

KINH TẾ TUẦN HOÀN CHO TẮM PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI: TỔNG QUAN CHÍNH SÁCH TẠI MỘT SỐ QUỐC GIA

● ĐỖ THỊ HIỆP

TÓM TẮT:

Kinh tế tuần hoàn đóng vai trò quan trọng trong quản lý vòng đời của tấm pin năng lượng mặt trời, đảm bảo chúng được sử dụng hiệu quả và bền vững. Nhiều quốc gia đã ban hành quy định chính sách khác nhau để tạo môi trường pháp lý thúc đẩy các chiến lược và mô hình kinh tế tuần hoàn cho tấm pin mặt trời. Nghiên cứu này cung cấp cái nhìn tổng quan về chính sách kinh tế tuần hoàn cho các giai đoạn của vòng đời tấm pin năng lượng mặt trời tại Châu Âu, Hoa Kỳ và Trung Quốc. Hệ thống chính sách tại các quốc gia này sẽ làm tham khảo cho quá trình xây dựng các chính sách liên quan đến tích hợp kinh tế tuần hoàn cho tấm pin năng lượng mặt trời tại Việt Nam.

Từ khóa: kinh tế tuần hoàn, tấm pin năng lượng mặt trời, chính sách, cuối vòng đời, tái chế.

1. Đặt vấn đề

Kinh tế tuần hoàn (KTTH) là một trong các chủ đề đang nổi lên, nhằm hướng đến phát triển bền vững. Nó là một mô hình kinh tế nhằm tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, giảm thiểu rác thải và tái sử dụng tài nguyên trong suốt vòng đời sản phẩm. Thay vì tuân theo mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống (“khai thác - sản xuất - tiêu dùng - thải bỏ”), KTTH hướng tới việc tái chế, tái sử dụng và kéo dài tuổi thọ của sản phẩm cũng như nguyên liệu (European Parliament, 2023).

Các chiến lược tuần hoàn nguồn lực là yếu tố cốt lõi của KTTH, bao gồm 4 chiến lược: tái sinh (loại bỏ độc tố, chất gây ô nhiễm và nhiên liệu hóa thạch), thu hẹp (sử dụng ít vật liệu hơn để đạt được cùng một kết quả), chậm lại (sử dụng cùng một

lượng vật liệu, sản phẩm trong thời gian dài hơn trước khi thải bỏ) và đóng lại (luồng chất thải tạo thành đầu vào cho các quy trình sản xuất khác) (Reike, Vermeulen and Witjes, 2018). Các chiến lược này được hiện thực hóa thông qua khung 10R theo trình tự: từ chối, giảm thiểu, suy nghĩ lại, tái sử dụng, sửa chữa, tân trang, tái sản xuất, tái sử dụng, tái chế đến thu hồi năng lượng, hoặc khung 5R (giảm thiểu, tái sử dụng, sửa chữa, tân trang và tái chế) (Vermeulen, Reike and Witjes, 2019).

Phát triển năng lượng tái tạo nói chung, năng lượng mặt trời (NLMT) nói riêng, là một trong những chìa khóa để giảm thiểu phát thải khí nhà kính và hạn chế biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, phát triển NLMT cũng đặt ra nhiều thách thức, đặc biệt là vấn đề vật liệu cho sản xuất tấm pin NLMT.

Tích hợp KTTH cho tấm pin NLMT được xem là cách tiếp cận không chỉ giảm lãng phí tài nguyên mà còn thúc đẩy ngành năng lượng tái tạo phát triển bền vững hơn.

Các chiến lược KTTH tiềm năng cho các giai đoạn của vòng đời tấm pin NLMT bao gồm: *Thứ nhất*, thiết kế các tấm pin sao cho dễ tháo rời, tái chế và tái sử dụng các vật liệu như silic, bạc, nhôm và kính. *Thứ hai*, nâng cao chất lượng sản phẩm để kéo dài tuổi thọ tấm pin (thường từ 20 - 30 năm). *Thứ ba*, bảo trì định kỳ và nâng cấp hệ thống để tăng hiệu suất sử dụng. *Thứ tư*, tấm pin cũ không còn đạt hiệu suất cao có thể được tái sử dụng trong các ứng dụng khác, ví dụ, cung cấp năng lượng cho các hệ thống không yêu cầu công suất lớn. *Thứ năm*, xây dựng các hệ thống thu gom và xử lý tấm pin cũ; các vật liệu như silic, bạc và kim loại quý khác có thể được tái chế để sản xuất tấm pin mới; phân loại và xử lý kính, nhựa và khung kim loại để giảm rác thải. *Thứ sáu*, giảm lượng khí thải carbon trong sản xuất và xử lý, giảm thiểu việc khai thác tài nguyên mới thông qua việc tận dụng vật liệu tái chế. *Thứ bảy*, ứng dụng mô hình KTTH, ví dụ, mô hình sản phẩm như một dịch vụ (PSS) (cho thuê mái để lắp đặt các tấm pin NLMT), trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (yêu cầu các nhà sản xuất chịu trách nhiệm thu hồi và tái chế tấm pin sau khi hết vòng đời) (Rabaia et al., 2024).

