường tốt hơn, thân thiện với môi trường.

Hình 1.4 cho thấy một trung tâm máy tính ngầm hiện đại ở Thụy Điển và Hình 1.5 cho thấy một ví dụ về sản xuất máy bay ngầm. Một tiềm năng lớn hơn cũng được thấy đối với các trung tâm hậu cần. Việc sử dụng không gian ngầm để sản xuất sẽ tăng mạnh với việc ứng dụng ngày càng nhiều sản xuất dựa trên rô-bốt tự động.



Hình 1.4. Trung tâm dữ liệu và tòa nhà văn phòng của công ty cung cấp internet Thụy Điển Bahnhof AB (UGE, 2020)



Hình 1.5. Nhà máy ngầm SAAB Aircraft (UGE, 2020)

Việc lưu trữ nguyên liệu thô dưới lòng đất và các mạng lưới phân phối tương ứng (cũng một phần nằm dưới lòng đất) là những phần thiết yếu của nền kinh tế của nhiều quốc gia.

1.3.3. Cơ sở sinh hoạt và giải trí ngầm

Các sự kiện thể thao và văn hóa trong nhà đang trở nên phổ biến và do đó, các cơ sở thể thao và văn hóa ngầm lớn cũng đã được xây dựng (Hình 1.6 và 1.7). Hang động khúc côn cầu trên băng Olympic Na Uy (Hình 1.8) được xây dựng vào năm 1991 là một cột mốc trong việc sử dụng không gian ngầm cho các cơ sở thể thao. Có nhiều sáng kiến khác về cách sử dụng không gian ngầm, như các mỏ bỏ hoang (Hình 1.9) với các hang động lớn làm hội trường đa năng cho các hội nghị, buổi hòa nhạc, v.v. hoặc các mỏ đá cũ làm cơ sở hội nghị và khách sạn. Như Hình 1.10, không gian ngầm cũng có thể được chuyển đổi thành khu vực xanh và không gian giải trí.



Hình 1.6. Nhà thờ ngầm và phòng bơi ở Helsinki (Vähäaho, 2011)



Hình 1.7. Nhà thi đấu thể thao ngầm ở Helsinki (Vähäaho, 2011)



Hình 1.8. Hội trường hang động Olympic Gjøvik dưới lòng đất, Na Uy (Holmstad, 2014)



Hình 1.9. Hội trường đa năng ở mỏ muối bỏ hoang 'Merkers', Đức (Merkers, 2020)



Hình 1.10. Công viên ngầm 'Lowline', New York (Lowline, 2020)

1.3.4. Cơ sở nghiên cứu ngầm

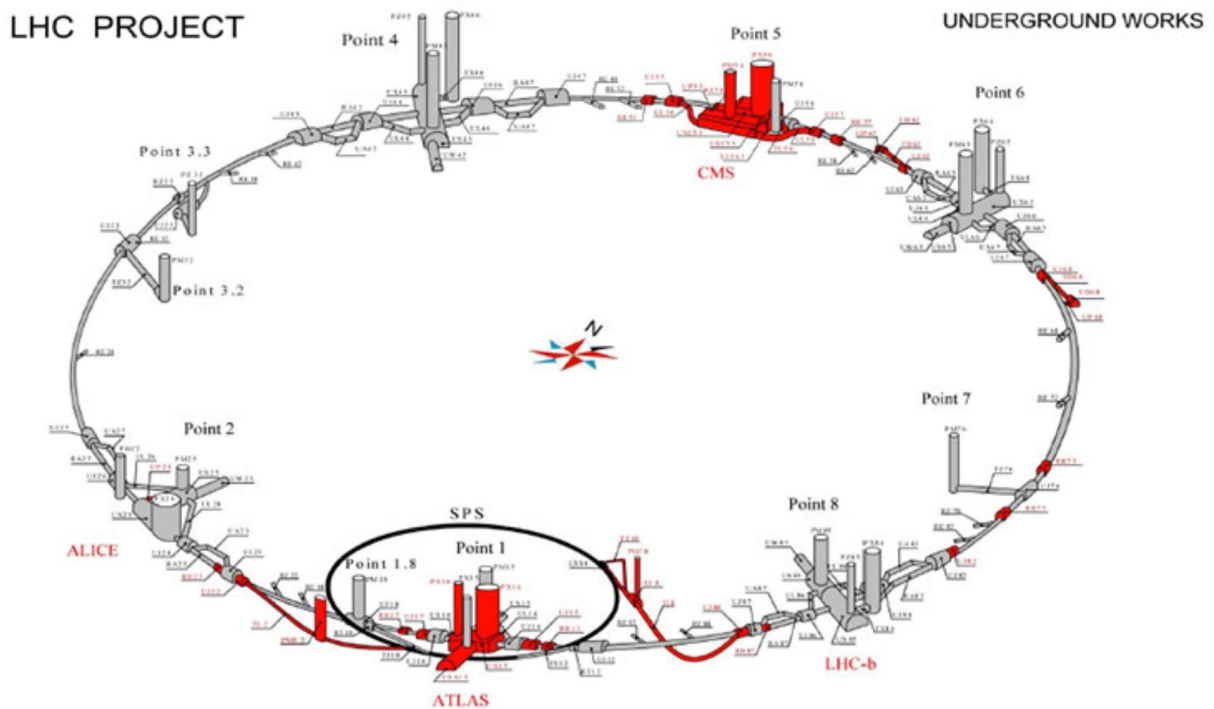
Các cơ sở nghiên cứu ngầm, phòng thí nghiệm nghiên cứu ngầm thực hiện một số nhiệm vụ.

Các mục đích chính là:

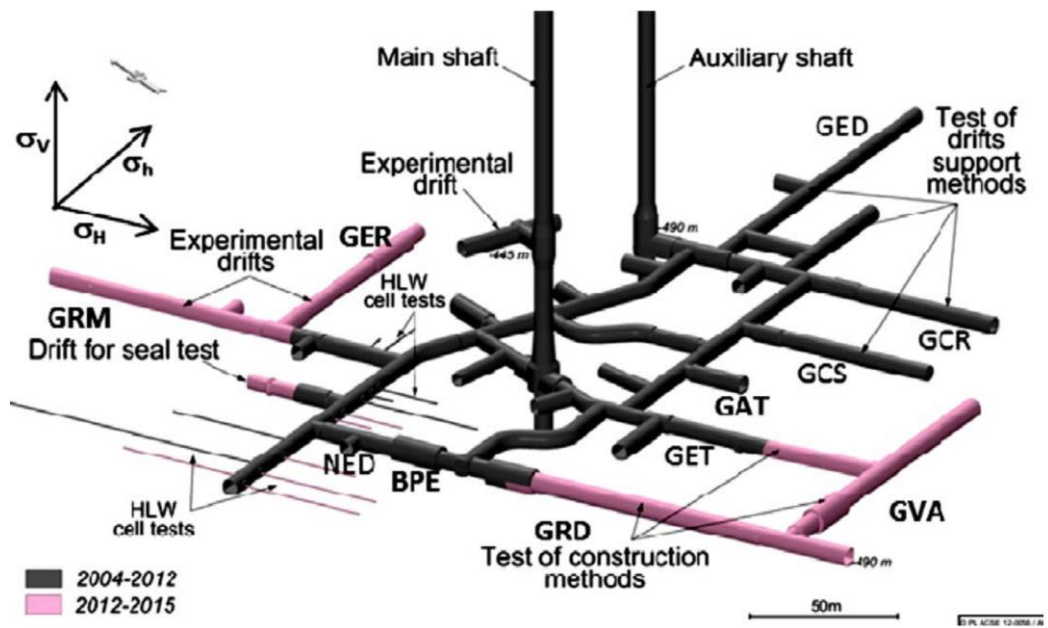
- + Thực hiện các thí nghiệm vật lý đặc biệt (xác thực các lý thuyết trong vật lý lý thuyết, ví dụ như vật lý neutrino và vật chất tối);
- + Nghiên cứu cơ bản trong khoa học trái đất (thăm hiểm bên trong trái đất);
- + Nghiên cứu ứng dụng để xử lý chất thải phóng xạ ngầm;
- + Kiểm tra các công trình hoặc thiết bị địa kỹ thuật;
- + Thực hiện các thử nghiệm nguy hiểm (thử nghiệm cháy, thử nghiệm nổ, v.v.).

Fern (2018), Aptec & Chapman (2019) hoặc Pandola (2011) đã đưa ra tổng quan về cơ sở nghiên cứu ngầm. Hình 1.11 cho thấy một ví dụ về máy va chạm hadron lớn (máy gia tốc hạt) ở Geneva bao gồm một vòng dài 27 km (giống như công trình xây dựng đường hầm) với một số buồng và trục để lắp đặt thiết bị.

Hình 1.12 cho thấy bố cục của sơ đồ các giếng đứng chủ yếu được sử dụng cho nghiên cứu xử lý chất thải phóng xạ.

