



ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI TRONG QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH Ở THÀNH PHỐ HUẾ

Trần Ngọc Tuấn*, Lê Văn Thắng

Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, Việt Nam

Tóm tắt. Đánh giá tác động vòng đời là công cụ hỗ trợ ra quyết định được sử dụng rộng rãi hiện nay trên thế giới và công cụ này cũng đã được áp dụng cho lĩnh vực quản lý chất thải rắn. Chúng tôi đã xây dựng bốn kịch bản quản lý chất thải rắn cho thành phố Huế. Tác động vòng đời của các kịch bản được đánh giá bằng phương pháp IMPACT 2000+ và thực hiện trên nền tảng phần mềm OpenLCA nhằm hỗ trợ lựa chọn phương án quản lý chất thải rắn thân thiện môi trường nhất cho thành phố Huế. Kết quả phân tích cho thấy kịch bản S4 – Đốt rác phát điện (có điểm tác động là -2,1) – là thân thiện với môi trường nhất; kịch bản S1 – Chôn lấp (có điểm tác động 0,218) – là kịch bản tiêu cực nhất về khía cạnh tác động môi trường. Các hoạt động thu gom khí rác (đốt khí rác phát điện) và tái chế đã góp phần giảm tác động tiêu cực đến môi trường của công tác quản lý chất thải rắn.

Từ khoá: chất thải rắn, LCA, thành phố Huế

Life cycle assessment for solid waste management: a case study of Hue City

Tran Ngoc Tuan*, Le Van Thang

Faculty of Environmental science, University of Sciences, Hue University, Vietnam

Abstract. Life cycle assessment (LCA) is a decision support tool used worldwide, and currently, it is also applied to solid waste management. In this research, we built four SWM scenarios for Hue City. The scenario life-cycle impacts were assessed by using the IMPACT 2000+ method and implemented on the OpenLCA software to decide the most environmentally friendly solid waste management solution for Hue City. The results indicate that the S4 scenario – Waste to energy (-2,1 point impact) is the most environment-friendly. The S1 scenario – Landfill (0,218 point impact) is the worst scenario related to the environmental effects aspect. Landfill gas collection (landfill gas to energy) and recycling have reduced the adverse effects on the environment.

Keywords: solid waste, LCA, Hue City

* Tác giả liên hệ: trangoctuan@gmail.com

1 Giới thiệu

Quản lý chất thải rắn (QLCTR) hiện nay đang là mối quan tâm lớn của mỗi địa phương. Công tác QLCTR thiếu hiệu quả sẽ dẫn đến nhiều tác động tiêu cực về môi trường, sức khỏe cộng đồng và các hoạt động phát triển kinh tế – xã hội. Quản lý chất thải rắn theo hướng tối ưu về mặt môi trường và an toàn cho sức khỏe cộng đồng đã trở thành mục tiêu của các nhà quản lý [1].

Tuy nhiên, trong thực tế, không thể có một hệ thống QLCTR kiểu mẫu và tối ưu cho tất cả các quốc gia, các vùng hay các đô thị khác nhau. Nguyên nhân là sự khác biệt về đặc điểm địa lý, đặc trưng thành phần của chất thải rắn (CTR), các điều kiện xã hội, nền tảng cơ sở vật chất, v.v. giữa các đơn vị lãnh thổ khác nhau [8]. Nhằm phục vụ công tác QLCTR một cách tối ưu ở các đơn vị lãnh thổ khác nhau thì cần có những nghiên cứu, đánh giá so sánh giữa các phương án, kịch bản quản lý khác nhau để đưa ra lựa chọn phù hợp. Một số phương pháp như Phân tích dòng chất thải (Material flow analysis), Phân tích năng lượng (Energy analysis), Phân tích chi phí lợi ích (Cost benefit analysis) và Đánh giá vòng đời (Life cycle assessment – LCA) được xem là những công cụ hiệu quả trong đánh giá, lựa chọn phương án QLCTR [13]. Trong đó, LCA được xem là một trong những phương pháp tối ưu với cách tiếp cận đã được chuẩn hoá thông qua tiêu chuẩn ISO 14040 (1997), ISO 14041 (1998) và ISO 14042-14043 (2000) [2, 5, 11, 12]. Năm 2006, bộ tiêu chuẩn ISO tiếp tục được phát triển và thống nhất thành hai tiêu chuẩn là ISO 14040 và ISO 14044. Một số nghiên cứu đã chỉ ra tiềm năng rất lớn của ứng dụng phương pháp LCA vào QLCTR [12].

Thực vậy, cách tiếp cận của phương pháp LCA mang tính chất tổng thể theo vòng đời sản phẩm, dịch vụ hoặc một quá trình để xem xét và xác định các tác động môi trường, có thể kể đến như tác hại đến sức khỏe con người, biến đổi khí hậu, axit hoá và suy thoái tầng ozone [5]. Trong QLCTR, phương pháp LCA được ứng dụng để so sánh những tác động môi trường giữa các công nghệ xử lý CTR với nhau hoặc so sánh giữa các công đoạn trong một quy trình công nghệ [7].

Hầu hết các nghiên cứu ứng dụng LCA trong QLCTR đều được tiến hành bằng việc xây dựng các kịch bản QLCTR khác nhau. Mỗi kịch bản có thể một hoặc là sự kết hợp của nhiều phương pháp xử lý CTR với nhau. Sau khi thực hiện LCA, nhà nghiên cứu sẽ lựa chọn kịch bản tối ưu cho từng địa phương [1], [5], [6], [9, 10], [12]. Điển hình, Alkhuzai đã xây dựng sáu kịch bản QLCTR và sự khác nhau giữa các kịch bản này là sự kết hợp của các phương pháp xử lý CTR như chôn lấp, đốt, phân huỷ kỵ khí, ủ phân hữu cơ và thu hồi tái chế. Kết quả được đánh giá trên ba chỉ số gồm *tiềm năng nóng lên toàn cầu*, *ô nhiễm nguồn nước ngầm* và *suy thoái tài nguyên* và đã lựa chọn được kịch bản QLCTR tối ưu cho thành phố Makkah của Saudi Arabia [13]. Rajaeifar và cs. đã xây dựng năm kịch bản QLCTR (dựa trên sự kết hợp của các phương pháp xử lý CTR gồm sản xuất phân hữu cơ, phân huỷ kỵ khí, chôn lấp và đốt); mỗi kịch bản là sự thay thế các phương pháp xử lý khác nhau hoặc thay đổi tỷ lệ CTR xử lý của các phương pháp [14]. Ngoài ra, một số nghiên cứu LCA chỉ là sự so sánh giữa các công nghệ xử lý CTR khác nhau như so sánh giữa tái chế và đốt CTR [16], nghiên cứu so sánh giữa chôn lấp và ủ phân hữu cơ kết hợp chôn lấp [1].

