

# Năng lượng sạch và xu hướng phát triển trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng hiện nay

ThS. Lê Thị Thương

Khoa Kỹ thuật và công nghệ, Trường Đại học Hải Dương

Email: uhdthuonglethi.edu@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/3/2026

Ngày chấp nhận đăng: 24/3/2026

**Tóm tắt** - Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nhu cầu về năng lượng sạch ngày càng trở lên cấp bách, thế giới đang chứng kiến một cuộc chuyển dịch mạnh mẽ từ các nguồn năng lượng truyền thống sang năng lượng tái tạo. Năng lượng sạch được các nước trên thế giới sử dụng chính là nguồn năng lượng tái tạo từ tự nhiên, đó là các dạng năng lượng vô hạn, có thể tự sinh ra hoặc tái tạo như: ánh sáng, gió, sức nóng của mặt trời, dòng chảy của nước, địa nhiệt... Năng lượng sạch là năng lượng được sản xuất trên cơ sở chuyển học từ các nguồn năng lượng sơ cấp tái tạo, ít tác động tiêu cực đến môi trường. Vì vậy, nguồn năng lượng sạch đang được các nước trên thế giới quan tâm. Bài viết này tổng quan về tình hình khai thác và sử dụng các dạng năng lượng sạch trong giai đoạn hiện nay, xu hướng phát triển trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng, phân tích những thách thức và cơ hội tại Việt Nam.

**Từ khóa** - Năng lượng sạch, năng lượng tái tạo, năng lượng tự nhiên, xu hướng phát triển.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay trên toàn thế giới, năng lượng sạch đã trở thành một nguồn tài nguyên không chỉ quan trọng trong việc cung cấp năng lượng cho nhiều quốc gia trên thế giới, mà nó còn đóng vai trò quan trọng trong việc giảm biến đổi khí hậu. Các nguồn năng lượng sạch là dạng năng lượng không gây ô nhiễm không khí và trữ lượng dồi dào từ thiên nhiên như điện mặt trời, năng lượng sạch từ gió, nước, địa nhiệt, khí metan hydrate, pin nhiên liệu, sinh khối (biomass)... Năng lượng sạch là một phần quan trọng của chiến lược phát triển bền vững cho doanh nghiệp sản xuất, là giải pháp biến đổi khí hậu và giảm sự phụ thuộc vào năng lượng hoá thạch.

Việt Nam là quốc gia có tiềm năng cực kỳ to lớn về các nguồn năng lượng sạch nhưng tỷ lệ khai thác tận dụng chưa cao. Vì vậy, bài viết đi vào giới thiệu về tình hình khai thác và sử dụng các dạng năng lượng sạch hiện nay, xu hướng phát triển trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng, phân tích những thách thức và cơ hội tại Việt Nam.

## II. TỔNG QUAN CÁC NGUỒN NĂNG LƯỢNG SẠCH VÀ THỰC TRẠNG KHAI THÁC

### 1. Nhóm năng lượng tái tạo

#### 1.1. Năng lượng gió

Người xưa thường sử dụng các cối xay gió để xay bột hoặc bơm nước. Nhưng ngày nay, cối xay gió được nâng cấp trở thành công nghệ được sử dụng để chuyển gió

thành năng lượng sạch như điện năng để cung cấp cho các thiết bị điện tử như điện thoại hoặc các lưới điện có nhu cầu cao hơn. Những khu vực có đường bờ biển dài lượng gió thổi đều quanh năm sẽ là nơi lý tưởng để phát triển các công nghệ tận dụng nguồn năng lượng sạch này để cung cấp điện năng. Khi những cánh quạt đón một luồng gió, tua bin sẽ chuyển hoá động năng trong gió thành cơ năng rồi tạo ra nguồn điện siêu lớn.

Thông thường có 2 loại tua bin năng lượng gió: tuabin trục ngang và tuabin trục dọc. Người ta thường xây dựng các cánh đồng năng lượng quạt gió ở trong đất liền nơi gần các hồ chứa lớn hoặc gần bờ biển.

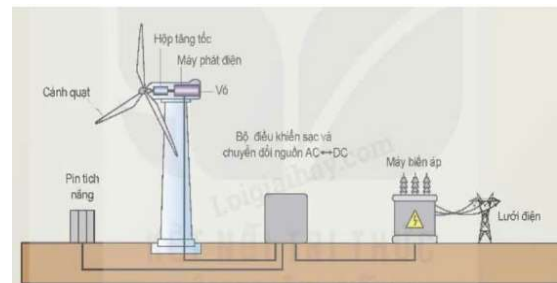
Ngoài những ưu điểm và lợi ích mang lại, năng lượng sạch lấy từ gió cũng có nhiều hạn chế. Một vài nhược điểm của năng lượng gió được kể tên nhưng tính chất không ổn định cũng như tiếng ồn ào từ các cánh quạt gây ảnh hưởng đến đời sống của các hộ gia đình gần đó.

Việt Nam có đường bờ biển dài lượng gió nhiều và phân bố đều quanh năm. Đây là địa thế rất thuận lợi cho việc khai thác hiệu quả cũng như phát triển các nguồn năng lượng sạch liên quan đến gió.