Để thúc đẩy quá trình chuyển đổi tuần hoàn, các yếu tố chính sách, tài chính, cơ sở hạ tầng, công nghệ số đóng vai trò then chốt (ICC and EY, 2024). Trong đó, chính sách được xem như tiền đề cho tích hợp KTTH cho tấm pin NLMT (Dung et al., 2023). Bài báo này tìm hiểu hệ thống chính sách KTTH cho tấm pin NLMT tại Châu Âu, Mỹ và Trung Quốc - những quốc gia đi đầu trong tích hợp KTTH cho tấm pin NLMT. Từ đó đưa ra các kết luận và làm tham khảo cho xây dựng hệ thống chính sách của Việt Nam.

2. Chính sách kinh tế tuần hoàn cho tấm pin năng lượng mặt trời tại một số quốc gia

2.1. Châu Âu

NLMT là nguồn năng lượng tái tạo quan trọng

để đạt được quá trình chuyển đổi xanh tại châu Âu. Châu Âu cũng là khu vực đi đầu trong xây dựng hệ thống chính sách KTTH cho năng lượng tái tạo nói chung, tấm pin NLMT nói riêng. Các chính sách cho tấm pin NLMT tập trung vào việc thúc đẩy tái chế, tái sử dụng và giảm tác động môi trường từ quá trình sản xuất cũng như xử lý sau khi sử dụng. Một số chính sách điển hình, bao gồm:

2.1.1. Chỉ thị về chất thải từ thiết bị điện và điện tử

Chỉ thị về chất thải từ thiết bị điện và điện tử (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive - WEEE) là một bộ luật của Liên minh châu Âu (EU) nhằm quản lý việc thu gom, xử lý, tái chế và tiêu hủy thiết bị điện và điện tử (bao gồm tấm pin NLMT) sau khi hết vòng đời sử dụng (The European Parliament and The Council, 2018).

Các quy định cụ thể đối với tấm pin NLMT, bao gồm: *Thứ nhất*, về thu gom và tái chế, các nhà sản xuất chịu trách nhiệm tài chính và hậu cần cho việc thu hồi và tái chế sản phẩm (“trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất” (ERP)); các quốc gia thành viên phải đảm bảo thu gom tối thiểu 65% trọng lượng của tấm pin NLMT đưa ra thị trường; ít nhất 85% trọng lượng của tấm pin phải được tái chế và vật liệu quan trọng như silicon, kính, nhôm, đồng phải được thu hồi. *Thứ hai*, về xây dựng hệ thống thu gom, các nhà sản xuất hoặc nhà nhập khẩu tấm pin NLMT phải tổ chức hệ thống thu gom miễn phí cho khách hàng cuối cùng hoặc các đơn vị xử lý; hệ thống này có thể bao gồm điểm thu gom cố định hoặc dịch vụ thu hồi tận nơi. *Thứ ba*, về quy định về tái chế tiêu chuẩn, tấm pin NLMT phải được xử lý tại các cơ sở tái chế được cấp phép, các quy trình phải đảm bảo không phát tán chất độc hại như chì hoặc cadmium vào môi trường.

Các mục tiêu tái chế tấm pin NLMT, bao gồm: kim loại (nhôm, đồng) được phục hồi gần như hoàn toàn (trên 95%), silicon từ tế bào quang điện được tái chế để sử dụng lại trong sản xuất tấm pin, kính được tái chế ít nhất 80% để làm kính mới hoặc sử dụng trong ngành xây dựng, nhựa và các linh kiện điện tử khác được tái chế hoặc thu hồi năng lượng.