Trong nghiên cứu này, công cụ LCA được sử dụng để đánh giá tác động môi trường của bốn kịch bản QLCTR ở thành phố Huế: S1 – Chôn lấp CTR; S2 – Chôn lấp CTR kết hợp thu hồi năng lượng từ khí rác; S3 – Sản xuất phân hữu cơ kết hợp thu hồi vật liệu tái chế, chôn lấp; S4 – Đốt rác phát điện (WTE). Kết quả của nghiên cứu này sẽ là nguồn tham khảo trong việc lựa chọn phương án QLCTR thân thiện với môi trường ở thành phố Huế.

2 Địa điểm và phương pháp

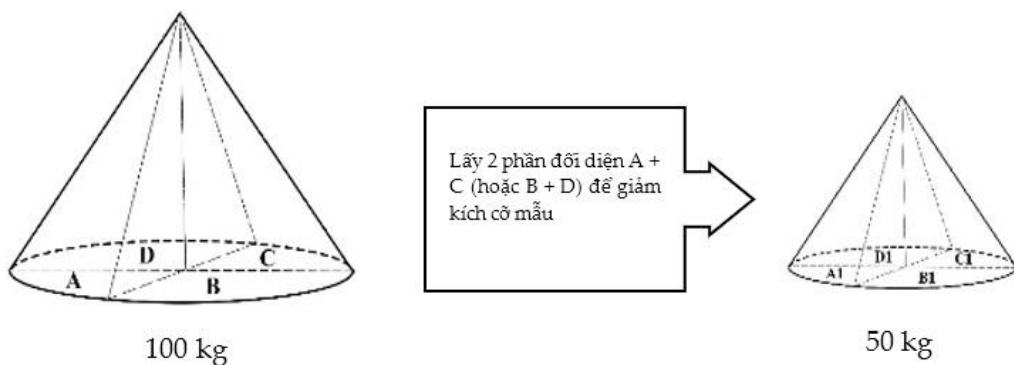
2.1 Thông tin cơ bản về thành phố Huế

Huế là thành phố loại I trực thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế, là trung tâm văn hoá, chính trị, kinh tế của tỉnh. Năm 1993, Quần thể di tích cố đô Huế được công nhận là Di sản văn hoá Thế giới [24]. Thành phố Huế nằm ở miền Trung, cách Hà Nội về phía Bắc 650 km, cách thành phố Đà Nẵng 105 km về phía Nam.

Trước ngày 1/7/2021 thành phố Huế có diện tích tự nhiên là 71,1 km². Sau khi mở thành phố rộng theo Nghị quyết số 1264/NQ-UBTVQH14, diện tích thành phố tăng lên 265,99 km², đồng thời dân số từ 354.124 người tăng 652.572 người.

2.2 Lấy mẫu và phân loại thành phần chất thải rắn đô thị

Mẫu CTR đô thị được lấy từ bãi xe chuyên chở theo bãi tuyến thu gom (bốn tuyến Nam Sông Hương và ba tuyến Bắc Sông Hương). Mỗi mẫu có khối lượng 100 kg và thực hiện giám kích cỡ mẫu để phân loại thành phần CTR theo các bước sau [19], [21].



Hình 1. Các bước lấy mẫu chất thải rắn

- *Bước 1.* Đảo trộn mẫu theo hình chóp, sau đó chia thành bốn phần bằng nhau, lấy hai phần đối diện (Hình 1) sẽ còn lại khối lượng 50 kg.
- *Bước 2.* Trộn đều mẫu vừa giảm kích cỡ ở Bước 1; tiếp tục thực hiện lặp lại như Bước 1. Lúc này sẽ có mẫu đại diện với khối lượng 25 kg.

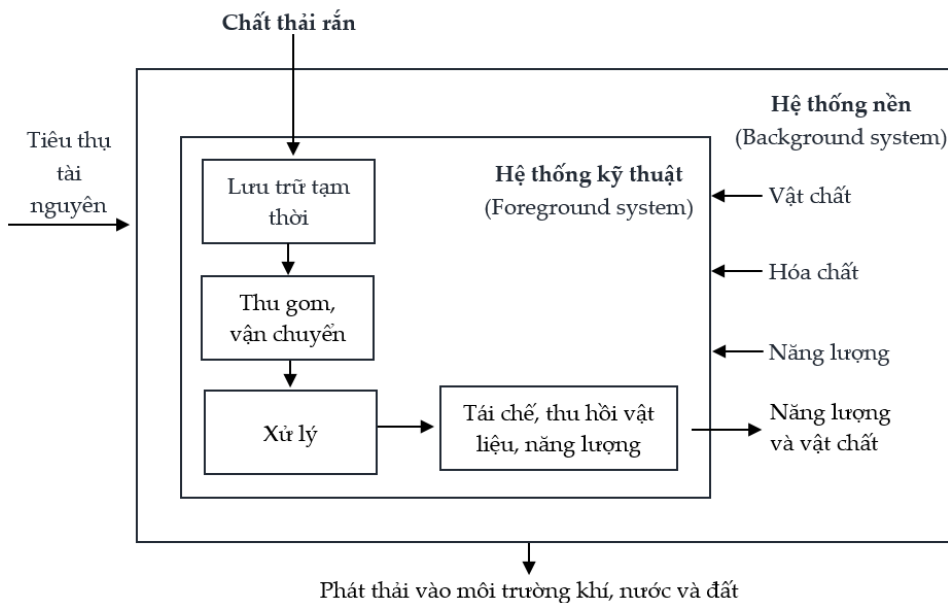
- *Bước 3.* Tiến hành phân loại thành phần mẫu CTR. Ở Bước 3, CTR được phân loại thành phần theo như Bảng 1. Mỗi thành phần được phân loại vào từng khay riêng, sau đó cân từng thành phần để tính toán tỷ lệ phần trăm so với tổng khối lượng mẫu.