Các dự án năng lượng gió tại Việt Nam hiện đang được xây dựng ở các tỉnh thành như Bình Thuận, Gia Lai, Đắk Lắk, Quảng Bình, Bạc Liêu...

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng gió:

Năng lượng gió là một nguồn năng lượng sạch, tái tạo và ngày càng được sử dụng rộng rãi để thay thế các nguồn năng lượng hóa thạch.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng gió

Nguyên lý làm việc của năng lượng gió dựa trên việc chuyển đổi động năng của gió thành điện năng thông qua các bước sau:

- Gió thổi vào cánh quạt:
- + Gió làm quay các cánh quạt tua bin gió;

+ Cánh quạt được thiết kế theo nguyên lý khí động học để thu tối đa động năng từ gió.

- Trục quay truyền động: Khi cánh quạt quay, trục quay trung tâm của tua bin cũng quay theo.

- Hộp số: tăng tốc độ quay, tùy loại tua bin.

+ Một số tua bin có hộp số để tăng tốc độ quay của trục, giúp máy phát điện hoạt động hiệu quả hơn.

+ Một số tua bin không có hộp số (direct-drive) mà kết nối trực tiếp với máy phát.

- Máy phát điện:

+ Biến đổi năng lượng cơ học thành điện năng;

+ Có thể là máy phát đồng bộ hoặc máy phát cảm ứng.

- Bộ chỉnh lưu & Biến tần:

+ Chỉnh lưu giúp chuyển đổi dòng điện xoay chiều không ổn định từ máy phát thành dòng điện một chiều;

+ Biến tần (inverter) điều chỉnh điện áp và tần số để phù hợp với lưới điện hoặc thiết bị sử dụng.

- Hòa lưới điện hoặc cung cấp điện cục bộ: Điện năng sau khi chuyển đổi sẽ được đưa vào lưới điện quốc gia hoặc sử dụng cho các thiết bị điện.

### 1.2. Năng lượng mặt trời

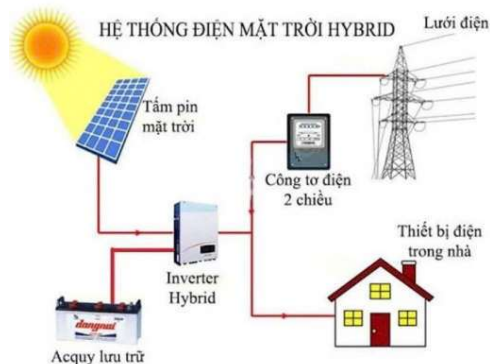
Mặt trời là nguồn năng lượng sạch có trữ lượng vô cùng dồi dào mà chúng ta có thể khai thác trong tương lai, dù là hàng triệu năm nữa. Nguồn năng lượng mặt trời thường đến từ các tia bức xạ nhiệt từ “quả cầu đỏ” đến Trái Đất. Hiện nay, đầu tư nghiên cứu và phát triển vào năng lượng lấy từ ánh sáng mặt trời đang được đẩy mạnh trên toàn cầu và nó quy mô lớn nhất so với các nguồn năng lượng tái tạo khác.

Theo ước tính, cứ 1km tấm pin năng lượng mặt trời được khai thác sẽ thu được 200 MWp lượng điện cần thiết. Con số to lớn về nguồn năng lượng sạch có thể đáp ứng đủ nhu cầu sử dụng điện của hơn 200 000 hộ gia đình. Hơn nữa, quá trình khai thác lẫn ứng dụng pin năng lượng mặt trời để sản xuất điện hầu như không gây sản sinh ra chất thải gây ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người. Có thể nói, nguồn năng lượng mặt trời chính là một dạng năng lượng sạch tiềm năng mà chúng ta có thể khai thác mà không sợ bị cạn kiệt như năng lượng hoá thạch cũng dễ dàng khai thác dù ở bất cứ đâu trên toàn thế giới.

Các nước đang dẫn đầu trên thế giới lĩnh vực sản xuất các tấm pin năng lượng mặt trời đó là Đức, Nhật Bản, Trung Quốc, Ý, Pháp, Mỹ... Đây cũng đều là những quốc gia dẫn đầu về phát triển bền vững. Riêng Việt Nam, năng lượng sạch từ điện mặt trời đang được khai thác và đưa vào sử dụng phổ biến. Hiện nay, các nhà sản xuất điện từ nguồn năng lượng mặt trời đạt sản lượng nhiều nhất là tại Bình Dương, Đắk Lắk, Bến Tre, Cần Thơ.

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng mặt trời:

Nguyên lý làm việc của năng lượng mặt trời dựa trên việc chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành các dạng năng lượng khác như điện năng hoặc nhiệt năng.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng mặt trời

- Hệ thống năng lượng gồm các thành phần chính sau:

+ Tấm pin mặt trời (Solar Panel): Chuyển đổi năng lượng mặt trời thành điện năng một chiều (DC).

+ Bộ điều khiển sạc (Solar Charge Controller): Kiểm soát dòng điện từ tấm pin vào ắc quy, bảo vệ ắc quy khỏi quá tải hoặc xả quá mức.

+ Ắc quy (Battery - tùy hệ thống có hoặc không có): Lưu trữ điện để sử dụng khi không có ánh sáng mặt trời.