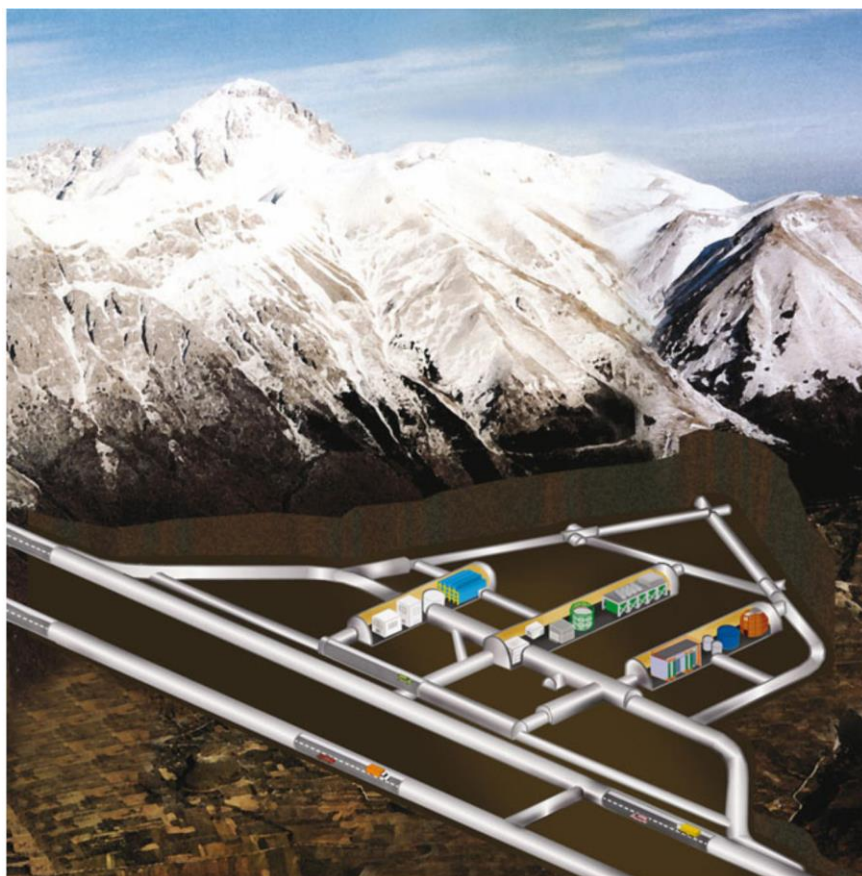


Hình 1.11. Mô tả sơ đồ các cơ sở ngầm tại CERN (Fern et al., 2018)



Hình 1.12. Mạng lưới giếng đứng tại URL Meuse / Haute-Marne (Armand và cộng sự, 2015)

Phòng thí nghiệm quốc gia INFN Gran Sasso (LNGS) tại Ý là phòng nghiên cứu ngầm lớn nhất thế giới. Phòng thí nghiệm này được xây dựng như một đường vòng qua đường hầm cao tốc dài 10 km đi qua khối Gran Sasso (khối đá dolomit ở miền trung nước Ý). Phòng thí nghiệm bao gồm ba phòng thí nghiệm khổng lồ, mỗi phòng dài 100 mét, rộng 20 mét và cao 18m. Tổng thể tích là 180.000 m³. Chiều cao của lớp phủ là khoảng 1400 m và cung cấp không gian có khả năng giảm lượng tia bức xạ vi sóng. Do đó, phòng thí nghiệm này rất phù hợp cho các thí nghiệm vật lý cơ bản, nhưng cũng được sử dụng cho nghiên cứu khoa học địa chất và kỹ thuật địa chất, De Luca và cộng sự (2018) hoặc Guidotti & Castellani (2017).



Hình 1.13. Mô hình Phòng thí nghiệm quốc gia INFN Gran Sasso (www.lngs.infn.it)

1.3.5. Công trình ngầm phục vụ mục đích quân sự và quốc phòng

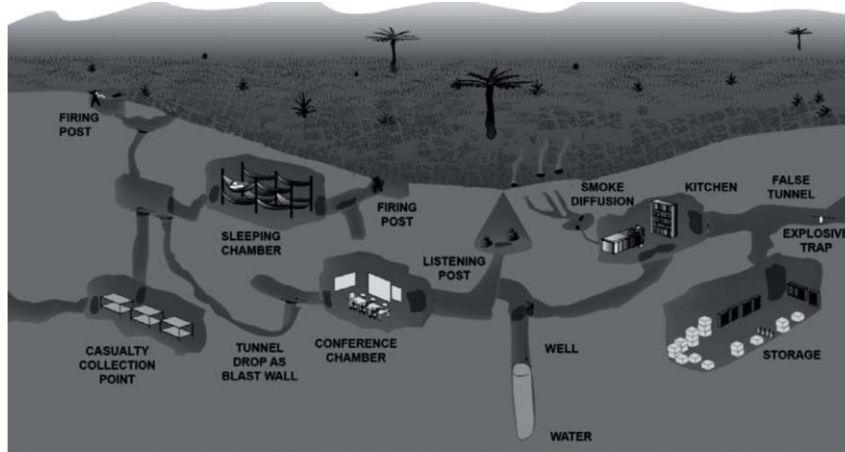
Không gian ngầm cũng có thể được sử dụng rộng rãi cho mục đích quân sự và quốc phòng. Các công trình quân sự ngầm bao gồm các cơ sở sau:

- + Các hầm chứa tên lửa đạn đạo
- + Sản xuất vũ khí ngầm
- + Lưu trữ nhiên liệu và thiết bị quân sự ngầm
- + Lưu trữ thực phẩm, thiết bị y tế, v.v. ngầm
- + Các cơ sở chỉ huy và liên lạc ngầm
- + Cảng ngầm hoặc căn cứ máy bay

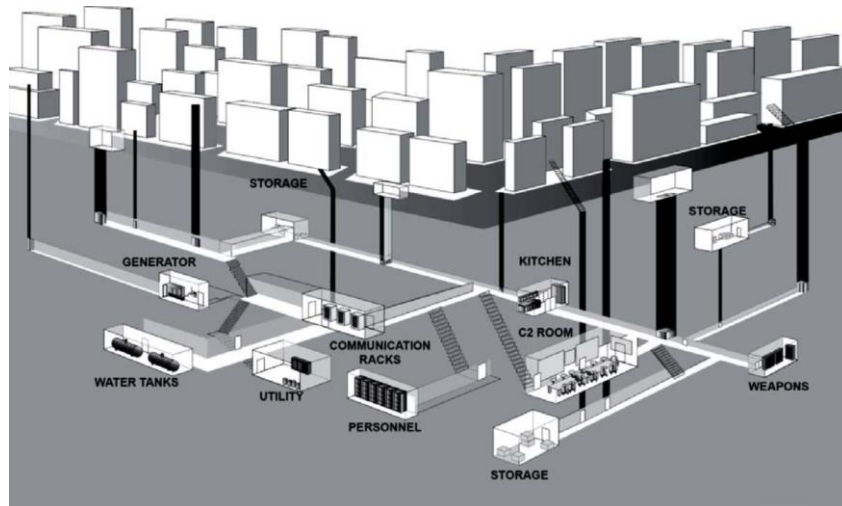
Các công trình phòng thủ ngầm bao gồm các cơ sở đặc biệt (boongke, v.v.) nhưng cũng bao gồm các yếu tố cơ sở hạ tầng tiêu chuẩn (đường hầm, hang động, v.v.), có thể được sử dụng làm không gian để trú ẩn cho người dân trong trường hợp xảy ra chiến tranh hoặc tấn công khủng bố. Không gian sinh tồn ngầm như vậy cần có đủ thông gió (điều hòa không khí), khả năng tiếp cận nhanh, một số thiết bị y tế, kênh liên lạc, v.v. Các công trình phòng thủ ngầm phải chịu được các cuộc tấn công ném bom (tác động động) cũng như các cuộc tấn công sinh học và hóa học. Hình 1.14 và 1.15 cho thấy các hệ thống như vậy.

Ví dụ: Từ năm 1941 đến năm 2001, hệ thống phòng thủ quân sự ngầm Sasso San Gottardo (Dãy núi Alps của Thụy Sĩ) đã đi vào hoạt động. Hiện tại, đây là một bảo tàng. Hệ thống này được xây dựng trong một khối đá granit cao khoảng 2.100 m so với mực nước biển và được hỗ trợ một phần bởi lớp bê tông dày. Hệ thống này bao

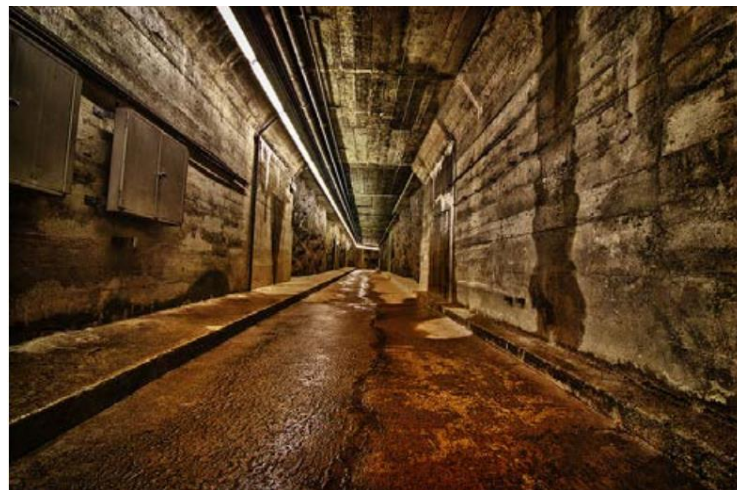
gồm một hệ thống trôi dạt dài khoảng 2.500 m và cung cấp không gian cho khoảng 400 người. Máy phát điện, công cụ liên lạc và đồ dùng riêng cho phép tự cung tự cấp trong hệ thống đường hầm trong khoảng 6 tháng. Hình 15 cung cấp một số ấn tượng. Bức ảnh trên cho thấy vị trí của các đường hầm trôi dạt và các phòng có màu đỏ khi nhìn từ trên cao. Tổng cộng, Thụy Sĩ có khoảng 2.000 cơ sở quân sự và phòng thủ ngầm có quy mô và mục đích khác nhau cho hơn 100.000 người.



