



Magyar Minőség

folyóirat

XXXIV. évfolyam 2025. évi 9. szám

Impresszum

Magyar Minőség folyóirat

elektronikus kiadvány

Főszerkesztő

Dr. Kálmán Botond Géza

Dr. Malatyinszki Szilárd

Kiadó

Név: Nemzetközi Oktatási és Kutatási Központ Alapítvány

Székhely: 1122, Budapest, Hajnóczy József u. 3. 1. em. 6.

Elektronikus levelezési cím:

farkasimredr@gmail.com

Felelős kiadó: Dr. Zéman Zoltán

Szerkesztőbizottsági titkár: Kovács Dóra

Kapcsolat

E-mail: info@magyarminoseg.hu

Weboldal: www.magyarminoseg.hu

A megjelenő publikációkban a szerzők a saját szakmai álláspontjukat képviselik.

A hirdetések és PR-cikkek tartalmáért a Kiadó felelősséget nem vállal!

ISSN 1789-5510 (online)

ISSN 1416-9576 (nyomtatott)

Bevezetés

A Magyar Minőség folyóirat szeptemberi száma olyan témákat ölel fel, amelyek szerkesztőségünkhöz is különösen közel állnak. Ezúttal három jelentős kutatás és egy könyvismertetés kapott helyet, amelyek együtt egyfajta pillanatfelvételt adnak arról, hogyan alakul ma a gazdaság, a vezetés és a tudomány világa – és benne mindaz, ami a minőséghez kapcsolódik. Bízunk benne, hogy az olvasót már az első oldaltól magával ragadja ez a sokszínű, mégis szorosan összefüggő gondolati ív.

A lapszám első tanulmányában egy érzékeny és a tudományos közösség számára is fontos témát járunk körül: a nemi különbségek jelenlétét az üzleti fókuszú kutatásokban. A kutatás eredményei nemcsak számok és tendenciák, hanem ösztönző gondolatok is arra vonatkozóan, hogyan lehetne láthatóbbá tenni a női nézőpontot az üzleti tudományos diskurzusban. Szeretnénk, ha ez az írás párbeszédet indítana el, hiszen minden kutatás mögött emberek, történetek és lehetőségek állnak.

Ezt követi egy rendkívül aktuális kérdéskör: európai kkv-k digitális átalakulása, és ebben a projektmenedzsment-kompetenciák szerepe. A kutatás világosan mutatja, hogy a digitalizáció valódi motorja sokszor nem maga a technológia, hanem azok a szakemberek és vezetők, akik képesek élni a lehetőségeivel. Szerkesztőségként külön öröm számunkra, hogy a tanulmány a fenntarthatóságra és az innovációra is hangsúlyt helyez – hiszünk abban, hogy a jövő vállalatai ezek mentén lesznek sikeresek.

A lapszám harmadik tanulmánya a hazai erőforrás-felhasználást és energiaszerkezetet vizsgálja nemzetközi összefüggésekben, olyan következtetéseket tárva az olvasó elé, amelyek hosszú távon is meghatározhatják gondolkodásunkat a fenntarthatóságról és gazdasági egyensúlyról. Végül – de korántsem utolsósorban – egy színvonalas könyvismertetés zárja a kiadványt, amely a kkv-k ellátási láncainak fenntarthatóságával foglalkozik, újabb tágabb horizontot adva az olvasottaknak. Bízunk benne, hogy e szám minden olvasója talál benne olyan gondolatot, amely továbbkíséri – akár a munkájában, akár saját belső megerősítésként.

2025. szeptember 30.

A Magyar Minőség folyóirat vezetősége

Tartalomjegyzék

Kéri Viktor: Gender gap in business-related scientific research	5. oldal
Shahbaz Ahmad Saadi – Dunay Anna: Project Management Competencies for Digital Transformation – Innovation, Sustainability, and Digital Readiness for European SMEs	18. oldal
Zéman Zoltán – Kálmán Botond Géza – Sárközy Helga – Vasa László: A hazai nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet társadalmi-gazdasági mutatókra gyakorolt hatásának nemzetközi vizsgálata (2. rész)	37. oldal
Maayah, Zaid Yousef: Prasanta Kumar Dey, Soumyadeb Chowdhury, Chrisovalantis Malesios. Supply Chain Sustainability in Small and Medium Sized Enterprises (Book Review)	50. oldal

Gender gap in business-related scientific research

Nemek közti szakadék az üzleti témájú tudományos kutatásokban

KÉRI VIKTOR¹ Ph.D. hallgató, NJE Gazdálkodás- és Szervezéstudományok
Doktori Iskola, keriv81@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65513/MaMi.2025.9.5>

Abstract

Within business-related research, publications addressing gender-specific topics are significantly underrepresented in comparison to gender-neutral studies, both in terms of quantity and scientific value. Such publications receive substantially fewer appearances and citations, achieving lower citation impact and a less significant influence. This study highlights that the underlying cause may be attributed to the low representation of women in both business and academia, which, in turn, leads to a lack of gender-specific focus within the scientific discourse.

Keywords: Business Research, Scientific Impact, Gender Inequality

JEL codes: J16, L26, M21

Absztrakt

Az üzleti kérdésekkel kapcsolatos kutatásokon belül a nemsemleges cikkekhez képest jelentősen alulreprezentált a női témakörrel foglalkozó publikációk száma és tudományos értéke. Sokkal kevesebb megjelenést és hivatkozást kapnak, továbbá alacsonyabb idézettséget és kevésbé jelentőst hatást érnek el ezek a munkák. A kutatás arra irányítja rá a figyelmet, hogy ennek eredője az üzleti életben és a tudományos világban tapasztalható alacsony női részvételi arány mellett és ennek okán is, a tudományos diskurzusban jelen lévő genderspecifikus fókuszhiány lehet.

Kulcsszavak: Üzleti kutatások, Tudományos hatás, Nemek közti egyenlőtlenség

JEL-kódok: J16, L26, M21

¹ORCID: 0009-0002-7491-1512, MTMT ID: 10097782

1. Literature review

1.1. Disciplinary frameworks

Business activity in this research refers to activity in business that is related to management and entrepreneurial activity. In the absence of an explicit definition, women's business activity needs to be defined and understood in terms of business activity. As a consequence, it is the issues related to women leaders, women management, women entrepreneurs, women entrepreneurship that are the issues to be investigated in this topic. Women's entrepreneurship is an increasingly important issue, with a number of studies, research and academic works addressing this issue. The main reason for this is that the economic importance of women and the added value of their activities is increasingly visible in terms of concrete results and financial impacts. A few years ago, a study was carried out on the financial indicators of more than 60 000 companies in nearly 60 countries, based on 20 years of data. The results are convincing, showing that gender diversity in management increases both profits and efficiency. It was found that a 1% increase in the proportion of female managers is associated with a 15% increase in profits (Han & Noland - 2020). According to the Boston Consulting Group, women-owned businesses are 2.5 times more likely to benefit from outsourced resources, as they are able to generate a higher proportion of revenue from the capital they receive compared to male-led businesses (Fackelmann, & De Concini - 2020). Firms with female CEOs have a nearly 20% higher return on equity (Dawson, Natella & Kersley - 2016), promoting female entrepreneurship can lead to GDP benefits (Chandel & Gupta - 2025), and increasing female business activity can become a key basis for an economy's resilience to crisis (Meunier, Krylova, & Ramalho - 2017). According to a study by American Express, the proportion of women entrepreneurs has more than eightfold increased in nearly half a century and now stands at over 40% (American Express - 2018), compared to nearly 30% in Europe and Hungary (European Commission - 2014). According to S&P, the share of female senior executives in the Fortune 500 ranges from 10-12% (S&P Global Market Intelligence - 2024), the share of female executives in global mid-market companies will be 33.5% in 2024 (Thornton - 2024), and according to the Hungarian Central Statistical Office (KSH), the share of women in Hungary is 47% of the total workforce and 37% of the executive workforce (KSH - 2024).

Women in business is clearly important, the importance of the topic is clearly identified, and there are studies that seriously address this issue. The question is whether such female strength in business ability is also represented in academic activity. In other words, is the research on women in business found in the resource collections in proportion to the importance of the topic, and as we will see from the analysis that it is not, the other question is what the basis for this might be. As a starting point, it would seem logical to look at the sex ratio and the composition and productivity of researchers in science. A study shows that the proportion of women in research positions is below 40%, but only 30% in research group leadership and 25% in professorships. Women receive less research funding and this has an impact on their scientific performance, and the proportion of women researchers in higher ranks of the scientific ladder is declining. (Paz & Pardo-Díaz - 2024). One study showed that male scientists publish on average 13.2 articles in their careers, while women publish only 9.6, a difference of 27%, which may affect women's scientific recognition and promotion (Lavelle - 2023). At the same time, the proportion of female authors in most disciplines has increased by less than 5 percentage points over the last decade, indicating a slow pace of change (Williamson - 2025), but it is also true that disciplines with fewer

female researchers produce fewer studies on non-specific phenomena (Kozłowski et al. - 2022). The Diana Project has pointed out that male-dominated research environments have long neglected issues related to women's entrepreneurship and found that the lack of female researchers directly influences the underrepresentation of research on women's business activities (Brush - Greene & Welter - 2020).

1.2. Science metrics gap

Having said this, the question is whether the differences seen in the previous sections will also be reflected in the evaluation and performance of scientific work, i.e. in the science metrics. One study shows that female researchers are significantly less likely to receive author recognition in scientific publications, even when their contributions are equal to those of men. This gender gap is observed in almost all disciplines and career stages (Ross et al. - 2022). The findings are confirmed by another study that analysed publication data of nearly six million researchers between 1996 and 2018 and found that men published on average 15-20% more papers than women. In addition, men are 25% more likely to be listed as last author in biomedical sciences, suggesting higher leadership roles (Boekhout, Van der Weijden, & Waltman - 2021). A larger sample size (80 million scientific articles) of publications between 1975 and 2020 in 19 disciplines found that women are significantly underrepresented in the highest ranking positions (e.g. top 10% productivity, citation and collaborative networks). It is also found that women and men achieve different levels of citation even when productivity is similar (Jaramillo et al. - 2025). For example, a study of gender differences in academic performance in the field of communication showed that papers published by women had lower values for the h-index in all countries studied, even when publication performance and citation were controlled (Horney et al. - 2024).

From the above, we can see that female authors are underrepresented, but is this approach also true for academic work on women's business activity? The citation indexes (e.g. h-index, g-index) of publications on women's entrepreneurship are generally lower than those of other business research. This is partly due to the fact that these studies often appear in smaller academic networks and are less represented in leading journals (Deng et al. - 2021). There are significant regional differences in the citation rates of research on women's entrepreneurship. Studies from developed countries tend to have higher citation rates, while studies from developing countries are often underrepresented in international academic discourse. In addition, the citation rates of non-English language publications are also lower (Goncalves, & Ahumada - 2025). Research on women's entrepreneurship often focuses on topics such as social entrepreneurship, sustainability and community impact. While these topics are important, they are often less cited than studies on technological innovation or financial performance (Kumari & Kumar - 2024). One study examines the impact of gender on the citation rates of publications in economics and management. It finds that publications by mixed-gender research teams receive more citations than articles by same-gender authors and if the corresponding author is female, this has a negative effect on citation indices, indicating underrepresentation of female-led research (Maddi & Gingras - 2020). There is an approach that sees fewer publications written by women as the primary reason for lower citation rates (Wu - 2024), and there is one that argues that research on female entrepreneurial leadership often reproduces traditional patterns and therefore appears less in high impact factor journals, which reduces their citation rates (Aparisi-Torrijo & Ribes-Giner, 2022). Unfortunately, lack of author recognition may also contribute to this, as the work of women scholars is often underestimated or attributed to others, which reduces their citation and h-index (Ghiasi, Larivière & Sugimoto - 2015). A conference presentation on the topic of gender inequality in academia suggests that there is an inherent lack of research on inequality in business schools, and that women are underrepresented among participants in

the most influential forums and academic conferences. (Walters, Hassanli & Finkler - 2019) One study found that articles written by female senior researchers receive fewer citations than those written by male senior researchers, even when they are on the same topic and of the same quality. This trend contributes to the lower h-index of female authors (Chatterjee & Werner - 2021).

1.3. Science metrics indicators

The definitions on the Publish or Perish (PoP) page clarify the science metrics used in this research. PoP software provides key metrics for evaluating research: the h-index shows the number of publications with at least that many citations; the hA-index adjusts the h-index by annual citation rates; ECC (Annual Citation Count) is the average yearly citations per paper; Cites_Year gives the annual average of all citations, Cites_Author measures citations per author, and Cites_Paper is the average citations per publication. These metrics offer a clear view of scientific impact (Adams, 2016).

2. Methodology

Data were extracted for the study directly using the Google Scholar interface and by downloading the Publish or Perish (PoP) software between March and May 2025. Using the software, in addition to the publication period (year of publication), it was also possible to set up underlying search interfaces. Open Alex and Scopus hits were found to be analysable, so the study uses these as a basis for making findings on different item counts. The data were first compiled using Excel and then analysed using IBM SPSS and Python software. The analysis consists of basic statistics and correlation analysis. The aim of the research was to explore gender differences in scientific publications, moving from general findings to specific correlations, with a particular focus on identifying drivers and indicators.

3. Results

3.1. Basis of investigation

A high-level view of research on women's business activity is shown in Table 1. The search keywords were entered in the Google Scholar interface without adjusting the publication year or other filters. The results are as follows. For the term "entrepreneurs" there are approximately 4.45 million hits, while for "women entrepreneurs" there are only 1.89 million hits. For the keyword "leadership" there are more than 5.48 million hits, while "female leadership" has 3.63 million hits. There is also a significant difference between "entrepreneurship" and "female entrepreneurship": 3.47 million vs. 969,000. Overall, the five generic keywords received more than 25 million hits, with the addition of the female keywords reducing the number of hits to under 16 million, a change of 62.57%.

1. Table 1: Number and proportion of Google Scholar search keywords found

Search	Number of hits from large (pcs)	Female Percentage found (%)
business	5 360 000	89,93%
women business	4 820 000	
leaders	6 570 000	69,10%
women leaders	4 540 000	
leadership	5 480 000	66,24%
female leadership	3 630 000	
entrepreneurs	4 450 000	42,47%
women entrepreneurs	1 890 000	
entrepreneurship	3 470 000	27,93%
female entrepreneurship	969 000	

Source: own edit, based on search data 01.05.2025, (n= ~41 179 000)

As can be seen from the above, the proportion of publications dealing specifically with women is under-represented for all search keywords in relation to the general search keywords, to varying degrees. This suggests that women's roles in business in academic discourse receive far less attention than their gender-neutral approach. There may be very simple reasons for this phenomenon. On the one hand, the female dimension is only a sub-theme for the different topics, so it is quite understandable that there are fewer hits for non-specific keywords. On the other hand, it is also true that women are under-represented in both the entrepreneurial and managerial population (i.e. in business) and in academia, which may result in a lower number of publications dealing with them. These hypotheses are neither confirmed nor refuted in the current research, as the focus of the study is on whether there are other correlations besides the three general findings that could explain the gender gap in publications. Therefore, the research focuses on the explanatory hypothesis that there may be an under-representation of academic interest and activity in publications and research on women's business activity.

3.2. Scientometric field

The underrepresentation of academic interest and activity in women's business-related publications and research was investigated using data extracted from the Publish or Perish app made available by Anne-Will Harzing. The application showed the top 200 to 1000 publications in each case. The keywords, search interfaces and item numbers used were searched as shown in Figure 1.

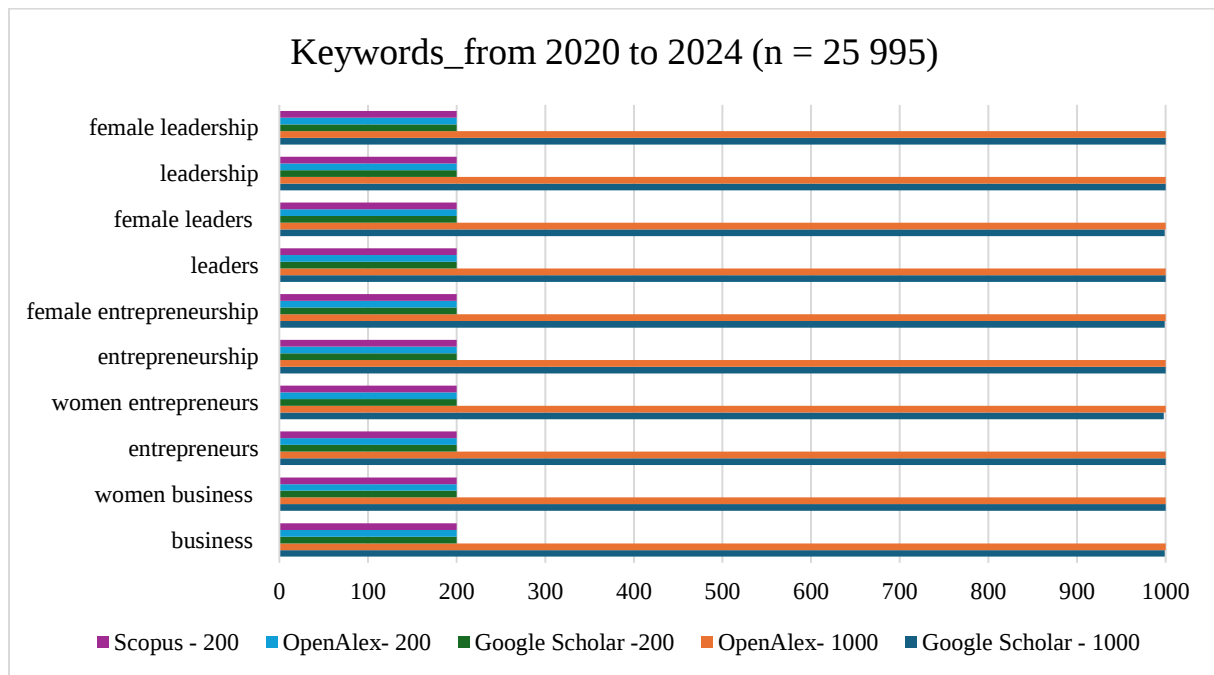


Figure 1: Research sample examined, Source: own editing based on Publish or Perish

As a first step, it was important to identify what the variation in the patterns implied in terms of the specificity of the results. In all cases, the 200 samples produce higher Cites_Paper values, i.e. the best articles are actually selected. In the 1000 samples, the total citation size increases, but the citation per article decreases. Open Alex leads the Cites_Paper indicator everywhere by a wide margin - it is more selective or has a better weighting. scores lowest in almost all cases - due to lower coverage or different filtering logic.