+ Inverter (Bộ biến tần): Chuyển đổi dòng điện một chiều (DC) từ tấm pin hoặc ắc quy thành dòng xoay chiều (AC) để cung cấp cho các thiết bị điện.

+ Tải tiêu thụ (Load): Các thiết bị điện sử dụng năng lượng từ hệ thống.

+ Lưới điện (nếu có - đối với hệ thống hòa lưới): Trong hệ thống năng lượng mặt trời hòa lưới, phần điện dư có thể được đưa lên lưới hoặc lấy điện từ lưới khi cần.

- Hệ thống năng lượng mặt trời có 2 nguyên lý chính:

+ Nguyên lý hoạt động của chuyển đổi quang điện: Tế bào quang điện (solar cell) trong tấm pin mặt trời có chứa các vật liệu bán dẫn (thường là silicon). Khi ánh sáng mặt trời chiếu vào, các photon va chạm với nguyên tử trong chất bán dẫn, làm giải phóng electron, tạo ra dòng điện một chiều (DC).

+ Nguyên lý làm việc của chuyển đổi quang nhiệt (nhiệt mặt trời): Sử dụng bức xạ mặt trời để làm nóng chất lỏng hoặc không khí, sau đó chuyển thành năng lượng nhiệt để sử dụng trong các ứng dụng khác nhau.

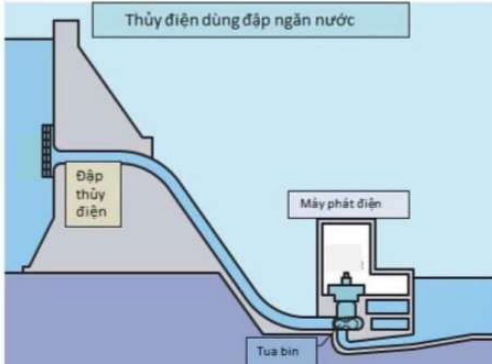
Tóm lại: Nếu muốn tạo điện, ta sử dụng pin mặt trời (hiệu ứng quang điện). Nếu muốn tạo nhiệt, ta sử dụng máy nước nóng hoặc hệ thống CSP (hiệu ứng quang nhiệt).

### 1.3. Năng lượng nước

Đây là nguồn năng lượng sạch tiếp theo đáng để đầu tư từ nước, cụ thể là từ sông, suối và những đợt sóng biển chuyển động ngoài đại dương. Bên cạnh năng lượng mặt trời, năng lượng sạch từ đại dương cũng được ứng dụng phổ biến ở Việt Nam. Ngoài từ tận lực chảy mãnh liệt từ suối hoặc các con sông lớn hoặc năng lượng từ đại dương để chạy máy phát điện. Nước ta có tiềm năng khai thác và phát triển năng lượng rất lớn với tổng chiều dài bờ biển lên đến 3260 km, vùng biển đặc quyền kinh tế rộng 200

hải lý cùng mạng lưới sông ngòi dày đặc, giúp đáp ứng được nhu cầu điện tại Việt Nam.

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng nước:



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng nước

Sơ đồ nguyên lý của năng lượng nước (thủy điện) thường thể hiện quá trình chuyển đổi năng lượng từ nước thành điện năng. Một sơ đồ cơ bản bao gồm các thành phần sau:

- Hồ chứa nước: Nước từ sông hoặc hồ được chứa lại trong một hồ chứa lớn (thường là đập nước). Lượng nước này sẽ được sử dụng để tạo ra lực đẩy.
- Đập nước: Đập tạo ra sự chênh lệch độ cao giữa hồ chứa và khu vực dưới đập. Lực của nước từ độ cao này được sử dụng để quay tuabin.
- Turbine (Tuabin nước): Khi nước được thả từ hồ chứa xuống, nó tạo ra một dòng chảy mạnh, làm quay các cánh quạt của tuabin.
- Máy phát điện: Tuabin quay làm quay rotor của máy phát điện, chuyển động cơ học này thành điện năng.
- Lưới điện: Điện năng sản sinh ra từ máy phát điện được đưa vào lưới điện để cung cấp cho các khu vực dân cư và công nghiệp.
- Hệ thống điều khiển: Kiểm soát lưu lượng nước và tốc độ quay của tuabin để duy trì sản lượng điện ổn định.

#### 1.4. Năng lượng địa nhiệt

Năng lượng địa nhiệt được hình thành từ các hoạt động phân huỷ phóng xạ của khoáng vật và từ nguồn nhiệt mặt trời giữ lại nằm sâu dưới các hòn đảo, núi lửa. Đây là nguồn năng lượng được khai thác bằng cách hút nước nóng từ hàng nghìn mét sâu dưới lòng đất để quay tuabin điện. Cứ xuống sâu 33m nhiệt độ trong lòng đất tăng lên 1°C. Do đó, đào sâu 30km trở xuống bất kỳ chỗ nào cũng có khả năng đem lại một nguồn năng lượng địa nhiệt khổng lồ. Chẳng hạn như ở độ sâu 60km, nhiệt độ thu được lên đến 1800°C.