Hình 1.14. Cấu trúc quân sự ngầm trong môi trường rừng rậm (DOA, 2019)



Hình 1.15. Các công trình quân sự ngầm trong môi trường đô thị (DOA, 2019)





Hình 1.16. Hệ thống phòng thủ ngầm Sasso San Gottardo, Thụy Sĩ (Heinz Konietzky & Jian Zhao, 2022)

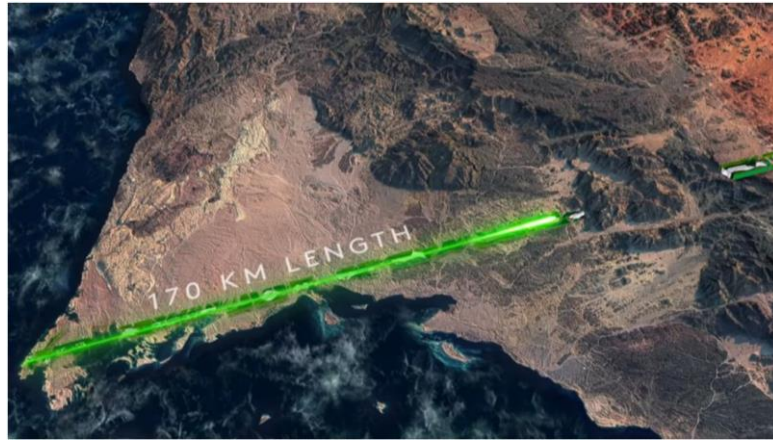
1.3.6. Thành phố ngầm thông minh

Công nghệ thành phố thông minh sẽ thay đổi đáng kể cấu trúc và điều kiện sống tại các thành phố trong tương lai. Bogan & Feeney (2020) cung cấp tổng quan mở rộng về khái niệm này. Một khía cạnh quan trọng có liên quan trực tiếp đến kỹ thuật địa kỹ thuật là việc sử dụng rộng rãi lòng đất cho một số mục đích như:

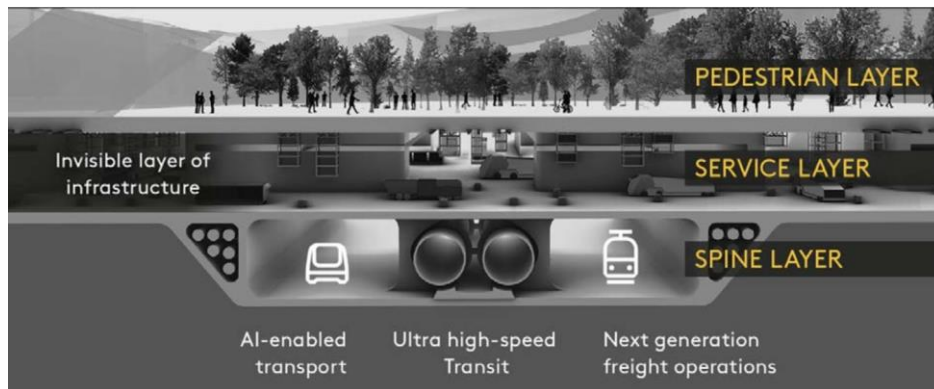
- + Kênh truyền thông
- + Vận chuyển hàng hóa và người
- + Lưu trữ năng lượng
- + Lưu trữ mọi loại hàng hóa
- + Cơ sở mua sắm và giải trí
- + Cơ sở sản xuất và trung tâm máy tính
- + Xử lý và lưu trữ tạm thời chất thải
- + Bãi đậu xe
- + Các công trình phòng thủ dân sự

Mục đích là giảm thiểu việc sử dụng đất trên bề mặt và do đó bảo vệ môi trường tự nhiên.

Dự án NEOM ở Ả Rập Xê Út (Hình 1.17, 1.18) tuân theo khái niệm này. Hệ thống giao thông sẽ được đặt dưới lòng đất và bề mặt chỉ dành cho người đi bộ và người đi xe đạp. Ngoài ra, hầu hết cơ sở hạ tầng sẽ được đặt dưới lòng đất. Trên toàn bộ khu vực thành phố dài 170 km, có thể đến bất kỳ nơi nào trong vòng 20 phút bằng trí tuệ nhân tạo kết hợp với các phương tiện giao thông khác nhau như phương tiện siêu tốc và phương tiện kết nối.



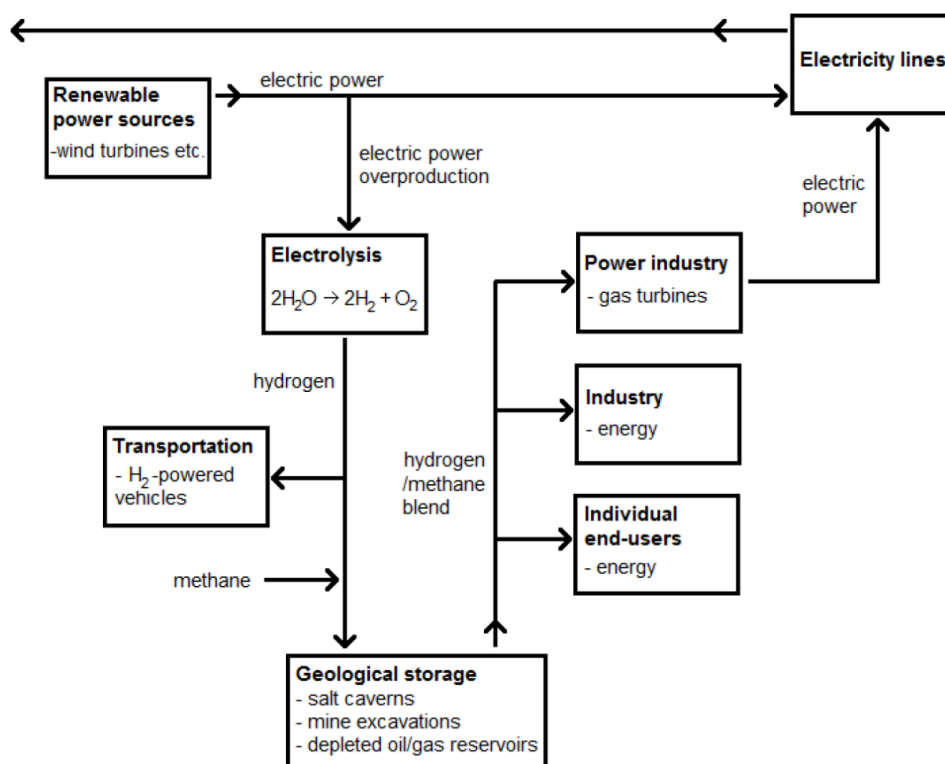
Hình 1.17. Vị trí của dự án NEOM, Ả Rập Saudi (Neom, 2020)



Hình 1.18. Sơ đồ vị trí của dự án NEOM tại Ả Rập Saudi (Neom, 2020)

1.3.7. Lưu trữ hydro và hydrocarbon ngầm

Công nghệ điện-khí cung cấp khả năng lưu trữ năng lượng dư thừa từ các nguồn năng lượng tái tạo bằng cách chuyển đổi năng lượng điện thành khí như hydro. Nhìn chung, hydro pha trộn với metan có thể được lưu trữ trong các mỏ khai thác ngầm bị bỏ hoang, như thể hiện trong sơ đồ ở Hình 1.19.



Hình 1.19. Sản xuất hydro dựa trên điện phân với các công nghệ lưu trữ địa chất có thể có (Gajda, 2021)

Ưu điểm của công nghệ này là các mỏ than và quặng thường nằm ở các khu vực công nghiệp và đô thị hóa cao. Khí hydro có thể dễ dàng được chuyển đến các cơ sở địa phương, sử dụng đường ống hiện có và vận chuyển đường sắt. Tuy nhiên, thách thức chính của việc lưu trữ khí hydro trong các cuộc khai quật mỏ ngầm bị bỏ hoang là khả năng bịt kín của không gian ngầm được xác định bởi độ kín của khu vực lưu trữ.

Hơn nữa, các hang muối bị bỏ hoang dự kiến sẽ lưu trữ năng lượng hydrocarbon (như mê-tan, khí tự nhiên) để giảm nguy cơ xảy ra thảm họa tiềm ẩn của các hang muối và đồng thời hỗ trợ dự trữ năng lượng chiến lược. Các nguyên tắc để đánh giá độ kín và tính phù hợp của một hang động được đề xuất, bao gồm các tiêu chí như “không có ứng suất kéo”, “hệ số an toàn” và “ngưỡng lượng rò rỉ”:

+ Không có ứng suất kéo. Áp suất lỗ rỗng ở giữa trụ phải nhỏ hơn áp suất khí bên trong tối thiểu.

+ Hệ số an toàn. Hệ số an toàn (FOS) tại điểm giữa của trụ phải không nhỏ hơn 1,5 để duy trì độ ổn định của trụ.

+ Giới hạn lượng rò rỉ. Tổng lượng khí rò rỉ trong vùng lân cận hang động phải nhỏ hơn 1% tổng lượng khí được lưu trữ trong hang động.