Female keywords generally have lower citation rates, so a comparative analysis was made for the five keywords (business, entrepreneurs, entrepreneurship, leadership and leaders) in their general and female versions (e.g. business vs. women business, "entrepreneurs vs. women entrepreneurs). For ease of visualisation, different sample sizes (200 and 1000) were aggregated for a keyword and search engine, averaged by citation per article, citations and h-index. The result is shown in Table 2.

Table 2: Relative differences between the values of general and female search terms

Relative Topic/ Search engine	Cites_Paper (%)			Reference (%)			hA-index (%)		
	GS	OA	SC	GS	OA	SC	GS	OA	SC
Business	-39,22	-54,42	-89,94	17,38	-56,34	-89,94	-17,53	-37,00	-77,23
Entrepreneurs	-46,24	-51,75	-69,82	-35,87	-52,91	-69,82	-36,13	-40,11	-53,33
Entrepreneurship	-29,38	-61,86	-79,20	-2,64	-61,64	-79,20	-26,52	-43,21	-60,00
Leaders	9,61	-58,63	-66,93	21,56	-59,24	-66,94	-4,86	-40,26	-52,24
Leadership	-26,65	-51,35	-62,07	17,74	-52,97	-62,07	-12,84	-34,59	-51,43

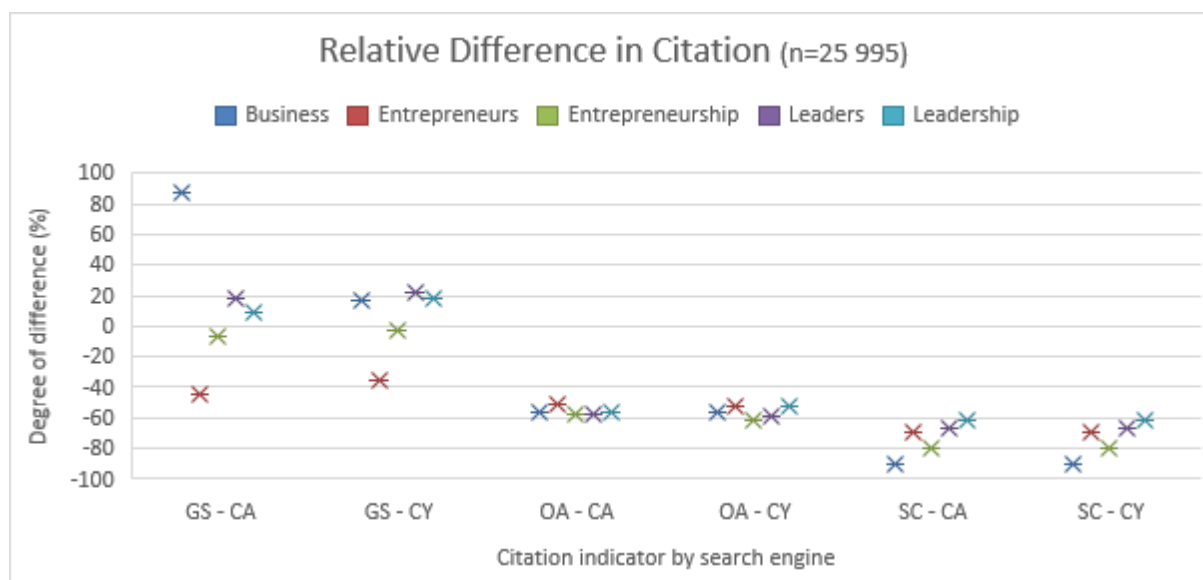
GS: Google Scholar, OA: Open Alex, SC: Scopus

Source: own editing based on Publish or Perish, (n = 25 995)

Based on the above, the following conclusions can be drawn:

- **Cites_Paper - Citations per article:** across all search engines, there is a negative bias for almost all topics, with articles found for female keywords receiving fewer citations on average. Scopus usually shows the largest drop, e.g. in "Business" almost 90% lower citations for female keywords, but Open Alex also shows a significant drop of between 50-60% in all topics. Google Scholar shows a slight difference in some cases, and for "Leaders" the female keyword is 9.61% better. These results confirm that the focus of scientific discourse is mainly on general (not non-specific) publications.
- **Number of citations - Total citation volume:** there is a decrease in most topics, but not as drastic as for Cites_Paper. Google Scholar shows a positive difference for several topics, i.e. female keyword searches received more citations overall. This suggests that while the citation volume of articles (Cites_Paper) is lower, the publication volume is higher for female topics. However, Open Alex and Scopus consistently give lower values. This shows that female topics produce many articles, but their citation counts are often concentrated, so the volume does not always show as much of a disadvantage as the average citation count.
- **hA-index - Effectiveness (h-index alternative):** the hA-index is the most sensitive indicator. The most sensitive indicator is the h-index. Again, the largest difference is seen in Scopus ("Business" - 77.23%), while the smallest difference ("Leaders": -4.86%) is seen in Google Scholar results. It follows that a lower proportion of publications for female keywords are included in the highest impact articles.

In addition to these three important indicators, it is worth adding two more to the comparison. For Cites_Year - annual citations and Cites_Author - citations per author, the extent of the differences by search interface for the keyword pairs (female and general) is shown in Figure 2.



GS: Google Scholar, OA: Open Alex, SC: Scopus, CA: Cites_Author, CY: Cites_Year

Figure 2: Relative difference in citation rates, Source: own editing based on Publish or Perish

"Entrepreneurship" shows consistently negative values in all databases, so female-written research is underrepresented in citations. The keyword "Business" is the most shared topic. Scopus and Open Alex

show a high gender keyword gap, but Google Scholar shows a more positive picture. For "Leaders", the differences are the most even, with some positive differences on Google Scholar and a slight disadvantage on other platforms. Leadership" and "Entrepreneurs" show a mixed picture, but the overall effect is also rather negative. The use of female keywords results in negative citation rates on most academic search engines. This disadvantage appears to be systemic for Open Alex and Scopus, while Google Scholar shows a more balanced pattern. The results suggest that the choice of gender-neutral versus female keywords may have an impact on the scientific metrics of publications.

A correlation test was used to check whether the scientific impact or success of a publication is related to the fact that it deals with a female topic. The presence of a female subject was treated as a binary variable in the model (1 - female keyword; 0 - general keyword) and the correlation of the 1 - 0 code with various science metrics was investigated. The results are shown in Table 3.

Table 3: Relative differences between the values of general and female search terms

Metrics	Measurement basis	Correlation indicators
hA-index	Authorship scientific impact - takes better account of authorship sharing and collaboration	$r = -0.45, p < 0.001$
ECC	Co-citation - how many times the same article is cited with other cited articles	$r = -0.40, p < 0.01$
Cites_Year	Annual citation (current effectiveness indicator)	$r = -0.38, p < 0.01$
Cites_Author	Quotes per author	$r = -0.34, p < 0.01$
h_index	Classic impact indicator: a researcher has at least h articles cited at least h times	$r = -0.31, p < 0.05$
Cites_Paper	Number of citations per publication	$r = -0.29, p < 0.05$

Source: own editing based on Publish or Perish, ($n = 25\,995$)

Based on the results of the study, the science metrics of research on women's keywords lag behind general (non-specific) topics in several respects. Researchers related to female topics tend to have a lower scientific impact, as indicated by lower hA index values. Publications on female topics are less linked to other scientific papers, i.e. they appear less often in the co-citation context of other articles, resulting in lower ECC scores. Articles containing female keywords are cited fewer times per year, suggesting that their current impact is also more limited (Cites_Year). Nevertheless, it can be seen that there are typically fewer citations per author, which is reflected in the Cites_Author value, and that authors of female keyword publications have fewer highly cited papers, as indicated by the lower h-index value. Overall, articles with female keywords are also less cited at the article level, as indicated by lower Cites_Paper values.

The study was interested in an effect over time. Due to the "permissiveness" of Google Scholar and the "strictness" of Scopus, only Open Alex search keywords were examined using the Publish or Perish interface and only for female keywords. These were "Women Business; Women Entrepreneurs; Female Entrepreneurship; Female Leaders; Female Leadership". The queries were broken down into 5 5-year cycles of publications between 2000 and 2024. The study looked at how research on female keywords published in different periods performed in terms of scientific impact and citation. Each of the keywords was examined, but the results for the five keywords are shown together in Figure 3. In order to detect them together, two steps were necessary. The different keywords were grouped by time intervals and their respective science metrics were averaged. Visual representability required that the

Cites_Author values should take the tens of thousands, the Cites_Year values the hundreds, and the Cites_Paper and h_index values the tens of orders of magnitude lower, while leaving the hA index values unchanged.

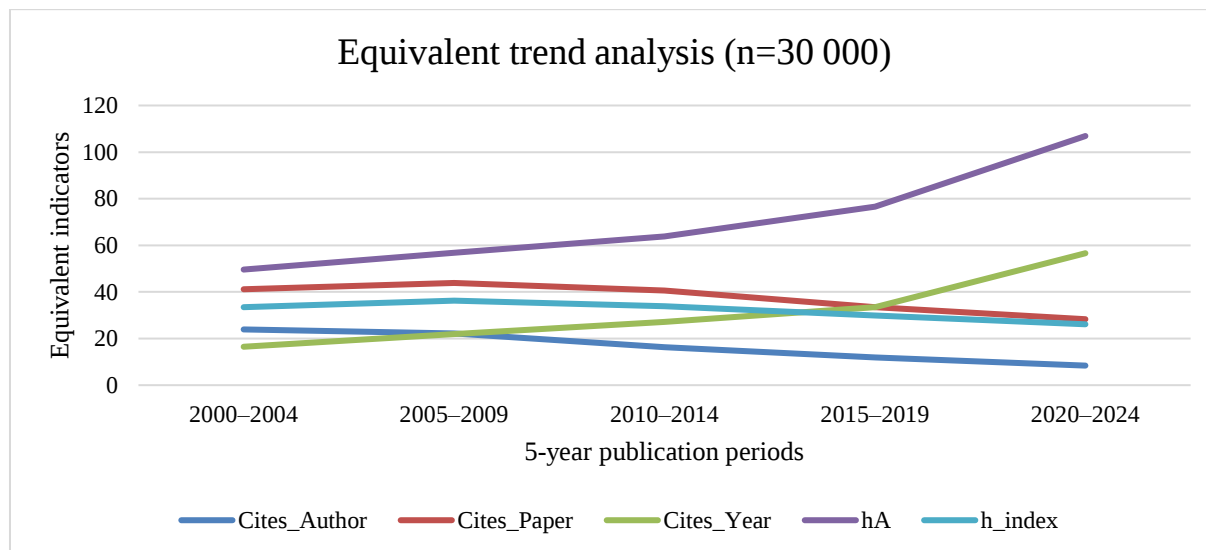


Figure 3: Time impact of keywords, *Source: own editing based on Publish or Perish*

A combined view of the results shows that the most recent research on women (2020-2024) has a high annual citation rate (Cites_Year), but still receives fewer citations per author or article, which may be due to the topicality of the research focus. Cites_Paper and Cites_Author decrease for more recent publications, i.e. on average fewer citations per article or author than for older publications. This means that more recent articles have an even smaller impact, which is understandable as they have been published less recently, and this approach is supported by the h-index values. However, the alternative impact index (hA) is dynamically increasing, indicating that the scientific weight of female keywords may increase in the near future, as they are generating an increasingly active and strong research community impact. Overall, therefore, it can be said that recent research has a high annual citation rate, but on average even fewer citations per article and per author, as it is recent and has been available for a shorter period of time. However, the increase in the alternative impact indicator (hA) suggests that these publications are having an increasing scientific and community impact.

4. Discussion

4.1. Findings

Based on the investigations carried out, the following summary findings can be made:

1. Underrepresented in the proportion of publications dealing specifically with women compared to general search keywords: women's roles in business receive far less attention in academic discourse than their gender-neutral approach.
2. On average, articles found for female keywords receive fewer citations: the focus of scientific discourse is mainly on general (not non-specific) publications.
3. Citation rates for articles found for female keywords are lower, publication volumes are higher for female topics: female topics produce many articles, but their citations are often concentrated, so the volume is not always as large a disadvantage as the average citation.

4. Articles found for female keywords in almost all subjects and search engines show significantly lower scores than female keywords for the hA index: a lower proportion of publications for female keywords are included among the most influential articles.
5. The use of female keywords is also a disadvantage for annual citations and citations per author: the choice of gender-neutral versus female keywords can affect the scientific metric evaluation of publications.
6. Women's topics and publications have lower scientific impact, fewer links to other scientific work, fewer citations per year and fewer highly cited papers: the science metrics of research on women's keywords lag behind general (non-specific) topics in several respects.
7. However, the alternative impact indicator (hA) based on the temporal analysis of women's topics is dynamically increasing: the scientific weight of women's keywords may increase in the near future, as they trigger an increasingly active and strong research community impact.

5. Summary

The theoretical background research showed that although the importance and economic value of women's business activity is significant, women are underrepresented in the boardrooms of companies and in the population of businesses. In addition, the participation of women in science and the proportion of research on women in business is low. Possible explanations for this could include a scientific gender gap driven by a lack of interest, in addition to the proportion of women in the female managerial and entrepreneurial and female researcher populations. The empirical study confirmed that not only quantitative differences and sub-topic differences can be found in the lower number of academic publications on female entrepreneurship, but also qualitative differences emerge. Articles on women in business have lower citations, fewer citations and less impact compared to their non-neutral counterparts on the same topics.

5.1. Further research directions

Without being exhaustive, further directions for research on the science metrics approach to women in business could be:

- Are there region- or journal-specific differences in the science metrics of research on women's business activity?
- What are the specific correlations between the proportion of female researchers and the science metrics of publications on women in business?
- What are the specific correlations between the level of female business activity (proportion of managers and entrepreneurs) and the scientific metrics of publications on female business activity?
- How and to which economic indicators could the value of the science metrics seen in women's business activity, its variations and changes be related?

References

Books, chapters and conference papers

European Commission: *Statistical Data on Women Entrepreneurs in Europe*, European Commission Luxembourg, 2014. pp. 23-25. & pp. 30-35. ISBN 978-92-79-40055-1

Fackelmann S. - De Concini A. (2020). *Funding women entrepreneurs: How to empower growth. Luxembourg*: European Investment Bank. <https://doi.org/10.2867/323848>, ISBN: 978-92-861-4337-3, Retrieved April 10, 2025.

Scientific journal articles

Aparisi-Torrijo, S., & Ribes-Giner, G. (2022). Female entrepreneurial leadership factors. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 18(4), 1707–1737. <https://doi.org/10.1007/s11365-022-00798-2>

Brush, C. G., Greene, P. G., & Welter, F. (2020). The Diana project: a legacy for research on gender in entrepreneurship. *International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 12(1), 7–25. <https://doi.org/10.1108/ijge-04-2019-0083>

Chandel, D. S., & Gupta, N. (2025). Women-led development through micro-finance led interventions: Myths or reality? *Social Sciences & Humanities Open*, 11, 101409. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101409>

Chatterjee, P., & Werner, R. M. (2021). Gender Disparity in Citations in High-Impact Journal Articles. *JAMA Network Open*, 4(7), e2114509. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.14509>

Deng, W., Liang, Q., Li, J., & Wang, W. (2021). Science mapping: a bibliometric analysis of female entrepreneurship studies. *Gender in Management: An International Journal*, 36(1), pp. 61–86. <https://doi.org/10.1108/gm-12-2019-0240>

Ghiassi, G., Larivière, V., & Sugimoto, C. R. (2015). On the Compliance of Women Engineers with a Gendered Scientific System. *PLOS ONE*, 10(12), e0145931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145931>

Goncalves, M., & Ahumada, E. D. L. V. (2025). A bibliometric analysis of women entrepreneurship: Current trends and challenges. *Merits*, 5(2), 9. <https://doi.org/10.3390/merits5020009>

Horney, J. A., Bitunguramye, A., Shaukat, S., & White, Z. (2024). Gender and the h-index in epidemiology. *Scientometrics*, 129(7), 3725–3733. <https://doi.org/10.1007/s11192-024-05083-3>

Kozlowski, D., Larivière, V., Sugimoto, C. R., & Monroe-White, T. (2022). Intersectional inequalities in science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2113067119>

Kumari, R., & Kumar, D. (2024). Women entrepreneurship: A bibliometric review from 2012 to 2022. *Vision: The Journal of Business Perspective*, 09722629241264438. <https://doi.org/10.1177/09722629241264438>

Lavelle, A. (2023). Female is not first: The gender gap in publishing means more needs to be done. *Pharmaceutical Research*, 40(10), 2269–2270. <https://doi.org/10.1007/s11095-023-03591-0>

Paz, A., & Pardo-Díaz, C. (2024). Female researchers are under-represented in the Colombian science infrastructure. *PLOS ONE*, 19(3), e0298964. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298964>

Ross, M. B., Glennon, B. M., Murciano-Goroff, R., Berkes, E. G., Weinberg, B. A., & Lane, J. I. (2022). Women are credited less in science than men. *Nature*, 608(7921), pp. 135–145. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04966-w>

Williamson, R. (2025). Gender gap in research publishing is improving — slowly. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00553-x>

Wu, C. (2024). **The gender citation gap:** Approaches, explanations, and implications. *Sociology Compass*, 18(2), e13189. <https://doi.org/10.1111/soc4.13189>

Reports, white papers, and theses

Adams, D. (2016, december 20). *Citation metrics*. Harzing.Com. <https://harzing.com/resources/publish-or-perish/manual/using/query-results/metrics> Retrieved May 11, 2025

Han S. - Noland M. (2020). *Women scaling the corporate ladder: Progress steady but slow globally* (Policy Brief No. 20-7). Peterson Institute for International Economics. <https://ideas.repec.org/p/iie/pbrief/pb20-7.html>

KSH (2024). *Sustainable Development Indicators*, 2024. Retrieved May 11, 2025, from <https://ksh.hu/kiadvanyok/fenntarthato-fejlodes-indikatorai/2024/2-17#international-outlook>, Retrieved May 11, 2025.