Ưu điểm của nguồn năng lượng sạch này là ít phát thải nhà kính, ít gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái. Hơn nữa, so với các nguồn tái tạo khác như năng lượng từ mặt trời, năng lượng gió hay thủy điện, năng lượng địa nhiệt có một nhu cầu lớn đó là không phụ thuộc vào thời tiết hay khí hậu và tiềm năng đủ lớn để chúng ta tiếp tục khai thác trong tương lai. Hơn nữa, năng lượng địa nhiệt từ sâu

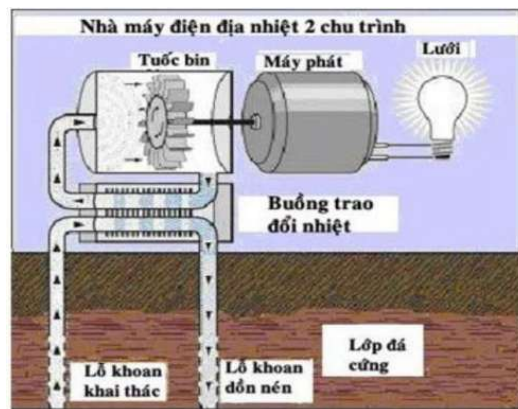
trong lòng đất có thể khai thác với công suất 24/7.

Tuy nhiên, để khai thác được nước nóng có nhiệt độ rất lớn ở sâu trong lòng đất đòi hỏi công nghệ khai thác hiện đại, cơ sở hạ tầng cung cấp đủ kỹ thuật tiên tiến chính là nhược điểm to lớn của năng lượng địa nhiệt, khiến việc khai thác và sử dụng năng lượng này vẫn chưa được phổ biến rộng rãi, dù là các nước phát triển.

Hiện tại, nước ta chưa có hoặc có rất ít điều kiện khai thác nguồn năng lượng này. Tuy nhiên, thế giới đã sử dụng nó từ thập kỷ trước và hiện nay có hơn 30 nước khai thác năng lượng địa nhiệt với công suất lên đến 12 000MW. Một số quốc gia dẫn đầu trong lĩnh vực này có thể kể đến đó là Mỹ, Philippines, Indonesia.

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng địa nhiệt:

Năng lượng địa nhiệt là một giải pháp quan trọng trong việc phát triển năng lượng tái tạo, giúp giảm thiểu khí thải và phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng địa nhiệt

Nguyên lý làm việc của năng lượng địa nhiệt dựa trên việc khai thác nhiệt lượng từ lòng đất để tạo ra điện hoặc cung cấp nhiệt cho các ứng dụng khác. Dưới đây là cách thức hoạt động của năng lượng địa nhiệt:

- Nguồn gốc của năng lượng địa nhiệt:

- + Lõi Trái Đất có nhiệt độ rất cao (khoảng 5000 - 7000°C), sinh ra từ sự phân rã phóng xạ của các nguyên tố như uranium, thorium và kali;
- + Nhiệt này truyền lên các lớp trên của vỏ Trái Đất, làm nóng nước ngầm, tạo thành hơi nước hoặc nước nóng dưới lòng đất.

- Khai thác năng lượng địa nhiệt:

Có ba phương pháp chính để khai thác năng lượng địa nhiệt

Phương pháp 1: Hệ thống hơi nước khô (Dry Steam)

- Hơi nước từ các mạch nước siêu nóng dưới lòng đất được dẫn trực tiếp lên tua bin để tạo ra điện.

- Ví dụ: Nhà máy địa nhiệt Geysers ở California, Mỹ.

Phương pháp 2: Hệ thống nước nóng (Flash Steam)

- Nước nóng từ lòng đất (150 - 370°C) được đưa lên bề mặt, giảm áp suất đột ngột để tạo thành hơi nước.

- Hơi nước này quay tua bin phát điện, phần nước dư được bơm ngược vào lòng đất.

Phương pháp 3: Hệ thống chu trình nhị phân (Binary Cycle)

- Sử dụng nước nóng ở nhiệt độ trung bình (khoảng 90-150°C) để làm bay hơi một chất lỏng có điểm sôi thấp (như isobutane hoặc pentane).

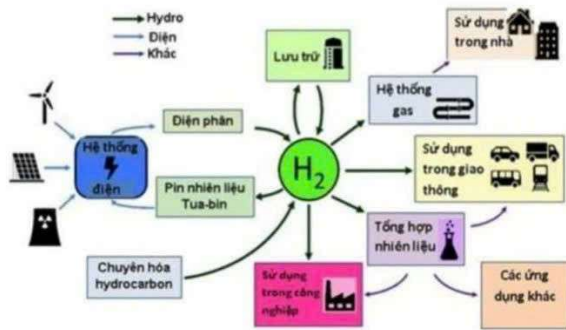
- Hơi của chất lỏng này quay tua bin phát điện, sau đó được làm lạnh và tái sử dụng.

## 2. Nhóm năng lượng mới và chuyển đổi

### 2.1. Pin nhiên liệu

Đây là kỹ thuật cung cấp năng lượng sạch và không gây hại cho môi trường nhờ khả năng không thải bất kỳ khí thải CO<sub>2</sub> hoặc chất khí độc nào khác. Cơ chế tạo ra điện của pin nhiên liệu đến từ phản ứng Hydro và Oxy. Đây là hai chất khí có sẵn trong tự nhiên nên không hề gây hại đến môi trường. Đối với lĩnh vực này, Nhật Bản đang là quốc gia dẫn đầu, đặc biệt là áp dụng cho các phương tiện giao thông hay các thiết bị dân dụng.