Để cải thiện tính an toàn của các hang muối được sử dụng để lưu trữ hydrocarbon dưới lòng đất, Bérest & Brouard (2003) đã tóm tắt một số lý do tai nạn, chẳng hạn như phun trào, rò rỉ sản phẩm và sự mất ổn định của hang.

1.4. Sử dụng không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam

Hiện nay, xây dựng công trình ngầm đang trở thành một xu hướng phát triển tất yếu trên toàn cầu, trong đó có Việt Nam, nhằm đáp ứng nhu cầu mở rộng hệ thống hạ tầng phục vụ phát triển kinh tế, an ninh và quốc phòng. Số lượng công trình ngầm

ngày càng gia tăng, với phạm vi ứng dụng đa dạng trên nhiều lĩnh vực và phân bố tại nhiều khu vực trên cả nước.

Dưới đây nhóm nghiên cứu trình bày một số công trình xây dựng ngầm sử dụng không gian ngầm đô thị tại Việt Nam:

- + Hệ thống giao thông ngầm;
- + Bãi đỗ xe ngầm;
- + Khu giải trí, tiện tích ngầm;
- + Hệ thống cấp thoát nước ngầm;
- + Hệ thống điện cáp, kỹ thuật ngầm.

Hệ thống giao thông ngầm bao gồm đường hầm giao thông đô thị, đường hầm cho người đi bộ:

Hầm chui Kim Liên

Hầm chui Lê Văn Lương – Vành Đai 3 (Hà Nội)

Hầm chui Nguyễn Văn Linh – Nguyễn Hữu Thọ (TP.HCM)

Hầm chui Điện Biên Phủ – Nguyễn Tri Phương (Đà Nẵng)

Các tuyến đường hầm tàu điện ngầm

Tuyến metro số 1 (Bến Thành – Suối Tiên)

Có đoạn ngầm từ ga Bến Thành đến ga Ba Son.

Các ga ngầm: Ga Bến Thành, Nhà hát Thành phố, Ba Son.

Tuyến metro số 3 (Nhổn – Ga Hà Nội)

Phần ngầm từ ga Kim Mã đến ga Ga Hà Nội.

Gồm 4 ga ngầm chính: Kim Mã, Cát Linh, Văn Miếu, Ga Hà Nội.

1.5. Những công trình ngầm tiêu biểu tại Việt Nam.

Một số hình ảnh sử dụng không gian ngầm đô thị tại Việt Nam:



Hình 1.20. Hầm đường bộ Kim liên



Hình 1.21. Hàm đường bộ Trần Duy Hưng

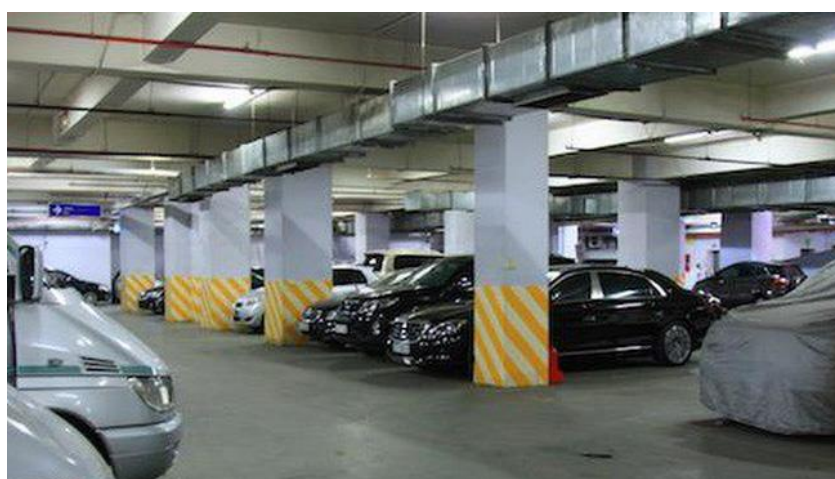


Hình 1.22. Trung tâm thương mại dịch vụ ngầm Royal City-Time City, Hà Nội





Hình 1.23. Hệ thống tuyến metro số 3 Hà Nội đang thi công (Cty. Fecon)



Hình 1.24. Bãi đỗ xe ngầm



Hình 1.25. Nhà ga Metro Trung Tâm Bến Thành (TP. Hồ Chí Minh)



Hình 1.26. Hầm Thủ Thiêm- TP.Hồ Chí Minh

CHƯƠNG 2 HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM

2.1. Khái quát chung về công tác quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị trên thế giới

Vương quốc Anh đô thị hóa nhiều hơn so với mức trung bình trên toàn thế giới. Dân số đô thị ngày càng tăng cần nhiều không gian sống hơn, nhu cầu về nhà ở và tiện ích mới ngày càng tăng, cũng như các biện pháp can thiệp như tầng hầm - ví dụ, 7.328 tầng hầm dân cư mới bên dưới những ngôi nhà hiện có ở London đã được cấp phép quy hoạch từ năm 2008 đến cuối năm 2019. Tại Anh, kế hoạch thành phố có Chính sách chiến lược mới về Cơ sở hạ tầng và Tiện ích thông minh, kèm theo các chính sách quản lý phát triển: cung cấp và kết nối cơ sở hạ tầng, năng lực cơ sở hạ tầng và công trình ngầm, theo “City of London, City Plan 2036” bao gồm:

- + Các chính sách này nhằm giảm thiểu nhu cầu về cơ sở hạ tầng mới;
- + Khuyến khích sự tham gia sớm giữa các nhà quản lý cơ sở hạ tầng đô thị, đơn vị thi công và các chuyên gia ở giai đoạn đầu của quá trình thiết kế;
- + Đảm bảo các thiết kế kết hợp các kết nối với cơ sở hạ tầng hiện có;
- + Đảm bảo cơ sở hạ tầng hiện có được sử dụng hiệu quả.

Các chính sách này nhằm giải quyết các vấn đề hiện tại xung quanh không gian trong thành phố và là một ví dụ về sự chuyển dịch sang quy hoạch dài hạn hơn cho bề mặt ngầm ở London. Bằng cách sử dụng không gian hiện có thông minh hơn, điều này có thể giải phóng không gian cho mục đích sử dụng trong tương lai.

Chính quyền London ngày càng xem xét kỹ hơn các đơn xin cấp phép quy hoạch đô thị để giúp đánh giá tác động của chúng đối với điều kiện xây dựng trên mặt tại địa phương, giải quyết các vấn đề nêu trên và như một phản ứng trước các khiếu nại của người dân về việc mở rộng tầng hầm.

Hà Lan, Phần Lan và Singapore được đưa ra làm ví dụ về các quốc gia có cách tiếp cận đặc biệt hướng tới tương lai để quản lý không gian ngầm. Mỗi quốc gia có cách tiếp cận khác nhau đối với việc quản lý, một số có vai trò lớn hơn đối với chính quyền quốc gia và một số khác thấy chính quyền địa phương chịu nhiều trách nhiệm hơn về dữ liệu, phân tích và lập kế hoạch chiến lược. Những ví dụ này nêu bật một số cách tiếp cận khác nhau có thể áp dụng đối với quản lý không gian ngầm. Các ví dụ khác bao gồm Đan Mạch, Malaysia và Canada, được đưa ra như những ví dụ về việc sử dụng không gian ngầm thông minh ở các khu vực đô thị đông đúc, có thể được xem xét để giải quyết một số thách thức được xác định trong dự án này, chẳng hạn như tình trạng tắc nghẽn đô thị và thích ứng với khí hậu cũng như khả năng phục hồi sau các sự kiện thời tiết khắc nghiệt.

Quản lý không gian ngầm ở Hà Lan: Đăng ký cơ bản về đất nền - Basisregistratie Ondergrond (BRO).

Ở Hà Lan, chính sách quy hoạch không gian và việc thực hiện chính sách này chủ yếu được định hình ở cấp thành phố, theo Government of the Netherlands (2013). Các thành phố có thể đặt ra các quy định mà họ cho là phù hợp dựa trên hiểu biết của họ về tình hình địa phương.

Hà Lan áp dụng cách tiếp cận sử dụng mô hình 3D đối với quy hoạch không gian và đất nền được đưa vào các kế hoạch không gian. Đất nền Đăng ký cơ bản (BRO) có hiệu lực từ tháng 1 năm 2018 theo Zeiss (2018). Mục đích là tạo ra một sổ đăng ký thống nhất, kỹ thuật số và chi tiết về dữ liệu đất và đất nền ở Hà Lan.

Quản lý không gian ngầm ở Phần Lan: Ví dụ về Helsinki

Ở Phần Lan, quản lý dựa trên nguyên tắc phân cấp, với ba cấp quy hoạch theo luật định: quốc gia, khu vực và thành phố, theo Purkharthofer, E. et al. (2023). Luật sử dụng đất và xây dựng của quốc gia này, bao gồm việc sử dụng các khu vực đất đai và các hoạt động xây dựng liên quan, đề cập rõ ràng đến không gian ngầm, theo Ministry of the Environment (1999). Các Kế hoạch sử dụng đất khu vực được Hội đồng khu vực lập và phê duyệt, nêu rõ các nguyên tắc sử dụng đất và chỉ định các khu vực để phát triển khu vực. Những kế hoạch này mang tính chiến lược, tạo điều kiện cho việc diễn giải và thực hiện tại địa phương. Các thành phố cũng có thể mua đất cho nhu cầu phát triển trong tương lai do có một số công cụ chính sách đất đai theo luật định dành cho họ, chẳng hạn như Kế hoạch tổng thể địa phương.