2.3 Phương pháp đánh giá vòng đời

Định nghĩa mục tiêu và phạm vi nghiên cứu

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá các tác động môi trường tiềm ẩn của hệ thống QLCTR hiện tại và thay đổi theo các kịch bản giả định bằng công cụ LCA. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở tham khảo để lựa chọn một hệ thống QLCTR tối ưu cho thành phố Huế.

Phạm vi giới hạn về không gian nghiên cứu là thành phố Huế (trước ngày mở rộng 01/7/2021 theo Nghị quyết số 1264/NQ-UBTVQH14, ngày 27/4/2021, của Ủy ban Thường vụ Quốc hội). Hệ thống QLCTR trong nghiên cứu này bắt đầu từ các hoạt động thu gom thứ cấp, vận chuyển và các phương pháp xử lý CTR được khái quát ở Hình 2 [3], [13]. Ranh giới của nghiên cứu được trình bày trên Hình 2.



Hình 2. Ranh giới hệ thống của nghiên cứu

Đơn vị chức năng

Đơn vị chức năng là yếu tố then chốt của một nghiên cứu LCA, là đơn vị thể hiện số lượng các chức năng đã nhận biết. Đơn vị chức năng phải nhất quán với mục tiêu và phạm vi nghiên cứu [8], [22], [23]. Trong nghiên cứu này, đơn vị chức năng được sử dụng là 1 tấn CTR đi qua hệ thống quản lý CTR của thành phố Huế.

Các kịch bản

Chúng tôi đã xây dựng bốn kịch bản khác nhau đối với hoạt động quản lý CTR của thành phố Huế.

- *Kịch bản S1*_Chôn lấp hợp vệ sinh. Kịch bản này tương ứng với hình thức quản lý CTR của thành phố hiện nay. Chất thải rắn thu gom được vận chuyển đến chôn lấp tại bãi chôn lấp Thủy Phương.
- *Kịch bản S2*_Chôn lấp có thu hồi và xử lý khí rác phát sinh, hình thức thu gom, vận chuyển và xử lý CTR giống như đối với Kịch bản S1, nhưng kịch bản này bổ sung hoạt động thu gom khí rác để đốt phát điện.
- *Kịch bản S3*_Xử lý CTR kết hợp sản xuất phân hữu cơ và chôn lấp. Kịch bản này giả định có sự hoạt động của nhà máy xử lý rác Thủy Phương (gọi tắt là nhà máy). Mỗi ngày nhà máy nhận 200 tấn CTR (nhà máy sẽ tiếp nhận CTR trong năm ngày từ thứ hai đến thứ sáu hằng tuần), tương đương 60% CTR thu gom ở thành phố Huế được đưa vào xử lý tại nhà máy. Chất thải rắn khi đưa vào nhà máy sẽ được phân loại, tách các thành phần có thể tái chế. Nhóm CTR hữu cơ sẽ được đưa vào bể ủ phân hữu cơ; phần còn lại không phân huỷ sinh học, không tái chế được đưa trở lại bãi chôn lấp (BCL) Thủy Phương.
- *Kịch bản S4*_Đốt rác phát điện. Đối với kịch bản này, giả định toàn bộ CTR được thu gom ở thành phố Huế được vận chuyển đến nhà máy đốt rác phát điện ở xã Phú Sơn, thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế (cách thành phố Huế 25 km về phía Nam).

Kiểm kê vòng đời

Giai đoạn phân tích kiểm kê vòng đời bao gồm việc thu thập và lượng hoá các đầu vào và đầu ra đối với hệ thống sản phẩm và được định trước trong suốt vòng đời của sản phẩm đó. Các dữ liệu kiểm kê bao gồm đặc điểm thành phần CTR đô thị của thành phố Huế (Bảng 1, dữ liệu khảo sát thực tế năm 2018), dữ liệu thứ cấp thu thập từ các cơ quan chức năng, các nghiên cứu đã công bố và cơ sở dữ liệu của Ecoinvent, phiên bản 3.7.1.

Bảng 1. Đặc trưng thành phần chất thải rắn của thành phố Huế
Số mẫu, $n = 7$

Stt	Thành phần	Tỷ lệ %	Độ lệch chuẩn
1	Rác thải hữu cơ	60	9,9
2	Giấy	4,9	0,8
3	Nhựa hỗn hợp	18,2	4,3
4	Dệt may	5	1,8
5	Gỗ	0,4	0,4
6	Nhôm	0,1	0,1
7	Sắt	0,2	0,1
8	Còn lại	11,2	5,6

Bảng 2. Dữ liệu kiểm kê các kịch bản

Nội dung kiểm kê		S1	S2	S3	S4	Đơn vị	
Vận chuyển	Khoảng cách vận chuyển	39,7	39,7	39,7	61,7	km	
Năng lượng	Dầu diesel	0,8	0,8	1,01	0,076	L	
	Điện	4,4	4,4	23,7	76	kWh	
Nguyên liệu, hoá chất	Nước	35,9	35,9	52	2800	L	
	Polymer foaming	1,5	1,5	0,858		kg	
	Ca(OH) ₂	6,6	6,6	3,902	9	kg	
	Canxi oxit	12,6	12,6	7,4	6	kg	
	Than hoạt tính	-	-	-	0,3	kg	
	Amoniac	-	-	-	1,4	kg	
	Dung dịch kiềm	-	-	-	0,225	kg	
	PAC	0,03	0,03	0,015	0,05	kg	
	NaHSO ₃	-	-	-	0,0015	kg	
	NaOCl	-	-	-	0,00009	kg	
	Na ₂ CO ₃ (muối xít)	-	-	-	0,1	kg	
	Cát giảm (thay thế)	Điện	-	112	-	410	kWh
		Nhôm	-	-	0,5	-	kg
Sắt		-	-	1,1	-	kg	
Nhựa		-	-	81,6	-	kg	
CO ₂ -eq		-	712,5	-	-	kg CO ₂ -eq	
N		-	-	1,1	-	kg	
P		-	-	0,3	-	kg	
K	-	-	1,3	-	kg		