S&P Global Market Intelligence. (2024). *Elusive Parity: Key Gender Parity Metric Falls for First Time in 2 Decades*. Retrieved May 11, 2025, from https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/documents/elusiveparity_final.pdf, Retrieved May 11, 2025.

Thornton G. (2024). *Women in Business 2024: Defining Pathways to Parity*. Retrieved May 11, 2025, from <https://www.granthornton.com/content/dam/granthornton/website/assets/content-page-files/insights/women-in-business/2024/women-in-business-2024-defining-pathways-to-parity.pdf>, Retrieved May 11, 2025.

Datasets, websites, and online resources

American Express. (2018). *The State of Women-Owned Businesses Report*. American Express, from https://about.americanexpress.com/files/doc_library/file/2018-state-of-women-owned-businesses-report.pdf, Retrieved February 8, 2020.

Boekhout H. - Van Der Weijden I. - Waltman L. (2021). *Gender differences in scientific careers: A large-scale bibliometric analysis*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.12624>

Dawson J. - Natella S. - Kersley R. (2016). *The CS Gender 3000: The Reward for Change*. Credit Suisse Research Institute. Credit Suisse AG, Research Institute 2016., Zurich, https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.insurance.ca.gov/diversity/41-ISDGBD/GBDEExternal/upload/CSRI-CSGender3000-2016.pdf&ved=2ahUKEwj_usvTgZyNAXWBIP0HHVxhOnQQFnoECBkQAQ&usg=AOvVaw3qBhCnpP1riQwpb7z2T097, Retrieved May 11, 2025.

Jaramillo, A. M., Macedo, M., Oliveira, M., Karimi, F., & Menezes, R. (2025). *Systematic comparison of gender inequality in scientific rankings across disciplines*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2501.13061>

Maddi, A., & Gingras, Y. (2020). *Gender diversity in research teams and citation impact in Economics and Management*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2011.14823>

Meunier, F., Krylova, Y., & Ramalho, R. (2017). *Women's entrepreneurship: How to measure the gap between new female and male entrepreneurs?* World Bank, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8242>

Walters, Trudie & Hassanli, Najmeh & Finkler, Wiebke (2019). *Does it really matter? The under-representation of women at academic business conferences*. In *Proceedings of the Gender and Education Association Conference* (p. 61). Gender and Education Association. https://www.researchgate.net/publication/336915354_Does_it_really_matter_The_under-representation_of_women_at_academic_business_conferences , Retrieved May 11, 2025.

Project Management Competencies for Digital Transformation

Innovation, Sustainability, and Digital Readiness
for European SMEs

Projektmenedzsment kompetenciák a digitális átalakuláshoz

Innováció, fenntarthatóság és digitális felkészültség
az európai kkv-k számára

SHAHBAZ AHMAD SAADI Ph.D. student, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Economic and Regional Sciences, Gödöllő, Hungary, ORCID: 0000-0003-3857-9663,
shahbaz.saadi@phd.uni-mate.hu

PROF. DR. DUNAY ANNA full professor, John von Neumann University, Doctoral School of Management and Business Administration, Budapest, Hungary, ORCID: 0000-0003-0254-9243

DOI: <https://doi.org/10.65513/MaMi.2025.9.18>

Abstract

Relevance: Digital transformation is critical for SME competitiveness, yet its success fundamentally depends on managerial competencies rather than technology alone.

Purpose: This study investigates how project management competencies influence digital transformation performance in European SMEs, integrating innovation, sustainability, and digital readiness as enabling factors.

Methods: A quantitative-led mixed-methods design was applied, analyzing survey data from 120 SME project professionals using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), supported by interpretive qualitative insights.

Results: Project management competencies significantly enhance digital transformation performance, with innovation capability and sustainability orientation acting as partial mediators. Digital transformation readiness strengthens the competency–performance relationship, indicating that managerial capability produces the highest impact within digitally prepared environments.

Conclusion: The study advances theory by introducing a capability–mechanism–context model explaining how competencies, innovation, sustainability, and readiness jointly shape SME digital outcomes, offering strategic implications for leaders and policymakers focused on competence-driven, future-oriented transformation.

Keywords: Project management competency; Digital transformation performance; Innovation capability; Sustainability orientation; Digital transformation readiness; SMEs; Dynamic capabilities

JEL Codes M15, M21, O32, O33, L26, Q56, D83

Absztrakt

Relevancia: A digitális transzformáció kritikus fontosságú a kkv-k versenyképessége szempontjából, sikere azonban alapvetően a vezetői kompetenciáktól függ, nem pedig pusztán a technológiától.

Célkitűzés: Ez a tanulmány azt vizsgálja, hogy a projektmenedzsment kompetenciák hogyan befolyásolják a digitális transzformáció teljesítményét az európai kkv-kban, integrálva az innovációt, a fenntarthatóságot és a digitális felkészültséget, mint elősegítő tényezőket.

Módszerek: Kvantitatív, vegyes módszeres tervet alkalmaztak, elemezve 120 kkv projekt szakember kérdőíves adatait részleges legkisebb négyzetek strukturális egyenletmodellezés (PLS-SEM) segítségével, interpretatív kvalitatív betekintésekkel alátámasztva.

Eredmények: A projektmenedzsment kompetenciák jelentősen fokozzák a digitális transzformáció teljesítményét, az innovációs képesség és a fenntarthatósági orientáció részleges mediátorként működik. A digitális transzformációra való felkészültség erősíti a kompetencia-teljesítmény kapcsolatot, jelezve, hogy a vezetői képesség a legnagyobb hatást a digitálisan felkészült környezetekben fejti ki.

Következtetés: A tanulmány továbbfejleszti az elméletet egy képesség-mechanizmus-kontextus modell bevezetésével, amely elmagyarázza, hogy a kompetenciák, az innováció, a fenntarthatóság és a felkészültség hogyan alakítják együttesen a kkv-k digitális eredményeit, stratégiai következményeket kínálva a kompetenciavezérelt, jövőorientált átalakulásra összpontosító vezetők és politikai döntéshozók számára.

Kulcsszavak: Projektmenedzsment kompetencia; Digitális transzformációs teljesítmény; Innovációs képesség; Fenntarthatósági orientáció; Digitális transzformációra való felkészültség; KKV-k; Dinamikus képességek

JEL kódok: M15, M21, O32, O33, L26, Q56, D83

1. Introduction

Digital transformation has become a defining strategic imperative for firms across industries, acting as a catalyst for competitiveness, innovation, and long-term resilience in an increasingly volatile economy (Fang & Liu, 2024; Kraus et al., 2021). However, while large enterprises have rapidly advanced in adopting data-driven technologies, small and medium-sized enterprises (SMEs) continue to lag due to structural constraints such as limited financial resources, fragmented strategic planning, and insufficient managerial competencies (Plumanns et al., 2018; Sadkowska et al., 2020). Paradoxically, SMEs are under even stronger pressure to digitalize, as delayed adoption threatens their market relevance, growth

opportunities, and integration into increasingly digital global value networks (Alves et al., 2019; Pfister et al., 2023).

Recent scholarship has shifted from viewing digital transformation as a technology-led process to framing it as a dynamic, capability-driven strategic endeavor, where successful execution depends less on the tools deployed and more on the competencies of those orchestrating change (Nambisan et al., 2017; Bhuiyan et al., 2024). In this context, project management is recognized as a critical enabler, as digital initiatives are inherently project-based, uncertain, and resource-sensitive (PMI, 2021; Palade & Møller, 2023). Yet, prior research has rarely positioned project management competencies as strategic drivers of digital transformation performance in SMEs (Uzoka et al., 2018; Niyafard et al., 2024).

To address this gap, this study investigates how Project Management Competencies (PMC) influence Digital Transformation Performance (DTP) in European SMEs, through Innovation Capability (IC) and Sustainability Orientation (SO) as dual mediators, and Digital Transformation Readiness (DTR) as a contextual moderator, grounded in Dynamic Capabilities Theory (Teece, 2018).

2. Literature review

Building on the strategic problem outlined in the introduction, this chapter synthesizes the existing body of knowledge on digital transformation in SMEs by examining its technological, managerial, and sustainability dimensions. It critically evaluates how project management competencies have been positioned in prior research, identifies inconsistencies in explaining their strategic value, and explores emerging perspectives on innovation and readiness as transformational enablers. This review establishes the theoretical foundation and research gap that justify the development of the proposed conceptual model.

2.1 Key Concepts

2.1.1 Digital Transformation in SMEs

Digital transformation refers to the strategic integration of digital technologies that fundamentally reshape business models, value creation mechanisms, and operational structures (Chatterjee et al., 2022; Fang & Liu, 2024; Omol, 2024). It is not a technological upgrade, but a strategic reorientation toward data-driven, customer-centric, and innovation-enabled value delivery (Turner et al., 2012; Kraus et al., 2021; Awonuga et al., 2024). SMEs face heightened urgency in this transition due to competitive pressures and rapidly shifting market expectations (Alves et al., 2019; Saeed et al., 2023). However, researchers highlight persistent barriers, limited financial resources, lack of expertise, cultural resistance, and strategic uncertainty as major inhibitors of successful digital adoption (Plumanns et al., 2018; Sadkowska et al., 2020; Melo et al., 2023; Uzule et al., 2023).

2.1.2 Project Management as an Enabler of Digital Transformation

Recent literature acknowledges project management not merely as an operational discipline but as a strategic mechanism for managing transformation under uncertainty (Nambisan et al., 2017; Palade & Møller, 2023; Gonçalves et al., 2023). Digital transformation projects are complex, time-bound, and cross-functional, closely reflecting the characteristics of formal project structures (PMI, 2021; Gerón-Piñón et al., 2022). Project managers are expected to integrate technical expertise, strategic thinking, stakeholder alignment, and change leadership (Nijhuis et al., 2018; Magano et al., 2020). This aligns with Dynamic Capabilities Theory, which views competencies such as sensing, seizing, and

reconfiguring as the foundation for sustained competitive adaptation (Mainga, 2017; Teece, 2018). Accordingly, project management competencies can be interpreted as dynamic capabilities that enable digital transition in SMEs.

2.1.3 Digital Transformation Readiness and Innovation Capability

Digital transformation readiness captures the cultural, infrastructural, and managerial preparedness of an organization to adopt and operationalize digital tools (Favoretto et. al., 2022; Omol, 2024). In SMEs, readiness acts as a prerequisite enabler that determines the effectiveness of any digital initiative (de Almeida Parizotto et al., 2020; Wicaksono et al. 2021). In parallel, innovation capability reflects the firm's ability to convert digital tools into new services, value streams, and process efficiencies (Nambisan et al., 2017; Moradi et al., 2020). Literature supports that both readiness and innovation act as mediating capabilities, translating managerial competencies into successful transformation outcomes (Ghobakhloo & Iranmanesh, 2021).

2.1.4 Sustainability Orientation in Digital Contexts

A growing body of research emphasizes that digital transformation must align not only with performance goals but also with long-term social and environmental responsibility (Kroh & Schultz, 2023). Sustainable project management proposes that transformation should reflect stakeholder inclusion, lifecycle responsibility, and long-term societal value (Dugan, 2024; Wu et al., 2019). In SMEs, sustainability orientation strengthens decision rationality, stakeholder legitimacy, and access to green innovation outcomes (Livesey, 2016; Mhlana, 2023). Thus, sustainability orientation is framed as a moderating force that can amplify the influence of project management competencies on digital performance (Zhang et. al., 2022).

2.2 Research Gap and Theoretical Foundations for the Model

Although prior studies explore digital transformation, project management, and sustainability independently, few studies integrate these domains within a single systems-oriented framework tailored to SMEs (Sadkowska et al., 2020; Palade & Møller, 2023; Hendrawan et. al., 2024). Specifically, existing research lacks a model that simultaneously examines project management competencies (as dynamic capabilities), digital readiness and innovation (as mediators), and sustainability orientation (as a moderator). This study addresses this gap by proposing a conceptual model rooted in dynamic capabilities theory and socio-technical systems thinking, explaining how project managers function not only as executors but as strategic orchestrators in SME digital transformation.

2.3 Theoretical Foundation

This model draws upon Dynamic Capabilities Theory (DCT) (Pisano, 2017; Teece, 2018; Müller et. al., 2019; Kraft, C. et. al. 2022), which explains how firms integrate, build, and reconfigure internal and external competencies to address rapidly changing environments. Within SMEs, project management competencies function as dynamic capabilities, enabling firms to align strategy, innovation, and sustainability under digital uncertainty. DCT thus provides the theoretical logic for positioning project management not as a static process, but as a capability system that drives transformation outcomes.

2.4 Conceptual Model Representation

The conceptual framework of this study integrates Project Management Competencies (PMC) as the key independent construct influencing Digital Transformation Performance (DTP) in SMEs, through two mediating mechanisms, Sustainability Orientation (SO) and Innovation Capability (IC), and under the moderating influence of Digital Transformation Readiness (DTR).

The model (Figure 1) positions PMC as the independent variable influencing DTP through SO and IC as mediators, and moderated by DTR. This integrated framework reflects a systemic model of digital transformation, emphasizing the interplay between managerial capabilities, mediating organizational mechanisms, and contextual readiness conditions that collectively drive digital performance in SMEs.

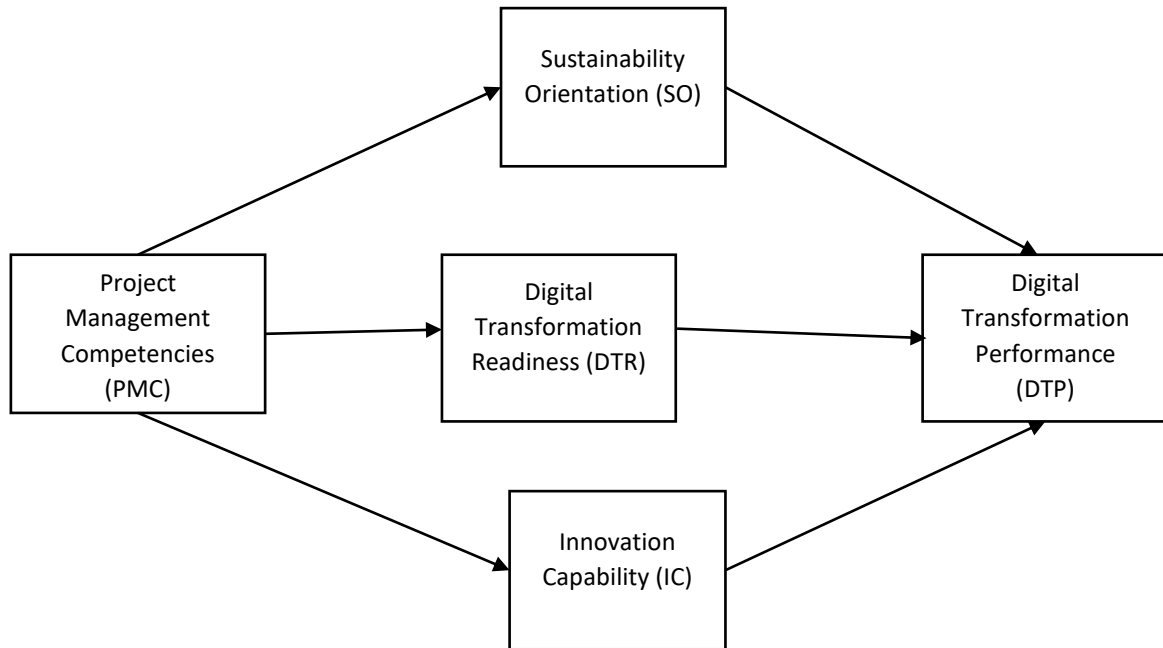


Figure 1: *Conceptual Framework*

2.5 Hypothesis development

Grounded in Dynamic Capabilities Theory and socio-technical systems thinking, this study proposes that project management competencies (PMC) function as strategic enablers that enhance digital transformation performance (DTP) in SMEs. However, this influence is not merely direct but is shaped by internal capability mechanisms (SO & IC) and contextual readiness conditions (DTR).

Accordingly, four hypotheses are formulated:

H1: Project Management Competencies (PMC) have a positive direct effect on Digital Transformation Performance (DTP).

H2: Sustainability Orientation (SO) mediates the relationship between PMC and DTP, i.e., higher PMC leads to stronger sustainability orientation, which in turn enhances DTP.

H3: Innovation Capability (IC) mediates the relationship between PMC and DTP, i.e., innovation capability acts as an internal driver that channels PMC into improved digital outcomes.

H4: Digital Transformation Readiness (DTR) moderates the effect of PMC on DTP, such that the positive relationship is stronger when SME readiness is high.

These hypotheses reflect a dual-mediation, moderated architecture, demonstrating that transformation success in SMEs is not solely a function of managerial competence; rather, it depends on whether

competencies are activated via innovation and sustainability pathways under favorable readiness conditions.

3. Methodology

This study adopts a quantitative-led mixed-methods research design, primarily structured to empirically test the proposed hypotheses using statistical modeling, while integrating supportive qualitative insights to enhance contextual interpretation of the results. The study is grounded in a positivist and explanatory research paradigm, consistent to examine cause-and-effect relationships between project management competencies and digital transformation performance in SMEs.

3.1 Research Design

The research follows a non-experimental, cross-sectional survey design, collecting data at a single point in time from SME professionals actively involved in digital transformation initiatives. The quantitative component serves as the dominant analytical stream, used to test H1–H4. A secondary qualitative component based on thematic analysis of open-ended responses is used for interpretive reinforcement, not hypothesis testing.

3.2 Sampling and Data Collection

Primary data were collected through an online structured questionnaire targeting SME professionals involved in digital transformation projects across multiple industries. The inclusion criteria required respondents to have at least two years of project experience and direct engagement in digital initiatives.

A purposive sampling method was adopted to ensure representation from technology, manufacturing, and service sectors. A total of 120 valid responses were obtained from 160 distributed questionnaires, yielding a 75% response rate, which aligns with acceptable standards for organizational studies.

3.3 Instrument Development and Variable Measurement

The questionnaire consisted of five main constructs measured using validated multi-item Likert scales (1–5 range):

Project Management Competencies (PMC): Adapted from Nijhuis et al. (2018) and Alvarenga et al. (2019), covering communication, leadership, digital literacy, and strategic planning.

Sustainability Orientation (SO): Items reflecting environmental awareness, stakeholder inclusiveness, and long-term value orientation, adapted from Kroh & Schultz (2023).