Helsinki là một thành phố có tư duy đặc biệt tiên bộ về quản lý không gian ngầm và có lịch sử lâu đời về việc sử dụng không gian ngầm. Đây là thành phố đầu tiên trên thế giới có Kế hoạch tổng thể ngầm, theo City of Helsinki (2009). Nó cho thấy cả không gian ngầm và đường hầm hiện tại và tương lai, bao gồm các nguồn tài nguyên đá dành riêng cho việc xây dựng các cơ sở ngầm trong tương lai chưa được đặt tên, cũng như các liên kết tiếp cận quan trọng hiện có đến hệ thống ngầm.

Có một mạng lưới boongke và đường hầm trải dài khắp Helsinki, bao gồm năm nghìn hầm trú bom và 50.000 hầm trú bom, theo De la Cuetara (2022). Helsinki bắt đầu xây dựng các đường hầm vào những năm 1960 để chứa các tiện ích. Sau đó, các nhà quy hoạch thành phố nhận ra rằng không gian này có thể được sử dụng làm hầm trú bom. Một số hầm trú bom này đã được chuyển đổi để sử dụng hàng ngày, chẳng hạn như sân chơi ngầm, sân khúc côn cầu và hồ bơi, theo Hunt (2021). Điều này đặc biệt hữu ích vào mùa đông, khi thành phố chỉ có một số ít giờ ban ngày, vì nó cung cấp nơi trú ẩn khỏi các yếu tố.

Ví dụ về Singapore

Singapore là một thành phố nhà nước với mô hình tập trung và không có chính quyền địa phương. Đất nước này có nhiều công ty quốc hữu hóa trong các ngành công nghiệp khác nhau và họ có mức thuế thấp và các quy định tối thiểu để khuyến khích đầu tư tư nhân.

Singapore ngày càng cân nhắc đến không gian ngầm trong quy hoạch để tối ưu hóa việc sử dụng đất ở các khu vực đô thị đông đúc. Quốc gia này đã đầu tư 188 triệu đô la vào nghiên cứu và phát triển công nghệ ngầm và cải cách luật đất đai để chủ nhà chỉ sở hữu không gian ngầm lên đến tầng hầm của họ, cho phép chính phủ sử dụng đất sâu hơn mà không phải đối mặt với các vấn đề về tài sản tư nhân, theo Scruggs (2018). Tùy chọn mặc định mới cho các tiện ích là đi ngầm, ngay cả khi điều này có chi phí trả trước ban đầu cao hơn.

Một Kế hoạch Kiểm soát Chi tiết Đặc biệt (SDCP) ngầm mới đã được đưa ra để cho phép lập kế hoạch tốt hơn cho không gian ngầm. Kế hoạch này ở dạng 3D, cho phép hình dung tốt hơn. SDGP bao gồm một loạt các bản đồ 3D của các khu vực

ngầm để cho phép các nhà quy hoạch di dời cơ sở hạ tầng và các cơ sở dưới lòng đất, nhằm giải phóng không gian bề mặt, theo Urban Redevelopment Authority (2023).

Đường hầm quản lý nước mưa và đường bộ (SMART), Malaysia

SMART được xây dựng để giải quyết vấn đề lũ quét ở Kuala Lumpur và giảm ùn tắc giao thông trong giờ cao điểm hàng ngày. Đường hầm có bốn chế độ hoạt động khác nhau, theo Heinz Konietzky & Jian Zhao (2022):

Chế độ đầu tiên là trong điều kiện bình thường không có mưa và đoạn đường cao tốc mở cửa cho người lái xe.

Chế độ thứ hai được sử dụng trong trường hợp có bão, khi đó nước lũ sẽ được chuyển hướng vào đường hầm vòng dưới của đường cao tốc và kênh trên vẫn mở cho người lái xe.

Chế độ thứ ba được kích hoạt khi có bão lớn xảy ra và đường hầm sẽ được mở và đóng cửa đối với người lái xe và nước lũ sẽ được phép chảy qua.

Chế độ cuối cùng được kích hoạt nếu mưa lớn vẫn tiếp diễn sau khi chế độ thứ ba được kích hoạt, khi đó đường hầm vẫn được sử dụng để thoát lũ và đóng cửa trong bốn ngày.

SMART là một ví dụ về việc sử dụng kép không gian ngầm hạn chế ở các khu vực đô thị, nơi tình trạng tắc nghẽn và cạnh tranh về không gian rất cao.

Dự án Kế hoạch khí hậu Copenhagen, Đan Mạch

Dự án Kế hoạch khí hậu Copenhagen là sáng kiến trên toàn thành phố nhằm giảm phát thải khí nhà kính, theo City of Copenhagen (2016). Dự án bao gồm một kế hoạch sử dụng lòng đất cho nhiều mục đích khác nhau, bao gồm:

Năng lượng bền vững: Dự án bao gồm các kế hoạch phát triển hệ thống sưởi ấm khu vực sẽ sử dụng nhiệt từ mặt đất để sưởi ấm nhà ở và doanh nghiệp.

Quản lý nước: Dự án bao gồm các kế hoạch phát triển hệ thống quản lý nước mưa sẽ sử dụng lòng đất để lưu trữ và lọc nước mưa chảy tràn.

Giao thông: Dự án bao gồm các kế hoạch phát triển mạng lưới đường hầm ngầm cho giao thông công cộng.

Từ công tác quản lý không gian xây dựng ngầm tại một số các nước trên thế giới cho thấy, các nước trên thế giới ngày càng quan tâm, phát triển không gian ngầm đô thị một cách bền vững để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế xã hội, tốc độ đô thị hóa.

Có thể rút ra các ưu tiên trong công tác quản lý không gian ngầm đô thị như sau:

- + Khuyến khích sự tham gia sớm giữa các nhà quản lý cơ sở hạ tầng đô thị, đơn vị thi công và các chuyên gia ở giai đoạn đầu của quá trình thiết kế;
- + Xem xét kỹ hơn các đơn xin cấp phép quy hoạch đô thị để giúp đánh giá tác động của chúng đối với điều kiện xây dựng trên mặt đất;
- + Đảm bảo các thiết kế có sự kết hợp, kết nối với cơ sở hạ tầng hiện có;
- + Đảm bảo cơ sở hạ tầng hiện có được sử dụng hiệu quả;
- + Có kế hoạch phát triển bền vững không gian ngầm trong tương lai;

- + Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian xây dựng ngầm đô thị;
- + Hỗ trợ phát triển khoa học công nghệ trong công tác thiết kế, thi công và quản lý không gian ngầm đô thị.

2.2. Quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị tại Việt Nam

2.2.1. Về pháp luật đầu tư xây dựng không gian ngầm đô thị

Luật Xây dựng các năm 2003 và 2014, cùng với Luật Quy hoạch đô thị năm 2014, đã có những quy định về quy hoạch không gian ngầm đô thị và hệ thống công trình ngầm. Cụ thể, **Nghị định Số: 39/2010/NĐ-CP Về quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị**. Theo điều 2 của Nghị định, ta có:

"Không gian xây dựng ngầm đô thị" là không gian dưới mặt đất được sử dụng cho mục đích xây dựng công trình ngầm đô thị.

"Quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị" bao gồm việc quy hoạch không gian xây dựng ngầm và các hoạt động liên quan đến xây dựng công trình ngầm đô thị.

Theo điều 3, quy định về *Nguyên tắc quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị*, bao gồm:

1. Chính phủ thống nhất quản lý trên cơ sở giao Ủy ban nhân dân cấp tỉnh quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị trên địa bàn mình quản lý.

2. Không gian xây dựng ngầm đô thị phải được quy hoạch, xây dựng, quản lý và sử dụng. Quy hoạch, phát triển không gian đô thị trên mặt đất phải kết hợp chặt chẽ với việc sử dụng an toàn và hiệu quả không gian ngầm.

3. Việc sử dụng không gian ngầm để xây dựng công trình ngầm phải bảo đảm sử dụng tiết kiệm đất, bảo vệ môi trường và các yêu cầu về an ninh, quốc phòng.

4. Chủ đầu tư các khu đô thị mới, khu nhà ở mới và các tuyến đường phố mới xây dựng hoặc cải tạo, mở rộng có trách nhiệm đầu tư xây dựng các công trình cống, bể kỹ thuật hoặc hào, tuy nèn kỹ thuật để bố trí, lắp đặt các đường dây và đường ống kỹ thuật theo quy hoạch được cấp có thẩm quyền phê duyệt. Đối với các đô thị cũ, đô thị cải tạo Ủy ban nhân dân cấp tỉnh phải có kế hoạch đầu tư xây dựng cống, bể kỹ thuật hoặc hào, tuy nèn kỹ thuật để từng bước hạ ngầm đường dây, cáp nổi.

5. Việc xây dựng công trình ngầm đô thị phải tuân thủ các quy định sau:

a) Quy hoạch đô thị, quy chuẩn về xây dựng ngầm, giấy phép xây dựng;

b) Không được xây dựng vượt quá chỉ giới xây dựng hoặc phạm vi sử dụng đất được xác định theo quyết định giao đất, thuê đất của cơ quan nhà nước có thẩm quyền. Khi có nhu cầu xây dựng vượt quá chỉ giới xây dựng hoặc phạm vi sử dụng đất đã được xác định (trừ phần đầu nổi kỹ thuật của hệ thống đường dây, đường ống ngầm) thì phải được cơ quan nhà nước có thẩm quyền cho phép;

c) Bảo đảm an toàn cho cộng đồng, cho bản thân công trình và các công trình lân cận; không làm ảnh hưởng đến việc sử dụng, khai thác, vận hành của các công trình lân cận cũng như các công trình đã có hoặc đã xác định trong quy hoạch đô thị.