Nguồn: [4], [9], [15], [17], [18]

Đánh giá tác động vòng đời

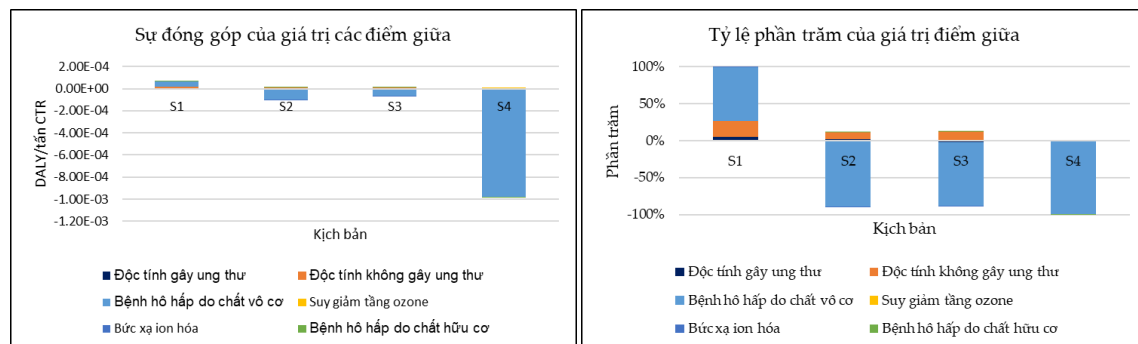
Phương pháp đánh giá tác động vòng đời (LCIA – Life Cycle Impact Assessment) được sử dụng trong nghiên cứu này là IMPACT 2000+. Đối với phương pháp này, kết quả kiểm kê vòng đời được tính toán thành giá trị của điểm giữa (bao gồm 15 điểm giữa), tiếp theo là đặc trưng hoá và gộp thành bốn nhóm thiệt hại là *sức khỏe con người*, *chất lượng hệ sinh thái*, *biến đổi khí hậu* và *tài nguyên*. Các nhóm thiệt hại được chuẩn hoá bằng cách chia cho hệ số chuẩn hoá và đưa về giá trị là điểm. Tổng điểm của bốn nhóm thiệt hại sau khi chuẩn hoá là kết quả điểm cuối cùng của kịch bản. Các hệ số thiệt hại và hệ số chuẩn hoá đã được trình bày trong báo cáo của Jolliet và cs. [24].

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Tác động lên sức khỏe con người

Sức khỏe con người là trạng thái hoàn chỉnh về thể chất, tinh thần và xã hội chứ không đơn thuần là không bệnh tật hay ốm yếu [10]. Trong nghiên cứu này, nhóm thiệt hại sức khỏe con người được tính toán từ tổng kết quả điểm giữa của loại tác động, bao gồm: *Độc tính gây ung thư*,

Độc tính không gây ung thư, Bệnh đường hô hấp do chất hữu cơ, Bệnh đường hô hấp do chất vô cơ, Suy giảm tầng Ozone và Bức xạ ion hoá. Đơn vị của tác động sức khỏe con người là DALY (Disability Adjusted Life Years) được hiểu là sự mất đi những năm sống do tàn tật, bệnh tật và do chết sớm.



Hình 3. Tác động Sức khỏe con người của các kịch bản

Hình 3a cho thấy kịch bản S1 là tiêu cực nhất về khía cạnh tác động lên sức khỏe con người. Cụ thể, kịch bản S1 có giá trị là $7,42 \times 10^{-5}$ DALY/tấn CTR. Các kịch bản còn lại S2, S3 và S4 có giá trị lần lượt là $6,03 \times 10^{-5}$ DALY/tấn, $-1,99 \times 10^{-5}$ DALY/tấn và $-9,75 \times 10^{-4}$ DALY/tấn. Kịch bản S4 là tốt nhất đối với thiệt hại sức khỏe con người.

Trong nhóm tác động đến sức khỏe con người, điểm giữa *bệnh hô hấp do chất vô cơ* có ảnh hưởng lớn nhất ở tất cả các kịch bản và được thể hiện rõ ở Hình 3b. Theo IMPACT 2000+, các tác nhân của *bệnh hô hấp do chất vô cơ* gồm CO, bụi kích cỡ PM10 – PM2.5, SO₂, NO_x và NH₃ [18]. Các giá trị *bệnh hô hấp do chất vô cơ* của các kịch bản S1, S2, S3 và S4 lần lượt là $5,22 \times 10^{-5}$ DALY/tấn, $3,88 \times 10^{-5}$ DALY/tấn, $-5,39 \times 10^{-5}$ DALY/tấn và $-9,78 \times 10^{-4}$ DALY/tấn, trong đó S4 là kịch bản có tác động tích cực nhất, liên quan đến sản xuất điện $-5,23 \times 10^{-4}$ DALY/tấn (được tính cắt giảm).

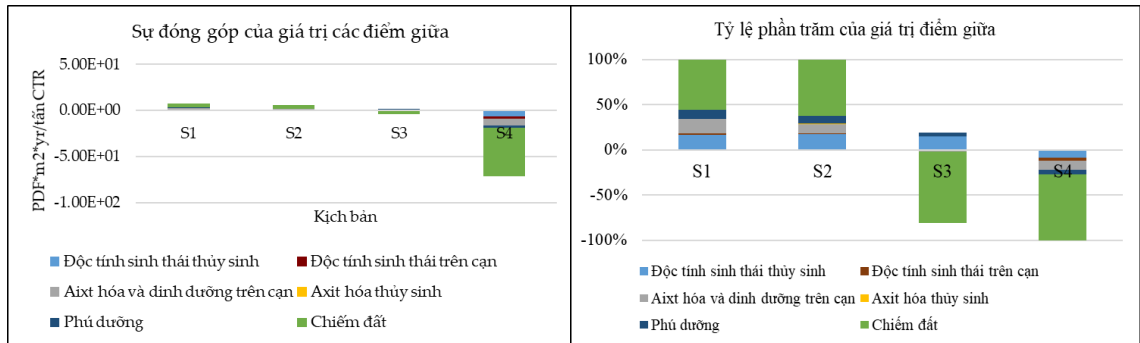
3.2 Tác động lên chất lượng hệ sinh thái

Hệ sinh thái không đồng nhất và phức tạp, có thể hiểu chất lượng hệ sinh thái (CLHST) là về dòng năng lượng, vật chất và thông tin. Như vậy CLHST cao là điều kiện các dòng không bị gián đoạn đáng kể do các hoạt động của con người gây ra và CLHST thấp được xem là ngược lại [10]. Tác động đến CLHST được biểu thị bằng sự suy giảm tương đối số lượng loài trên một đơn vị diện tích trong một khoảng thời gian [20].