\* Nguyên lý hoạt động của pin nhiên liệu



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng pin nhiên liệu

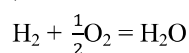
- Về phương diện hoá học pin nhiên liệu là phản ứng ngược lại của sự điện phân. Trong quá trình điện phân, nước bị tách ra thành khí hydro và oxy nhờ vào năng lượng điện. Pin nhiên liệu lấy hay chất này biến đổi chúng thành nước và tạo ra dòng điện ở mạch ngoài. Nhiên liệu (khí H<sub>2</sub> được dẫn liên tục vào điện cực anode; còn chất oxy hoá, thông thường là oxy, được đưa vào cathode. H<sub>2</sub> đi qua màng tiếp xúc tác dưới tác dụng của áp suất. Khi một phân tử H<sub>2</sub> đến tiếp xúc với bề mặt kim loại như Bạch kim (Pt), sẽ phân tách thành 2H<sup>+</sup> và 2e<sup>-</sup>.

- Phản ứng tại anode:  $H_2 = 2H^+ + 2e^-$

- Các proton H<sup>+</sup> di chuyển trong chất điện giải xuyên qua màng đi đến cathode. Các điện tử được giải phóng đi từ anode qua mạch bên ngoài về cathode kết hợp với khí oxy và các ion H<sup>+</sup> sinh ra nước đồng thời tạo ra dòng điện ở mạch ngoài.

- Phản ứng tại cathode:  $\frac{1}{2}H_2 + 2e^- + 2H^+ = H_2O$

- Phản ứng tổng quát trong pin nhiên liệu:



### 2.2. Năng lượng sinh khối

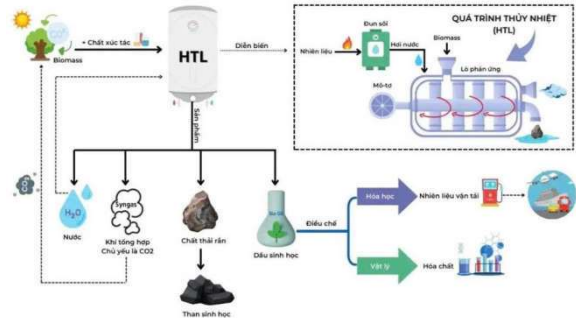
Năng lượng sinh khối (hay còn gọi là biomass) là một dạng lượng sạch được sản xuất từ thực vật, bao gồm gỗ, bã mía, vỏ hạt điều, trấu... đây đều là những sản phẩm đầu cuối từ ngành nông nghiệp. Nguồn nhiên liệu này được dùng để cung cấp năng lượng sạch cho các nhà máy sản xuất công nghiệp bằng cách đốt trực tiếp bên trong buồng đốt của các hệ thống lò hơi.

Hiện nay, nguồn năng lượng sạch chiếm khoảng 15% trong tổng sản lượng tiêu thụ trên toàn thế giới. Ở nước ta, xu hướng chuyển đổi năng lượng sạch từ nhiên liệu hoá thạch sang biomass vẫn còn khá mới mẻ chưa được nhiều doanh nghiệp chú ý.

Tuy nhiên, với tiềm năng là nước nông nghiệp, Việt Nam có thể có khả năng đáp ứng một lượng lớn biomass, đảm bảo nhu cầu năng lượng sạch trong các nhà máy, đồng thời bảo vệ môi trường tương lai.

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng sinh khối:

Năng lượng sinh khối (biomass energy) là năng lượng được tạo ra từ các nguyên liệu sinh khối như gỗ, phụ phẩm nông nghiệp, chất thải hữu cơ, tảo, hoặc rác thải sinh học. Nguyên lý hoạt động của năng lượng sinh khối dựa trên quá trình chuyển hóa sinh khối thành các dạng năng lượng khác như nhiệt, điện hoặc nhiên liệu sinh học.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng sinh khối

Đây là sơ đồ nguyên lý năng lượng sinh khối, thể hiện quá trình chuyển đổi sinh khối thành năng lượng thông qua các công nghệ như đốt trực tiếp, khí hóa, nhiệt phân và tiêu hóa kỵ khí.

- Đốt trực tiếp: Đốt cháy sinh khối để tạo ra nhiệt và hơi nước, chạy tuabin phát điện hoặc sưởi ấm.

- Khí hóa (Gasification): Chuyển đổi sinh khối thành khí tổng hợp (syngas), có thể đốt để tạo nhiệt hoặc phát điện.

- Pyrolysis: Phân hủy sinh khối trong điều kiện thiếu oxy để tạo ra dầu sinh học (bio-oil), than sinh học (biochar) và khí tổng hợp.

- Lên men (Fermentation): Chuyển hóa sinh khối chứa đường hoặc tinh bột thành ethanol để dùng làm nhiên liệu sinh học.

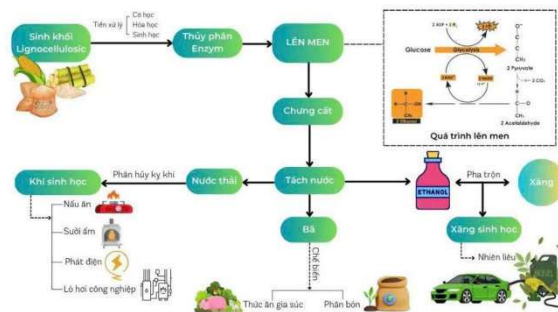
- Tiêu hóa kỵ khí (Anaerobic Digestion): Phân hủy sinh khối hữu cơ trong môi trường không có oxy để tạo ra khí metan (biogas).