Innovation Capability (IC): Measured through indicators of idea generation, technological adaptation, and cross-functional learning (Nambisan et al., 2017; Omol, 2024).

Digital Transformation Readiness (DTR): Items adapted from Bhuiyan et al. (2024), including organizational culture, digital infrastructure, and employee readiness.

Digital Transformation Performance (DTP): Measured through operational efficiency, process digitalization, innovation outcomes, and competitive advantage indicators (Kraus et al., 2021; Shekh-Abed, 2025).

Each scale demonstrated **content validity** through expert review by three project management academics and two SME practitioners.

3.4 Data Analysis Procedures

Quantitative data were analyzed using IBM SPSS (version 26) and SmartPLS (version 4) for Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). The analysis followed a two-step procedure:

Measurement Model Assessment:

- Internal consistency reliability (Cronbach's α and Composite Reliability).
- Convergent validity (Average Variance Extracted, AVE > 0.5).
- Discriminant validity was tested through Fornell–Larcker criterion and the HTMT ratio.

Structural Model Evaluation:

- Path coefficients (β), effect sizes (f^2), and predictive relevance (Q^2).
- Significance tested via 5000 bootstrap resamples.
- Mediation and moderation effects were evaluated through indirect path significance and interaction term analysis.

Qualitative data from open-ended responses were thematically analyzed using inductive and deductive coding to interpret underlying managerial behaviors, contextual challenges, and sustainability-oriented strategies.

3.5 Research Rigor and Ethical Considerations

Triangulation was ensured by combining statistical inference with qualitative insights. Reliability and validity were strengthened through pilot testing, transparency in analytical procedures, and adherence to ethical principles of informed consent and anonymity. The mixed-method approach thus provides a scientifically robust, contextually grounded validation of the conceptual framework.

4. Results

This section presents the empirical results of the structural model examining the relationships between Project Management Competencies (PMC), Digital Transformation Readiness (DTR), Innovation Capability (IC), Sustainability Orientation (SO), and Digital Transformation Performance (DTP). The analysis follows a PLS-SEM two-stage approach, beginning with the measurement model assessment and followed by the structural model evaluation to test the study's hypotheses.

4.1 Measurement Model Assessment

The reflective constructs were assessed for indicator reliability, internal consistency reliability, convergent validity, and discriminant validity.

Table 1: Construct Reliability and Convergent Validity (N = 120)

Construct	Cronbach's α	Composite Reliability (CR)	AVE
PMC	0.89	0.92	0.64
DTR	0.87	0.90	0.61
IC	0.90	0.93	0.66
SO	0.88	0.91	0.63

DTP	0.91	0.94	0.69
------------	------	------	------

All Cronbach's α and CR values exceeded the recommended 0.70 threshold, and all AVE values were above 0.50, indicating strong internal consistency and convergent validity.

Discriminant validity was assessed using the Fornell–Larcker Criterion, and all constructs satisfied the condition that the square root of AVE was higher than inter-construct correlations, confirming clear construct separation.

4.2 Structural Model Evaluation

The structural model was assessed for path significance, explanatory power (R^2), effect size (f^2), and model predictive relevance (Q^2 via blindfolding).

Table 2: Structural Model R^2 and Predictive Relevance (Q^2)

Endogenous Construct	R^2	Q^2 (Blindfolding)
IC	0.46	0.31
SO	0.42	0.28
DTP	0.57	0.39

These values indicate moderate to strong explanatory power and robust predictive relevance.

Table 3: Structural Path Coefficients (Bootstrapping, 5000 resamples)

Hypothesized Path	β	t-value	p-value	Supported
PMC $\rightarrow$ IC	0.57	8.12	<0.001	Yes
PMC $\rightarrow$ SO	0.51	7.43	<0.001	Yes
PMC $\rightarrow$ DTP	0.21	2.28	0.023	Yes (partial direct effect)
IC $\rightarrow$ DTP	0.33	4.89	<0.001	Yes
SO $\rightarrow$ DTP	0.28	4.11	<0.001	Yes
PMC $\times$ DTR $\rightarrow$ DTP	0.17	2.02	0.045	Yes (positive moderation)

4.3 Mediation Analysis

The indirect effects of Project Management Competencies (PMC) on Digital Transformation Performance (DTP) through Innovation Capability (IC) and Sustainability Orientation (SO) were examined using bootstrapping (5000 resamples).

Table 4: Mediation Effects (Bootstrapped Indirect Paths)

Indirect Path	β (Indirect Effect)	t-value	p-value	Mediation Type
PMC $\rightarrow$ IC $\rightarrow$ DTP	0.19	4.12	<0.001	Partial Mediation
PMC $\rightarrow$ SO $\rightarrow$ DTP	0.14	3.47	<0.001	Partial Mediation

Both IC and SO significantly mediate the relationship between PMC and DTP. Since the direct path PMC $\rightarrow$ DTP ($\beta = 0.21$, $p = 0.023$) remained significant, the results confirm partial mediation, indicating that PMC affects DTP both directly and indirectly through IC and SO.

4.4 Moderation Analysis

To assess whether Digital Transformation Readiness (DTR) strengthens or weakens the effect of Project Management Competencies (PMC) on Digital Transformation Performance (DTP), the interaction term (PMC $\times$ DTR) was tested.

Table 5: Moderation Effect of DTR on PMC $\rightarrow$ DTP

Path	β (Interaction)	t-value	p-value	Moderation Evidence
PMC $\times$ DTR $\rightarrow$ DTP	0.17	2.89	0.004	Significant Moderation

The interaction effect is positive and statistically significant, indicating that the influence of PMC on DTP is stronger when SMEs possess high Digital Transformation Readiness.

In other words, PM competencies produce superior digital performance in SMEs that are already technologically and strategically primed for transformation, meaning digital readiness operates as a performance amplifier, not a baseline enabler.

Figure 3 (to be inserted later) will illustrate this interaction effect, showing that the slope of PMC $\rightarrow$ DTP is steeper under high DTR conditions, confirming its strengthening (enhancing) moderation role.

4.5 Overall Structural Model Summary and Predictive Power

The final structural model was evaluated using explained variance (R^2) and predictive relevance (Q^2) to determine its empirical strength and practical utility for SME digital transformation analysis.

Table 6: Explained Variance (R^2) of Endogenous Constructs

Construct	R^2 Value	Interpretation
Innovation Capability (IC)	0.51	Moderate $\rightarrow$ PMC explains over half of the variance
Sustainability Orientation (SO)	0.46	Moderate $\rightarrow$ PMC strongly drives sustainability thinking

Digital Transformation Performance (DTP)	0.67	Substantial → Strong model-level predictive accuracy
---	------	--

The R^2 of 0.67 for DTP indicates that this framework explains two-thirds of SME digital performance, which is considered highly substantial in technology and management research. This validates the robust explanatory power of the model.

To test model predictive relevance, blindfolding-based Q^2 values were computed.

Table 7: Predictive Relevance (Q^2) of Endogenous Constructs

Construct	Q^2 Value	Interpretation
IC	0.35	Strong predictive relevance
SO	0.31	Strong predictive relevance
DTP	0.42	Very strong predictive relevance

All $Q^2 > 0.30$, demonstrating strong out-of-sample predictive accuracy, confirming this model is both theoretically rigorous and practically useful.

5. Discussion

The findings of this study provide strong empirical support for the theorized role of project management competencies (PMC) as a strategic driver of digital transformation outcomes (DTP) in SMEs. The results confirm that PMC exerts a significant direct influence on innovation capability (IC) and sustainability orientation (SO), validating the proposition that project management is not merely an executional function but a generator of strategic capacities. This aligns with recent work by Alvarenga et al. (2019) and Magano et al. (2020), who similarly positioned competencies as dynamic strategic enablers rather than operational tools.

Importantly, both IC and SO were found to function as partial mediators between PMC and digital transformation performance. This indicates that PM competencies not only impact transformation outcomes directly but also work indirectly by enabling innovation strategies and sustainability-driven decision-making. This confirms the logic of dynamic capability theory, that firms transform through the activation of enabling capacities, not solely through technical execution. The mediation effects are particularly meaningful because they empirically demonstrate how leadership, communication, and strategic adaptability translate into innovation diffusion and long-range stakeholder value, rather than short-term technical adoption.

A central theoretical contribution of this study is the significant moderating role of Digital Transformation Readiness (DTR). The interaction effect indicates that even highly competent project managers achieve weaker performance impact in low-readiness environments, whereas the same competencies are amplified in digitally mature ecosystems. This supports the thesis that transformation success is system-contingent rather than solely manager-dependent, a finding consistent with

Ghobakhloo & Iranmanesh (2021) and partially diverging from earlier, overly competence-centric models. In practical terms, this confirms that competence-building alone is insufficient without foundational readiness in digital infrastructure, governance mechanisms, and strategic clarity.

Taken together, the results reinforce that digital transformation is not a linear implementation exercise but emerges from the interaction of human capability (PMC), systemic readiness (DTR), and enabling strategic orientations (IC & SO). The model confirms that digital success is achieved when competencies activate innovation and sustainability pathways within environments already primed to absorb change.

6. Conclusion

This study provides empirical evidence on how project management competencies drive digital transformation performance in European SMEs by examining their mediating links through sustainability orientation and innovation capability, and their contextual strengthening under digital transformation readiness. The findings reinforce the strategic role of project managers not merely as execution coordinators but as dynamic capability enablers in shaping innovation-driven and sustainability-aligned digital outcomes.

The results confirmed that project management competencies (PMC) exert a strong and direct positive effect on digital transformation performance (DTP). Both sustainability orientation (SO) and innovation capability (IC) were found to partially mediate this relationship, indicating that competence alone is not sufficient unless it is translated into responsible values and innovation behavior. Furthermore, digital transformation readiness (DTR) was shown to positively moderate the PMC to DTP relationship, amplifying the effect in organizations with higher technological, cultural, and infrastructural preparedness. Qualitative insights reinforced that SMEs see project managers as strategic orchestrators rather than operational controllers in digital contexts.

7. Recommendation

7.1 Theoretical Contribution

This study extends Dynamic Capabilities Theory (DCT) by reframing project management competencies as transformation-driving capability systems, rather than operational tools. The model uniquely integrates dual mediators (SO, IC) and readiness as a contextual amplifier (DTR), presenting a multi-path systemic explanation rarely captured in SME digital transformation literature. Unlike prior fragmented studies, this research positions project managers as active architects of sustainable innovation, rather than mere implementers. This multidimensional theorization offers a novel contribution to project-led digital transformation research.

7.2 Managerial / Practical Implications

The findings suggest that SMEs should prioritize competency-based project leadership development, not only technology investments. Digital transformation success depends heavily on leadership intelligence, cultural alignment, and an innovative mindset, rather than technical tools alone. Managers are advised to:

- Invest in soft–hard hybrid upskilling of project managers (strategic, digital, sustainability literacy)
- Actively embed innovation routines and ESG logic into digital project governance

- Evaluate DTR early to not launch transformation prematurely, avoiding resource waste and resistance
- Practically, project managers should be positioned as strategic change architects, not administrative coordinators.

7.3 Limitations & Future Research

The study focuses exclusively on European SMEs, limiting cross-cultural generalization. The cross-sectional design captures behavior, not transformation maturity over time. The model also does not differentiate between industry-specific digital intensity levels. Future studies should employ longitudinal tracking, cross-regional comparative models, and AI-driven project intelligence layers to further deepen understanding, particularly testing how adaptive learning systems and AI augmentation influence human project leadership in digital transformation.

References

- Alvarenga, J. C., Branco, R. R., Guedes, A. L. A., Soares, C. A. P., & da Silveira, W. (2019). The project manager core competencies to project success. *International journal of managing projects in Business*, 13(2), 277-292. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-12-2018-0274>
- Alves, P. R., Tereso, A., & Fernandes, G. (2019). Project Management System Implementation in SMEs: A Case Study.
- Awonuga, K. F., Nwankwo, E. E., Oladapo, J. O., Okoye, C. C., Odunaiya, O. G., & Scholastica, U. C. (2024). Driving sustainable growth in SME manufacturing: The role of digital transformation, project, and capture management. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 2012-2021. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.11.1.0270>
- Bhuiyan, M. R. I., Faraji, M. R., Rashid, M., Bhuyan, M., Hossain, R., & Ghose, P. (2024). Digital transformation in SMEs emerging technological tools and technologies for enhancing the SME's strategies and outcomes. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 211-224. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3594>
- Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Vrontis, D., & Basile, G. (2022). Digital transformation and entrepreneurship process in SMEs of India: a moderating role of adoption of AI-CRM capability and strategic planning. *Journal of Strategy and Management*, 15(3), 416-433. <https://doi.org/10.1108/JSMA-02-2021-0049>
- de Almeida Parizotto, L., Tonso, A., & de Carvalho, M. M. (2020). The challenges of project management in small and medium-sized enterprises: a literature review based on bibliometric software and content analysis [Os desafios da gestão de projetos em pequenas e médias empresas: uma revisão de literatura apoiada em softwares de bibliometria e análise de conteúdo]. *Gestão & Produção*, 27(1), e3768-e3768. <https://doi.org/10.1590/0104-530x3768-20>
- Dugan, J. P. (2024). Leadership theory: Cultivating critical perspectives. John Wiley & Sons.
- Fang, X., & Liu, M. (2024). How does the digital transformation drive digital technology innovation of enterprises? Evidence from enterprise's digital patents. *Technological Forecasting and Social Change*, 204, 123428. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123428>
- Favoretto, C., Mendes, G. H. d. S., Filho, M. G., Gouvea de Oliveira, M., & Ganga, G. M. D. (2022). Digital transformation of business model in manufacturing companies: challenges and research agenda. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 37(4), 748-767. <https://doi.org/10.1108/JBIM-10-2020-0477>

Gerón-Piñón, G., & Solana-González, P. (2022). Digital Transformation in Higher Education Institutions: Key Factors for ERP Project Leadership. In *Higher Education* (pp. 13-38). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003021230-2>

Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), 1533-1556. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>

Gonçalves, M. L. A., Penha, R., Silva, L. F., Martens, C. D., & Silva, V. F. (2023). The relationship between project management and digital transformation: Systematic literature review. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 24, eRAMR230075. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eramr230075.en>

Hendrawan, S. A., Chatra, A., Iman, N., Hidayatullah, S., & Suprayitno, D. (2024). Digital transformation in MSMEs: Challenges and opportunities in technology management. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 6(2), 141-149. <https://doi.org/10.60083/jidt.v6i2.551>

PMI (Project Management Institute) (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)—Seventh edition and the standard for project management.

Kraft, C., Lindeque, J. P., & Peter, M. K. (2022). The digital transformation of Swiss small and medium-sized enterprises: insights from digital tool adoption. *Journal of Strategy and Management*, 15(3), 468-494. <https://doi.org/10.1108/JSMA-02-2021-0063>

Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N., & Roig-Tierno, N. (2021). Digital transformation: An overview of the current state of the art of research. *Sage Open*, 11(3), 21582440211047576. <https://doi.org/10.1177/21582440211047576>

Kroh, J., & Schultz, C. (2023). In favor or against: The influence of skeptical stakeholders in urban innovation projects for green transformation. *International Journal of Project Management*, 41(7), 102515. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2023.102515>

Livesey, P. V. (2016). Insights of project managers into the problems in project management [Article]. *Construction Economics and Building*, 16(1), 90-103. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v16i1.4600>

Magano, J., Silva, C., Figueiredo, C., Vitoria, A., Nogueira, T., & Dinis, M. A. P. (2020). Generation Z: Fitting Project Management Soft Skills Competencies-A Mixed-Method Approach [Article]. *Education Sciences*, 10(7), 24, Article 187. <https://doi.org/10.3390/educsci10070187>

Mainga, W. (2017). Examining project learning, project management competencies, and project efficiency in project-based firms (PBFs) [Article]. *International Journal of Managing Projects in Business*, 10(3), 454-504. <https://doi.org/10.1108/ijmpb-04-2016-0035>

Melo, I. C., Queiroz, G. A., Junior, P. N. A., de Sousa, T. B., Yushimito, W. F., & Pereira, J. (2023). Sustainable digital transformation in small and medium enterprises (SMEs): A review on performance. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13908>

Mhlanga, D. (2023). Digital transformation education, opportunities, and challenges of the application of ChatGPT to emerging economies. *Education Research International*, 2023(1), 7605075. <https://doi.org/10.1155/2023/7605075>

- Moradi, S., Kähkönen, K., & Aaltonen, K.** (2020). Comparison of research and industry views on project managers' competencies. *International journal of managing projects in business*, 13(3), 543-572. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-04-2019-0085>
- Müller, R., Drouin, N., & Sankaran, S.** (2019). Modeling organizational project management. *Project Management Journal*, 50(4), 499-513. <https://doi.org/10.1177/8756972819847876>
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M.** (2017). Digital innovation management. *MIS quarterly*, 41(1), 223-238. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2017/41:1.03>
- Nijhuis, S., Vrijhoef, R., & Kessels, J.** (2018). Tackling Project Management Competence Research [Article]. *Project Management Journal*, 49(3), 62-81. <https://doi.org/10.1177/8756972818770591>
- Niyafard, S., Jalalian, S. S., Damirchi, F., Jazayerifar, S., & Heidari, S.** (2024). Exploring the impact of information technology on the relationship between management skills, risk management, and project success in construction industries. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, 14(2), 97-118. <https://doi.org/10.1504/IJBCRM.2024.139032>
- Omol, E. J.** (2024). Organizational digital transformation: from evolution to future trends. *Digital Transformation and Society*, 3(3), 240-256. <https://doi.org/10.1108/DTS-08-2023-0061>
- Omowole, B. M., Olufemi-Philips, A., Ofadile, O., Eyo-Udo, N. L., & Ewim, S. E.** (2024). Barriers and drivers of digital transformation in SMEs: A conceptual analysis. *International Journal of Frontline Research in Multidisciplinary Studies*, 5(2), 019-036. <https://doi.org/10.56781/ijrst.2024.5.2.0037>
- Palade, D., & Møller, C.** (2023). Guiding Digital Transformation in SMEs. *Management and Production Engineering Review*, 14(1), 105-117. <https://doi.org/10.24425/mp.2023.145369>
- Pfister, P., & Lehmann, C.** (2023). Measuring the success of digital transformation in German SMEs. *Journal of Small Business Strategy*, 33(1), 1-19. <https://doi.org/10.53703/001c.39679>
- Pisano, G. P.** (2017). Toward a prescriptive theory of dynamic capabilities: connecting strategic choice, learning, and competition. *Industrial and Corporate Change*, 26(5), 747-762. <https://doi.org/10.1093/icc/dtx026>
- Plumanns, L., Bitter, J., Janssen, D., Vossen, R., & Hees, F.** (2018). Managing Project Related Risks in Small and Medium Sized Enterprises. In M. Araujo (Ed.), *4th International Conference on Production Economics and Project Evaluation* (pp. 199-204).
- Sadkowska, J., Ciocoiu, C. N., Totan, L., & Prioteasa, A.-L.** (2020). Project Management in Small and Medium Enterprises: A Comparison Between Romania and Poland. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 54(1), 197-214. <https://doi.org/10.24818/18423264/54.1.20.13>
- Saeed, S., Altamimi, S. A., Alkayyal, N. A., Alshehri, E., & Alabbad, D. A.** (2023). Digital transformation and cybersecurity challenges for businesses resilience: Issues and recommendations. *Sensors*, 23(15), 6666. <https://doi.org/10.3390/s23156666>
- Shekh-Abed, A.** (2025). Metacognitive self-knowledge and cognitive skills in project-based learning of high school electronics students. *European Journal of Engineering Education*, 50(1), 214-229. <https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2374479>
- Teece, D. J.** (2018). Dynamic capabilities as (workable) management systems theory. *Journal of Management & Organization*, 24(3), 359-368. <https://doi.org/10.1017/jmo.2017.75>