Tác động lên CLHST được toán tính từ các yếu tố điểm giữa bao gồm: *Độc tính sinh thái thủy sinh, Độc tính sinh thái trên cạn, Axit hoá và dinh dưỡng trên cạn, Axit hoá thủy sinh, Phú dưỡng và Chiếm đất*, đơn vị sau chuẩn hoá là PDF*m²*yr.

Hình 4 cho thấy mức độ ảnh hưởng của nhóm tác động lên CLHST là thấp nhất trong bốn nhóm tác động. Khi so sánh giữa các kịch bản, có thể nhận thấy tác động lên CLHST của kịch bản S1 tác động tiêu cực nhất ($7,85$ PDF*m²*yr) và S4 có tác động tích cực nhất ($-70,9$ PDF*m²*yr).

Thứ tự tác động từ tích cực đến tiêu cực của các kịch bản là $S4 > S3 > S2 > S1$ và có giá trị lần lượt là $-70,9, 0,131, 7,70$ và $7,85$ ($PDF \cdot m^2 \cdot yr$) (Hình 4a).



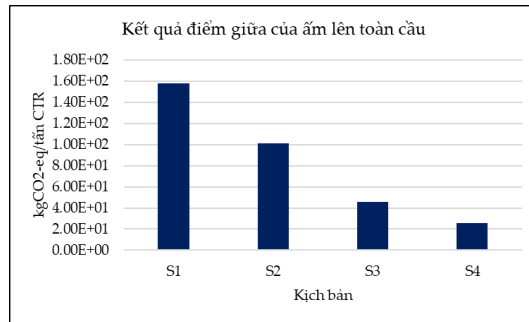
Hình 4. Tác động lên chất lượng hệ sinh thái

Sự khác biệt về mức độ đóng góp tác động lên CLHST của các yếu tố điểm giữa được trình bày trên Hình 4a và 4b. Yếu tố điểm giữa *Chiếm đất* (land occupation) có ảnh hưởng lớn nhất trong các kịch bản. Hình 4b cho thấy yếu tố điểm giữa *Chiếm đất* có giá trị tích cực nhất ($-51,8$ $PDF \cdot m^2 \cdot yr$) tại kịch bản S4, chiếm 73,1% tổng giá trị của nhóm tác động lên CLHST. Tác động tích cực lên CLHST ở kịch bản S4 đến từ đốt CTR, trong đó xử lý nhựa ($-41,3$ $PDF \cdot m^2 \cdot yr$) và rác thải hữu cơ ($-16,2$ $PDF \cdot m^2 \cdot yr$).

3.3 Biến đổi khí hậu

Tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) tương đương với yếu tố điểm giữa là *Ấm lên toàn cầu*, có đơn vị là $kg\ CO_2\text{-eq}$ ($kg\ CO_2$ tương đương) đi vào môi trường không khí.

Hình 5 cho thấy mức độ tác động tiêu cực đến BĐKH của các kịch bản là $S1 > S2 > S3 > S4$. Kịch bản S4 là thân thiện môi trường nhất và có giá trị $26,1\ kgCO_2\text{-eq}/tấn\ CTR$. Vai trò tích cực nhất là sản xuất điện từ đốt rác và có giá trị là $-208,5\ kgCO_2\text{-eq}$. S1 là kịch bản tiêu cực nhất và có giá trị là $161\ kg\ CO_2\text{-eq}/tấn\ CTR$. Kịch bản S1 và S2 có cùng giá định về xử lý CTR bằng chôn lấp, nhưng giá trị của kịch bản S2 ($87,8\ kgCO_2\text{-eq}$) chỉ tương đương 54,5% so với kịch bản S1. Sở dĩ kịch bản S2 có tác động tích cực là do khí CH_4 từ khí rác được thu hồi phát điện. Như vậy, thu gom khí rác và đốt kết hợp phát điện là giải pháp giảm đáng kể phát thải khí nhà kính từ xử lý CTR bằng chôn lấp.

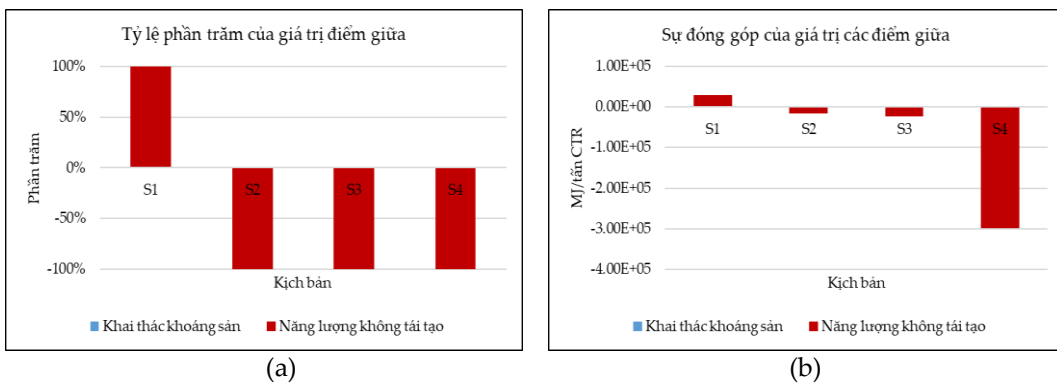


Hình 5. Tác động lên biến đổi khí hậu

3.4 Tác động đến tài nguyên

Nhóm tác động lên tài nguyên là tổng giá trị điểm giữa của tiêu thụ *Năng lượng không tái tạo* và *Khai thác khoáng sản*; đơn vị tính của nhóm tác động này là megajoule (MJ). Kết quả ở Hình 6 cho thấy ngoại trừ kịch bản S1, các kịch bản còn lại đều thân thiện với môi trường khi xem xét khía cạnh tác động lên tài nguyên. Xét về lợi ích đối với môi trường, kịch bản S4 là tích cực nhất và có giá trị $-2,98 \times 10^5$ MJ; tiếp đến là các kịch bản S3, S2 và S1 với giá trị lần lượt là $-3,11 \times 10^4$, $2,52 \times 10^4$ và $2,94 \times 10^4$ MJ.