Về công cụ thực thi và giám sát, các nhà sản xuất phải báo cáo khối lượng sản phẩm đưa ra thị trường và sản phẩm thu gom, tái chế hàng năm, cơ quan quản lý quốc gia báo cáo trách nhiệm kiểm tra và đảm bảo tuân thủ. Các công ty không tuân thủ quy định có thể bị phạt tiền hoặc cấm kinh doanh tại EU. Quy định yêu cầu cung cấp thông tin rõ ràng cho người tiêu dùng về cách thức thu gom và xử lý sản phẩm, thông qua biểu tượng thùng rác có dấu gạch chéo.

2.1.2. Chỉ thị thiết kế sinh thái

Chỉ thị thiết kế sinh thái (Eco-design Directive) là một phần trong Thỏa thuận xanh châu Âu (European Green Deal - EGD) (European Parliament, 2018) (Fetting, 2020). Theo đó, EU yêu cầu các nhà sản xuất thiết kế sản phẩm dễ tháo rời, sửa chữa và tái chế, với mục tiêu giảm sử dụng vật liệu độc hại, khuyến khích sử dụng vật liệu tái chế trong sản xuất mới.

Các yêu cầu cụ thể đối với tấm pin NLMT, bao gồm, *Thứ nhất*, thiết kế dễ tháo rời và sửa chữa, tấm pin phải được thiết kế để dễ dàng tháo rời các thành phần như khung nhôm, kính, silicon và các linh kiện điện tử; sử dụng các chất kết dính hoặc kết nối cơ khí không gây cản trở việc tháo dỡ hoặc tái chế. *Thứ hai*, sử dụng vật liệu bền vững và tái chế, khuyến khích sử dụng vật liệu tái chế (như nhôm tái chế) hoặc vật liệu dễ tái chế; hạn chế và dần loại bỏ các vật liệu nguy hại, chẳng hạn như chì hoặc cadmium trong pin mặt trời. *Thứ ba*, tăng hiệu suất năng lượng, tấm pin cần đạt hiệu suất năng lượng cao hơn để tối đa hóa lượng điện sản xuất được từ tài nguyên, điều này giảm thiểu lượng vật liệu cần thiết để sản xuất mỗi kWh. *Thứ tư*, kéo dài tuổi thọ sản phẩm, tấm pin phải có độ bền cao, chịu được điều kiện khắc nghiệt như nhiệt độ, độ ẩm và bức xạ UV; yêu cầu các nhà sản xuất cung cấp bảo hành dài hạn (thường từ 20 - 30 năm) để giảm nhu cầu thay thế sớm. *Thứ năm*, dễ dàng tái chế sau vòng đời, phải có hướng dẫn cụ thể về cách tái chế từng thành phần; các nhà sản xuất cần đảm bảo sản phẩm đáp ứng các tiêu chuẩn tái chế của EU.

Về công cụ thực thi và giám sát, các sản phẩm thiết kế bền vững sẽ được cấp nhãn sinh thái châu Âu (EU Ecolabel) để khuyến khích người tiêu dùng lựa chọn sản phẩm thân thiện với môi trường. Bên cạnh đó, nhà sản xuất phải đánh giá tác động môi trường của sản phẩm từ khâu sản xuất, vận chuyển, sử dụng đến xử lý (European Commission, 2006).

2.1.3. Chương trình ưu đãi tài chính

Quỹ chuyển dịch công bằng (Just Transition Fund) nằm trong khuôn khổ của Thỏa thuận Xanh châu Âu thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế xanh, bền vững và giảm phát thải khí nhà kính, trong đó có hỗ trợ tài chính cho các công ty áp dụng mô hình KTTH, bao gồm các dự án liên quan tấm pin NLMT. Về nguồn vốn, quỹ này được tài trợ thông qua ngân sách EU (phần lớn vốn từ ngân sách đa niên của EU (Multiannual Financial Framework)), quỹ Đầu tư Tư nhân (khuyến khích đầu tư từ khu vực tư nhân thông qua các bảo lãnh tài chính và cơ chế chia sẻ rủi ro), Ngân hàng Đầu tư châu Âu (EIB) (cung cấp vốn và hỗ trợ kỹ thuật) (European Parliament, 2021).