2.2.2. Những tình trạng tiêu biểu hiện nay

Thực tế vẫn còn tồn tại những bất cập, chưa đáp ứng được nhu cầu xã hội trong công tác quản lý, xây dựng hạ tầng đô thị, mà giải pháp xây dựng công trình ngầm đô thị có thể giải quyết được một cách bền vững:



Hình 2.5. Tình trạng ùn tắc giao thông nghiêm trọng giờ cao điểm tại các đô thị lớn



Hình 2.6. Hiện trạng đường điện, cấp kỹ thuật gây mất an toàn, mỹ quan



Hình 2.7. Tình trạng thiếu chỗ gửi xe



Hình 2.8. Tình trạng ngập lụt sau cơn mưa lớn tại các thành phố lớn

CHƯƠNG 3 ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG TÁC QUẢN LÝ KHÔNG GIAN XÂY DỰNG NGẦM ĐÔ THỊ TẠI VIỆT NAM

3.1. Phát triển không gian ngầm của các đô thị tại các thành phố lớn ở Việt Nam.

3.1.1. Đề xuất giải pháp xây dựng hệ thống giao thông ngầm đô thị

Quy hoạch, xây dựng hệ thống đường hầm tàu điện ngầm, hầm đường bộ đô thị v.v...

3.1.2. Đề xuất giải pháp xây dựng các bãi đỗ xe ngầm đô thị

Cần có những quy định khi chung cư xây dựng lên không chỉ đạt những yêu cầu cần có về cơ sở hạ tầng thì cũng cần chú ý về 1 bãi đỗ xe chất lượng và đạt tiêu chuẩn theo quy định nhà nước đã đề ra

3.1.3. Giải pháp phát triển hệ thống thoát nước cho không gian ngầm đô thị

Xây dựng hệ thống đường hầm thoát nước riêng biệt:

- + Phân tách hệ thống thoát nước mưa và nước thải để giảm tải cho công thoát nước.

- + Xây dựng hệ thống đường hầm thoát nước đô thị.

- + Tạo các hồ điều hòa và không gian xanh giúp hấp thụ và điều tiết nước mưa.

3.1.4. Giải pháp Hạ ngầm hệ thống điện, cáp kỹ thuật ngầm đô thị

Xây dựng hệ thống điện, cáp kỹ thuật ngầm trong đô thị.

3.2. Tiềm năng phát triển tuyến phố thương mại ngầm

a. Giải quyết áp lực không gian đô thị

- Các khu vực trung tâm như quận Hoàn Kiếm (Hà Nội), quận 1 (TP. HCM) có mật độ dân số cao, mặt bằng thương mại trên mặt đất khan hiếm và đắt đỏ.

- Phát triển phố thương mại ngầm giúp mở rộng không gian kinh doanh mà không cần mở rộng bề mặt đô thị.

b. Tạo động lực phát triển kinh tế

- Hệ thống phố ngầm kết hợp với các trung tâm thương mại lớn tạo ra điểm đến mua sắm hiện đại, hấp dẫn khách du lịch.

- Kết nối trực tiếp với hệ thống tàu điện ngầm, metro giúp tăng khả năng tiếp cận và lưu lượng khách hàng.

c. Giảm ùn tắc giao thông và cải thiện mỹ quan đô thị

- Đưa hoạt động thương mại xuống lòng đất giúp giảm áp lực lên không gian trên mặt đất, hạn chế ùn tắc, đặc biệt ở các khu vực có mật độ kinh doanh cao.

- Hạn chế tình trạng lấn chiếm vỉa hè, tăng tính thẩm mỹ cho đô thị.

3.3. Sử Dụng Mô Hình TOD

Trong bối cảnh tốc độ đô thị hóa ngày càng tăng, việc lựa chọn một mô hình quy hoạch đô thị có khả năng giải quyết đồng thời các vấn đề về giao thông, môi trường và chất lượng sống trở nên cấp thiết. Mô hình phát triển định hướng giao thông công cộng (Transit-Oriented Development – TOD) được xem là giải pháp chiến lược trong quy hoạch đô thị hiện đại. Cốt lõi của mô hình này là tổ chức phát triển đô thị xoay quanh các trục giao thông công cộng, tạo ra các khu vực vệ tinh đa chức năng – bao gồm nhà ở, văn phòng, thương mại và giải trí – với mật độ cao, nhằm tối ưu hóa sử dụng đất và hạn chế phụ thuộc vào phương tiện cá nhân.

Các khu chức năng này được kết nối chặt chẽ với nhau thông qua hệ thống giao thông công cộng hiệu quả, giúp hình thành mạng lưới đô thị liên kết, linh hoạt và dễ tiếp cận. Đối với các đô thị hoặc thành phố mới đang trong giai đoạn đầu phát triển, mô hình TOD không chỉ là một định hướng quy hoạch hợp lý mà còn là nền tảng để kiến tạo cấu trúc đô thị bền vững về lâu dài.

Việc đầu tư vào hạ tầng giao thông công cộng ngay từ đầu đóng vai trò then chốt trong việc định hình sự phát triển của đô thị, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng đất, giảm phát thải khí nhà kính và cải thiện chất lượng sống đô thị. Với những lợi thế sẵn có về quỹ đất, tầm nhìn quy hoạch và nguồn lực đầu tư, các đô thị mới có điều kiện thuận lợi để triển khai và vận dụng mô hình TOD một cách hiệu quả.



Hình 3.1. Thí điểm mô hình TOD tại TPHCM



Hình 3.2. Hình ảnh KĐT Vinhomes Grand Park

3.4. Sử dụng ứng dụng BIM (Building Information Modeling)

BIM đóng vai trò là xương sống của xây dựng kỹ thuật số. BIM tạo ra hình ảnh kỹ thuật số của tòa nhà hoặc cơ sở hạ tầng, cho phép các kiến trúc sư, kỹ sư và nhà thầu cộng tác hiệu quả trong suốt vòng đời dự án.

BIM không chỉ tăng cường trực quan hóa mà còn tạo điều kiện phát hiện xung đột về không gian hay chức năng sử dụng, xác định chi phí và phân tích năng lượng điện, ánh sáng, nước ...

Một môi trường xây dựng hiệu quả và bền vững hơn.

Công nghệ kỹ thuật số đã đóng một vai trò quan trọng trong việc chuyển đổi một loạt các ngành dọc.

Trong vài thập kỷ qua, những đổi mới và tiến bộ công nghệ đã giúp nâng cao năng suất, tính bền vững tốt hơn và xác định lại các kỹ năng của lao động liên quan.

Tuy nhiên, trong ngành xây dựng, năng suất đã đạt đến mức trì trệ do phụ thuộc nhiều vào lao động thủ công và công nghệ cơ khí, chưa sẵn sàng thay đổi mô hình hoạt động.

Công nghệ kỹ thuật số đang dần thâm nhập vào thị trường xây dựng và dự kiến sẽ đóng một vai trò quan trọng trong việc thay đổi cách thức xây dựng, thiết kế, bảo trì và vận hành các dự án phát triển cơ sở hạ tầng và bất động sản khác nhau.

Một số công nghệ mới dự kiến sẽ trở nên phổ biến đáng kể trong tương lai gần bao gồm mô hình hóa thông tin tòa nhà (BIM), robot và thiết bị tự động, in 3D, cùng nhiều công nghệ khác. Những công nghệ này đang buộc ngành phải áp dụng các phương pháp xây dựng mới



Hình 3.3. Mô hình thông tin tòa nhà (BIM), in 3D, máy bay không người lái, trí tuệ nhân tạo và Internet vạn vật (IoT).

3.5. Đề xuất các giải pháp để nâng cao hiệu quả quản lý không gian ngầm đô thị tại Việt Nam:

- + Hoàn thiện hệ thống pháp lý và chính sách.
- + Phát triển quy hoạch không gian ngầm tổng thể.
- + Nâng cao năng lực quản lý và phối hợp giữa các cơ quan.
- + Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ.
- + Phát triển nguồn nhân lực chuyên môn.
- + Thu hút đầu tư từ khu vực tư nhân.
- + Nâng cao nhận thức cộng đồng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN:

Nhu cầu sử dụng không gian ngầm ngày càng tăng, việc khai thác, sử dụng và quản lý không gian ngầm ngày càng trở nên quan trọng trong do đô thị hóa nhanh chóng, quỹ đất bề mặt hạn chế và nhu cầu phát triển cơ sở hạ tầng ngày càng tăng. Để nâng cao hiệu quả quản lý không gian ngầm trong đô thị, nhóm nghiên cứu đề xuất một số giải pháp sau:

- + Hoàn thiện hệ thống pháp lý và chính sách.
- + Phát triển quy hoạch không gian ngầm tổng thể.
- + Nâng cao năng lực quản lý và phối hợp giữa các cơ quan.
- + Phát triển nguồn nhân lực chuyên môn.