Phân tích sâu hơn đối với kịch bản S1 cho thấy kịch bản này có tác động tiêu cực nhất đối với nhóm tác động lên tài nguyên, trong đó tiêu thụ năng lượng trong vận chuyển đóng vai trò lớn nhất ($1,52 \times 10^4$ MJ/tấn CTR). Ngược lại, S4 lại là kịch bản thân thiện môi trường nhất và nguồn điện sản sinh từ quá trình đốt CTR đóng vai trò tích cực nhất với $-1,63 \times 10^5$ MJ/tấn CTR. Kịch bản S3, thu hồi tái chế nhựa ($-7,2 \times 10^4$ MJ), góp phần lớn để kịch bản S3 thân thiện với môi trường.



Hình 6. Tác động lên tài nguyên

Nhóm tác động lên tài nguyên bao gồm hai yếu tố điểm giữa là *Khai thác khoáng sản* và *Năng lượng không tái tạo*. Hình 6 cho thấy yếu tố điểm giữa *Khai thác khoáng sản* gần như không ảnh hưởng đến kết quả của nhóm tài nguyên (không biểu hiện được trên biểu đồ Hình 6). Điều này có thể

nhận thấy đặc thù của quản lý CTR tiêu thụ nhiều nguồn năng lượng liên quan đến năng lượng không tái tạo như dầu diesel và điện năng (một phần điện năng được sản xuất từ nhiệt điện) cũng như đóng góp của các hoạt động thu hồi năng lượng (điện năng ở kịch bản S2 và S4).

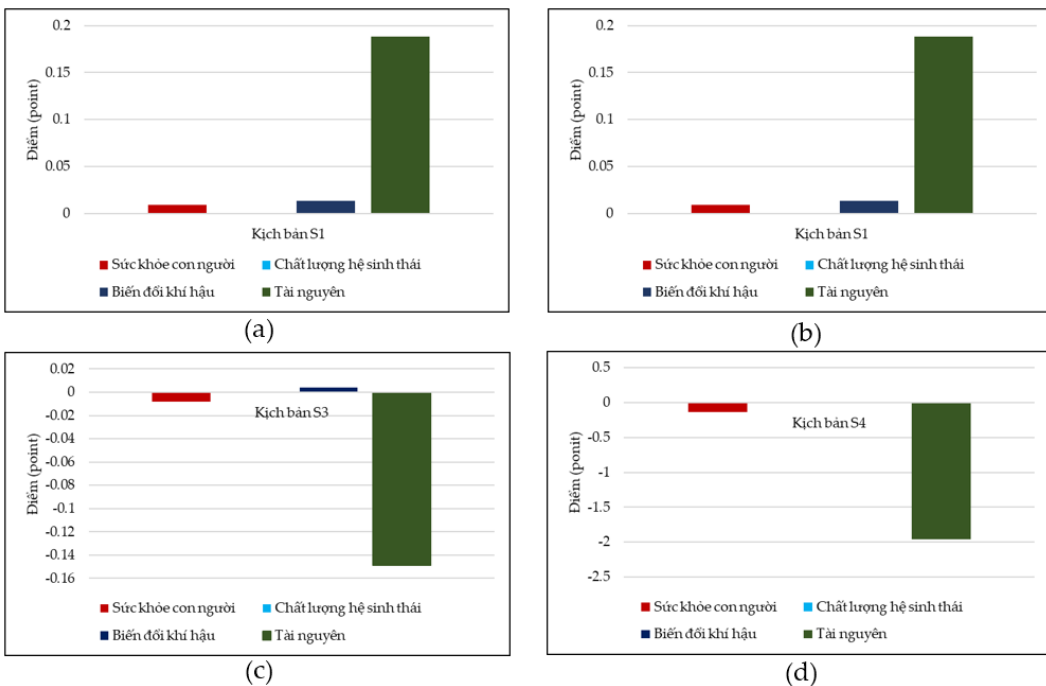
3.5 Kết quả đánh giá tác động vòng đời của các kịch bản

Kết quả điểm LCA của các kịch bản QLCTR được trình bày ở Bảng 3, Hình 7 và Hình 8.

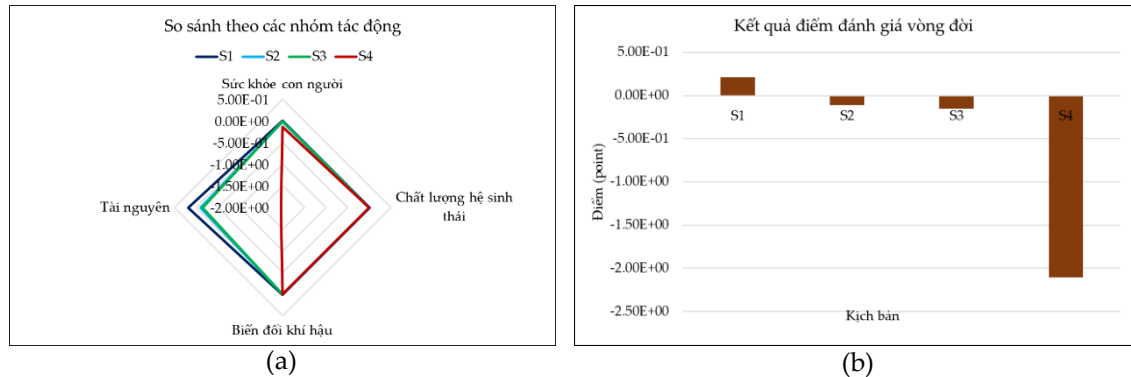
Bảng 3. Kết quả điểm đánh giá tác động vòng đời