Năng lượng sinh khối là một giải pháp bền vững giúp giảm ô nhiễm và thay thế nhiên liệu hóa thạch. Tuy nhiên, cần phát triển công nghệ để nâng cao hiệu suất và quản lý nguồn nguyên liệu sinh khối hợp lý.

**2.3. Năng lượng từ lên men sinh học**

Sự lên men sinh học các đồ phế thải sinh hoạt sản sinh khí Metan. Đây là một loại khí đốt được sản xuất từ việc tận dụng nguồn rác thải, giảm bớt gánh nặng về môi trường tại các khu vực đô thị đang bị quá tải. Năng lượng sinh học được tạo ra nhờ quá trình lên men sẽ được ứng dụng để cung cấp cho máy phát điện. Bên cạnh đó, phần còn lại lấy từ chất thải sinh hoạt sau khi lên men sẽ được tận dụng làm phân bón trong lĩnh vực nông nghiệp.

\* Nguyên lý hoạt động của năng lượng từ lên men sinh học:



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý của năng lượng từ lên men sinh học

Nguyên lý làm việc của năng lượng từ lên men sinh học có các bước chính sau:

- Nguyên liệu đầu vào: Các chất hữu cơ như chất thải nông nghiệp, phân động vật, rác thải hữu cơ, hoặc sinh khối thực vật;
- Tiền xử lý: Nghiền, cắt nhỏ, thủy phân hoặc tiền lên men để tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật phân hủy;
- Quá trình lên men kỵ khí: Vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ trong điều kiện thiếu oxy, tạo ra khí sinh học (biogas), chủ yếu là methane (CH<sub>4</sub>) và carbon dioxide (CO<sub>2</sub>);
- Thu gom & xử lý khí sinh học: Biogas được tinh chế để loại bỏ tạp chất như hydro sulfide (H<sub>2</sub>S), sau đó có thể sử dụng để đốt cháy tạo nhiệt hoặc phát điện;
- Sản phẩm phụ (bã thải hữu cơ): Phần chất rắn còn lại sau lên men có thể sử dụng làm phân bón hữu cơ hoặc xử lý tiếp để tái sử dụng.

**3. Đánh giá thực trạng khai thác tại Việt Nam so với thế giới**

**3.1. Thực trạng khai thác tài nguyên trên thế giới**

- Khai thác tài nguyên ở mức rất cao và vượt khả năng tái tạo của Trái Đất (gần 20%).
- Tiêu thụ năng lượng hoá thạch (than, dầu, khí) tăng mạnh (gần bằng 700% trong 40 năm).
- Xu hướng chung của thế giới:
  - + Chuyển sang khai thác bền vững;
  - + Ứng dụng công nghệ cao, tiết kiệm tài nguyên;

- + Phát triển năng lượng tái tạo.

**3.2. Thực trạng khai thác tài nguyên ở Việt Nam**

- Có nguồn tài nguyên đa dạng (khoáng sản, rừng, biển...).
- Góp phần quan trọng vào tăng trưởng kinh tế.
- Đang giảm dần phụ thuộc vào khai khoáng (tỷ trọng GDP giảm từ 6.4% - 2,8%)
- Bắt đầu hướng tới kinh tế tuần hoàn, phát triển bền vững.
- Tình khai thác ở Việt Nam có quy mô nhỏ, công nghệ lạc hậu:
  - + Nhiều mỏ nhỏ, phân tán, khai thác thủ công;
  - + Không tận thu hết tài nguyên dẫn đến thất thoát lớn.

Qua đó, ta thấy: Việt Nam tuy giàu tài nguyên nhưng khai thác chưa hiệu quả, còn thua kém thế giới về công nghệ, quản lý và mức độ bền vững.

Xu hướng hiện nay là giảm khai thác thô, tăng sử dụng hiệu quả và phát triển bền vững. Theo nguồn thống kê về tỷ trọng và sản lượng nguồn năng lượng được sử dụng trên thế giới của Cục thông tin, thống kê, Bộ Khoa học & Công nghệ

Năm	Tỷ trọng & sản lượng (%)
2023	30
2025	35

Từ đó ta thấy năng lượng sạch đang tiến gần tới việc vượt điện than trong cơ cấu điện.

Theo nguồn Báo Công Thương mục tiêu của quốc gia đến năm 2045 giảm phát khí thải nhà kính từ năng lượng 70 - 80%.

**III. XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN TRONG BỐI CẢNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG**

**1. Xu hướng tích hợp hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS)**

- Kết hợp với các nguồn năng lượng tái tạo đó là kết hợp điện gió + điện mặt trời + ESS thành hệ thống đồng bộ. Trong đó ESS giúp làm giảm biến động công suất và lưu trữ điện dư và phát khi cần. Hệ thống này đang tiến tới vận hành độc lập 100% năng lượng tái tạo.
- ESS chuyển từ phụ trợ sang trung tâm của lưới điện đó là công nghệ grid-forming ESS đang nổi lên không chỉ lưu trữ mà còn được sử dụng để đảm bảo nguồn điện ổn định về tần số và điện áp, đóng vai trò như máy phát ảo.
- Tích hợp AI, IoT và phần mềm điều khiển thông minh, ESS ứng dụng dự báo tải và sản lượng, tối ưu vận hành, kéo dài tuổi thọ pin...