KIẾN NGHỊ:

Trong công tác quy hoạch không gian ngầm đô thị, nhóm tác giả xin kiến nghị một số nội dung như sau:

- + Sử dụng không gian ngầm một cách tối ưu.
- + Xem xét không gian ngầm trong giai đoạn lập kế hoạch của các dự án xây dựng trong đô thị.
- + Lập kế hoạch phát triển không gian ngầm dài hạn.
- + Thu thập, xây dựng dữ liệu và chia sẻ dữ liệu không gian ngầm.
- + Hỗ trợ phát triển khoa học công nghệ.
- + Xây dựng khả năng phục hồi trước các thiên tai lũ lụt, bão.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Admiraal and Cornaro (2021). Future cities, resilient cities – The role of underground space in achieving urban resilience. Future cities, resilient cities – The role of underground space in achieving urban resilience. ↵
2. Admiraal, H. & Cornaro, A. (2016): Why underground space should be included in urban planning policy – and how this will enhance an urban underground future, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 55: 214-220
3. Aldejohann, S. & Wagner, G. (2010): Das unterirdische Güterverkehrssystem CargoCap – Systemdarstellung und aktueller Stand des Projekts, *Logistik Journal: Proceedings*, Vol. 06
4. Allplan (2020): Architektur unter der Erde – von Earthscrapern und anderen Zukunftskonzepten. <https://blog.allplan.com/de/earthscraper>, last accessed: 28.09.2020.
5. Andreassen, T. (2018): Stad ship tunnel – the world’s first full scale ship tunnel, *Proc. PIANC World Congress*, 11 p.
6. Approach Personnel (2023). UK Construction Industry Growth: 4 Key Drivers for the Next Decade. UK Construction Industry Growth: 4 Key Drivers for the Next Decade. ↵
7. Aptec, M. & Chapman, N. (2019): Underground research laboratories: purposes, evolution of objectives, and brief history, *INTERA presentation to the US nuclear waste technical review board*, 33 p.
8. Armand, G. et al. (2015): Development and new research program in the Meuse Haute-Marne underground research laboratory (France), *Proc. 13. ISRM Congress 2015, International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering*.
9. Bartl, H. (2022): Das Besucherbergwerk „Glückauf“ in Sondershausen besitzt einen aussergewöhnlichen Konzertsaal, *bergbau*, 73(10): 449-451
10. Barton, N. et al. (1994): Predicted and measured performance of the 62 m span Norwegian Olympic ice hockey cavern at Gjøvik, *IJRMMSci.*, 31(6): 617-641
11. Based on conversations with Department for Energy Security and Net Zero (DESNZ). ↵
12. Basisregistratie Ondergrond (2023). About the Key Registry. About the Key Registry. ↵
13. Basisregistratie Ondergrond (2023). Praktijk (Practice). Praktijk (Practice). ↵
14. Bauer, S. et al. (2013): Impacts of the use of the geological subsurface for energy storage: an investigation concept, *Environ. Earth Sci.*, 70: 3935-3943
15. Bauer, S. et al. (2015): Quantifying induced effects of subsurface renewable energy storage, *Energy Procedia*, 76: 633-641
16. BBC News (2019). Bath’s new heritage centre plans unveiled. Bath’s new heritage centre plans unveiled. ↵
17. Bell Cornwell (2023). London councils dig a little deeper: basement policy. London councils dig a little deeper: basement policy. ↵

18. Bérest, P. & Brouard, B. (2003). Safety of salt caverns used for underground storage blow out; mechanical instability; seepage; cavern abandonment. *Oil & Gas Science and Technology*, 58(3), 361-384.
19. Besner, J. (2017): Cities think underground – underground space (also) for people, *Procedia Engineering*, 209: 49-55
20. Bettini, A. (2014): New underground laboratories: Europe, Asia and the Americans, *Physics Dark Universe*, 4: 36-40
21. Bogan, J. & Feeney, A. (2020): Future Cities – Trends and Implications, DSTL/TR115537
22. Bossart, P. et al. (2017): Mont Terri rock laboratory, 20 years of research: introduction, site characteristics and overview of experiments, *Swiss J. Geosci.*, 110: 3-22.
23. Bott, C. et al. (2020): State-of-technology review of water-based closed seasonal thermal energy storage systems, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 113: 109241
24. Brettschneider, F. & Schuster, W. (2013): Stuttgart 21 – Ein Großprojekt zwischen Protest und Akzeptanz, Springer, 75 p.
25. British Geological Survey (2023). British Geological Survey accessing subsurface knowledge data. British Geological Survey accessing subsurface knowledge data ↩
26. British Geological Survey (2024). Glasgow and the Clyde Basin — Clyde Urban Super Project (CUSP) Glasgow and the Clyde Basin — Clyde Urban Super Project (CUSP) ↩ ↩²
27. Broere (2016). Urban underground space: Solving the problems of today's cities. Urban underground space: Solving the problems of today's cities. ↩
28. Burrows et al. (2022). Bunkering down? The geography of elite residential basement development in London. Bunkering down? The geography of elite residential basement development in London. ↩ ↩²
29. BW (2020): Dem Abwasser auf der Spur, Berliner Wasserbetriebe, <https://www.bwb.de/de/991.php>, last accessed: 28.09.2020.
30. Cai, J. & Nelson, J.D. (2019): Underground transport: an overview, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 87: 122-126
31. City of Copenhagen (2016). Copenhagen Climate Projects. Copenhagen Climate Projects. ↩
32. City of Helsinki (2009). UNDERGROUND MASTER PLAN OF HELSINKI. UNDERGROUND MASTER PLAN OF HELSINKI. ↩
33. City of London (2024). Pipe Subways. Pipe Subways. ↩
34. City of London (n.d.) City Plan 2036. City Plan 2036 ↩
35. Cotterill and Bracken (2020). Assessing the Effectiveness of Sustainable Drainage Systems (SuDS): Interventions, Impacts and Challenges. Assessing the

Effectiveness of Sustainable Drainage Systems (SuDS): Interventions, Impacts and Challenges. ↵

36. DB (2015): The Stuttgart-Ulm rail project, DB AG brochure
37. de Beer and Boogaard (2017). Good practices in cultural heritage management and the use of subsurface knowledge in urban areas. Good practices in cultural heritage management and the use of subsurface knowledge in urban areas. ↵
38. De la Cuetara (2022). Helsinki's underground city reflects tense position as Russia's neighbour. Helsinki's underground city reflects tense position as Russia's neighbour. ↵
39. De Luca, G. et al. (2018): A record of changes in the Gran Sasso groundwater before, during and after the 2016 Amatrice earthquake, central Italy, DOI:10.1038/s41598-018-34444-1
40. Delay, J. et al. (2014): Three decades of underground research laboratories: What have we learned?, Geological Society, London, Special Publications, 400, 7-32
41. Department for Digital Culture Media and Sport (2022). UK tech sector retains #1 spot in Europe and #3 in world as sector resilience brings continued growth. UK tech sector retains #1 spot in Europe and #3 in world as sector resilience brings continued growth. ↵
42. Department for Levelling Up, Housing and Communities (2014). Minerals. Minerals. ↵
43. DOA (2019): Subterranean operations, Headquarters, Department of the Army, ATP 3-21.51, 228 p.
44. Dyvik (2024). Share of urban population worldwide in 2023, by continent. Share of urban population worldwide in 2023, by continent. ↵
45. East Dunbartonshire Council (n.d.). Westerhill Regeneration Area Masterplan - Executive Summary. Westerhill Regeneration Area Masterplan - Executive Summary. ↵ ↵²
46. Electric Bear Brewing Company (2023). Our Taproom. Our Taproom. ↵
47. Evidence provided by DESNZ Clean Heat Team in direct correspondence with Government Office for Science. ↵
48. Feeling Congested (2023). Feeling Congested. Feeling Congested. ↵
49. Fern, E.J. et al. (2018): Geotechnical characterisation of a weak sedimentary rock mass at CERN, Geneva, TUST, 77: 249-260
50. Fleuchaus, P. et al. (2018): Worldwide application of aquifer thermal energy storage – a review, Renewable and sustainable Energy Review, 94: 861-876
51. Freeborough, K., Richardson, T., Laban, J., Munday, T. (2023). The Cubic Mile Project: Policy summary and overview. The Cubic Mile Project: Policy summary and overview. ↵
52. Gajda, D. L. (2021). The concept of hydrogen-methane blends storage in underground mine excavations—gas permeability of concrete. In E3S Web of Conferences (S. 03007). EDP Sciences.