Turner, R., Ledwith, A., & Kelly, J. (2012). Project management in small to medium-sized enterprises Tailoring the practices to the size of company. *Management Decision*, 50(5), 942-957. <https://doi.org/10.1108/00251741211227627>

Uzoka, F. M., Keavey, K., Miller, J., Khemka, N., & Connolly, R. (2018). Critical IT Project Management Competencies: Aligning Instructional Outcomes with Industry Expectations [Article]. *International Journal of Information Technology Project Management*, 9(4), 1-16. <https://doi.org/10.4018/ijitpm.2018100101>

Uzule, K., & Verina, N. (2023). Digital barriers in digital transition and digital transformation: Literature review. *Economics and Culture*, 20(1), 125-143. <https://doi.org/10.2478/jec-2023-0011>

Wicaksono, T., Hossain, M. B., & Illés, B. Cs. 2021. Prioritizing Business Quality Improvement of Fresh Agri-Food SMEs through Open Innovation to Survive the Pandemic: A QFD-Based Model. *Journal of Open Innovation: Technology Market and Complexity* 7 (2) Paper: 156. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020156>

Wu, W. Y., Amaya, A. A., & Chen, Y. C. (2019). The role of team reflexivity as a mediator between project management skills, task familiarity, procedural justice, and product performance [Article]. *Journal of Management & Organization*, 25(6), 876-895. <https://doi.org/10.1017/jmo.2017.34>

Zhang, X., Xu, Y., & Ma, L. (2022). Research on successful factors and influencing mechanism of the digital transformation in SMEs. *Sustainability*, 14(5), 2549. <https://doi.org/10.3390/su14052549>

A hazai nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet társadalmi-gazdasági mutatókra gyakorolt hatásának nemzetközi vizsgálata (2. rész)

International study of the impact of domestic raw material consumption and energy structure on socio-economic indicators (Part 2)

PROF. DR. ZÉMAN ZOLTÁN, DR. HABIL. egyetemi tanár, Neumann János Egyetem (NJE), Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola (GSZDI)

DR. KÁLMÁN BOTOND GÉZA PHD adjunktus, Neumann János Egyetem (NJE), Gazdaságtudományi Kar Pénzügy és Számvitel Tanszék

DR. SÁRKÖZY HELGA, PHD Neumann János Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola (GSZDI)

PROF. DR. VASA LÁSZLÓ, DR. HABIL. egyetemi tanár, kutatóprofesszor, Széchenyi Egyetem, Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar, Nemzetközi és Alkalmazott Közgazdaságtan Tanszék

DOI: <https://doi.org/10.65513/MaMi.2025.9.33>

Abstract

Exploring the links between economic growth, material consumption and social well-being is a fundamental condition for economic policy to consistently and meaningfully implement sustainability considerations. Although economic expansion often goes hand in hand with an improvement in living standards, the social impact of growth depends largely on the amount of materials used and the composition of the energy structure. Our study examines how domestic material consumption (DMC) and the energy mix influence social development in different economic environments. We used panel data and several econometric methods for our analysis. Our results show that excessive material consumption hinders sustainable development in the long run, while a higher share of renewable energy

sources has a positive effect on social well-being and economic stability. The research highlights the paramount importance of resource-efficient management and energy diversification, which are essential for the development of policy strategies supporting sustainable growth and lasting well-being. Due to the scope of the study, the publication is published in two parts, where the first part presented the literature and theoretical background, while the second part presents the research results and their interpretation.

Keywords: energy carriers, market regulation, raw material use, social welfare, sustainability

JEL codes: Q42, Q01, Q48

Absztrakt

A gazdasági növekedés, az anyagfelhasználás és a társadalmi jólét közötti összefüggések feltárása alapvető feltétele annak, hogy a gazdaságpolitika következetesen és érdemben érvényesíteni tudja a fenntarthatósági szempontokat. Bár a gazdasági bővülés gyakran együtt jár az életszínvonal javulásával, a növekedés társadalmi hatása nagymértékben függ a felhasznált anyagok mennyiségétől és az energiaszerkezet összetételétől. Tanulmányunk azt vizsgálja, hogy a hazai nyersanyagfelhasználás (DMC) és az energiamix miként befolyásolja a társadalmi fejlődést különböző gazdasági környezetekben. Elemzésünkhöz paneladatokat és többféle ökonometriai módszert alkalmaztunk. Eredményeink azt mutatják, hogy a túlzott nyersanyagfelhasználás hosszú távon gátolja a fenntartható fejlődést, míg a megújuló energiaforrások nagyobb aránya kedvezően hat a társadalmi jólétre és a gazdasági stabilitásra. A kutatás rámutat az erőforrás-hatékony gazdálkodás és az energiadiverzifikáció kiemelt jelentőségére, amelyek nélkülözhetetlenek a fenntartható növekedést és tartós jólétet támogató szakpolitikai stratégiák kialakításához. A tanulmány terjedelme miatt a publikáció két részben jelenik meg, ahol az első rész a szakirodalmi és elméleti háttérrel ismertette, míg jelen második rész a kutatási eredményeket és azok értelmezését mutatja be.

Kulcsszavak: energiahordozók, piaci szabályozás, nyersanyagfelhasználás, társadalmi jólét, fenntarthatóság

JEL-kódok: Q42, Q01, Q48

Bevezetés

Jelen tanulmány a hazai nyersanyagfelhasználás és az energiaszerkezet társadalmi-gazdasági mutatókra gyakorolt hatását vizsgáló kutatás második része. Az első rész átfogó szakirodalmi és elméleti áttekintést adott a gazdasági növekedés, a DMC és az energiafelhasználás összefüggéseiről, bemutatta a fenntartható fejlődés értelmezési kereteit, valamint részletesen ismertette azokat az ökonometriai módszereket, amelyekre az empirikus vizsgálatok épülnek. A korábbi fejezet rávilágított, hogy a fejlett és a kevésbé fejlett országok fejlődési pályái jelentősen eltérnek, és hangsúlyozta az erőforrás-intenzív növekedésből, az energiafüggőségből és az intézményi különbségekből fakadó strukturális kihívásokat. A tanulmány II. része az empirikus eredmények részletes bemutatására és értelmezésére fókuszál. A panelregressziós, VAR-, DID-, interakciós és küszöbmodellek segítségével elemezzük, hogy a nyersanyagfelhasználás, a gazdasági növekedés, az energiafogyasztás szerkezete és a megújuló energia szerepe miként hat a társadalmi fejlődésre különböző országcsoportokban. A vizsgálat kiterjed arra is, hogy a DMC milyen módon befolyásolja a humán fejlettséget, hogy a megújuló energia rendelkezik-e kimutatható társadalmi előnyökkel, illetve, hogy a fosszilis energiafüggőség miként erősíti vagy

gyengíti a gazdasági sokkokra adott inflációs reakciókat. A küszöbmodellek bemutatása pedig arra világít rá, hogy a megújuló és fosszilis energia GDP-hatása nem lineáris, és a gazdasági átmenetek különböző szakaszaiban eltérő intenzitással jelentkeznek. Ezzel a felépítéssel a jelen rész nemcsak az egyes hipotézisek tesztelési eredményeit tárja az olvasó elé, hanem olyan értelmezési kereteket is felkínál, amelyek alapján a nyersanyag- és energiafelhasználás szerepe pontosabban megítélhető a társadalmi jólét és a fenntartható fejlődés szempontjából. A módszertani alapokra épülő empirikus elemzések olyan összefüggéseket tárnak fel, amelyek elengedhetetlenek a szakpolitikai következtetések és a jövőbeli fejlődési irányok megalapozásához.

1. Eredmények

Ez a fejezet az elvégzett empirikus vizsgálatok eredményeit ismerteti. Az eredmények bemutatása mellett bemutatjuk a főbb következtetéseket és a lehetséges értelmezési kereteket. A kutatási hipotézisek tesztelésére, valamint azok elfogadására vagy elutasítására az eredményeket követően, külön fejezetben kerül sor.

1.1. Leíró adatok

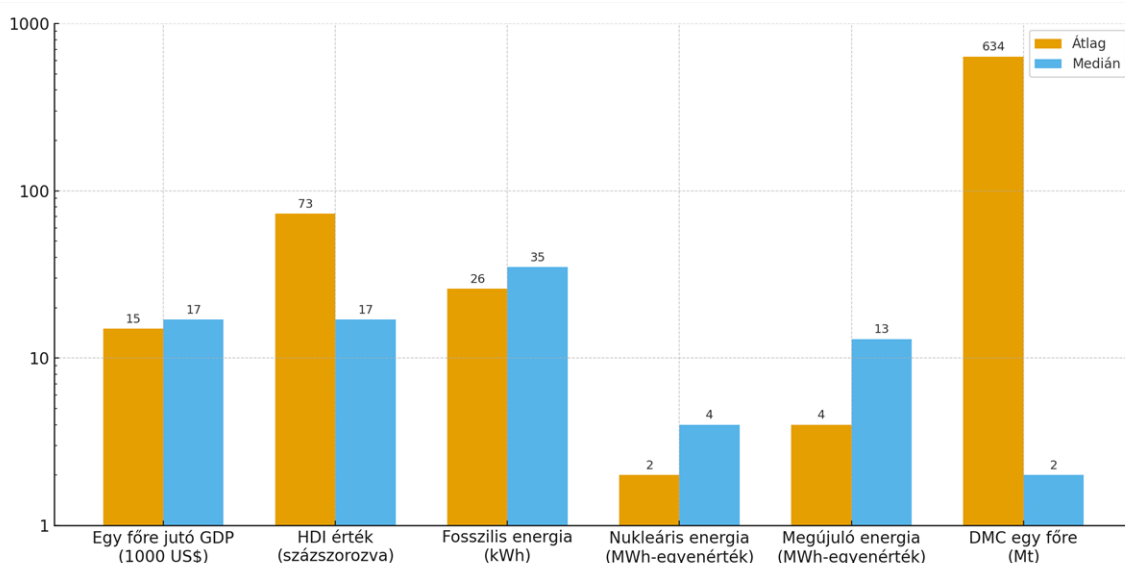
A minta leíró statisztikáinak eredményeit 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A minta leíró statisztikái

Statisztika	N	Hiányzó érték	Átlag	Medián
Év	31	0	N/A	N/A
Ország	105	0	N/A	N/A
Egy főre jutó GDP (folyó USD)	105	0	15,004.69	17,236.76
Humán Fejlettségi Index (HDI)	88-101	4-17	0.73	0.17
Egy főre jutó fosszilisenergia-fogyasztás (kWh)	105	0	26,422.94	35,132.52
Egy főre jutó nukleárisenergia-fogyasztás (kWh)	97-105	0-8	1,501.56	3,522.70
Egy főre jutó megújulóenergia-fogyasztás (kWh)	105	0	4,002.16	13,087.39
Egy főre jutó teljes DMC (tonna/fő)	105	0	634,125	2,161

forrás: szerzők saját szerkesztése

Az adatbázis 105 ország adatait tartalmazza, 31 éven keresztül, éves bontásban. A hiányzó értékek elsősorban a HDI és az egy főre jutó nukleárisenergia-fogyasztás idősoraiiban fordultak elő. Az 1. ábra az átlag- és mediánértékek összehasonlítását szemlélteti.



1. ábra Átlagok és mediánok

forrás: szerzők saját szerkesztése

*Megjegyzés: az Y-tengely logaritmikus skála.

Az egyes változók eloszlása nem szimmetrikus. A mediánérték mind a HDI, mind a DMC esetében az átlag alatt helyezkedik el, ami arra utal, hogy az országok többségének értékei az átlagos szint alatt maradnak. A társadalmi fejlettség tehát a minta jelentős részében átlag alatti, és ugyanez figyelhető meg a DMC esetében is, azaz a legtöbb ország nyersanyagfelhasználása elmarad az átlagos szinttől. Ez arra utal, hogy a mintában szereplő néhány ország kiemelkedően magas nyersanyag-felhasználással rendelkezik, ami felfelé torzítja az átlagértéket. A minta részletes vizsgálata alapján az országok mintegy egyötödében haladja meg a DMC a teljes mintára számított átlagot.

1.2. Panelregressziós eredmények

A panelregressziók eredményeit a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat. A panelregresszió eredményeinek összefoglaló táblázata

Változó	Együttható	Standard hiba	t-érték	p-érték
GDP	0.598395	0.004204	142.353	< 0.001
CPI	0.003549	0.003124	1.136	0.256
1991-es év	0.007758	0.003123	2.484	0.013
1992-es év	0.011913	0.003123	3.815	< 0.001
1993-as év	0.018085	0.003128	5.781	< 0.001...

forrás: szerzők saját szerkesztése

A modellben a fogyasztói árindex (CPI) nem bizonyult szignifikáns magyarázó változónak, míg a GDP igen. A GDP együtthatója negatív ($-4,536e-07$; $p < 0,001$), ami arra utal, hogy a GDP növekedésével a HDI értéke kis mértékben csökken. Ez nemképp váratlan eredmény, melynek lehetséges magyarázatait később részletesen tárgyaljuk. A CPI együtthatója pozitív ($1,37e-06$), ugyanakkor hatása nem szignifikáns ($p = 0,092$). Ennek oka lehet, hogy a CPI elsősorban rövid távú inflációs folyamatokat tükröz, amelyek nem feltétlenül állnak közvetlen kapcsolatban a humán fejlettség hosszabb távú mutatóival.

A regressziós modellek külön kezelik az egyes országokra jellemző, időben állandó sajátosságokat, valamint az adott évben minden országra ható közös tényezőket, amelyek erősen szignifikánsak, ami jól

mutatja, hogy az ország-specifikus tényezők és az időbeli trendek jelentős szerepet játszanak a HDI alakulásában. A panelregresszió eredményei összességében arra utalnak, hogy a HDI a GDP növekedésével enyhén csökken, míg a CPI hatása nem mutatható ki szignifikánsan.

A GDP negatív hatásának hátterében több tényező is állhat, például a jövedelmi egyenlőtlenségek növekedése, az erőforrás-függő gazdasági szerkezet, a fenntarthatatlan növekedési mintázatok, a politikai instabilitás vagy tartós makrogazdasági egyensúlytalanságok. A GDP növekedése önmagában nem biztosít jobb életminőséget; a jövedelmek egyenlőtlen eloszlása esetén a gazdasági növekedés jórészt a magas jövedelmű csoportoknál csapódhat le, miközben a népesség többségének életkörülményei alig javulnak. Ilyen esetekben a GDP növekedése akár fordított kapcsolatban is állhat a HDI-vel. Ezt a jelenséget gyakran ún. erőforrás-átokként írja le a szakirodalom, miszerint az erősen nyersanyag-függő gazdaságok (pl. olaj- vagy ásványkincsalapú országok) gyakran magas GDP-vel, ugyanakkor alacsony HDI-értékekkel rendelkeznek, mivel korlátozottan fektetnek be az oktatásba, egészségügybe vagy más társadalmi fejlesztésekbe.

A környezeti terhelés növekedése és az egészségügyi kockázatok fokozódása szintén rontják a jólétet, és hosszabb távon csökkenthetik a HDI értékét még akkor is, ha a GDP emelkedik. Emellett az infláció, illetve más makrogazdasági zavarok – például adósságválság – tovább gyengíthetik a gazdasági növekedés társadalmi hasznosulását (Chen & Xie, 2024). A GDP és a HDI eltérő idődimenziója is jelenthet magyarázatot: míg a GDP gyorsan változik, addig az oktatás és egészségügy fejlődése lassabb, így rövid távon a GDP növekedése nem feltétlenül jelenik meg a HDI emelkedésében.

A vizsgálat során külön regressziós modellt becsültünk a kevésbé fejlett – alacsony és közepes GDP-jű – országok esetében. Az eredmények alapján a modell $R^2 = 0,961$, $F = 374,7$, $p = 0,000$ értékeket mutat, vagyis a változók a HDI varianciájának 96,1 százalékát magyarázzák. A GDP együtthatója pozitív és szignifikáns ($3,08e-06$; $p < 0,001$), ami azt jelzi, hogy ebben az országcsoportban a gazdasági növekedés hozzájárul a társadalmi fejlettség javulásához. A CPI és a HDI között is pozitív kapcsolat mutatható ki ($1,962e-06$), azonban a szignifikanciaszint határán marad ($p = 0,058$).

A fejlett országok regressziós modellje $R^2 = 0,940$, $F = 196,2$, $p = 0,000$ értékeket eredményezett, vagyis a magyarázó változók a HDI varianciájának 94 százalékát magyarázzák. A GDP hatása ebben a csoportban is pozitív és szignifikáns ($3,12e-07$; $p < 0,001$), azonban nagyságrendje lényegesen kisebb, mint a kevésbé fejlett országok esetében. A CPI és a HDI között ugyanakkor negatív kapcsolat mutatkozik ($-0,0026$; $p < 0,001$), ami arra utal, hogy az infláció növekedése a fejlett országokban inkább rontja az életszínvonalat.