Vậy xu hướng tích hợp ESS đang chuyển từ thiết bị lưu trữ sang nền tảng điều phối năng lượng thông minh. Trong tương lai gần, ESS sẽ là xương sống của hệ thống điện tái tạo, được điều khiển bằng AI, và hoạt động như một phần của hệ sinh thái năng lượng số hoá.

- Xu hướng phát triển:
- + Giảm giá thành pin (đặc biệt lithium-ion);
- + Phát triển công nghệ pin mới (solid-state, sodium-ion);
- + Mở rộng quy mô ES trong lưới điện quốc gia;
- + Tăng cường tích hợp AI và hệ thống quản lý năng lượng.

## 2. Xu hướng số hoá và điều khiển thông minh trong quản lý năng lượng (Smart Grid, AI)

- Số hoá trong ngành năng lượng là quá trình tích hợp các công nghệ như IoT, dữ liệu lớn (Big Data), điện toán đám mây và trí tuệ nhân tạo vào hệ thống điện nhằm:

- + Tăng hiệu quả vận hành;
- + Tối ưu hoá năng lượng;
- + Giảm chi phí và phát thải;
- + Nâng cao độ tin cậy và khả năng phản ứng của hệ thống.

Xu hướng này đang diễn ra mạnh mẽ trong bối cảnh chuyển dịch sang năng lượng tái tạo và yêu cầu phát triển bền vững.

- Sử dụng Smart Grid và AI trong hệ thống điện. Smart Grid là hệ thống lưới điện sử dụng công nghệ số để giám sát, điều khiển tối ưu hoá việc sản xuất, truyền tải và tiêu thụ điện năng theo thời gian thực.

- Khi kết hợp giữa Smart Grid và AI sẽ tạo ra hệ thống năng lượng: tự động và thích ứng theo hành vi tiêu thụ, ra quyết định tự động trong thời gian thực, tối ưu hoá toàn hệ thống từ phát đến tiêu thụ.

Việc ứng dụng Smart Grid và AI không chỉ giúp nâng cao hiệu quả mà còn là yếu tố then chốt để xây dựng hệ thống năng lượng bền vững, linh hoạt và thích ứng với tương lai.

- Xu hướng phát triển:
- + Phát triển lưới điện siêu thông minh (Super Smart Grid);
- + Ứng dụng AI nâng cao và học sâu (Deep Learning);
- + Tích hợp xe điện (EV) vào hệ thống điện;
- + Phát triển microgrid và hệ thống năng lượng phân tán.

## 3. Chuyển dịch từ năng lượng hoá thạch sang Hydro và Amoniac xanh

- Điện từ gió có thể được dùng để điện phân nước, tạo ra hydro xanh (Green Hydrogen) - một dạng nhiên liệu sạch cho tương lai.

- Amoniac xanh (NH<sub>3</sub>) được sản xuất từ hydro xanh kết hợp với nitơ trong không khí, sử dụng năng lượng tái tạo.

- Việt Nam có nhiều điều kiện thuận lợi:
- + Nguồn năng lượng tái tạo dồi dào (điện gió, mặt trời);
- + Vị trí thuận lợi cho xuất khẩu năng lượng;
- + Nhu cầu chuyển dịch năng lượng cao.

- Xu hướng phát triển:
- Các quốc gia như Nhật Bản, Hàn Quốc, EU đang đầu tư mạnh vào hydro và ammoniac.
- Hình thành chuỗi cung ứng hydro toàn cầu.
- Phát triển công nghệ điện phân và lưu trữ năng lượng.
- Thúc đẩy chính sách hỗ trợ và giảm chi phí.

## 4. Mô hình năng lượng phi tập trung (Decentralized Energy)

- Mô hình năng lượng phi tập trung (Decentralized Energy) là hệ thống sản xuất và cung cấp năng lượng được phân tán tại nhiều điểm gần nơi tiêu thụ. Thay vì phụ thuộc vào các nhà máy điện quy mô lớn và lưới điện tập trung truyền thống.

- Xu hướng phát triển:
- + Kết hợp với xe điện (EV) như nguồn dự trữ di động;
- + Phát triển các cộng đồng năng lượng (Energy Communities);
- + Ứng dụng rộng rãi tại khu vực nông thôn và vùng xa;
- + Tăng cường chính sách hỗ trợ từ chính phủ.

## IV. PHÂN TÍCH NHỮNG THÁCH THỨC VÀ CƠ HỘI TẠI VIỆT NAM

### 1. Thách thức về hạ tầng lưới điện và công nghệ

- Chi phí ban đầu cao.
- Vấn đề bảo mật dữ liệu và an ninh mạng.
- Yêu cầu hạ tầng công nghệ đồng bộ.
- Thiếu nguồn nhân lực chất lượng cao.
- Thiếu cơ chế chính sách rõ ràng.
- Khó quản lý đồng bộ hệ thống.
- Vấn đề ổn định lưới điện khi tích hợp nhiều nguồn nhỏ.