Nhóm tác động	Kịch bản			
	S1	S2	S3	S4
Sức khỏe con người	$1,05 \times 10^{-2}$	$8,50 \times 10^{-3}$	$-2,80 \times 10^{-3}$	$-1,37 \times 10^{-1}$
Chất lượng hệ sinh thái	$5,69 \times 10^{-4}$	$5,58 \times 10^{-4}$	$9,49 \times 10^{-6}$	$-5,14 \times 10^{-3}$
Biến đổi khí hậu	$1,39 \times 10^{-2}$	$7,57 \times 10^{-3}$	$3,84 \times 10^{-3}$	$2,25 \times 10^{-3}$
Tài nguyên	$1,93 \times 10^{-1}$	$1,66 \times 10^{-1}$	$-2,05 \times 10^{-1}$	-1,96
Tổng điểm	$2,18 \times 10^{-1}$	$1,82 \times 10^{-1}$	$-2,04 \times 10^{-1}$	-2,1

Điểm số cuối cùng của các nhóm tác động ở Hình 7 cho thấy nhóm tác động tài nguyên ảnh hưởng lớn nhất đến tổng điểm của các kịch bản, trong đó S1 có tác động tiêu cực; các kịch bản còn lại đều mang lại giá trị tích cực với môi trường. Trong nghiên cứu này, trọng số của bốn nhóm tác động được sử dụng mặc định và bằng 1 [20]. Kết quả điểm số cuối cùng bằng tổng điểm của mỗi nhóm tác động và được trình bày ở Hình 8.



Hình 7. Điểm tác động của các nhóm tác động (damage categories)



Hình 8. Kết quả điểm số đánh giá tác động vòng đời của các kịch bản

Hình 8a so sánh bốn nhóm tác động của các kịch bản, trong đó tác động lên CLHST của các kịch bản không có sự khác biệt lớn; trong khi đó, tác động lên tài nguyên có sự khác biệt lớn giữa các kịch bản. Tác động lên tài nguyên lớn nhất là ở kịch bản S1 và thấp nhất là ở kịch bản S4. Hình 8b cho thấy giá trị điểm cuối cùng của mỗi kịch bản. Kịch bản S4 – Đốt CTR phát điện (WTE) – được đánh giá là thân thiện với môi trường nhất, mặc dù khoảng cách vận chuyển là xa nhất (khoảng cách vận chuyển của kịch bản S1 là 61,7 km, ba kịch bản S1, S2 và S3 là 39,7 km). Thu hồi năng lượng đã làm cho kịch bản S4 tác động đến môi trường thấp nhất. Kịch bản S1– Chôn lấp CTR – như hiện tại là kịch bản tác động tiêu cực đến môi trường nhất. Phát thải tự do khí rác từ BCL làm cho kịch bản này tiêu cực nhất trong các kịch bản nghiên cứu. Hoạt động xử lý CTR của kịch bản S2– Chôn lấp nhưng có kết hợp thu gom khí rác, đốt thu hồi năng lượng – đã làm cho kịch bản S2 tốt hơn hẳn kịch bản S1. Hoạt động thu hồi năng lượng từ khí rác đã tạo ra tác động tích cực kép đối với nhóm tác động BĐKH là vừa giảm phát thải khí nhà kính và vừa cắt giảm sử dụng điện năng. Kịch bản S3 – Kết hợp sản xuất phân hữu cơ và thu hồi tái chế (nhựa và kim loại) – có hiệu quả môi trường tốt hơn kịch bản S1 và S2. Hiệu quả tích cực có được từ hoạt động thu hồi tái chế chất thải rắn, với giả định tỷ lệ thu hồi tái chế 10% (tỷ lệ thu hồi tái chế thấp). Điểm số của kịch bản S3 tương đương với của S1; điều này cho thấy hoạt động sản xuất phân hữu cơ không mang nhiều giá trị tích cực cho môi trường và tương đồng với nghiên cứu của Rajaeifar và cs. [14] và của Zhao và cs. [26].

Chi phí của dịch vụ xử lý CTR bao gồm nhiều nội dung: chi phí vật tư, nhân công, máy móc thiết bị và quản lý doanh nghiệp. Đối với xử lý bằng phương pháp đốt, chi phí vật tư, thiết bị và nhân lực trình độ cao hơn, chi phí lớn hơn. Ngược lại, chôn lấp chi phí lớn nhất là đầu tư xây dựng BCL lúc ban đầu; còn lại, chi phí vật tư, máy móc và cả trình độ nhân lực thấp hơn nên chi phí chôn lấp CTR thường là thấp nhất. Công nghệ sản xuất phân hữu cơ yêu cầu thiết bị dây chuyền phân loại CTR là lớn nhất, yêu cầu thiết bị và nhân lực không cao bằng xử lý CTR bằng phương pháp đốt; do vậy, chi phí xử lý bằng sản xuất phân hữu cơ cao hơn bằng phương pháp chôn lấp và thấp hơn bằng phương pháp đốt. Theo Trần Hàn Việt, chi phí dịch vụ xử lý CTR sinh

hoạt thanh toán cho các nhà đầu tư (đối với công nghệ trong nước) ở mức tối đa là 440.000 đồng/tấn (đối với công nghệ đốt), 360.000 đ/tấn (đối với sản xuất phân hữu cơ) và 130.000 đồng/tấn (đối với chôn lấp) [25]. Sự phân tích cho thấy các kịch bản có chi phí từ cao đến thấp là $S4 > S3 > S2 > S1$.