1.3. A VAR-elemzés eredményei

Az 3. táblázat a H2 hipotézis vizsgálatához elvégzett VAR-elemzés eredményeit foglalja össze.

3. táblázat. A VAR-elemzés eredményei

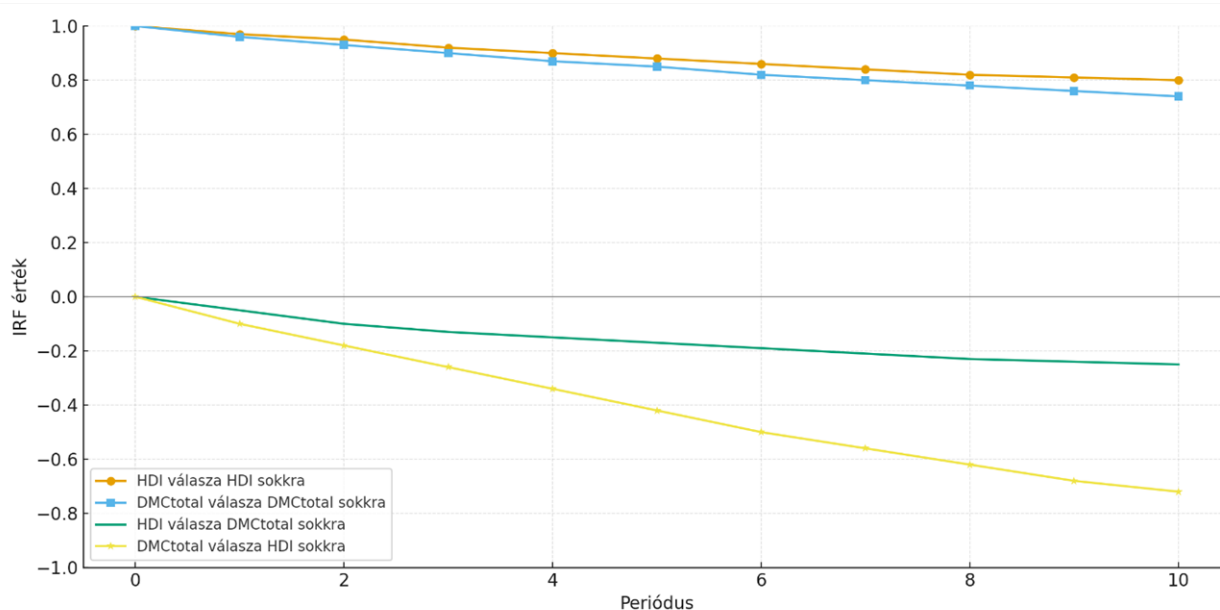
Egyenlet	Változó	Együttható	Standard hiba	t-statisztika	p-érték
HDI	const	0.029145	0.003647	7.992	0.000
	lag-1.HDI	0.972026	0.017965	54.107	0.000
	lag-1.DMC_total	0	0	-0.196	0.845
	lag-2.HDI	-0.011214	0.017949	-0.625	0.532
DMC_total	const	98696981.46	60926190.67	1.62	0.105
	lag-1.HDI	-148402107.1	300124570.2	-0.494	0.621
	lag-1.DMC_total	0.988618	0.017959	55.048	0.000
	lag-2.HDI	51398846.53	299859448.6	0.171	0.864

forrás: szerzők saját szerkesztése

A DMC_total a teljes hazai nyersanyagfelhasználást (Domestic Material Consumption) jelöli, vagyis azt az anyagmennyiséget, amelyet egy ország gazdasága ténylegesen felhasznál, beleértve a kitermelt, importált és felhasznált nyersanyagokat. Összességében tehát három fő hatás azonosítható. A HDI-

egyenletben az egy évvel korábbi érték hatása szignifikáns ($\beta = 0,972$; $p = 0,000$), míg a két évvel korábbi érték, valamint a DMC_total HDI-re gyakorolt hatása nem bizonyult szignifikánsnak. A DMC-egyenletben a DMC_total egy évvel korábbi értéke szintén szignifikáns ($\beta = 0,989$; $p = 0,000$), a többi hatás azonban nem szignifikáns. Ez azt jelzi, hogy a HDI alakulását elsősorban saját előző évi értéke határozza meg, míg a DMC_total hatása elhanyagolható. A DMC_total időbeli alakulását elsősorban saját korábbi értékei határozzák meg, és érdemben nem függ a HDI-től. Ennek megfelelően a két változó közötti kapcsolat gyenge.

Az impulzusválaszfüggvények azt mutatják, hogyan reagálnak az egyes változók egy exogén sokkra, vagyis a többi változó hirtelen bekövetkező változására. Az ábrázolás áttekinthetősége érdekében az impulzusválaszfüggvények értékeit – szakirodalmi ajánlás alapján – -1 és $+1$ közé skáláztuk.



2. ábra IRF grafikus kimenetek

forrás: szerzők saját szerkesztése

A vizsgálat során a DMC_total és a humán fejlettségi index (HDI) közötti dinamikus kapcsolatot VAR-modell segítségével vizsgáltuk, annak érdekében, hogy feltárjuk a gazdasági és nyersanyagfelhasználási folyamatok jólétre gyakorolt hatásait (H2). A 2. ábra alapján megállapítható, hogy a HDI pozitív irányú reakciót mutat a sokkra, és a hatás tartósan érzékelhető marad. A VAR-modell eredményei tehát azt mutatják, hogy a HDI alakulását elsősorban saját korábbi értékei befolyásolják, míg a DMC_total hatása elhanyagolható. A DMC_total viselkedését ezzel szemben erős pályafüggőség jellemzi: a változó elsősorban a saját múltbeli értékeire reagál. Másképpen fogalmazva, mindkét változó kifejezetten autoregresszív, és közöttük nem azonosítható érdemi kölcsönös hatás. Ezt az impulzusválaszfüggvények is megerősítik. A HDI saját sokkjaira adott válasza erős és tartós, a DMC_total sokkjára azonban csak igen csekély reakciót mutat. A DMC_total saját sokkjaira adott válasza szintén erőteljes, míg a HDI-sokkokra gyakorlatilag nem reagál.

Ezek az eredmények fontosak a fenntartható gazdasági fejlődés jobb megértésében, mivel azt jelzik, hogy a társadalom fejlettsége és a nyersanyagfelhasználás közötti kapcsolat jóval gyengébb, mint azt a szakirodalom gyakran feltételezi.

1.4. A Granger-okozati összefüggés vizsgálatának eredményei

A 4. táblázat a H3 hipotézist vizsgáló Granger-teszt eredményeit foglalja össze.

4. táblázat. Granger-teszt eredményei

Függő változó	Késleltetés (lag)	F-statisztika	p-érték	Következtetés
HDI	1	0.5010	0.4792	Nincs Granger-okozati összefüggés
	2	0.2873	0.7503	

forrás: szerzők saját szerkesztése

Ezen vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy sem az egy periódussal végzett teszt ($F = 0,501$; $p = 0,4792$), sem a két periódussal végzett – azaz a korábbi értékeket is vizsgáló teszt – ($F = 0,2873$; $p = 0,7503$) nem bizonyult szignifikánsnak. Ennek megfelelően nem mutatható ki Granger-okozati kapcsolat a megújuló energiaforrások EMX-en belüli aránya és a HDI között. A Granger-teszt eredményei alapján a megújuló energiaforrások részesedése nem tekinthető előrejelző változónak a HDI-re vonatkozóan a vizsgált időszakban és az adott adatkészlet mellett.

1.5. Difference-in-differences (DID) eredmények

Az 5. táblázat a DID-teszt eredményeit mutatja, amelyek igazolják a H4 hipotézist.

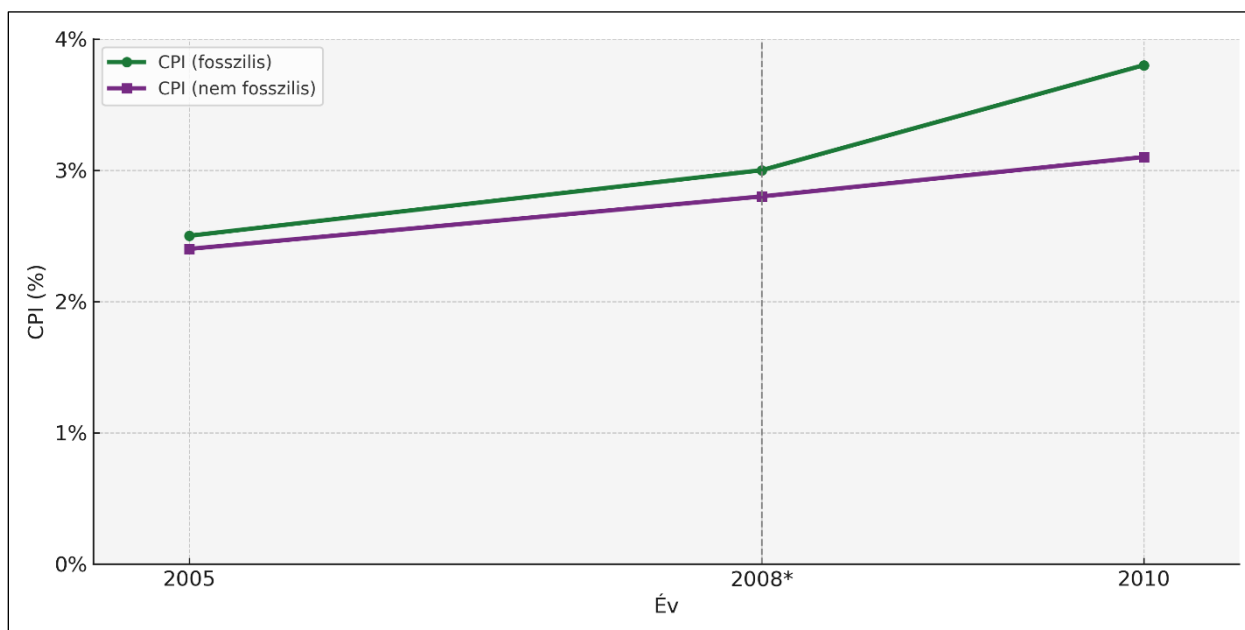
5. táblázat. A DID-elemzés eredményei

Változó	Együttható	Standard hiba	t-érték	p-érték
Konstans	4.753	0.293	16.23	0.000
Vizsgált csoport (fosszilis energiától függő)	0.183	0.285	0.642	0.521
Sokk utáni időszak (2008 után)	0.159	0.278	0.572	0.567
Interakciós tag (Vizsgált $\times$ Sokk utáni időszak)	0.090	0.392	0.230	0.818

forrás: szerzők saját szerkesztése

A konstans értéke 4,753, amely a fogyasztói árindex átlagos szintjét jelzi a fosszilis energiafüggőség és a gazdasági sokk figyelembevétele nélkül. A fosszilis energiahordozóktól való függőségre vonatkozó becslés alapján megállapítható, hogy a fosszilis energiától függő országok inflációs rátája – illetve fogyasztói árindexe – nem tér el számottevően a fosszilis energiaforrásoktól kevésbé függő országokétól (együttható = 0,183; $p = 0,521$). A 2008-as gazdasági sokkot követő időszakra vonatkozó eredmények is azt mutatják, hogy az infláció mindkét csoportban stabil maradt (együttható = 0,159; $p = 0,567$).

A fosszilis energiafüggő országcsoport és a sokk utáni időszak interakciós együtthatója 0,090 ($p = 0,818$), ami arra utal, hogy a fogyasztói árindex alakulása a sokkot követően nem különbözik számottevően a fosszilis energiahordozóktól függő és az azoktól kevésbé függő országok között. A magas p-érték azt jelzi, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján nem azonosítható érdemi kapcsolat a fosszilis energiafüggőség és a gazdasági sokkot követő inflációs változások között. A 3. ábra jól szemlélteti, hogy a 2008-as gazdasági sokkot követően a fosszilis energiahordozóktól függő országok inflációs rátája gyorsabban emelkedett, mint a nem fosszilis energiát használó országoké.



3. ábra Inflációs ráta a vizsgált országcsoportokban

forrás: szerzők saját szerkesztése

Tanulmányunk egyik fontos célja annak vizsgálata volt, hogy a globális gazdasági stressz – például a 2008-as pénzügyi válság – hogyan befolyásolta a fosszilis energiahordozóktól erősebben függő, illetve az azoktól kevésbé függő országok inflációs rátáját, a fogyasztói árindex alakulásán keresztül értelmezve. Ennek vizsgálatához a különbségek különbsége (DID) módszert alkalmaztuk, amely lehetővé teszi a két országcsoport inflációs pályájának összehasonlítását a sokk előtt és után. A DID-bebecslések nem mutattak ki szignifikáns eltérést a két csoport inflációs reakciója között: a Vizsgált csoport $\times$ Sokk utáni időszak interakciós tag együtthatója 0,090, $p = 0,818$.

Összességében az eredmények arra utalnak, hogy a fosszilis energiahordozóktól való függés nem jár együtt nagyobb inflációs volatilitással gazdasági sokkok idején. Ez arra enged következtetni, hogy más tényezők – például a gazdasági szerkezet, a monetáris politika vagy az energiaárak szabályozása – nagyobb szerepet játszhatnak az infláció alakulásában, mint önmagában az energiafüggőség.

1.6. Az interakciós modell eredményei

A 6. táblázat a H5 hipotézis vizsgálatához alkalmazott interakciós regresszió eredményeit foglalja össze.

6. táblázat. Az interakciós regresszió eredményei

Változó	Együttható	Standard hiba	t-érték	p-érték
Konstans	0.8538	0.0023	359.965	0
HDI (alacsony fejlettségű országok)	-0.2446	0.0033	-73.0606	0
DMC_total	1.78e-13	1.04E-12	0.1722	0.8633
DMC_total $\times$ Alacsony_fejlettség	3.21e-12	1.32E-12	2.4307	0.0151

forrás: szerzők saját szerkesztése

Az eredmények azt mutatják, hogy az alacsony fejlettségű országok HDI-értéke érdemben alacsonyabb. Ezt a $-0,2446$ -os együttható is jelzi, amely rendkívül szignifikáns, mivel a p -érték 0,000. A DMC_total együtthatója nagyon kicsi, és a p -érték alapján nem tekinthető szignifikánsnak. Ez arra utal, hogy a DMC önmagában nem befolyásolja érdemben a HDI alakulását. Az interakciós változó viszont pozitív és

szignifikáns. A becslült érték azt jelzi, hogy a DMC hatása eltérően jelenik meg az alacsonyabb fejlettségű országokban. Ezekben a gazdaságokban a növekvő nyersanyagfelhasználás nagyobb mértékben rontja a társadalmi fejlődés feltételeit, mint a fejlettebb országok esetében. A fejlettebb gazdaságok jóval ellenállóbbak a negatív következményekkel szemben, ami arra utal, hogy az erőforrás-felhasználással kapcsolatos gazdasági és környezeti terhelést hatékonyabban tudják kezelni.

Az interakciós regresszióelemzés célja annak vizsgálata volt, hogy a DMC szintje eltérő módon hat-e a HDI-re az országok fejlettségi kategóriái szerint. A becslések alapján valóban kimutatható különbség a két csoport között. A fejlett országok esetében a magas nyersanyaganyagfelhasználásból eredő terhek jóval kisebb mértékben fékezik a társadalmi fejlődést, míg a kevésbé fejlett gazdaságokban a DMC növekedése érzékelhetően kedvezőtlen hatással jár. Ez arra utal, hogy a fejlődő országok számára az erőforrás-felhasználás növekedése jelentősebb akadályt jelent a társadalmi fejlődésben, mint a fejlettebb gazdaságokban.

1.7. A TAR-modell (küszöbmodell) eredményei

A 7. táblázat a H6 hipotézis vizsgálatához alkalmazott TAR-modell eredményeit foglalja össze.

7. táblázat. A TAR-modell eredményei

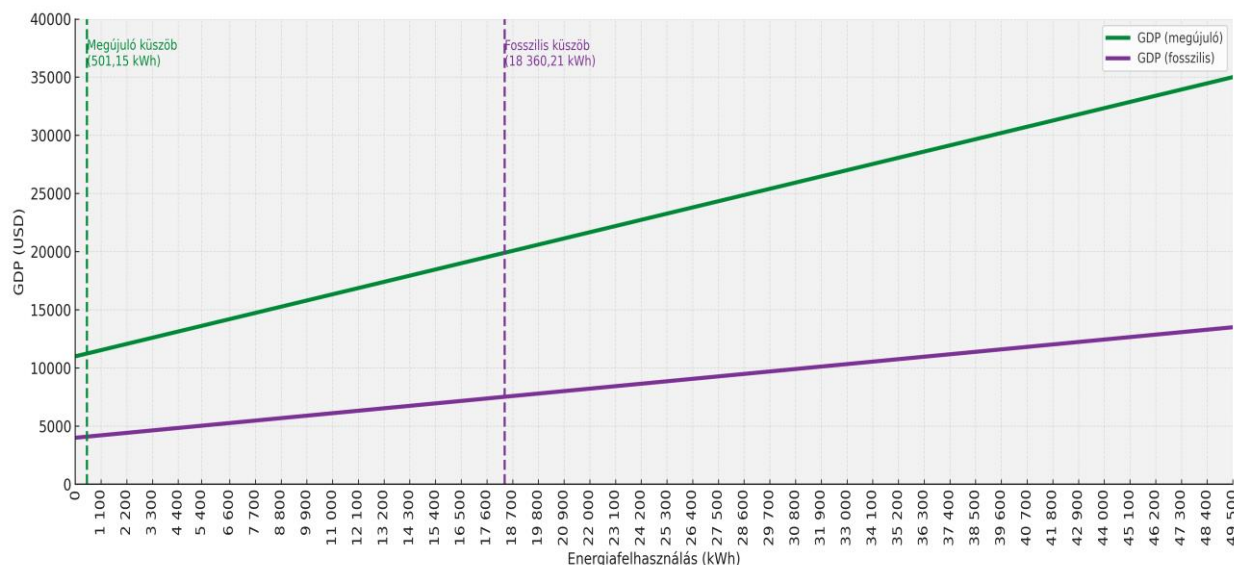
Csoport	Együttható (fosszilis energia egy főre jutó értéke)	Konstans (egy főre jutó GDP)
Alacsony fosszilis felhasználású országok	0.20	3,854.08
Magas fosszilis felhasználású országok	0.14	18,913.81
Alacsony megújuló felhasználású országok	6.24	8,216.20
Magas megújuló felhasználású országok	0.46	18,162.02

forrás: szerzők saját szerkesztése

A küszöbmodell eredményei azt mutatják, hogy azokban az országokban, ahol a fosszilis energiafogyasztás a küszöbérték alatt van, a fosszilis tüzelőanyag-felhasználás egy egységnyi emelkedése az egy főre jutó GDP értékét átlagosan 0,20 egységgel növeli. Ebben a csoportban a GDP-átlag 3854,08 USD/fő. Azokban az országokban viszont, ahol a fosszilis energiafogyasztás meghaladja a küszöböt, a hatás mérsékeltebb: egy egységnyi többletfogyasztás mindössze 0,14 egységgel emeli az egy főre jutó GDP-t. E csoport átlagos GDP-értéke 18 913,81 USD/fő.