### 2. Cơ hội từ các chính sách quốc tế và chuyển giao công nghệ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nhu cầu phát triển bền vững, nhiều quốc gia đã cam kết giảm phát thải khí nhà kính thông qua các thoả thuận quốc tế như United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) và Paris Agreement.

- Các chính sách đó thúc đẩy:
- + Giảm phụ thuộc vào năng lượng hoá thạch;
- + Tăng tỷ trọng năng lượng tái tạo;
- + Hỗ trợ tài chính và công nghệ cho các nước phát triển.
- \* Các chính sách và sáng kiến quốc tế quan trọng
- Thoả thuận và cam kết khí hậu:
- + Paris Agreement: cam kết giữ mức tăng nhiệt độ toàn cầu dưới 2<sup>0</sup>C;
- + Cam kết phát thải ròng bằng "0" (Net Zero) của nhiều quốc gia.
- Cơ chế tài chính quốc tế:

- + Green Climate Fund (GCF): hỗ trợ tài chính cho các dự án năng lượng sạch;
- + World Bank và Asian Development Bank: tài trợ vốn, hỗ trợ kỹ thuật.
- Hợp tác công nghệ:
- + Các chương trình chuyển giao công nghệ sạch giữa các nước phát triển và đang phát triển;
- + Sáng kiến của International Renewable Energy Agency nhằm thúc đẩy phổ biến năng lượng tái tạo.
- \* Cơ hội từ chuyển giao công nghệ
- Tiếp cận công nghệ tiên tiến:
- + Công nghệ điện mặt trời, điện gió, lưu trữ năng lượng;
- + Công nghệ sản xuất hydro và ammoniac xanh.
- Nâng cao năng lực nội địa:
- + Đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật cao;
- + Phát triển ngành công nghiệp hỗ trợ.
- Giảm chi phí đầu tư:
- + Nhờ quy mô và công nghệ tiên tiến;
- + Tăng khả năng cạnh tranh của năng lượng tái tạo..
- Thúc đẩy đổi mới sáng tạo:
- + Hợp tác nghiên cứu và phát triển (R&D);
- + Ứng dụng công nghệ số trong năng lượng.

#### V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài viết đã tổng quan được tình hình khai thác và sử dụng năng lượng sạch, xu hướng phát triển trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng, phân tích những thách thức và cơ hội tại Việt Nam.

Năng lượng sạch là các dạng năng lượng ít hoặc không gây ô nhiễm môi trường, thường được khai thác từ các

nguồn tự nhiên và tái tạo ứng dụng trong các lĩnh vực đời sống sinh hoạt, công nghiệp, công nghiệp.. mang lại hiệu quả kinh tế. Các dạng năng lượng sạch này đang ngày càng được nghiên cứu và phát triển để thay thế dần các nguồn năng lượng hóa thạch, góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu, hiệu ứng nhà kính và bảo vệ môi trường cũng là vấn đề cấp bách trong nước cũng như trên thế giới. Chính vì vậy mà Việt Nam cần đầu tư công nghệ cao để khai thác tận dụng nguồn năng lượng này để dần thay thế các nguồn năng lượng từ hoá thạch và nghiên cứu đưa ra các cơ chế chính sách hợp lý để thúc đẩy phát triển trong nước và phát huy hợp tác các nước trên Thế giới.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Năng lượng Việt Nam, *Diễn đàn năng lượng sạch Việt Nam (lần 4)*, Truy cập tại [nangluongvietnam.vn](http://nangluongvietnam.vn).
- [2] Vũ Phong Energy Group, *Phát triển năng lượng sạch vì môi trường xanh và phát triển bền vững*, Truy cập tại [vuphong.vn](http://vuphong.vn).
- [3] Studocu.vn, *Thực trạng khai thác tài nguyên tại Việt Nam và thế giới*, Truy cập tại <https://www.studocu.vn/vn>.
- [4] Vietnam Zero Waste, *Giải pháp nhiên liệu sinh khối hàng đầu Việt Nam*, Truy cập tại <https://vietnamzerowaste.vn>.
- [5] Thuanhai.com.vn, *Các phương pháp chuyển hoá năng lượng từ sinh khối*, Truy cập tại <https://thuanhai.com.vn>.
- [6] Unisolar.com.vn, *Nguyên lý hoạt động của điện mặt trời*, Truy cập tại <https://unisolar.com.vn>
- [7] Phạm Gia, *Tim hiểu chung về vai trò cấu tạo của hệ thống địa nhiệt*, Truy cập tại <https://phamgiacons.com>.
- [8] Technologymag, *Nhà máy thủy điện nguyên lý hoạt động và đặc trưng*. Truy cập tại <https://www.technologymag.net>.
- [9] Nguyễn Văn Như, Trương Như Tùng, *Tiến bộ mới trong công nghệ sản xuất hydro sạch và nhiên liệu tổng hợp dựa trên hydro*, Viện năng lượng và Khí hậu, Trong tâm nghiên cứu Khoa học và Kỹ thuật Juelich.
- [10] Studocu.vn, *Tổng quan về pin nhiên liệu lịch sử nguyên lý và ứng dụng*, Truy cập tại <https://www.studocu.vn/vn>