Bên cạnh đó, một số nước châu Âu đã đưa ra các biện pháp khuyến khích như miễn hoặc giảm thuế đối với các doanh nghiệp tham gia tái chế tấm pin NLMT, hoặc chính sách giảm phí thông qua hỗ trợ tài chính trực tiếp.

2.1.4. Hỗ trợ nghiên cứu và phát triển

EU tài trợ các dự án nghiên cứu để thiết kế sản phẩm nhằm dễ dàng tái chế hơn và cải thiện công nghệ tái chế. Theo đó, có một số dự án nổi bật như TRUST-PV, PHOTORAMA, RESiLEX, ICARUS, và CIRCUSOL (Moser et al., 2024).

TRUSTPV là một dự án nghiên cứu kéo dài 4 năm, được tài trợ hơn 12 triệu Euro từ chương trình Horizon 2020 của EU. Mục tiêu của TRUSTPV là cải thiện hiệu suất và độ tin cậy của các nhà máy điện mặt trời. Dự án hỗ trợ phát triển giải pháp tấm pin NLMT thân thiện với vận hành và bảo dưỡng, thân thiện với lưới điện. Các sáng kiến của dự án được thử nghiệm và chứng minh thành công, với hỗ trợ quyết định sử dụng AI. Dự án được thúc

đẩy bởi ngành công nghiệp và nhận được sự đóng góp từ 20 tổ chức trong chuỗi giá trị tấm pin NLMT (The European Union, 2020).

PHOTORAMA là một dự án nhằm cải thiện việc tái chế tấm pin NLMT và thu hồi vật liệu thô, được thực hiện bởi một nhóm gồm 12 tổ chức trong giai đoạn 2021-2025. Mục tiêu của PHOTORAMA là phát triển và chứng minh các hệ sinh thái đổi mới dẫn đến các giải pháp thành công và cạnh tranh để khởi động thị trường bền vững cho vật liệu thô thứ cấp tại châu Âu (The European Union, 2021).

2.1.5. Hệ thống tiêu chuẩn

EU quy định áp dụng các tiêu chuẩn trong sản xuất và tái chế tấm pin NLMT. Trong sản xuất, áp dụng tiêu chuẩn ISO 14001 (tập trung vào hệ thống quản lý môi trường), IEC 61215 (dành cho tấm pin NLMT, đặc biệt các tấm pin silicon tinh thể nhằm đảm bảo hiệu suất và tuổi thọ của các chúng trong điều kiện môi trường khắc nghiệt), IEC 61730 (tập trung vào các yêu cầu về thiết kế và thử nghiệm nhằm đảm bảo các tấm pin NLMT hoạt động an toàn trong suốt vòng đời của chúng), và Chỉ thị thiết kế sinh thái (Xem mục 2.1.2).

Trong tái chế và xử lý tấm pin NLMT, áp dụng tiêu chuẩn ISO 20679 (quy định về việc quản lý chất thải và tác động môi trường của các tấm pin mặt trời khi hết vòng đời), Chỉ thị về rác thải từ thiết bị điện và điện tử (Xem mục 2.1.1).

2.2. Hoa Kỳ

Tại Hoa Kỳ, chính sách KTTH cho tấm pin NLMT tập trung vào thúc đẩy tái chế, tái sử dụng và giảm thiểu tác động môi trường từ các tấm pin sau khi hết vòng đời. Hệ thống chính sách tại Hoa Kỳ phân theo cấp độ bang, liên bang. Một số chính sách, bao gồm:

2.2.1. Quy định tái chế và ưu đãi tài chính ở cấp bang

California là bang tiên phong trong việc xây dựng quy định tái chế tấm pin NLMT. Luật SB 489 (2015) phân loại các tấm pin này là chất thải phổ thông thay vì chất thải nguy hại, cho phép xử lý và tái chế dễ dàng hơn. Theo đó, Luật yêu cầu