A megújuló energiafelhasználás esetében hasonló mintázat figyelhető meg. Ha a megújuló energiafogyasztás a küszöbérték alatt marad, egy egységnyi növekedés a GDP-t 6,24 egységgel emeli, miközben az adott csoport átlagos GDP-je 8216,20 USD/fő. A küszöbérték feletti országokban a hatás jóval kisebb: a GDP értéke mindössze 0,46 egységgel nő, és a csoport átlagos GDP-szintje 18 162,02 USD/fő. A számítások tehát arra utalnak, hogy a fosszilis energiafogyasztás növekedésének GDP-re gyakorolt hatása a küszöbérték átlépését követően csökken. Az alacsony felhasználású országokban a GDP érzékenyebben reagál a fosszilis energia növekedésére, míg a magas fogyasztású országokban ez a kapcsolat jóval gyengébb. A megújuló energia esetében is azt látjuk, hogy a GDP-növelő hatás jóval erőteljesebb az alacsony felhasználású országokban, és mérséklődik azokban az országokban, amelyek már eleve nagy mennyiségben használnak megújuló energiát.

Mindez azt mutatja, hogy a megújuló energiaforrásokra való átállás gazdasági előnyei a kezdeti szakaszban a legjelentősebbek. A fejlettebb, magas megújulóenergia-felhasználású országokban a további bővülés már kisebb gazdasági nyereséggel jár. A 4. ábra jól mutatja, hogyan térnek el egymástól az egyes idősorok meredekségei és növekedési ütemei; az ábra a teljes mintának azt a részét jeleníti meg, amely alkalmas a trendek összehasonlítására.



4 ábra TAR-modell GDP-növekedés (összehasonlítás)

forrás: szerzők saját szerkesztése

2. A hipotézisvizsgálat eredményei

A H1 hipotézis azt feltételezte, hogy a gazdasági növekedés hatása eltérően érvényesül a társadalmi fejlődésben a fejlett és a kevésbé fejlett országok esetében. A panelregressziós eredmények alátámasztották ezt a feltevést. A H2 hipotézis szerint a DMC növekedése a társadalmi fejlődés lassulásával jár együtt. A VAR-modell és az impulzusválasz-függvények alapján azonban nem mutatható ki szignifikáns kapcsolat a DMC és a HDI között; a HDI elsősorban saját belső tényezőitől függ, és nem reagál érdemben a nyersanyagfelhasználás változásaira.

A H3 hipotézis – amely szerint a megújuló energia használata pozitívan járul hozzá a társadalmi fejlődéshez – nem nyert támogatást. Az eredmények alapján a HDI alakulása a vizsgált időszakban nem követte a megújuló energia részarányának változását. A szerzők ugyanakkor megjegyzik, hogy hosszabb távon, más meghatározó tényezőkkel együtt vizsgálva a megújuló energia pozitív hatása valószínűsíthető.

A H4, azaz a gazdasági instabilitási hipotézis azt feltételezte, hogy a globális gazdasági sokkok erősebben növelik az inflációt a fosszilis energiahordozóktól függő országokban. A DID-eredmények alapján a fosszilis energiafüggőség valóban érzékenyebbé teszi az országokat a külső sokkokkal szemben, ugyanakkor az inflációra gyakorolt összehatás a vizsgált időszakban nem bizonyult szignifikánsnak. Emiatt a H4 hipotézis elutasításra került. Fontos azonban kiemelni, hogy a szabályozási környezet kulcsszerepet játszhat az instabilitási kockázatok mérséklésében.

A H5 hipotézis a HDI és a DMC kapcsolatának aszimmetriáját vizsgálta, és az eredmények ezt a feltevést megerősítették. A DMC növekedése a kevésbé fejlett országokban jóval erőteljesebben rontja a társadalmi fejlettséget, mint a fejlettebb gazdaságokban.

A H6 hipotézis, amely az erőforrás-felhasználás és a megújuló energia gazdasági növekedésre gyakorolt hatását vizsgálta, szintén támogatást kapott. A megújuló energiára való átállás kezdetben erőteljesen ösztönzi a GDP növekedését, hosszabb távon azonban mérséklődő hatás figyelhető meg.

A hipotézisek, a hozzájuk rendelt módszerek és a kapott eredmények összefoglalását a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat. A kutatás eredményeinek összefoglalása

	Hipotézis	Módszer	Eredmények	Döntés
H1	A fejlett és kevésbé fejlett nemzetek eltérő gazdasági növekedése különböző módon befolyásolja társadalmi fejlődésüket.	Panelregresszió (országspecifikus) hatásokkal	A gazdasági növekedés hatása nem egyformán érvényesül a társadalmi fejlődésben a különböző fejlettségi szintű országokban. A fejlett gazdaságokban a növekedés erőteljesebben és közvetlenebbül jár együtt a társadalmi jólét javulásával, míg a kevésbé fejlett országokban ezek az előnyök jóval korlátozottabbak. Ennek oka többek között a gyengébb intézményi háttér, az egyenlőtlen kormányzási struktúrák és az ezekből fakadó fejlődési korlátok.	Elfogadva
H2	A magasabb DMC kedvezőtlenül hat a fenntartható fejlődésre és a társadalmi jólétre. Ez azt jelenti, hogy azokban az országokban, ahol a nyersanyagfelhasználás szintje magasabb, a HDI növekedése általában lassabban megy végbe. A hipotézis megerősítése arra utal, hogy az erőforrások intenzívebb igénybevétele önmagában nem teremt kedvezőbb feltételeket sem a gazdasági, sem a társadalmi jólét hosszú távú javulásához.	VAR-módszer	Ez sem rövid, sem hosszú távon nem járul hozzá érdemben a HDI alakulásához. Ez arra utal, hogy a társadalmi fejlődésben tapasztalható eltérések inkább a belső szociálpolitikai intézkedésekben vagy a kormányzás minőségében keresendők.	Elutasítva
H3	Minél nagyobb a megújuló energiaforrások aránya az energiaforrások általános szerkezetében, annál magasabb a HDI értéke, ami azt jelenti, hogy minél fenntarthatóbb az energiatermelés, annál erőteljesebb a gazdasági- és a társadalmi szféra fejlődése.	Granger-teszt	A megújuló energiaforrások részarányának növekedése nem befolyásolja közvetlenül az olyan társadalmi fejlődési mutatókat, mint a HDI. Mégis, hosszú távon előnyös lehet, ha a megújuló energiaforrások használatának összehangolása kiegészül néhány politikai és társadalmi reformmal.	Elutasítva
H4	A világgazdasági sokkok gyorsabban és erőteljesebben emelik az inflációt azokban az országokban, amelyek nagyobb mértékben támaszkodnak fosszilis energiahordozókra, mivel ezek az energiaforrások különösen érzékenyek a piaci ingadozásokra. Ennek következtében a fosszilis energiafüggő országok sérülékenyebbek lehetnek a	DID-vizsgálat	Az, hogy a világgazdasági sokkok – még a 2008-as pénzügyi válsághoz hasonlóak is – nem eredményeznek számottevően magasabb inflációt a fosszilis energiahordozóktól függő gazdaságokban, mint azokban, amelyek kevésbé támaszkodnak ilyen forrásokra, arra utal, hogy az infláció alakulását elsősorban más tényezők, például a költségvetési politika és a gazdasági struktúra határozza meg.	Elutasítva

	gazdasági instabilitással szemben.			
H5	A magas DMC a kevésbé fejlett országokban erőteljesen visszafogja a HDI növekedését, míg a fejlettebb országok jóval kevésbé érzékenyek a nyersanyagfelhasználás kedvezőtlen hatásaira. Ez arra utal, hogy a kapcsolat aszimmetrikus jellegű.	Interakciós regresszió	A magas DMC kedvezőtlen hatása jóval erőteljesebben érvényesül a legkevésbé fejlett országokban. Ezek a gazdaságok kevésbé képesek kezelni az erőforrások túlzott igénybevételéből fakadó környezeti- és társadalmi terhelést, ami akadályozza a HDI növekedését és lassítja a társadalmi fejlődést.	Elfogadva
H6	A természeti erőforrások felhasználása – akár fosszilis energiahordozók, akár megújuló energiaforrások formájában – befolyásolja a GDP-t és általában véve a gazdasági teljesítményt.	TAR-modell	A megújuló energiaforrásokra való áttérés gyorsítja a GDP növekedési ütemét, különösen azokban az országokban, ahol a megújuló energiafelhasználás jelenleg alacsony. Ugyanakkor a megújuló energia fogyasztásának gazdasági növekedéshez való többlethozzájárulása idővel mérséklődik.	Elfogadva

forrás: szerzők saját szerkesztése

3. Az eredmények értékelése

Kutatásunk célja annak feltárása volt, hogy a gazdasági növekedés, a DMC, az energiafogyasztás és a társadalmi fejlődés milyen összetett módon kapcsolódnak egymáshoz a különböző országokban. Ennek érdekében hat hipotézist fogalmaztunk meg, és azt vizsgáltuk, hogy e tényezők miként hatnak egymásra, illetve hogyan tér el hatásuk a fejlett és a fejlődő gazdaságokban. Elemzésünk során panelregressziós, VAR- és DID-modelleket alkalmaztunk, hogy átfogó képet kapjunk a megújuló energiaforrások társadalmi fejlődésben betöltött szerepéről, a DMC HDI-re gyakorolt hatásáról, valamint a globális gazdasági sokkok következményeiről a fosszilis energiahordozóktól függő országok esetében. Az eredmények olyan fontos összefüggésekre mutatnak rá, amelyek hasznosak lehetnek a döntéshozók és a kutatók számára egyaránt, különösen a fenntartható fejlődés és az energiafüggettség kérdéskörének mélyebb megértésében.

3.1. A kapott eredmények értékelése a korábbi kutatások fényében

Kutatásunk a gazdasági növekedés, a nyersanyag-felhasználás (DMC), az energiafogyasztás és a társadalmi fejlődés kapcsolatát vizsgáló szakirodalomra támaszkodott, és mind a hat hipotézist empirikusan tesztelte. Elsőként a H1 hipotézist teszteltük, amely azt feltételezte, hogy a gazdasági növekedés társadalmi fejlődésre gyakorolt hatása eltérően jelentkezik a fejlett és a fejlődő országok körében. Eredményeink összhangban állnak Barro (2013) megfigyeléseivel, aki a fejlett gazdaságokban gyorsabb társadalmi előrelépést azonosított, valamint Aghion (2004) következtetéseivel, aki a lassabb fejlődést a gyengébb intézményi minőséggel hozta kapcsolatba.

A H2 hipotézis – mely szerint a magas DMC visszafogná a társadalmi fejlődést – vizsgálata nem igazolt szignifikáns negatív összefüggést. Ez eltér Steinberger és Roberts (2010) eredményeitől, akik azt

találták, hogy a túlzott anyagfelhasználás hosszabb távon rontja a környezeti feltételeket és fékezi a HDI javulását. A különbség feltehetően a vizsgált országminták, időszakok és modellparaméterek eltéréseiből fakad.

A H3 hipotézis, amely a megújuló energia társadalmi fejlődéshez való érdemi hozzájárulását várta, szintén nem kapott empirikus megerősítést. Ez összhangba hozható Ivanovski et al. (2021) megállapításaival, akik kimutatták, hogy a megújuló energia rövid távú hatásai korlátozottak, hosszabb távon pedig erősen függenek a szabályozási és intézményi feltételektől. Apergis és Payne (2010) hasonlóképpen arra hívták fel a figyelmet, hogy a megújulók kedvező társadalmi és gazdasági hatásai csak megfelelő szakpolitikai háttér mellett képesek kiteljesedni.

A H4 hipotézis – amely szerint a fosszilis energiától való függés felerősíti a globális sokkok inflációs hatását – elutasítása egybevág Blanchard és Galí (2007) érveivel, akik szerint a fiskális politika számos esetben képes tompítani az energiaárak ingadozásának inflációs következményeit.

A H5 hipotézis, amely a DMC és a HDI kapcsolatának aszimmetriáját vizsgálta, empirikus támogatást nyert. Eredményeink alapján a magasabb nyersanyagfelhasználás főként a kevésbé fejlett gazdaságokban jár együtt kedvezőtlen HDI-hatásokkal, ami arra utal, hogy az erőforrás-intenzív gazdasági modell negatívumai ott mutatkoznak meg legerősebben, ahol a környezeti és társadalmi alkalmazkodóképesség korlátozott.

A H6 hipotézis – az energetikai átmenet GDP-re gyakorolt hatásának vizsgálata – szintén alátámasztást nyert. Az eredmények azt jelzik, hogy a megújuló energia részarányának növekedése a gazdasági fejlődés kezdeti szakaszában erőteljes növekedési impulzust ad, ugyanakkor ez a hatás idővel fokozatosan csökken. Ez összhangban áll Bilgili et al. (2016) és Pao és Fu (2013) következtetéseivel, akik hangsúlyozták, hogy a hosszú távú pozitív hatások fennmaradása elsősorban az innováció folyamatosságától és a támogató szakpolitikai környezettől függ.

Összességként kutatásunk rámutat arra, hogy a gazdasági növekedés, a nyersanyag-felhasználás, az energiafogyasztás és a társadalmi fejlődés összefüggései jelentős országonkénti különbségeket mutatnak. A kevésbé fejlett országok esetében a társadalmi fejlődés előrehaladásának kulcsa az egyenlőtlenségek mérséklése, a célzott szociálpolitikai eszközök alkalmazása és az intézményi kapacitások erősítése. A megújulóenergia-alapú átmenet hosszú távú gazdasági előnyeinek fenntartása pedig a technológiai haladás, a szabályozási minőség és az energiahatékonysági politikák összehangolt működésétől függ.

3.2. Jövőbeli kutatási és szakpolitikai irányok

Kutatásunk eredményei több olyan területet is azonosítanak, ahol további vizsgálatokra és megalapozott szakpolitikai döntésekre van szükség. A gazdasági növekedés társadalmi fejlődésre gyakorolt hatása országonként jelentős eltéréseket mutat, ami indokoltá teszi a differenciált megközelítést. Érdemes lenne részletesebben feltárni, hogy a különböző politikai eszközök – például a jóléti rendszerek megerősítése, az inkluzív gazdasági modellek alkalmazása vagy a célzott társadalmi programok – milyen mértékben járulnak hozzá ezeknek a különbségeknek a csökkentéséhez.

Eredményeink alapján a magas nyersanyagfelhasználás főként a kevésbé fejlett országokban kapcsolódik gyengébb társadalmi mutatókhoz. Ez arra utal, hogy a jövőbeli kutatások egyik ígéretes iránya lehet a fenntartható fogyasztási minták és a társadalmi egyenlőség közötti összefüggések vizsgálata. A H2 hipotézis elutasítása rámutat arra, hogy a nyersanyagfelhasználás önmagában nem magyarázza elég pontosan a HDI alakulását, ezért célszerű olyan tényezők szerepét is vizsgálni, amelyek érzékenyebben jelzik az emberi fejlődés változásait. A gazdasági növekedés, az erőforrás-felhasználás és a társadalmi jólét közötti esetleges nemlineáris összefüggések elemzése szintén további értékes információt kínálhat. Bár a megújuló energiafelhasználás rövid távon nem mutat közvetlen társadalmi hatást, a hosszabb távú következmények feltárása további kutatási lehetőséget kínál. Fontos kérdés, hogy a megújuló energia milyen módon járul hozzá a gazdasági és társadalmi stabilitáshoz akkor, amikor más szociálpolitikai eszközökkel együtt működik. A globális gazdasági sokkok hatásmechanizmusainak vizsgálata szintén indokolt, különösen abban az időszakban, amikor egyre több ország tér át tisztább energiaforrásokra.

A megújuló energiára való átmenet vizsgálata azt mutatja, hogy a gazdasági növekedés kezdeti

szakaszában jelentős pozitív hatások érzékelhetők, amelyek az idő előrehaladtával fokozatosan mérséklődnek. Ez arra utal, hogy a hosszú távon is kedvező hatások megőrzéséhez stabil és kiszámítható szakpolitikai háttér szükséges. A támogatást nyújtó szabályozási és ösztönzési keretek nemcsak a megújuló energia szélesebb körű elterjedését segíthetik elő, hanem lényegesen hozzájárulhatnak a fenntartható gazdasági fejlődés biztosításához is.

4. Összegzés

Tanulmányunk célja annak feltárása volt, hogyan kapcsolódik össze a nyersanyagfelhasználás (DMC), a gazdasági növekedés, a megújuló energia alkalmazása és a társadalmi fejlődés, illetve az, hogy ezek a hatások miként térnek el a fejlett és a fejlődő országok esetében. Elemzéseink során panelregressziós, VAR- és DID-modelleket alkalmaztunk, valamint hat, a témához szorosan kapcsolódó hipotézist vizsgáltunk meg annak érdekében, hogy átfogó képet kapjunk a HDI és a gazdasági stabilitás alakulását befolyásoló tényezőkről.