53. Gazprom (2020): Underground gas storage, <https://www.gazprom.com/about/production/underground-storage/>, last accessed: 28.09.2020.
54. Geosmart Information (2018). Basement Groundwater Flood Risk: Key issue for London Planning Applications. Basement Groundwater Flood Risk: Key issue for London Planning Applications. ↵
55. Geospatial Commission (2022). The National Underground Asset Register (NUAR) Consultation. The National Underground Asset Register (NUAR) Consultation. ↵
56. Geospatial Commission (2023). NUAR - Economic Case Study. NUAR - Economic Case Study. ↵
57. Geospatial Commission (2023). NUAR available to users in first UK locations. NUAR available to users in first UK locations. ↵
58. Geospatial Commission (2024). About NUAR. About NUAR. ↵
59. Glasgow City Council (2024). Subsurface. Subsurface. ↵
60. Glasgow City Council and British Geological Survey (n.d.). Glasgow. Glasgow. ↵
61. Government of the Netherlands (2013). Spatial Planning in the Netherlands. Spatial Planning in the Netherlands. ↵
62. Government Office for Science (2021). Trend Deck 2021: Urbanisation. Trend Deck 2021: Urbanisation. ↵
63. Greater London Authority (2023). Embedding Change. Embedding Change. ↵
64. Greater London Authority (2024). The Dig Once approach. The Dig Once approach. ↵
65. Greater London Authority (n.d.). Future proofing streetworks. Future proofing streetworks. ↵
66. Griffioen et al. (2014): A technical investigation on tools and concepts for sustainable management of the subsurface in the Netherlands, *Sci. Total Environ.*, 485-486 (1): 810-819
67. Guidotti, R. & Castellani, A. (2017): Tunnel vaults under seismic excitation, DOI: 10.5772/intechopen.76853
68. Holmstad, Ø. (2014): Isbanen i Gjøvik Olympiske Fjellhall, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isbanen_i_Gj%C3%B8vik_Olympiske_Fjellhall.JPG, licensed under CC BY-SA 3.0, last accessed: 28.09.2020.
69. Hunt (2021). How cold war fears helped create Helsinki's subterranean paradise. How cold war fears helped create Helsinki's subterranean paradise. ↵
70. INRIX (2022). INRIX 2022 Global Traffic Scorecard: London Tops List as Most Congested City, U.S. Cities Inch Closer. INRIX 2022 Global Traffic Scorecard: London Tops List as Most Congested City, U.S. Cities Inch Closer. ↵
71. Kallesøe, A.J. & Vangkilde-Pedersen, T. (eds). 2019: Underground thermal energy storage (UTES) – state-of-the-art, example cases and lessons learned.

- HEATSTORE project report, Geothermica – Era Net cofund geothermal. 130 pp + appendices.
72. Kämppi, A. (1994): Viikinmäki: Helsinki's new central wastewater treatment plant, TUST, 9(3): 373-377
 73. KIT (2020): DeepStor – High-temperature deep-underground thermal storage, General description, KIT-flyer
 74. Kitsikoudis, V. et al. (2020): Underground pumped hydropower (UPSH) at the Martelange mine (Belgium): Underground Reservoir Hydraulics, Energies, 13: 3512
 75. Kollarath, R.M. et al. (2019): Underground cities: sustainable urbanism of the future, IJRTE, 8(2S8): 1754-1757
 76. Liu, W. et al. (2016). Tightness and suitability evaluation of abandoned salt caverns served as hydrocarbon energies storage under adverse geological conditions (AGC). Applied Energy, 703-720.
 77. Local Government Authority (2023). Debate on the role of local government in reaching net zero, House of Commons, 5 June 2023. Debate on the role of local government in reaching net zero, House of Commons, 5 June 2023. ↵
 78. London Borough of Hammersmith and Fulham (n.d.). The Local Flood Risk Management Strategy. The Local Flood Risk Management Strategy. ↵
 79. Lowline (2020): Lowline project description, <http://thelowline.org/about/project/>, last accessed: 28.09.2020.
 80. Macrotrends (2023). U.K. Population Density 1950-2024. U.K. Population Density 1950-2024. ↵
 81. Mayor of London (2024). Infrastructure coordination. Infrastructure coordination. ↵
 82. Menedez, J. et al. (2020): Empirical analysis and geomechanical modelling of an underground water reservoir for hydroelectric power plants, Applied Sciences, 10(17): 5853
 83. Menendez, J. et al. (2019): Stability analysis of the underground infrastructure for pumped storage hydropower plants in closed coal mines, TUST, 94: 103117
 84. Merkers (2020): Fotogalerien, <http://www.erlebnisbergwerk.de/de/fotoalbum/>, last accessed: 28.09.2020.
 85. Minerals UK (2021). United Kingdom mineral statistics. United Kingdom mineral statistics. ↵
 86. Ministry of the Environment (1999). Land Use and Building Act. Land Use and Building Act. ↵
 87. Ministry of the Environment (n.d). Land use planning. Land use planning. ↵
 88. Mulder and Bremmer (2005). Urbanization, Industrialization, and Mining. Urbanization, Industrialization, and Mining. ↵
 89. NEOM (2020): www.neom.com, last accessed: 18.01.2021.

90. Pandola, L. (2011): Overview of the European underground facilities, AIP Conference Proceedings, 1338.
91. Planning Portal (2023). Planning Permission. Planning Permission. ↩ ↩² ↩³
92. Purkarthofer, E. et al. (2023) Finland: Overview. Overview. ↩
93. Reso (2020): Untergrundstadt Montreal, <https://www.kanada-spezial.de/attraktionen-in-kanada/untergrundstadt-montreal/>, last accessed: 28.09.2020.
94. Roach (2020). Microsoft finds underwater datacenters are reliable, practical and use energy sustainably. Microsoft. Microsoft finds underwater datacenters are reliable, practical and use energy sustainably. Microsoft. ↩
95. Rockplan (2020): Urban infrastructure, <https://www.rockplan.fi/en/services/urban-infrastructure/>, last accessed: 28.09.2020.
96. Scotland's Nature Agency (2018). Scotland's Geodiversity Charter. Scotland's Geodiversity Charter. ↩
97. Scottish Parliament (2019). Transport (Scotland) Act 2019. Transport (Scotland) Act 2019. ↩
98. Scottish Roadworks Commissioner (2018). Vault – Access to Information on the Location of Underground Pipes and Cables. Vault – Access to Information on the Location of Underground Pipes and Cables. ↩
99. Scruggs (2018). Singapore Is Creating a Subterranean Master Plan. Singapore Is Creating a Subterranean Master Plan. ↩
100. Schmidt, F. et al. (2020): Converting closed mines into giant batteries: Effects of cyclic loading on the geomechanical performance of underground compressed air storage systems, *Journal of Energy Storage*, 32: 101882
101. Schüppler, S. et al. (2019): Techno-economic and environmental analysis of an aquifer thermal energy storage (ATES) in Germany, *Geothermal Energy*, 7:11
102. Soh, C.-K. et al. (2016): Human-centered development of underground work spaces, *Procedia Engineering*, 165: 242-250
103. Sousa, J.G.F. (2015): Contribution of pumped-hydro storage to electrical grids and improvement measures, Master Thesis, Técnico Lisboa, 162 p.
104. Sterling, R.L. & Godard, J.-P. (2000): Geoengineering considerations in the optimum use of underground space, *Proc. ISRM Int. Symp.*, 13 p.
105. Stricker, K. et al. (2020): The potential of depleted oil reservoirs for high-temperature storage systems, *energies*, 13: 6510
106. Tender, M.L. et al. (2017): The role of underground construction for the mobility, quality of life and economic and social sustainability of urban regions, *REM - Int. Eng. J.*, 70(3): 265-271
107. TFWV (2020): Fernwasser für Mittel- und Nordthüringen, Broschüre der Thüringer Fernwasserversorgung

108. TiJ (2020): World-class underground discharge channel, Trends in Japan, https://web-japan.org/trends/11_tech-life/tec130312.html, last accessed: 28.09.2020.
109. Todorov, O. et al. (2020): Aquifer thermal storage (ATES) for district heating and cooling: a novel modeling approach applied in a case study of a finnish urban district, *energies*, 13: 2478
110. Tunnelling Journal (2022). Tunnelling Journal December 2022 / January 2023 Tunnelling Journal December 2022 / January 2023 ↵
111. The Roman Baths (2022). Opening of Roman Baths Clore Learning Centre. Opening of Roman Baths Clore Learning Centre. ↵
112. The Sub Club (2023). Heritage. Heritage. ↵
113. UGE (2020): Underground plants – world practices. Underground Expert <https://undergroundexpert.info/en/underground-space-use/implemented-projects/worldunderground-plants/print/>, last accessed: 28.09.2020.
114. UK Government (2021). UK's path to net zero set out in landmark strategy. UK's path to net zero set out in landmark strategy. ↵
115. Urban Redevelopment Authority (2023). Master Plan. Master Plan. ↵
116. Vähäaho, I. (2011): Helsinki experience with master planning for use of underground space. Proceedings of the joint HKIE-HKIP Conference on Planning and Development of Underground Space, The Hong Kong Institution of Engineers and The Hong Kong Institute of Planners, Hongkong, pp. 1-9. <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/ISOT%20tiedostot/IEIP-Keynote-VAHAAHOVer-3.pdf>, last accessed: 28.09.2020.
117. Varbes (2022). House Prices in Hammersmith and Fulham. House Prices in Hammersmith and Fulham. ↵
118. Volchko, Y. et al. (2020): Subsurface planning: Towards a common understanding of the subsurface as a multifunctional resource, *Land Use Policy*, 90: 104316
119. Von der Tann, L. et al. (2020): Systems approaches to urban underground space planning and management – A review, *Underground Space*, 5(2): 144-166
120. Votano, L. (2010): Underground laboratories, Proc. of the 6th Patras workshop on axions, WIMPs and WISPs, 176 – 179, Zürich, Switzerland
121. Walsh (2021). Growing Underground. Growing Underground. ↵
122. WSP (2018): Taking urban development underground, Future-ready solutions for ensuring urban sustainability, WSP Global Inc., <https://www.wsp.com/-/media/Insights/Global/Documents/GL-MK-RT-BR-Underground-Construction-TechPaper-A4-190327.pdf>, last accessed: 28.09.2020.
123. Zeiss (2018). Dutch portal sharing information about subsurface goes live. Dutch portal sharing information about subsurface goes live. ↵