các nhà sản xuất pin NLMT phải chịu trách nhiệm xây dựng hoặc tài trợ cho các chương trình thu gom và tái chế, đảm bảo rằng các vật liệu quý giá (silicon, bạc, nhôm, đồng) được tái sử dụng và giảm rác thải. Nhà sản xuất phải đăng ký với cơ quan quản lý chất thải của bang và nộp báo cáo định kỳ về hoạt động tái chế. Các cơ sở tái chế tại California phải tuân thủ quy định từ Cơ quan tái chế và thu hồi tài nguyên California (CalRecycle) và Cục Kiểm soát chất động hại (DTSC), cung cấp quy trình an toàn để thu hồi vật liệu từ tấm pin, xử lý các thành phần nguy hại (nếu có), như chì hoặc cadmium, theo tiêu chuẩn nghiêm ngặt. Chương trình thu gom được thực hiện qua các trung tâm tái chế địa phương nhận tấm pin từ người tiêu dùng mà không tính phí hoặc với mức phí rất thấp. Bên cạnh đó, California áp dụng lệnh cấm chôn lấp tấm pin tại các bãi rác thông thường để tránh ô nhiễm đất và nước, cấm xuất khẩu tấm pin cũ sang các nước đang phát triển mà không qua xử lý an toàn. Bang cũng cung cấp các khoản vay ưu đãi và trợ cấp cho các cơ sở tái chế tấm pin. Người tiêu dùng khi giao nộp tấm pin cũ có thể được giảm giá khi mua tấm pin mới thông qua chương trình đổi mới của các công ty năng lượng (State of California, 2015).

Tương tự, Washington đã thông qua Đạo luật Năng lượng sạch (Clean Energy Transformation Act - CETA), bao gồm các quy định về tái chế các tấm pin NLMT. Các nhà sản xuất tấm pin NLMT được yêu cầu phải thiết lập hoặc tham gia các chương trình thu hồi và tái chế. Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất cũng được quy định. Ngoài ra, bang cũng khuyến khích đầu tư vào các cơ sở tái chế bằng cách cung cấp các khoản trợ cấp hoặc ưu đãi thuế. Bang Washington đặt mục tiêu trở thành một trung tâm tái chế tấm pin mặt trời ở khu vực Tây Bắc Mỹ (State of Washington, 2019).

2.2.2. Chương trình ưu đãi tài chính từ cấp liên bang

Đạo luật Giảm lạm phát (Inflation Reduction Act - IRA) năm 2022, cung cấp 369 tỷ USD để hỗ trợ sản xuất năng lượng sạch và giảm khí thải.

Một trong các khía cạnh quan trọng của đạo luật là hỗ trợ phát triển năng lượng tái tạo, bao gồm tái chế tấm pin NLMT. IRA cung cấp các khoản ưu đãi tài chính như tín dụng thuế và trợ cấp cho các doanh nghiệp sản xuất và tái chế tấm pin NLMT tại Hoa Kỳ. Ví dụ, các nhà sản xuất wafer và thanh kim loại NLMT được hưởng giảm thuế 25% cho các cơ sở mới (The Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress, 2022).

2.2.3. Hỗ trợ nghiên cứu và phát triển

Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE) tài trợ chương trình nghiên cứu, phát triển và trình diễn công nghệ tái chế NLMT được thiết kế để trao hỗ trợ tài chính cho các tổ chức đủ điều kiện thực hiện các dự án nghiên cứu, phát triển, trình diễn và thương mại hóa nhằm tạo ra các phương pháp tiếp cận sáng tạo và thiết thực để tăng cường tái sử dụng và tái chế các công nghệ NLMT. Tổng giá trị tài trợ lên đến 20 triệu USD (U.S Department of Energy, 2024).

2.3. Trung Quốc

Trung Quốc là quốc gia dẫn đầu thế giới trong sản xuất và lắp đặt tấm pin NLMT. Chính sách KTTH cho năng lượng tái tạo nói chung, tấm pin NLMT nói riêng đang được xây dựng. Một số chính sách điển hình, bao gồm:

2.3.1. Quy định tái chế và quản lý chất thải

Ngược lại với EU, tại Trung Quốc các tấm pin quang điện không được đưa vào danh mục xử lý sản phẩm điện và điện tử thải bỏ của Quy định về chất thải từ thiết bị điện và điện tử (WEEE Trung Quốc) (IEA, 2022). Tuy nhiên, việc quản lý chất thải từ tấm pin NLMT có thể áp dụng theo Luật Chất thải rắn của Trung Quốc yêu cầu các nhà sản xuất sản phẩm phải chịu trách nhiệm về chất thải cuối vòng đời do sản phẩm của họ tạo ra và thiết lập một hệ thống quản lý cuối vòng đời hợp lý, bao gồm thu gom, vận chuyển và xử lý đúng cách (trong đó có tấm pin NLMT). Các nhà sản xuất cũng phải cung cấp thông tin cho công chúng và lưu giữ hồ sơ về các hoạt động quản lý chất thải cuối vòng đời của họ. Không tuân thủ các yêu cầu

này có thể dẫn đến các hình phạt hành chính và tiền phạt (Ali et al., 2024).