4 Kết luận

Nghiên cứu áp dụng công cụ *Đánh giá vòng đời* vào quản lý chất thải rắn cho thành phố Huế đã đưa ra lựa chọn kịch bản quản lý chất thải rắn thân thiện với môi trường nhất. Đây là thông tin tham chiếu cho các cơ quan quản lý chất thải rắn trong việc hoạch định chính sách quản lý chất thải rắn cho địa phương. Chôn lấp là phương án tác động tiêu cực nhất đến môi trường; trong khi đó, sản xuất phân hữu cơ không mang lại hiệu quả môi trường rõ rệt. *Đánh giá vòng đời* là công cụ hỗ trợ ra quyết định; các kết quả mang tính khách quan. Ngoài ra, *Đánh giá vòng đời* cũng có thể giúp nhận thấy được mức độ tác động của các yếu tố trong hệ thống quản lý chất thải rắn. Tuy nhiên, nghiên cứu đánh giá vòng đời phụ thuộc nhiều vào dữ liệu thứ cấp. Để kết quả có tính chính xác cao cần nguồn dữ liệu chính xác từ cơ quan quản lý môi trường và các cơ sở xử lý chất thải rắn. Công cụ *Đánh giá vòng đời* có thể được sử dụng để so sánh các công nghệ xử lý chất thải rắn đơn lẻ với nhau. Mặc dù có nhiều ưu điểm, nhưng đánh giá vòng đời hiện nay chưa được áp dụng phổ biến trong quản lý chất thải rắn ở Việt Nam. Như vậy, có thể áp dụng rộng rãi công cụ này cho các địa phương khác như là công cụ hỗ trợ ra quyết định.

Thông tin tài trợ

Nghiên cứu này được hỗ trợ một phần từ dự án "Huế – Đô thị giảm nhựa miền Trung Việt Nam" thông qua hoạt động "Lồng ghép nội dung quản lý rác thải nhựa vào chương trình Giáo dục đại học" mã số FY23-0102-CA và Nhóm nghiên cứu mạnh Tài nguyên, Môi trường và Sinh thái vùng ven biển của Đại học Huế (DHH-NCM-2020.03).

Tài liệu tham khảo

1. Abduli, M.A., Naghib, A., Yonesi, M., et al. (2011), Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill. *Environ Monit Assess*, 178, 487–498.
2. AsadIqbal, XiaomingLiu, Guang-HaoChen (2020), Municipal solid waste: Review of best practices in application of life cycle assessment and sustainable management techniques. *Science of the Total Environment*, 729(2020) 138622
3. Cristina Ghinea, et al. (2014), Life cycle assessment of waste management and recycled paper systems, *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(8), 2073-2085.

4. Công ty TNHH Năng lượng Môi trường EB (Thừa Thiên Huế) (2020), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường Dự án “Nhà máy xử lý rác thải sinh hoạt Phú Sơn, thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế”*.
5. Dastjerdi, Behnam & Strezov, Vladimir & Kumar, Ravinder & He, Jing & Behnia, M.. (2020), Comparative Life Cycle Assessment of System Solution Scenarios for Residual Municipal Solid Waste Management in NSW, Australia. *Science of The Total Environment*, 767, 144355. 10.1016/j.scitotenv.2020.144355.
6. Erses Yay, A. Suna (2015), Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya, *Journal of Cleaner Production*, 94 (2015), 284-293.
7. Finnveden, G., et al. (2005), Methodological aspects of life cycle assessment of integrated solid waste management systems, *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 213-229.
8. Forbes R McDougall, Peter R White, Marana Franke and Perter Hindle (2001), *Intergrated Solid Waste Management: A Life Cycle Invenory, second edition*, Blackwell Publishing Company, USA.
9. HEPCO (2021), *Báo cáo đánh giá tác động môi trường - Dự án cải tạo bãi chôn lấp số 2 Thủy Phương*.
10. Jeroen B. Guinée, et al. (2002), *Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer academic publishers. ISBN: 1-4020-0228-9.
11. Jiuping Xu, Ruolan Li, Yi Shi, Yawen Deng (2022), Life cycle assessment-based optimization approaches for sustainable disposal of municipal solid waste, *Sustainable Cities and Society*, 79(2022) 103665
12. Jurate Miliute, Jurgis Kazimieras Staniškis (2010), Application of life-cycle assessment in optimisation of municipal waste management systems: the case of Lithuania. *Waste Management & Research* 28, 298–308.
13. Khalid Abdullah Alkhuzai (2014), *Use of life cycle assessment (LCA) to develop a waste management system for Makkah, Saudi Arabia*, PhD Thesis, School of Civil Engineering, The University of Leeds.
14. M.A. Rajaeifar, et al. (2015), Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51 (2015), 886-898.
15. Mara Regina Mendes, Toshiya Aramaki, Keisuke Hanaki (2004), Comparison of the environmental impact of incineration and landfilling in São Paulo City as determined by LCA, *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1), 47-63.
16. Merrild, H., Damgaard, A., Christensen, T. H. (2008). Life cycle assessment of waste paper management: the importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1391–1398.
17. R.J. Hong, et al. (2006), Life cycle assessment of BMT-based integrated municipal solid waste management: Case study in Pudong, China, *Resources, Conservation and Recycling* 49(2), 129-146.
18. Suna Erses Yay (2015), Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya, *Journal of Cleaner Production* 94 (2015), 284-293.
19. Trần Hiếu Nhuệ, Ứng Quốc Dũng, Nguyễn Thị Kim Thái (2001), *Quản lý chất thải rắn - Tập 1- Chất thải rắn đô thị*, Nxb. Xây dựng, Hà Nội.
20. Olivier Jolliet, et al., (2003), IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(6), 324-330.
21. Nguyễn Văn Phước (2008), *Giáo trình quản lý và xử lý chất thải rắn*, Nxb. Xây dựng, Hà Nội.
22. TCVN ISO 14041 (2000), *Quản lý môi trường – Đánh giá chu trình sống của sản phẩm – Xác định mục tiêu, phạm vi và phân tích thống kê*.

23. TCVN ISO 14040 (2009), Quản lý môi trường – Đánh giá chu trình sống của sản phẩm – nguyên tắc và khuôn khổ.
24. Trung tâm bảo tồn di tích cố đô Huế - Giới thiệu di sản văn hoá Huế, <http://hueworldheritage.org.vn/TTBTDTCDH.aspx?TieuDeID=35&TinTucID=8&l=vn>, 2014.
25. Trần Hàn Việt (2021), Phương pháp tính giá dịch vụ xử lý chất thải rắn sinh hoạt ở Việt Nam: Thực trạng và đề xuất một số giải pháp, *Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề Tiếng việt III/2020*.
26. Zhao, Y., Chang, H. M., Damgaard, A., Bisinella, V., Christensen, T. H. (2021), *Life cycle assessment of waste management in Suzhou, PR China*, GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), Beijing.