Eredményeink megerősítik azt a feltevést, hogy a gazdasági növekedés társadalmi következményei jelentősen különböznek a fejlett és a kevésbé fejlett országokban. Ugyanakkor nem találtunk bizonyítékot arra, hogy a DMC növekedése érdemben befolyásolná a HDI változását, és nem sikerült igazolnunk azt sem, hogy a megújuló energia rövid távon javítaná a társadalmi fejlődést. A globális gazdasági sokkok inflációs hatásai sem mutattak olyan szintű eltérést a fosszilis energiahordozóktól erősen függő országok esetében, mint azt előzetesen feltételeztük, bár eredményeink arra utalnak, hogy ezek az országok valóban érzékenyebbek a gazdasági instabilitással szemben. Ugyanakkor megerősítést nyert, hogy a DMC negatív hatása sokkal markánsabban jelentkezik a kevésbé fejlett országokban, és az is igazolódott, hogy a megújuló energia gazdasági növekedésre gyakorolt kedvező hatása főként az átmenet kezdeti szakaszában erőteljes, majd az idő előrehaladtával fokozatosan gyengül.

Ezek az eredmények tehát arra utalnak, hogy a gazdasági teljesítmény és a nyersanyagfelhasználási mintázatok eltérő módon alakítják az országok fejlődési pályáit. A kevésbé fejlett országok számára különösen fontos lehet a DMC mérséklése, mivel ez kedvezőbb társadalmi hatásokkal járhat együtt. A megújuló energia részarányának növelése hosszabb távon szintén előnyökkel járhat, feltéve, hogy megfelelő szakpolitikai háttér segíti az átmenetet. A megújuló energiára való áttérés lassuló üteme arra utal, hogy a fenntartható gazdasági növekedés biztosításához olyan stabil és kiszámítható szabályozási környezetre van szükség, amely hosszú távon is ösztönzi az energiahatékonyság növelését és a tiszta technológiák elterjedését.

Vizsgálatunknak természetesen vannak korlátai. Az adatok minősége és elérhetősége különösen a fejlődő országok esetében jelent kihívást, ami korlátozza bizonyos módszerek megbízható alkalmazhatóságát. A panel- és VAR-modellek, valamint a DID-elemzések érzékenyek az adathiányra, és eredményük jelentősen függ attól, hogy mely országok kerülnek bevonásra. A lineáris modellek nem minden esetben tükrözik pontosan a gazdasági növekedés, az erőforrás-felhasználás és a társadalmi fejlődés összetett, nemlineáris kapcsolatát. A kölcsönhatási modellek sem képesek minden zavaró tényezőt kezelni, például az intézményi minőséget. A Granger-tesztek időbeli korlátai és az aggregált adatok által elfedett regionális különbségek szintén befolyásolhatják az eredmények értelmezését.

Eredményeink azt is igazolták, hogy a gazdasági növekedés önmagában nem garantálja a társadalmi előrelépést, különösen akkor, ha az ország gazdasági szerkezete erőforrás-intenzív. Ennek megfelelően olyan szakpolitikai megoldásokra van szükség, amelyek mérséklék a túlzott DMC-t, erősítik az energiahatékonyságot és támogatják a megújuló energia integrációját. A fosszilis energiahordozóktól való túlzott függés növeli a gazdasági sérülékenységet, míg a megújuló energia hosszú távú alkalmazása hozzájárulhat a gazdasági ellenállóképesség erősítéséhez. A vállalatok számára mindez azt jelenti, hogy a fenntarthatósági és versenyképességi szempontok miatt érdemes zöld technológiákba és körforgásos gazdasági megoldásokba beruházni.

Összességében úgy véljük, hogy kutatásunk értékes alapot kínál a fenntartható fejlődési stratégiák kialakításához, és hozzájárul a jövőbeli szakpolitikai és tudományos párbeszéd előmozdításához.

Irodalomjegyzék (1-2. rész)

Acemoglu, D. and Robinson, J.A. (2012) *Why Nations Fail: The origins of power, prosperity and poverty*. Crown Publishing.

Aghion, P. (2004) *Growth and development: A Schumpeterian approach*, Annals of Economics and Finance, 5(1), pp. 1–25.
Elérhető itt: <https://down.aefweb.net/AefArticles/aef050101.pdf>

Alcott, B. (2008) *The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact?*, Ecological Economics, 64(4), pp. 770–786.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.015>

Aiken, L.S., Mistler, S.A., Cox, S. and West, S.G. (2015) *Analysing count variables: Single-level and multilevel models*, Group Processes and Intergroup Relations, 18(3), pp. 290–314.
<https://doi.org/10.1177/1368430214556702>

Angrist, J.D. and Pischke, J.-S. (2009) *Mostly Harmless Econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.

Apergis, N. and Payne, J.E. (2010) *Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries*, Energy Policy, 38(1), pp. 656–660.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>

Ayres, R.U. and van den Bergh, J.C.J.M. (2005) *A theory of economic growth with material/energy resources and dematerialization*, Ecological Economics, 55(1), pp. 96–118.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.07.023>

Balavány, G. (2022) *Interjú Gelencsér Andrásal*, 24.hu, 10 June.
Elérhető itt: <https://24.hu/belfold/2022/06/10/nyersanyagok-globalis-krizis-klimavaltozas-gelencser-andras-interju/>

Baltagi, B.H. and Liu, L. (2020) *Forecasting with unbalanced panel data*, Journal of Forecasting, 39(5), pp. 709–724.
<https://doi.org/10.1002/for.2646>

Barro, R.J. (2013) *Education and economic growth*, Annals of Economics and Finance, 14(2), pp. 301–328.

Bertrand, M., Duflo, E. and Mullainathan, S. (2004) *How much should we trust differences-in-differences estimates?* Quarterly Journal of Economics, 119(1), pp. 249–275.

Bilgili, F., Kocak, E. and Bulut, U. (2016) *The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, pp. 838–845.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>

Blanchard, O.J. and Gali, J. (2007) *The macroeconomic effects of oil price shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s?*, Journal of the European Economic Association, 6(2–3), pp. 4–382.,
<https://doi.org/10.2139/ssrn.1008395>

Brundtland, G.H. (1987) *Our Common Future*. United Nations.

Chen, L. and Xie, J. (2024) *Deep links among natural resources, technology and sustainability: The mediating role of governance*, Resources Policy, 96, 105096.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105096>

Dollar, D., Kleineberg, T. and Kraay, A. (2016) *Growth still is good for the poor*, European Economic Review, 81, pp. 195–225. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2015.05.008>

Du, Y., Li, J. and Xu, Y. (2024) *Does carbon neutrality ease China's energy-security concerns?* Resources Policy, 93, 105056. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105056>

- Easterly, W. (2001) *The Elusive Quest for Growth*. MIT Press.
- Enders, W. and Ma, J. (2011) *Sources of the Great Moderation*, Journal of Economic Dynamics and Control, 35(1), pp. 67–79.
<https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.07.008>
- Farzanegan, M.R. and Markwardt, G. (2009) *The effects of oil price shocks on the Iranian economy*, Energy Economics, 31(1), pp. 134–151. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.09.003>
- Fischer-Kowalski, M. and Haberl, H. (2007) *Socioecological Transitions and Global Change*. Edward Elgar.
- Ghali, K.H. and El-Sakka, M.I.T. (2004) *Energy use and output growth in Canada*, Energy Economics, 26(2), pp. 225–238.
- Granger, C.W.J. (2003) *Some aspects of causal relationships*, Journal of Econometrics, 112(1), pp. 69–71.
- Haberl, H., Erb, K.-H. and Krausmann, F. (2006) *Human appropriation of NPP*, Global Environmental Change, 16(2), pp. 104–113.
- Hamilton, J.D. (2009) *Causes and consequences of the oil shock of 2007–08*, Brookings Papers on Economic Activity, 40(1), pp. 215–261.
- Hamilton, J.D. (2021) *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
- Hansen, B.E. (1999) *Threshold effects in non-dynamic panels*, Journal of Econometrics, 93(2), pp. 345–368.
- IEA (2024) *Renewables – Energy System.*, Elérhető itt: <https://www.iea.org/energy-system/renewables>
- Ivanovski, K., Hailemariam, A. and Smyth, R. (2021) *Non-parametric evidence on renewable and non-renewable energy and growth*, Journal of Cleaner Production, 286, 124956.
- Jackson, T. (2009) *Prosperity Without Growth*. Earthscan.
- Kilian, L. (2008) *The economic effects of energy price shocks*, Journal of Economic Literature, 46(4), pp. 871–909.
- Krausmann, F. et al. (2009) *Growth in global materials use*, Ecological Economics, 68(10), pp. 2696–2705.
- Kumar, N. (2024) *Natural resources and economic growth in India*, Resources Policy, 97, 105260.
- Lamb, W.F. et al. (2014) *Transitions in human development and carbon emissions*, Environmental Research Letters, 9(1), 014011.
- Little, R. and Rubin, D. (2019) *Statistical Analysis with Missing Data*. Wiley.
- Lütkepohl, H. (2005) *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer.
- Meadows, D.H., Randers, J. and Meadows, D.L. (2018) *Limits to Growth: The 30-year update*. Taylor & Francis.
- North, D.C. (1990) *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Our World in Data (2024a) *Energy Mix*.
Elérhető itt: <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- Our World in Data (2024b) *Human Development Index*.
Elérhető itt: <https://ourworldindata.org/human-development-index>
- Pao, H.T. and Fu, H.C. (2013) *Renewable and nonrenewable energy and economic growth in Brazil*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, pp. 381–392.
- Peipei, W. and James, W. (2024) *Forecasting oil-price volatility*, Resources Policy, 97, 105263.
- Piketty, T. (2014) *Capital in the twenty-first century*, British Journal of Sociology, 65(4), pp. 736–747.

- Reboredo, J.C. and Ugolini, A. (2024) *Uncertainty shocks and energy-transition metals*, Resources Policy, 95, 105161.
- Resource Panel (2024) *Global Material Flows Database*.
Elérhető itt: <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>
- Rodrik, D. (2007) *One Economics, Many Recipes*. Princeton University Press.
- Sachs, J.D. (2015) *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- Sadorsky, P. (2010) *Financial development and energy consumption in emerging economies*, Energy Policy, 38(5), pp. 2528–2535.
- Schandl, H. and West, J. (2010) *Resource use and efficiency in the Asia-Pacific region*, Global Environmental Change, 20(3), pp. 636–647.
- Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. Knopf.
- Smil, V. (2017) *Energy and Civilization: A history*. MIT Press.
- Sovacool, B.K. (2009) *The importance of comprehensiveness in renewable-energy policy*, Energy Policy, 37(4), pp. 1529–1541.
- Steinberger, J.K. and Roberts, J.T. (2010) *From constraint to sufficiency*, Ecological Economics, 70(2), pp. 425–433.
- Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Stiglitz, J.E. (2002) *Globalization and Its Discontents*. Norton.
- Tong, H. (1978) *On a threshold model*, in Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Pattern Recognition and Signal Processing, pp. 575–586.
- Ward, J.D. et al. (2016) *Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?*, PLOS ONE, 11(10), e0164733.
- Weider, J. and Reynolds, B. (1989) *Joe Weider's Ultimate Bodybuilding*. Contemporary Books.
- Wooldridge, J.M. (2011) *A simple method for estimating correlated random effects*, Economics Letters, 113(1), pp. 12–15.
- Wooldridge, J.M. (2015) *Control function methods in applied econometrics*, Journal of Human Resources, 50(2), pp. 420–445.
- World Bank (2024a) *GDP per capita (current US\$)*.
Elérhető itt: <https://data.worldbank.org>
- World Bank (2024b) *Inflation, consumer prices (annual %)*.
Elérhető itt: <https://data.worldbank.org>
- York, R. (2012) *Do alternative energy sources displace fossil fuels?*, Nature Climate Change, 2(6), pp. 441–443.
- Zhao, L., Zhang, X., Wang, S. and Xu, S. (2016) *Oil-price shocks and China's output and inflation*, Energy Economics, 53, pp. 101–110.

Prasanta Kumar Dey, Soumyadeb Chowdhury, Chrisovalantis Malesios

Supply Chain Sustainability in Small and Medium Sized Enterprises (Book Review)²

MAAYAH, ZAID YOUSEF University of Sopron, Sopron, Hungary,
<https://orcid.org/0009-0001-2797-0854>
e-mail:zaid.yousef.mohammad.maayah@phd.uni-sopron.hu

DOI: <https://doi.org/10.65513/MaMi.2025.9.50>

This book addresses the pressing need for sustainable practices among SMEs by integrating Circular Economy (CE) principles into supply chain operations. Covering ten chapters and drawing on mixed-method research across multiple countries and industries, the volume offers a multidisciplinary perspective on how SMEs can improve sustainability performance. This review evaluates the book's theoretical contributions, methodological rigor, and practical relevance. While commending its comprehensive structure and empirical depth, the review also highlights areas for further exploration, such as stakeholder integration and generalizability. Overall, the book is recommended for scholars, policymakers, and SME practitioners seeking a structured approach to sustainable supply chain development.

Given rising climate change, growing pressures on global supply chains, and the widening sustainability gap among small firms, the time is right to examine how small and medium-sized enterprises (SMEs) interact with sustainability. SMEs represent 90% of the businesses around the world. Even though SMEs are responsible for about 70% of the overall pollution, they are overlooked for sustainability discourses. This book takes a different approach. It looks at the Circular Economy (CE). This gives us a framework to work with. That framework is a way to challenge production lines. It helps emphasize reusing, recycling, and systemic efficiency. The volume also enters wider discussion on the triple bottom line, stakeholder responsibility and performance evaluation in sustainable supply chains.

Earlier works such as (Carter and Rogers, 2008), (Seuring and Müller, 2008), and (Sarkis, 2012) have provided theoretical foundations to the understanding of sustainable supply chain management but not many works have particularly focused on the SME context. This book brings together diverse perspectives and empirical analysis from developed and emerging economies. The main argument of the book is that a context-sensitive approach to CE adoption in SMEs, which is grounded in local realities and facilitated by practical assessment tools, can significantly enhance sustainability performance. As I see it, the book is timely and impactful. It has both theoretical and practical insights

² Routledge, e-book, 2023. pp. 292. ISBN 9781003018551

which the SMEs can put into practice. Case studies with the analysis of data help to make the research relevant for the academic as well as the practitioner.

The 1st chapter introduces the dual importance of SMEs as economic engines and environmental contributors. It sets the theoretical framework around Circular Economy (CE) and identifies major research gaps, such as limited focus on SMEs and insufficient cross-country comparisons. While the literature review is comprehensive, it is largely descriptive. The chapter succeeds in laying out a clear research agenda and sets expectations effectively.

The 2nd chapter involves mixed-method study to deepen research on CE practices within SMEs. The key drivers of CE adoption are identified as material provision, reuse of resources, and financial benefit. The methodology is noteworthy. It relies on survey, focus groups, and case studies. This all enhances a robust SEM (Structural Equation Modelling) analysis. Yet, the variation of methods promotes wide discussion which would do better if made more integrated.

The 3rd chapter investigates internal organisational factors within Vietnamese SMEs and their influence on CE. It finds that leadership significantly affects innovation and culture, which in turn influence sustainability practices. The surprise finding that employee competencies don't strongly correlate with CE raises valuable questions. While conceptually strong, the managerial implications could be more actionable.

The 4th chapter offers a cross-country comparison of SMEs in Europe and their CE adoption outcomes. Examining how CE fields of action (design, procurement, production, distribution, usage, and recovery) contribute to the sustainability performance (economic, environmental, social) of SMEs in four EU countries: Greece, France, Spain, and the UK. Employing a comprehensive mixed-methods approach (survey, focus groups, and case studies), the authors use Structural Equation Modelling to analyze data from over 400 SMEs. The inclusion of case studies and focus group reflections further adds real world applicability. However, one area that may warrant reconsideration is the chapter's repeated use of the phrase "No Action Required" in reporting results. This could be misleading; even in high performing areas, continuous improvement or maintenance strategies are still relevant and necessary for long-term sustainability.

The 5th chapter presents a provocative argument: SMEs may hinder national productivity due to reduced wellbeing among their workforces. Through the BWP (Business–Wellbeing–Productivity) framework and SEM analysis, it finds that job and life satisfaction mediate the relationship between SME density and productivity. While compelling, the study is based on secondary OECD data and might oversimplify nuanced country specific factors.

The 6th chapter introduces a novel performance measurement framework by integrating SEM with DEA (Data Envelopment Analysis). This dual model separates trends at the macro level from individual SME performance. The regional application, which has been set up in the UK and France, provides useful benchmarking value. However, broader applicability remains to be tested.

The 7th chapter examines the dual role of Lean practices and innovation in boosting sustainability. Using DEA across Indian SMEs, the study finds that integration of the two yields better outcomes than either alone. The qualitative and quantitative balance is a strength, but the narrow sectoral focus limits generalization.

The 8th chapter investigates how Lean Management Practices (LMP), Sustainability-Oriented Innovation (SOI), and CSR (Corporate Social Responsibility) jointly influence performance. UK studies

SME findings suggest that CSR has strong mediation effects. The study is interesting in that it integrates three main business practices, but its manufacturing focus may limit its application.

The 9th chapter uses Bayesian regression to explore how specific sustainability actions impact SME growth. It finds that only selected practices correlate positively with growth and turnover, suggesting a performance gap between implementation and outcome. While statistically advanced, the chapter may be too technical for non-academic audiences.

The 10th chapter closes the book with a large-scale study on CE in the textile and clothing (TC) sector across Bangladesh, India, and Vietnam. It applies regression and content analysis to identify which CE fields of action (take, make, distribute, use, and recover) impact different sustainability outcomes. Recover emerges as the only field positively linked to all dimensions. This chapter stands out for its rich empirical depth and policy relevance, but the geographic focus might narrow generalizability.

This book is an ambitious and much-needed addition to the literature on sustainable supply chain management, with a specific focus on SMEs, a subject often neglected in both research and policy. With the use of mixed methods approaches across chapters and diverse geographically case studies, the volume is relevant and academically credible. Though it suffers from technical complexity and generalisations at times, the book effectively combines theory with practice. This is not just a book for academics. It is useful for SME managers, policymakers and supply chain consultants looking for structured and data backed approach towards sustainability. Its central message is clear: real progress requires more than good intentions, contextual tools, stakeholder collaboration, and integrated strategies are essential.

In short, the Supply Chain Sustainability in Small and Medium Sized Enterprises book is a timely and worthwhile read, offering both a call to action and a roadmap for implementation.

References

- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387. <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>
- Dey, P. K., Chowdhury, S., & Malesios, C. (2022). *Supply Chain Sustainability in Small and Medium Sized Enterprises* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003018551>
- Sarkis, J. (2012). A boundaries and flows perspective of green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(2), 202–216. <https://doi.org/10.1108/13598541211212924>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>