Kế hoạch 5 năm lần thứ 14 về Kinh tế tuần hoàn của Trung Quốc (giai đoạn 2021 - 2025) đặt mục tiêu cải thiện năng lực sử dụng tài nguyên nói chung, xây dựng hệ thống công nghiệp tái chế tài nguyên và phát triển KTTH vào năm 2025, trong đó có tái chế tấm pin năng lượng mặt trời (IEA, 2024).

2.3.2. Hỗ trợ nghiên cứu và phát triển

Trung Quốc đã hỗ trợ các nghiên cứu liên quan đến tái chế tấm pin NLMT. Trong giai đoạn Kế hoạch 5 năm lần thứ 12, nhiệm vụ phụ của dự án 863 quốc gia “Nghiên cứu về công nghệ tái chế thiết bị PV và xử lý vô hại” đã tiến hành nghiên cứu về công nghệ tái chế tấm pin NLMT cuối vòng đời và xử lý vô hại bằng hai phương pháp tái chế (cơ học và nhiệt hóa học) và tiến hành nghiên cứu thực nghiệm có liên quan (IEA, 2022).

2.3.3. Hệ thống tiêu chuẩn

Năm 2021, Trung Quốc giới thiệu tiêu chuẩn quốc gia GB/T 38785-2020, hướng đến việc tái chế các tấm pin NLMT màng mỏng để sử dụng trong kiến trúc, trong đó nêu chi tiết các thủ tục vận chuyển, xử lý, lưu trữ, tái chế và loại bỏ các chất rắn và nguy hiểm, gồm có cả tấm pin NLMT (Ali et al., 2024).

Ủy ban Phát triển và Cải cách Quốc gia (NDRC) đã công bố hướng dẫn về xây dựng hệ thống tái chế toàn diện. Những tiêu chuẩn này bao gồm việc tái sản xuất các thành phần quan trọng, ví dụ như bộ biến tần của hệ thống NLMT và xử lý rác thải từ các thiết bị đã hết tuổi thọ. Bộ Công nghiệp và Công nghệ Thông tin (MIIT) đã thiết lập các tiêu chuẩn kỹ thuật để đảm bảo việc tái chế hiệu quả và an toàn.

3. Kết luận

Nghiên cứu đã hệ thống hóa các chính sách KTTH cho tấm pin NLMT tại các quốc gia đi đầu trong lĩnh vực sản xuất và lắp đặt tấm pin. Kết quả nghiên cứu cho thấy cụ thể như sau: *Thứ nhất*, trong ba khu vực và quốc gia được nghiên cứu, châu Âu là khu vực có mức độ phát triển hệ thống chính sách KTTH cho tấm pin NLMT tốt nhất.

Thứ hai, các chính sách tập trung chủ yếu vào thúc đẩy các chiến lược KTTH cho giai đoạn thiết kế và sản xuất, xử lý cuối vòng đời, hơn là lắp đặt và vận hành. *Thứ ba*, các khía cạnh hệ thống chính sách tập trung chủ yếu bao gồm quy định xử lý tấm pin NLMT cuối vòng đời, thiết kế bền vững, các ưu đãi tài chính cho các doanh nghiệp tham gia vào chuỗi cung ứng tấm pin NLMT, các chương trình hỗ trợ nghiên cứu và phát triển và hệ thống tiêu chuẩn hóa.

Việt Nam có thể tham khảo các chính sách, quy định, tiêu chuẩn, hướng dẫn từ các quốc gia này trong quá trình xây dựng hệ thống chính sách KTTH cho tấm pin NLMT tại Việt Nam. Một số gợi ý bao gồm: *Thứ nhất*, quy định trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất, yêu cầu các nhà sản xuất

và nhà nhập khẩu tấm pin mặt trời phải thu hồi và tái chế sản phẩm đã hết hạn sử dụng. *Thứ hai*, phát triển cơ sở hạ tầng tái chế, xây dựng các trung tâm tái chế chuyên biệt và phát triển chuỗi cung ứng cho việc thu hồi và tái chế tấm pin NLMT. *Thứ ba*, ưu đãi tài chính và thuế, cung cấp ưu đãi tài chính, thuế cho các doanh nghiệp tham gia vào chuỗi tái chế và đầu tư vào công nghệ tuần hoàn. *Thứ tư*, đầu tư vào nghiên cứu và phát triển công nghệ tái chế mới, hỗ trợ các dự án nghiên cứu công nghệ tái chế tiên tiến thông qua ngân sách nhà nước hoặc hợp tác với các doanh nghiệp. *Thứ năm*, áp dụng tiêu chuẩn và quy định phù hợp, xây dựng khung pháp luật và tiêu chuẩn tái chế phù hợp với tình hình Việt Nam và áp dụng mô hình tiêu chuẩn quốc tế ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Ali, A. et al. (2024). Solar Photovoltaic Module End-of-Life Waste Management Regulations: International Practices and Implications for the Kingdom of Saudi Arabia, Sustainability, 16(7215).
2. Dung, L. Q. et al. (2023). Circular economy and renewable energy: A global policy, in Renewable Energy in Circular Economy. Springer.
3. European Commission (2006). The European Eco-label.
4. European Parliament (2018). Ecodesign legislation Framework directive.
5. European Parliament (2021). Just Transition Fund - Briefing.
6. European Parliament (2023). Circular economy: definition, importance and benefits. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> (Accessed: December 10, 2024).
7. Fetting, C. (2020). The European Green Deal, ESDN Report.
8. ICC and EY (2024). Putting the circular economy into motion: From barriers to opportunities.
9. IEA (2022). Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries 2022.
10. IEA (2024). 14th Five-Year Plan on Circular Economy - Policies. Available at: <https://www.iea.org/policies/24989-14th-five-year-plan-on-circular-economy> (Accessed: December 12, 2024).
11. Moser, D. et al. (2024). Advancing Photovoltaic Sustainability and Circularity in Europe.
12. Rabaia, M. K. H. et al. (2024). Enabling the circular economy of solar PV through the 10Rs of sustainability: Critical review, conceptualization, barriers, and role in achieving SDGs, Sustainable Horizons. Elsevier B.V., 11(April), p. 100106.
13. Reike, D., Vermeulen, W. J. V. and Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? - Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options, Resources, Conservation and Recycling. Elsevier, 135(November 2017), pp. 246-264.

14. State of California (2015). Senate Bill No. 489 Chapter 419, the Health and Safety Code, relating to hazardous waste.
15. State of Washington (2019). Senate Bill No. 5116 Chapter 288, Clean energy, electric utilities, and various provisions.
16. The European Parliament and The Council (2018). Directive 2012/19/EU on Waste electric and electronic equipment (WEEE), Publications Office of the European Union. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012L0019-20180704&from=EN>.
17. The European Union (2020). TRUST - PV Solar PV, Performace and Reliability.
18. The European Union (2021). PHOTORAMA Photovoltaic waste management - advanced technologies for recovery and recycling of secondary raw materials from end-of-life modules.
19. The Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress (2022). Inflation Reduction Act (IRA).
20. U.S Department of Energy (2024). Solar Research and Development Funding Programs. Available at: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-research-and-development-funding-programs>.
21. Vermeulen, W., Reike, D. and Witjes, S. (2019). Circular economy 3.0 - Solving confusion around new conceptions of circularity by synthesising and reorganising the 3R's concept into a 10R hierarchy, *renewablematter*, (September), pp. 11-15.

Ngày nhận bài: 9/10/2024

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 24/10/2024

Ngày chấp nhận đăng bài: 12/11/2024

Thông tin tác giả:

TS. ĐỖ THỊ HIỆP

Trường Đại học Điện lực

CIRCULAR ECONOMY FOR SOLAR PANELS: A POLICY OVERVIEW IN SOME COUNTRIES

● PhD. **DO THI HIEP**

Electric Power University

ABSTRACT:

The circular economy plays an important role in managing the life cycle of solar panels, ensuring that they are used efficiently and sustainably. Many countries have promulgated various policy regulations to create a legal environment to promote circular economic strategies and models for solar panels. This study provides an overview of the circular economic policy system for the solar panel life cycle stages in Europe, the US, and China. The policy systems in these countries will serve as a reference for developing policies related to integrating a circular economy for solar panels in Vietnam.

Keywords: circular economy, solar panels, policy, end-of-life, recycle.